

**PERBANDINGAN PENGOLAHAN LCPKS DENGAN METODE
ELEKTROKOAGULASI SEBELUM DAN SETELAH BIOREMEDIASI
MENGUNAKAN KONSORSIUM BAKTERI AEROBIK (*Bacillus cereus*
dan Burkholderia cepacia)**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarja Bidang Studi Kimia**



Oleh:

ROBI MARTHIN

08031281419069

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

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**PERBANDINGAN PENGOLAHAN LCPKS DENGAN METODE
ELEKTROKOAGULASI SEBELUM DAN SETELAH BIOREMEDIASI
MENGUNAKAN KONSORSIUM BAKTERI AEROBIK (*Bacillus cereus*
dan *burkholderia cepacia*)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia

Oleh

Robi Marthin

08031281419069

Pembimbing I



Dr. Bambang Yudono, M.Sc

NIP. 196102071989031001

Pembimbing II



Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003

Mengetahui,



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP. 1972100-41997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Perbandingan Pengolahan LCPKS Dengan Metode Elektrokoagulasi Sebelum Dan Setelah Bioremediasi Menggunakan Konsorsium Bakteri Aerobik (*Bacillus cereus* dan *burkholderia cepacia*)” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Juni 2019 telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukkan yang diberikan.

Indralaya, 28 Juni 2019

Ketua

Dr. Bambang Yudono, M.Sc

NIP. 196102071989031001

()

Anggota

1. Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003

()

2. Dr. Desnelli, M.Si

NIP. 196912251997022001

()

3. Dr. Suheryanto, M.Si

NIP. 196006251989031006

()

4. Dra. Julinar, M.Si

NIP. 196507251993032002

()



Prof. Dr. Ichang Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

Mengetahui



Kepala Jurusan Kimia

Dr. Dedi Robendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Robi Marthin

NIM : 08031281419069

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah 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 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, 28 Juni 2019

Penulis



Robi Marthin

08031281419069

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Robi Marthin
NIM : 08031281419069
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*nonexclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Perbandingan Pengolahan LCPKS Dengan Metode Elektrokoagulasi Sebelum Dan Setelah Bioremediasi Menggunakan Konsorsium Bakteri Aerobik (*Bacillus cereus* dan *Burkholderia cepacia*)”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive 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, 28 Juni 2019

Penulis



Robi Marthin

08031281419069

Halaman persembahan

*Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan ;
Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras
(untuk urusan yang lain) ;
Dan hanya kepada Tuhanmulah kamu berharap. (Qs. Al-Insyirah: 6-8)*

*Dari Abi Abdillah (Zubair) bin Awwam Radhiyallahu 'anhu, ia berkata:
Rasulullah bersabda: "Sesungguhnya, seorang diantara kalian membawa tali-
talinya dan pergi ke bukit untuk mencari kayu bakar yang diletakan di
punggungnya untuk dijual sehingga ia bisa menutup kebutuhannya, adalah
lebih baik daripada meminta-minta kepada orang lain, baik mereka memberi
atau tidak"*

(HR, Bukhari no. 1471)

*"Hanya butuh satu kesuksesan untuk menutupi ribuan kegagalan"
(Chairul Tanjung)*

*"Lelaki ibaratkan perahu.
perahu di tepian memang aman dari gelombang dan badai... Tapi bukan untuk
itu perahu diciptakan.
Maka: Merantaulah, hadapi badai itu, hingga kelak kau layak dipanggil ke
ketepian (pulang)."*

(Robi Marthin)

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

- Kedua orangtuaku yang selalu mendukungku, berkat doa dan harapan kalian yang selalu memotivasiku hingga selesainya skripsi ini.*
- Adik-adikku yang aku sayangi*
- Pembimbingku (Dr. Bambang Yudono, M.sc. dan Dr.Hasanudin, M.Si)*
- Sahabat-sahabatku*
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikumwarahmatullahwabarakatu

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul: “Perbandingan Pengolahan LCPKS Dengan Metode Elektrokoagulasi Sebelum Dan Setelah Bioremediasi Menggunakan Konsorsium Bakteri Aerobik (*Bacillus cereus* dan *Burkholderia cepacia*)”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Bambang yudono, M.Sc. dan bapak Dr. Hasanudin, M.Si. yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT. Atas segala rahmat, kasih sayang dan hidayah Nya terhadap penulis yang sungguh tak terhitung jumlahnya hingga terselesainya skripsi ini. Terkhusus untuk kedua orang tuaku (bapak Ibrahim dan ibuk Hartina) yang selalu mendukung, memberikan motivasi, memberikan perhatian kasih sayang serta do'a yang tiada henti untuk Penulis, Semoga kalian sehat selalu dan diberikan umur yang panjang. Dan untuk adik-adikku: Romi Marthin, Imelda Sulastri dan Hidayatullah Fourmain yang selalu penulis banggakan.
2. Bapak Mukhtaruddin, S.E., Ak., M.Si. yang sudah Penulis anggap sebagai orangtua di Universitas Sriwijaya. Yang memvisitasi dan mengenalkan kepada penulis tentang Universitas pertama kali, yang memberikan banyak pengalaman dan selalu memberikan banyak masukan tentang semangat merantau kepada penulis. Semoga sehat selalu pak.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T. selaku ketua jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T. selaku sekretaris jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibuk Nurlisa Hidayati, M.Si. sebagai dosen Pembimbing Akademik yang sangat baik hati.
6. Dr. Desnelli, M.Si, Dr. Suheryanto, M.Si dan Ibu Drs. Julinar. M.Si selaku penguji sidang sarjana, terimakasih atas bimbingan dan masukannya serta telah menjadi bagian terpenting dari Penulis.
7. Seluruh staf dosen jurusan kimia Fakultas MIPA UNSRI yang telah membagi ilmunya serta telah mendidik penulis.
8. Staf Analis Laboratorium Kimia FMIPA dan Staf Analis Laboratorium Mikrobiologi FMIPA yang telah banyak berjasa dalam kelengkapan alat dan bahan selama Penulis melakukan penelitian. Terkhusus untuk Uni Nia dan kak Agus yang selalu sabar dalam mengajarkan prinsip alat dan metodologi penelitian bidang mikrobiologi kepada Penulis.
9. Mbak Novi, kak roni dan kak Iin yang membantu dalam menyelesaikan administrasi selama perkuliahan.
10. Partner debat dan diskusi, tempat cerita masa lampau dan tentang cita-cita masa depan, orang pertama yang satu angkatan dan satu jurusan Penulis kenal, yang rumahnya menjadi sasaran Penulis untuk mengingap, yang sudah Penulis anggap sebagai saudara sendiri, Hengki Nugraha S.Si., semoga sukses terus dan dipermudah dalam mencapai cita-citanya bro. See you on the top brother, aku nyusul.
11. Sahabat **RESIDU** yang selalu saling memberi kekuatan untuk menjalankan tugas akhir di semester yang terhitung banyak, dikala teman sudah banyak yang lulus dan kita masih menjadi RESIDU di kimia ini, meski kita RESIDU bukan berarti kita terbuang kawan, tetap semangat: Hengki Nugraha, Rio

Aldo Syahputra dan Aan Putra Sanjaya dalam mencapai cita-cita dan meraih masa depan.

12. Untuk Lindawati Pratiwi S.Si yang selalu membantu penulis dalam susah dan senang. Untuk Teman seperjuangan dalam satu penelitian Sari Ulfariani S.Si Salma Yunita S.TP, terimakasih banyak telah mau membantu penulis. Tak ada yang dapat penulis berikan kepada kalian selain ucapan terimakasih, semoga kalian sukses selalu.
13. Keluarga besar **Kosan Ilham** yang bermarkas-besar di kosan ilham, yang telah banyak memberi arti “jangan sampai kuliah menghambat agenda untuk bisa ngumpul bersama” karena sekarang Penulis sadar bahwa setelah ini, pertemuan adalah hal yang akan sangat dirindukan. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga: kak Deni Julius S.Si., M.Si., Hengki Nugraha S.Si., Faisal S.Si., Ilham Akbar Komriadi, Hardi Cahyadi dan Ferri. Juga untuk Chika Valenta Fazdaniar, Tirta Sari Hardiyanti S.Si, Lisa Sri Utami S.Si yang sering ikut nimbrung bersama penghuni kosan Ilham, semoga kita dapat sering-sering ngumpul lagi.
14. Yang Penulis banggakan, Badan Pengurus Harian **HIMAKI** (Himpunan Mahasiswa Kimia) periode 2016/2017: Ilham Akbar komriadi (Waketum), Eka Kurniawati S.Si (Sekum.I), Gita Dinia Putri (Sekum.II), Ariyanti Saputri S.Si (Bendum), Tirta Sari Hardiyanti S.Si (sekretaris dinas minat bakat), Ade Nopitasari, S.Si (Kepala dinas kesekretariatan), dan teman-teman jajaran BPH HIMAKI 2016/2017 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, kalian yang selalu berkerja keras untuk segala kesuksesan agenda yang telah kita jalankan. Penulis mengucapkan terimakasih banyak karna sudah mau berjuang bersama, jasa kalian tidak akan terlupakan. Semoga kalian sukses terus para manusia pilihan. Dan untuk penerus HIMAKI, Aldi Priambodo dan jajaran yang tengah berjuang sekarang, tetap semangat, karena setiap pemimpin pasti akan dikritik, itu hal yang wajar. Bentuk kader yang akan melanjutkan estafet perjuangan, semoga HIMAKI lebih baik lagi kedepanya.

15. Untuk kawan-kawan **KOSMIC** (Komunitas Generasi Muslim Scientist) yang selalu menenangkan apabila berkumpul bersama kalian: Trisno, Dirga Repindo, Aan Putra Sanjaya, Febrizal Saputra, Budi S. Siregar dan teman-teman lain yang tidak dapat Penulis sebutkan satu-persatu, semoga ukhuwah kita tetap terjalin selamanya dan semoga persaudaraan kita tak lekang oleh waktu, Penulis selalu mendoakan semoga kalian agar selalu dalam lindungan Allah SWT dan dipermudah dalam segala urusan.
16. Teman-teman Kimia angkatan 2014 (Pejuang S.Si) yang karena perbandingan pria:wanitanya 8:60, jadi selalu ingat kiamat ketika sudah berkumpul bersama kalian, semangat dan sukses untuk kita semua.
17. Teman-teman yang selalu membantu perjuangan Penulis Ade Nopitasari, Lisa Sri Utami, Dwi Rahma Apriliani, mak Lisana Maisaro, terimakasih banyak untuk semuanya. Maaf Penulis belum bisa berbuat banyak untuk kalian, hanya doa yang dapat penulis sampaikan, semoga kalian sehat selalu, dan dimudahkan segala yang menjadi angan dan cita-cita kalian.
18. Untuk kakak-kakak tingkat kimia: kak Willy Saputra, kak Riski Amalia, bang Martin Candra Putra Manurung, mbak Yeka Karmisa, Uda Azizil Hamid, kak Dedek Anggi Vari, kak Muhammad Syaifullah, kak Rando Firmansyah. Semoga kalian sukses selalu dimanapun kalian berada.
19. Kepada keluarga besar TIM MEOR (kak Tika, Foppy, Qisti, Resti, Yuliana, Lisa) yang sedang berjuang, tetap semangat semoga dimudahkan hingga sidang nanti, maaf kalo selama ini belum bisa banyak membantu kalian.
20. Kepada keluarga besar Chemistry Minang (Fella, Jihan, Nabila, Suci, Rahma, Shahibul, Nimyo dan Azizah) uda tunggu gelar S.Si kalian, elok-elok kuliahnyo, tetap semangat dalam mencari, ilmu, pengalaman dan kawan selamo maso kuliah. Terimakasih banyak untuk sadonyo, Dan untuk Uni

tangga babeleng Najmatul Asriah, tetap semangat. Pasti bisa ni. maaf belum bisa bantu banyak untuk kalian.

21. Kepada adik-adik dari piaman Putri Danil Ulandari dan Yosi Darmayanti, abang doa kan semoga kalian cepat lulus dari hiruk-pikuk kehidupan kampus dan dimudahkan segala urusan kalian. Semangat.
22. Terkhusus untuk adekku Sri Anita Andini, semangat dalam mengejar gelar “S.Si” nya dek, jangan putus asa, ingat untuk terus fokus. Semoga IPK adek kedepan makin bagus lagi, dan semoga Adek cepat lulus. Aamiin.
23. Semua pihak yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Wassalammu’alaikumwarahmatullahiwabarakatu.

Indralaya, 28 Juni 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. H. M.', with a long horizontal line extending to the right.

Penulis

SUMMARY

COMPARISON PROCESSING OF POME BY ELECTROCOAGULATION METHOD BEFORE AND AFTER BIOREMEDIATION WITH CONSORTIUM OF AEROBIC BACTERIA (*Bacillus cereus* and *Burkholderia cepacia*).

Scientific writing in the form of a thesis, april 15th 2019

Robi Marthin; Supervised by Dr. Bambang Yudono, M.Sc and Dr. Hasanudin, M.Si

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

xix + 61 pages, 4 tables, 17 pictures, 18 attachments

Comparison processing of POME by electrocoagulation method before and after the addition consortium of aerobic bacteria (*Bacillus cereus* and *Burkholderia cepacia*) have been done. This study aims to determine the effect and comparison of electrocoagulation using advanced POME from the POME degradation process using a bacterial consortium then compare it with the electrocoagulation method with POME without the degradation process using a bacterial consortium. In processing with open ponds it will cause a greenhouse effect because of this, Crude Palm Oil (CPO) products from Indonesia are issued for sale to Europe, so this method is expected to reduce waste levels, causing changes to the environment. The test parameters used were based on the quality standards of palm oil mill effluents including pH, TDS, TSS, COD, oil and fat, the final parameters of iron and copper. The first measurement was using the electrocoagulation method without a bacterial consortium and the best results were obtained for reducing the waste content at 6 ampere with 3 hours. POME was degraded with a bacterial consortium for 12 days. It was found that the degradation time affected the decrease in waste content until the best time was on the 12th day, after which the 12th day bioreactor waste was followed by the electrocoagulation method with more bacterial consortium better than just electrocoagulation even though in some parameters the difference is not so great. Comparison of the best results on electrocoagulation and electrocoagulation with bacterial consortium respectively: pH 7,9000 and 7,8100, TDS 1610,88 mg/L and 1582,9 mg/L, TSS 43,333 mg/L and 27 mg/L, COD 192 mg/L and 21,33 mg/L, Oil and fat 18,33 mg/L and 18,37 mg/L, Iron metal 1,2834 mg/L and 1,2834 mg/L, Metal Cu <0,0113 mg/L and <0,0113 mg/L.

Keywords : POME, Electrocoagulation, Indigen Bacteria, pH, TDS, TSS, COD, Fe, Cu.

RINGKASAN

PERBANDINGAN PENGOLAHAN LCPKS DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI SEBELUM DAN SETELAH BIOREMEDIASI MENGGUNAKAN KONSORSIUM BAKTERI AEROBIK (*Bacillus cereus* dan *Burkholderia cepacia*)

Karya tulis ilmiah berupa makalah skripsi, 15 April 2019

Robi Marthin: Dibimbing oleh Dr. Bambang Yudono, M.Sc dan Dr. Hasanudin, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xix+ 61 halaman, 4 tabel, 17 pictures, 18 Lampiran

Penelitian dengan judul perbandingan pengolahan LCPKS dengan metode elektrokoagulasi sebelum dan setelah penambahan konsorsium bakteri aerobik (*bacillus cereus* dan *burkholderia cepacia*) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan perbandingan dari elektrokoagulasi yang menggunakan LCPKS lanjutan dari proses degradasi LCPKS dengan menggunakan konsorsium bakteri lalu membandingkannya dengan metoda elektrokoagulasi dengan LCPKS tanpa proses degradasi menggunakan konsorsium bakteri. Pada pengolahan dengan kolam terbuka akan menyebabkan efek rumah kaca karna hal ini maka produk minyak kelapa sawit mentah (CPO) dari Indonesia dilarang untuk dijual ke eropa, maka dengan metode ini diharapkan dapat mengurangi kadar limbah tanpa menyebabkan dampak untuk lingkungan. Parameter uji yang digunakan berdasarkan pada baku mutu limbah cair pabrik kelapa sawit diantaranya pH, TDS, TSS, COD, minyak dan lemak parameter terakhir kadar logam besi dan tembaga. Pengukuran pertama menggunakan metoda elektrokoagulasi tanpa konsorsium bakteri lalu didapatkan hasil terbaik untuk penurunan kadar limbah pada arus 6 ampere dengan waktu 3 jam. LCPKS didegradasi dengan konsorsium bakteri selama 12 hari didapatkan bahwa waktu degradasi mempengaruhi penurunan kadar limbah hingga didapatkan waktu terbaik yaitu pada hari ke-12, setelahnya limbah cair dalam bioreaktor hari ke-12 dilanjutkan dengan metode elektrokoagulasi dan didapatkan hasil bahwa elektrokoagulasi dengan penambahan konsorsium bakteri lebih baik dibandingkan hanya elektrokoagulasi walau pada beberapa parameter perbedaannya tidak begitu besar. Perbandingan hasil terbaik pada elektrokoagulasi dengan konsorsium bakteri berturut-turut sebagai berikut: pH 7,9000 and 7,8100, TDS 1610,88 mg/L and 1582,9 mg/L, TSS 43,333 mg/L and 27 mg/L, COD 192 mg/L and 21,33 mg/L, Oil and fat 18,33 mg/L and 18,37 mg/L, Iron metal 1,2834 mg/L and 1,2834 mg/L, Metal Cu <0,0113 mg/L and <0,0113 mg/L.

Kata Kunci: LCPKS, elektrokoagulasi, konsorsium, biodegradasi, pH, TDS, TSS, COD, Fe, Cu

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xii
RINGKASAN	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit atau POME.....	5
2.1.1 Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	6
2.2 Proses Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit atau POME .	7
2.3 Bakteri Konsorsium Aerob	9
2.4 Zeolit	10
2.5 Elektrokoagulasi (EC).....	11
2.5.1 Prinsip Kerja Elektrokoagulasi	11
2.5.2 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi.....	14
2.6 Parameter Pengujian.....	15
2.6.1 pH.....	15
2.6.2 Chemical Oxygen Demand (COD).....	16

2.5.3 Total Solid Suspended (TSS)	16
2.6.4 Total Dissolved Solid (TDS)	17
2.6.5 Minyak dan Lemak	17
2.6.6 Logam Besi	18
2.6.7 Logam Tembaga	18
2.7 Spektrometri Serapan Atom (SSA).....	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.3.1 Tahapan Analisa Parameter Uji	20
3.3.1.1 pengukuran pH	21
3.3.1.2 Uji kadar TDS.....	21
3.3.1.3 Uji Kadar TSS	21
3.3.1.4 Penentuan Kadar COD	22
3.3.1.5 Uji Kadar Minyak dan Lemak	22
3.3.1.6 Destruksi Sampel Uji Logam Dengan Alat AAS.....	23
3.3.2 Pengolahan Limbah Cair dengan Metode Elektrokoagulasi...	23
3.3.3 Pengolahan Limbah Cair dengan Metode Konsorsium Bakteri	
Dalam Kondisi Aerobik	24
3.3.3.1 Peremajaan Bakteri.....	24
3.3.3.2 Penentuan Waktu Generasi Terpendek Bakteri.....	24
3.3.3.3 Pembuatan Inokulum Bakteri	24
3.3.3.4 Proses Degradasi Limbah	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Elektrokoagulasi	26
4.1.1. pH.....	26
4.1.2 Kadar TDS.....	27
4.1.3 Kadar TSS	29
4.1.4 Kadar COD.....	30
4.1.5 Kadar Minyak dan Lemak.....	31

4.1.6 Kadar Besi.....	32
4.1.7 Kadar Tembaga.....	33
4.2 Hasil Degradasi LCPKS Metode Konsorsium Bakteri Aerobik.....	34
4.2.1 pH.....	35
4.2.2 Kadar TDS.....	36
4.2.3 Kadar TSS.....	37
4.2.4 Kadar COD.....	38
4.2.5 Kadar Minyak dan Lemak.....	40
4.2.6 Kadar Logam Besi.....	41
4.2.7 Kadar Logam Tembaga.....	42
4.3 Perbandingan Antara Metode Elektrokoagulasi, Konsorsium Bakteri Dan Gabungan Metode Elektrokoagulasi Dengan Bioremediasi..	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Minyak Sawit	6
Tabel 2. Karakteristik LCPKS	7
Tabel 3. Karakteristik Bakteri Aerob Gram Negatif dan Gram Positif.....	10
Tabel 4. Hasil Pengukuran Perbandingan Hasil Terbaik	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit.....	8
Gambar 2. Prinsip Kerja Alat Elektrokoagulasi.....	14
Gambar 3. Skema Alat Bioreaktor konsorsium bakteri	25
Gambar 4. Hasil Pengukuran pH elektrolisis.....	28
Gambar 5. Hasil Pengukuran TDS elektrolisis	29
Gambar 6. Hasil Pengukuran TSS elektrolisis.....	31
Gambar 7. Hasil Pengukuran COD elektrolisis	33
Gambar 8. Hasil Pengukuran Minyak dan Lemak elektrolisis	35
Gambar 9. Hasil Pengukuran Kadar Besi elektrolisis.....	37
Gambar 10. Hasil Pengukuran Kadar Tembaga elektrolisis	38
Gambar 11. Hasil Pengukuran pH dari Metode Mikrobial	40
Gambar 12. Hasil Pengukuran TDS dari Metode Mikrobial	42
Gambar 13. Hasil Pengukuran TSS dari Metode Mikrobial.....	43
Gambar 14. Hasil Pengukuran COD dari Metode Mikrobial	45
Gambar 15. Hasil Pengukuran Minyak & Lemak dari Metode Mikrobial	46
Gambar 16. Hasil Pengukuran Kadar Besi dari Metode Mikrobial.....	47
Gambar 17. Hasil Pengukuran Kadar Tembaga dari Metode Mikrobial	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Pengaruh Arus dan Waktu kontak terhadap pH.....	49
Lampiran 2. Data Pengaruh Arus dan Waktu kontak terhadap TDS	50
Lampiran 3. Data Pengaruh Arus dan Waktu kontak terhadap TSS.....	51
Lampiran 4. Data Pengaruh Arus dan Waktu kontak terhadap COD	52
Lampiran 5. Data Pengaruh Arus dan Waktu kontak terhadap Minyak dan Lemak	53
Lampiran 6. Data hasil Pengukuran besi dari metode elektrokoagulasi	54
Lampiran 7. Data hasil Pengukuran tembaga dari metode elektrokoagulasi	54
Lampiran 8. Waktu Generasi Terpendek Bakteri <i>Bacillus Cereus</i>	55
Lampiran 9. Waktu Generasi Terpendek Bakteri <i>Burkholderia Cepacia</i>	56
Lampiran 10. Perbandingan Jumlah Populasi Konsorsium Bakteri.....	57
Lampiran 11. Data Pengaruh Waktu Degradasi LCPKS terhadap pH.....	57
Lampiran 12. Data Pengaruh Waktu Degradasi LCPKS terhadap TDS	58
Lampiran 13. Data Pengaruh Waktu Degradasi LCPKS terhadap TSS.....	58
Lampiran 14. Data Pengaruh Waktu Degradasi LCPKS terhadap COD.....	59
Lampiran 15. Data Pengaruh Waktu Degradasi LCPKS terhadap Minyak dan Lemak	59
Lampiran 16. Data Hasil Pengukuran besi dari metode mikrobial	60
Lampiran 17. Data Hasil Pengukuran tembaga dari metode mikrobial	60
Lampiran 18. Data Penggabungan Metode Elektrokoagulasi Dengan Metode Mikrobial	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara agraris dengan kekayaan alam yang melimpah, baik dari segi perairan, pertambangan dan perkebunannya. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia mencatat bahwa 5 juta lebih masyarakat produktif di Indonesia merupakan pekerja bebas di pertanian dan menghasilkan berbagai macam tumbuhan komoditas ekspor, salah satunya kelapa sawit (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016).

Total Produksi kelapa sawit meningkat tiap tahunnya. Pada tahun 2013 tercatat sebanyak 27 juta ton lebih dan 2014 meningkat menjadi 29 juta ton lebih (Kementrian Pertanian Republik Indonesia, 2015). Departemen pertanian Amerika Serikat mencatat Indonesia adalah Negara dengan jumlah produksi sawit terbesar di dunia dengan jumlah produksi sebanyak 44%, lalu di ikuti oleh Malaysia sebanyak 43% (Singh *et.al*, 2010). Meningkatnya produksi kelapa sawit ini berdampak sangat besar pada kehidupan masyarakat, baik itu dampak positif maupun negatif. Dampak positif dari peningkatan jumlah produksi sawit yaitu terjadinya peningkatan pendapatan dan besarnya lowongan kerja untuk masyarakat, sedangkan dampak negatif yang ditimbulkan dengan besarnya produksi kelapa sawit ini adalah semakin banyaknya limbah yang dihasilkan oleh pabrik pengolah kelapa sawit itu sendiri.

Menteri lingkungan hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 telah menetapkan baku mutu untuk LCPKS sebelum dibuang pada lingkungan dengan beberapa parameter, diantaranya *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dengan jumlah maksimal 100 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan jumlah maskimal 350 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) dengan jumlah maksimal 250 mg/L, ammonia maksimal 50 mg/L (nitrogen organic + total ammonia + NO₃ + NO₂), kadar minyak dan lemak harus dibawah 25 mg/L dan dengan range pH 6-9.

Limbah yang dihasilkan dari produksi minyak kelapa sawit adalah berupa limbah padat dan cair. Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dari pabrik

pengolahan kelapa sawit. Satu ton produksi miyak mentah kelapa sawit menghasilkan sekitar 3,5 ton LCPKS. Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi dari LCPKS dan kadar pencemar lain yang dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan, sehingga sebelum dibuang ke lingkungan, LCPKS ini di kelola dalam kolam terbuka oleh kebanyakan pabrik pengolah kelapa sawit yang ada di Indonesia (Bala *et.al*, 2014).

Pengolahan LCPKS dengan sistem kolam terbuka, menjadi habitat alami bagi bakteri indigen aerob dan anaerob yang dapat mendegradasi LCPKS. Teknik pengolahan LCPKS dengan sistem kolam terbuka memiliki beberapa kelemahan diantaranya membutuhkan lahan yang luas, perlu biaya yang besar, menimbulkan efek gas rumah kaca, pencemaran sumber air dan bau yang tidak sedap (Hasanudin and Haryanto, 2017).

Kadar pencemar pada LCPKS akan terus menurun seiring bertambahnya waktu inkubasi bakteri dalam mendegradasi LCPKS. Pada saat proses degradasi, bakteri akan mengurai senyawa organik yang terkandung dalam LCPKS dan mengubahnya menjadi menjadi zat makanan, sehingga kadar pencemar pada LCPKS akan terus menurun hingga stabil, lalu setelah bakteri kehabisan makanan, bakteri akan mati dan terjadi peningkatan kadar TSS (Trisakti *et.al*, 2012).

Selain dengan sistem kolam terbuka (bioremediasi), LCPKS dapat diolah secara kimia. Solusi yang digunakan berupa prinsip elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah metode yang memanfaatkan tegangan listrik dengan katoda dan anoda sehingga terjadi koagulasi atau pengendapan. Metoda ini merupakan metoda yang digunakan dalam mengatasi limbah pabrik kelapa sawit dalam jangka waktu lebih singkat dari pada menggunakan cara lain seperti sedimentasi, kolam terbuka dan sebagainya (Hanum *et.al*, 2015).

Kuat arus dan waktu operasi elektrokoagulasi sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar limbah cair pabrik kelapa sawit. Nilai efisiensi elektrokoagulasi mengalami peningkatan dengan bertambahnya besarnya kuat arus listrik yang dialirkan pada elektroda. Retno pada Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir 2008 mengatakan bahwa nilai efisiensi elektrokoagulasi untuk penurunan kadar zat

padat terlarut (TSS) pada arus 5,0 ampere dengan waktu 120 menit adalah 80.24 % dengan nilai TSS yang tersisa dalam limbah sebesar 39.528 mg/L (Susetyaningsih *et.al*, 2008)

Berdasarkan hal diatas, maka dirancang penelitian ini dengan membandingkan metode elektrokoagulasi sebelum dan sesudah penambahan konsorsium bakteri aerob. Bakteri konsorsium aerob yang digunakan dalam metode mikrobial adalah *Bacillus cereus* dan *Burkholderia cepacia*. Pada penelitian sebelumnya limbah yang sudah dilakukan degradasi dengan konsorsium bakteri, terjadi kenaikan kadar TSS dan COD, maka pada penelitian ini dilakukan degradasi dengan limbah dialirkan pada bak zeolite yang bertujuan untuk menekan tingginya TSS dan COD, variabel yang digunakan untuk metoda mikrobial, berupa waktu degradasi dimulai dari 0 hingga 12 hari, diambil contoh uji setiap 48 jam. Elektroda yang digunakan pada elektrokoagulasi berupa Fe-Fe, dengan variabel berupa variasi arus 3A, 4.5A dan 6A dengan waktu 0 hingga 6 jam, diambil contoh uji setiap satu jam.

1.2 Rumusan Masalah

Kegiatan Industri Kelapa Sawit menghasilkan buangan yang salah satunya berbentuk cair yang disebut LCPKS. Konsentrasi LCPKS yang melebihi baku mutu limbah yang telah ditetapkan, perlu diturunkan konsentrasi pencemarnya sebelum dibuang ke lingkungan. Untuk mengelola limbah tersebut diperlukan teknologi pengolahan limbah yang murah dan efisien yaitu teknologi elektrokoagulasi. Oleh karena itu permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik dan waktu elektrokoagulasi terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi tanpa penambahan bakteri dalam mengurangi konsentrasi pencemar pada LCPKS
2. Bagaimana pengaruh waktu proses inkubasi bakteri dalam mengurangi konsentrasi pencemar pada LCPKS
3. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik dan waktu elektrokoagulasi terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi dengan penambahan bakteri dalam mengurangi dalam mengurangi konsentrasi pencemar pada LCPKS

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kuat arus listrik dan waktu elektrokoagulasi terbaik terhadap kinerja metode elektrokoagulasi tanpa penambahan bakteri dalam mengurangi konsentrasi pencemar pada LCPKS.
2. Menentukan pengaruh waktu inkubasi bakteri konsorsium aerob terhadap konsentrasi pencemar pada LCPKS.
3. Mengetahui perbandingan kinerja metode elektrokoagulasi sebelum dan setelah penambahan bakteri dalam mengurangi konsentrasi pencemar pada LCPKS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai perbandingan elektrokoagulasi sebelum dan setelah penambahan konsorsium bakteri aerob dalam mengurangi kadar minyak dan lemak, COD, pH, TSS, TDS, logam Fe dan logam Cu. Diharapkan dapat memberikan kontribusi pengetahuan kepada masyarakat tentang cara memperlakukan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) secara efektif efisien dan dapat diterapkan pada pabrik pengolah kelapa sawit agar menjadikan pabrik kelapa sawit lebih aman untuk lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, A., Abdul, H., Azmi, M. & Shah, K. 2010. Comparison Study Of Ammonia and COD Adsorption On Zeolite, Activated Carbon And Composite Materials In Land Fill Leachate Treatment. *Desalination Journal*. 262: 31–35.
- Ahmedova, A., Todorov, B., Burdzhiev, N. & Goze, C. 2018. Copper Radiopharmaceuticals For Theranostic Applications. *European Journal of Medicinal Chemistry Elsevier Masson SAS*.
- Anandkumar, J., Yadu, A. & Sahariah, B. P. 2018. Influence of COD/Ammonia Ratio On Simultaneous Removal of NH_4^+N and COD In Surface Water Using Moving Bed Batch Reactor. *Journal of Water Process Engineering*. 66–72.
- Badan Pusat Statistics Indonesia. 2016. *Buletin Statistik Perdagangan Ekspor Luar Negeri*.
- Bakar, S. N. H. A., Hasan, H. A., Mohammad, A. W., Abdullah, S. R. S., Haan, T. Y., Ngteni, R. & Yusof, K. M. M. 2017. A Review of Moving-Bed Biofilm Reactor Technology For Palm Oil Mill Effluent Treatment. *Journal of Cleaner Production*. 1–55.
- Bala, J. D., Lalung, J. & Ismail, N. 2014. Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment Microbial. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(6): 1-73.
- Bargrizan, S., Smernik, R. J., Fitzpatrick, R. W. & Mosley, L. M. 2018. The Application Of A Spectrophotometric Method To Determine pH In Acidic ($\text{pH}<5$) Soils. *Talanta*. 186: 421–426.
- Bazrafshan, E., Mohammadi, L., Ansari-Moghaddam, A. & Mahvi, A. H. 2015. Heavy Metals Removal From Aqueous Environments By Electrocoagulation Process - A Systematic Review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 13: 1-25.
- Bishop, J. L., Louris, S. K., Rogoff, D. A. & Rothschild, L. J. 2006. Nanophase Iron Oxides As A Key Ultraviolet Sunscreen For Ancient Photosynthetic Microbes. *International Journal of Astrobiology*. 5(1): 1–12.

- Changmai, M., Pasawan, M. & Purkait, M. K. 2018. Treatment Of Oily Wastewater From Drilling Site Using Electrocoagulation Followed By Microfiltration. *Separation and Purification Technology*. 1–38.
- Chen, K. W., Wang, Y. L., Chang, L., Li, F. Y. & Chang, S. C. 2006. Investigation Of Overpotential And Seed Thickness On Damascene Copper Electroplating. *Surface & Coatings Technology*. 200: 3112–3116.
- Devesa, R. & Dietrich, A. M. 2018. Guidance For Optimizing Drinking Water Taste By Adjusting Mineralization As Measured By Total Dissolved Solids (TDS). *Desalination*. 439: 147–154.
- Fidiastuti, H. R., Suarsini, E., Tungadewi, U. T., Warna, J. T. & Malang, U. N. 2017. Potensi Bakteri Indigen Dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara. 3(1): 1–10.
- Gunawan, Dwi Ananda. 2016. Elektrokoagulasi Menggunakan Aluminium sebagai Pretreatment pada Mikrofiltrasi Air Permukaan yang Mengandung NOM. *Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung*.
- Hailu, Y., Tilahun, E., Brhane, A., Resky, H., & Sahu, O. 2019. Ion Exchanges Process For Calcium, Magnesium And Total Hardness From Ground Water With Natural Zeolite. *Groundwater for Sustainable Development*. 200: 3112–3116
- Hamid, R. A., purwono & Oktiawan, W. 2017. Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon Dengan Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis Dalam Penurunan Konsentrasi TDS, TSS dan COD Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6: 1.
- Hanum, F., Tambun, R., & Ritonga, M. Y. 2015. Electrocoagulation Application in The Processing of Palm Oil Mill Effluent from Anaerobic Fixed Bed Reactor. In *Proceedings of The 5th Annual International Conference Syiah Kuala University*. 3: 125–129.
- Haryadi, S. 2014. BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education*. 3(2): 22–28.

- Hasanudin, U. & Haryanto, A. 2017. Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu Characteristic of Palm Oil Mill Waste Water Treatment Using Semicontinue Anaerobic Cigar Bioreactor. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(2): 81–88.
- Hasanudin, U., Sugiharto, R., Haryanto, A., Setiadi, T. & Fujie, K. 2015. Palm Oil Mill Effluent Treatment And Utilization To Ensure The Sustainability Of Palm Oil Industries. *Water Science & Technology*. 15: 1089–1095.
- Holt, P. K., Barton, G. W. & Mitchell, C. A. 2007. The Future For Electrocoagulation As A Localised Water Treatment Technology. 59: 355–367.
- Iskandar, M. J., Baharum, A., Anuar, F. H. & Othaman, R. 2018. Palm oil Industry In South East Asia And The Effluent Treatment Technology —A review. *Environmental Technology and Innovation*. 9: 169–185.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2015. *statistik pertanian 2015 (agricultural statistics)*.
- Kong, F., Lin, X., Sun, G., Chen, J., Guo, C. & Xie, F. 2018. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China. *ECSN*. 7: 167–173
- Liu, T., Liu, Y., Wang, X., Li, Q., Wang, J. & Yan, Y. 2011. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic Improving Catalytic Performance of Burkholderia Cepacia Lipase Immobilized On Macroporous Resin NKA. *Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic*. 71(1–2): 45–50.
- Marhamah, S. 2013. Moelock Pathogenic Bacteria Illustration Gram Positive And Negative. *Jurnal Analis Kesehatan*. 4(1): 339–344.
- Masters, Anthony F, and Thomas Maschmeyer. 2011. Microporous and Mesoporous Materials Zeolites – From Curiosity to Cornerstone. *Microporous and Mesoporous Materials*. 142(2–3): 423–38.
- Maudi, F. M., Nugraha, L. A. & Sasmito, B. 2014. Desain Aplikasi Sistem Informasi Pelanggaran PDAM. *Jurnal Geodesi Undip*. 3: 98–110.
- Muzhafar, R., Jahim, J., Shahbudin, M. & Nordin, D. 2018. Biohydrogen Production From Palm Oil Mill Effluent (POME) By Two Stage Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) system For Better Utilization Of Carbon Sources In POME. *International Journal of Hydrogen Energy*. 5: 1–12.

- Nasution, M. A. 2012. Pengolahan LCPKS Keluaran Fat Pit, Kolam Anaerobik dan Reaktor Biogas Dengan Elektrokoagulasi. *InSINas*, 6: 56–63.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 13(4): 67–73.
- Pintor, A. M. A., Vilar, V. J. P., Botelho, C. M. S. & Boaventura, R. A. R. 2016. Oil and Grease Removal From Wastewaters : Sorption Treatment As An Alternative To State-Of-The-Art Technologies A Critical Review. *Chemical Engineering Journal*. 297: 229–255.
- Poh, P. E., Yong, W. & Chong, M. F. 2010. Palm Oil Mill Effluent (POME) Characteristic in High Crop Season and the Applicability of High-Rate Anaerobic Bioreactors for the Treatment of POME. *Chemical Engineering Transactions*. 11732–11740.
- Pudji, S., Sumingkrat, T, siti noer, Agustina, S., A, T., Rofienda, & Deni. 2006. Bioremediasi (EX-SITU) Tanah Terkontaminasi Limbah B3 yang Mengandung Logam Berat. *Buletin Penelitian*. 28(1).
- Puspitasari, F. D., Shovitri, M. & Kuswytasari, N. D. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob. *Jurnal Sains Dan Seni Its*. 1(1): 3–6.
- Rahman, A., & Hashem, A. 2018. Arsenic, Iron And Chloride In Drinking Water At Primary School. *Physics and Chemistry of the Earth*: 109: 49–58.
- Ratnaningtyas, S., Rusmana, I., & Akhdiya, A. 2017. Karakterisasi Enzim Pendegradasi AHL dari Bacillus cereus INT1c dan Bacillus sp . NTT3a Characterization of AHL Degrading Enzyme from Bacillus cereus INT1c and Bacillus sp. NTT3a. *Jurnal Sumberdaya Hayati*. 3(1): 14–20.
- Rong, X., Zhao, G., Fein, J. B., Yu, Q., & Huang, Q. 2018. Role of Interfacial Reactions in Biodegradation: A Case Study in a Montmorillonite, Pseudomonas sp. Z1 and Methyl Parathion Ternary System. *Journal of Hazardous Materials*. 1–22.
- Singh, R. P., Ibrahim, M. H., Esa, N., & Iliyana, M. S. 2010. Composting Of Waste From Palm Oil Mill: A Sustainable Waste Management Practice. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 9(4): 331–344.

- Skoog, Douglas A. 2007. *Introduction. Principles of Instrumental Analysis* (Vol. 53).
- SNI 06-6989.10. 2004. SNI 06-6989.10-2004 Air dan air limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri, 11.
- SNI 06-6989.11. 2004. Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter.
- SNI 06-6989.27. 2005. Air dan air limbah – Bagian 27: Cara uji kadar padatan terlarut total secara gravimetri.
- SNI 06-6989.3. 2004. Air dan Air limbah - Bagian 27: Cara Uji Kadar Padatan Terlarut Total Secara Gravimetri.
- SNI 6989.4. 2009. Air dan air limbah – Bagian 4: Cara uji besi (Fe) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.
- SNI 6989.73. 2009. Air dan Limbah - Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksige Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD) dengan refluks tertutup secara titrimetri.
- Susetyaningsih, R. E. S., Ismolo, E. N. K., & Rayitno, P. 2008. Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair (25–26).
- Torbeck, L., Raccasi, D., Guilfoyle, D. E., Friedman, R. L., & Hussong, D. 2011. Burkholderia cepacia: This Decision Is Overdue. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 65(5): 535–543.
- Trisakti, B., Vincent, M., & Tandean, Y. (2012). Menggunakan Effective Microorganism Guna Mengurangi Nilai Tss. 1(2): 27–30.
- Trisnawati, A., Alimuddin, & Panggabean, A. S. 2017. Penurunan Kadar Ion Logam Tembaga (Cu) Dan COD Pada Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*.
- Wong, Y. S., Teng, T. T., Ong, S. A., Norhashimah, M., Rafatullah, M., & Leong, J. Y. 2014. Methane Gas Production From Palm Oil Wastewater-An Anaerobic Methanogenic Degradation Process In Continuous Stirrer Suspended Closed Anaerobic Reactor. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 45(3): 896–900.

- Xu, L., Xu, X., & Wu, D. 2018. Initial dissolved Oxygen-Adjusted Electrochemical Generation Of Sulfate Green Rust For Cadmium Removal Using A Closed-Atmosphere Fe – Electrocoagulation System. *Chemical Engineering Journal*. 2: 1–24.
- Zainal, B. S., Zinatizadeh, A. A., Chyuan, O. H., Mohd, N. S. & Ibrahim, S. 2018. Effects Of Process, Operational And Environmental Variables On Biohydrogen Production Using Palm Oil Mill Effluent (POME). *International Journal of Hydrogen Energy*. 43(23): 10637–10644.