

**ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP
REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA
TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI**

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI
2022**

**ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP
REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA
TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



SYAFIRA AULIA FITRI

1800825201009

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI**

JAMBI

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

TUGAS AKHIR


Oleh

Syafira Aulia Fitri
1800825201009

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, 18 Februari 2023

Pembimbing I



Hadrah, ST, MT
NIDN. 1020088802

Pembimbing II



Anggrika Rivanti, ST, M.Si
NIDN. 1010028704

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

Tugas akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : Syafira Aulia Fitri
NPM : 1800825201009
Hari/Tanggal : Senin, 30 Januari 2023
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua :

1. Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc
NIDN. 0003088001

Anggota :

2. Angerika Riyanti, ST, M.Si
NIDN. 1010028704

3. Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

4. Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng
NIDN. 1027067401

5. Hadrah, ST, MT
NIDN. 1020088802

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik
Lingkungan

Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME
NIDN. 10151128501

Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syafira Aulia Fitri
NPM : 1800825201009
Judul : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan
Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Memberikan izin kepada pembimbing dan Univeritas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasi karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Coresponding Author*).

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

Jambi, 30 Januari 2023

Penulis



Syafira Aulia Fitri

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syafira Aulia Fitri

NPM : 1800825201009

Judul : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

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

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

Jambi, 30 Januari 2023



Syanra Aulia Fitri

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

Syafira Aulia Fitri; Dibimbing Oleh Hadrah, ST, MT dan Anggrika Riyanti, ST, M.Si

72 halaman, 12 tabel, 13 gambar, 8 lampiran

ABSTRAK

Kegiatan pengeboran minyak bumi dapat menghasilkan produk berupa bahan bakar minyak dan non bahan bakar minyak. Dalam prosesnya dihasilkan produk lainnya dalam bentuk limbah padat, cair, dan gas yang dapat mencemari tanah, air, atau udara. Pencemaran tanah oleh limbah minyak umumnya ditemukan di area pengeboran minyak bumi, yang dapat berasal dari tumpahan atau bocoran pipa saat pengolahan. Penelitian ini digunakan untuk memulihkan tanah yang terkontaminasi minyak dengan *soil washing*. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektifitas *soil washing* dengan metode *mixing* dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebesar 0 mg/l, 500 mg/l dan 1000 mg/l. dan variasi waktu pengadukan selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit pada kecepatan pengadukan 150 rpm dalam menurunkan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi. Tanah dengan tekstur *loamy sand* yang mengandung TPH awal 851,92 mg/kg akan diolah dengan *soil washing* metode *mixing* menggunakan surfaktan SDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TPH setelah dilakukan perlakuan mengalami penurunan. Peningkatan penambahan konsentrasi surfaktan dan waktu memberikan efek positif terhadap penyisihan TPH. Hasil variasi konsentrasi larutan surfaktan menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan optimal dalam penyisihan TPH adalah 1000 mg/l. Penyisihan tertinggi terjadi pada waktu pengadukan selama 90 menit yaitu 89,85% dengan kandungan TPH akhir 86,44 mg/kg.

Kata Kunci : Pencemaran Tanah, *Soil Washing*, *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH).

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF SURFACTANTS ON THE REDUCTION OF HYDROCARBON POLLUTANTS ON PETROLEUM-POLLUTED SOILS

*Syafira Aulia Fitri; Guided by Hadrah, ST, MT dan Angrika Riyanti, ST, M.Si
72 pages, 12 tables, 13 pictures, 8 attachments*

ABSTRACT

Petroleum drilling activities can produce products in the form of fuel oil and non-fuel oil. In the process, other products are produced in the form of solid, liquid, and gaseous waste that can pollute the soil, water, or air. Soil pollution by waste oil is commonly found in petroleum drilling areas, which can come from spills or leaking pipes during processing. This research was used to restore oil-contaminated soil with soil washing. This study aims to determine the effectiveness of soil washing with a mixing method and analyze the influence of variations in the concentration of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) surfactants of 0 mg / l, 500 mg / l and 1000 mg / l. and variations in stirring time for 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes at a stirring speed of 150 rpm in reducing the concentration of Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) on petroleum polluted soils. Soils with a loamy sand texture containing an initial TPH of 851.92 mg/kg will be treated with a soil washing mixing method using SDS surfactants. The results showed that the concentration of TPH after treatment decreased. Increased addition of surfactant concentration and time has a positive effect on TPH removal. The results of variations in the concentration of surfactant solutions showed that the optimal surfactant concentration in TPH removal was 1000 mg / l. The highest allowance occurred at a stirring time of 90 minutes, which was 89.85% with a final TPH content of 86.44 mg/kg.

Key Word : Soil Pollution, Soil Washing, Sodium Dodecyl Sulfate (SDS), Total Petroleum Hydrocarbon (TPH).

PRAKATA

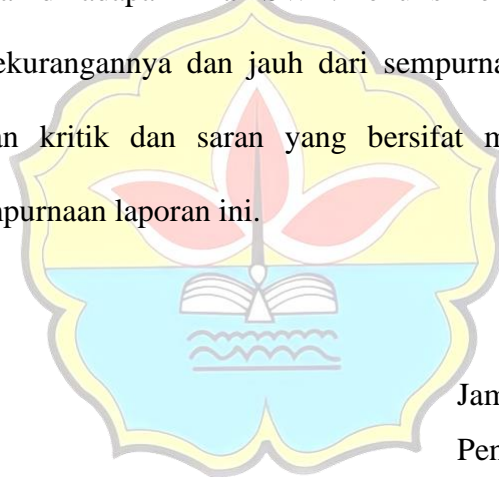
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi**”. Ditujukan untuk memenuhi persyaratan kurikulum program pendidikan Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Selama proses penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, doa serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala rasa hormat penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jambi;
2. Bapak Marhadi, ST, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari Jambi.
3. Ibu Hadrah, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan serta bimbingan;
4. Ibu Anggrika Riyanti, ST, M.Si selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan serta bimbingan;
5. Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng, Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dalam kegiatan perkuliahan;

6. Orang tua, keluarga dan saudara yang telah membantu baik moril maupun materil;
7. Seluruh staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan strata-1 di program studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari;
8. Seluruh teman-teman yang saling memberikan motivasi dan saran selama proses penyelesaian laporan kerja praktek ini.

Penulis berharap semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan menjadi amal kebaikan dihadapan Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangannya dan jauh dari sempurna. Karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan laporan ini.



Jambi,
Penulis

Juni 2022

Syafira Aulia Fitri
NPM.1800825201009

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan Keaslian.....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	v
Abstrak	vi
<i>Abstract</i>	vii
Prakata.....	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
Daftar Istilah	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Minyak Bumi	6
2.1.1 Komponen Minyak Bumi	6
2.1.2 Limbah Minyak Bumi.....	7
2.2 Tanah	8
2.2.1 Pencemaran Tanah.....	11
2.2.2 Ikatan Kontaminan Pada Tanah.....	12
2.3 <i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i>	13
2.3.1 Metode Pengukuran <i>Total Petroleum Hydrocarbon</i>	14
2.4 Surfaktan.....	15
2.4.1 <i>Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)</i>	17
2.5 <i>Soil Washing</i>	18
2.5.1 Prinsip <i>Soil Washing</i>	19

2.5.2 Metode <i>Soil Washing</i>	22
2.6 Kinetika Reaksi	24
2.7 Transfer Massa	26
2.7.1 Koefisien Distribusi	27
2.8 Penelitian Terdahulu	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.3 Alur Penelitian	33
3.4 Data Penelitian	34
3.5 Variabel Penelitian	34
3.6 Alat dan Bahan	35
3.6.1 Alat	36
3.6.2 Bahan	36
3.7 Tahapan Eksperimen	36
3.7.1 Tahap Pra-Eksperimen	36
3.7.2 Tahap Eksperimen	39
3.8 Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Karakteristik Tanah	45
4.1.1 Analisis Ukuran Butir (<i>Grain Size Analysis</i>)	45
4.1.2 Analisis Kadar Air	47
4.1.3 Analisis Konsentrasi TPH Awal	48
4.2 Efisiensi Penyisihan Konsentrasi TPH	49
4.3 Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan Terhadap Konsentrasi TPH Akhir	51
4.4 Analisis Pengaruh Variasi Waktu Pengadukan Terhadap Kandungan TPH Akhir	53
4.5 Kinetika Reaksi <i>Soil Washing</i>	55
4.6 Koefisien Distribusi TPH	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat USDA	11
Gambar 2.2 Tipe Ikatan Kontaminan pada Tanah	12
Gambar 2.3 Gugus Hidrofobik dan Gugus Hidrofilik pada Surfaktan	15
Gambar 2.4 Struktur <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS)	17
Gambar 2.5 Proses <i>Soil Washing</i>	19
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	30
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Tanah.....	46
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan TPH pada Tanah <i>Loamy Sand</i>	52
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi Waktu Surfaktan terhadap Penyisihan TPH pada Tanah <i>Loamy Sand</i>	54
Gambar 4.4 Grafik In TPH terhadap Waktu (Kinetika Reaksi) untuk <i>Soil Washing</i>	56
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) TPH terhadap Variasi Konsentrasi Surfaktan pada Tanah <i>Loamy Sand</i>	57
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) TPH terhadap Variasi Waktu pada Tanah <i>Loamy Sand</i>	58

DAFTAR TABEL

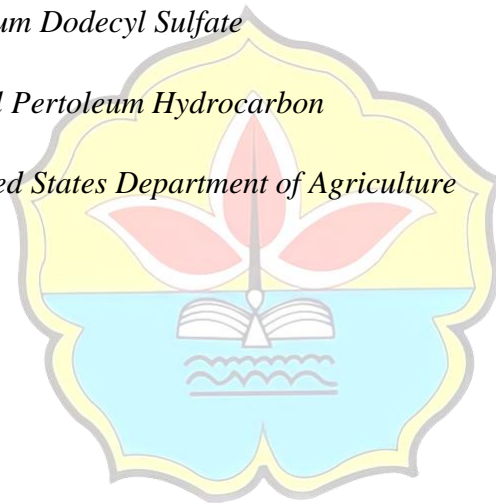
	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran	10
Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini.....	29
Tabel 2.3 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini (Lanjutan)	30
Tabel 2.4 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini (Lanjutan)	31
Tabel 3.1 Variasi Konsentrasi Surfaktan	35
Tabel 3.2 Variasi Waktu Pengadukan	35
Tabel 4.1 Kadar Air pada Tanah Tercemar Minyak Bumi	48
Tabel 4.2 Konsentrasi TPH awal pada Tanah Tercemar Minyak Bumi	48
Tabel 4.3 Efisiensi Penyisihan TPH Variasi Konsentrasi Surfaktan dengan <i>Soil Washing</i> Metode <i>Mixing</i>	52
Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan TPH Variasi Waktu Pengadukan dengan <i>Soil Washing</i> Metode <i>Mixing</i>	54
Tabel 4.5 Penentuan Orde Rekasi menggunakan Metode Distribusi Nilai k.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Uji Tekstur Tanah.
- Lampiran 2 : Perhitungan Kadar Air.
- Lampiran 3 : Hasil Uji TPH Awal.
- Lampiran 4 : Hasil Uji TPH Akhir.
- Lampiran 5 : Perhitungan Efisiensi Penyisihan TPH.
- Lampiran 6 : Perhitungan Koefisien Distribusi.
- Lampiran 7 : Dokumentasi Penelitian.
- Lampiran 8 : SK Penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- Lampiran 9 : Lembar Asistensi Laporan Tugas Akhir.
- Lampiran 10 : Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir.
- Lampiran 11 : SK Penunjukan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir.
- Lampiran 12 : Berita Acara Ujian/Sidang Tugas Akhir.

DAFTAR ISTILAH

CMC	: <i>Critical Micelle Concentration</i>
GC	: Gas Kromatografi
HLB	: <i>Hidrophile Lipophile Balance</i>
IR	: Spektrofotometri Inframerah
Kd	: Koefisien Distribusi
SDS	: <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i>
TPH	: <i>Total Pertoleum Hydrocarbon</i>
USDA	: <i>United States Department of Agriculture</i>





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pengeboran minyak bumi dapat menghasilkan produk berupa bahan bakar minyak dan non bahan bakar minyak. Dalam prosesnya dihasilkan produk lainnya dalam bentuk limbah padat, cair, dan gas yang dapat mencemari

tanah, air, atau udara. Pencemaran tanah oleh limbah minyak umumnya ditemukan di area pengeboran minyak bumi yang dapat berasal dari tumpahan atau bocoran pipa saat pengolahan, transportasi ke unit pengolahan atau tangki penimbunan, dan ceceran sewaktu pembersihan tanki (Gutierrez & Bandala, 2017)

Kegiatan pengeboran minyak bumi memerlukan perhatian yang serius karena potensinya dapat mencemari lingkungan. Potensi bahan pencemar pada permukaan tanah maupun air tanah dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin atau penyerapan oleh tumbuhan melalui bioakumulasi pada rantai

makanan. Kontaminan pada tanah tercemar minyak bumi dapat berupa *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), logam seperti Fe, Cu, Zn, Ni, minyak dan lemak. TPH adalah senyawa organik yang terdiri atas hidrogen dan karbon yang sulit terurai dan bersifat toksik apabila terakumulasi tanah (Setiadi, 2014)

Beberapa metode remediasi yang dilakukan untuk memulihkan tanah terkontaminasi antara lain adalah pengolahan secara fisika kimia berupa *soil washing*, *soil flushing*, biodegradasi dan bioremediasi. Dari metode-metode tersebut, teknologi yang banyak digunakan untuk memulihkan tanah yang

terkontaminasi minyak di area pengeboran adalah dengan teknik *soil washing*. Teknik ini merupakan proses pemulihan secara ex-situ yang dapat diaplikasikan untuk pemulihan pencemaran tanah oleh bahan organik, anorganik dan radioaktif (Ezeji, 2007). Dengan teknik ini, minyak yang terdapat dalam tanah dapat diambil kembali sebanyak mungkin dan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah hasil olahan menjadi rendah sehingga aman untuk dikembalikan ke lingkungan semula.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengkajian *soil washing* pada tanah tercemar minyak menggunakan metode *mixing* atau pengadukan bertujuan untuk membantu proses pencampuran antar fase dan membantu transfer massa antar fase atau antar permukaan. Pada penelitian sebelumnya oleh Vincent (2012), metode *mixing* dapat menurunkan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) hingga mencapai 88,32% pada perlakuan konsentrasi larutan surfaktan 4%. Salah satu kajian awal yang perlu dilakukan untuk menerapkan *soil washing* pada tanah tercemar minyak bumi adalah penggunaan surfaktan sebagai senyawa yang mampu mereduksi tegangan permukaan antar fase *solid/liquid* (Vincent,2012).

Penerapan *soil washing* memerlukan variasi perlakuan seperti penggunaan surfaktan yang akan menentukan efisiensi penerapan *soil washing* sebagai upaya remediasi tanah tercemar minyak bumi dan variasi waktu pengadukan dimana dengan waktu yang lebih lama akan memungkinkan penyisihan kontaminan yang lebih besar pula, dengan kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm. Surfaktan merupakan suatu zat yang memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan, dikarenakan memiliki gugus hidrofilik (polar) dan hidrofobik (non

polar) (Cullum dalam Dewanti 2018). *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) merupakan surfaktan anionik. Surfaktan SDS memiliki sifat lebih dominan hidrofilik sehingga lebih larut pada pelarut polar dan memungkinkan kelarutan surfaktan pada air lebih besar. Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan diatas diperlukan penelitian mengenai pengaruh surfaktan terhadap reduksi polutan hidrokarbon pada tanah tercemar minyak bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efektifitas *soil washing* dengan metode *mixing* dalam menurunkan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi ?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dan variasi waktu pengadukan terhadap parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efektifitas *soil washing* dengan metode *mixing* dalam menurunkan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi;
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dan variasi waktu pengadukan terhadap parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel yang akan diteliti berasal dari Desa Bungku berupa tanah tercemar minyak bumi yang diambil di lahan bekas pengeboran minyak bumi;
2. Parameter yang dianalisis adalah *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi sebelum dan setelah proses *soil washing*;
3. Alat yang digunakan untuk proses *mixing* yaitu flokulator;
4. Surfaktan yang digunakan adalah surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS);
5. Variasi konsentrasi larutan surfaktan sebesar 0, 500, 1000, 1500 mg/l
6. Variasi waktu pengadukan selama 30, 60 dan 90 menit;
7. Kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN, terdiri dari; latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, terdiri dari kajian literatur mengenai; minyak bumi, tanah, *total petroleum hydrocarbon*, surfaktan, *soil washing*, kinetika reaksi, transfer massa dan penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN, terdiri dari bagian; jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, alur penelitian, data penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan, tahap eksperimen dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, terdiri dari analisa mengenai karakteristik tanah, efisiensi penyisihan TPH, pengaruh variasi konsentrasi

surfaktan terhadap konsentrasi TPH akhir, pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap kandungan TPH akhir, kinetika reaksi soil washing, dan koefisien distribusi TPH.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, terdiri dari bagian kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Bumi

Minyak bumi juga dapat disebut petroleum yang asalnya dari bahasa Yunani yaitu kata *petrus* yang berarti batu dan *oleus* yang berarti minyak (Zuhra, 2013). Teori yang paling umum digunakan untuk menjelaskan asal-usul minyak bumi adalah "*organic source materials*". Teori ini menyatakan bahwa minyak bumi merupakan produk perubahan secara alami dari zat-zat organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang mengendap selama ribuan sampai jutaan tahun. Akibat dari pengaruh tekanan, temperatur, kehadiran senyawa logam dan mineral serta letak geologis selama proses perubahan tersebut, maka minyak bumi akan mempunyai komposisi yang berbeda dari tempat yang berbeda (Ismanto, 2017).

Minyak bumi memiliki dua unsur kimia penyusun yaitu, unsur mayor adalah karbon dan hidrogen. Unsur minor adalah sulfur, nitrogen, oksigen, halogen atau logam yang merupakan unsur-unsur non hidrokarbon. Sifat-sifat minyak bumi antara satu dengan yang lainnya berbeda-beda, dari yang ringan sampai yang berat. Hal ini sangat bergantung pada jenis dan besarnya kandungan komponen (unsur-unsur) di dalam minyak bumi tersebut (Mudjirahardjo, 2006).

2.1.1 Komponen Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan campuran dari beratus-ratus senyawaan hidrokarbon, yang dikelompokkan atas hidrokarbon parafin, naften dan aromatik.

Hidrokarbon parafin adalah hidrokarbon jenuh dengan ikatan C–C dan C–H dengan struktur rantai atom C terbuka. Hidrokarbon parafin mempunyai titik didih paling rendah diantara hidrokarbon naften dan aromatik. Oleh karena itu, banyak terdapat fraksi ringan. Hidrokarbon naften mempunyai sifat-sifat diantara hidrokarbon parafin dan hidrokarbon aromatik. Hidrokarbon naften disebut pula *sikloparafin* atau *sikloalkana*. Dibandingkan dengan hidrokarbon parafin, hidrokarbon ini lebih stabil karena mempunyai rantai atom C tertutup sedangkan hidrokarbon parafin memiliki rantai atom C terbuka. Hidrokarbon aromatik ini mempunyai struktur rantai atom C tertutup berkaitan rangkap dua dan tunggal yang saling bergantian diantara kedua atom C yang berdekatan

Selain mengandung hidrokarbon, minyak bumi juga mengandung senyawa non hidrokarbon yaitu sulfur, nitrogen, oksigen, halogen atau logam. Keberadaan unsur-unsur non hidrokarbon tersebut sebagai dalam bentuk senyawa organik, yaitu organik sulfur, organik nitrogen, organik oksigen, organik logam dan sebagainya lagi dalam bentuk senyawa anorganik. Sebagai senyawa organik, non hidrokarbon dapat larut dalam minyak bumi, sedangkan sebagai senyawa anorganik tidak larut dalam minyak bumi melainkan larut dalam air sebagai emulsi yang di dalamnya terdapat garam-garam anorganik (Mudjirahardjo, 2006).

2.1.2 Limbah Minyak Bumi

Limbah minyak bumi dapat terjadi di semua lini aktivitas pengeboran mulai dari eksplorasi sampai ke proses pengilangan dan berpotensi menghasilkan limbah berupa lumpur minyak bumi. Tumpahan tersebut merupakan polutan yang dapat mengganggu ekosistem pada wilayah yang tercemar. Tanah yang tercemar limbah

hidrokarbon akan membahayakan karena senyawa hidrokarbon bersifat toksik dan karsinogenik sehingga dapat mematikan organisme-organisme yang terdapat di wilayah tersebut (Priadie, 2012).

Jenis limbah minyak bumi berdasarkan sumber limbahnya terurai menjadi:

1. *Sludge* dari proses produksi fasilitas penyimpanan minyak bumi, yang meliputi:
 - a. *Sludge* kilang minyak primer dari hasil pemisahan gravitasi minyak, air dan padatan selama penyimpanan dan/atau pengolahan. *Sludge* tersebut termasuk yang dihasilkan dalam pemisahan minyak, air, dan padatan pada tangki saluran air dan alat angkut lainnya;
 - b. *Sludge* kilang minyak sekunder (emulsi) hasil pemisahan fisik dan/atau kimia minyak, air dan padatan.
2. Residu dasar tanki;
3. Slop padatan emulsi minyak dari industri penyulingan minyak bumi;
4. Katalis bekas;
5. Filter bekas termasuk lempung (*clays*) *spent* filter.

2.2 Tanah

Tanah adalah masa yang berasal dari fragmen batuan dan material organik yang mengalami pelapukan kimiawi. Tanah bervariasi dari kedalaman beberapa inchi sampai enam kaki atau lebih. Tanah secara kasat terdiri dari 50% ruang pori. Ruang ini membentuk jaringan kompleks pori dari ukuran bervariasi, seperti halnya *sponge*. Pori tersebut mengandung air atau udara untuk akar tanaman atau mikroorganisme yang hidup di tanah. Mineral tanah adalah mineral yang

terkandung di dalam tanah dan merupakan salah satu bahan utama penyusun tanah (Hadrah, 2015)

Mineral dalam tanah berasal dari pelapukan fisik dan kimia dari batuan yang merupakan bahan induk tanah, rekristalisasi dari senyawa-senyawa hasil pelapukan lainnya atau pelapukan (alterasi) dari mineral primer dan sekunder yang ada. Mineral mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu tanah, antara lain sebagai indikator cadangan sumber hara dalam tanah dan indikator muatan tanah beserta lingkungan pembentukannya. Jenis mineral tanah secara garis besar dapat dibedakan atas mineral primer dan mineral sekunder (Hadrah, 2015)

1. Mineral Primer

Mineral primer adalah mineral tanah yang umumnya mempunyai ukuran butir fraksi pasir (2-0,05 mm). Analisis jenis dan jumlah mineral primer dilakukan di laboratorium mineral dengan bantuan alat mikroskop polarisasi. Pekerjaan analisis mineral primer dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu pemisahan fraksi pasir dan identifikasi jenis mineral;

2. Mineral Sekunder

Mineral sekunder atau mineral liat adalah mineral-mineral hasil pembentukan baru atau hasil pelapukan mineral primer yang terjadi selama proses pembentukan tanah yang komposisi maupun strukturnya sudah berbeda dengan mineral yang terlapuk. Jenis mineral ini berukuran halus.

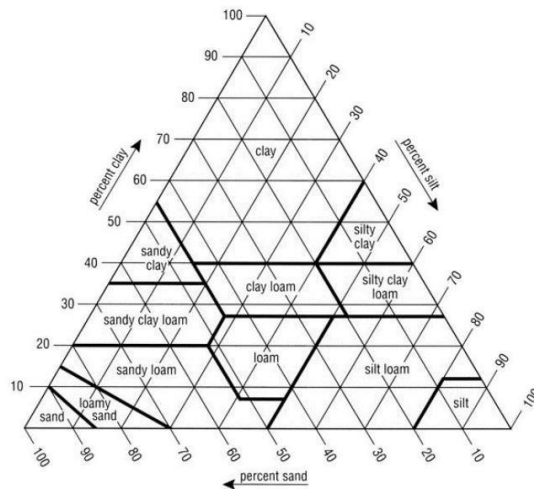
Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran

Ukuran butiran (mm)	Jenis Tanah
< 0,020	<i>Clay</i> (lempung)
0,020 – 0,074	<i>Silt</i> (lanau)
0,074 - 4,750	<i>Sand</i> (pasir)
>4,750	<i>Gravel</i> (krikil)

Sumber : Kementerian PUPR, 2016

Tekstur menunjukkan seberapa kasar atau halus ukuran partikel primer tanah. Partikel tanah yang paling besar adalah pasir (*sand*). Liat adalah partikel tanah berukuran terkecil, dan silt adalah partikel tanah berukuran sedang (*intermediate*) Partikel pasir adalah seperti batu kecil, dan partikel *silt* seperti batu yang lebih kecil. Partikel *silt* dan pasir tidak terlalu aktif secara kimia. Mereka berkontribusi kecil terhadap daya *adsorb* (pengikatan) kontaminan (Balai Penelitian Tanah, 2005).

Tekstur mempengaruhi porositas dan juga aktivitas kimia tanah. *Sandy soil* mengandung pori besar yang dominan. *Sandy soil* mengandung air sedikit dan meloloskan air dengan mudah. Tanah yang mengandung *silt* dan *clay* yang tinggi memiliki pori berukuran kecil yang banyak dan tidak meloloskan air dengan mudah. *Loam* adalah jenis tanah yang mengandung *sand*, *silt* dan *clay* dalam jumlah yang cukup seimbang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Tanah loam memiliki aktivitas kimia yang lebih banyak daripada tanah berpasir dan mengikat air lebih banyak (Balai Penelitian Tanah, 2005).



Gambar 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh *United States Department of Agriculture (USDA)* (Barja, 1995)

2.2.1 Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya (Junaidi, 2013).

Salah satu penyebab utama dari pencemaran tanah adalah aktivitas pengeboran. Salah satu jenis pengeboran yang paling banyak menyebabkan pencemaran bagi tanah adalah pengeboran minyak. Pencemaran ini terjadi tidak hanya terbatas pada saat kegiatan pengeborannya saja, tapi juga pada saat pengolahan dan pendistribusian hasil tambang tersebut (Junaidi, 2013).

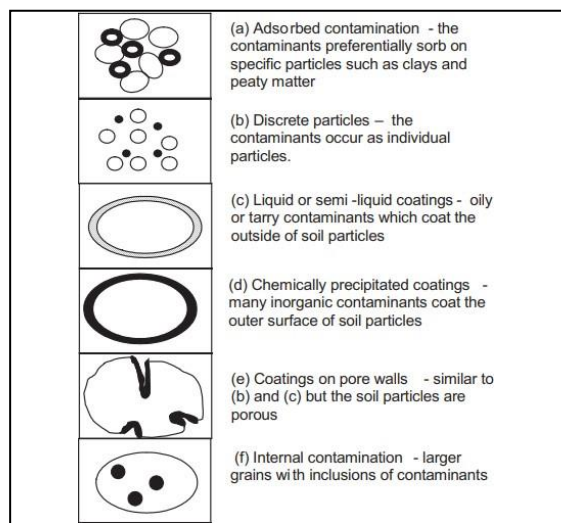
Kontaminan dalam tanah adalah bahan kimia yang dapat diakibatkan oleh kegiatan manusia. Kontaminan dapat masuk ketanah secara sengaja dan tidak

disengaja. Kesengajaan seperti pemakaian pestisida, kegiatan pengeboran minyak bumi baik secara modern maupun tradisional, serta contoh tidak sengaja seperti tumpahan minyak karena kecelakaan dan kebocoran. Limbah berbahaya adalah limbah yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: korosif, mudah terbakar, reaktif, “leachate” beracun, dan infeksius limbah atau tumpahan minyak bumi menjadi masalah pencemaran sebab limbah ini digolongkan menjadi limbah berbahaya dan beracun.

2.2.2 Ikatan Kontaminan Pada Tanah

Ikatan kontaminan pada tanah merupakan dasar aplikasi *soil washing*. Tipe ikatan tanah dan kontaminasi adalah seperti gambar berikut.

Gambar 2.1 (a) dan (b), mengilustrasikan kontaminan secara selektif mengalami sorpsi ke tipe tanah tertentu atau berlangsung secara diskret. Tipe partikel ini umumnya dapat diolah dengan proses pemisahan fisik. Contohnya adalah banyak kontaminan organik yang lebih cenderung berikatan dengan bahan organik *peaty* pada tanah.



Gambar 2.2 Tipe Ikatan Kontaminan pada Tanah (Claire dalam Hadrah, 2015)

Pada Gambar 2.1 (c) dan (d), kontaminan menyelimuti bagian luar partikel dan dapat dipisahkan dari bagian inti partikel yang tidak terkontaminasi dengan teknik abrasi (*attrition scrubbing*) atau disolusi kimia. Pada Gambar 2.1 (e) menunjukkan kontaminan yang berpenetrasi ke dalam pori material. Penghancuran partikel dibutuhkan untuk membuka bagian yang mengandung kontaminan sehingga dapat disisihkan melalui *attrition scrubbing* atau disolusi kimia. Pada Gambar 2.1 (f), kontaminan berada sebagai bagian inti partikel. Penghancuran signifikan dibutuhkan untuk mengakses bagian kontaminan (Claire dalam Hadrah, 2015).

2.3 Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) adalah jumlah hidrokarbon minyak bumi yang terukur di dalam suatu media lingkungan. *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) didefinisikan juga dengan suatu campuran kimia yang tersusun atas hidrokarbon yang ada di lingkungan. Hidrokarbon minyak bumi umumnya ditemukan pada bahan pencemar lingkungan misalnya bahan bakar transportasi walaupun tidak selalu dikategorikan limbah berbahaya (*Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 1999*).

Agency for Toxic Substance and Disease Registry (1999) juga menyatakan bahwa *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) adalah campuran bahan kimia, namun sebagian besarnya berasal dari hidrogen dan karbon, sehingga disebut hidrokarbon. Para ilmuwan membagi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) ke dalam kelompok *petroleum hydrocarbon fractions*. Setiap fraksi mengandung banyak bahan kimia. Beberapa kandungan bahan kimia yang terdapat di *Total*

Petroleum Hydrocarbon (TPH) adalah *hexane, jet fuel, mineral oils, benzene, toluene, xylenes, naphthalene, dan florene*, seperti halnya kandungan produk *petroleum* dan bensin lainnya.

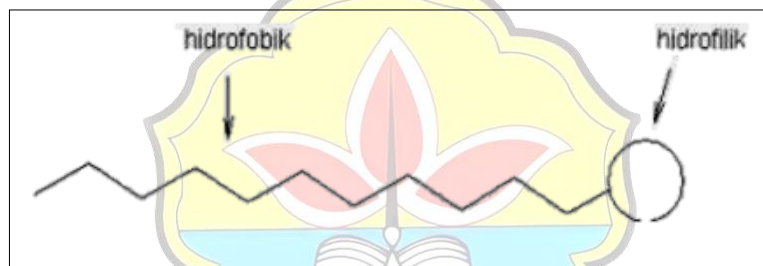
2.3.1 Metode Pengukuran *Total Petroleum Hydrocarbon*

Metode yang dapat digunakan untuk mengukur *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) adalah spektrofotometri inframerah (IR), teknik analisis gravimetri dan gas kromatografi (GC). Metode Pengukuran TPH berbasis IR digunakan karena sederhana, cepat dan murah. Namun, penggunaan saat ini sangat menurun dan terbatas karena larangan seluruh dunia pada produksi Freon dan keterbatasan penggunaan CCl_4 (yang diperlukan untuk ekstraksi sampel dan pengukuran).

Pengukuran dengan spektrofotometri inframerah digunakan untuk mengukur konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yang rendah (<500 ppm). Metode pengukuran *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) berbasis gravimetri memiliki keterbatasan yang sama seperti metode berbasis IR, tetapi paling tepat digunakan untuk mengukur TPH dalam konsentrasi besar (%). Metode gravimetri merupakan prosedur yang sederhana, cepat dan murah, metode ini paling sesuai untuk perhitungan TPH pada tahapan monitoring proses bioremediasi. Metode untuk pengukuran TPH berbasis GC akan mendeteksi berbagai jenis hidrokarbon, sensitivitas dan selektivitas yang paling terbaik dan dapat digunakan untuk identifikasi TPH serta kuantifikasi. Metoda GC umumnya dipakai sebagai analisis awal dan akhir karena prosedur analisisnya memakan waktu yang cukup lama (Marzuki, 2019).

2.4 Surfaktan

Menurut Cullum dalam Dewanti 2018, surfaktan (*surface active agent*) merupakan suatu zat yang memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan (*interfacial tension*). Salah satu sebabnya adalah karena surfaktan memiliki gugus hidrofilik (bagian polar) di satu sisi dan hidrofobik (non-polar) di sisi yang lain. Bagian polar surfaktan dapat bermuatan positif, negatif dan netral. Pada sebagian besar surfaktan, bagian hidrofobiknya berupa rantai hidrokarbon yang memiliki panjang rantai 12 hingga 18 atom karbon dan disebut juga sebagai ekor, sementara bagian yang polar disebut sebagai kepala.



Gambar 2.3 Gugus Hidrofobik dan Gugus Hidrofilik pada Surfaktan

Gugus hidrofobik bersifat non polar merupakan gugus yang sedikit tertarik/menolak air dan lebih mudah bersenyawa dengan minyak, sedangkan gugus hidrofilik bersifat polar tertarik kuat pada molekul air. Struktur ini disebut juga dengan struktur *amphipatic*. Adanya dua gugus ini menyebabkan penurunan tegangan muka dipermukaan cairan.

Surfaktan diklasifikasikan berdasarkan muatan yang dibawa oleh gugus polar, yaitu: surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan nonionik dan surfaktan amfoterik. Surfaktan anionik mengandung gugus polar bermuatan negatif. Surfaktan kationik mengandung gugus polar bermuatan positif. Surfaktan

nonionik mengandung gugus polar yang tidak bermuatan. Surfaktan amphoterik mengandung gugus polar yang bermuatan positif dan negatif (Agustina, 2007)

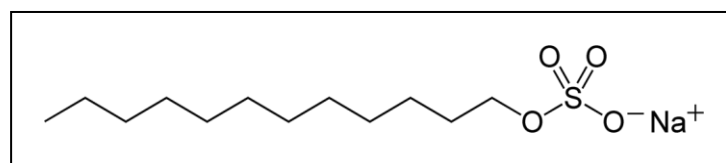
Sifat hidrofobik dan hidrofilik dari surfaktan dapat dilihat dari nilai *Hidrophile Lipophile Balance* (HLB) dari surfaktan tersebut, dimana HLB adalah parameter empiris yang menggambarkan jumlah relative bagaian hidrofilik terhadap berat molekul surfaktan. Semakin tinggi nilai HLB suatu surfaktan akan lebih bersifat hidrofilik sedangkan semakin rendah nilai HLB suatu surfaktan akan lebih bersifat hidrofobik. Di dalam molekul surfaktan, salah satu gugus harus lebih dominan jumlahnya. Bila gugus hidrofilik (polar) yang lebih dominan, maka molekul-molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh air dibandingkan dengan minyak. Akibatnya tegangan permukaan air menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu. Demikian pula sebaliknya, bila gugus hidrofobik (non polar) lebih dominan, maka molekul molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh minyak dibandingkan dengan air. Akibatnya tegangan permukaan minyak menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu (Sevie, 2016)

Nilai HLB ini digunakan sebagai indikator untuk pencampuran surfaktan dengan air dan minyak. Surfaktan dengan nilai HLB rendah (< 10) diketahui dapat digunakan untuk membuat emulsi air dalam minyak, sementara nilai HLB yang lebih tinggi ($10 > \text{HLB} < 20$) diketahui dapat digunakan untuk membuat emulsi minyak dalam air. Nilai HLB lebih besar dari 20 dapat digunakan untuk membuat emulsi minyak dalam air dengan pengaplikasian sebagai bahan pelarut.

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan mengagregasi membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan yang menunjukkan bahwa antar muka menjadi jenuh dan terbentuk *micelle* yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya. *Micelle* tersebut adalah pengumpulan atau agregasi molekul-molekul surfaktan.

2.4.1 *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)

Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) merupakan surfaktan anionik dengan rumus kimia $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$. Bagian ekor struktur atau hidrofobiknya merupakan rantai hidrokarbon dengan 12 atom karbon dan mengikat gugus sulfat pada bagian kepala struktur yang bersifat anionik, sehingga surfaktan ini memiliki sifat amfifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel (Stephen, 2021).



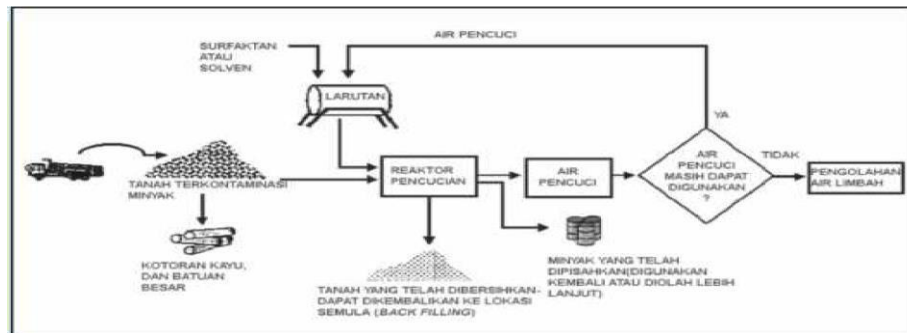
Gambar 2.4 Struktur *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)

Surfaktan anionik dengan garam basa merupakan kombinasi yang tepat untuk mengubah derajat kebasahan mineral dari *oil-wet* menjadi *water-wet* sehingga tegangan permukaan bitumen-mineral turun dan bitumen dapat terpisah. Berdasarkan perhitungan HLB dari griffin formula didapatkan HLB SDS 40. Nilai

HLB yang besar (>10) tersebut menunjukkan bahwa kecendrungan surfaktan SDS untuk membentuk emulsi minyak dalam air karena gugus hidrofilik yang lebih banyak sehingga lebih larut pada pelarut polar dan memungkinkan kelarutan surfaktan SDS pada air lebih besar. Setiap surfaktan memiliki *Critical Micelle Concentration* (CMC) masing-masing. *Critical Micelle Concentration* (CMC) menunjukkan batas konsentrasi kritis surfaktan dalam suatu larutan dimana surfaktan membentuk misel. *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) memiliki nilai CMC pada konsentrasi SDS 400 mg/L (Stephen, 2021).

2.5 Soil Washing

Pencucian Tanah (*soil washing*) adalah teknologi pengolahan untuk mereduksi atau meminimisasi limbah berdasarkan proses fisik atau kimia. *Soil washing* dikenal sebagai teknologi pemisahan sederhana yang menggunakan air untuk memisahkan pasir yang tercampur dengan tanah, atau dengan kata lain teknik membersihkan pasir. Jenis kontaminan anorganik maupun organik menempel atau teradsorpsi pada partikel tanah yang halus, yaitu partikel debu (*silt*) dan lempung (*clay*). Berbagai kontaminan ini dapat dicuci dengan berbagai jenis larutan pencuci berbasis air, misalnya surfaktan dan zat-zat kimia kelat (*chelating agent*). Proses-proses komersial bermunculan dan yang membedakan mereka adalah pada jenis larutan pencuci dan urutan unit prosesnya, adapun uraian proses pencucian tanah dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut :



Gambar 2.5 Proses *Soil Washing*

Konsep pencucian tanah didasarkan pada teori bahwasanya kontaminan cenderung mengikat tanah berbutir halus (lumpur dan tanah liat) dan tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil). Oleh karena itu tujuan utama pencucian tanah adalah memisahkan benda dan air bersih yang tercemar ini dari tanah berbutir kasar yang dibersihkan (pasir dan kerikil). Benda dan air bersih yang tercemar dapat diperlakukan atau dibuang seperlunya. Tanah yang dicuci dapat digunakan kembali sebagai tempat pembuangan di tempat jika semua kontaminan dikeluarkan dari tanah. Proses pencucian tanah secara signifikan mengurangi volume tanah yang tercemar di suatu tempat sehingga pencucian tanah *pretreatment* untuk teknik remediasi pencucian tanah berbeda (USEPA, 1996, dan Sharma and Reddy, 2004).

2.5.1 Prinsip *Soil Washing*

Pencucian tanah (*soil washing*) adalah teknologi pengolahan untuk reduksi volume atau minimisasi limbah berdasarkan proses secara fisika atau kimia. Dengan *soil washing* secara fisik perbedaan ukuran partikel, kecepatan pengendapan, *specific gravity*, sifat kimia permukaan dan magnetik yang jarang terjadi digunakan untuk memisahkan partikel-partikel yang mengandung

mayoritas kontaminan dari *bulk* tanah yang mengandung kontaminan lebih sedikit (Hadrah, 2015)

Dengan *soil washing* secara kimia partikel tanah membersihkan dengan pemindahan kontaminan dari tanah secara selektif ke larutan. Hal ini dicapai dengan mencampur tanah dengan larutan asam, alkali, *complexant*, atau surfaktan dan pelarut lainnya. Partikel yang telah bersih kemudian dipisahkan dari larutan dan larutan tersebut diolah untuk menyisihkan kontaminan contohnya dengan sorpsi menggunakan karbon aktif atau *ion exchange* (Hadrah, 2015). Menurut USDA (1996), pencucian tanah dapat dibagi menjadi enam tahap antara lain :

1. *Pretreatment*

Pretreatment selesai setelah tanah galian ditempatkan di area pementasan dan sebelum dicuci melalui proses mekanis. Pada langkah ini, benda berukuran kasar dikeluarkan dari tanah sehingga tanah homogen (diameter kurang dari 2 inci) disiapkan untuk tahap pencucian. Bahan berukuran kasar bisa terdiri dari puing-puing konstruksi sampai potongan batu atau kerikil besar. Namun, jika perawatan diperlukan, penghancuran dan penggilingan mungkin diperlukan untuk mengurangi ukuran bahan.

2. Pemisahan

Setelah dilakukan pra pengolahan pada tanah. Maka siap untuk dicuci di unit penggosok tanah. Pemisahan bahan kasar dan halus terjadi pada unit ini. Tanah berbutir kasar kemungkinan tidak tercemar, oleh karna itu perlu dikeluarkan dari unit pencuci. Pemisahan dilakukan karena tanah berbutir kasar dan halus memerlukan prosedur pembersihan akhir yang berbeda.

Pemisahan tanah berbutir kasar biasanya dilakukan dengan menggunakan skrining mekanis seperti *trommels*, sedangkan tanah berbutir halus diurutkan berdasarkan hidrosiklon atau metode lainnya.

3. Pemulihan Berbutir Kasar

Setelah tanah berbutir kasar dipisahkan dan dikeluarkan dari unit penggosok, mereka mungkin memerlukan pemulihan tambahan jika kontaminan telah menyerap ke tanah. Metode pemulihan yang umum antara lain permukaan gesekan, pemulihan dengan asam atau basa untuk solubilisasi dan pelarut khusus untuk melarutkan kontaminan tertentu.

4. *Fine-Grained Treatment* (pemulihan berbutir halus)

Kontaminan sebagian besar ditemukan di tanah berbutir halus. Bahan kimia tambahan sering ditambahkan ke larutan selama proses penggosokan untuk membersihkan tanah. Tanah dicampur dengan keras dengan larutan dan kemudian dilepas.

5. Proses Pengolahan Air

Air pencuci yang digunakan di unit penggosok tanah akan tercemar dan harus dipulihkan. Beberapa kontaminan yang terdapat di air cuci ini yaitu Tanah berbutir kasar dan halus, garam terlarut, daun, ranting, dan akar, logam berat terlarut dan hidrokarbon atau kontaminan lainnya.

Pengadukan air harus dilakukan agar bisa digunakan kembali dalam proses pencucian tanah atau dibuang ke saluran pembuangan (walaupun persyaratan pembuangan lebih ketat, membuat daur ulang air ke sistem menjadi pilihan yang lebih disukai asalkan tidak mengganggu proses pencucian). Jenis

penanganan air bersih yang paling umum adalah Penetralan, pengolahan karbon, pertukaran ion, flokulasi, sedimentasi dan pelepasan organik yang mudah menguap.

6. Manajemen Residu

Jumlah bahan sisa yang dihasilkan selama proses pencucian tanah bergantung pada distribusi ukuran butiran dari bahan aslinya. Tanah dan lumpur berbutir yang tercemar dapat dibuang di tempat pembuangan akhir, jika masih dianggap tercemar oleh peraturan, mungkin memerlukan pemulihan lebih lanjut sebelum dibuang. Pengolahan lebih lanjut ini bisa mencakup pembakaran, desorpsi termal suhu rendah, pengambilan bahan kimia (deklorinasi), bioremediasi, solidifikasi/stabilisasi dan vitrifikasi.

2.5.2 Metode *Soil Washing*

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam *soil washing*, diantaranya adalah :

1. Metode *Mixing*

Pengadukan adalah proses dimana pencampuran antar fase dapat tercapai dan membantu transfer massa dan panas antar fase atau antar permukaan. Pada cairan, difusi adalah proses lambat dan untuk mempercepat difusi molekul pada cairan, energi mekanik dari pengaduk yang berputar digunakan untuk mencampur variasi material. Proses pencampuran yang paling umum termasuk dispersi padatan di media padat seperti dispersi pigmentasi dan pencampuran padatan dan cairan, juga campuran dua bentuk cairan, yang disebut juga pencampuran cairan

miscible dan pencampuran cairan *immiscible*. Pencampuran cairan dan padatan sangat umum terjadi pada proses suspensi padatan atau pelarutan padatan.

Dispersi adalah kategori suspensi padatan, dimana dispersi padatan berlangsung dengan baik sehingga pengendapan terjadi setelah beberapa waktu kemudian. Dispersi adalah proses pencampuran dengan memecah partikel padatan ke cairan (*bulk liquid*) dengan menggunakan *blade* berkecepatan tinggi serta berputar atau impeller dengan desain lain yang lebih khusus. Proses adsorpsi secara *mixing*, larutan dengan volume yang diketahui dimasukkan ke dalam wadah kaca, konsentrasi larutan juga diketahui. Wadah tersebut ditempatkan pada *shaker* dan diaduk sampai kesetimbangan tercapai. Suspensinya kemudian disentrifugasi dan *liquid* dipisahkan dari tanah/sedimen. Konsentrasi akhir larutan kemudian diperiksa, lalu konsentrasi senyawa yang teradsorb dapat dihitung dan isoterm adsorpsi dapat dibuat (Delle Site dalam Brickner, 2013).

Terdapat beberapa kekurangan metode ini. Kekurangan dapat terjadi karena rasio tanah terhadap larutan dan pengadukan sampel secara terus menerus. Rasio tanah terhadap larutan yang digunakan pada metode ini umumnya terlalu tinggi bila dibandingkan dengan kondisi pada badan air alami dan terlalu rendah bila dibandingkan dengan media berpori pada alam seperti aquifer. Pengadukan secara terus menerus dalam waktu yang lama juga akan mengganggu hasil analisis yang diperoleh, pengadukan berlebih dapat menyebabkan partikel tanah hancur atau menyebabkan reaksi sampingan antara sorben dengan larutan air. Telah disimpulkan bahwa sebagai percobaan pendahuluan, uji dengan metode *mixing* sesuai untuk digunakan (Limousin dkk., 2007 dalam Brickner, 2013).

2. Metode *Leaching Column*

Ekstraksi padat cair (*leaching*) adalah merupakan suatu peristiwa atau proses ekstraksi suatu konsituen/spesi kimia yang terlarut dari padatan menggunakan pelarut cair (Nugraha,2019). Metode ini dipengaruhi oleh jumlah konsituen/spesi yang tersebar dalam padatan, sifat padatan dan ukuran konsituen/spesi. Pada padatan konsituen/spesi yang paling dekat dengan permukaan yang berkontak dengan pelarut akan lebih mudah terlindih sehingga meninggalkan pori dalam padatan tersebut Metode ini dapat menyisihkan berbagai jenis kontaminan pada tanah bergantung pada proses ekstraksi kimia dan fisik tradisional, adapun kontaminan tanah yang dapat disisihkan minyak dan lemak, hidrokarbon dan logam berat.

Metode *leaching* menggunakan kolom berisi tanah sebagai sorben dengan jumlah yang diketahui, dimana larutan dengan konsentrasi yang diketahui dialirkan menggunakan pompa dari inlet pada bagian dasar kolom. Ketika konsentrasi pada bagian inlet dan outlet sama, sistem telah mencapai kesetimbangan. Beberapa kekurangan pada metode ini yaitu perpindahan koloid, kemungkinan alur aliran pada bagaian tertentu yang lebih banyak terjadi ketika sorpsi yang lambat, perpindahan koloid pada larutan dan kemungkinan adanya larutan yang tidak bergerak pada kolom (Delle Site dalam Brickner, 2013).

2.6 Kinetika Reaksi

Kinetika kimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi kimia dan faktor-faktor yang mempengaruhinya serta penjelasan hubungannya terhadap mekanisme reaksi. Kinetika kimia disebut juga dinamika kimia, karena

adanya gerakan molekul, elemen atau ion dalam mekanisme reaksi dan laju reaksi sebagai fungsi waktu. Mekanisme reaksi adalah serangkaian reaksi tahap demi tahap yang terjadi berturut-turut selama proses perubahan reaktan menjadi produk, atau urutan langkah-langkah reaksi menuju tersusunnya reaksi total. Mekanisme reaksi dapat diramalkan dengan bantuan pengamatan dan pengukuran besaran termodinamika suatu reaksi, dengan mengamati arah jalannya reaktan maupun produk suatu sistem. Laju (kecepatan) reaksi dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi terhadap satuan waktu. Laju didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi per satuan waktu (Espension, 1995).

Menurut Connor (1990) faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah sebagai berikut :

1. Sifat dan Ukuran Pereaksi, semakin reaktif dari sifat pereaksi laju reaksi akan semakin bertambah atau reaksi berlangsung semakin cepat. Semakin luas permukaan zat pereaksi laju reaksi akan semakin bertambah, hal ini dapat dijelaskan dengan semakin luas permukaan zat yang bereaksi maka daerah interaksi zat pereaksi semakin luas juga.
2. Konsentrasi, semakin besar konsentrasi zat reaktan berarti memungkinkan terjadinya tumbukan yang efektif, sehingga laju reaksinya akan semakin cepat.
3. Temperatur, menaikkan suhu berarti menambahkan energi, sehingga energi kinetik molekul-molekul akan meningkat. Akibatnya molekul-molekul yang bereaksi menjadi lebih aktif mengadakan tumbukan. Kenaikan suhu menyebabkan gerakan molekul makin cepat sehingga kemungkinan tumbukan yang efektif makin banyak terjadi.

4. Katalisator, merupakan zat yang mempercepat reaksi tetapi tidak ikut bereaksi. katalis akan menurunkan energi aktivasi dari suatu reaksi, sehingga akan lebih mudah dilampaui oleh molekul-molekul reaktan akibatnya reaksi menjadi lebih cepat.

Orde reaksi adalah jumlah pangkat konsentrasi dalam bentuk diferensial. Secara teoritis orde reaksi merupakan bilangan bulat kecil, namun dalam beberapa hal pecahan atau nol. Pada umumnya orde reaksi terhadap suatu zat tertentu tidak sama dengan koefisien dalam persamaan stoikiometri reaksi. Reaksi Orde Nol. Suatu reaksi disebut orde nol terhadap suatu pereaksi jika laju reaksi tidak dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi tersebut. Waktu paruh ($t_{1/2}$) didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan bila separuh konsentrasi dari suatu reaktan digunakan. Waktu paruh dapat ditentukan dengan tepat hanya jika satu jenis reaksi terlibat, tetapi jika suatu reaksi berlangsung antara jenis reaktan yang berbeda, waktu paruh harus ditentukan terhadap reaktan tertentu saja (Prayitno, 2007).

2.7 Transfer Massa

Jika sebuah sistem terdiri dari dua atau lebih komponen dimana konsentrasi pada komponen tersebut bervariasi dari satu titik dengan titik lainnya, terdapat suatu kecenderungan terjadi perpindahan massa, sehingga memperkecil perbedaan konsentrasi di dalam sistem. Perpindahan suatu konstituen dari suatu area dengan konsentrasi tinggi ke area dengan konsentrasi yang lebih rendah disebut transfer massa. Terdapat dua tipe transfer massa antara lain :

1. Difusi molekul, adalah perpindahan molekul melalui fluida dengan pergerakan random dari area konsentrasi tinggi ke area konsentrasi lebih rendah. Contoh peristiwa ini adalah tetesan tinta berwarna ke dalam segelas air. Molekul pada tinta akan berpindah secara perlahan pada fluida air dengan cara difusi molekul ke seluruh bagian air.
2. Transfer massa konvektif, adalah proses transfer massa dengan menggunakan tenaga mekanik untuk meningkatkan laju difusi molekul. Contoh peristiwa ini adalah penggunaan pengaduk dalam pencampuran serbuk kopi dan air untuk membuat kopi. Terdapat dua kasus berbeda dalam transfer massa konvektif yaitu:
 - a. Transfer massa terjadi pada fase tunggal menuju ataupun fase pembatas, seperti peristiwa sublimasi *naphthalene* (padat) ke udara yang bergerak;
 - b. Transfer massa terjadi pada dua fase yang memiliki kontak seperti proses ekstraksi atau adsorpsi.

2.7.1 Koefisien Distribusi

Selain pada fase cair dan gas, perpindahan komponen juga terjadi pada fase padat dan cair. Perpindahan ini menghadirkan masalah yang sulit pada distribusi senyawa pada lingkungan, karena tipe padatan bervariasi di lingkungan; padatan dapat berupa *clay*, logam oksida, materi organik alami atau berupa plastik (seperti *polyvinyl chloride* pada sumur sampel air tanah). Simbol K_p sering digunakan sebagai representasi koefisien partisi padatan-air; K_d , atau disebut koefisien distribusi, merupakan notasi ekuivalennya (Harold & Elizabeth, 1993). Koefisien partisi adalah ukuran distribusi dari suatu komponen pada dua fase dan dinyatakan

dalam rasio konsentrasi, dengan asumsi proses disolusi sederhana (Acharya, 2003). Secara umum, perlakuan dalam pengukuran K_d bervariasi dengan tipe senyawa maupun padatan yang diperhitungkan. Untuk beberapa campuran *solid* dan senyawa tertentu, perhitungan secara teoritis tidak dapat digunakan untuk memprediksi koefisien distribusi antar fase sehingga harus dilakukan pengukuran di laboratorium (Harold & Elizabeth, 1993).

Menurut *Environmental Protection Agency* (1998), Koefisien distribusi koefisien dihitung untuk mengetahui nilai optimum yang dapat dicapai dari penggunaan surfaktan dengan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$K_{d_{TPH}} = \frac{C_l}{C_s} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 2.1)}$$

Keterangan :

$K_{d_{TPH}}$: koefisien distribusi TPH

C_l : Kandungan TPH pada fase *liquid* atau pada larutan surfaktan

C_s : Kandungan TPH pada fase *solid* atau pada tanah

2.8 Penelitian Terdahulu

Daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Monik Kasman, Hadrah dan Salmariza SY (2019)	Remediasi Tanah Terontaminasi Hidrokarbon Menggunakan <i>Alkyl Benzen Sulfonate</i>	Penelitian ini bertujuan untuk memulihkan tanah yang terkontaminasi oleh minyak bumi melalui pencucian tanah atau <i>soil washing</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>soil washing</i> dipengaruhi oleh rasio <i>bulking agent</i> . Semakin tinggi rasio perbandingan <i>bulking agent</i> , semakin tinggi reduksi TPH. Reduksi TPH tertinggi didapatkan 92% pada perlakuan konsentrasi surfaktan 0,25% dan rasio tanah/ <i>bulking agent</i> 25 : 75.
2	Agus Jatnika Effendi dan Narita Indriati (2015)	Remediasi Tumpahan Minyak Menggunakan Metode <i>Soil Washing</i> Dengan Optimal Kondisi Reaksi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kandungan TPH dengan metode <i>soil washing</i> terhadap hasil pengukuran COD tanah	Dari studi penyisihan TPH dengan metode <i>Soil Washing</i> diketahui bahwa telah terjadi penurunan kandungan TPH berdasarkan hasil pengukuran COD tanah terleaching. Rata-rata penyisihan TPH Sand, sandy loam, dan loam sebesar 62.8%; 45,3% dan 68.06% serta diperoleh data rata-rata penyisihan COD pada tanah sand, sandy loam, dan loam sebesar 74,8%; 45,08% dan 63,38%.
3.	Hadrah (2015)	Opimasi Rasio <i>Solid/Liquid</i> Pada Teknik <i>Soil Washing</i> Pasir Terkontaminasi Minyak Dari Proses Eksplorasi Minyak Bumi	Penelitian ini akan dilakukan pengkajian teknik <i>soil washing</i> pada tanah tercemar minyak menggunakan tangki berpengaduk dan mempelajari bagaimana pengaruh variasi rasio <i>solid/liquid</i> terhadap penyisihan kontaminan hidrokarbon (TPH) pada tanah.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik <i>soil washing</i> menunjukkan terjadinya penurunan TPH pada tanah <i>sand</i> setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan larutan surfaktan Tween 80. Peningkatan volume <i>liquid</i> pada variasi rasio <i>solid/liquid</i> mengakibatkan adanya peningkatan penyisihan pada ketiga jenis tanah namun volume <i>liquid</i> optimum pada ketiga jenis tanah adalah sama yaitu 1:15 (gr/ml) sehingga volume tersebut dianggap cukup untuk penyisihan TPH dari tanah <i>sand</i> . Persen penyisihan terbesar dari proses <i>soil washing</i> terjadi pada <i>sand</i> yaitu 85,32% dengan larutan Tween 80 0,25% (v/v).

Tabel 2.3 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini (Lanjutan)

4.	Lukman Vyatrawan (2015)	Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Metode <i>Soil Washing</i> dan Biostimulasi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi perlakuan <i>pre – treatment soil washing</i> terhadap penurunan kadar TPH dalam tanah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya <i>pre-treatment soil washing</i> dapat membantu menurunkan kadar TPH hingga mencapai 4,55% atau dapat menurunkan konsentrasi minyak menjadi 12,31%(b/b). Variasi tertinggi penurunan TPH yaitu pengulangan pencucian menggunakan surfaktan [0,02%] (v/v) dengan rasio tanah dan larutan surfaktan sebesar 50 g/L.
5.	Vincent O. Akpoveta dan Steven Osakwe (2012)	Surfactant Enhanced Soil Washing Technique and its Kinetics on the Remediation of Crude Oil Contaminated Soil	Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas penggunaan surfaktan natrium dodecyl sulfat (SDS) dalam meremediasi tanah yang terkontaminasi minyak mentah melalui teknik pencucian tanah surfaktan yang ditingkatkan pada kondisi optimal yang ditetapkan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi total petroleum hidrokarbon (TPH) yang dihilangkan oleh surfaktan diperoleh dengan mengurangi jumlah sisa TPH yang tersisa setelah remediasi pada setiap interval waktu dari konsentrasi awal. Proses pengolahan yang dilakukan dalam interval waktu tujuh jam menghasilkan 88,32% yang mengesankan pada akhir perlakuan, sesuai dengan total kandungan hidrokarbon minyak bumi (TPH) sebesar 185,44mg/kg dari kandungan TPH awal sebesar 1587,67ppm.

Tabel 2.4 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini (Lanjutan)

6.	Kingsley Urum dan Steve Grison (2006)	A comparison of the efficiency of different surfactants for removal of crude oil from contaminated soils	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi surfaktan yang berbeda menghilangkan minyak mentah dari tanah yang terkontaminasi menggunakan proses pencucian tanah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa SDS menunjukkan penghilangan minyak mentah tertinggi (46%) dan saponin terendah (27%). Karena semua larutan surfaktan menunjukkan penghilangan minyak mentah kurang dari 50% dengan larutan massa 20 cm ³ 0,1%, diasumsikan bahwa penghilangan yang rendah ini disebabkan oleh efek pelapukan tanah yang terkontaminasi yang telah menghilangkan hidrokarbon yang paling mudah menguap dan memusatkan berat molekul yang lebih tinggi, bahan yang lebih kompleks (aromatik, aspal, dan non-organik) yang tersisa.
7.	Kingsley Urum, Turgay Pekdemir dan Mehmet Copur (2004)	Surfactants treatment of crude oil contaminated soils	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan surfaktan biologis (rhamnolipid) dan surfaktan sintesis (<i>sodium dodecyl sulfate</i> , SDS) untuk menghilangkan kontaminan pada tana terkontaminasi minyak mintah dari berbagai tanah dengan fraksi ukuran partikel yang berbeda dalam berbagai kondisi <u>pencucian</u>	Hasil penelitian menunjukkan, peningkatan penyisihan kontaminan minyak mentah menggunakan larutan surfaktan lebih efektif untuk tanah yang tidak dipanen Penyisihan minyak mentah secara keseluruhan dari sampel tanah tidak lapuk adalah Tanah 1> Tanah 2> Tanah 3> Tanah 4. Penyisihan kontaminan minyak mentah dari sampel tanah yang terkontaminasi lapuk dan tidak terkontaminasi oleh rhamnolipid dan SDS berada dalam kisaran pengulangan eksperimental yang sama yaitu ±6%. Namun, SDS dapat dianggap paling menarik karena keuntungan dari biodegradasi dan toksisitas lingkungan yang lebih sedikit dibandingkan dengan rhamnolipid.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

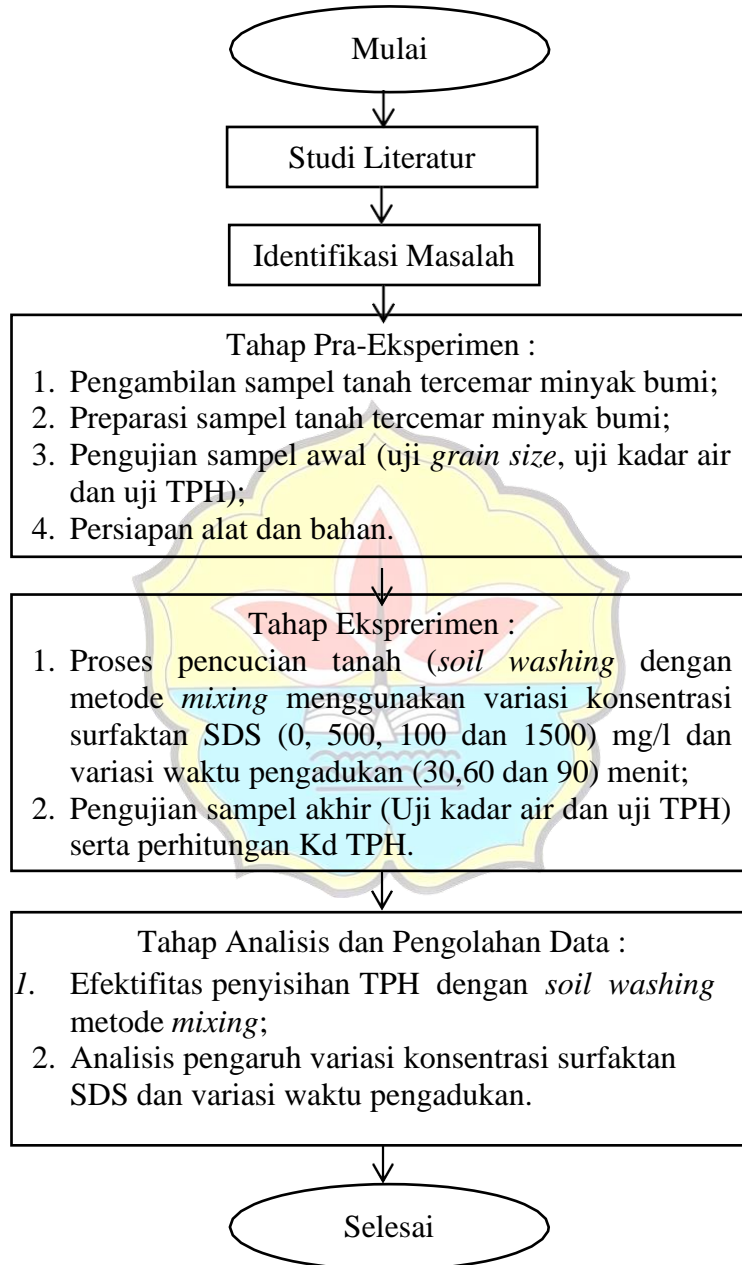
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah tercemar minyak bumi di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dokumentasi, pengujian tekstur tanah tercemar minyak bumi berupa pengujian *grain size* dan pengujian kadar air, serta pengujian sampel parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebelum dan setelah melalui proses *soil washing* dengan metode *mixing* pada tanah tercemar minyak bumi menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari. Waktu penelitian akan dilakukan pada bulan Oktober – Desember 2022. Pengambilan sampel tanah tercemar minyak bumi dilakukan di lahan bekas pengeboran minyak bumi yang berada di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Kota Jambi. Sampel tanah tercemar minyak bumi akan di uji kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada, uji *grain size* dan uji kadar air di Laboratorium Teknik Universitas Batanghari.

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan bagan alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

3.4 Data Penelitian

Data penelitian ini penulis peroleh melalui pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder.

1. Data Primer, diperoleh dengan melakukan uji tekstur tanah tercemar minyak bumi berupa pengujian *grain size* dan pengujian kadar air, serta pengujian sampel parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebelum dan setelah melalui proses *soil washing* dengan metode *mixing* pada tanah tercemar minyak bumi.
2. Data Sekunder, diperoleh oleh penulis melalui pengkajian yang telah dilakukan dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel yang terdapat pada *website* yang erat kaitannya dengan topik permasalahan penulis.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel terikat dan variabel bebas sebagai berikut :

1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar air, parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dan Kd TPH pada tanah tercemar minyak bumi.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah konsentrasi surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dengan variasi konsentrasi 0, 500, 1000 dan 1500 mg/l serta waktu pengadukan dengan variasi waktu 30, 60 dan 90 menit.

Berdasarkan variabel penelitian yang telah ditetapkan terdapat dua variasi yang akan dilakukan pada eksperimen dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3.1 Variasi Konsentrasi Surfaktan

Sampel	Jumlah Tanah (gram)	Jumlah Aquades (ml)	Konsentrasi Surfaktan (mg/l)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (menit)
C1	100	500	0	150	60
C2	100	500	500	150	60
C3	100	500	1000	150	60
C4	100	500	1500	150	60

Sumber : Data Primer, 2022

Tabel 3.2 Variasi Waktu Pengadukan

Sampel	Jumlah Tanah (gram)	Jumlah Aquades (ml)	Konsentrasi Surfaktan (mg/l)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (menit)
T1	100	500	500	150	30
T2	100	500	500	150	60
T3	100	500	500	150	90

Sumber : Data Primer, 2022

Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 menunjukkan dapat diketahui rasio *solid/liquid* yang digunakan yaitu 1:5 (b/v) dan kecepatan pengadukan yang digunakan pada penelitian ini adalah 150 rpm. Terdapat 4 sampel pada variasi konsentrasi surfaktan dengan jumlah konsentrasi yang berbeda yaitu sampel C1 sebesar 0 mg/l yang merupakan larutan blanko dimana tidak ada penambahan surfaktan, C2 sebesar 500 mg/l, C3 sebesar 1000 mg/l dan C4 sebesar 1500 mg/l. Pada variasi waktu pengadukan terdapat 3 sampel dengan jumlah waktu pengadukan yang berbeda yaitu T1 selama 30 menit, T2 selama 60 menit dan T3 selama 90 menit.

3.6 Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.6.1 Alat

Alat yang digunakan dalam peneliitian ini adalah sebagai berikut :

- | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 1. Gelas ukur; | 5. Cawan; | 9. Desikator; |
| 2. <i>Baeker glass</i> ; | 6. Oven; | 10. Spatula; |
| 3. Airometer; | 7. Flokulator; | 11. Mixer; |
| 4. Neraca analitik; | 8. Saringan Bersusun; | |

3.6.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah terkontaminasi minyak bumi;
2. Surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS);
3. Aquades;
4. *Sodium Hexametaphosphate*.

3.7 Tahapan Eksperimen

Tahapan eksperimen pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu tahap pra-eksperimen dan tahap eksperimen.

3.7.1 Tahap Pra-Eksperimen

Tahapan pra-eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan preparasi sampel tanah, yaitu menjemur tanah pada ruang terbuka hingga kadar air $\pm 5\%$, lalu ukuran tanah dihomogenkan menggunakan saringan ukuran 40 mesh dan melakukan uji kadar air dengan prosedur kerja sebagai berikut:
 - a. Cawan yang akan digunakan diberi label sampel (kode) lalu ditimbang dan catat;

- b. Masukkan sampel tanah kedalam cawan lalu ditimbang dan catat (berat maksimum sampel 200 gram termasuk berat cawan jika menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram;
 - c. Masukkan cawan berisi sampel tanah ke oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam;
 - d. Setelah dikeringkan, cawan berisi sampel tanah dimasukkan ke desikator hingga dingin;
 - e. Setelah dingin, timbang kembali cawan berisi sampel tanah dan catat;
 - f. Lakukan perhitungan sesuai dengan SNI 1965:2019.
2. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian;
 3. Melakukan uji tekstur tanah awal pada tanah tercemar minyak bumi meliputi uji *grain size* dan uji hidrometer di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari. Pengujian *grain size* dengan prosedur kerja sebagai berikut:
 - a. Timbang sampel tanah sebanyak 200 gram;
 - b. Sampel tanah direndam dengan air selama ± 24 jam;
 - c. Lakukan penyaringan bersusun dengan metode saringan basah (dialiri air selama penyaringan) dan saringan yang digunakan nomor 2 in, 1 in, 3/8 in, 4 mesh, 10 mesh, 40 mesh dan 200 mesh;
 - d. Timbang berat cawan kosong yang telah diberi label sampel (kode);
 - e. Partikel tanah yang tertahan disetiap saringan dimasukkan ke cawan yang telah diberi label sampel (kode);

- g. Lalu keringkan sampel tanah di oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam;
- h. Setelah dikeringkan, cawan berisi sampel tanah dimasukkan ke desikator hingga dingin;
- f. Timbang berat cawan dan catat;
- g. Lakukan perhitungan persentase tanah tertahan dan persentase tanah lolos sesuai dengan SNI 6371:2015.

Pengujian hidrometer dengan prosedur kerja sebagai berikut:

- b. Timbang sampel tanah yang kering oven sebanyak 50 gr yang lolos saringan no. 100;
- c. Sampel tanah dicampur dengan dispersing agent (bahan anti pembekuan) berupa *sodium hexametaphosphate* sebanyak 100 ml, lalu didiamkan selama ± 24 jam;
- d. Kemudian diaduk dengan mixer hidrometer selama 5 menit;
- e. Setelah di mixer, larutan dimasukkan ke dalam satu tabung gelas (tabung hidrometer dengan diameter tabung adalah 2,5 inch , tingginya 18 inch dan volume 1000 ml) dan tambah air hingga volumenya 900 ml;
- f. Tabung yang berisi larutan dikocok selama 1 menit sebanyak 60 kali;
- g. Tabung gelas di tambah air hingga volumenya 1000 ml;
- h. Lakukan pembacaan hidrometer menggunakan airometer pada menit ke 0, 0,5, 1, 2, 5, 15, 30, 60, 250, dan 1440 dan diukur temperaturnya.
- i. Dari percobaan diatas dapat dihitung persen mengendapnya dan hasil perhitungan dapat dibuat kurva distribusi ukuran butirnya.

4. Melakukan uji laboratorium untuk mengetahui kadar kontaminan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada.

3.7.2 Tahap Eksperimen

Tahapan eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah terkontaminasi minyak bumi sebanyak 100 gram dicampurkan dengan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) yang terdiri dari 4 variasi konsentrasi surfaktan yaitu 0, 500, 1000 dan 1500 mg/l yang dilarutkan dengan aquades 500 ml ke dalam 4 buah *beaker glass* berukuran 1000 ml. Adapun proses *soil washing* menggunakan perbandingan *solid/liquid* sebesar 1:5 (b/v);
2. *Beaker glass* yang berisi sampel tanah terkontaminasi minyak bumi dan larutan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) kemudian diaduk dengan menggunakan alat flokulator dengan kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm selama 60 menit;
3. Selanjutnya dilakukan uji variasi waktu pengadukan 30, 40 dan 60 menit terhadap penyisihan TPH tanah dengan menggunakan surfaktan SDS pada konsentrasi 1000 mg/l yang dilarutkan dengan aquades 500 ml dengan jumlah tanah 100 gr; ke dalam 3 buah *beaker glass* berukuran 1000 ml. Adapun proses *soil washing* menggunakan perbandingan *solid/liquid* sebesar 1:5 (b/v)
4. Setelah dilakukan pengadukan (proses *soil washing*) campuran tanah dan larutan surfaktan di *beaker glass* diendapkan selama 24 jam;
5. Setelah diendapkan, dilakukan pemisahan tanah dari larutan lalu dikeringkan di ruang terbuka selama 2 hari;

6. Sampel tanah yang telah dikeringkan selanjutnya dilakukan uji kadar air akhir pada tanah tercemar minyak bumi di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari;
7. Melakukan uji laboratorium akhir untuk mengetahui konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada;
8. Menganalisis hasil pengujian laboratorium, dengan melakukan perhitungan efisiensi penyisihan dan koefisien distribusi (Kd) parameter TPH. Analisis difokuskan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan surfaktan dan waktu pengadukan pada proses *soil washing* dalam mereduksi kontaminan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yang terkandung pada tanah tercemar minyak bumi.

3.8 Analisis Data

Analisis data pada penelitian menggunakan analisis secara kuantitatif. Analisis data ini berfokus pada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terkait, untuk melihat efisiensi variasi surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dan variasi kecepatan pengadukan dalam mereduksi kontaminan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), yang terkandung pada tanah tercemar minyak bumi. Analisis data dilakukan dengan uji *grain size*, uji kadar air, menghitung efisiensi penyisihan pencemar TPH, menghitung koefisien distribusi (Kd) TPH yang dapat dicapai dari penggunaan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dan perhitungan kinetika reaksi.

A. Uji Grain Size

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran tanah dengan mencari persentase berat dari tiap-tiap ukuran butir tanah. Pengujian ini berdasarkan SNI 6371:2015 tentang tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari.

Uji *grain size* adalah penentuan persentase berat butiran pada ukuran diameter tertentu. Untuk menganalisis ukuran butiran tanah, perlu dilakukan dua pengujian yang simultan, dan tak dapat dipisahkan satu sama lain, yakni : uji saringan (*sieve analysis*), dan uji hidrometer (*hydrometer analysis*)

Uji saringan dipergunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berbutir kasar (*granuler*), yang dilakukan terhadap sampel tanah yang kering. Pelaksanaan pengujian ini adalah dengan melakukan penyaringan bersusun pada satu unit alat saringan standar. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, lalu diprosentasekan terhadap berat total sampel tanah yang dianalisis. Perhitungan persentase lolos dapat dilihat pada persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$\% \text{ lolos} = \frac{\text{berat sampel} - \text{berat tertahan}}{\text{berat sampel}} \times 100 \dots \dots \dots \text{(Persamaan 3.1)}$$

Uji hidrometer dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang berbutir halus atau bagian halus dari tanah berbutir campuran (*common soil*). Uji ini dilakukan dengan melarutkan sampel tanah yang telah bebas dari zat organik, ke dalam air destilasi yang dicampur dengan bahan pendeflokulasi (*deflocculating agent*), bahan anti pembekuan. Bahan ini dapat

berupa *sodium hexametaphosphate*, yang dimaksudkan agar partikel-partikel butiran tanah tetap menjadi bagian terpisah satu dengan yang lainnya.

B. Uji Kadar Air

Kadar air (*moisture content*) adalah perbandingan berat air terkandung dalam contoh tanah atau agregat dengan berat kering tanah/agregat. Nilai kadar air biasanya dinyatakan dalam persen (%). Pengujian ini berdasarkan SNI 1965:2019 tentang metode uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari. Perhitungan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 3.1 sebagai berikut :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100 \% \quad \text{..... (Persamaan 3.2)}$$

Keterangan :

- w : Kadar air (%);
- W_1 : Berat cawan dan tanah basah (gr);
- W_2 : Berat cawan dan tanah kering (gr);
- W_3 : Berat cawan (gr);
- $W_1 - W_2$: Berat air (gr);
- $W_1 - W_3$: Berat tanah basah (partikel padat) (gr).

C. Perhitungan Efisiensi Penyisihan

Menurut Qizing Zhou (2005), Efisiensi penyisihan pencemar hidrokarbon pada tanah dihitung menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.3)}$$

Keterangan :

E : Efisiensi penyisihan (%);

C₀ : Konsentrasi TPH awal;

C_e : Konsentrasi TPH akhir.

D. Perhitungan Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi mempelajari tentang laju reaksi, perubahan konsentrasi reaktan (produk) sebagai fungsi dari waktu. Reaksi dapat berlangsung dengan laju yang bervariasi. Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi reaktan atau produk per satuan waktu. Besaran laju reaksi dapat dilihat dari ukuran cepat lambatnya suatu reaksi kimia.

Orde reaksi suatu substansi (reaktan, katalis atau produk) adalah banyaknya faktor konsentrasi yang mempengaruhi kecepatan reaksi. Orde reaksi atau tingkat reaksi terhadap suatu komponen merupakan pangkat dari konsentrasi komponen tersebut dalam hukum laju. Orde reaksi dapat ditentukan menggunakan metode substitusi dengan cara menghitung nilai k (tetapan laju) pada setiap satuan waktu. Nilai k yang relatif konstan pada suatu rumus orde berarti reaksi berjalan pada orde tersebut. Waktu paruh adalah waktu yang dibutuhkan untuk meluruhkan atau mengurangi konsentrasi zat menjadi setengah dari konsentrasi awal. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$r = - \left(\frac{d[C]}{dt} \right)_0 = - \frac{[C]_t - [C]_0}{t_1 - t_2} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.4)}$$

Orde nol

$$k = \frac{C_0 - C}{t}; t_{1/2} = \frac{0.5 A_0}{k} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.5)}$$

Orde satu

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{C_0}{C}; t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.6)}$$

Orde dua

$$k = \frac{1}{C_0 \cdot t} \left(\frac{C_0}{C} \right); t_{1/2} = \frac{1}{C_0 \cdot k} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.7)}$$

Keterangan:

r : Laju reaksi;

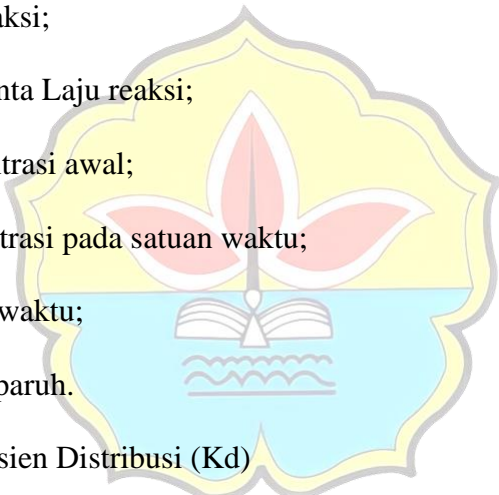
k : Konstanta Laju reaksi;

C₀ : Konsentrasi awal;

C : Konsentrasi pada satuan waktu;

t : Satuan waktu;

t_{1/2} : Waktu paruh.



E. Perhitungan Koefisien Distribusi (Kd)

Menurut *Enviromental Protection Agency* (1998), Koefisien distribusi koefisien dihitung untuk mengetahui nilai optimum yang dapat didapat dari penggunaan surfaktan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kd_{TPH} = \frac{C_l}{C_s} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.8)}$$

Keterangan :

Kd_{TPH} : Koefisien distribusi TPH;

C_l : Kandungan TPH pada fase *liquid* atau pada larutan surfaktan;

C_s : Kandungan TPH pada fase *solid* atau pada tanah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

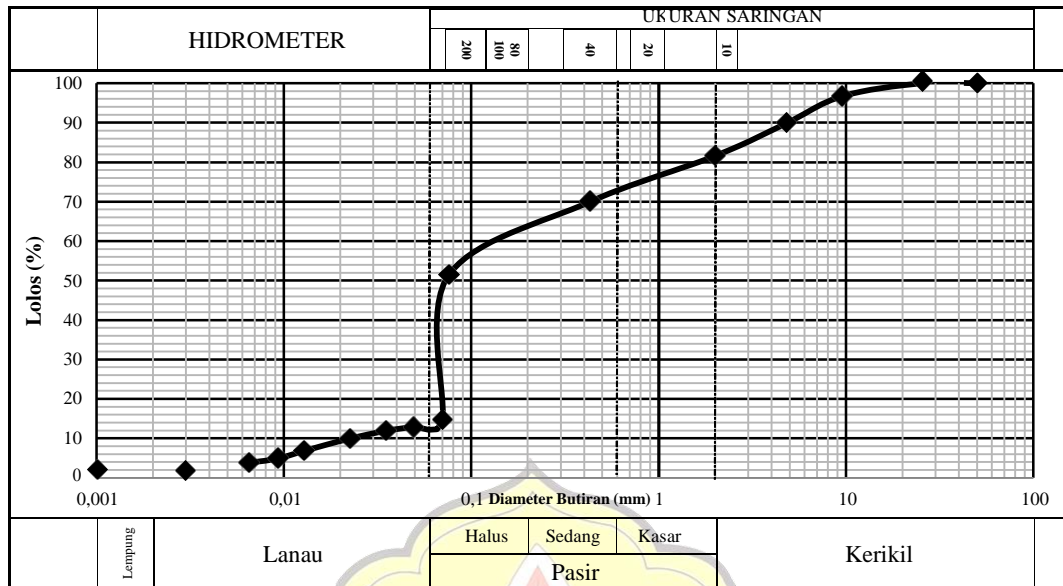
4.1 Karakteristik Tanah

Soil washing merupakan metode pemisahan tanah dari kontaminan pencemar secara kimia-fisik sehingga efektifitasnya juga akan dipengaruhi oleh karakteristik fisik tanah maupun kandungan kontaminan pada tanah secara spesifik. Untuk itu perlu dilakukan uji karakteristik tanah tercemar minyak bumi seperti tekstur tanah melalui pengujian *grain size* yang meliputi komposisi pasir (*sand*); lanau (*silt*) dan lempung (*clay*), pengujian kadar air dan parameter lainnya juga dilakukan seperti kandungan pencemar berupa TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*).

4.1.1 Analisis Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)

Sifat dan karakteristik tanah sangat dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran butirnya. Analisis ukuran butir adalah penentuan presentase berat butiran pada ukuran diameter tertentu. Untuk menganalisis ukuran butir tanah, perlu dilakukan dua pengujian yaitu uji saringan (*sieve analysis*) dan uji hidrometer (*hydrometer analysis*). Uji saringan dipergunakan untuk mengetahui distribusi ukuran tanah yang berbutir kasar seperti kerikil (*gravel*) dan tanah (*sand*) sehingga diketahui persentase jumlah butir tanah dengan diameter lebih besar dari 0,075 mm. Uji hidrometer dipergunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butir halus seperti lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) dengan diameter lebih kecil dari 0,075 mm.

Hasil uji saringan dan hidrometer disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Tanah

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Gambar 4.1 menunjukkan hasil uji saringan dan hidrometer pada sampel tanah tercemar minyak bumi. Grafik distribusi ukuran partikel pada sampel menunjukkan bahwa sampel tanah mengandung 18,41% kerikil (*gravel*), 67,65% pasir (*sand*), 12,52% lanau (*silt*) dan 1,42% lempung (*clay*). Berdasarkan sistem klasifikasi USDA apabila tanah yang mengandung butiran kasar (berdiameter lebih besar dari 2 mm) dalam persentase tertentu, maka perlu adanya koreksi.

Komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah sebagai berikut:

$$Sand = \frac{\% sand \times 100}{(100 - \% gravel)} = \frac{67,65 \times 100}{(100 - 18,41)} = 81,92\%$$

$$Silt = \frac{\% silt \times 100}{(100 - \% gravel)} = \frac{12,52 \times 100}{(100 - 18,41)} = 15,34\%$$

$$Clay = \frac{\% clay \times 100}{(100 - \% gravel)} = \frac{1,42 \times 100}{(100 - 18,41)} = 1,74\%$$

Berdasarkan pada persentase butiran yang telah dimodifikasi tersebut, pasir (*sand*) 81,92%, lanau (*silt*) 15,34% dan lempung (*clay*) 1,74% sistem klasifikasi USDA menunjukkan bahwa tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah termasuk jenis *loamy sand* (pasir bertanah liat).

Salah satu parameter fisik utama tanah yang mempengaruhi efektifitas metode *soil washing* sebagai teknik remediasi adalah persentase tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. *Soil washing* akan lebih sulit dilakukan jika tanah yang akan diolah mengandung butiran halus yang lebih tinggi (30%-35%). Hal ini dikarenakan kontaminan akan lebih banyak berikatan dengan partikel yang lebih kecil yaitu lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) yang berbutir halus, selanjutnya partikel-partikel kecil tersebut akan berikatan dengan partikel yang lebih besar yaitu tanah berbutir kasar kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*). Untuk itu dilakukan uji saringan dan uji hidrometer sehingga diketahui persentase tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus (Mulyono, 2006). Dari hasil uji yang didapat bahwa tanah sampel penelitian ini berjenis *loamy sand* (pasir bertanah liat) yang mengandung persentase tanah butiran kasar lebih tinggi (81,92%) sehingga baik untuk dilakukan *soil washing*.

4.1.2 Analisis Kadar Air

Uji kadar air pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang berada pada sampel tanah sebelum dan setelah proses *soil washing* dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kadar Air pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Sampel	Kadar Air (%)
Awal	4,85
C1	3,81
C2	3,81
C3	3,94
C4	3,80
T1	3,87
T2	3,94
T3	4,01

Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji kadar air pada sampel tanah tercemar minyak bumi sebelum proses *soil washing* (sampel awal) sebesar 4,85%, dimana nilai ini relatif kecil (di bawah 5%). Hal tersebut dimungkinkan karena tesktur tanah yang tergolong *loamy sand* dimana persentase pasir (*sand*) yang tidak mengikat air cukup besar. Kadar air sampel tanah tercemar minyak bumi setelah proses *soil washing* (sampel C1-T3) relatif kecil (di bawah 5%) sehingga pengujian kandungan TPH dapat dilakukan.

4.1.3 Analisis Konsentrasi TPH Awal

Setelah dilakukan uji TPH awal pada sampel tanah tercemar minyak bumi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Konsentrasi TPH awal pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Sampel	Konsentrasi TPH (mg/kg)
Awal	851,92

Tabel 4.2 menunjukkan hasil uji konsentrasi TPH pada tanah tercemar minyak bumi pada sampel awal sebesar 851,92 mg/kg diatas 100 mg/kg. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2018 Tentang Pedomen Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah

Bahan Berbahaya dan Beracun, kandungan TPH dengan jenis C6-C9 petroleum hidrokarbon yang berada pada konsentrasi diatas 100 mg/kg, wajib dikelola sesuai dengan pengelolaan limbah non B3 atau dilakukan pengelolaan tanah terkontaminasi dengan metode soil washing untuk kandungan sebesar 15% > TPH > 0,1%.

Sampel awal diketahui mengandung konsentrasi TPH yang tidak terlalu besar yang diindikasikan karena sampel tanah memiliki tekstur tanah pasir bertanah liat merupakan tanah berbutir kasar memiliki pori yang sangat besar sehingga mudah dilalui air dan sampel tanah tidak homogen. Usia lahan bekas pengeboran minyak bumi jika usia semakin lama ada kemungkinan kontaminan TPH sudah *terleaching* ke bagian bawah tanah. Titik pengambilan sampel terhadap lokasi sumur juga berdampak terhadap kandungan TPH pada sampel dikarenakan jika jarak pengambilan sampel semakin jauh dari sumur bor minyak maka kandungan TPH semakin kecil. Namun dengan adanya kandungan TPH di tanah menunjukkan bahwa terdapat pencemaran pada tanah akibat aktivitas pengeboran minyak. Oleh karena itu sampel tanah yang diambil dapat digunakan sebagai bahan uji *soil washing* untuk menurunkan parameter TPH sebagai pencemar dengan target pengelolaan akhir di bawah 0,1% yang dapat digunakan sebagai tanah pelapis dasar.

4.2 Efisiensi Penyisihan Konsentrasi TPH

Salah satu kajian yang menentukan efisiensi penyisihan kontaminan hidrofobik atau dalam penelitian ini TPH adalah penggunaan jenis surfaktan yang sesuai dengan pembentukan emulsi minyak dalam air sehingga proses

pemindahan kontaminan dari permukaan tanah ke larutan dapat berlangsung. Penelitian ini menggunakan surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) yang umum digunakan pada remediasi tanah tercemar minyak.

Surfaktan SDS bersifat anionik yang memiliki nilai HLB (*Hydrophile Lipophile Balance*) sebesar 40, menunjukkan kecenderungan surfaktan untuk membentuk emulsi minyak dalam air karena gugus hidrofilik yang lebih banyak sehingga lebih larut pada pelarut polar dan memungkinkan kelarutan surfaktan SDS pada air lebih besar. SDS memiliki sifat lebih dominan hidrofilik (polar) maka molekul-molekul surfaktan tersebut akan terabsorpsi lebih kuat oleh air dibandingkan dengan minyak. Akibatnya tegangan permukaan air menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu.

Bila intensitas pencemaran pada tanah tinggi dibutuhkan waktu yang cepat untuk mengolah tanah maka penggunaan surfaktan sintetik seperti SDS dibutuhkan. Muatan permukaan tanah yang umumnya negatif menyebabkan SDS yang bersifat anionik mampu mengikat kontaminan pada tanah tanpa teradsorb pada butiran tanah, sehingga surfaktan tidak terserap oleh tanah dan tidak meninggalkan polutan di tanah. Peningkatan penyisihan minyak dapat dikaitkan dengan perpindahan minyak oleh larutan surfaktan yang disebabkan oleh adanya *scrubbing* pada permukaan tanah terkontaminasi yang menghasilkan gesekan dan abrasi (minyak lepas ke larutan).

4.3 Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan Terhadap Konsentrasi

TPH Akhir

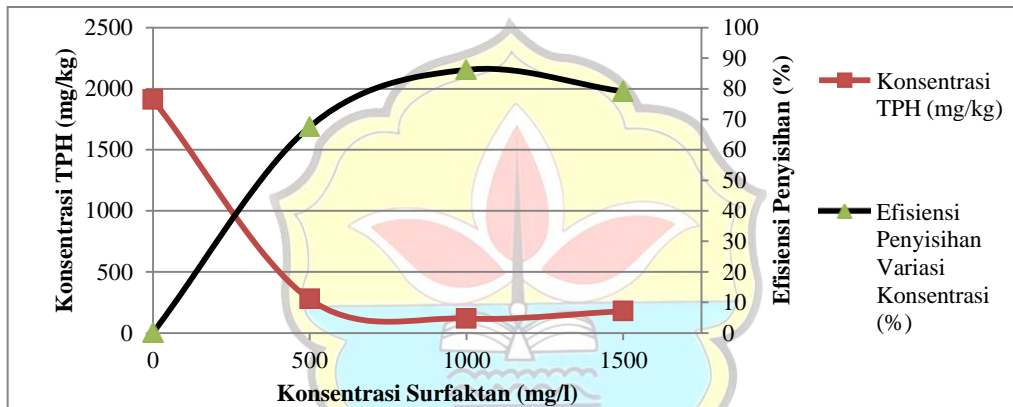
Surfaktan SDS bersifat anionik yang memiliki sifat amphifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel mengandung gugus polar. Pada saat larutan surfaktan bereaksi dengan tanah terkontaminasi minyak, surfaktan akan berakumulasi pada permukaan (antar fasa minyak dan fasa air). Gugus hidrofobik larut dalam fasa minyak (non-polar) dan gugus hidrofilik akan larut didalam fasa air (polar), sehingga surfaktan akan menyebabkan tegangan permukaan antara dua fasa yang tidak bercampur tersebut menurun (Sugaitmo,2017). Hal ini mengakibatkan kandungan pada permukaan tanah terlepas dan larut dalam air.

Apabila konsentrasi surfaktan terlalu kecil menyebabkan tidak terbentuknya misel sehingga surfaktan tidak mampu melarutkan kontaminan hidrofobik ke dalam air maupun menurunkan tegangan permukaan. SDS memiliki CMC sebesar 400 mg/l sehingga pada penelitian ini konsentrasi terkecil yang digunakan adalah 500 mg/l. Ketika monomer surfaktan terakumulasi pada permukaan kontaminan tanah, terjadi peningkatan area kontak antar koloid tanah dan kontaminan. Pembentukan misel pada atau diatas CMC meningkatkan kelarutan kontaminan, karena kontaminan terperangkap di dalam inti hidrofobik misel oleh gaya hidrofobik dan akibatnya kelarutannya dalam fasa air meningkat. Penggunaan surfaktan dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan mengakibatkan teradsorpsinya surfaktan ke permukaan tanah.

Pengaruh variasi konsentrasi surfaktan terhadap konsentrasi TPH akhir dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Efisiensi Penyisihan TPH Variasi Konsentrasi Surfaktan dengan *Soil Washing Metode Mixing*

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (mg/l)	Konsentrasi TPH (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan Variasi Konsentrasi (%)
C1	0	1911,34	0
C2	500	276,85	67,50
C3	1000	117,83	86,17
C4	1500	178,08	79,10



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan TPH pada Tanah *Loamy Sand*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada konsentrasi surfaktan yang berbeda menghasilkan penyisihan yang berbeda pula. Konsentrasi surfaktan 0 mg/l merupakan larutan blanko yang digunakan sebagai larutan pembanding, dimana tidak terdapat adanya penambahan surfaktan sehingga menunjukkan tidak adanya penyisihan kontaminan (konsentrasi TPH). Konsentrasi surfaktan 500 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 67,50%, konsentrasi surfaktan 1000 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 86,17% dan konsentrasi surfaktan 1500 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 79,10%.

Penyisihan kontaminan dengan penambahan konsentrasi surfaktan dimulai dengan 500 mg/l menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut telah memenuhi jumlah pembentukan misel efektif karena berada diatas CMC (*Critical Micelle Concentration*). Penambahan konsentrasi surfaktan dari 1000 mg/l ke 1500 mg/l pada penyisihan konsentrasi TPH mengalami penurunan. Hal ini dapat diindikasikan dengan adanya monomer agregat yang terbentuk secara spontan dan tidak terarah dikarenakan peningkatan konsentrasi surfaktan yang besar. Penggunaan dosis surfaktan yang jauh di atas CMC dapat mengakibatkan terjadinya emulsi balik (*remulsification*) yang mana akan berpengaruh pada tenggangan permukaan. Penurunan juga memungkinkan terjadi dikarenakan konsentrasi surfaktan yang terlalu tinggi sehingga surfaktan yang juga turunan minyak bumi mengakibatkan pencemaran. Surfaktan SDS merupakan turunan minyak bumi yang diindikasikan terhitung sebagai TPH.

Penambahan konsentrasi surfaktan mempengaruhi penyisihan kontaminan optimal dimana penggunaan larutan surfaktan dengan konsentrasi 1000 mg/l yaitu menyisihkan 86,17% konsentrasi TPH sehingga kandungan TPH akhir 117,83 mg/kg. *Soil washing* metode *mixing* dengan jumlah konsentrasi larutan surfaktan yang paling efektif untuk digunakan dalam penyisihan kontaminan pada tanah jenis *loamy sand* adalah 1000 mg/l.

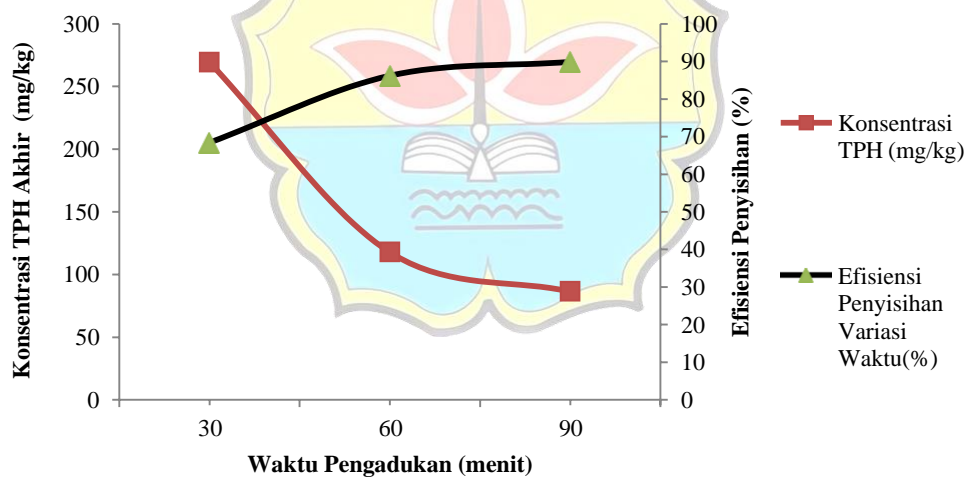
4.4 Analisis Pengaruh Variasi Waktu Pengadukan Terhadap Kandungan TPH Akhir

Penambahan waktu pengadukan pada *soil* wahing menyebabkan peningkatkan penyisihan konsentrasi TPH pada tanah. Peningkatan ini terjadi

karena dengan lebih lama waktu kontak antara larutan surfaktan fraksi partikel tanah yang mengikat kontaminan. Pengadukan menyebabkan terjadi dispersi butiran tanah pada larutan surfaktan. Pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap konsentrasi TPH akhir dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan TPH Variasi Waktu Pengadukan dengan *Soil Washing Metode Mixing*

Sampel	Waktu (menit)	Konsentrasi TPH (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan Variasi Waktu(%)
T1	30	269,46	68,37
T2	60	117,83	86,17
T3	90	86,44	89,85



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi Waktu Surfaktan terhadap Penyisihan TPH pada Tanah *Loamy Sand*

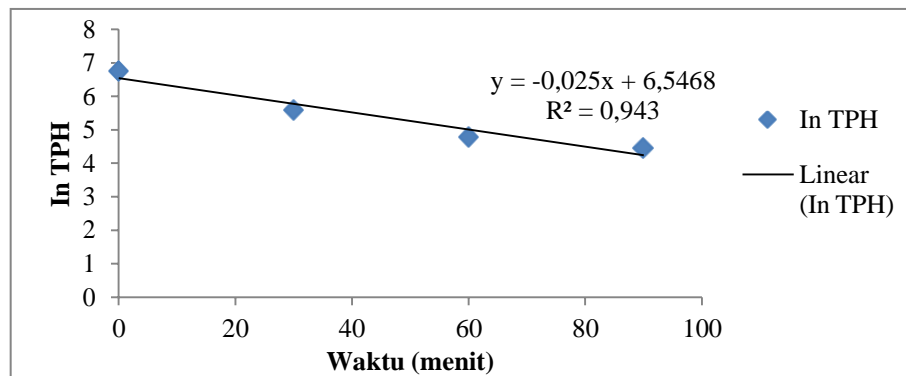
Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan maka semakin besar pula penyisihannya pada konsentrasi TPH. Waktu pengadukan 30 menit mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 68,37%, waktu pengadukan 60 menit mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 86,17% dan waktu pengadukan 90 menit mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 89,85%.

Waktu pengadukan dari 30 menit ke 60 menit mengalami peningkatan penyisihan sebesar 17,8%. Sedangkan pada waktu pengadukan 90 menit mengalami peningkatan penyisihan yang tidak terlalu banyak dibandingkan dengan menit ke 60 dengan selisih 3,68% menunjukkan hampir mendekati efisiensi penyisihan yang maksimal.

Penyisihan kontaminan dengan penambahan waktu pengadukan menyebabkan naiknya penyisihan. Hal ini disebabkan karena pengadukan memungkinkan terjadinya turbulensi yang akan meningkatkan jumlah tumbukan antar partikel, sehingga kontaminan tanah akan mudah larut ke air. Turbulensi mengakibatkan lepasnya gelembung udara ke permukaan air dikarenakan senyawa surfaktan berikatan dengan udara. Semakin besar tekanan udara maka kecepatan gelembung udara yang dihasilkan semakin besar dan diperoleh turbulensi yang juga semakin besar, sehingga surfaktan semakin efektif untuk mengikat minyak pada tanah. *Soil washing* metode *mixing* dengan waktu pengadukan yang paling efektif untuk digunakan dalam penyisihan kontaminan pada tanah jenis *loamy sand* adalah 90 menit dengan penyisihan sebesar 89,85%.

4.5 Kinetika Reaksi *Soil Washing*

Jika nilai orde reaksi terhadap suatu reaktan semakin besar, maka semakin besar pula pengaruh konsentrasi reaktan tersebut terhadap laju reaksi. Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan dimana molekul harus bertumbukan supaya terjadi reaksi. Semakin banyak jumlah tumbukan per detik, maka semakin besar laju reaksi. Konsentrasi molekul reaktan semakin besar dapat meningkatkan jumlah tumbukan yang juga dapat mempercepat laju reaksi.



Ket : Konstanta Laju reaksi (k) = -0,025 maka $-k$ = 0,025

Gambar 4.4 Grafik ln TPH terhadap Waktu (Kinetika Reaksi) untuk Soil Washing

Kinetika reaksi dianalisis dengan memplot konsentrasi TPH yang tersisa di tanah pada interval jarak per menit terhadap waktu dan logaritma konsentrasi TPH terhadap waktu seperti yang disajikan pada Gambar 4.4 grafik linier diperoleh untuk plot konsentrasi TPH (ln TPH) terhadap waktu mengikuti kinetika orde satu, berarti laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan. Hukum laju reaksi diberikan oleh $r = k[\text{TPH}]^1$. Konstanta laju sebesar $0,025 \text{ menit}^{-1}$ untuk tanah yang diolah minyak mentah dengan waktu paruh yang dihitung 27,25 menit.

Penentuan orde reaksi yang berlangsung pada kinetika reaksi dapat ditentukan menggunakan metode distribusi nilai k (konstanta laju) pada setiap satuan waktu. Nilai k yang relatif konstan pada suatu rumus orde berarti reaksi berjalan pada orde tersebut. Hasil perhitungan orde reaksi menggunakan rumus perhitungan pada persamaan 3.5 sampai persamaan 3.7 yang ditampilkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut

Tabel 4.5 Penentuan Orde Reaksi menggunakan Metode Distribusi Nilai k

C_0 (mg/kg)	t (menit)	C (mg/kg)	k (Orde nol) (mg/kg menit^{-1})	k (Orde Satu) (menit^{-1})	k (Orde Dua) ($\text{mg/l}^2 \text{menit}^{-1}$)	R
851,92	30	269,46	19,415	0,038	0,111	19,415
	60	117,83	12,235	0,033	0,509	12,235
	90	86,44	8,505	0,025	1,041	8,505

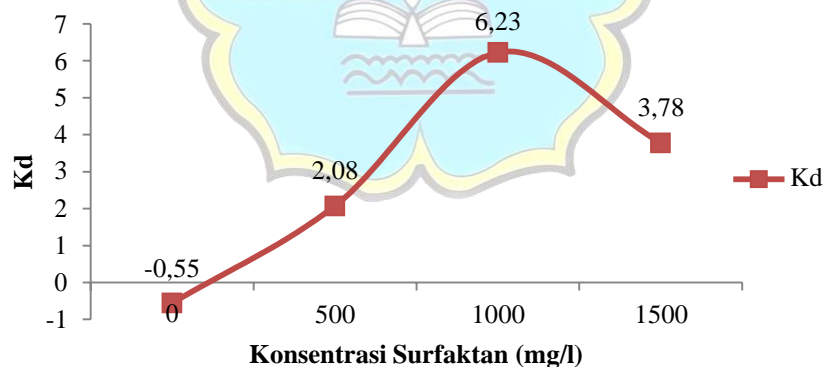
Tabel 4.5 menunjukkan nilai konstanta laju rekasi yang relatif konstan adalah orde satu. Berikut contoh perhitungan, nilai k dan $t_{1/2}$ pada orde satu:

$$k = \left(\frac{2,303}{t} \right) \times \text{Log} \left(\frac{C_0}{C_t} \right) = \left(\frac{2,303}{90 \text{ menit}} \right) \times \text{Log} \left(\frac{851,92 \text{ mg/kg}}{86,44 \text{ mg/kg}} \right) = 0,025 \text{ menit}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,025 \text{ menit}^{-1}} = 27,72 \text{ menit}$$

4.6 Koefisien Distribusi TPH

Distribusi dua zat terlarut antar zat pelarut yang tidak saling campur dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi surfaktan dan waktu pengadukan. Perhitungan koefisien distribusi menggunakan rumus perhitungan pada persamaan 3.8. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 7 dan nilai koefisien distribusi terhadap variasi konsentrasi surfaktan dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut :

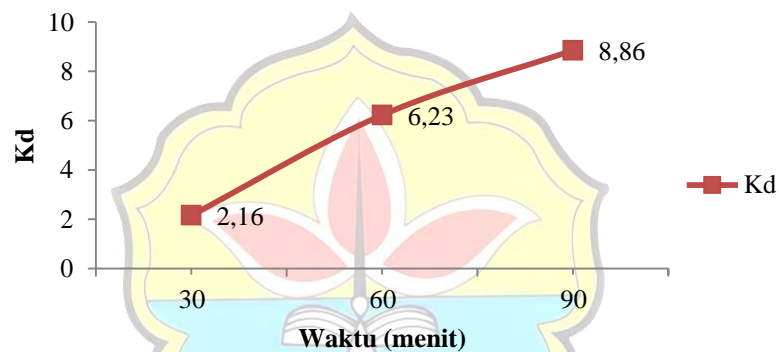


Gambar 4.5 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) TPH terhadap Variasi Konsentrasi Surfaktan pada Tanah *Loamy Sand*

Gambar 4.5 menunjukkan nilai koefisien distribusi (Kd) pada konsentrasi surfaktan 500mg/l sebesar 2,08, konsentrasi 100 mg/l sebesar 6,23 dan konsentrasi 1500 mg/l sebesar 3,78. Pada pemakaian variasi konsentrasi surfaktan 1000 mg/l memberikan nilai Kd tertinggi dan dapat dilihat nilai Kd turun pada konsentrasi surfaktan 1500 mg/l. Penurunan ini disebabkan fasa air mengalami kejenuhan

sehingga difusi unsur ke fasa padat menjadi semakin kecil. Penambahan konsentrasi surfaktan akan memperbesar kelarutan TPH dikarenakan pada volume yang sama jumlah misel surfaktan yang meningkat akan meningkatkan jumlah kontaminan yang terikat pula sehingga penambahan konsentrasi surfaktan akan diikuti pula oleh peningkatan nilai Kd meskipun terdapat perbedaan luas permukaan solid maupun jumlah kontaminan yang berinteraksi.

Nilai koefisien distribusi terhadap variasi konsentrasi surfaktan dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) TPH terhadap Variasi Waktu pada Tanah *Loamy Sand*

Gambar 4.6 menunjukkan nilai koefisien distribusi (Kd) pada waktu pengadukan 30 menit sebesar 2,16, 60 menit sebesar 6,23 dan 90 menit sebesar 8,86. Penambahan waktu pengadukan pada proses penyisihan kontaminan terlihat memberikan efek positif terhadap nilai koefisien distribusi (Kd) TPH. Waktu kontak antara fasa air dengan fasa padat akan mempengaruhi distribusi surfaktan ke dalam fasa padat. Semakin lama waktu kontak antara fasa air dengan fasa padat selama proses *soil washing* maka semakin banyak pula kontaminan yang terikat oleh surfaktan. Penambahan waktu pengadukan akan memperbesar penyisihan TPH dikarenakan semakin besar luas permukaan tanah yang terkontaminasi

terkena larutan surfaktan, dengan demikian larutan surfaktan dapat mengikat minyak di tanah lebih banyak. Penambahan waktu pengadukan akan diikuti pula oleh peningkatan Kd. Dengan bertambahnya waktu kontak reaksi akan semakin sempurna, sehingga perpindahan massa dari fasa air ke fasa padat semakin banyak.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

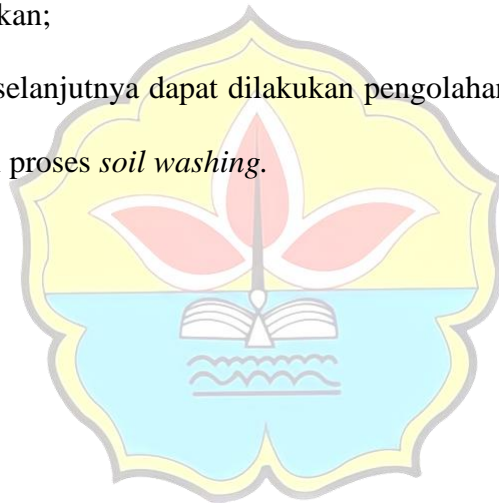
Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Soil Washing* dengan metode *mixing* pada tanah terkontaminasi minyak bumi menunjukkan terjadinya penurunan TPH pada tanah berjenis *loamy sand* (pasir bertanah liat) setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*), dengan efektifitas penyisihan TPH tertinggi yaitu 89,85% pada variasi waktu pengadukan 90 menit, sehingga kandungan TPH akhir 86,44 mg/kg dari TPH awal sebesar 851,92 mg/kg.
2. Variasi konsentrasi surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) dapat mempengaruhi penyisihan kontaminan TPH, dimana pada konsentrasi surfaktan yang berbeda akan menghasilkan penyisihan yang berbeda pula. Penambahan konsentrasi surfaktan mempengaruhi penyisihan kontaminan TPH optimal dengan larutan konsentrasi surfaktan 1000 mg/l yaitu menyisihkan 86,17% konsentrasi TPH sehingga kandungan TPH akhir 117,83 mg/kg. Variasi waktu pengadukan dapat mempengaruhi penyisihan kontaminan TPH, dimana semakin lama waktu pengadukan maka semakin besar penyisihan kontaminan. Penyisihan tertinggi terjadi pada waktu pengadukan selama 90 menit yaitu 89,85% sehingga kandungan TPH akhir 86,44 mg/kg.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya diperlukan variasi berdasarkan jarak dari sumber pencemar dan variasi jenis tanah yang berbeda;
2. Pada penelitian selanjutnya diperlukan variasi waktu lebih dari 90 menit untuk mendapatkan waktu optimal penyisihan kontaminan TPH dengan metode pengadukan;
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap air buangan dari proses *soil washing*.



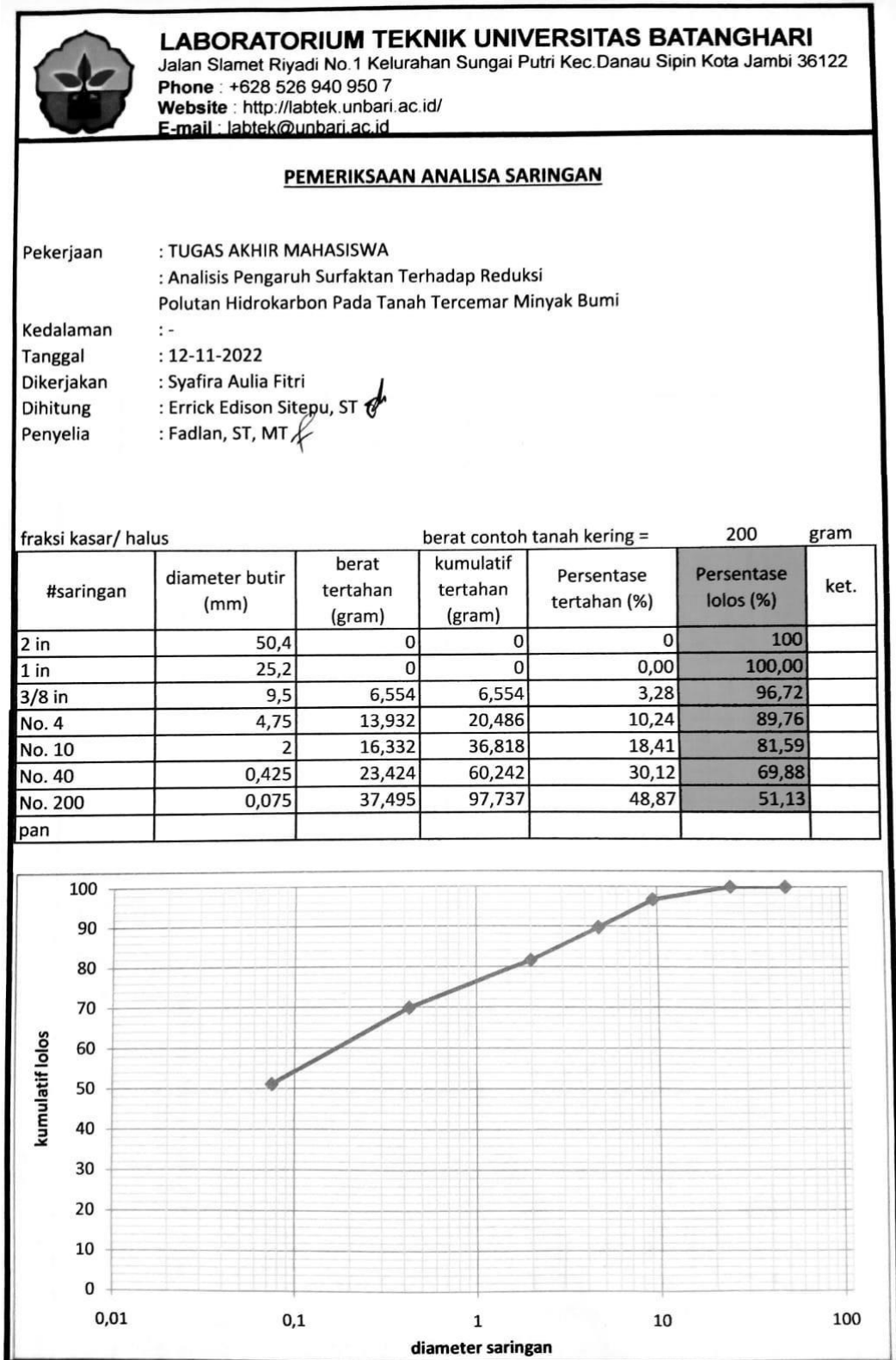
DAFTAR PUSTAKA

- Achara, U. (2003). *Sorption Characteristics of a Nonionic Surfactant During Remediation of Contaminated Soil with Different Organic Content*. Dissertation of Florida International University, 20.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (1999). *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)*. USA: Departement of Health and Human Service, Public Health Service.
- Agustina, F. T. (2007). *Ekstraksi Fe (II)-1, 10-Fenantrolin Menggunakan Metode Cloud Point dengan Surfaktan Tween 80*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, 11-15.
- Aziz. (2015). Removal Logam Berat Dari Tanah Terkontaminasi Dengan Menggunakan Chelating Agent (EDTA). *Jurnal teknik Kimia*, 2 (21).
- Balai Penelitian Tanah. (2005). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Ououk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Depertemen Pertanian .
- Barja, M. D. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayas Geoteknis)*. Surabaya: Penerbit Erlangga.
- CLAIRE , (. (2007). Understanding Soil Washing. *Technical Bulletin*, 13, 1-4.
- Connor, K. A. (1990). *Chemical Kinetics The Study of Reaction in Solution*. New York: Wiley-VCH.
- Cullum, D. C. (1994). *Introduction to Surfactant Analysis*. Glasgow: Blackie Academic & Professiona.
- Dewanti, N. (20018). STUDI PEMISAHAN BITUMEN DARI ASBUTON MENGGUNAKAN MEDIA AIR PANAS DENGAN PENAMBAHAN SOLAR, SURFAKTAN SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE (SDBS) DAN NATRIUM TRIPOLYPHOSPATE (Na₅P₃O₁₀). *Skripsi ITS Surabaya*.
- Effendi, A. J., & Indriati, N. (2015). Remediasi Tumpahan Minyak Menggunakan Metode Soil Washing Dengan Optimal Kondisi Reaksi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Hal 180-189.

- Environmental Protection Agency. (1998). *N-Hexane Extractable Material (HEM) for Sludge, Soil and Solid Sample*. US EPA Standard Method 9071B.
- Espension, J. H. (1995). *Chemical Kinetics and Reaction Mechanism*. New York: McGraw-Hill.
- Ezeji, U., Anyadoh, S. O., & Ibekwe, V. I. (2007). Clean Up Of Oil-Contaminated Soil. *Journal of American Science*, 54-59.
- Gutierrez, M. E., & Bandala, E. R. (2017). *Industry Effluents*. Elsevier B.V.
- Hadrah. (2015). Optimasi Rasio Solid/Liquid Pada Teknik Soil Washing Tanah Terkontaminasi Minyak dari Proses Eksplorasi Minyak Bumi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 57-65.
- Harold, F. H., & Elizabeth, J. F. (1993). Chemical Fate and Transpor in The Environment, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. *Academic Press*, 41-42.
- Ismanto, W. (2017). *Industri MIGAS Prospek dan Tantangan Pengelolaan Lingkungan*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Junaidi, R. (2013). Sintetis dan Karakterisasi Komposit yang Berbahan Dasar Kitosan, Silika dan Kalsium Fosfat. *Diploma Thesis, Universitas Andalas*.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Petunjuk Teknis Pengujian Tanah*. Jakarta Selatan: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Marzuki, I. (2019). *Aplikasi Mikrosimbion Spons Dalam Bioremediasi Lingkungan*. Makassar: Tohar Media.
- Mudjirahardjo. (2006). *Pengetahuan Minyak Bumi dan Minyak Bakar*. Cepu: PT. Akamigas.
- Mulyono, M. (2006). Teknik Cuci Lahan (Soil Washing) untuk Remediasi Lahan Tercemar Minyak Bumi. *LEMBARAN PUBLIKASI LEMIGAS*, 3-8.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah Bahan Berbahaya Beracun*. (t.thn.).
- Prayitno. (2007). *Kajian Kinetika Kimia Model Matematik Reduksi Kadmium elalui Laju Reaksi, Konstante Dan Orde Reaksi Dalam Proses Elektrokimia*. Jakarta: Ganendra.

- Priadie, B. (2012). Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol.10 No.1.
- Setiadi, Y., Salim, F., & Silmi, Y. (2014). Seleksi Adaptasi Jenis Tanaman pada Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 160-166.
- Sevie, G. N. (2016). *Studi Pemisahan Bitumen Dari Asbuton Menggunakan Media Air Panas Dengan Penambahan Solar, Surfaktan Anionik dan Sodium Hidroksida*. Surabaya: Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Stephen, L. (2021). Effect of Surfactants on the Synthesis and Characteristics of Nickel Hydroxide Nanoparticle. *Jurnal Rekayasa Proses*, 217-230.
- Syarah. (2019). *REDUKSI TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH) PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI MELALUI SOIL WASHING MENGGUNAKAN ALKYL BENZENE SULFONATE (ABS)*. Jambi: Skripsi .
- Urum, K., Grigson, S., Pekdemir, T., & McMenamy, S. (2006). A comparison of the efficiency of different surfactants for removal of crude oil from contaminated soils. *Chemosphere*, 1403–1410.
- Urum, K., Pekdemir, T., & Copur, M. (2004). Surfactants treatment of crude oil contaminated soils. *Journal of Colloid and Interface Science*, 456–464.
- USEPA. (1996). *Clean Water Act*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Vincent , O. A., Steven, O., Felix, E., Weltime, O. M., Imohimi, O. A., & Osaro, K. I. (2012). Surfactant Enhanced Soil Washing Technique and Its Kinetics on the Remediation of Crude Oil Contaminated Soil. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 13, 443-456.
- Zuhra, C. F. (2013). Penyulingan, Pemrosesan dan Penggunaan Minyak Bumi.

Lampiran 1 Hasil Uji Tekstur Tanah.





LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI
 Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec.Danau Sipin Kota Jambi 36122
 Phone : +628 528 940 950 7
 Website : http://labtek.unbari.ac.id/
 E-mail : labtek@unbari.ac.id

ANALISIS HIDROMETER
 SNI 3423 - 2008

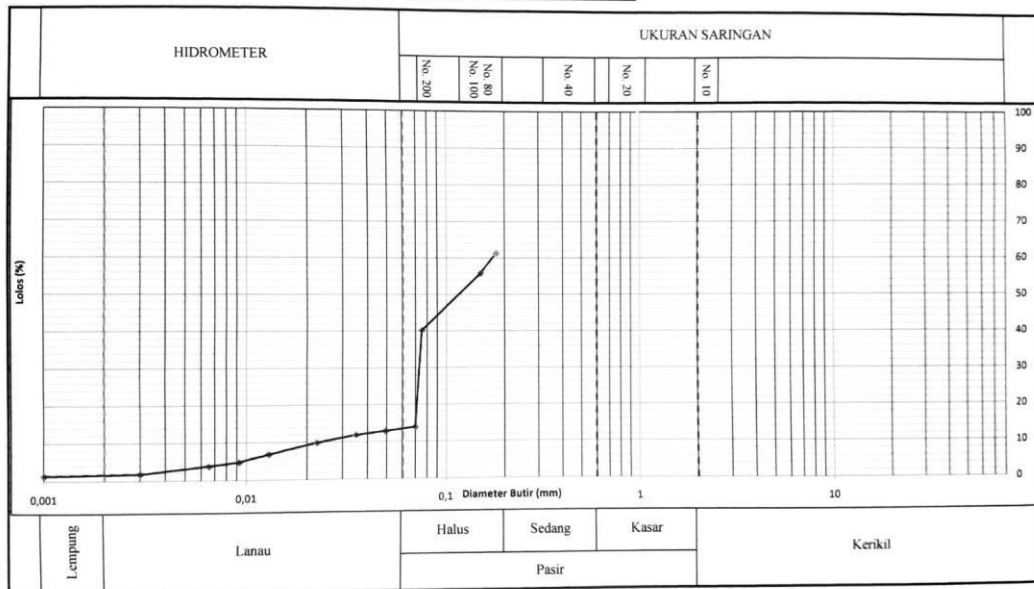
Pekerjaan : TUGAS AKHIR MAHASISWA
 : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi
 Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi
 Dikerjakan : Syafira Aulia Fitri
 Dihitung : Errick Edison Sitepu, ST
 Penyelia : Fadlan, ST, MT
 Kedalaman : -
 Tanggal Uji : 12/11/2022

Massa Tanah Kering : 50 Gr
 Berat Jenis : 2,55

# Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persentase (%)	
			Tertahan	Lewat
No. 20	6,17	6,17	12,35	87,65
No. 40	7,20	13,37	26,75	73,25
No. 80	5,98	19,36	38,71	61,29
No. 100	2,71	22,06	44,13	55,87
No. 200	7,83	29,90	59,79	40,21

Waktu (T) (Menit)	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Diameter	Koreksi Suhu	Koreksi Pembacaan Terhadap Suhu	Kalibrasi	Persentase Mengendap	Persentase Mengendap Terhadap Seluruh Contoh
	°C	Rh	D	K	Rh.K			
0	28							
0,5	28	7	0,06969215	-0,1	6,90	1,01	13,938	7,13
1	28	6,5	0,04927979	-0,1	6,40	1,01	12,928	6,61
2	28	6	0,03496051	-0,1	5,90	1,01	11,918	6,09
5	28	5	0,02225502	-0,1	4,90	1,01	9,898	5,06
15	28	3,5	0,01289032	-0,1	3,40	1,01	6,868	3,51
30	28	2,5	0,00917308	-0,1	2,40	1,01	4,848	2,48
60	28	2	0,00652727	-0,1	1,90	1,01	3,838	1,96
250	28	1	0,00299117	-0,1	0,90	1,01	1,818	0,93
1440	28	0,8	0,00000000	-0,1	0,70	1,01	1,414	0,72

Kurva Distribusi Ukuran Butir Tanah



Lampiran 2 Perhitungan Kadar Air

Sampel	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Berat Cawan (gr)	Berat Air (gr)	Berat Tanah Basah (gr)	Kadar Air (%)
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W
Awal	36,601	35,237	8,474	1,364	28,127	4,85
C1	35,790	34,574	3,876	1,216	31,914	3,81
C2	35,775	34,552	3,707	1,223	32,068	3,81
C3	35,942	34,670	3,675	1,272	32,267	3,94
C4	35,367	34,166	3,802	1,201	31,565	3,80
T1	35,956	34,708	3,739	1,248	32,217	3,87
T2	35,942	34,670	3,675	1,272	32,267	3,94
T3	35,632	34,352	3,716	1,280	31,916	4,01

Contoh perhitungan sampel awal :

$$W_1 = 36,601 \text{ gr}$$

$$W_2 = 35,237 \text{ gr}$$

$$W_3 = 8,474 \text{ gr}$$

$$W_4 = W_1 - W_2$$

$$= 36,601 - 35,237$$

$$= 1,364 \text{ gr}$$

$$W_5 = W_1 - W_3$$

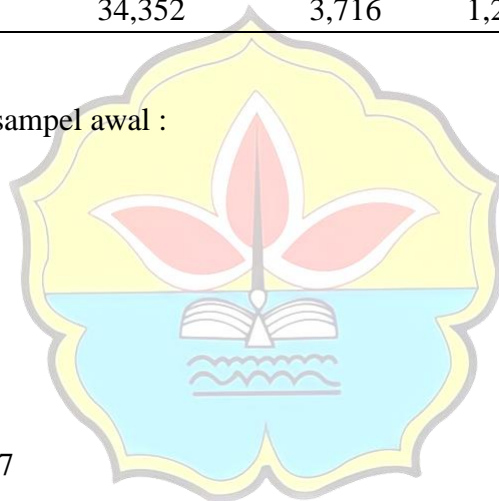
$$= 36,601 - 8,474$$

$$= 28,127 \text{ gr}$$

$$W = \frac{W_4}{W_5} \times 100 \%$$

$$= \frac{1,364 \text{ gr}}{28,127 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 4,85 \%$$



Lampiran 3 Hasil Uji TPH Awal.



UNIVERSITAS GADJAH MADA
LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGUJIAN TERPADU
Jl. Kalirejo Km. 4 Sekip Utara Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 548348, 546868 WA. 082328276111
Email: lppt_info@mail.ugm.ac.id Website: <https://lppt.ugm.ac.id>

RDP/7.8.1/LPPT
Rev. 0
Halaman 1 dari 1

LAPORAN HASIL UJI

No. Sertifikat : 01653.01/X/UN1/LPPT/2022
No. Pengujian : 22090101653

Informasi Customer

Nama : Syafira Aulia Fitri
Alamat : Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Batanghari
Tanggal Penerimaan : 15 September 2022
Tanggal Pengujian : 16 September 2022

Hasil Pengujian

Tanah Tercemar Minyak Bumi

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (<i>Total Petroleum Hidrokarbon</i>)	851,92	mg/Kg	Kromatografi Gas

Yogyakarta, 12 Oktober 2022
Kabidyan Litbang,



Dr. med. vet. dr. Hevi Wihadmadyatami, M.Sc.
NIP.198503092010122006

Perhatian :

1. LHU ini berlaku hanya pada sampel yang diujikan.
2. LHU ini dibuat semata-mata untuk penggunaan pelanggan yang disebutkan dalam LHU ini.
3. LPPT tidak bertanggung jawab atas setiap kerugian, kerusakan atau tanggung jawab hukum yang diderita oleh pihak ketiga sebagai akibat dari kepercayaan terhadap atau penggunaan laporan ini.
4. Tidak diperkenankan menggandakan LHU ini tanpa izin dari LPPT UGM

Lampiran 4 Hasil Uji TPH Akhir.



UNIVERSITAS GADJAH MADA
LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGUJIAN TERPADU
Jl. Kalurang Km. 4 Sekip Utara Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 548348, 546868 WA. 0811274565
Email: lppt_info@mail.ugm.ac.id Website: https://lppt.ugm.ac.id

RDP/7.8.1/LPPT
Rev. 0
Halaman 1 dari 1

LAPORAN HASIL UJI

No. Sertifikat : 02179.01/XII/UN1/LPPT/2022
No. Pengujian : 22110102179

Informasi Umum

Nama : Syafira Aulia Fitri
Alamat : Universitas Batanghari
Tanggal Penerimaan : 22 November 2022
Tanggal Pengujian : 24 November 2022
Lokasi Pengujian : Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu

Hasil Pengujian

1. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : C1
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	1911,34	mg/Kg	Kromatografi Gas

2. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : C2
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	276,85	mg/Kg	Kromatografi Gas

3. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : C3
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	117,83	mg/Kg	Kromatografi Gas

4. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : C4
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	178,08	mg/Kg	Kromatografi Gas

5. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : T1
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	269,46	mg/Kg	Kromatografi Gas

6. Nama Sampel : Tanah Tercemar Minyak Bumi
Kode Sampel : T3
Bentuk Sampel : Serbuk

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
TPH (Total Petroleum Hidrokarbon)	86,44	mg/Kg	Kromatografi Gas

Yogyakarta, 13 Desember 2022

Manager Teknik



Dr.med.vet.drh. Hevi Wihadmadyatami, M.Sc.
NIP. 198503092010122006

Perhatian

- LHU ini hanya berlaku pada sampel yang diujikan
- LHU ini dibuat semata-mata untuk penggunaan yang disebutkan dalam LHU ini
- LPPT tidak bertanggung jawab atas setiap kerugian, kerusakan atau tanggung jawab hukum yang diderita oleh pihak ketiga sebagai akibat dari kepercayaan atau penggunaan LHU ini
- Tidak diperkenankan menggandakan LHU ini tanpa izin dari LPPT UGM

Lampiran 5 Perhitungan Efisiensi Penyisihan TPH.

Variasi Konsentrasi Surfaktan

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (mg/l)	Konsentrasi TPH (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan Variasi Konsentrasi (%)
C1	0	1911,34	0
C2	500	276,85	67,50
C3	1000	117,83	86,17
C4	1500	178,08	79,10

Contoh Perhitungan :

$$E_{C4} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \%$$

$$E_{C4} = \frac{851,92 - 178,08}{851,92} \times 100 \%$$

$$E_{C4} = 0,791 \times 100 \% = 79,10 \%$$

Variasi Waktu Pengadukan

Sampel	Waktu (menit)	Konsentrasi TPH (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan Variasi Waktu (%)
T1	30	269,46	68,37
T2	60	117,83	86,17
T3	90	86,44	89,85

Contoh Perhitungan :

$$E_{T3} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \%$$

$$E_{T3} = \frac{851,92 - 86,44}{851,92} \times 100 \%$$

$$E_{T3} = 0,8985 \times 100 \% = 89,85 \%$$

Lampiran 6 Perhitungan Koefisien Distribusi.

Variasi konsentrasi surfaktan

Konsentrasi Surfaktan(mg/l)	0	0	500	1000	1500
Cs	851,92	1911,34	276,85	117,83	178,08
Cl	0	-1059,4	575,07	734,09	673,84
Kd		-0,55	2,08	6,23	3,78

Contoh perhitungan :

$$Kd_{500} = \frac{C_l}{C_s}$$

$$Kd_{500} = \frac{575,07}{276,85} = 2,08$$

Variasi Waktu Pengadukan

Waktu (menit)	0	30	60	90
Cs	851,92	269,46	117,83	86,44
Cl	0	582,46	734,09	765,48
Kd		2,16	6,23	8,86

Contoh perhitungan :

$$Kd_{30} = \frac{C_l}{C_s}$$

$$Kd_{30} = \frac{582,46}{269,46} = 2,16$$

Lampiran 8 SK Penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir.



Universitas Batanghari
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI
NOMOR : 091 TAHUN 2022
T E N T A N G
PENUNJUKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI


DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Usulan Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- MENIMBANG** :
- a. Bahwa untuk melengkapi syarat-syarat yang diperlukan guna menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari perlu diselenggarakan Tugas Akhir Mahasiswa.
 - b. Bahwa mahasiswa yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini telah memenuhi syarat dan berhak untuk melaksanakan Tugas Akhir.
 - c. Bahwa Staf Pengajar yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
 - d. Bahwa untuk pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa dimaksud perlu dibuat Keputusan Dekan.
- MENINGGAT** :
- 1. Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
 - 2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
 - 3. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
 - 4. Peraturan Akademik Universitas Batanghari Tahun 2018
 - 5. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pejabat wakil Rektor, Dekan, Kepala Biro, Pustaka, Lembaga dan Badan di lingkungan Universitas Batanghari.

MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN :**
- Pertama** : Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Program Strata Satu (S-1) yang nama dan NPM nya tercantum pada kolom (2) untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan Judul seperti pada kolom (3) Lampiran Keputusan ini dan berhak untuk mendapat bimbingan Tugas Akhir.
- Kedua** : Memunjuk Staf Pengajar yang namanya tercantum pada kolom (4) menjadi Dosen Pembimbing I dan kolom (5) menjadi Dosen Pembimbing II mahasiswa dalam melaksanakan Tugas Akhir.
- Ketiga** : Dosen Pembimbing bertugas memberi petunjuk dan arahan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
- Kempat** : Dosen pembimbing bertanggung jawab kepada Dekan melalui Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari.
- Kelima** : Program Studi agar menyelenggarakan seminar proposal Tugas Akhir bersangkutan agar judul, tujuan, ruang lingkup, dan metode penelitian Tugas Akhir mahasiswa benar dari kaidah-kaidah ilmiah.
- Kenam** : Masa berlaku Surat Keputusan ini adalah 6 (enam) bulan dan setelahnya dapat diperpanjang maksimal dua (2) kali atau diganti dengan pembimbing lain.
- Ketujuh** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

DITETAPKAN DI : JAMBI
PADA TANGGAL : 16 JUNI 2022
Dekan,


Dr. Ir. H. Fakhru Razi Yamali, ME

Tembusan Disampaikan kepada :-

- 1. Yth. Rektor Universitas Batanghari
- 2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari
- 3. Yth. Dosen Pembimbing yang bersangkutan
- 4. Mahasiswa yang bersangkutan
- 5. Arsip

AMPIRAN : SK DEKAN NOMOR : 091 TAHUN 2022 TENTANG PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI.

NAMA NPM (2)	JUDUL TUGAS AKHIR (3)	DOSEN PEMBIMBING I (4)	DOSEN PEMBIMBING II (5)
SYAFIRA AULLA FITRI 180082201009	"ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP REDUKSI POLUTAN HIDROKARBON PADA TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI"	HADRAH, ST, MT	ANGGRIKA RYANTI, ST, M, SI

DITETAPKAN DI : JAMBI
PADA TANGGAL : 16 JUNI 2022
Dekan,





Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Lampiran 9 Lembar Asistensi Laporan Tugas Akhir.

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Syafira Aulia Fitri
NPM : 1800825201009
Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan
Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
1.	29 Des 2022	* perbaiki sesuai diskusi	
2.	25 Jan 2023	Acc sidang T.A	

Jambi... 25 Januari 2022

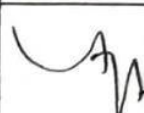




Dosen Pembimbing I



(Hadrah, ST, MT)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Syafira Aulia Fitri
 NPM : 1800825201009
 Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	10/1-23	- lengkapi perbaikan bab 4, kevelasan tabel & gambar.	
	12/1-23 10-2023	- perbaikan ketikan yg salah pada bab 9	
	16/1-23	- perbaikan kevelasan ketik & layout kesimpulan & saran.	
	18/1-23	- lengkapi abstrak & lampiran ?	
	24/1-23	ACC Sidang	


Jambi, 24 Januari 2023
 Dosen Pembimbing II


 (Anggrika Riyanti, ST, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Syafira Aulia Fitri
 NPM : 1800825201009
 Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tecemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
1.	10 Feb 2023	Acc jilid T.A.	

Jambi... 10 Februari 2023

Dosen Pembimbing I




(Hadrah, ST, MT)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Syafira Aulia Fitri
 NPM : 1800825201009
 Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tceemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
1.	14/2-23	Acc judul laporan TA	

Jambi... 14 Februari 2023
Dosen Pembimbing II


 (Anggrika Riyanti, ST, M.Si)

Lampiran 10 Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir.



Universitas Batanghari Fakultas Teknik

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

JALAN SLAMET RIYADI BRONI JAMBI INDONESIA TELP. (0741) 668280

Nomor : 05 /TL-UBR/I/2023
Lampiran : 1 (satu) TA
Perihal : Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir

Jambi, 27 Januari 2023

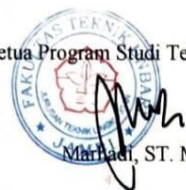
Kepada Yth,
Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc (Ketua Sidang)
Ibu Anggrika Riyanti, ST, M.Si (Sekretaris Sidang)
Bapak Marhadi, ST, M.Si (Penguji I)
Ibu Siti Umi Kalsum, ST, M. Eng (Penguji II)
Ibu Hadrah, ST, MT (Penguji III)
Di
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan telah selesainya pembuatan Laporan Tugas akhir Mahasiswa, maka kami mengundang Bapak/Ibu untuk menghadiri Sidang Kompre Tugas akhir yang akan dilaksanakan pada :

Hari/ Tanggal : Senin/30 Januari 2023
Jam : 13.30 WIB s/d selesai
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik
Nama Mahasiswa : Syafira Aulia Fitri
NPM : 1800825201009
Ujian : Offline
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi"

Demikian, atas kesediaan Bapak/ Ibu untuk menguji dan datang tepat pada waktunya diucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Marhadi, ST. M. Si

Tembusan Disampaikan Kepada :

1. Yth. Dekan Fakultas Teknik
2. Yth, Bapak Wakil Dekan I
3. Bendahara
4. Arsip.

Catatan : Untuk Penguji pria, Pakaian memakai kemeja lengan panjang dan dasi kecuali Hari Kamis memakai baju batik

Lampiran 11 : SK Penunjukan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir.



Universitas Batanghari FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI NOMOR : 146 TAHUN 2023 T E N T A N G PENUNJUKAN DOSEN PENGUJI UJIAN TUGAS AKHIR MAHASISWA DI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Surat Ketua Program studi Teknik Lingkungan Tentang usulan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
- MENIMBANG** : 1. Bahwa Mahasiswa yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir.
2. Bahwa Dosen yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat sebagai Penguji Ujian Tugas Akhir yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.
- MENGINGAT** : 1. Undang Undang Nomor : 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
3. Peraturan Pemerintah RI Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
4. Surat Keputusan Rektor Nomor : 27 Thn 2022 tlg Perpanjangan Masa Tugas Pejabat Pada Jabatan Dekan, Kepala Biro, Lembaga dan Badan di Lingkungan Unbari.

MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN** : Menunjuk Dosen sebagaimana dalam Surat Keputusan ini sebagai Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir mahasiswa seperti disebutkan di bawah ini.

Nama Mahasiswa	: Syafira Aulia Fitri	
NPM/Program Studi	: 1800825201009/Teknik Lingkungan	
Judul Tugas Akhir	: <i>Analisis Pengaruh Suraktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pad Tanah Tercemar Minyak Bumi</i>	
No	Nama Dosen Penguji	Jabatan
1	Hadrah, ST, MT	: Pembimbing I
2.	Anggrika Riyanti, ST, M. Si	: Pembimbing II
No	Nama Dosen	Jabatan
1	Monik Kasman, ST, M. Eng, Sc	: Ketua
2	Anggrika Riyanti, ST, M. Si	: Sekretaris
3	Marhadi, ST, M. Si	: Penguji I
4	Siti Umi Kalsum, ST, M. Eng	: Penguji II
5	Hadrah, ST, MT	: Penguji III

- Kedua** : Pelaksanaan Ujian Tugas Akhir pada **Senin/30 Januari 2023** di Ruang Sidang Fakultas Teknik
- Ketiga** : Biaya yang timbul akibat keputusan ini dibebankan pada anggaran Ujian Tugas Akhir mahasiswa.
- Keempat** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan akan diadakan perbaikan jika dikemudian hari terdapat kekeliruan.

DITETAPKAN DI : J A M B I
PADA TANGGAL : 27 Januari 2023



Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Tembusan disampaikan kepada

1. Yth. Bpk Rektor c.q. Wakil Rektor I Unbari
2. Yth. Ketua Prodi Teknik Lingkungan
3. Yth. Dosen Penguji yang bersangkutan
4. Arsip.

Lampiran 12 : Berita Acara Ujian/Sidang Tugas Akhir.

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-05
---	----------------------

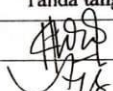
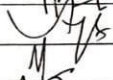
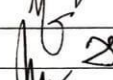
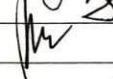
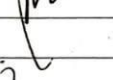
BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Pada hari ini, Senin, Tanggal 30 Januari, 2023, telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir mahasiswa

Nama : Syafira Aulia Fitri
 NPM : 1800825201009
 Waktu : 11.00 s/d selesai
 Tempat : R. Sidang

Judul Tugas Akhir :
Analisis Pengaruh Smpaktan terhadap Reseksi Polutan Hidrokarbon pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Hasil evaluasi Tim Penguji sebagai berikut :

	Nama Tim Penguji	Nilai	Tanda tangan
Pembimbing I	<u>Habrah, ST, MT</u>	<u>85</u>	1. 
Pembimbing II	<u>Anggrika Riyanti, ST, M.Si</u>	<u>84</u>	2. 
Penguji I	<u>Monik Kasman, ST, M.Eng. Sc</u>	<u>82</u>	3. 
Penguji II	<u>Marhaba, ST, M.Si</u>	<u>80</u>	4. 
Penguji III	<u>Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng</u>	<u>83,75</u>	5. 
	Jumlah	<u>414,75</u>	
	Nilai Rata-Rata / Huruf	<u>82,95 / (A)</u>	

Keputusan Tim Penguji pada Sidang Tugas Akhir :

1. **LULUS**, dengan nilai : A

Perbaikan :

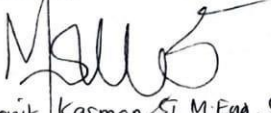
2. **TIDAK LULUS**, dengan catatan sebagai berikut :

Jambi, 30 Januari 2023

Sekretaris sidang,


(Anggrika R., ST, M.Si)

Ketua sidang,


(Monik Karman, ST, M.Eng. Sc)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Marhadi, ST, M.Si

Kriteria Penilaian:

- | | |
|---------------|--------------------------------------|
| 1. 80 - 100 | : Lulus, Nilai Huruf: A |
| 2. 75 - 79,99 | : Lulus, Nilai Huruf: B |
| 3. 70 - 74,99 | : Lulus, Nilai Huruf: B |
| 4. 65 - 69,99 | : Lulus, Nilai Huruf: C ⁺ |
| 5. 60 - 64,99 | : Lulus, Nilai Huruf: C |
| 6. < 59,99 | : Tidak Lulus |

Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Melakukan Penyaringan basah untuk pengujian *grain size*



Gambar 4. Penambahan volume air 900ml untuk pengujian hidrometer



Gambar 2. Memasukan partikel tanah yang tertahan pada saringan ke cawan



Gambar 5. Pengocokan 60 kali untuk pengujian hidrometer



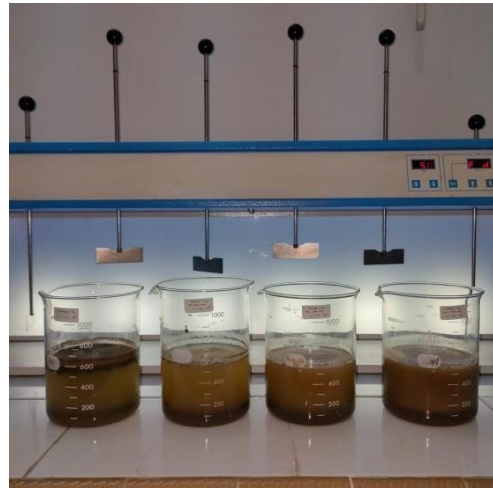
Gambar 3. Sampel tanah didinginkan menggunakan desikator



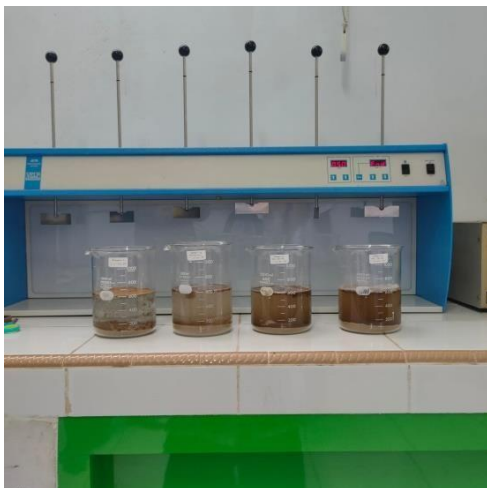
Gambar 6. Penimbangan sampel tanah



Gambar 7. Penimbangan surfaktan SDS



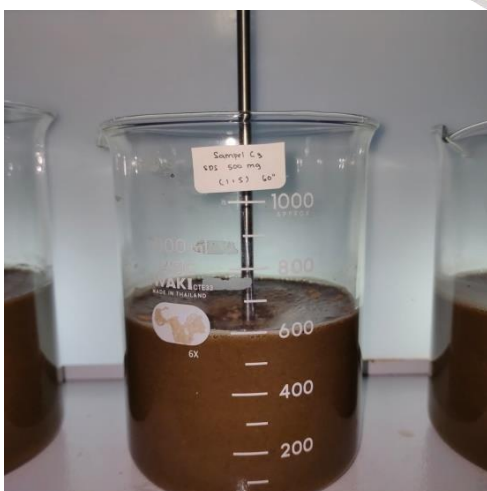
Gambar 10. Sampel setelah dilakukan proses *soil washing*



Gambar 8. Sampel sebelum dilakukan proses *soil washing*



Gambar 11. Sampel setelah diendapkan selama 24 jam



Gambar 9. Sampel saat dilakukan pengadukan menggunakan flokulator



Gambar 12. Sampel setelah dikeringkan selama 2 hari diruang terbuka