

TESIS

***OIL RECOVERY* PADA LIMBAH TANAH
TERKONTAMINASI MINYAK DENGAN
MENGUNAKAN AIR SUBKRITIS**



**MARETA RAMADHONA
03012681822006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

TESIS

***OIL RECOVERY* PADA LIMBAH TANAH TERKONTAMINASI MINYAK DENGAN MENGUNAKAN AIR SUBKRITIS**

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



**MARETA RAMADHONA
03012681822006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

***OIL RECOVERY* PADA LIMBAH TANAH TERKONTAMINASI MINYAK (A108D) DENGAN MENGUNAKAN AIR SUBKRITIS**

TESIS

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

Palembang, Juli 2022
Menyetujui,

Pembimbing I,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP. 195610241981032001

Pembimbing II,



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198001031200511003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

ⓐ Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Irdah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul “*Oil Recovery* pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak (A108d) dengan Menggunakan Air Subkritis” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Lima Belas bulan Juli tahun Dua Ribu Dua Puluh Dua.

Palembang, Juli 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis




Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H.M. Said, M.Sc
NIP.1961081219870301003

()

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. H.M. Faizal, DEA
NIP.1958051419840301001
2. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP.196010111985032002
3. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.
NIP.197808222002122001

()
()
()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mareta Ramadhona

NIM : 03012681822006

Judul : *Oil Recovery* pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak (A108d)
dengan Menggunakan Air Subkritis

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, Juli 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Mareta Ramadhona

NIM. 03012681822006

RINGKASAN

OIL RECOVERY PADA LIMBAH TANAH TERKONTAMINASI MINYAK (A108D) DENGAN MENGGUNAKAN AIR SUBKRITIS

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 15 Juli 2022.

Mareta Ramadhona, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA dan Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

Recovery Oil In Oil Contaminated Soil (A108d) By Using Subcritical Water

xiii + 80 pages, 16 Tables, 19 Pictures, 4 Appendix

RINGKASAN

Kegiatan produksi pada industri minyak dan gas bumi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, salah satunya pencemaran tanah. Pencemaran tanah umumnya ditemukan di area kilang yang disebabkan oleh tumpahan minyak, kebocoran pipa, kegiatan *loading-unloading*, dan transportasi minyak. Pada penelitian ini, limbah tanah terkontaminasi minyak diolah dengan cara *me-recovery* kembali minyak yang terkandung di dalam limbah tanah terkontaminasi minyak tersebut menggunakan air. Proses perlakuan diterapkan pada limbah tanah terkontaminasi minyak jenis tanah, tanah berpasir, dan lumpur, dengan waktu proses 30 hingga 120 menit dan laju alir 46, 90, 139, dan 183 mL/menit. Suhu air yang digunakan untuk pengolahan adalah ± 175 °C dengan tekanan 14,5 atm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar minyak pada masing-masing sampel yaitu tanah, tanah berpasir, dan lumpur masing-masing adalah 37,7%, 5,8%, dan 88,4%. Penerapan metode ini sangat signifikan jika diterapkan pada limbah jenis *sludge*. Berdasarkan laju alir dan waktu pemrosesan, semakin lama waktu pemrosesan, semakin sedikit kandungan minyak yang terkandung dalam limbah tanah yang terkontaminasi minyak, dan semakin banyak minyak yang berhasil di *recovery*. Sistem *oil recovery* pada limbah tanah terkontaminasi minyak ini dapat menghemat anggaran hingga 1,1 juta rupiah per ton.

Kata Kunci: limbah bahan beracun dan berbahaya; limbah tanah terkontaminasi minyak; *oil recovery*; air subkritis; *soil washing*.

Kepustakaan : 36 (1995 – 2019)

SUMMARY

RECOVERY OIL IN OIL CONTAMINATED SOIL (A108D) BY USING SUBCRITICAL WATER

Scientific paper in the form of Tesis, July, 15th 2022.

Mareta Ramadhona, Supervised by Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA and Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

Oil Recovery pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak (A108d) dengan Menggunakan Air Subkritis

xiii + 80 pages, 16 Tables, 19 Pictures, 4 Appendix

SUMMARY

Production activities in the oil and gas industry can cause environmental pollution, one of which is soil pollution. Soil contamination is generally found in the refinery area caused by oil spills or pipe leaks, loading and unloading, and oil transportation. In this study, oil-contaminated soil is processed by extracting the oil contained in the ground using water. The treatment process was applied to oil-contaminated soil, sandy soil, and mud, with a processing time of 30 to 120 minutes and flow rates of 46, 90, 139, and 183 mL/minute. The temperature of the water used for processing is $\pm 175^{\circ}\text{C}$ with a pressure of 14.5 atm. The results showed that the average reduction in oil content in oil-contaminated samples, namely soil, sandy soil, and mud, was 37.7%, 5.8%, and 88.4%, respectively. This method is most suitable for waste soil contaminated with dirt. Based on the flow rate and processing time, the longer the processing time, the less oil content in the oil-contaminated soil waste, and the more oil is produced. This oil recovery system on waste soil contaminated with oil can save a budget of up to 1.1 million rupiahs per tonne.

Keywords: hazardous waste, oil-contaminated soil waste, oil recovery, subcritical water, soil washing

Citations : 36 (1995 – 2019)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, sehingga penyusunan laporan tesis dengan judul **“Oil Recovery pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak dengan Menggunakan Air Subkritis”** ini dapat terselesaikan. Laporan hasil penelitian ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Magister pada Program Studi Teknik Kimia, Bidang Kajian Utama Teknologi Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya.

Pelaksanaan penelitian, proses penulisan dan penyelesaian laporan hasil penelitian ini dapat berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu, Ayah, dan keluarga tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan moral dan finansial.
2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
3. Dr. Fitri Hadiah, S.T.,M.T.selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia.
4. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia sekaligus Dosen Pembimbing II.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Haryati, DEA selaku Dosen Pembimbing I.
6. Prof. Dr. Ir. H.M. Said, M.Sc., Prof. Dr. Ir. H.M. Faizal, DEA.; Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA; dan Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji.
7. Bapak Reza Merizki Siregar selaku Environment Section Head - HSSE sekaligus Pembimbing Lapangan.
8. Ibu Maharani selaku Environment Section Head - HSSE.
9. Bapak Mubarak selaku Sr. Spv. Waste Management & Pollution sekaligus Pembimbing Lapangan.
10. Bapak Muhammad Asnari dan Bapak Matnuri selaku Sr. Spv. Analyst.
11. Bapak Taryono, Muhammad Rayfi Alfaridzi, dan Valianto Rojulun Afif selaku Tim Lapangan Proses Penelitian.
12. Tim HSSE Environment Section, Tim Laboratory, Tim Utilities, Tim TKJP, Tim Gegana, serta seluruh yang terlibat dan membantu proses penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih mempunyai kekurangan. Namun, diharapkan tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat menjadi lebih baik lagi dengan adanya penelitian - penelitian lanjutan. Aamiin.

Palembang, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan Penelitian	4
1.4.Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5.Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1.Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	6
2.2.Tanah Terkontaminasi Minyak	8
2.2.1. Definisi Tanah Terkontaminasi Minyak.....	8
2.2.2. Dampak Tanah Terkontaminasi Minyak Terhadap Lingkungan.....	11
2.3.Metode Remediasi Tanah Terkontaminasi Minyak	13
2.4.Metode <i>Soil Washing</i> untuk Pengolahan Tanah Terkontaminasi Minyak.	15
2.5. <i>Subcritical Water</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1.Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat.....	24
3.3.1. Bahan	24

3.3.2. Alat	24
3.3.3. Skema Alat	24
3.3. Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1. Variabel Penelitian	26
3.3.2. Diagram Alir Penelitian.....	26
3.3.3. Proses <i>Pre-Treatment</i>	28
3.3.4. Proses <i>Treatment</i>	29
3.3.5. Analisa Produk	31
3.3.6. Metode Pengolahan dan Analisa Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Penelitian	38
4.2. Pembahasan.....	45
4.2.1. Efektifitas Penerapan Sistim <i>Oil Recovery</i> pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak Ditinjau dari Sisi Pengurangan (Reduce) Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak.....	45
4.2.2. Pengaruh Laju Alir dan Waktu Proses terhadap Jenis Tanah pada Proses <i>Oil Recovery</i> pada Tanah Terkontaminasi Minyak dengan Menggunakan Air Subkritis	50
4.2.2.1. Pengaruh Laju Alir dan Waktu Proses pada Sampel Tanah	50
4.2.2.2. Pengaruh Laju Alir dan Waktu Proses pada <i>Recovered Oil</i>	57
4.2.3. Kualitas Limbah Cair Hasil Proses Pengolahan Tanah Terkontaminasi Minyak dengan Menggunakan Air Subkritis.....	65
4.2.4. Efektifitas Penerapan Sistim <i>Oil Recovery</i> pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak Ditinjau dari Efisiensi Anggaran Pengelolaan Limbah B3.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1. Kesimpulan	76
5.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Desain Alat Penelitian	83
Lampiran B. Hasil Analisa dari Laboratorium.....	85
Lampiran C. Dokumentasi Proses Penelitian.....	99

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Persyaratan Nilai Akhir Hasil Pengolahan Minyak Bumi	10
Tabel 3.1. Variabel Penelitian.....	29
Tabel 3.2. Jumlah Sampel yang Dibutuhkan untuk Analisa <i>Water Content</i>	32
Tabel 4.1. Hasil Analisa Sampel Awal	39
Tabel 4.2. Hasil Analisa Sampel Tanah Setelah dilakukan Pengolahan	39
Tabel 4.3. Hasil Analisa Sampel <i>Oil Recovery</i> Setelah Proses Pengolahan	41
Tabel 4.4. Hasil Analisa Sampel Limbah Cair.....	42
Tabel 4.5. Penurunan Massa Limbah Setelah Proses <i>Oil Recovery</i>	45
Tabel 4.6. Persentase Penurunan Massa Limbah Setelah Proses <i>Oil Recovery</i>	46
Tabel 4.7. Persentase Pengurangan Massa Limbah Sampel Tanah berdasarkan Laju Alir dan Waktu Proses.....	51
Tabel 4.8. Hasil Analisa Sampel Tanah Terhadap Laju Alir dan Waktu Proses	52
Tabel 4.9. Hasil Analisa Sampel Produk <i>Recovered Oil</i> terhadap Laju Alir dan Waktu Proses	60
Tabel 4.10. Persentase Minyak yang di <i>Recovery</i> berdasarkan Laju Alir dan Waktu Proses	59
Tabel 4.11. Pengelolaan Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak secara Keseluruhan.....	70
Tabel 4.12. Pengelolaan Limbah Tanah Terkonatminasi Minyak pada Masing-Masing Jenis Tanah	71
Tabel 4.13. Estimasi Penghematan Anggaran.....	74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses <i>Soil Washing</i>	15
Gambar 2.2. Diagram Fase Air	19
Gambar 2.3. Diagram Alir Proses Air Subkritis di PT Pertamina RU III	22
Gambar 3.1. Skema Alat <i>Oil Recovery</i>	25
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1. Grafik Persentase Penurunan Limbah Setelah Proses Pengolahan	47
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Laju Alir dan Waktu Proses terhadap Penurunan Massa Limbah pada Sampel.....	53
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Laju Alir dan Waktu terhadap Massa pada <i>Recovered Oil</i>	61
Gambar 4.4. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter BOD ..	65
Gambar 4.5. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter COD ..	66
Gambar 4.6. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter Minyak & Lemak	66
Gambar 4.7. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter Phenol	67
Gambar 4.8. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter Sulfida	67
Gambar 4.9. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter Ammonia.....	68
Gambar 4.10. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter Temperatur	68
Gambar 4.11. Grafik Kecenderungan Kualitas Limbah Cair Parameter pH....	69
Gambar 4.12. Grafik Pengelolaan Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak melalui Sistem <i>Oil Recovery</i>	71
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Hasil Pengelolaan Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak pada Masing-masing Jenis Tanah.....	72
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Estimasi Penghematan Anggaran Pengelolaan Limbah B3 pada masing-masing Jenis Tanah	75

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

BBM	Bahan Bakar Minyak <i>Fuel Oil</i>
TPH	<i>Total Petroleum Hydrocarbons</i> Total Hidrokarbon Minyak Bumi
EDTA	<i>Etilen Diamin Tetra Asetat</i>
EDDS	<i>Ethylenediamine Disuccinic Acid</i>
HIDS	<i>Hydroxyiminodisuccinic Acid</i>
DTPA	<i>Diethylenetriamine Penta Acetic Acid</i>
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun <i>Hazardous Material</i>
LB3	Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun <i>Hazardous Waste</i>
PAH	<i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</i>
TCLP	<i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure</i> Prosedur Uji Karakteristik Toksisitas Perlindian
TCLP-A	<i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure</i> Kategori A pada Lampiran IX PP No. 22 Tahun 2021
TCLP-B	<i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure</i> Kategori B pada Lampiran IX PP No. 22 Tahun 2021
LD ₅₀	<i>Lethal Dose 50</i> Dosis Letal Tengah
A108d	Kode Limbah Terkontaminasi B3 sesuai Lampiran IX PP No. 22 Tahun 2021
μ	Mikro
BTEX	Benzene, Toluene, Etilbenzena, dan Xylenes
SVE	<i>Soil Vapour Extraction</i> Ekstraksi Uap Tanah

VOC	<i>Volatile Organic Compound</i> Senyawa Organik Volatil
MAE	<i>Microwave Assisted Extraction</i> Ekstraksi dengan bantuan Microwave
SFE	<i>Supercritical Fluid Extraction</i> Ekstraksi Cairan Superkritis
ASE	<i>Accelerated Solvent Extraction</i>
PLE	<i>Pressurized Liquid Extraction</i> Ekstraksi Cairan Bertekanan
SWE	<i>Subcritical Water Extraction</i> Ekstraksi Air Subkritis
PHWE	<i>Pressurized Hot Water Extraction</i> Ekstraksi Air Panas Bertekanan
RPA	Rumah Pompa Air

DAFTAR SIMBOL

T	Suhu, temperature	°C
P	Tekanan	Atm
ρ	Densitas, Massa Jenis	g/cm^3
D	<i>Diameter</i>	<i>cm, inch</i>
m	<i>Massa</i>	<i>Kg, gram</i>
t	<i>Waktu</i>	<i>Menit</i>
Q	<i>Laju alir</i>	m^3/s

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan hidup manusia, kebutuhan minyak bumi pun mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Sehingga saat ini bahan bakar minyak merupakan komoditas penentu kelangsungan perekonomian suatu negara. Hal ini disebabkan oleh berbagai sektor dan kegiatan ekonomi di Indonesia mengandalkan bahan bakar minyak sebagai sumber energi dalam beraktivitas. Dengan begitu menjadikan industri pengolahan minyak bumi dan gas mengalami perkembangan pesat, salah satunya ditandai dengan banyaknya pembangunan kilang minyak. Kilang minyak merupakan fasilitas proses pengolahan minyak bumi menjadi produk-produk bahan bakar minyak (BBM) dan non bahan bakar minyak (Non-BBM) (Zulkifliani, 2017).

Dari hasil eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi tersebut cenderung melibatkan risiko besar bagi lingkungan atau dengan kata lain berpotensi besar menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Material sisa yang dihasilkan dalam setiap prosesnya, baik berbentuk padat, cair maupun gas, tentu dapat mencemari unsur-unsur disekitarnya, seperti tanah, air ataupun udara. Penanggulangan pencemaran dari kegiatan pengolahan minyak bumi saat ini telah mengalami perkembangan pesat dengan menggunakan teknologi yang modern serta sistem monitoring yang *continue*. Namun pada dasarnya teknologi pengolahan tersebut tetap dilakukan secara fisik, kimia dan biologi (Ezeji, dkk., 2007). Teknologi tersebut dapat dilakukan secara terpisah ataupun secara bersamaan sehingga diperoleh hasil yang maksimal, baik secara kualitas maupun kuantitas.

Pencemaran tanah di industri migas umumnya ditemukan di area kilang minyak akibat dari tumpahan atau kebocoran pipa, ceceran sewaktu pembersihan tanki (*cleaning tank*), ataupun dari proses *loading – unloading* dan transportasi minyak. Beberapa metode yang biasa dilakukan untuk memulihkan tanah terkontaminasi minyak antara lain pengolahan secara fisik, pengolahan secara

termal dan pengolahan secara biologi. Pengolahan secara fisik dapat berupa *soil washing*, *soil flushing*, ataupun *soil vapour extraction*. Pengolahan secara termal misalnya berupa *desorpsi thermal* dan insinerasi. Sedangkan pengolahan secara biologi antara lain biodegradasi, bioremediasi dan *phytoremediation* (Ezeji, dkk., 2007).

Beberapa penelitian sebelumnya terkait remediasi tanah terkontaminasi telah dilakukan. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Zulkifliani (2017), mengenai remediasi tanah terkontaminasi minyak dan proses pengolahan limbah berminyak di lingkungan industri minyak. Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa penelitian dilakukan dengan teknik *soil washing* pada skala *demo plant*, dimana tanah terkontaminasi minyak dicuci menggunakan *biosolvent*. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar *Total Petroleum Hydrocarbons* (TPH) yang semula sebesar 24,71% turun hingga 0,91% pada tanah yang terkontaminasi minyak. Penelitian lain dilakukan oleh Aziz, dkk. (2015) berupa menghilangkan logam berat dalam tanah terkontaminasi menggunakan *Chelating Agent* berupa *Etilen Diamin Tetra Asetat* (EDTA), dilaporkan bahwa Logam Fe dan Pb yang terdapat pada tanah mengalami penurunan konsentrasi setelah dilakukan pencucian pada tanah tersebut menggunakan EDTA. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Hasegawa, dkk. (2019), dimana pada penelitian ini dilakukan pencucian tanah untuk mengekstraksi timbal, tembaga dan seng dari tanah terkontaminasi menggunakan bantuan *Ethylenediamine Disuccinic Acid* (EDDS) dan *Hydroxyiminodisuccinic Acid* (HIDS) sebagai *biodegradable chelators* dan *Ethylenetriamine Tetra Acetic Acid* (EDTA) dan *Diethylenetriamine Penta Acetic Acid* (DTPA) sebagai *persistent chelator*. Pencucian tanah dilakukan dengan menggunakan suhu serta waktu proses yang bervariasi. Hasilnya disebutkan bahwa penggunaan EDTA dan DTPA lebih efektif dibandingkan penggunaan *biodegradable chelators*.

Pada penelitian ini, dilakukan pengolahan tanah terkontaminasi oleh minyak melalui *oil recovery* yang terkandung dalam tanah dengan menggunakan air melalui metode *soil washing*. Sesuai dengan PP No.22 Tahun 2021 Lampiran IX tentang Daftar Limbah B3, tanah terkontaminasi minyak termasuk dalam kategori Limbah B3 dengan kode limbah A108d. Bahan Berbahaya dan beracun (B3) yang

menjadi polutan atau zat pencemar disini berupa *crude oil* atau minyak mentah dari proses pengolahan minyak dan gas bumi. Pada penelitian ini, air dipilih sebagai pelarut karena lebih ramah lingkungan dibandingkan remediasi menggunakan bahan-bahan kimia, serta biaya yang digunakan lebih murah. Selain itu, dari beberapa penelitian sebelumnya, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Jo, dkk (2014), dijelaskan bahwa air dapat menurunkan kadar minyak diesel pada tanah terkontaminasi mencapai 70%. Penelitian lain, dilakukan oleh Islam, dkk (2014), dijelaskan bahwa pencucian tanah menggunakan air subkritis dapat menurunkan nilai Total Petroleum Hidrokarbon dan Aromatik Hidrokarbon mencapai 91%, serta penelitian oleh Taki, dkk. (2018) disebutkan bahwa suhu optimum untuk proses ekstraksi tanah terkontaminasi minyak menggunakan air subkritis pada suhu 250°C selama 120 menit mampu mengurangi kadar *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) sebesar 87,3%. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dipilih air sebagai media pengolahan tanah terkontaminasi oleh minyak melalui *recovery* minyak yang terkandung dalam tanah.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimanakah efektifitas penerapan sistem *oil recovery* pada limbah tanah terkontaminasi minyak ditinjau dari sisi pengurangan (*reduce*) limbah tanah terkontaminasi minyak
- 2) Bagaimanakah pengaruh laju alir dan waktu proses terhadap jenis tanah pada Proses *Oil Recovery* pada Limbah Tanah Terkontaminasi Minyak dengan Menggunakan Air Subkritis
- 3) Bagaimanakah kualitas limbah cair hasil proses pengolahan limbah tanah terkontaminasi minyak dengan menggunakan air subkritis.
- 4) Bagaimanakah efektifitas penerapan sistem *oil recovery* pada limbah tanah terkontaminasi minyak ditinjau dari Efisiensi Anggaran Pengelolaan Limbah B3.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Mengetahui dan menganalisis efektifitas penerapan sistem *oil recovery* pada limbah tanah terkontaminasi minyak ditinjau dari sisi pengurangan (*reduce*) limbah tanah terkontaminasi minyak
- 2) Mengetahui dan menganalisis pengaruh laju alir dan waktu proses terhadap jenis tanah pada Proses *Oil Recovery* pada Tanah Terkontaminasi Minyak dengan Menggunakan Air Subkritis
- 3) Mengetahui dan menganalisis kualitas limbah cair hasil proses pengolahan tanah terkontaminasi minyak dengan menggunakan air subkritis.
- 4) Mengetahui dan menganalisis efektifitas penerapan sistem *oil recovery* pada limbah tanah terkontaminasi minyak ditinjau dari sisi ekonomi.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- 1) Penelitian ini bersifat eksperimental, menggunakan *Batch System*, dan berskala lapangan.
- 2) Proses penelitian dilakukan di Kilang Plaju dan Sungai Gerong RU III Plaju.
- 3) Bahan baku yang digunakan berasal dari limbah tanah terkontaminasi minyak mentah di Kilang Plaju dan Sungai Gerong RU III Plaju.
- 4) Pelarut yang digunakan adalah air subkritis (*subcritical water*) yang berasal dari Unit Utilities RU III Plaju.
- 5) Analisa produk dilakukan di Laboratorium RU III Plaju.

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan melalui penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain :

- 1) Dapat *recovery* minyak yang terdapat dalam limbah tanah terkontaminasi, sehingga minyak yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali.
- 2) Meminimalisir pencemaran lingkungan khususnya pencemaran tanah akibat kontaminasi minyak.

- 3) Sebagai masukan dan inovasi bagi perusahaan dalam pengelolaan limbah B3 khususnya pada limbah tanah terkontaminasi minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, F.T.. 2007. Ekstraksi Fe (II)-1, 10-Fenantrolin Menggunakan Metode Cloud Point dengan Surfaktan Tween 80, 11-15. Universitas Sebelas Maret : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Asl, A.A., dan Khajeenori, M. 2013. Subcritical Water Extraction. Chapter 17. School of Chemical gas and Petroleum Engineering, Semnan University, Semnan, I.R.Iran. (<http://dx.doi.org/10.5772/54993>)
- ASTM D473. Manual of Petroleum Measurement Standarts (MPMS), Chapter 10.1 : Standard Test Method for Sediment in Crude Oils and Fuel Oils by Extraction Method.
- Aziz, T., Rizky, A., dan Devah, V. 2015. Removal Logam Berat dari Tanah Terkontaminasi Dengan Menggunakan Chelating Agent (EDTA). Jurnal Teknik Kimia, No. 2, Vol 21.
- Bhandari, A., Novak, J.T., Dove, D.C., dan V. Tech. 2000. Effect Of Soil Washing On Petroleum-Hydrocarbon Distribution On Sand Surfaces, pp. 1–13.
- Contaminated Land Application in Real Environment (CLAIRE). 2007. Understanding Soil Washing, Technical Bulletin, 13, 1-4.
- Eletskii, P.M., Mironenko, O.O., Kukushkin, R. G., Sosnin, G.A., dan Yakoviev, V.A. 2018. Catalytic Steam Cracking of Heavy Oil Feedstocks : A Review. ISSN 2070-0504, Catalysis in Industry, 2018, Vol. 10 No.3, pp.185-201, Pleiades Publishing, Ltd.
- Ezeji, U.E., Anyadoh, S.O. , dan Ibekwe, V.I. 2007. Clean up of Crude Oil-Contaminated Soil.

- Gan, S., Lau, E.V., dan Ng, H.K. 2009. Remediation of Soils Contaminated With Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Vol. 172, pp. 532–549.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Jakarta : CV Akademika Pressindo
- Hasegawa, H., Mamun, M.A.A., Tsukagoshi, Y., Ishii, K., Sawai, H., Begum, Z.A., Asami, A.A., Maki, T., dan Rahman, I.M.M. 2019. Chelator- Assited Washing for the Extraction of Lead, Copper and Zinc from Contaminated Soils : A Remediation Approach. *Journal of Applied Geochemistry* 109 (2019) 104397.
- Islam, M.N, Taki, D, Jung, Y.J. Jung, S.K dan Park, J.H. 2018. Remediation of Gulf War Oil Spill Contaminated Soil by A Subcritical Water Extraction Process : Oil Removal, Recovery and Degradation. *Soil and Sediment Contamination : An International Journal*, ISSN : 1532-0383.
- Islam, M.N., Jo, Y.T., dan Park, J.H. 2014. Subcritical Water Remediation of Petroleum and Aromatic Hydrocarbon-Contaminated Soil : A Semi-Pilot Scale Study. Springer International Publishing Switzerland 2014. *Water Air Soil Pollut* (2014) 225 : 2037 DOI 10.1007/s11270-014-2037-3.
- Islam, M.N., Jo, Y.T., dan Park, J.H. 2015. Extraction of Diesel From Contaminated Soil Using Subcritical Water. Springer Verlag Berlin Heidelberg, *Environ Earth Sci*, DOI 10.1007/sw12665-015-4338-2.
- Islam, M.N., Jo, Y.T., Jung, S.K dan Park, 2013. Evaluation of A Subcritical Water Extraction Process for Remediation of Pesticide-Contaminated Soil. *Water Air soil Pollut* (2013) 224:1652 DOI 10.1007/s11270-013-1652-8.
- Jo, Y.T., Islam, M.N, Shin, M.S, Jung, S.K., dan Park, J.H. 2014. Diesel Recovery from Extraction of Contaminated Soils Using Subcritical Water.

International Journal of Environmental Engineering - IJEE Volume 1 ;
issue 4, ISSN 2374-1724.

Karthika,N., Jananee, K., dan Murugaiyan, V. 2016. Remediation of
Contaminated Soil Using Soil Washing - A Review, Vol. 6, No. 1, PP. 13–
18.an.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara
Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah
Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis.

Motamedimehr, Gitipour dan Ardestani, M. 2018. Polycyclic Aromatic
Hydrocarbons Separation from Oil-Contaminated Soil Using Supercritical
and Subcritical Water. Journal of Environmental Pollution and Control
Volume 1 Issue 1 ISSN : 2639-9288.

Naidu, R. dan Harter, R.D. 1998. Effect of Different Organic Ligands On
Cadmium Sorption By and Extractability from Soils. Soil Science Society
of America Journal 62 (3) : 644–650.

Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012 tentang Baku Mutu
Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan
Pertambangan Batubara.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air
Limbah.

P&ID Utilities RU III. 2013. Boiler Package. PT Pertamina RU III Plaju.

Setiawatai, K. 1998. Kualitas Tanah : Kumpulan Makalah Kualitas dan
Pengelolaan Pencemaran Lingkungan. Bogor : Program Pasca Sarjana
IPB.

- Suhariyono, G., dan Menry, Y. 2005. Analisis Karakteristik Unsur-unsur Dalam Tanah di Berbagai Lokasi dengan Menggunakan XRF. Prosiding PPI - PDIPTN 2005 ISSN 0216-3128.
- Surat Izin Walikota Palembang No.658.31/IPLC/0034/DPMPTSP- PPL/2019 tentang Ijin Pembuangan Limbah Cair Kilang RU III Plaju.
- Taki, G., Islam, M.N, Park, S.J., Park, J.H. 2018. Optimizing of Operating Parameters to Remove and Recover Crude Oil From Contaminated Soil Using Subcritical Water Extraction Process. Environment & Energy Engineering, Chonnam National University, ISSN 1226-1025, (<http://doi.org/10.4491/eer.2017.145>)
- Tata Kerja Individu (TKI) Laboratory Refinery Unit III No.C-079/E13116/2015-S9 Revisi ke-1 tentang Pengujian Water Content Dalam Crude Oil Dengan Metode Distilasi.
- Urum, K., Pekdemir, T., dan Copur, M. 2004. Surfactants Treatment of Crude Oil Contaminated Soils. Journal of Colloid and Interface Science, 276 (2004), 456-464.
- Vincent O. A., Steven O., Felix E., Weltime O., Medjor, Imohimi O. A., dan Osaro K. I. 2012. Surfactant Enhanced Soil Washing Technique and Its
- Wuana, R. A., Okieimen, F. E. dan Imborvungu, J. A. 2010. Removal of Heavy Metals from A Contaminated Soil Using Organic Chelating Acids. International Journal of Environmental Science and Technology 7 (3) : 485–496.
- Wuana, R.A., dan Okieimen, F.E. 2011. Heavy Metals in Contaminated Soils : A review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation, ISRN Ecology, 2011 Article ID 402647, pp. 20.

- X. Liu dan Yu, G. 2006. Combined Effect of Microwave and Activated Carbon On The Remediation of Polychlorinated Biphenyl-Contaminated Soil, *Chemosphere* 63 (2006) 228–235.
- Yunhee Lee, Seong-Wook Oa. 2012. Desrption Kinetics and Removal Characteristics of Pb-Contaminated Soil by the Soil Washing Method : Mixing Ratio and Particle Size, *Environmental Engineering Research, Korea*, 3, 145-150
- Zhang, O., Ma, D., Qiu, R., Tang, Y., dan Du, C. 2016. Non-Thermal Plasma Technology for Organic Contaminated Soil Remediation : A Review. *Chemical Engineering Journal* 313 (2017) 157-170.
- Zulkifliani. 2017. Remediasi Tanah Terkontaminasi Minyak dan Proses Pengolahan Limbah Berminyak di Lingkungan Industri Minyak. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, Vol. 51, No.3, ISSN : 2089-3396 e-ISSN : 2598-0300.