

TESIS
PENYISIHAN COD, TDS DAN AMMONIA (NH₃-N)
PADA AIR TERPRODUKSI DENGAN KOMBINASI
PROSES FILTRASI, AERASI DAN ELEKTROKIMIA
MENGGUNAKAN ELEKTRODA Al-Fe



DEBI ANGGUN SARI
03012681822001

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

TESIS
PENYISIHAN COD, TDS DAN AMMONIA (NH₃-N)
PADA AIR TERPRODUKSI DENGAN KOMBINASI
PROSES FILTRASI, AERASI DAN ELEKTROKIMIA
MENGGUNAKAN ELEKTRODA Al-Fe

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



DEBI ANGGUN SARI
03012681822001

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

HALAMAN PENGESAHAN

PENYISIHAN COD, TDS DAN AMMONIA (NH₃-N) PADA AIR TERPRODUKSI DENGAN KOMBINASI PROSES FILTRASI, AERASI DAN ELEKTROKIMIA MENGUNAKAN ELEKTRODA Al-Fe

TESIS

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

Palembang, Agustus 2021
Menyetujui
Pembimbing I



Prof. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196108121987031003

Pembimbing II



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



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

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul “Penyisihan COD, TDS dan Ammonia (NH₃-N) Pada Air Terproduksi dengan Kombinasi Proses Filtrasi, Aerasi dan Elektrokimia Menggunakan Elektroda Al-Fe” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 2 Agustus 2021.

Palembang, 2 Agustus 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.
NIP. 19600909 198703 1 004



()

Anggota :

1. Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, Ph.D.
NIP. 19720809 200003 1 001
2. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 19591019 198711 1 001
3. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA.
NIP. 195805 1498403 1 001



()



()



()

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

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

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Debi Anggun Sari

NIM : 03012681822001

Judul : Penyisihan COD, TDS dan Ammonia (NH₃-N) Pada Air Terproduksi dengan Kombinasi Proses Filtrasi, Aerasi dan Elektrokimia Menggunakan Elektroda Al-Fe

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

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



Palembang, Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Debi Anggun Sari

NIM. 03012681822001

RINGKASAN

PENYISIHAN COD, TDS DAN AMMONIA (NH₃-N) PADA AIR TERPRODUKSI DENGAN KOMBINASI PROSES FILTRASI, AERASI DAN ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN ELEKTRODA Al-Fe

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 2 Agustus 2021

Debi Anggun Sari, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc., Ph.D dan Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

COD, TDS and Ammonia (NH₃-N) Removal of Produce Water by Using Combination of Filtration, Aeration and Electrochemical Process with Electrode Al-Fe

xv + 90 halaman, 7 Tabel, 18 Gambar, 4 Lampiran

RINGKASAN

Kegiatan industri minyak dan gas bumi berpotensi menimbulkan pencemaran pada lingkungan. Pencemaran ini dapat timbul karena proses produksi, pengolahan minyak bumi, penyimpanan maupun industri yang menggunakan minyak bumi. Air terproduksi merupakan limbah cair terbesar yang dihasilkan oleh kegiatan tersebut. Jumlahnya akan semakin meningkat selama lapangan tempat eksplorasi terus berproduksi. Pada penelitian ini menggunakan metode elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe dengan penambahan 1 gr/L NaCl berperan dalam proses tersedianya klorin sebagai mediator oksidasi untuk mempercepat penyisihan NH₃-N pada air terproduksi. Variasi tegangan yang diberikan saat penelitian adalah 3, 6, 9 dan 12V. Prosesnya berlangsung secara kontinyu dan dilakukan pengambilan sampel tiap 45, 90, 135, 180 dan 225 menit. Hasil penelitian menunjukkan persentase penyisihan *overall* COD sebesar 46,57%, ammonia (NH₃-N) sebesar 96,26% dan TDS sebesar 48,85% . Tegangan 9V selama 225 menit elektrokimia berlangsung merupakan kondisi optimum yang dapat mereduksi kontaminan dalam air terproduksi sehingga standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.19 Tahun 2010 terpenuhi. Pemilihan metode elektrokimia dalam pengolahan air terproduksi dikarenakan peralatan yang dibutuhkan sederhana dan mudah dioperasikan serta tidak menyebabkan limbah baru.

Kata kunci: Air terproduksi, Elektrokimia, Filtrasi, Aerasi, Ammonia.

SUMMARY

COD, TDS AND AMMONIA (NH₃-N) REMOVAL OF PRODUCE WATER BY USING COMBINATION OF FILTRATION, AERATION AND ELECTROCHEMICAL PROCESS WITH ELECTRODE Al-Fe

Scientific paper in the form of Thesis, 2 August 2021

Debi Anggun Sari, Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc., Ph.D and Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

Penyisihan COD, TDS dan Ammonia (NH₃-N) Pada Air Terproduksi Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Al-Fe

xv + 90 Pages, 7 Tables, 18 Pictures, 4 Appendix

SUMMARY

The activities of oil and gas industry have a potential to cause pollution for environment. This pollution can arise due to production process, petroleum processing, storage and industries that use petroleum. Produced water is the largest liquid waste generated by these activities. The number will increase as long as a field where exploration continues to produce. In this study, electrochemical method using Al-Fe electrodes with addition of 1 g/L NaCl as agent to process of providing chlorine as an oxidation mediator to accelerate NH₃-N removal in produced water. The voltage variations during process were 3, 6, 9 and 12V. This process is continuous and samples are taken every 45, 90, 135, 180 and 225 minutes. The results showed percentage of overall COD removal is 46.57%, ammonia (NH₃-N) removal is 96.26% and TDS removal is 48.85% . 9V for 225 minutes during electrochemical process is optimum condition that can reduce contaminants in produced water so the quality standards of Minister of Environment Regulation No.19 2010 fulfilled. Electrochemical method was chosen in produced water treatment because the equipment required is simple and easy to operate also doesn't cause a new waste.

Keyword: Produced water, Electrochemical, Filtration, Aeration, Ammonia.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis Panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun makalah ini tepat pada waktunya. proposal penelitian ini membahas tentang pengolahan air terproduksi industri hulu migas di Sumatera Selatan dengan metode elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis banyak mendapat tantangan dan hambatan akan tetapi dengan bantuan dari berbagai pihak tantangan itu bisa teratasi. Olehnya itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini, semoga bantuannya mendapat balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Kritik konstruktif dari pembaca sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan proposal selanjutnya.

Akhir kata semoga proposal ini dapat memberikan manfaat kepada kita sekalian.

Palembang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Air Terproduksi	7
2.2 Karakter Air Terproduksi	8
2.2.1 Air Terproduksi Pada Produksi Minyak	8
2.3 Komponen Air Terproduksi	9
2.3.1 Komponen Minyak Terlarut	10
2.3.2 Mineral Terlarut	11
2.3.3 Senyawa Kimia Dari Proses Produksi	11
2.3.4 Padatan Dari Proses Produksi	11
2.3.5 Gas Terlarut	12
2.4 Analisa Air Terproduksi	12
2.5 Cara Air Terproduksi Berdampak Bagi Lingkungan	13
2.5.1 Kebocoran	13
2.5.2 Pelepasan ke Air Permukaan	14
2.5.3 Injeksi Bawah Tanah	14
2.5.4 Emisi Udara	14
2.6 Prinsip Pengolahan Air Terproduksi	14
2.7 <i>Management</i> Air Terproduksi	16
2.8 Filtrasi	16
2.8.1 Prinsip Filtrasi	17
2.8.2 Tujuan Filtrasi	17
2.8.3 Manfaat Filtrasi	17
2.8.4 Jenis-jenis Filtrasi	17
2.8.5 Metode Filtrasi	18
2.8.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Filtrasi	19
2.9 Aerasi	19

	2.9.1 Metode Aerasi	20
	2.9.2 Tujuan Aerasi	20
	2.10 Dasar-dasar Elektrokimia	21
	2.10.1 Pengertian dan Ruang Lingkup Elektrokimia	21
	2.10.2 Hukum Faraday	21
	2.10.2.1 Hukum Faraday I	21
	2.10.2.2 Hukum Faraday II	22
	2.10.3 Aplikasi Elektrokimia	23
	2.10.4 Elektrokimia Ammonia	23
	2.10.5 Reaksi Pada Elektroda	25
	2.10.5.1 Reaksi Pada Katoda	25
	2.10.5.2 Reaksi Pada Anoda	26
	2.10.6 Logam Alumunium	26
	2.10.7 Besi (Fe)	27
	2.10.8 Pelarutan Logam di Larutan	27
	2.10.9 Arus Pada Elektroda	28
	2.10.10 Pengaturan Elektroda	28
	2.10.11 Kerapatan Arus	29
	2.10.12 Elektrolit Pendukung	30
	2.10.13 pH Larutan	30
	2.10.14 Konduktivitas Larutan	30
	2.10.15 Bentuk Elektroda	30
	2.10.16 Jarak Elektroda	31
	2.10.17 Kecepatan Pengadukan	32
	2.10.18 Keuntungan dan Kerugian Elektrokimia	32
	2.11 Analisa Air Terproduksi	33
	2.11.1 TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	33
	2.11.2 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	34
	2.11.3 Ammonia (NH ₃ -N)	34
	2.12 Penelitian Terkait Dalam Pengolahan Limbah	35
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	38
	3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	38
	3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	38
	3.2.1 Peralatan Penelitian	38
	3.2.2 Bahan Penelitian	38
	3.3 Rancangan Penelitian	39
	3.3.1 Variabel Penelitian	39
	3.3.2 Prosedur Penelitian	39
	3.3.3 Diagram Alir Penelitian	40
	3.3.4 Skema Peralatan Penelitian	42
	3.4 Metode Pengolahan dan Analisa Data	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
	4.1 Hasil Analisa Limbah Awal	44
	4.2 Pembahasan	44
	4.2.1 Pengaruh Filtrasi Terhadap COD, NH ₃ -N dan TDS	47
	4.2.1.1 Pengaruh Filtrasi Terhadap COD	47
	4.2.1.2 Pengaruh Filtrasi Terhadap NH ₃ -N	49
	4.2.1.3 Pengaruh Filtrasi Terhadap TDS	50

4.2.2 Pengaruh Aerasi Terhadap COD, NH ₃ -N dan TDS	51
4.2.2.1 Pengaruh Aerasi Terhadap COD	51
4.2.2.2 Pengaruh Aerasi Terhadap NH ₃ -N	53
4.2.2.3 Pengaruh Aerasi Terhadap TDS	56
4.2.3 Pengaruh Elektrokimia Terhadap COD, NH ₃ -N, TDS	57
4.2.3.1 Pengaruh Elektrokimia Terhadap COD	57
4.2.3.2 Pengaruh Elektrokimia Terhadap NH ₃ -N	60
4.2.3.3 Pengaruh Elektrokimia Terhadap TDS	63
4.2.4 Persentase Penyisihan COD, NH ₃ -N dan TDS	66
BAB V KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Tindak Lanjut	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.	Unit Pengolahan Air Terproduksi	76
Lampiran B.	Hasil Penelitian.....	77
Lampiran C.	Perhitungan Persentase <i>Overall</i> Penyisihan COD, NH ₃ -N	78
Lampiran D.	Hasil Analisa Penelitian	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Analisa Air terproduksi struktur Tanjung Tiga	9
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Eksplorasi dan Produksi Migas ..	12
Tabel 4.1	Hasil analisa sampel awal air terproduksi	44
Tabel 4.2	Hasil analisa air terproduksi melalui proses filtrasi	45
Tabel 4.3	Hasil analisa air terproduksi proses filtrasi dan aerasi	46
Tabel 4.4	Hasil analisa air terproduksi melalui proses elektrokimia	46
Tabel 4.5	Persentase Penyisihan nilai COD, TDS dan Ammonia (NH ₃ -N) ...	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi pengambilan air terproduksi dari sumur CBM	10
Gambar 2.2	Elektroda (a) Monopolar paralel; (b) Monopolar seri	29
Gambar 2.3	Elektroda (a) Bipolar paralel; (b) Bipolar seri	29
Gambar 2.4	Elektroda (a) Plane hole; (b) Punched hole	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2	<i>Flowsheet</i> Pengolahan Air Terproduksi dengan Proses Filtrasi	42
Gambar 3.3	<i>Flowsheet</i> Proses Pengolahan Air Terproduksi Filtrasi-Aerasi.....	42
Gambar 3.4	<i>Flowsheet</i> Proses Pengolahan Air Terproduksi Elektrokimia.....	42
Gambar 4.1	Pengaruh Proses Filtrasi terhadap penurunan COD	48
Gambar 4.2	Pengaruh Filtrasi terhadap penurunan Ammonia (NH ₃ -N)	49
Gambar 4.3	Pengaruh proses Filtrasi terhadap <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	50
Gambar 4.4	Pengaruh Proses Aerasi terhadap penurunan COD	52
Gambar 4.5	Pengaruh Proses Aerasi terhadap penurunan NH ₃ -N	54
Gambar 4.6	Pengaruh Proses Aerasi terhadap penurunan TDS	56
Gambar 4.7	Pengaruh Proses Elektrokimia terhadap penurunan COD	58
Gambar 4.8	Pengaruh Proses Elektrokimia terhadap penurunan NH ₃ -N	62
Gambar 4.9	Pengaruh Proses Elektrokimia terhadap penurunan TDS	64
Gambar 4.10	Persentase Penyisihan Nilai COD, TDS dan Ammonia dari	67

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Al	Aluminium
B3	Bahan Beracun dan Berbahaya
BTEX	Benzena, Toluena, Etilbenzena dan Xilena
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
CBM	<i>Coal Bed Methane</i>
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>
EOR	<i>Enhance Oil Recovery</i>
Fe	<i>Ferrum (besi)</i>
HOCl	<i>Hypochlorous acid</i>
NaCl	<i>Sodium Chloride</i>
ppm	part per million
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
SRB	<i>Sulfur Reduction Bacteria</i>

DAFTAR NOTASI

λ	Ukuran pori	mikron
w	Massa zat	gram
q	Muatan listrik dalam elektron	coulomb
i	Kuat arus	A (ampere)
t	Waktu	s (detik, second)
V	Tegangan listrik	V (volt)
η	efisiensi	% (persen)
φ	Besaran Nernst	
R	Konstanta gas	8.314 J K ⁻¹ mol
T	Suhu	°C, K
n	jumlah zat	mol
F	Konstanta Faraday	96500 coulomb

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi minyak dan gas serta udara dari alam adalah sebuah rangkaian kegiatan yang berhubungan dengan mengikutsertakan aktifitas perusahaan petroleum diawali dari atas (up stream) hingga bawah (down stream). Fluida yang terkandung didalam sumur-sumur minyak biasanya terdiri dari campuran minyak bumi, gas bumi dan air. Jika ditinjau secara ekonomi, kegiatan migas berpengaruh dalam meningkatkan pendapatan daerah dan juga masyarakat sekitar karena penyerapan tenaga kerja. Namun secara ekologis, wskau industri migas dapat mencemari lingkungan. Pencemaran ini dapat disebabkan oleh langkah pembuatan, pemasakan petroleum, penahanan dan perusahaan yang memakai petroleum.

Proses eksplorasi dan produksi migas menghasilkan limbah aktif berupa padat, gas dan cair 80-95% nilainya di lapangan-lapangan minyak yang sudah tua. Air terproduksi ialah limbah yang dihasilkan oleh suatu kegiatan proses pabrik yang berbentuk cair. Selama ladang minyak tersebut berproduksi maka akan terus menghasilkan air terproduksi.

Air terproduksi adalah produk samping yang ikut terbawa ke permukaan saat mengambil migas, yang terikut didalamnya berupa air garam, air dari formasi dan injeksi dan campuran senyawa kimia yang berguna untuk keperluan pengeboran dan pemisahan migas. Zona hidrokarbon atas dan bawah menghasilkan air garam, zat aditif yang dapat diinjeksi sebagai hasil kegiatan produksi. Ketika zona hidrokarbon air garam yang mencapai permukaan bercampur dengan air terproduksi maka air tersebut akan menjadi air formasi. Produksi air terproduksi setiap harinya sangat banyak.

Industri Hulu Migas adalah suatu industri yang keutamannya memanfaatkan minyak bumi di sumatera (onshore) dengan total sumur produksi serta injeksi yaitu 201 dan 73 sumur. Indonesia terdiri dari sebagian besar sumur migas yang tua dan membutuhkan injeksi air lebih besar untuk mengekstrak minyak. Setelah

tahap pemisahan minyak dan air, maka air hasil pemisahan ini disebut dengan air terproduksi (produce water) yang sebagian besar akan diinjeksikan kembali kedalam sumur. Jika terjadi slip, air terproduksi tidak dapat diinjeksikan langsung kedalam sumur sehingga harus di buang ke lingkungan.

Berdasarkan hasil analisa, karakteristik air terproduksi industri hulu migas dari struktur Tanjung Tiga memiliki konsentrasi COD, TDS dan amoniak berturut-turut sebesar 430,25, 12.670, 17,71 mg/L. Konsentrasi tersebut melebihi ketentuan kualitas yang diresmikan didalam PM No 19 Tahun 2010 mengenai standar buangan air yang digunakan untuk bisnis serta ataupun aktivitas gas dan geotermal. Berpotensi menjadi limbah yang memiliki sifat racun dan berbahaya dan dapat berdampak pada lingkungan dan kesehatan manusia.

Tingginya COD, TDS dan amonia pada air dengan perhatian tertengu bisa mengancam aktivitas di air, memicu terjadi perkembangbiakan di air, kerusakan pada logam tertentu bahkan bisa menyebabkan penyakit paru-paru hingga meninggal. Penguraian unsur-unsur hidrokarbon oleh mikroorganisme, adsorpsi komponen hayati terlarut oleh karbon aktif, penggunaan siklon, dan pengolahan limbah pertambangan termasuk teknik agregasi-agregasi dilakukan.

Cara lain yang juga telah dilakukan untuk penyisihan khususnya amonia antara lain dilakukan dengan cara ilmu hayati (pemanfaatan bakteri), pemisahan air, titik retak klorinasi, dan pertukaran senyawa. Namun proses tersebut mempunyai kelemahan salah satunya tidak bisa menyusutkan kuantitas amonia hingga tingkat yang jauh dan pengeluaran gas banyak serta penggunaan mikroorganisme untuk pengolahan juga membutuhkan waktu yang lama. Nitrifikasi dan denitrifikasi dapat mengurai amonia dengan kebutuhan tempat yang luas, pengontrolan yang lebih rumit cukup lama. Kadar amoniak yang tinggi dalam limbah mempunyai sifat racun yang dapat mematikan ekosistem biota-biota apabila penanganannya langsung dibuang begitu saja kebadan lingkungan tanpa adanya proses pengolahan.

Metode stripping yang digunakan untuk pengambilan amonia dalam limbah dibatasi oleh kelarutan amonia dalam air dan diperlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Metode pertukaran ion terbatas karena dengan adanya

resin untuk menjebak amonia sehingga dibutuhkan pengulangan kembali secara terus menerus saat operasi.

Salah satu metode pengolahan limbah amonia yang efektif dan sederhana adalah dengan proses elektrolisa. Elektrolisa amonia pada keadaan asam akan memperoleh nitrogen dan hidrogen. Selain bisa menyusutkan kandungan amonia, elektrolisa juga bisa memperoleh hidrogen yang menjadi suatu sel bahan bakar. Pemilihan metode elektrokimia juga didukung penelitian sebelumnya, contohnya sebuah penelitian menggunakan metode elektrokimia dengan elektroda Fe-Ti/TiO₂ mampu mereduksi nitrat sebesar 88 % dengan penambahan 0,5 g/L NaCl sebagai larutan elektrolit. Penelitian yang lain menggunakan elektroda Al, Fe dan Ti/IrO₂ untuk mengolah air formasi minyak onshore dan offshore mampu mereduksi ion NH₄⁺ dan NH₃ serta TSS dengan efisiensi 96-100%.

Penelitian lainnya tentang mekanisme dan optimalisasi proses elektrokimia terhadap penyisihan nitrat dan amonia menggunakan elektroda Cu-Ti/Ir₂ menyebutkan bahwa teknologi elektrokimia adalah metode yang layak dan praktis untuk dilakukan. Penelitian yang lain menggunakan metode elektrokimia untuk mengolah limbah air celupan dengan elektroda Ti-Ti/PbO₂ dengan bantuan NaCl 1 g/L mampu mereduksi amonia hingga 88,3 %.

Penelitian sudah dilakukan pada air terproduksi dapat diolah menggunakan gabungan metode elektrokoagulasi (elektroda besi) dan adsorpsi dengan isian campuran silika dan adsorben tempurung kelapa yang sudah diaktifasi mendapatkan persentase hasil penyisihan nilai COD sebesar 97,39%, NH₃-N sebesar 69,18% dan nilai TDS sebesar 91,19%.

Riset tentang pengolahan air yang dihasilkan dengan metode elektrokoagulasi pemanfaatan gabungan elektroda aluminium dan besi dan pengolahan filtrasi menggunakan karbon tempurung kelapa yang sudah diaktifasi mendapatkan hasil persentase penyisihan nilai COD sebesar 98,39%, NH₃-N sebesar 75,16% dan nilai TDS sebesar 93,54%. Melalui riset penelitian ini dapat diambil dugaan jika proses elektrokoagulasi mampu dimanfaatkan untuk proses pengolahan air terproduksi karena hampir 90% menyisihkan nilai-nilai konsentrasi yang tinggi pada air terproduksi seperti kandungan oksigen terlarut, padatan terlarut dan amoniak.

Penelitiannya tentang mengurangi TDS, COD, air dan lemak yang dihasilkan selama pengolahan awal menggunakan metode elektrokoagulasi (elektroda Al) berdasarkan variasi variabel yaitu tegangan, luas penampang elektroda dan waktu proses mendapatkan persentase hasil penyisihan nilai COD sebesar 88,07% dan nilai TDS sebesar 31,29% dengan menggunakan elektroda pada luas penampang 38,4 mm². Sedangkan hasil persentase untuk penampang 78 mm² yaitu nilai COD sebesar 92,95% dan nilai TDS sebesar 36,25%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti melakukan penelitian menggunakan metode elektrokimia dengan menggunakan elektroda Al-Fe dengan penambahan 1 g/L NaCl. Penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa elektroda Al-Fe mampu mereduksi COD lebih dari 87% pada air limbah rumah sakit. Penelitian yang pernah dilakukan elektroda Al-Fe juga mampu mereduksi COD sebesar 80-84 % air limbah domestik. Penambahan NaCl dalam penelitian lain bertujuan untuk menghasilkan ion klorida dalam larutan. Gas klor yang bereaksi membentuk asam hipoklorit adalah gas yang akan dihasilkan dari dalam sel selama proses oksidasi. Asam hipoklorit inilah yang akan bereaksi mengurai amonia menjadi gas nitrogen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yakni :

1. Bagaimana pengaruh waktu proses (45, 90, 135, 180 dan 225 menit) terhadap penyisihan COD, TDS dan amonia pada air terproduksi dengan menggunakan proses filtrasi dan aerasi sebagai *pre-treatment* ?
2. Bagaimana pengaruh waktu proses (45, 90, 135, 180 dan 225 menit) dan tegangan elektroda (3, 6, 9 dan 12 volt) terhadap *overall* penyisihan COD, TDS dan amonia pada air terproduksi dengan menggunakan kombinasi proses filtrasi, aerasi dan elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe ?
3. Bagaimana kondisi terbaik yang dapat dicapai pada pengolahan air terproduksi dengan kombinasi proses filtrasi, aerasi dan elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe sehingga mampu memenuhi standar yang ditetapkan dalam PM LH Nomor 19 Tahun 2010?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa dan mengevaluasi pengaruh waktu proses (45, 90, 135, 180 dan 225 menit) terhadap penyisihan COD, TDS dan amonia pada air terproduksi dengan menggunakan proses filtrasi dan aerasi sebagai *pre-treatment*.
2. Menganalisa dan mengevaluasi pengaruh waktu proses (45, 90, 135, 180 dan 225 menit) dan tegangan elektroda (3, 6, 9 dan 12 volt) terhadap *overall* penyisihan COD, TDS dan amonia pada air terproduksi dengan menggunakan kombinasi proses filtrasi, aerasi dan elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe.
4. Menganalisis dan mengevaluasi kondisi terbaik yang dapat dicapai pada pengolahan air terproduksi dengan kombinasi proses filtrasi, aerasi dan elektrokimia menggunakan elektroda Al-Fe sehingga mampu memenuhi standar yang ditetapkan dalam PM LH Nomor 19 Tahun 2010?

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yakni:

1. Riset ini merupakan riset yang berskala laboratorium.
2. Sampel air terproduksi yang digunakan sebagai sampel riset adalah air terproduksi industri hulu migas struktur Beringin Prabumulih di Pulau Sumatera Selatan.
3. Temperatur proses filtrasi, aerasi dan elektrokimia adalah 28°C dan tekanan 1 atm.
4. Elektroda yang digunakan sebagai pengolahan air terproduksi adalah material aluminium (Al) dan besi (Fe) dengan masing-masing ketebalan 1 mm.
5. Dimensi plat elektroda pada pengolahan air terproduksi adalah 15cm x 5cm
6. Tegangan yang diberikan dalam pengolahan air terproduksi adalah 3, 6, 9 dan 12 Volt.

7. Proses pengolahan air terproduksi dalam riset ini memilih metode elektrokimia dengan penambahan NaCl sebanyak 1 g/L selama variasi waktu elektrolisis 45, 90, 135, 180, dan 225 menit.
8. Analisis air terproduksi dan air hasil pengolahan meliputi kandungan COD, TDS dan ammonia (NH₃-N).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah :

1. Hasil dari riset ini diharap dapat memberikan manfaat bagi industri migas di Sumatera Selatan sebagai salah satu alternatif pengolahan air terproduksi.
2. Agar dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa dalam pengembangan ilmu teknologi pendidikan khususnya dalam pengolahan air terproduksi.
3. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang akan memilih tema yang sama namun dengan sudut pandang yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Abouelata, A.M.A., Adel, M.A., Samir, H., 2018. *In situ, one step removal of ammonia from onshore and offshore formation water of petroleum production fields*. Chemical Engineering & Pilot Plant Department, National Research Center, Dokki 12622, Giza, Egypt.
- Achmad R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Al-Ghouti, M.A., Maryam A.A., Mohammad Y.A dan Dana A.D., 2019. *Produce water characteristics, treatment and reuse: A review*. Department of Biological and Environment Science, Collage of Arts and Sciences, Qatar University.
- Anglada, A., Urtiaga, A., Ortiz, I., dan Mantzavinos, D., 2011. "Boron-doped Diamond Anodic Treatment of Landfill Leachate: Evaluation of Operating Variables and Formation of Oxidation By-products". *Water Research* Vol. 45, hal. 828-838.
- Anugrah, P. 2020. Tesis Pengolahan Air Terproduksi Dengan Metode Kombinasi Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Dengan Perlakuan Filtrasi Menggunakan Karbon Aktif. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Ascon, E.A.A., 2018. *Elimination of chemical oxygen demand from domestic residual water by electrocoagulation with aluminum and iron electrodes*. Universidad de Lima. Peru. doi:10.4136/ambi-agua.2240
- Bazrafahn, E., Leili, M., Alireza, A.M., Amir H.M., 2015. *Heavy Metals Removal From Aqueous Environments By Electrocoagulation Process- A systematic Review*. *J Environ Health Sci Eng*. Vol. 13,74.
- Bonnin, E. P., Bliddinger, E. J., dan Botte, G.G., 2008. *Effect of catalyst on electrolysis of ammonia effluents*. *Journal of Power Source*, 182, 284-290.
- Brett, C. M. A. dan Brett, A. M.O., 1993. *Electrochemistry: principles, methods and applications*. Oxford University Press Inc., New York, pp. 326-328.
- Canizares, P. J., Lobato, R. P., M.A. R., 2005. Electrochemical Oxidation of Phenol with Boron-Doped Diamond Anodes, *Water Research*, 39(12), pp. 2687-2703.
- Chen, J., Shi, H., Li, J., 2007. *Electrochemical Treatment of Ammonia in Wastewater by RuO₂-IrO₂-TiO₂/Ti Electrodes*, *J Appl Electrochem*, 37. 1137-1144.
- Cooper, M., Botte, G.G., 2006. *Hydrogen Production from the Electro-oxidation of Ammonia Catalyzed by Platinum and Rhodium on Raney Nickel Substrate*, *Journal of The Electrochemical Society*, 153, (10) A 1894-A1901.

- Dehghani, M., Someih S.S., Hassan H. 2014. *Treatment of hospital wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes*. Department of Environmental Health Engineering, Shiraz University of Medical Sciences, University of Hormozgan Bandar Abbas, Isfahan University of Medical Sciences. Iran.
- Deng, Y., Englehardt, J.D., 2007. *Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment*, Waste Management, 27(3), pp. 380-389.
- Djajadiningrat, A.H., 2004, Pengolahan Limbah Cair Tanpa Bahan Kimia, ITB, Bandung.
- Doyle, D.H., A.B. Brown, 2000. "Produced Water treatment and hydrocarbon removal with organoclay", in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Dalas, Texas, USA.
- Fauzi, N., Kartika U., Daril R.Z., Fitriatun H., 2019. Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik. Teknik Kima Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya.
- Fitri, R.F., Said, M., Bahrin, M., 2021. Tesis Pengolahan Air Terproduksi Menggunakan Metode Kombinasi Proses Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Besi (Fe) dan Adsorpsi Dengan Media Silika & Karbon Aktif. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Garbutt, C.F., 1997. "Innovative treating processes allow steam flooding with poor quality oilfield water", in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, Texas, USA.
- Hartini E., 2012. *Cascade Aerator Dan Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 8(1): 42-50. Fakultas Kesehatan, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia.
- Hasianny, S., Erliza, N., Yani, M., 2015. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Pascasarjana Indtitut Pertanian Bogor. Bogor. Vol. 5 No. 1.
- Hidayah, E.N., Andrysa D., Gina A.A., Okik H.C., 2018. Pengaruh Aerasi dalam *Constructed Wetland* Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. Jurnal Ilmu Lingkungan 16(2) : 155. Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Hommel, R.K., 1990. "Formation and physiological role of biosurfactants produced by hydrocarbon-utilizing microorganisms", Biodegradation, vol 1, pp.m107-119.

- Igunnu, E.T., G. Z.C., 2012. *Produce water treatment technologies*. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. doi: 10.1093/ijlct/cts049.
- Khandegar, V. dan Anil K.S., 2013. *Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent - A Review*. *Journal of Environmental Management* Vol. 128, 949-963.
- Khandegar, V. dan Anil K. S., 2016. *Effect of electrode geometry on the performance of electrocoagulation*. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*. Vol. No.5, Issue No.03
- Kim, K. W., Kim, Y. J., Kim, I. T., Park, G., Lee, E. H., 2006. *Electrochemical Conversion Characteristics of Ammonia to Nitrogen*, *Water Research*, 40, 143-144.
- Knudsen, B.L., Hjelsvold, M., T.K. Frost, P.G. Grini, C.F. Willumsen, H. Torvik, 2004. "Meeting the zero discharge challenge for produce water", in: *Proceeding of the Seventh SPE International Conference of Health, Safety dan Environment in Oil and Gas Exploration and Production*. Calgary, Alberta, Canada.
- Koby, F.U., U. Gebologlu, E. Demirba, M.S. Oncel. 2011. *Treatment of Potablewater containing low concecentration of arsenic with electrocoagulation: different connection modes and Fe-Al electrodes*. *Sep. Purif Technol*. Vol. 77, 283-293.
- Li, L., Yan L. 2016. *Ammonia Removal in Electrochemical Oxidation: Mechanism and Pseudo-kinetics*, *Journal of Hazardous Material*, vol 161, hal. 1010-1016.
- Maitlo, H.A., Jung, H.K., Byung, M.A., and Joo Y.P., 2018. *Effects Of Supporting Electrolytes In Treatment of Arsenate-Containing Wastewater with Power Generation By Aluminumair Fuel Cell Electrocoagulation*. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 57, 254-262.
- Mollah, M.Y.A., 2001. *Fundamentals. Present and Future Perspectives of Electrocoagulation*. *Journal of Hazardous Material*. B114:199-210.
- Nandari, W.W., Ekha Y., Ayu U., M.Th. Kristiati. 2018. *Pengolahan Air Terproduksi dengan Membran Bioreaktor di Wilayah Penambangan Wonocolo Eksergi*, 15 (2), 34-40. *Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta*.
- Nasrullah, M., Nurul I.S., A.W. Zularisam., 2014. *Effect of High Current Density in Elecktrocoagulation Process for Sewage Treatment*. *Asian Journal Chemistry*, vol.26, No.14, 4281-4285.

- Nuraini, E., Fauziah, T., Lestari, F., 2019. Penentuan Nilai BOD Dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik Atk Yogyakarta. *Integrated Lab Journal*. 07(02): 10-15.
- Oram, B., 2014. Total Dissolved Solid and Water Quality. Retrieved April 2015, 24, from Water Research Center: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/tools/total-dissolved-solids>.
- Perez, G., Saiz, J., Ibanez, R., Urtiaga, A., dan Ortiz, I., 2012. "Assessment of the Formation of Inorganic Oxidation Byproducts During the Electrocatalytic Treatment of Ammonium from Landfill Leachates". *Water Research* Vol.46, hal. 2579 - 2590.
- Pradana, A.I., 2018. Teknik Pengolahan Air Terproduksi Untuk Air Sungai Kelas III di Kawasan Eksploitasi Minyak Bumi Sumur Tua Wonocolo, Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Riardi, P.D.. 2016. Penanganan Baku Mutu Kualitas Air Limbah Produksi ATC dari Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*. Balai Riset dan Standardisasi Industri. Ambon
- Sofiani, R. Efektifitas Biji Moringa Oleifera Lam. Dalam Memperbaiki Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Sukaregang, Garut. Tesis Program Pasca Sarjana Bidang Khusus Pengelolaan Sumber Daya Hayati dan Lingkungan Hidup Tropika Program Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung. 1999
- Song, Q., Miao, L., Lele, W., Xuejiao, M., Fang, L., Xiang, L., 2018. *Mechanism and Optimization of Electrochemical System for Simultaneous Removal of Nitrate and Ammonia*, *Journal of Hazardous Materials*. doi: 10.1016/j.jhazmat.2018.09.046
- Suaib, B. S., 1994. Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah dan Jenis Elektroda Terhadap Efektivitas Penurunan Warna Pada Air Gambut Dengan Proses Elektrokoagulasi. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Surahman. 2020. Penurunan TDS, COD dan Minyak & Lemak Air Terproduksi (*Produce Water*) Pada Proses *Pre-treatment* Menggunakan Electrocoagulan di Industri Migas Sumatera Selatan. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Susetyaningsih, R., 25-26 Agustus 2008, Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Air limbah, Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, YLH – Yogyakarta. Dalam Seminar Nasional IV, SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-0176.
- Tiana, A.N., 2015. Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Bandung.

- Vitse, F., Cooper, M., dan Botte, G.G., 2005. "*On the use of ammonia electrolysis for hydrogen production*". *Journal of Power Sources*, 142, hal. 18-26.
- White, G.C., 1986 *The Handbook of Chlorination*, 2nd edn, hal. 172. New York USA : Van Nostrand Reinhold
- Wignyanto, H., Alfia, N.A., 2009. Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahannya (Kajian Pengaturan Kecepatan Aerasi dan Waktu Inkubasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. Fakultas Teknologi Pertanian: Universitas Brawijaya
- Yao, J.C., Yu, M., Guanghua, X., Yin, L., Dongmei, X., Nabo, S., Jiade, W., dan Jun, C., 2019. *Process Optimization of Electrochemical Oxidation of Ammonia to Nitrogen for Actual Dyeing Wastewater Treatment*. Zhejiang Shuren University, Zhejiang University Technology. Hangzhou, China.
- Yan, L., Liang, L., Goel, R., 2009. *Kinetic Study of Electrolytic Ammonia Removal Using Ti/IrO₂ as Anoda Under Different Experimental Conditions*, *Journal of Hazardous Material*, 161, 1010-1016.
- Yao, J.C., Zhou, M.M., Wen, D.N., Xue, Q.W., Wang, J.D. *Electrochemical conversion of ammonia to nitrogen in non-chlorinated aqueous solution by controlling pH value*. *J. Electroanal. Chem.* 2016, 776, 53–58.
- Yulianto, A. dkk., (2009). "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi". Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Zhou, L., Cheng, Y. F., 2008. *Catalytic Electrolysis of Ammonia On Platinum In Alkaline Solution for Hydrogen Generation*, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 5897-5904
- Zoski, G.C., 2007. *Handbook of Electrochemistry*, First edition, Elsevier, Amsterdam, pp. 08-1