

**ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN
TERHADAP PENYISIHAN LOGAM TANAH
TERCEMAR MINYAK BUMI**

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI
2023**

ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP PENYISIHAN LOGAM TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana Teknik



FEBBI WIDYATAMA PRATIWI

1800825201039

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI
2023**

BALAMAN PERSETUJUAN
ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP PENYISIHAN
LOGAM TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

TUGAS AKHIR

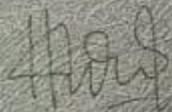
Oleh

Febbi Widyatama Pratiwi
1800825201039

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 Univeristas Batanghari Jambi.

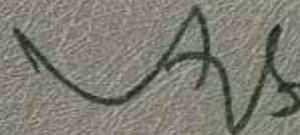
Jambi, 2023

Pembimbing I



Hadrah, ST, MT
NIDN. 1020088802

Pembimbing II



Anggrika Riyanti, ST, M.Si
NIDN. 10100278704

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP PENYISIHAN LOGAM TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

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

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
NPM : 1800825201039
Hari/Tanggal : Kamis, 16 Februari 2023
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

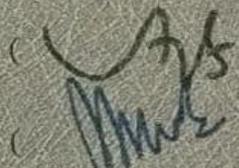
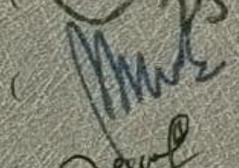
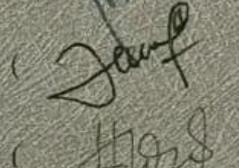
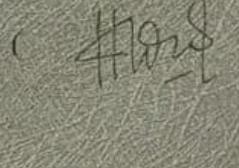
Ketua :

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

()

Anggota :

2. Anggrika Riyanti, ST, M.Si
NIDN. 10100278704
2. Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002
3. Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng
NIDN. 1027067401
4. Hadrah, ST, MT
NIDN. 1020088802

()
()
()
()

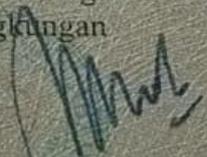
Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

()

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

Ketua Program Studi Teknik
Lingkungan

()
Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi

NPM : 1800825201039

Judul : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas 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, Maret 2023



Febbi Widyatama Pratiwi

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
NPM : 1800825201039
Judul : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap
Penyisihan Logam 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 paksaan dari siapapun.

Jambi, Maret 2023



Febbi Widyatama Pratiwi

ABSTRAK

ANALISI PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP PENYISIHAN LOGAM TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

Febbi; Dibimbing Oleh Pembimbing I Hadrah, ST, MT dan Pembimbing II Anggrika Riyanti, ST, M.Si

lxiii + 63 halaman, 7 tabel, 9 gambar, 12 lampiran

ABSTRAK

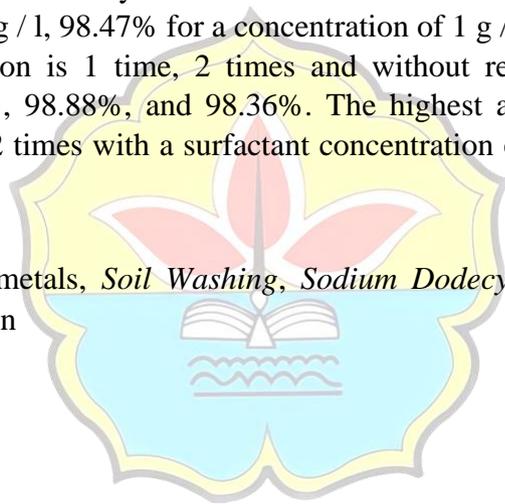
Tanah tercemar minyak bumi merupakan limbah yang perlu diolah karena mengandung berbagai pencemar salah satunya logam Timbal (Pb). Logam Timbal (Pb) merupakan bahan pencemar berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup sehingga akan terakumulasi di lingkungan. Soil washing adalah metode yang efektif untuk menurunkan kadar logam pada tanah tercemar minyak bumi. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas *soil washing* dengan metode *leaching column* dalam menurunkan konsentrasi logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi. Metode yang digunakan adalah *Soil washing* menggunakan *leaching column* dengan variabel yang digunakan adalah surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dengan variasi konsentrasi 0, 0,5 g/l, 1 g/l, dan variasi pengulangan sebanyak 0, 1, 2 kali pengulangan. Tanah tercemar minyak bumi yang dianalisis berjenis loamy sand dengan kandungan logam Timbal (Pb) awal sebesar 5,17 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam Timbal (Pb) setelah dilakukan *soil washing* mengalami penurunan. Dengan efisiensi penyisihan sebesar 94,33% untuk konsentrasi 0, 98,36% pada konsentrasi 0,5 g/l, 98,47% untuk konsentrasi 1 g/l. Sedangkan variasi pengulangan *leaching* 1 kali, 2 kali dan tanpa pengulangan efisiensi penyisihannya sebesar 98,67%, 98,88%, dan 98,36%. Penyisihan tertinggi terjadi pada pengulangan *leaching* 2 kali dengan konsentrasi surfaktan 0,5 g/l yaitu 98,88%.

Kata kunci : Logam Timbal (Pb), *Soil Washing*, *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS).

ABSTRACT

Petroleum-polluted soil is a waste that needs to be processed because it contains various pollutants, one of which is Lead metal (Pb). Lead metal (Pb) is a dangerous pollutant because of its *non-degradable* nature by living organisms so that it will accumulate in the environment. Soil washing is an effective method to lower metal levels in petroleum-polluted soils. This study aims to determine the effectiveness of *soil washing* with the *leaching column* method in reducing the concentration of Lead metal (Pb) in petroleum-polluted soils. The method used is *Soil washing* using *leaching column* with the variables used are *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) surfactants with variations in concentration of 0.05 g / l, 1 g / l, and variations in repetition of 0, 1, 2 repetitions. The petroleum-polluted soil analyzed was of the loamy sand type with an initial Lead (Pb) metal content of 5.17 mg/kg. The results showed that the concentration of Lead metal (Pb) after *soil washing* decreased. With an elimination efficiency of 94.33% for a concentration of 0.98.36% at a concentration of 0.5 g / l, 98.47% for a concentration of 1 g / l. While the variation in *leaching* repetition is 1 time, 2 times and without repetition the insertion efficiency is 98.67%, 98.88%, and 98.36%. The highest allowance occurred in leaching repetition 2 times with a surfactant concentration of 0.5 g / l which was 98.88%.

Keywords : Heavy metals, *Soil Washing*, *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS), Soil Pollution



PRAKATA

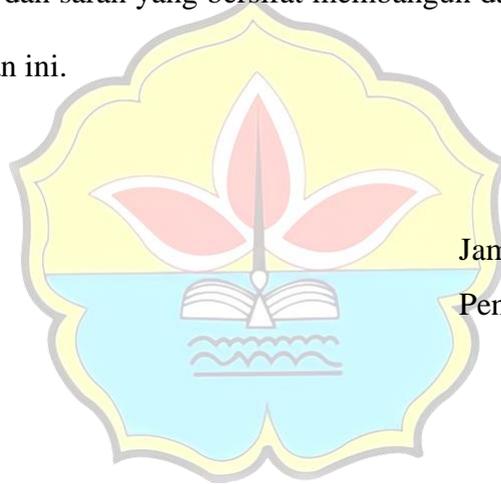
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi**”. Ditujukan untuk memenuhi persyaratan kurikulum program pendidikan Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik 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. Fakhru 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 Penguji Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan serta bimbingan;
6. Bapak Jumadi, Ibu Narni serta almh. Mama tercinta, Nurmadiningsih, sebagai orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis;

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 tugas akhir.

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, 16 Februari 2023

Penulis

Febbi Widyatama Pratiwi

NPM.1800825201039

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASIE.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
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 Mentah (<i>Crude Oil</i>).....	6
2.2 Pencemaran	7
2.3 Pencemaran Tanah	8
2.4 Logam Berat	9
2.5 Remediasi	10
2.6 Surfaktan	11
2.7 Sodium Dodecyl Sulfat (SDS)	12
2.8 Leaching	13
2.9 <i>Soil Washing</i>	14
2.9.1 Penelitian Terdahulu Teknologi <i>Soil Washing</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Jenis Penelitian	19
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.3 Alur Penelitian.....	19
3.4 Data Penelitian	21
3.4.1 Data Primer	21
3.4.2 Data Sekunder	21
3.5 Variabel Penelitian	21

3.6	Alat dan Bahan	22
3.6.1	Alat.....	22
3.6.2	Bahan.....	22
3.7	Tahapan Eksperimen	23
3.7.1	Persiapan Eksperimen	23
3.7.2	Eksperimen.....	24
3.7.3	Prosedur Analisa Tekstur Tanah	25
3.8	Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Kandungan Logam Timbal (Pb) Tanah Tercemar Minyak Bumi	32
4.2	Analisis Tekstur Tanah Tercemar Minyak Bumi	33
4.3	Penyisihan Logam Timbal dari Proses <i>Soil Washing</i>	35
4.4	Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan.....	35
4.5	Analisis Pengaruh Variasi Pengulangan <i>Leaching</i>	37
4.6	Kinetika Reaksi <i>Soil Washing</i>	39
4.7	Koefisien Distribusi Logam Pb	41
BAB V KESIMPULAN		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)	13
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Reaktor leaching column.....	24
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Tanah.....	34
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan Timbal (Pb) pada Tanah Loamy Sand	36
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi pengulangan soil washing terhadap Penyisihan Timbal (Pb) pada Tanah Loamy Sand.....	38
Gambar 4.4 Grafik kinetika reaksi orde 0 (a), 1 (b) dan 2 (c) terhadap Konsentrasi surfaktan untuk Soil Washing	40
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) Logam Pb terhadap Variasi Konsentrasi Surfaktan pada Tanah Loamy Sand.....	42
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) Logam Timbal (Pb) terhadap Variasi Pengulangan leaching pada Tanah Loamy Sand	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini	18
Tabel 3.1 Variasi Eksperimen	22
Tabel 4.1 Konsentrasi logam Pb awal pada Tanah Tercemar Minyak Bumi.....	32
Tabel 4.2 Kadar Air pada Tanah Tercemar Minyak Bumi	33
Tabel 4.3 Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Konsentrasi Surfaktan menggunakan leaching column.....	36
Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Pengulangan soil washing .	38
Tabel 4.5 Penentuan Orde Rekasi menggunakan Metode Distribusi Nilai k.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Uji Tekstur Tanah.
- Lampiran 2 : Perhitungan Kadar Air.
- Lampiran 3 : Hasil Uji Logam Timbal (Pb) Awal.
- Lampiran 4 : Hasil Uji Logam Timbal (Pb) Akhir.
- Lampiran 5 : Perhitungan Efisiensi Penyisihan Logam.
- Lampiran 6 : Perhitungan Koefisien Distribusi.
- Lampiran 7 : Dokumen Penelitian.
- Lampiran 8 : SK Penujukan 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

Ag : Argon

As : Arsen

LB3 : Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Cd : Kadmium

Cr : Cromium

Cu : Copper

Hg : Merkuri

Pb : Timbal

SDS : *Sodium Dodecyl Sulfate*

TPH : *Total Petroleum Hydrocarbon*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia mengakibatkan meningkatnya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi bahan bakar minyak. Menurut Kepala Divisi Humas, Sekuriti, dan Formalitas BPMIGAS Gde Pradnyana (2012) kebutuhan bahan bakar minyak nasional saat ini sudah diatas 1,2 juta barel/hari dengan tingkat ekplorasi cadangan minyak kurang lebih 8 kali lebih cepat dari Arab Saudi dan Libya. Provinsi Jambi merupakan salah satu wilayah penghasil minyak bumi seperti Kabupaten Muaro Jambi, Batanghari dan Tanjung Jabung Timur. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi secara berlebihan akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu limbah. Salah satu limbah kegiatan tersebut adalah tanah tercemar minyak. Tanah tercemar minyak bisa dikategorikan sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena membahayakan makhluk hidup dan lingkungannya seperti tertuang dalam PP No. 22 Tahun 2021 pada lampiran IX.

Minyak bumi mengandung komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Komponen non-hidrokarbon dalam minyak bumi dapat berupa unsur-unsur logam berat. Beberapa logam berat tergolong berbahaya seperti, merkuri (Hg), kadmium (Cd), argon (Ag), timbal (Pb), arsen (As), copper (Cu), dan cromium (Cr) (Sudarmaji, 2006). Pada proses ekplorasi minyak bumi, tumpahan minyak bumi yang mengandung logam tersebut dapat berkaitan dengan tanah yang menyebabkan tingginya kandungan logam pada tanah. Penelitian sebelumnya oleh Panich-pat

dkk. (2004) menunjukkan kadar timbal (Pb) sebesar 266,7 mg/kg terdapat pada tanah bekas penambangan minyak bumi. Jika tidak dilakukan pengolahan, kandungan logam tersebut akan berpotensi mencemari air dan terakumulasi ke makhluk hidup.

Upaya yang dilakukan untuk menyingkirkan kontaminan pada tanah adalah dengan melakukan remediasi. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu mencuci tanah (*Soil Washing*) yang merupakan teknologi yang menjanjikan menghilangkan kontaminasi logam berat dari tanah (Chaiyaraksa et al., 2004). *Soil washing* terdapat dua metode yaitu mixing dan leaching. Metode mixing adalah proses dimana pencampuran antara fase dapat tercapai dan membantu transfer massa dan panas antar fase atau antar permukaan. Sedangkan metode leaching adalah metode penyingkiran kontaminan yang dilakukan secara *in-situ* dan juga metode alternatif yang bisa diimplementasikan secara ekonomis karena kebutuhan energi yang rendah. Metode ini dapat menyingkirkan berbagai jenis kontaminan pada tanah bergantung pada proses ekstraksi kimia dan fisik tanah. Adapun kontaminan tanah yang dapat disingkirkan menggunakan metode ini seperti : *oil & grase*, TPH, logam berat, dan sianida (Toni, 2017). Selain itu, metode imobilisasi kimia/stabilisasi dapat dilakukan untuk mengurangi kelarutan logam berat dengan menambahkan beberapa bahan non-toksik, elektrokinetik (*electromigration*), dan metode dilusi (pencampuran tanah tercemar dengan permukaan dan bawah permukaan tanah bersih untuk mengurangi konsentrasi logam berat).

Surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS) sebagai salah satu larutan ekstraksi kimia terus digunakan untuk remediasi tanah karena kemampuannya menggerakkan kation logam lebih baik dan hanya menghasilkan sedikit dampak

secara fisika dan kimia pada matriks tanah. Pada penelitian sebelumnya oleh Hoseinian et al. (2018) penambahan surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) memiliki efisiensi kurang lebih 76% untuk menyisihkan logam dalam tanah.

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan diatas maka penelitian ini menganalisis efisiensi pengaruh surfaktan terhadap penyisihan logam timbal (Pb) tanah tercemar minyak bumi menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efisiensi metode *soil washing* menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS) dalam mengurangi kandungan logam timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi?;
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS) dan pengulangan *leaching* terhadap penyisihan logam timbal (Pb) tanah tercemar minyak bumi?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji efisiensi penyisihan logam tanah tercemar minyak bumi menggunakan metode *soil washing* dengan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS);
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi larutan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS) dan pengulangan *leaching* terhadap penyisihan logam timbal (Pb) tanah tercemar minyak bumi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi pengambilan sampel berada di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Kota Jambi;
2. Parameter tanah tercemar minyak yang diukur adalah logam Timbal (Pb);
3. Pengujian tekstur tanah (*Gran Size*) dan pengujian kadar air;
4. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Jambi dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada (LPPT UGM)
5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari;
6. Variasi konsentrasi surfaktan SDS yang digunakan adalah 0 g/l, 0,5 g/l, 1g/l;

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi kerangka dasar dari penulisan Tugas Akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdiri dari kajian literatur mengenai minyak mentah, pencemaran, pencemaran tanah, logam berat, remediasi, surfaktan, *sodium dodecyl sulfat* (SDS), *leaching*, *soil washing* dan penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini terdiri dari bagian; jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alur penelitian, data penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan, tahap eksperimen, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

terdiri dari kandungan logam timbal (Pb), analisis tekstur tanah, penyisihan logam timbal, analisis pengaruh variasi konsentrasi surfaktan, pengaruh variasi pengulangan *leaching*, kinetika reaksi soil washing, dan koefisien distribusi logam Pb.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

terdiri dari bagian kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.



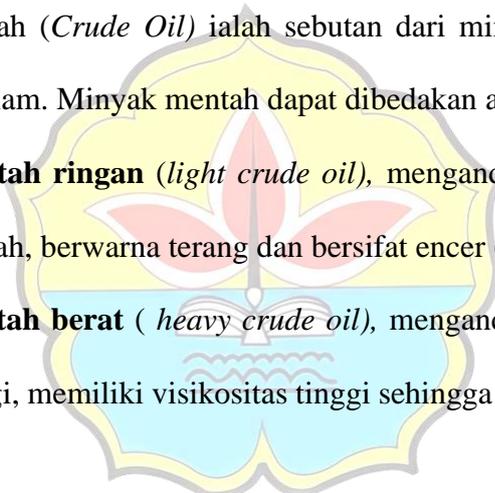
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Mentah (*Crude Oil*)

Minyak mentah (*Crude Oil*) yang baru keluar dari sumur eksplorasi mengandung bermacam-macam zat kimia yang berbeda baik dalam bentuk gas, cair maupun padatan. Lebih dari setengah (50-98%) dari zat-zat tersebut adalah merupakan hidrokarbon. Minyak bumi mengandung beberapa senyawa utama di dalamnya seperti alifatik, alisiklik dan aromatic (Supriharyono, 2000).

Minyak mentah (*Crude Oil*) ialah sebutan dari minyak bumi yang telah dipisahkan dari gas alam. Minyak mentah dapat dibedakan atas :

- 
- a. **Minyak mentah ringan** (*light crude oil*), mengandung kadar logam dan belerang rendah, berwarna terang dan bersifat encer (viskositas rendah).
 - b. **Minyak mentah berat** (*heavy crude oil*), mengandung kadar logam dan belerang tinggi, memiliki viskositas tinggi sehingga harus dipanaskan agar meleleh.

Minyak mentah merupakan campuran yang kompleks dengan komponen utama alkana dan Sebagian kecil alkena, alkuna, siklo-alkana, aromatic dan senyawa anorganik. Minyak mentah mengandung sekitar 50-98% senyawa hidrokarbon dan sisanya merupakan senyawa non-hidrokarbon (sulfur, nitrogen, oxygen, dan beberapa logam berat seperti V, Ni, dan Cu) (Syarah, 2019). secara umum komposisi kimia minyak mentah ialah :

Karbon 84%

Hydrogen 14%

Belerang 1-3%

Nitrogen <1 %

Oksigen <1%

Logam (Ni, Cu, As, Fe, V) <1%

Garam (NaCl, MgCl₂, CaCl₂) <1%

Bahan-bahan bukan hidrokarbon ini biasanya dianggap sebagai kotoran karena pada umumnya akan memberikan gangguan dalam proses pengolahan minyak dalam kilang dan mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan.

2.2 Pencemaran

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/ atau komponen lain ke dalam air atau udara. Pencemaran juga bisa berarti berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/ udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran Lingkungan Hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam Lingkungan Hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu Lingkungan Hidup yang telah ditetapkan (PP RI No. 22 Tahun 2021).

Pada saat ini, pencemaran terhadap lingkungan berlangsung di mana-mana dengan laju yang sangat cepat. Sekarang ini beban pencemaran dalam lingkungan sudah semakin berat dengan masuknya limbah industri dari berbagai bahan kimia termasuk logam berat. Pencemaran lingkungan dapat dikategorikan menjadi:

1. Pencemaran tanah
2. Pencemaran udara
3. Pencemaran air

2.3 Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah merupakan peristiwa meningkatnya aras cemaran (contaminant) pada tanah hingga melebihi aras latar belakang normalnya yang berakibat kepada gangguan terhadap keharmonisan lingkungan (Yuvaraj & Mahendran 2020). Peristiwa pencemaran tanah dapat terjadi oleh logam berat, pestisida, herbisida, pupuk, pelarut, termasuk juga oleh minyak bumi (Su et al. 2014, Havugimana et al. 2015, Sethi & Gupta 2020).

Tanah dapat tercemar logam berat melalui emisi kawasan industri, limbah tambang, pembuangan limbah logam, bensin bertimbal, cat, pupuk anorganik, pupuk kandang, pestisida, irigasi air limbah, pembakaran batu bara, tumpahan petrokimia, dan pengendapan dari atmosfer. Logam berat yang paling sering ditemukan di lokasi yang tercemar adalah timbal (Pb), Kromium (Cr), arsen (As), seng (Zn), Kadmium (Cd), tembaga (Cu), merkuri (Hg), dan nikel (Ni) (Adelia, 2004).

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. Pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian,

ketidak seimbangan ekosistem, penurunan kualitas dan kuantitas hasil pertanian (Rosmeina Wulan, 2018).

2.4 Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur yang umumnya digunakan dalam industri, bersifat toksik bagi makhluk hidup dalam proses aerobik maupun anaerobik. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain (Widowati,dkk,2008)

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, karsinogen bagi manusia dan hewan (Widowati, dkk, 2008).

2.4.1 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah plumbum (Pb). Timbal merupakan logam yang mempunyai empat bentuk isotop, berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan

dengan titik leleh pada 327,5°C dan titik didih pada 1740°C di atmosfer (Gusnita, 2012). Timbal bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Timbal merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan coating (Amalia, 2016).

Menurut Darmono (2001) dalam Raharjo, Raharjo, dan Setiani (2018) disebutkan bahwa timbal mempunyai sifat larut dalam air dan tingkat kelarutannya rendah dengan beberapa anion. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Raharjo et al, 2018).

Dalam bentuk organik timbal dipakai dalam industri perminyakan. Alkil timbal (TEL/timbal tetraetil dan TML/timbal tetrametil) digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin. Fungsinya selain meningkatkan daya pelumasan, meningkatkan efisiensi pembakaran juga sebagai bahan aditif anti ketuk (anti-knock) pada bahan bakar yaitu untuk mengurangi hentakan akibat kerja mesin sehingga dapat menurunkan kebisingan suara ketika terjadi pembakaran pada mesin-mesin kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini paling banyak memberi kontribusi kadar timbal dalam udara dan tanah (Palar, 2004).

2.5 Remediasi

Remediasi yang diartikan sebagai perbaikan lingkungan secara umum diharapkan dapat menghindari resiko-resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi

logam yang berasal dari alam (geochemical) dan akibat ulah manusia (anthropogenic). Logam dalam tanah tidak dapat mengalami biodegradasi sehingga pembersihan kontaminan menjadi pekerjaan yang berat dan mahal. Secara umum terdapat dua jenis remediasi yaitu in situ dan ex situ.

- a. Remediasi in situ adalah remediasi yang dilakukan di lokasi pencemaran. Jenis remediasi ini lebih murah dan mudah dilakukan. Remediasi in situ dapat dilakukan dengan pembersihan secara langsung dan bioremediasi.
- b. Remediasi ex situ, dilakukan dengan cara menggali tanah dan membawanya ke daerah yang aman. Setelah itu, di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Pembersihan ex situ ini jauh lebih mahal dan rumit.

2.6 Surfaktan

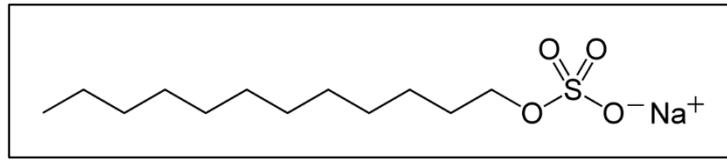
Surfaktan adalah molekul amphiphilic memiliki kedua ekor hidrofobik dan kepala hidrofilik. Ketika dilarutkan dalam air pada konsentrasi rendah, molekul surfaktan ada yang berperan sebagai monomer. Sebagai jenis senyawa amfifilik memiliki konstanta dielektrik rendah dan viskositas lebih tinggi dari air, surfaktan dapat meningkatkan kelarutan senyawa organik dengan menurunkan tegangan antarmuka serta oleh solubilisasi misel. Struktur molekul yang unik dari surfaktan memungkinkan untuk meningkatkan kelarutan kontaminan dalam tanah, terutama untuk senyawa organik hidrofobik. Surfaktan dapat meningkatkan desorpsi polutan dari tanah, dan memacu proses bioremediasi organik dengan meningkatkan bioavailabilitas polutan. Selain kemampuan yang tinggi untuk desorb kontaminan, surfaktan harus memiliki CMC lebih rendah dan aktif dengan dosis kecil sebagai larutan pencuci, untuk mengurangi biaya proses perbaikan dan selanjutnya

memastikan ekonomi dari proses keseluruhan. Struktur molekul surfaktan, yang mengatur sifat-sifat surfaktan, adalah faktor dominan untuk karakteristik adsorpsi. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, monomer akan dikelompokkan ke dalam kelompok, yang disebut " misel ". Konsentrasi pada saat pengelompokkan " misel " ini dikenal sebagai CMC. Menurut (Mulligan, 2004), Jika surfaktan ditambah melebihi CMC, maka jumlah misel akan terus bertambah tetapi ukuran mereka akan hampir tetap konstan. Untuk perubahan konsentrasi dibawah CMC, maka sifat fisik seperti: tegangan permukaan, tegangan antar muka, adsorpsi, dan daya bersih akan terjadi perubahan.

2.7 Sodium Dodecyl Sulfat (SDS)

Sodium Dodecyl Sulfat (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 ampifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel (Stephen, 2021).

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. 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).



Gambar 2.1 Struktur Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)

2.8 Leaching

Ekstraksi padat cair (leaching) adalah merupakan suatu peristiwa atau proses ekstraksi suatu konstituen/spesi kimia yang terlarut dari padatan dengan menggunakan pelarut cair (Nugroho, 2018). Metode ekstraksi padat-cair (leaching) dipengaruhi beberapa hal, antara lain adalah jumlah konstituen/spesi yang tersebar dalam padatan, sifat padatan, dan ukuran konstituen/spesi. Pada penelitian sebelumnya oleh Kostas Komnitsas (2018) metode *leaching* memiliki efisiensi 80% dalam mengekstraksi logam pada tanah dengan penambahan surfaktan sebanyak 20 g/L. Dalam padatan, konstituen/spesi yang paling dekat dengan permukaan yang kontak dengan pelarut akan lebih mudah terlindih sehingga meninggalkan pori dalam padatan tersebut. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses leaching suatu konstituen/spesi dalam padatan antara lain :

1. Ukuran partikel;
2. Pelarut;
3. Suhu;
4. Agitasi fluida dari pelarut dan;
5. Ukuran partikel konstituen.

Ukuran partikel yang kecil memiliki area antarmuka yang lebih besar antara padatan dan larutan dan memiliki laju transfer material yang besar. Besarnya

interaksi antara partikel konstituen dan pelarut sebanding dengan laju pelindihan (leaching).

2.9 Soil Washing

Soil Washing adalah teknologi pengolahan untuk mereduksi limbah berdasarkan proses fisik atau kimai. *Soil Washing* dapat memisahkan tanah yang terkontaminasi dengan polutan berbahaya. *Soil Washing* dapat diterapkan secara *ex-situ*, proses berbasis air yang bergantung pada proses ekstraksi kimia dan fisik tradisional dan proses pemisahan untuk menghilangkan berbagai kontaminan organik, anorganik dan radioaktif dari tanah (Aritosa, dkk, 2017). Berikut adalah kelompok kontaminan berbahaya khas yang dapat dihapus secara efektif dengan mencuci tanah :

1. *Petroleum dan fuel residues*
2. *Radionuclides*
3. *Heavy metal*
4. *Polychlorinated biphenyls (PCBs)*
5. *Pentachlorophenol (PCP)*
6. *Pesticides*
7. *Cyanides*
8. *Creosote*
9. *Semi volatiles*
10. *Volatiles*

Secara sederhana, pencucian tanah memerlukan Langkah-langkah berikut :

1. Penggalan dan pementasan tanah kontaminan atau sedimen;

2. *Pre-treatment* tanah untuk menghilangkan benda besar dan gumpalan dan material yang besar;
3. Mencuci tanah dengan air untuk memisahkan kontaminan, dan;
4. Memulihkan fraksi tanah bersih yang dapat dipreparasi di tempat .atau digunakan secara menguntungkan.

a. *Soil Washing* Sistem

Soil washing system terdiri dari 6 tahapan, yaitu :

1. *Pre-Treatment*

Proses *pre-treatment* ini dilakukan untuk menghilangkan material tanah yang berukuran sangat besar dan untuk menyiapkan tanah yang masuk ke dalam proses *soil washing* yang memiliki ukuran yang seragam. Unit proses yang bisa diaplikasikan adalah *scalping, crusing, grinding* serta *mechanical screening, blending, mixing, dan magnetic material removal*.

2. *Separation*

Teknik *separation* ini dilakukan untuk menyeragamkan ukuran tanah yang akan di *soil washing*, ukuran bisa berupa *coarse and fine grained solid*. Biasanya ukuran partikel/ tanah setelah proses *separation* ini adalah 63 – 14 micron (230 dan 200 mesh).

Dua macam ukuran yang berbeda (*coarse and fine grained solid*) ini secara umum dilakukan dengan teknik yang berbeda pada proses *finel cleaning*. *Coarse solid* bisa menggunakan teknik *separation* konvensional (biasanya *hydrocyclone*). Sementara *fine solids* harus menggunakan metode bermacam-macam.

3. *Coarse-grained treatment*

Setelah tahap pemisahan, akan ada sejumlah kecil bahan yang lebih baik dari 63 sampai 74 mikron (230 sampai 200 mesh), namun harus mengandung kurang dari 5% padatan total. Selain itu, beberapa partikel ukuran halus mungkin akan ditemukan dalam pembuangan air dalam pengeringan fraksi kasar.

Kontaminan yang diminati akan ditemukan terutama di padatan yang lebih halus, namun fraksi kasar juga memerlukan perawatan untuk menghilangkan bahan pencemar yang teradsorpsi melapisi zat padat. Beberapa metode pencucian misalnya, atrisi permukaan, perlakuan asam atau basa untuk pelarut, atau pelarut khusus untuk melarutkan kontaminan, dapat digunakan untuk melepaskan tingkat lebih lanjut dan dikirim baik ke perlakuan berbutir halus atau ke proses pengolahan air untuk menghilangkannya target kontaminan.

Pengambilan kontaminan dari pasir seperti partikel dapat dilakukan dengan dua metode, gesekan penggesek atau flotasi. Metode pengeringan pasir penting karena mereka juga menghilangkan kontaminan yang terjebak di air pencuci. Air pencuci ini harus diproses secara tepat untuk menghancurkan polutan.

4. *Fine-grained treatment*

Pada awal perawatan berbutir halus, fraksi ini sekarang lebih baik dari 63 dan 74 mikron (230 dan 200 mesh) dan biasanya terdiri dari proporsi padatan yang cukup besar pada kisaran koloid 6 sampai 10 mikron. Selain

itu, konsentrasi adat, terutama berasal dari siklon yang melimpah dalam tahap pemisahan, akan relative encer, serendah 5 sampai 10% padat berat. Pemisahan dan konsentrasi fraksi-fraksi bahan kering yang terkontaminasi diperlukan sebelum pemilihan strategi pengelolaan residu yang sesuai. Perlakuan berbutir halus mendahului langkah pengelolaan residu yang strateginya bergantung pada sifat dan konsentrasi kontaminan, standar pembersihan, ekonomi, dan lain-lain.

2.9.1 Penelitian Terdahulu Teknologi *Soil Washing*

Daftar penelitian teknologi *soil washing* terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:



Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Rujukan dalam Penelitian Ini

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Tamzil Aziz, Amalia Rizky, dan Vishe Devah (2019)	Removal Logam Berat dari Tanah Terkontaminasi dengan Menggunakan Chelating Agent EDTA	Penelitian ini bertujuan untuk memulihkan tanah yang terkontaminasi oleh logam berat seperti Pb dan Fe dengan menggunakan metode <i>soil washing</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>soil washing</i> dipengaruhi oleh rasio <i>chelating agent</i> . Semakin tinggi rasio perbandingan <i>chelating agent</i> , semakin tinggi reduksi logam Fe dan juga Pb. Reduksi logam Fe tertinggi didapatkan 88% sedangkan Pb hanya berkisar 40 % pada perlakuan konsentrasi surfaktan 0,1 M dalam waktu 90 menit.
2.	Jumiati Puspita Sari (2020)	Pengembangan Teknik Pencucian Tanah untuk Remediasi Logam Berat pada Tanah yang Terkontaminasi	Penelitian ini akan dilakukan pengkajian teknik <i>soil washing</i> pada tanah terkontaminasi logam berat menggunakan metode elektrokinetik dan ultrasonikasi untuk menghilangkan logam berat seperti Cd, Pb, Cr dan Cu.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencucian tanah menggunakan metode elektrokinetik dan ultrasonikasi terbukti efektif dalam mereduksi logam berat pada tanah tercemar serta penambahan surfaktan EDTA (<i>Ethylene Diamine Tetra Acetate</i>).
3.	Hoseinian (2018)	Kondisi optimum dan mekanisme penyisihan logam Zn menggunakan surfaktan SDS	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dan mekanisme penyisihan logam Zn menggunakan surfaktan SDS	Hasil penelitian didapatkan kondisi optimum untuk penyisihan logam adalah pada konsentrasi SDS sebesar 0,1765 ppm dengan persen penyisihan sebesar 76%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

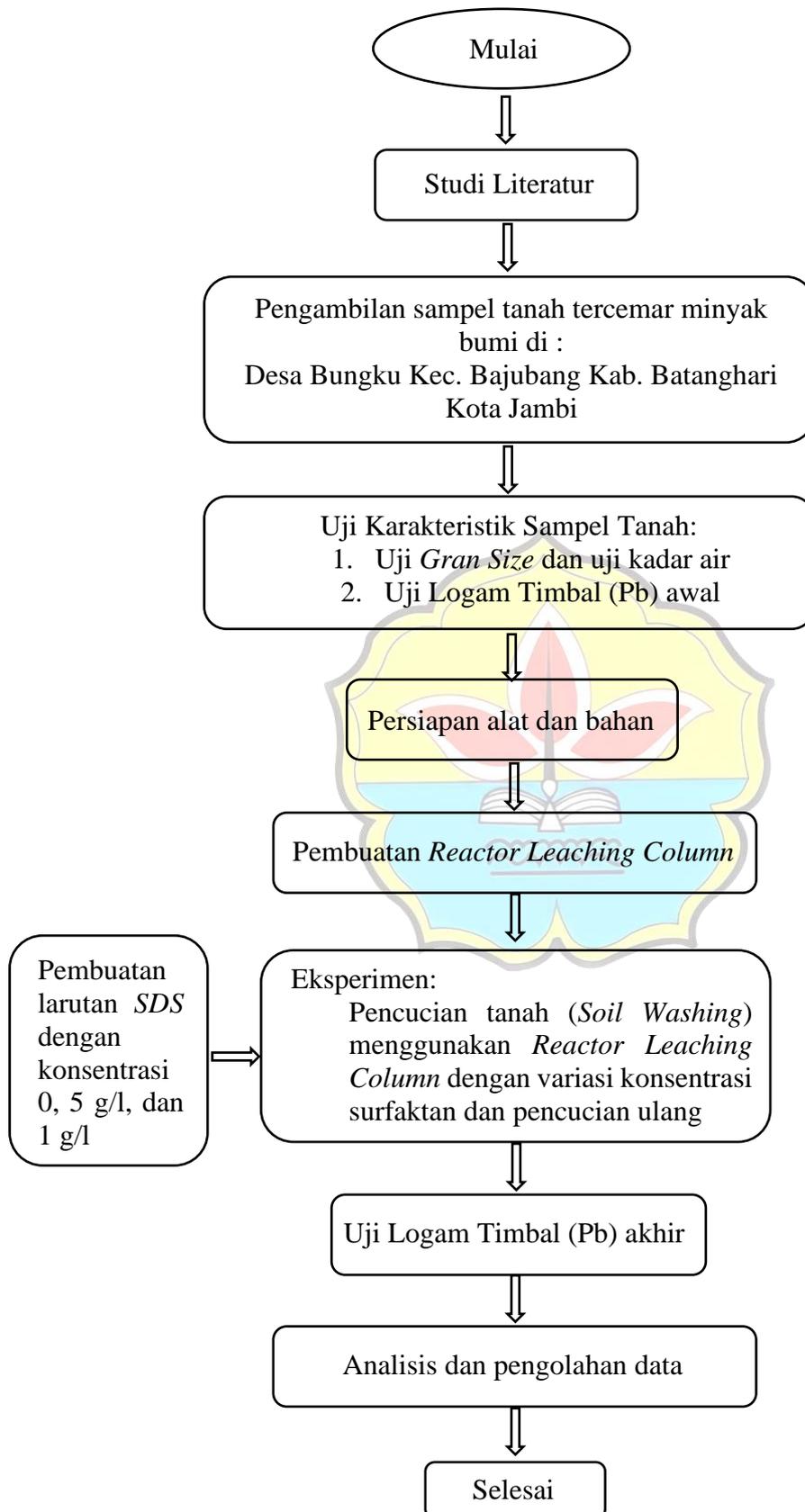
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Eksperimen *soil washing* dilakukan menggunakan sampel tanah tercemar minyak bumi di Desa Bungku Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari, Kota Jambi. Parameter pencemar pada tanah yang di uji adalah logam timbal (Pb). Selain itu, dilakukan pengujian tekstur tanah melalui uji saringan bertingkat dan hydrometer. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dokumentasi, dan pengujian sampel tanah tercemar minyak bumi dilakukan sebelum dan sesudah *soil washing* dengan *leaching column* menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat (SDS)*.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah tercemar minyak bumi dilakukan di Desa Bungku Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari, Kota Jambi. Waktu penelitian dilakukan pada bulan juni - desember 2022. Sampel yang diambil akan di uji di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jambi dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada (LPPT UGM).

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan bagan alur seperti yang dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.4 Data Penelitian

Dalam penelitian kali ini penulis melakukan kegiatan pengumpulan data berupa data primer dan sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh dengan melakukan pengujian tekstur tanah, pengujian kadar air pada tanah, dan logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder didapatkan 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

Adapun variabel pengolahan tanah tercemar minyak bumi menggunakan *soil washing* dengan metode *leaching column* adalah sebagai berikut :

1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter tanah yang diuji yaitu kandungan logam timbal (Pb) akhir pada tanah setelah proses *soil washing*.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah konsentrasi surfaktan SDS yaitu sebesar 0, 0,5g/l, 1g/l dan jumlah pengulangan *leaching* yaitu 1 kali, 2 kali dan tanpa pengulangan.

Berdasarkan variabel penelitian yang telah ditetapkan terdapat tiga variasi Pada Eksperimen yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Variasi Eksperimen

	sampel 1	sampel 2	sampel 3
Jumlah Tanah	600 gr	600 gr	600 gr
Jumlah Aquades	3000 ml	3000 ml	3000 ml
Variasi Konsentrasi :			
Jumlah Surfaktan	0	0,5 g/l	1 g/l
Variasi Pengulangan :			
Jumlah Surfaktan	0,5 g/l	0,5 g/l	0,5 g/l
Pengulangan Leaching	0 kali	1 kali	2 kali

Dari tabel 3.1 dapat diketahui konsentrasi surfaktan divariasikan melalui jumlah surfaktan yang berbeda-beda dengan volume aquades yang sama. Larutan surfaktan 0,5 g/l (b/v) artinya dari jumlah Aquades 3000 ml sebanyak 0,5 g/l surfaktan dilarutkan.

3.6 Alat dan Bahan

alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.6.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Gelas ukur;
2. *Beacker glass*;
3. Cawan;
4. Oven;
5. Timbangan;
6. Desikator
7. Spatula;
8. Pipa 3 inch;
9. Dop pipa 3 inch;
10. Toples 5 liter;
11. Kran air.

3.6.2 Bahan

Bahan yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

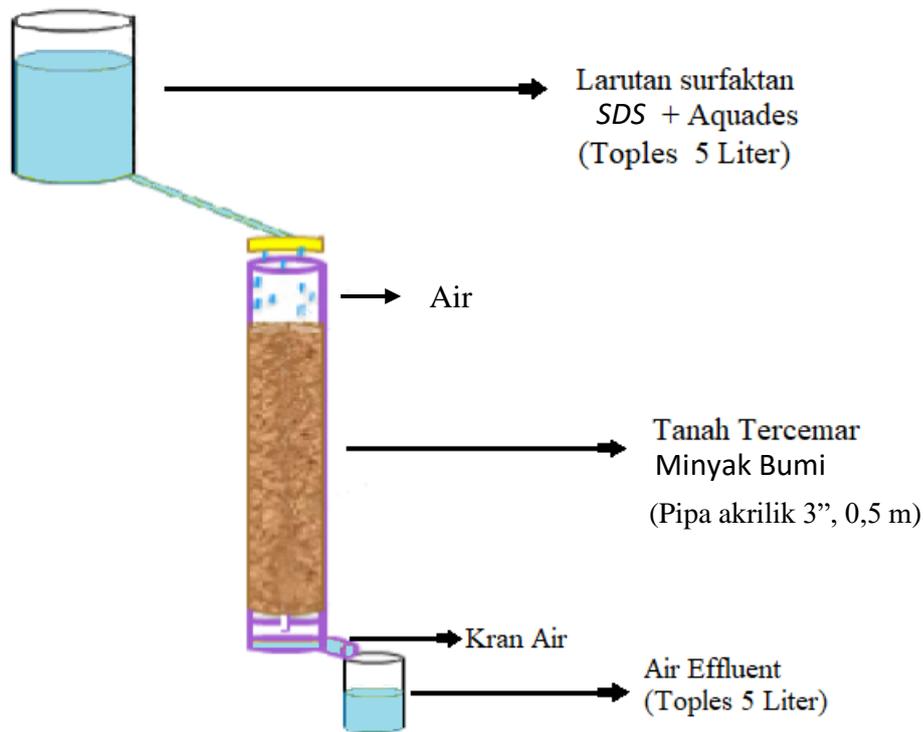
1. Tanah tercemar minyak bumi;
2. Surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS).

3.7 Tahapan Eksperimen

3.7.1 Persiapan Eksperimen

Tahapan Persiapan-Eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari tanah tercemar minyak bumi dan surfaktan *SDS*;
2. Setelah menyiapkan bahan-bahan, peneliti harus menyiapkan alat untuk penelitian diantaranya : gelas ukur, *Beacker glass*, cawan, oven, timbangan, desikator, spatula;
3. Setelah menyiapkan alat dan bahan, peneliti melakukan pengujian meliputi uji karakteristik tanah (*gran size*), dan kadar air dalam tanah di laboratorium lingkungan Universitas Batanghari;
4. Setelah melakukan uji tekstur tanah, peneliti melakukan uji laboratorium untuk mengetahui nilai logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi sebelum dilakukannya proses soil washing di laboratorium DLH Provinsi Jambi;
5. Setelah itu peneliti membuat reaktor *leaching column* sederhana seperti pada gambar dibawah;



Gambar 3.2 Reaktor leaching column

3.7.2 Eksperimen

Tahapan Eksperimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah reaktor leaching column terbentuk, peneliti melakukan proses *soil washing* menggunakan reaktor leaching column serta melakukan penambahan surfaktan *SDS* dengan konsentrasi 0, 0,5 g/l, dan 1 g/l;
2. Setelah air effluent habis, tanah dikeringkan selama 72 jam atau 3 hari, kemudian dilakukan pengujian kembali untuk mengetahui nilai logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi;
3. Melakukan pengujian laboratorium kembali untuk mengetahui nilai logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi setelah dilakukannya proses *soil washing* dan penambahan surfaktan *SDS* dengan konsentrasi 0, 0,5 g/l, dan 1 g/l;

4. Menganalisis hasil pengujian laboratorium, analisis difokuskan pada konsentrasi larutan surfaktan pada proses *soil washing* dalam menyisahkan kontaminan logam Timbal (Pb) yang terkandung pada tanah tercemar minyak bumi.

3.7.3 Prosedur Analisa Tekstur Tanah

1) Analisa berat jenis

- a) Keringkan tanah sebanyak 20 gram dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam, setelah itu dinginkan dalam desikator;
- b) Timbang piknometer kosong menggunakan neraca analitik;
- c) Masukkan tanah ke dalam piknometer, kemudian timbang piknometer yang telah terisi tanah;
- d) Tambahkan air aquades ke dalam piknometer sehingga piknometer terisi duapertiganya;
- e) Panaskan piknometer yang berisi tanah dan aquades selama 30 menit untuk mengeluarkan udara yang ada di tanah (jika selama pemanasan air berkurang tambahkan air sedikit demi sedikit);
- f) Tambahkan air aquades sampai penuh kemudian rendam piknometer dalam bak perendam selama 24 jam. Keringkan bagian luarnya, lalu timbang.

2) Analisa saringan

- a) Timbang tanah sebanyak 200 gram kemudian tambahkan air sampai tanah terendam diamkan selama 24 jam;
- b) Siapkan saringan berukuran 2 in, 1 in, 3/8 in, No.4, No.10, No.40, dan No. 200;

- c) Susun saringan sesuai dengan urutan diatas lalu masukan tanah dengan air mengalir diatasnya;
- d) Timbang cawan kosong dan beri label sesuai ukuran saringan. Masukan tanah yang tertahan di setiap masing-masing ukuran saringan ke dalam cawan yang telah diberi label;
- e) Oven cawan yang telah berisi tanah dengan suhu 110°c selama 24 jam, setelah itu dinginkan dalam desikator;
- f) Setelah dingin timbang cawan + tanah tiap masing-masing saringan menggunakan neraca analitik dan catat hasilnya.

3) Analisa hydrometer

- a) 50 gram sampel tanah dicampur dengan 100 ml heksametafosfat. Setelah dicampur, campuran ini direndam selama 24 jam;
- b) Setelah 24 jam pindahkan sampel tanah kedalam gelas ukur 1000 ml lalu tambahkan air suling hingga menunjukan angka 900 ml di gelas ukur;
- c) Aduk sampel sebanyak 60 kali selama 1 menit, lalu tambahkan air hingga angka 1000 ml pada gelas ukur;
- d) Baca dan catat skala hydrometer dari mulai 30 detik, 60 detik, 2 menit, 5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 250 menit, dan 1440 menit;
- e) Setelah itu saring menggunakan saringan N0.200, lalu keringkan di oven selama 1 jam, lalu dinginkan dan saring lagi menggunakan saringan No.20, No.40, No. 80, No. 100 dan No. 200;
- f) Kemudian timbang cawan kosong dan beri label

- g) Pindahkan tiap tanah yang tertahan di tiap saringan, lalu timbang menggunakan neraca analitik dan catat hasilnya.
- 4) Analisa kadar air
- a) Siapkan cawan dan timbang
 - b) Masukkan sampel tanah ke masing-masing cawan lalu timbang dan beri label
 - c) oven cawan yang telah terisi tanah sampai kering. Bila telah kering masukan cawan ke dalam desikator;
 - d) setelah cawan dingin, timbang cawan menggunakan neraca analitik;
 - e) setelah ditimbang, cawan dimasukkan lagi ke dalam oven selama 15 menit. Langkah (c) dan (d) dilakukan lagi sampai di dapat berat konstan.

3.8 Analisis Data

Analisis data pada penelitian menggunakan analisis secara kuantitatif. Analisis data ini berfokus pada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, untuk melihat efisiensi variasi Surfaktan *SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)* dalam mereduksi kontaminan logam Timbal (Pb) yang terkandung pada tanah tercemar minyak bumi. Analisis data dilakukan dengan uji *grain size*, uji kadar air dan efisiensi penyisihan logam berdasarkan variasi konsentrasi larutan *SDS* dan pengulangan leaching.

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 (ASTM D 2487-06, MOD). Standar ini menetapkan sistem untuk mengklasifikasikan tanah kedalam 3 kelompok utama yaitu tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir), tanah berbutir halus (lanau dan lempung) dan tanah berorganik tinggi. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Batang Hari Jambi.

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 kadar air bertujuan untuk mencari besarnya kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini berdasarkan SNI 1965:2019 tentang metode uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium (ASTM D2216-10, MOD). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Batang Hari Jambi. Perhitungan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.1)}$$

Keterangan :

- w : Kadar air (%)
- W₁ : Berat cawan dan tanah basah (gr)
- W₂ : Berat cawan dan tanah kering (gr)
- W₃ : Berat cawan (gr)
- W₁- W₂ : Berat air (gr)
- W₁- W₃ : Berat tanah basah (gr)

C. Perhitungan Efisiensi Penyisihan

Menurut Qizing Zhou (2005) dalam ASTM EPA 9071B, Efisiensi penyisihan pencemar logam pada tanah dihitung menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.2 sebagai berikut :

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.2)}$$

Keterangan :

E : Efisiensi penyisihan (%)

C_o : Konsentrasi awal

C_e : Konsentrasi 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:

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

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

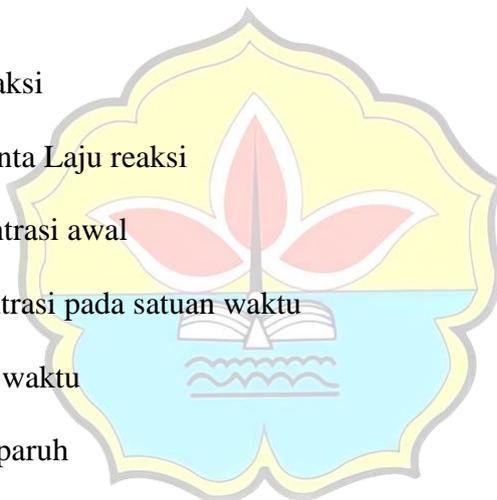
k : Konstanta Laju reaksi

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 didapat dari penggunaan surfaktan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kd_{Pb} = \frac{C_l}{C_s} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.7)}$$

Keterangan :

Kd_{Pb} : Koefisien distribusi Pb

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

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



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Logam Timbal (Pb) Tanah Tercemar Minyak Bumi

Proses eksplorasi yang menyebabkan tingginya kandungan timbal pada tanah karena, minyak bumi merupakan senyawa kimia yang terdiri dari unsur-unsur Karbon, Hidrogen, Sulfur, Oksigen, Halogenida, dan logam (William, 1995 dalam Barcio, 2017). Hasil uji logam awal pada sampel tanah tercemar minyak bumi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Konsentrasi logam Timbal (Pb) awal pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Sampel	Konsentrasi Logam Pb (mg/kg)
Awal	5,17

Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji konsentrasi logam Pb (Timbal) pada tanah tercemar minyak bumi pada sampel awal sebesar 5,17 mg/kg. Menurut Widowati (2008), rata-rata Timbal (Pb) yang terdapat pada tanah adalah sebesar 5-25 mg/kg. Sebenarnya penetapan ambang batas konsentrasi logam di tanah sulit dilakukan, dikarenakan faktor-faktor seperti sifat tanah dan kondisi tanah yang berbeda-beda setiap wilayah. Konsentrasi timbal pada tanah dapat dipengaruhi oleh lamanya polutan berada diatas tanah atau mencemari tanah sehingga senyawa organik mengalami degradasi (Lestari dkk, 2019). Setelah melakukan uji kandungan logam awal , dilakukan uji kadar air yang pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang berada pada sampel tanah saat pengujian parameter logam sebelum proses *soil washing* dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Sampel	Awal	C1	C2	C3	R1	R2	R3
Kadar Air (%)	4,68	4,47	0,98	0,26	0,98	0,14	0,19

Tabel 4.2 menunjukkan hasil uji kadar air pada sampel tanah tercemar minyak bumi sebelum proses *soil washing* (sampel awal) telah relatif kecil (dibawah 5%). Tesktur tanah yang tergolong *loamy sand* dimana persentase pasir (*sand*) yang cukup besar sehingga tanah tidak mengikat air cukup besar yang menyebabkan hal tersebut. Kadar air sampel tanah tercemar minyak bumi setelah proses *soil washing* (sampel C1-R3) relatif kecil (dibawah 5%) sehingga pengujian kandungan logam Pb (Timbal) dapat dilakukan.

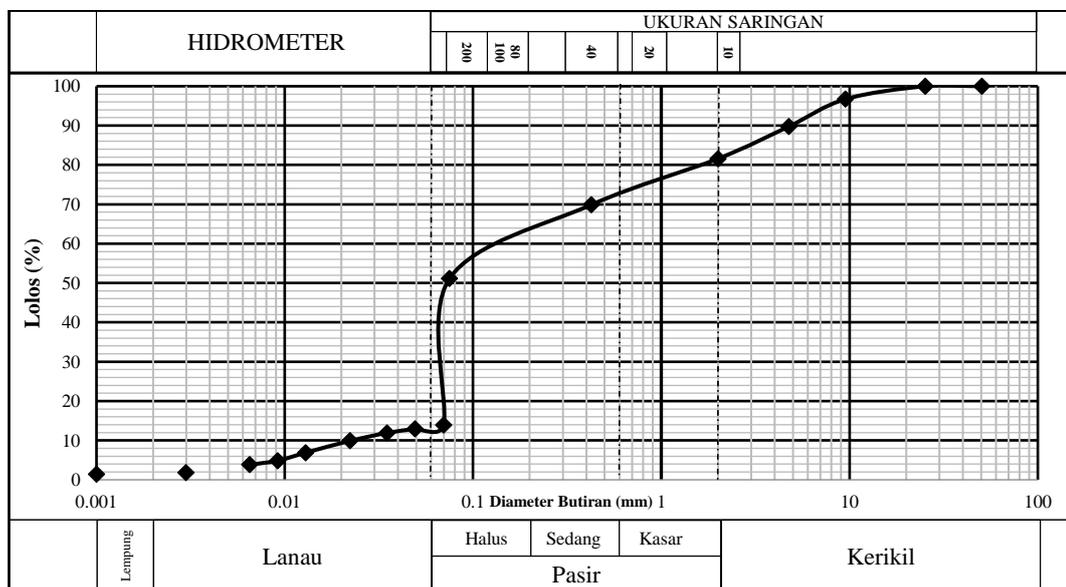
4.2 Analisis Tekstur Tanah Tercemar Minyak Bumi

Soil washing merupakan metode pemisahan tanah dari kontaminan pencemar secara kimia-fisik sehingga efektifitasnya juga akan dipengaruhi oleh karakteristik fisik tanah dan kandungan kontaminan pada tanah secara spesifik. Pada penelitian ini, uji tekstur tanah dilakukan untuk mengetahui komposisi ukuran butiran pada tanah karena kontaminan logam pada umumnya akan banyak terkandung pada ukuran butiran tanah yang kecil (fraksi liat). Untuk itu perlu dilakukan uji tekstur tanah tercemar minyak bumi 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 logam Pb (timbal).

Sifat dan karakteristik tanah sangat dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran butirnya. Analisa 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*). Komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah sebagai berikut:

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

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

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

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), tanah dengan tekstur ini memiliki luas permukaan minimal, sehingga sulit untuk menahan air dan menyerap unsur-unsur yang ada pada tanah (Hardjowigeno, 2010). Salah satu parameter fisik utama tanah yang mempengaruhi efektifitas metode *soil washing* sebagai teknik remediasi adalah persentase tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

4.3 Penyisihan Logam Timbal dari Proses *Soil Washing*

Salah satu kajian yang menentukan efisiensi penyisihan logam berat pada tanah tercemar minyak bumi atau dalam penelitian ini timbal (Pb) adalah penggunaan jenis surfaktan yang sesuai dengan pembentukan emulsi minyak dalam air sehingga proses pemindahan kontaminan dari permukaan tanah ke larutan dapat berlangsung. Pada penelitian ini penyisihan logam berat pada tanah tercemar minyak bumi menggunakan metode kimia-fisika dengan penambahan surfaktan *SDS (Sodium DodecylSulfate)*.

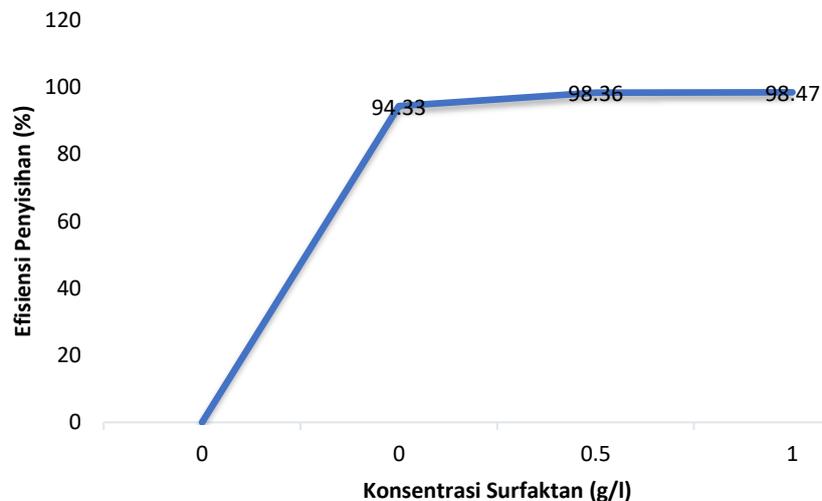
4.4 Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan

Penambahan konsentrasi larutan surfaktan menyebabkan adanya peningkatan penyisihan timbal (Pb) pada tanah. Konsentrasi surfaktan selama pembentukan misel disebut Konsentrasi Kritik Misel (KKM). Pembentukan misel pada atau diatas Konsentrasi Kritik Misel (KKM) meningkatkan kelarutan kontaminan, karena kontaminan terperangkap di dalam inti hidrofobik misel oleh gaya hidrofobik dan akibatnya kelarutannya dalam fasa air meningkat, molekul surfaktan

dapat mengalami agregasi dengan cepat untuk membentuk agregasi dengan order koloid berjumlah 20 sampai 200 ion atau molekul (C.C. West dkk., 1992 dalam Dengyu Li dkk., 2015). Surfaktan SDS bersifat anionik sehingga tidak mudah teradsorb ke permukaan tanah yang pada umumnya bermuatan negatif, yang memiliki sifat amphifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel mengandung gugus polar. SDS memiliki Konsentrasi Kritik Misel (KKM) sebesar 400 mg/l sehingga pada penelitian ini konsentrasi terkecil yang digunakan adalah 0,5 g/l. Penggunaan surfaktan dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan mengakibatkan teradsorpsinya surfaktan ke permukaan tanah.

Tabel 4.3 Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Konsentrasi Surfaktan menggunakan leaching column

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (g/l)	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal	-	5,17	-
C1 (Blanko)	0	0,293	94,33
C2	0,5	0,085	98,36
C3	1	0,079	98,47



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan Timbal (Pb) pada Tanah Loamy Sand

Dari tabel dan gambar diatas terjadi penyisihan timbal (Pb) yang optimal dari tanah *loamy sand*, tanah dengan tekstur ini memiliki luas permukaan minimal, sehingga sulit untuk menahan air dan menyerap unsur-unsur yang ada pada tanah (Hardjowigeno, 2010). Hal ini yang menyebabkan penurunan logam Pb pada konsentrasi surfaktan 0 sebesar 94,33%, yang juga sejalan dengan logam berat Pb yang memiliki sifat larut dalam air dan tingkat kelarutannya rendah dengan beberapa anion (Darmono, 2001). Sehingga logam Pb pada tanah dapat tersisihkan tanpa menggunakan surfaktan. Pada konsentrasi 0,5 g/l, dan 1 g/l dengan persentase penyisihan masing-masing konsentrasi adalah 98,36% dan 98,47%. Menurut Widowati (2008), timbal (Pb) pada awalnya adalah logam berat yang terbentuk secara alami. Namun, timbal (Pb) juga bisa berasal dari kegiatan manusia bahkan mampu mencapai jumlah 300 kali lebih banyak dibandingkan Timbal (Pb) alami. Jadi, grafik tersebut menunjukkan penyisihan Pb terbesar terdapat pada variasi konsentrasi surfaktan 1 g/l dengan kandungan logam Timbal (Pb) akhir 0,079 mg/kg. Hoseinian et al. (2018) melakukan penelitian mengenai kondisi optimum dan mekanisme penyisihan logam Zn dengan menggunakan surfaktan sodium dodecyl sulfat (SDS). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan memiliki efek yang besar terhadap penyisihan logam. Hasil penelitian didapatkan kondisi optimum untuk penyisihan logam adalah pada konsentrasi SDS sebesar 0,1765 ppm dengan persen penyisihan sebesar 76%.

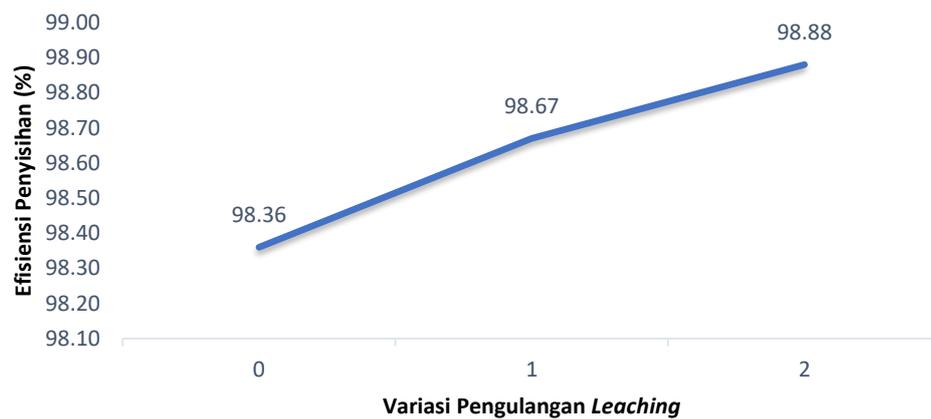
4.5 Analisis Pengaruh Variasi Pengulangan *Leaching*

Pengulangan *leaching* dilakukan sebanyak, 1 kali, 2 kali, dan tanpa pengulangan. Pada variasi pengulangan *leaching* jumlah konsentrasi surfaktan yang digunakan, yaitu sebanyak 0,5 g/l. Penyisihan Timbal (Pb) pada pengulangan

leaching pada gambar 4.3 menunjukkan peningkatan penyisihan yang signifikan pengulangan 1 kali, 2 kali dan tanpa pengulangan yaitu 98,67%, 98,88% dan 98,36%.

Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Pengulangan soil washing

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (g/l)	Pengulangan	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal		-	5,17	-
R1	0,5	0	0,085	98,36
R2	0,5	1	0,069	98,67
R3	0,5	2	0,058	98,88



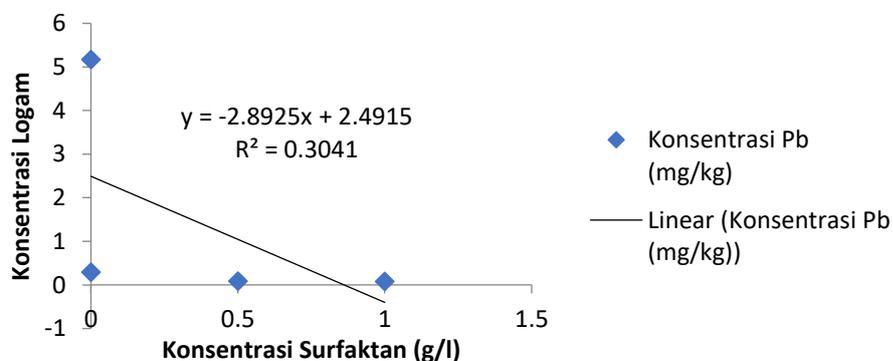
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi pengulangan soil washing terhadap Penyisihan Timbal (Pb) pada Tanah Loamy Sand

Variasi pengulangan pada penyisihan logam mengakibatkan waktu kontak yang cukup diperlukan surfaktan agar dapat mengikat logam secara maksimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang terikat karena semakin banyak kesempatan larutan surfaktan bersinggungan dengan logam. Penambahan variasi pengulangan menyebabkan kontak menjadi lebih maksimal. Penelitian Syahensa (2022) membuktikan bahwa dengan variasi pengulangan 1 kali

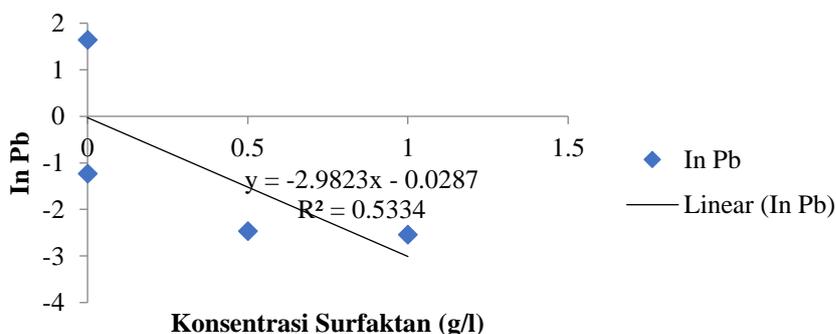
menyisihkan logam sebesar 40,48%, dan 2 kali sebesar 72,04% dengan kenaikan penyisihan hingga 30%.

4.6 Kinetika Reaksi *Soil Washing*

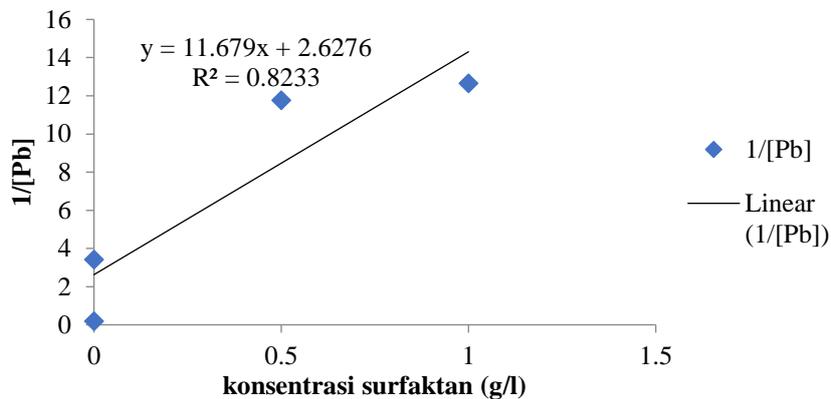
Kinetika reaksi adalah cabang ilmu kimia yang mengkaji kecepatan atau laju terjadinya suatu reaksi kimia. Di dalam proses penyisihan logam Pb pada tanah ini juga terjadi reaksi kimia yang memungkinkan dihitungnya besar kecepatan atau laju dari proses tersebut. Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan dimana molekul harus bertumbukan supaya terjadi reaksi. Semakin banyak jumlah tumbukan per detiknya, maka semakin besar laju reaksi. Konsentrasi molekul reaktan semakin besar dapat meningkatkan jumlah tumbukan yang juga dapat mempercepat laju reaksi. Grafik kinetika reaksi orde 0, orde 1 dan orde 2 pada penelitian ditunjukkan pada gambar 4.4



a. Grafik Orde 0



b. Grafik Orde 1



c. Grafik Orde 2

Gambar 4.4 Grafik kinetika reaksi orde 0 (a), 1 (b) dan 2 (c) terhadap Konsentrasi surfaktan untuk Soil Washing

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada proses penyisihan logam Pb pada tanah mengikuti kinetika orde dua. Hal ini dapat dilihat dari kelinieritasan kurva yang ditunjukkan oleh koefisien determinasi (R^2). Nilai koefisien determinasi (R^2) pada kurva orde dua sebesar 0,8233 lebih besar dibandingkan dengan kurva orde 0 dan 1 yaitu sebesar 0,3041 dan 0,5334. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Mangkoedihardjo dan Samudro (2010) yang menyatakan bahwa konsentrasi surfaktan dalam pencucian tanah dapat dihitung dengan menetapkan kinetika orde 2. Kinetika reaksi yang mengikuti orde 2 menunjukkan bahwa laju dari reaksi ini bergantung pada konsentrasi reaktan yang dengan dua atau laju reaksi berjalan 2x lipat dengan konsentrasi surfaktan. Nilai konstanta laju reaksi, yaitu sebesar 11,679. Nilai konstanta laju reaksi (k) ini dapat digunakan untuk menghitung tingkat pencemaran pada waktu tertentu maupun untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk menurunkan pencemar pada tingkat tertentu.

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	t (menit)	C (mg/kg)	Orde nol k (mg/l/menit)	Orde Satu k (/menit)	Orde Dua k (/mg/l/menit)	r
5,17	10	0,293	0,16	0,10	0,11	0,163
	30	0,085	0,08	0,07	0,51	0,085
	115	0,079	0,06	0,05	1,04	0,057

Tabel 4.5 menunjukkan nilai konstanta laju reaksi yang relatif konstan adalah orde dua. Berikut contoh perhitungan, nilai k dan t_{1/2} pada orde orde 2 pada t 115 menit:

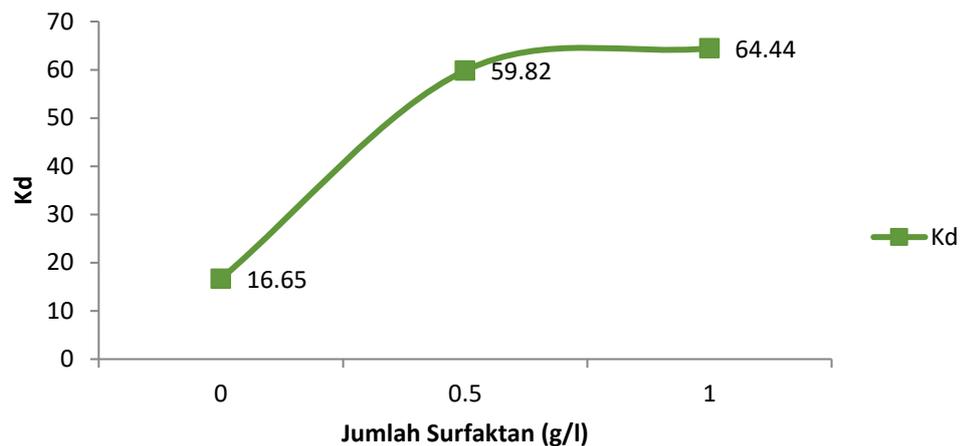
$$k = \frac{1}{C_0 \cdot t} \left(\frac{C_0}{C} \right) = \frac{1}{5,17 \cdot 115 \text{ menit}} \left(\frac{5,17}{0,079} \right) = 0,110 \text{ mg/l/menit}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{C_0 \cdot k} = \frac{1}{5,17 \cdot 0,110} = 1,75 \text{ mg/l/menit}$$

4.7 Koefisien Distribusi Logam Pb

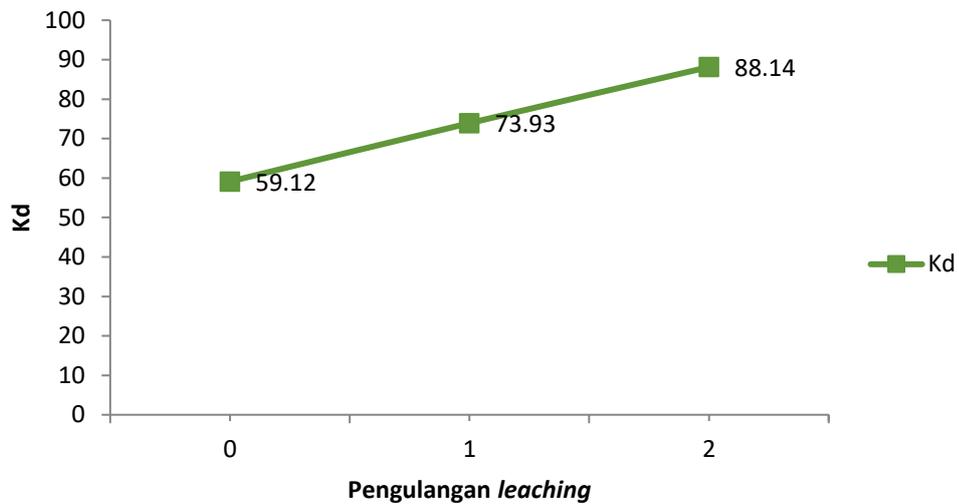
Penyebaran dua zat pelarut yang tidak saling melarutkan disebut dengan koefisien distribusi (K_d), hukum distribusi adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan aktivitas zat terlarut dalam suatu pelarut jika aktivitas zat terlarut dalam pelarut lain yang diketahui, asalkan kedua pelarut tidak bercampur sempurna satu sama lain. Hukum distribusi digunakan agar dapat menentukan konstanta kesetimbangan suatu pelarut yang tidak bercampur (Roni, 2016). Jika kelebihan atau zat padat ditambahkan ke dalam cairan yang tidak saling bercampur tersebut

maka zat tersebut akan mendistribusi diri di antara dua fase sehingga masing-masing menjadi jenuh. Nilai koefisien distribusi terhadap variasi konsentrasi surfaktan dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut :



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

Grafik diatas merupakan nilai koefisien distribusi (Kd) logam Pb pada konsentrasi surfaktan 0,5 g/l dan 1 g/l masing-masing ialah sebesar 59,82 dan 64,44. Dapat diketahui bahwa pelepasan logam dalam tanah paling baik berada pada konsentrasi surfaktan 1 g/l, yang menandakan semakin besar nilai koefisien distribusi (Kd) maka penyisihan logam Pb yang dihasilkan semakin sempurna. Penambahan surfaktan pada *soil washing* bertujuan untuk meningkatkan hasil penyisihan. Hal ini dikarenakan penambahan surfaktan akan memperbesar terikatnya logam oleh surfaktan dikarenakan pada volume yang sama jumlah misel surfaktan yang meningkat akan meningkatkan jumlah kontaminan yang terikat dan diikuti oleh peningkatan nilai Kd.



Gambar 4.6 Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) Logam Timbal (Pb) terhadap Variasi Pengulangan leaching pada Tanah Loamy Sand

Gambar 4.6 menunjukkan peningkatan nilai koefisien distribusi (Kd) dengan koefisien distribusi (Kd) logam Pb adalah 59,12 untuk tanpa pengulangan, 73,93 untuk pengulangan 1 kali, dan 88,14 untuk pengulangan 2 kali. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara fase cair dengan fase padat akan mempengaruhi distribusi surfaktan ke dalam fase padat, dimana semakin lama waktu kontak antara fase cair dan fase padat selama proses *soil washing* maka semakin banyak pula kontaminan yang terikat oleh surfaktan.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Soil washing* menggunakan surfaktan *SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)* pada tanah tercemar minyak bumi menunjukkan terjadinya penurunan kandungan logam timbal (Pb) pada tanah jenis pasir bertanah liat (*loamy sand*), dengan efisiensi penyisihan logam timbal (Pb) tertinggi yaitu 98,88% pada variasi pengulangan 2 kali menggunakan koonsentrasi surfaktan 0,5 g/l;
2. Variasi konsentrasi larutan surfaktan *SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)* dapat berpengaruh terhadap penyisihan logam timbal (Pb), dimana semakin tinggi konsentrasi surfaktan akan menyisihkan logam timbal (Pb) yang semakin besar. Penyisihan logam timbal (Pb) terbesar didapat pada konsentrasi larutan surfaktan 1 g/l dengan penyisihan sebesar 98,47% sehingga kandungan timbal (Pb) akhir 0,079 mg/kg. Sedangkan variasi pengulangan *leaching* juga dapat mempengaruhi penyisihan timbal (Pb) lebih besar, dimana penyisihan tertinggi terjadi pada pengulangan 2 kali menggunakan koonsentrasi surfaktan 0,5 g/l dengan penyisihan sebesar 98,88% sehingga kandungan timbal (Pb) akhir yaitu 0,058 mg/kg.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Studi untuk memperoleh kajian teknik *soil washing* perlu dilakukan berdasarkan jenis kontaminan spesifik karena sifat kontaminan yang berbeda-beda dan perlu adanya kajian variasi lainnya seperti pH larutan ataupun pengukuran waktu jenuh pada *leaching column* pengulangan *soil washing*.



DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, 2004. Evaluasi Kadar Ambien Logam Berat Nikel (Ni) Dan Timbal (Pb) Dalam Tanah Sebagai Dasar Penyempurnaan Kriteria Baku Mutu Tanah Di Indonesia. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Adi Abdurachman, 2003. Degradasi Tanah Pertanian Indonesia Tanggung Jawab Siapa. Puslitbangtanak. <http://litbang.deptan.go.id>. diunduh, 20 juli 2022.
- Amalia, R. 2016. Analisis Hubungan Kadar Timbal (Pb), Zinc Protoporphyrin dan Besi (Fe) dalam Sampel Darah Operator SPBU di Kota Semarang. *Skripsi*. tersedia di: <https://lib.unnes.ac.id/28032/1/4411412038.pdf>. diakses tanggal : 12 November 2019.
- Aritosa Toni Ika, dkk. 2017. “ Operasi Dan Proses Remediasi Lingkungan Menggunakan Metode Fisik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Chaiyaraksa, C., Sriwiriyanuphap, N. (2004): Batch washing of cadmium from soil and sludge by a mixture of Na₂ S₂ O₅ and Na₂ EDTA. *Chemosphere*. 56, 1129-1135
- Darmono, 2001. *Lingkungan hidup dan pencemaran: Hubungannya dengan toksikologi senyawa logam*. Universitas Indonesia. Jakarta
- Dengyu Li, Lina Sun, and Meihua Lian. (2015): Application of Surfactants in Soil Remediation, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 3, 364-366.
- Dwi Juli Puspitasari & Khaeruddin, 2016. *Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida*. Jurnal Riset Kimia. Universitas Tadulako, Palu.
- Fajarwati, I. 2014. Pengolahan Air Tanah dengan Sistem Multifiltrasi Menggunakan Cangkang Kerang, Zeolit, dan Karbon Aktif. Pontianak. *Skripsi*. Universitas Tanjungpura.
- Gusnita D (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*, 13(3): 95-101.
- Hardjowigeno, Sarwono. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo
- Hardjowigeno. S., 2010. *Ilmu Tanah*. Madiyatama Sarana Perkasa. Jakarta.

- Havugimana E., Bhople B.S., Kumar A., Byiringiro E., Mugabo J.P., Kumar A. (2015) Soil pollution–major sources and types of oil pollutants. *Environmental Science Engineering* 11:53-86
- Hoseinian, Fatemeh Sadat; Bahram, Rezai; Elaheh, Kowsari; and Mehdi, Safari. 2018. Kinetic study of Ni(II) removal using ion flotation: Effect of chemical interactions, *Minerals Engineering*, 119, 212–221.
- Lasheen M.R. & Amma, N.S. (2014). *Ex situ remediation technology for heavy metals in contaminated sediment*. *Desalination and Water Treatment*, 52(7): 1-8.
- Nugroho Priono. 2018. Kinetika *Leaching* Ion Logam Berat Pb²⁺ Pada Geopolimer Berbasis Abu Layang Pt. Ipmomi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Palar, 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat Cetakan Kedua. Rineke Cipta. Jakarta.
- Panich-pat, T., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, S., 2004. Removal of Lead from Contaminated Soils by *Typha Angustifolia*, *Water Air and Soil Pollution* 155(1):159-171 · June 2004.
- Raharjo, P., M. Raharjo, dan O. Setiani. 2018. Analisis Risiko Kesehatan Kadar Timbal dalam Darah: (Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 17(1):9-15.
- Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Rosmeina, wulan. *Pencemaran Tanah*. https://www.academia.edu/24474199/Pencemaran_Tanah. Diakses pada 20 juni 2022.
- Sembel, Dantje T. 2015. *Toksikologi Lingkungan : Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari*/Dantje T. Sembel. Yogyakarta : Andi.
- Sethi S. & Gupta P. (2020) Soil Contamination: A Menace to Life. In *Soil Contamination-Threats and Sustainable Solutions* [eds. M.L. Larramendy and S. Soloneski] IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.94280

- Sopiah Nida, Dwindrata Basuki Aviantara. 2019. Studi Karakterisasi Tanah Terkontaminasi Minyak Berat. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 20, No 2, Juli 2019.
- Stephen, L. (2021). Effect of Surfactants on the Synthesis and Characteristics of Nickel Hydroxide Nanoparticle. *Jurnal Rekayasa Proses*, 217-230.
- Su C., Jiang L. & Zhang W. (2014) A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics* 3(2):24-38
- Subowo G., Ratmini N.P.S., Dewi D.S., dan Kentjanasari, 2004. Efektivitas Teknologi Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd. Prosiding Seminar Inovasi Teknologi Sumber daya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Jakarta: Gramedia.
- Syarah. 2019. Reduksi *Total Petroleum Hydrocarbon* (Tph) Pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Melalui Soil Washing Menggunakan *Alkyl Benzene Sulfonate* (Abs). Universitas Batang Hari. Jambi.
- Tamzil Aziz, dkk. 2015. Removal Logam Berat Dari Tanah Terkontaminasi Dengan Menggunakan Chelating Agent (*EDTA*). *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 21. Universitas Sriwijaya.
- Undang – Undang No. 4 Tahun 1982 Tentang Ketentuan – Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Wang S, Mulligan C. Rhamnolipid foam enhanced remediation of cadmium and nickel contaminated soil. *Water Air Soil Pollut* 2004; 157:315-30.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Rumampuk, R. J. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta: Percetakan Andi
- Yuvaraj M. & Mahendran P.P. (2020) Soil pollution causes and mitigation measures. *Biotica Research Today* 2(7):550–552

Zhou, Q., Sun, F., & Liu, R. (2005). Joint Chemical Flushing of Soils Contaminated With Petroleum Hydrocarbons. *Journal of Environment International*, 32, 835-839.





LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI
 Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec.Danau Sipin Kota Jambi 36122
 Phone : +628 526 940 950 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
 Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi
 Kedalaman : -
 Tanggal Uji : 12/11/2022

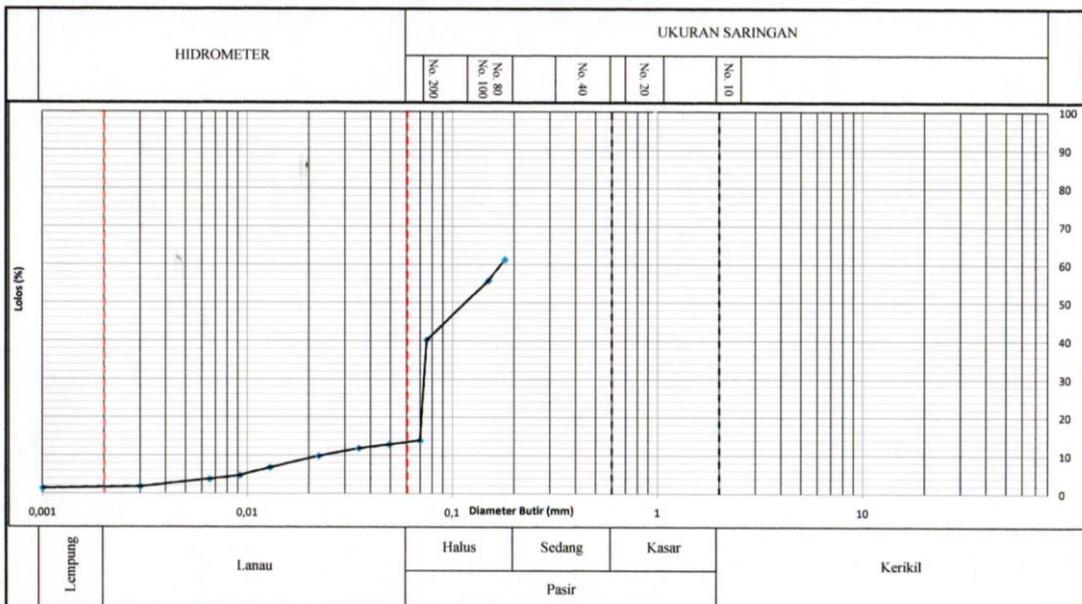
Dikerjakan : Febbi Widyatama Pratiwi
 Dihitung : Errick Edison Sitepu, ST
 Penyelia : Fadlan, ST, MT

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 (%)
	W1	W2	W3	W1-W2	W1-W3	
Awal	36,750	35,445	8,878	1,305	27,872	4,68
C1	40,006	38,390	3,865	1,616	36,141	4,47
C2	32,724	32,438	3,688	0,286	29,036	0,98
C3	30,775	30,706	3,727	0,069	27,048	0,26
R1	32,724	32,438	3,688	0,286	29,036	0,98
R2	30,777	30,739	3,785	0,038	26,992	0,14
R3	30,714	30,663	3,675	0,051	27,039	0,19

Contoh perhitungan sampel awal :

$$W1 = 36,750 \text{ gr}$$

$$W2 = 35,445 \text{ gr}$$

$$W3 = 8,878 \text{ gr}$$

$$W4 = W1 - W2$$

$$= 36,750 - 35,445$$

$$= 1,305 \text{ gr}$$

$$W5 = W1 - W3$$

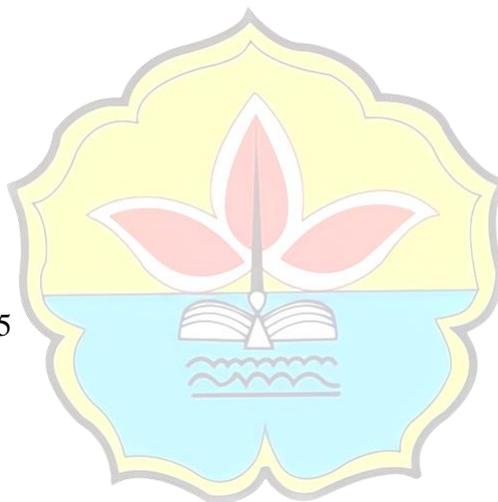
$$= 36,750 - 8,878$$

$$= 27,872 \text{ gr}$$

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

$$= \frac{1,305 \text{ gr}}{27,872 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 4,68 \%$$



Lampiran 3 Hasil Uji Logam Awal



PEMERINTAH PROVINSI JAMBI
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jalan K.H. Agus Salim No. 07 Kota Baru Jambi, Telp/Fax (0741) 40706
 E - mail : lablinkprovjbi@yahoo.com / lablinkjbi@gmail.com Jambi - 36137

KAN
 Komite Akreditasi Nasional
 Laboratorium Penguji
 LP - 413 - IDN


 No. Registrasi Kompetensi
 00056/LP.JILABLING-1A/RKXKJH

LAPORAN HASIL UJI

Report Of Analysis

No. : 710 / LHU / L2JBI / X / 22

Nama Pelanggan : Febby Widyatama Pratiwi

Customer Name

Alamat : Jambi

Address

Jenis Sampel : Tanah

Type of sample (s)

Nomer Sampel : 013/T/X/22

Number of Sample

Tanggal Sampling : 11 Oktober 2022

Sampling Date

Tanggal Penerimaan : 11 Oktober 2022

Received Date

Tanggal Penqujian : 11 Oktober - 13 November 2022

Date of Analysis

Uraian Contoh Uji : Sampel Tanah Tercemar Minyak Bumi

Description of sample

No. FPPS : T - 013 (A - NR)

A : Sampel diahtar oleh customer ke lab
 NR : Sampel non rutin

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	SPESIFIKASI METODE
	PARAMETERS	UNIT	TEST RESULT	METHOD SPESIFICATION
1	Timbal (Pb)	mg/kg	5.17	IKM / 7.2.39 / L2JBI

Catatan : 1. Hasil Analisa ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Notes These analytical results are only valid for the tested sample

2. Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa seizin Laboratorium, kecuali secara lengkap

The certificate shall not reproduced (copied) without the written permission of the Laboratory, except for the completed one

3. Sertifikat ini terdiri dari 1 (satu) halaman

This certificate consist of 1 (one) page

Jambi, 13 November 2022
 FUNGSIONAL PEDAL MADYA
 UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
 DLH PROVINSI JAMBI


Mimi Rosi Angraeni, ST
 NIP. 19690111 199203 2 005

D:/AKREDITASI/2022/AIR/Penelitian&Lainlain/Tanah/hal.1
 DP/7.8.2/L2JBI

Lampiran 4 Hasil Uji Logam Akhir



UNIVERSITAS GADJAH MADA LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGUJIAN TERPADU

Jl. Kaliurang 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

Suplemen dari sertifikat no : 02236.01/UN1/LPPT/2023

LAPORAN HASIL UJI

No. Sertifikat : 50/UN1/LPPT/TR/2023
No. Pengujian : 22120102236

Informasi Umum

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
Alamat : Universitas Batanghari
Tanggal Penerimaan : 1 Desember 2022
Tanggal Pengujian : 2 Desember 2022
Lokasi Pengujian : Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu

Hasil Pengujian

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,293	mg/kg	SSA-nyala

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,085	mg/kg	SSA-nyala

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,079	mg/kg	SSA-nyala

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,085	mg/kg	SSA-nyala

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,069	mg/kg	SSA-nyala

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

Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
Pb (Timbal)	0,058	mg/kg	SSA-nyala

Yogyakarta, 9 Januari 2023
Manager Teknik



Prof. Dr. Eng. Yusril Yusuf, S.Si., M.Si., M.Eng
NIP. 19710920199803100

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 Logam

Variasi Konsentrasi Surfaktan

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (g/l)	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal	-	5,17	-
C1 (Blanko)	0	0,293	94,33
C2	0,5	0,085	98,36
C3	1	0,079	98,47

Contoh perhitungan :

$$E_{C3} = \frac{c_o - c_e}{c_o} \times 100 \%$$

$$E_{C3} = \frac{5,17 - 0,079}{5,17} \times 100 \%$$

$$E_{C3} = 0,984 \times 100 \% = 98,47 \%$$

Variasi Pengulangan *Leaching*

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (g/l)	Pengulangan	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal	-	-	5,17	-
R1	0,5	0	0,085	98,36
R2	0,5	1	0,069	98,67
R3	0,5	2	0,058	98,88

Contoh perhitungan :

$$E_{R3} = \frac{c_o - c_e}{c_o} \times 100 \%$$

$$E_{R3} = \frac{5,17 - 0,058}{5,17} \times 100 \%$$

$$E_{R3} = 0,988 \times 100 \% = 98,88 \%$$

Lampiran 6 Perhitungan Koefisien Distirbusi (Kd)

Variasi konsentrasi surfaktan

Konsentrasi Surfaktan(g/l)	0	0	0,5	1
Cs	5,17	0,293	0,085	0,079
Cl	0	4,877	5,085	5,091
Kd		16,65	59,82	64,44

Contoh perhitungan :

$$Kd_{0,5} = \frac{C_l}{C_s}$$

$$Kd_{0,5} = \frac{5,085}{0,085} = 59,82$$

Variasi Pengulangan *Leaching*

Pengulangan	0	0	1	2
Cs	5,17	0,086	0,069	0,058
Cl	0	5,084	5,101	5,112
Kd		59,12	73,93	88,14

Contoh perhitungan :

$$Kd_1 = \frac{C_l}{C_s}$$

$$Kd_1 = \frac{5,101}{0,069} = 73,9$$

Lampiran 7





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 : 090 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** :
- 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.
 - Bahwa mahasiswa yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini telah memenuhi syarat dan berhak untuk melaksanakan Tugas Akhir.
 - 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.
 - Bahwa untuk pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa dimaksud perlu dibuat Keputusan Dekan.
- MENGINGAT** :
- Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
 - Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
 - Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
 - Peraturan Akademik Universitas Batanghari Tahun 2018
 - Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pejabat wakil Rektor, Dekan, Kepala Biro, Pustaka, Lembaga dan Badan dilingkungan 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 : Menunjuk 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.
- K keempat : 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.
- Keenam : 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 Rozi Yamali, ME

Tembusan Disampaikan kepada :-

- Yth. Rektor Universitas Batanghari
- Yth. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari
- Yth. Dosen Pembimbing yang bersangkutan
- Mahasiswa yang bersangkutan
- Arsip

LAMPIRAN : SK DEKAN NOMOR : 090 TAHUN 2022 TENTANG PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI.

NO	NAMA NPM	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	FEBBI WIDYATAMA PRATIWI 1800825201039	"PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP EFEKTIVITAS REMEDIASI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM AKIBAT KEGIATAN PERTANIAN"	HADRAH, ST, MT	ANGGRIKA RIYANTI, 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
---	----------------------

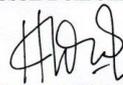
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
 NPM : 1800825201039
 Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
		Bab III, perbaiki variabel penelitian kons. surfaktan dlm g/l	
		Bab IV, pembahasan penelitian terdahulu, sistematika diperbaiki interaksi SDS x logam	
		Acc sedang T.A.	

Jambi..... 2023

Dosen Pembimbing I



(Hadrah, ST, MT)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
NPM : 1800825201039
Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	3/2-23	- Perbaiki penulisan kevelan Reaksi orde 0, 1, 2 - penjelasan variasi pengulangan - penjelasan karakteristik loamy sand	
	7/2-23	- perbaiki ket. grafik orde 0, 1, 2.	
	9/2-23	ACC Sidang TA	

Jambi..... 2023

Dosen Pembimbing II


(Anggrika Riyanti, ST, M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

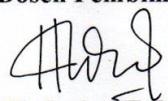
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
NPM : 1800825201039
Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	8 Maret 2023	Acc jilid laporan T.A.	

Jambi..... 8 Maret 2023

Dosen Pembimbing I

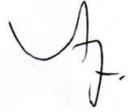

(Hadrah, ST, MT)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Febbi Widyatama Pratiwi
NPM : 1800825201039
Judul Proposal : Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
		- lengkapi laporan - Abstrak.	
	14/3-23	perbaiki abstrak	
	15/3-23	ace jilid laporan TA	

Jambi.....15 Maret..... 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 : *20* /TL-UBR/II/2023
Lampiran : 1 (satu) TA
Perihal : **Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir**

Jambi, 10 Februari 2023

Kepada Yth,
Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc (Ketua Sidang)
Ibu Angrika 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 : Kamis/16 Febrauari 2023
Jam : 08.00 WIB s/d selesai
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik
Nama Mahasiswa : **Febbi Widyatama Pratiwi**
NPM : 1800825201039
Ujian : **Offline**
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir : **"Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam 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 : 166 TAHUN 2023
TENTANG
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.
- MENINGAT : 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 tgg Perpanjangan Masa Tugas Pejabat Pada Jabatan Dekan, Kepala Biro,Lembaga dan Badan di Lingkungan Unbari.

MEMUTUSKAN

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

Nama Mahasiswa	:	Febbi Widyatama Pratiwi
NPM/Program Studi	:	1800825201039/Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi
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 **Kamis/16 Februari 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 : 10 Februari 2023

Dekan,



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, Kamis, Tanggal 16 Februari, 2023, telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir mahasiswa

Nama : Febbi Widyatama Pratani
 NPM : 1800825201039
 Waktu : 09.00 s/d selesai
 Tempat : R. Sidang

Judul Tugas Akhir :

Analisis Penyerapan Surfaktan Terhadap Penyerapan Logam
 Tanah Tercemar Minyak Bumi

Hasil evaluasi Tim Penguji sebagai berikut :

	Nama Tim Penguji	Nilai	Tanda tangan
Pembimbing I	Hadrah, ST, MT.	85	1.
Pembimbing II	Anggrika Ryanti, ST, M.Si	84	2.
Penguji I	Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc	82	3.
Penguji II	Marhabti, ST, M.Si	80	4.
Penguji III	Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng	80	5.
	Jumlah	411	
	Nilai Rata-Rata / Huruf	82,2 (A)	

Keputusan Tim Penguji pada Sidang Tugas Akhir :

① LULUS, dengan nilai : 82,2 / A

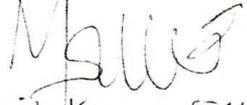
Perbaikan :

Jambi, 16 Februari 2023

Sekretaris sidang,


(Agusrikg. Ruzanti, ST, M.Si)

Ketua sidang,


(Manik Kasman, 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