

**PENGOLAHAN *SOIL WASHING RESIDUE*  
MENGUNAKAN *BIOCHAR* KULIT KOPI PADA  
*FIXED BED COLUMN***

**TUGAS AKHIR**



**1800825201012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BATANGHARI**

**JAMBI**

**2023**

**PENGOLAHAN *SOIL WASHING RESIDUE*  
MENGUNAKAN *BIOCHAR* KULIT KOPI PADA  
*FIXED BED COLUMN***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NURIL ISTIQMAH**

**1800825201012**

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

### PENGOLAHAN *SOIL WASHING RESIDUE* MENGGUNAKAN *BIOCHAR* KULIT KOPI PADA *FIXED BED COLUMN*

#### TUGAS AKHIR

Oleh

**NURIL ISTIQMAH**  
1800825201012

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 (ST) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

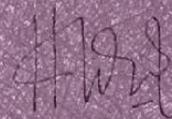
Jambi, \_\_\_\_\_

Pembimbing I

Pembimbing II



Anggrika Riyanti, ST, Msi  
NIDN. 10100278704



Hadrah, S.T  
NIDN. 1020088802

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGOLAHAN *SOIL WASHING RESIDUE* MENGGUNAKAN *BIOCHAR* KULIT KOPI PADA *FIXED BED COLUMN*

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

Nama : Nuril Istiqmah  
NPM : 1800825201012  
Hari/tanggal : Selasa/ 31 Januari 2023  
Tempat : Ruang Ft. 09 Fakultas Teknik

#### Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua

1. Mouik Kasman, S.T., M.Eng., Sc  
NIDN. 0003088001

Anggota :

2. Hadrah, S.T., M.T  
NIDN. 1020688802

3. Sarah Febrina Heramingsih, S.T., M.T  
NIDN. 0001028904

4. Siti Umi Kalsum, S.T., M.Eng.  
NIDN. 1027067401

5. Anggika Riyanti, S.T., M.Si  
NIDN. 10100278704

Disahkan oleh :

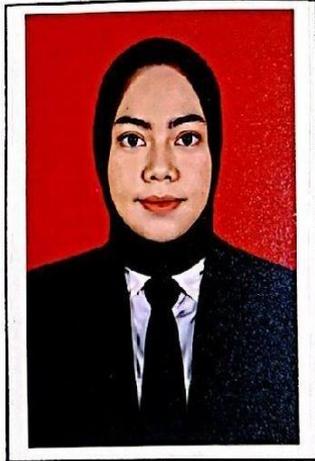
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik  
Lingkungan

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

  
Marhadi, ST, M, Si  
NIDN. 1008038002

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nuril Istiqmah  
NPM : 1800825201012  
Judul : Pengolahan *Soil Washing Residue*  
Menggunakan *Biochar Kulit Kopi*  
Pada *Fixed Bed Column*

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

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



Jambi, \_\_\_\_\_  
NURIL ISTIQMAH

## ABSTRAK

### PENGOLAHAN *SOIL WASHING RESIDUE* MENGGUNAKAN *BIOCHAR* KULIT KOPI PADA *FIXED BED COLUMN*

Nuril Istiqmah; dibimbing oleh Anggrika Riyanti, S.T, M.Si dan Hadrah, S.T, M.T

98 halaman, 10 tabel, 21 gambar, 5 lampiran

## ABSTRAK

Proses pencucian tanah (*soil washing*) tanah tercemar minyak bumi menghasilkan residue berupa air effluent (*soil washing residue*). Air effluent ini mengandung kontaminasi yang dilepaskan dari tanah dan senyawa surfaktan yang digunakan dalam proses pencucian. Salah satu metode pengolahan *soil washing residue* adalah menggunakan adsorpsi karbon aktif. Penggunaan *biochar* dengan metode *fixed bed column* dinilai mampu mengadsorpsi zat pencemar pada *soil washing residue*. Pada penelitian ini, pengolahan *soil washing residue* dilakukan dengan menggunakan *biochar* kulit kopi pada *fixed bed column*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *biochar* kulit kopi dalam menyisihkan parameter surfaktan dan minyak lemak dari *soil washing residue* pada *fixed bed column*. Variasi yang digunakan adalah ketebalan adsorben *biochar* kulit kopi dengan variasi 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Konsentrasi awal *soil washing residue* parameter surfaktan yaitu 0,17 mg/L dan minyak lemak 4,6 mg/L. Penggunaan *biochar* kulit kopi untuk pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column* dinilai efektif dalam menyisihkan parameter minyak lemak. Nilai efisiensi penyisihan parameter minyak lemak berada dalam rentang hasil uji akhir 2,5 mg/L – 0,26 mg/L. Variasi ketebalan adsorben *biochar* kulit kopi memberikan pengaruh yang signifikan seiring penambahan ketebalan *biochar* dalam menyisihkan parameter minyak lemak. Variasi ketebalan adsorben 30 cm lebih optimal pada penyisihan minyak lemak dengan efisiensi sebesar 94,35 % dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0077 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan adsorben memungkinkan transfer masa yang lebih besar. Namun pada parameter surfaktan tidak terjadi penyerapan oleh *biochar*, namun terjadi penambahan konsentrasi surfaktan. Penelitian ini menemukan bahwa *biochar* kulit kopi ternyata lebih tepat digunakan sebagai water recovery untuk air *residue soil washing* sehingga dapat digunakan kembali dalam proses *soil washing* karena mengandung konsentrasi surfaktan lebih tinggi.

**Kata kunci** : *soil washing*, *soil wasing residue*, *biochar*, *fixed bed column*, surfaktan, dan minyak lemak

## ABSTRACT

The soil washing process of petroleum-polluted soil produces residue in the form of water effluent (soil washing residue). This effluent water contains contamination released from the soil and surfactant compounds used in the leaching process. One of the soil washing residue processing methods is to use activated carbon adsorption. The use of biochar with the fixed bed column method is considered capable of adsorbing contaminants in soil washing residue. In this study, soil washing residue processing was carried out using coffee skin biochar on fixed bed columns. This study aims to determine the effect of using coffee skin biochar in setting aside surfactant parameters and fatty oils from soil washing residue in fixed bed columns. The variation used is the thickness of the coffee skin biochar adsorbent with variations of 10 cm, 20 cm, and 30 cm. The initial concentration of soil washing residue surfactant parameters is 0.17 mg / L and fatty oil 4.6 mg / L. The use of coffee skin biochar for soil washing residue processing on fixed bed columns is considered effective in setting aside fat oil parameters. The value of the efficiency of removing fatty oil parameters is within the final test result range of 2.5 mg / L – 0.26 mg / L. Variations in the thickness of coffee skin biochar adsorbents have a significant influence along with the addition of biochar thickness in setting aside fat oil parameters. The variation in adsorbent thickness of 30 cm is more optimal in the removal of fatty oil with an efficiency of 94.35% with an adsorption capacity of 0.0077 mg / L. This shows that the increase in adsorbent thickness allows for greater time transfer. However, in the surfactant parameter, there is no absorption by biochar, but an increase in surfactant concentration occurs. This study found that coffee skin biochar turned out to be more appropriate to be used as water recovery for water residue soil washing so that it can be reused in the soil washing process because it contains a higher concentration of surfactants.

**Keywords:** soil washing, soil washing residue, biochar, fixed bed column, surfactant, and fatty oil

## PRAKATA

Puji syukur atas keberkahan dan rahmat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan serta kesempatan bagi kita semua untuk menikmati kehidupan yang dipenuhi dengan ilmu pengetahuan yang begitu beragam serta kemudahan dari berbagai kecanggihan teknologi buah pikiran dan kerja keras manusia. Sehingga memudahkan kami dalam menyelesaikan pembuatan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengolahan *Soil Washing Residue* Menggunakan *Biochar* Kulit Kopi Pada *Fixed Bed Column*” ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Strata-1 di program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jambi.

Tugas Akhir ini disusun atas kerja sama serta peran dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Bapak Marhadi, S.T, M.Si selaku Ketua di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
3. Ibu Anggrika Riyanti, S.T, M.Si selaku dosen Pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan.
4. Ibu Hadrah, S.T, M.T selaku pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan bimbingan.

5. Ibu Monik Kasman, S.T, M.Eng, Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Kedua Orang Tua Penulis yang selalu memberi semangat dan dukungan moril maupun materil, kasih sayang serta doa yang selalu berlimpah.
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
8. Rekan-rekan Teknik Lingkungan yang selalu memberikan dorongan dan motivasi selama proses pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
9. Penulis yang karyanya sangat bermanfaat sebagai referensi dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Semoga amalan baik seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Terlebih Penulis sangat menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat kesalahan dan sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat memperbaiki penulisan selanjutnya. Serta mengharapkan agar karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jambi, 24 Juni 2022

Nuril Istiqmah

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nuril Istiqmah

NPM : 1800825201012

Judul : Pengolahan *soil washing residue* menggunakan *biochar* kulit kopi pada *fixed bed column*

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasi hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan hasil 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, \_\_\_\_\_



Nuril Istiqmah

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR ISTILAH.....	xvii
BAB IPENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Pencemaran Tanah .....	7
2.1. Minyak Bumi .....	8
2.2. Soil Washing .....	9
2.2.1. <i>Soil Washing Residue</i> .....	11
2.2.2. Surfaktan .....	11
2.2.3. Minyak dan Lemak .....	13
2.3. Kulit Kopi .....	14
2.4. <i>Biochar</i> .....	16
2.4.1 Metode Pembuatan <i>Biochar</i> .....	17
2.4.2. Pemanfaatan <i>Biochar</i> Untuk Pengolahan Air Limbah.....	19
2.4.3. Karakterisasi <i>Biochar</i> kulit kopi .....	21
2.5. Adsorpsi .....	23
2.5.1. Pengertian Adsorpsi .....	23
2.5.2 Mekanisme Adsorpsi.....	24

2.5.3. Metode Adsorpsi pada <i>Fixed Bed Column</i> .....	26
2.5.3.1. Gambaran Umum Reaktor Fixed Bed.....	27
2.5.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Reaktor Fixed Bed.....	27
2.5.4 Metode MBAS (Methylen Blue Active Surfactant).....	29
2.5.4.1 Penentuan Surfaktan dengan Metilen Biru .....	29
2.6. Hasil Penelitian terdahulu .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.3 Data Penelitian .....	35
3.3.1. Data Primer.....	35
3.3.2. Data Sekunder.....	35
3.4 Alur Penelitian .....	36
3.5. Teknik Pengambilan Data.....	37
3.6. Prosedur Sintesis <i>Biochar</i> dan <i>Fixed Bed Column</i> .....	38
3.6.1. Sintesis <i>Biochar</i> .....	38
3.6.2. <i>Fixed Bed Column</i> .....	39
3.7. Variasi Adsorpsi Eksperimen .....	40
3.8. Analisis Data dan Pembahasan .....	42
3.8.1 Pengujian Kualitas <i>Biochar</i> Kulit Kopi .....	42
3.8.2. Mekanisme Adsorpsi.....	44
3.8.3 Analisis Pengaruh Variasi Ketebalan <i>Biochar</i> .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>46</b>
4.1. Proses Pembuatan <i>Biochar</i> Kulit Kopi .....	46
4.2 Kualitas <i>Biochar</i> Kulit Kopi.....	47
4.2 Soil Washing Residue .....	49
4.3 Pengolahan Soil Washing Residue.....	49
4.3.1. Penyisihan Minyak Lemak Pada <i>Soil Washing Residue</i> .....	50
4.3.2 Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Penyisihan Minyak Lemak.....	52
4.3.3 Isoterm Adsorpsi Minyak Lemak .....	54

4.4 Metode MBAS Pada <i>Soil Washing Residue</i> .....	60
4.4.1 Penyisihan Surfaktan Pada <i>Soil Washing Residue</i> .....	61
4.4.2 Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Konsentrasi MBAS .....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	66
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN .....	73



## DAFTAR GAMBAR

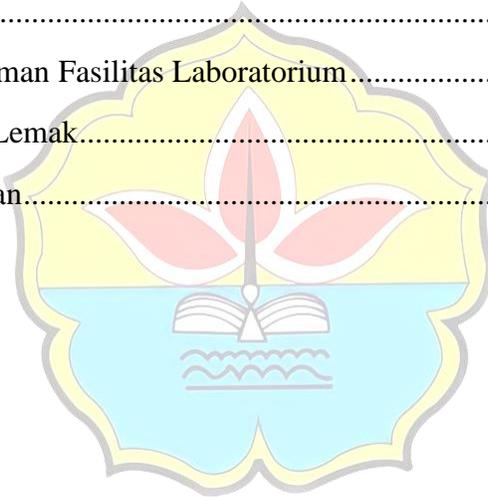
Gambar 2.1 Buah Biji Kopi Segar .....	14
Gambar 2.2 Penjemuran Buah Biji Kopi .....	15
Gambar 2.3 Buah Biji Kopi yang telah kering sempurna .....	15
Gambar 2.5 Limbah Kulit Buah Biji Kopi.....	15
Gambar 2.6 Reaktor Karbonisasi Hidrotermal.....	19
Gambar 2.7. Hasil SEM kulit kopi yang dipirolisis pada suhu 500°C .....	22
Gambar 2.8. Hasil SEM-EDX unsur-unsur penyusun <i>Biochar</i> setelah dimodifikasi dengan MnO <sub>2</sub> . (Damris dan Ngatijo, 2021) .....	22
Gambar 3.1. Alur Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Flow diagram sintesis <i>biochar</i> .....	38
Gambar 3.3 Desain Variasi Filtrasi Reaktor A, B dan C .....	41
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Biochar Kulit Kopi.....	47
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Penyisihan Minyak Lemak .....	52
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	54
Gambar 4.4 Grafik Isoterm Freundlich Penyisihan Minyak Lemak.....	55
Gambar 4.5 Grafik Isoterm Langmuir Penyisihan Minyak Lemak .....	57
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Konsentrasi Surfaktan .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Teknik dan Kondisi Operasi Konversi Termokimia .....	18
Tabel 2.2. Komposisi Unsur dan Luas Permukaan <i>Biochar</i> Kulit Kopi (BKK).....	21
Tabel 2.3. Hasil Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 3.1. Variasi Perlakuan pada <i>Fixed Bed Column</i> .....	40
Tabel 3.2 Kriteria keeratan hubungan .....	45
Tabel 3.3. Kriteria Efektifitas penurunan Pencemar .....	45
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik <i>Biochar</i> Kulit Kopi .....	48
Tabel. 4.2 Hasil Uji Soil Washing Residue.....	49
Tabel 4.3 Waktu Retensi Pengolahan Soil Washing Residue pada Fixed Bed Column .....	50
Tabel 4.4 Hasil Uji Penyisihan Parameter Minyak Lemak.....	51
Tabel 4.5 Perhitungan Isoterm Freundlich Minyak Lemak Pada Adsorben <i>Biochar</i> Kulit Kopi.....	55
Tabel 4.6 Perhitungan Isoterm Langmuir Minyak Lemak Pada Adsorben <i>Biochar</i> Kulit Kopi.....	56
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Persamaan Isoterm .....	58
Tabel 4.8 Hasil Uji Penyisihan Parameter Surfaktan.....	62
.....	63

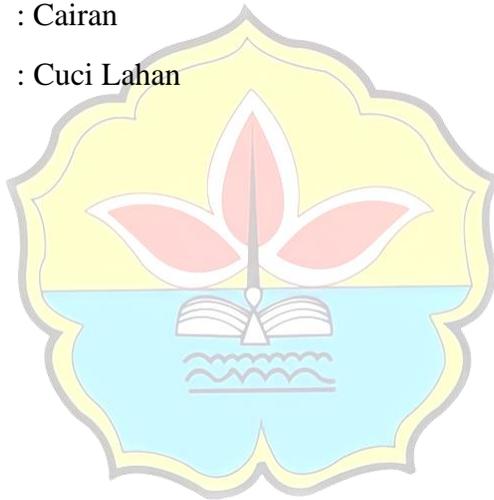
## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Perhitungan.....	73
2. Dokumentasi Penelitian .....	78
3. SK Kompre.....	74
4. Lembar Asistensi.....	80
5. Berita Acara .....	81
6. Surat Keterangan Trunitin.....	82
7. Hasil Uji Trunitin .....	83
8. Surat Izin Peminjaman Fasilitas Laboratorium.....	84
9. Hasil Uji Minyak Lemak.....	85
10. Hasil Uji Surfaktan.....	86



## DAFTAR ISTILAH

<i>Adsorpsi</i>	: Proses penggumpalan substansi terlarut oleh zat penyerap
<i>Adsorben</i>	: Zat penyerap
<i>Adsorbat</i>	: Zat yang diserap
<i>Biochar</i>	: Arang biomassa
<i>Fixed Bed Column</i>	: Metode adsorpsi menggunakan kolom
<i>Granular</i>	: Material butiran
<i>Karbonisasi</i>	: Konversi zat organik menjadi karbon
<i>Liquid</i>	: Cairan
<i>Soil Washing</i>	: Cuci Lahan



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pencemaran minyak di lingkungan menjadi ancaman terhadap ekosistem dan makhluk hidup. Kontaminan utama dalam tanah tercemar minyak adalah *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* senyawa ini memberikan dampak buruk terhadap lingkungan karena dapat menghambat pertumbuhan tanaman, merusak struktur tanah dan kualitas air (Han, 2016). Upaya perbaikan dapat dilakukan dengan metode *soil washing* (cuci lahan) terhadap tanah tercemar minyak bumi dimana tanah yang mengalami kontaminasi dipisahkan dari fraksi bulk tanah. Proses *soil washing* dilakukan secara ex-situ dengan menggunakan pelarut tertentu (Iu, 2018)

Efektivitas proses *soil washing* tergantung pada parameter proses yaitu metode pemisahan seperti sistem batch atau kolom, tipe pelarut dan konsentrasi pelarut, waktu pemisahan, rasio solid/liquid dan karakteristik kimia-fisik tanah seperti pH, kandungan bahan organik, distribusi ukuran partikel juga tipe kontaminan dan konsentrasinya (Lim TT., 2004 dalam Yunhee Lee, 2012). Salah satu pelarut yang dapat digunakan pada proses *soil washing* adalah surfaktan yang akan membantu proses desorpsi kontaminan dari tanah.

Beberapa jenis surfaktan yang digunakan dalam proses *soil washing* antara lain surfaktan kationik, amforterik, nonionik, dan anionik. Tween 80 (polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate) merupakan surfaktan nonionik. Surfaktan dengan gugus hidrofiliknya berupa polyoxyethylene dan sorbitan biasa

dikenal dengan nama tween. Pada tween 80 gugus hidrofobik yang terikat adalah monooleat (Moroi, 1992 dalam Agustina, 2007). Peningkatan volume larutan surfaktan dalam rasio solid/liquid akan meningkatkan persen penyisihan kontaminan karena akan memungkinkan transfer massa yang lebih besar pada tanah.

Setelah proses pencucian tanah dilakukan, maka akan menghasilkan residue berupa air *effluent*. Sebagian besar fraksi halus kontaminasi telah dilepaskan dari tanah dan tersuspensi kedalam air. Didalam tanah yang terkontaminasi terdapat berbagai macam unsur hara baik yang bersifat organik dan anorganik yang dapat mengalami distribusi ke air effluent selama proses pencucian tanah (Aulia, 2020). Air *effluent* ini mengandung senyawa minyak lemak yang berasal dari kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* dan juga senyawa surfaktan yang digunakan dalam proses pencucian. Jika dibuang secara langsung maka dapat menimbulkan cemaran terhadap lingkungan sehingga diperlukan upaya pengolahan. Banyak teknik telah digunakan untuk mengolah limbah pencucian tanah, seperti fotokatalisis (Fabbri, 2009), perlakuan elektrokimia (Gomez, 2010), proses oksidasi lanjutan (Bandala, 2008) dan adsorpsi selektif oleh karbon aktif (Ahn, 2008; Wan, 2011).

Dari beberapa metode yang telah disebutkan diatas, adsorpsi karbon aktif memiliki keuntungan dalam memulihkan surfaktan dari limbah pencucian tanah. Menggunakan eksperimen batch atau proses kolom tetap, peneliti (Ahn, 2007; Liu, 2013) menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menghilangkan sebagian besar PAH dan memulihkan lebih dari 90% surfaktan dari limbah pencuci tanah. Salah

satu karbon yang dapat dimanfaatkan dalam proses adsorpsi ini dapat berasal dari biomassa yang disebut sebagai *biochar*.

*Biochar* mengandung karbon (C) yang tinggi yaitu lebih dari 50%. *Biochar* tidak mengalami pelapukan lanjut sehingga apabila diaplikasikan sebagai penyaringan air akan bertahan lama, *biochar* juga memiliki kekuatan mekanik dan porositas yang tinggi yang sangat mendukung *biochar* dijadikan sebagai adsorben (Nelson, 2020). Pemanfaatan *biochar* dalam pengolahan air limbah cukup banyak diteliti karena memiliki efektivitas tinggi dalam mereduksi parameter pencemar. *Biochar* memiliki kemampuan mereduksi kontaminan dari air limbah baik yang mengandung logam maupun non logam (Ahmed, 2016).

Salah satu metode pemanfaatan *biochar* pada pengolahan air limbah adalah sebagai adsorben dalam metode *fixed bed column*. Penggunaan *fixed bed column* merupakan salah satu metode adsorpsi dengan memvariasikan rasio liquid per solid untuk menggantikan laju alir atau lama kontak antara liquid dengan padatan (solid). Peningkatan ketebalan adsorben meningkatkan efisiensi penyisihan warna pada limbah cair sasirangan dengan nilai persentase penyisihan sebesar 7,02% pada tebal 10 cm, 19,50% pada tebal 30 cm dan 39,90% pada tebal 60 cm. yang menunjukkan bahwa waktu kontak antara adsorben dan adsorbat akan meningkat seiring dengan peningkatan tebal adsorben, sehingga meningkatkan efektifitas penyisihan warna pada limbah cair (Mizwar, 2013).

Saat ini, kedai-kedai kopi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsumsi kopi sebagai salah satu tren gaya hidup masyarakat. Hal ini berdampak pada meningkatnya produksi kopi yang kemudian menghasilkan

limbah berupa kulit kopi. Menurut Kiggundu dan Sittamukyoto (2019), *Biochar* yang dibuat dari kulit kopi yang melewati tahap *pirolisis* mengandung 60-67% karbon, 10-15% abu, 0,39% P, 1,97% K dan 0,96% N. Dari uraian diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang kemampuan *biochar* kulit kopi untuk pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana efisiensi penggunaan *biochar* kulit kopi dalam proses adsorpsi pada pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column*?
2. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan media *biochar* kulit kopi terhadap efisiensi pengolahan *soil washing residue*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis efisiensi penggunaan adsorben *biochar* dalam menyisihkan surfaktan dan minyak lemak dari *soil washing residue* pada *fixed bed column*
3. Mengetahui pengaruh variasi ketebalan adsorben *biochar* terhadap penyisihan surfaktan dan minyak lemak dari *soil washing residue*.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sampel air limbah yang digunakan bersumber dari proses *soil washing* tanah tercemar minyak bumi.
2. Limbah padat yang dijadikan *biochar* adalah limbah kulit kopi.
3. Sintesis *biochar* kulit kopi dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari
4. Parameter yang diuji adalah Surfaktan dan Minyak Lemak.
5. Variasi media *biochar* yang digunakan adalah ketebalan 10 cm, 20 cm dan 30 cm.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang penjelasan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan pengertian pencemaran tanah, *soil washing*, *soil washing residue*, *biochar* kulit kopi, metode adsorpsi dan *fixed bed column* dari berbagai literatur jurnal, skripsi, dan peraturan terkait.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan Uraian metodologi penyelesaian masalah berupa variabel-variabel dalam penelitian, model/desain yang digunakan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan data dan analisis data, cara penafsiran dan penyimpulan hasil penelitian.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil eksperimen dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari, hasil uji *soil washing residu* yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari dan Laboratorium Jambi Lestari.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mengemukakan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Tanah**

Tanah merupakan elemen paling penting dalam tatanan kehidupan dimana tanah menjadi wadah untuk segala kegiatan dimulai dari media tumbuhnya tanaman, tempat tinggal, serta tempat melakukan segala aktivitas. Dalam UU 32 Tahun 2009 menyatakan bahwa 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. Lingkungan dinilai tercemar jika telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan yang menyebabkan perubahan bentuk asalnya, karena masuknya atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam tatanan lingkungan. Hal serupa terjadi pada tanah tercemar yang mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan hingga mempengaruhi produktifitas tanah.

Menurut Manik (2003), pencemaran tanah merupakan masuknya zat maupun unsur lain yang konsentrasinya menjadi racun ke dalam tanah serta mengganggu ekosistem biota tanah. karena pencemaran tersebut, maka tanah tidak dapat berfungsi sebagaimana fungsinya. Hal demikian memiliki dampak negatif dan merugikan manusia. Kerugian yang ditimbulkan dapat berupa air yang berada didalam tanah menjadi tidak layak pakai dalam bidang pertanian dan industri serta dapat menimbulkan penyakit tidak menular hingga penyakit menular.

## 2.1. Minyak Bumi

Minyak mentah adalah campuran kompleks senyawa hidrokarbon, senyawa organik, yang masing-masing molekulnya hanya mengandung unsur karbon dan hidrogen. Kelembaban dan garam dalam minyak bumi hampir selalu tersebar (Hardjono, 2000). Minyak mentah dan minyak sulingan merupakan senyawa hidrokarbon kompleks dengan ribuan variasi senyawa (Mangkoedihardjo, 2005). Minyak bumi dapat dikelompokkan kedalam tiga jenis senyawa yaitu: hidrokarbon parafin, naftena dan aromatik:

1. Senyawa parafin atau alkana adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang tersusun atas parafin rantai karbon lurus dan panjang biasa serta isoparafin rantai karbon bercabang. Isoparafin sebagian besar bercabang tunggal, sedangkan parafin normal sebagian besar ditemukan dalam fraksi ringan. Persamaan alkana adalah  $C_nH_{2n+2}$ , dan tidak ada ikatan rangkap antara karbon penyusunnya. Senyawa ini merupakan proporsi terbesar dari minyak bumi.
2. Asam naftenat dicirikan oleh adanya struktur cincin-tertutup sederhana dari atom karbon penyusunnya, memiliki rumus umum  $C_nH_{2n}$ , dan tidak memiliki ikatan rangkap antar atom karbon. Senyawa ini tidak larut dalam air dan merupakan fraksi terbesar kedua dalam minyak bumi.
3. Aromatik, Hal ini ditandai dengan adanya aromatik, cincin 6-karbon. Benzena adalah senyawa aromatik yang paling sederhana, dan senyawa aromatik umumnya terbentuk dari senyawa benzena.

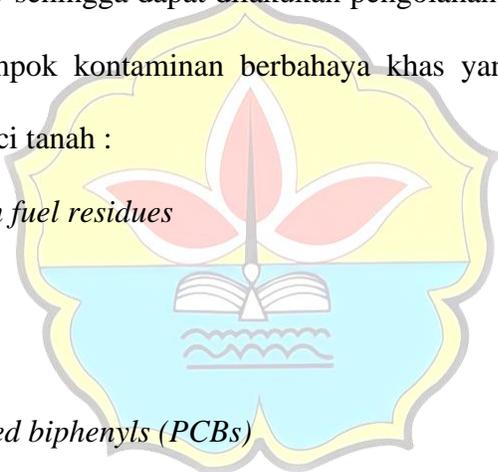
Pertama, melalui proses kimia dan fisika, minyak bumi ini dapat diubah dari berbagai produk seperti LPG, bensin, minyak tanah, minyak ringan, minyak berat atau senyawa turunan minyak bumi menjadi minyak pelumas (Nugroho, 2006). Hidrokarbon merupakan salah satu kontaminan yang dapat berdampak buruk baik bagi manusia maupun lingkungan. Minyak bumi dan turunannya merupakan salah satu contoh dari hidrokarbon yang banyak digunakan oleh manusia dan berpotensi mencemari lingkungan. Polusi minyak bumi di tanah mempengaruhi bau dan rasa air tanah, bahkan pada konsentrasi hidrokarbon yang sangat rendah.

## **2.2. Soil Washing**

*Soil Washing* adalah metode untuk merawat tanah yang terkontaminasi dengan memisahkan fraksi yang paling terkontaminasi di dalam tanah. Pada proses *soil washing* terjadi proses fisika dan kimia untuk menyisahkan logam berat yang terkontaminasi pada tanah dengan cara pencucian tanah secara ex-situ dengan menggunakan pelarut tertentu (Liu, et al, 2018).

Terdapat beberapa jenis larutan pencuci yang digunakan pada proses ini yaitu larutan asam, chelating agents, elektrolit, oxidizing agents, dan surfaktan (Khalid, et al, dalam Rizki 2020). Berbagai surfaktan telah dikembangkan, termasuk biosurfaktan sebagai larutan pembersih, untuk mencapai proses pembersihan yang lebih efektif (Desrina, 2012). Proses ini bekerja dengan melarutkan atau menanggihkan kontaminan dalam larutan pembersih.

KEPMENLH No. 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Tercemar Secara Hayati Adalah Jumlah Maksimum Konsentrasi Hidrokarbon Minyak Bumi (TPH) Yang Diperbolehkan Untuk Pengolahan Tanah Tercemar Secara Bioremediasi Menyatakan yaitu 15%. Jika konsentrasi hidrokarbon minyak mineral melebihi 15%, maka diperlukan pengolahan awal terlebih dahulu. Soil washing dapat menjadi salah satu pengolahan awal (pre-treatment) untuk menurunkan tingkat pencemar hidrokarbon hingga mencapai 15% sehingga dapat dilakukan pengolahan lanjutan secara biologis. 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.

### **2.2.1. Soil Washing Residue**

Dalam proses *Soil Washing* terdapat suatu bahan yang dijadikan sebagai pelarut yang dikenal dengan senyawa surfaktan. Penggunaan surfaktan juga sebagai senyawa yang mampu melepaskan ikatan kontaminan organik hidrofobik dari tanah dengan menurunkan tegangan permukaan antar fase solid/liquid (Vincent dkk, 2012). Proses *soil washing* menghasilkan produk berupa tanah bersih dan residue berupa air sisa pencucian tanah (air effluent). Sebagian besar fraksi kontaminan pada tanah terdistribusi ke air effluent bersama senyawa surfaktan yang digunakan dalam proses pencucian tanah. Karena proses *soil washing* bukan merupakan teknologi destroy atau immobilisasi, maka hasil tanah olahan harus dibuang dengan hati-hati dan air hasil pencucian membutuhkan pengolahan lebih lanjut sebelum pembuangan akhir (Rizki dan Agus, 2020) sehingga *Soil Washing Residue* ini perlu mendapatkan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat dibuang ke lingkungan.

### **2.2.2. Surfaktan**

Surfaktan adalah senyawa yang mengandung hidrokarbon panjang dengan ujung hidrofilik netral atau ionik. Ujung hidrokarbon surfaktan bersifat hidrofobik

dan larut dalam zat non polar, sedangkan ujung ionik atau netral bersifat hidrofilik dan larut dalam air (Othmer dalam Agustina, 2007). Surfaktan ini dapat digunakan sebagai penghilang polutan karena dapat melepaskan kontaminan dari tanah dengan cara menurunkan tegangan permukaan antara fase padat dan fase cair.

Baru-baru ini, surfaktan telah menjadi subjek penelitian yang antusias oleh para peneliti di bidang kimia kinetik dan biokimia karena sifat polimernya yang menarik. Molekul surfaktan memiliki kelompok yang sangat sedikit menarik pelarut, biasanya disebut sebagai kelompok oleophobic, dan kelompok yang sangat menarik pelarut, juga dikenal sebagai amphipathic atau amphipathic.

Tween 80 (polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate) merupakan surfaktan nonionik. Surfaktan dengan gugus hidrofiliknya berupa polyoxyethylene dan sorbitan biasa dikenal dengan nama tween. Pada tween 80 gugus hidrofobik yang terikat adalah monooleat (Moroi, 1992 dalam Agustina, 2007). Surfaktan nonionik tidak memiliki muatan pada bagian hidrofiliknya. Surfaktan nonionik mempunyai kemampuan melarutkan senyawa yang kurang larut dan memiliki toksisitas rendah. Contoh surfaktan nonionik yaitu: Glikol dan gliserol ester; Sorbitan ester; Polisorbat; PEG; dan Poloxalkol.

Ketika surfaktan ditambahkan ke pelarut, gugus yang mempunyai sifat liofobik dalam pelarut mendistorsi struktur cair pelarut, meningkatkan energi bebas dalam sistem. Ini berarti bahwa lebih sedikit kerja yang diperlukan untuk membawa molekul surfaktan ke permukaan daripada untuk membawa molekul air ke permukaan. Ini cenderung mengkonsentrasikan senyawa surfaktan dalam larutan di

permukaan. Ini berarti bahwa keberadaan surfaktan mengurangi kerja yang diperlukan untuk membawa energi bebas permukaan (tegangan permukaan), karena lebih sedikit kerja yang diperlukan untuk membawa molekul surfaktan ke permukaan. Adanya gugus liofilik (hidrofilik) menghalangi pelepasan deterjen secara lengkap dari pelarut sebagai fase lain.

### **2.2.3. Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak juga merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas air limbah, senyawa tersebut dapat mencemari badan air, sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada air, sehingga membentuk lapisan tipis di permukaan air. Dalam keadaan ini, fiksasi oksigen bebas terhambat, sehingga konsentrasi oksigen terlarut dalam air dapat diturunkan. Permukaan air ditutupi dengan minyak, yang mencegah sinar matahari masuk ke air dan menghilangkan ketidakseimbangan dalam rantai makanan. Lemak dan minyak merupakan bahan organik persisten yang tahan terhadap dekomposisi bakteri (Hardiana, 2014).

Kandungan lemak dalam efluen berasal dari industri yang mengolah bahan baku berminyak hasil klasifikasi dan proses pemasakan (Ginting, 2007). Efek yang dihadapi antara lain terjadinya pembusukan di daerah penerima dan pengerasan gelembung yang dihasilkan oleh efluen setiap saat untuk menutupi permukaan daerah penerima. Ini mencegah kontak antara air dan udara bebas di sekitarnya.

Penghambatan kontak antara air dan udara luar mengurangi oksigen terlarut dalam air dan pada akhirnya mempengaruhi umur biota di badan air (Syafriadiman, 2009).

### 2.3. Kulit Kopi

Produksi kopi menggunakan pascapanen sistem kering menghasilkan limbah utama berupa kulit kopi kering. Pada umumnya petani kopi mejemur kopi sampai kering dengan waktu 20-30 hari karena dipengaruhi oleh cuaca. setelah biji buah kopi kering sempurna maka proses selanjutnya adalah proses resting yaitu penyimpanan biji buah kopi selama 3-7 hari didalam wadah kedap udara untuk selanjutnya diproses menggunakan mesin huller dengan tujuan untuk memisahkan kulit dari biji buah kopi dan menghasilkan biji kopi kering yang dikenal sebagai green bean. Dari 1 ton buah kopi panen segar dihasilkan biji kopi kering 150-200 kg dan kulit kopi kering 180 kg. Kulit kopi kering mengandung 58-85% karbohidrat, 8-11% protein, 0,5-3% lemak, dan 3-7% mineral (Blinova et al., 2017).



Gambar 2.1 Buah Biji Kopi Segar



Gambar 2.2 Penjemuran Buah Biji Kopi



Gambar 2.3 Buah Biji Kopi yang telah kering sempurna



Gambar 2.5 Limbah Kulit Buah Biji Kopi

## 2.4. Biochar

*Biochar* adalah istilah ilmiah yang menarik perhatian di seluruh dunia karena sifatnya yang unik. Pengertian *biochar* tidak berkaitan dengan komposisinya, melainkan pada proses pembuatan dan aplikasinya. Pada dasarnya *biochar* disebut *biochar* karena merupakan arang yang terbuat dari biomassa yang terbuat dari tumbuhan dan limbah pertanian. Ada beberapa definisi *biochar*, tetapi menurut *International Biochar Initiative* (IBI), definisi standar yang paling tepat dari *biochar* adalah padatan yang berasal dari konversi termokimia biomassa dalam lingkungan terbatas oksigen. Material (International Biomass Initiative, 2015) . Definisi lengkap *Biochar* adalah produk padat yang tersisa setelah memanaskan biomassa hingga kisaran suhu 300 ° C hingga 700 ° C tanpa adanya oksigen, suatu proses yang dikenal sebagai "*pirolisis*".

*Biochar* bukanlah teknologi baru. Fakta bahwa produksi *biochar* diketahui sangat subur karena tanah Amazon Terrapreta Amerika Selatan mengandung arang yang dihasilkan dari pembakaran selama ribuan tahun dengan kadar oksigen minimal. Terrapetra adalah tanah yang sangat subur dan gelap yang telah mendukung kebutuhan pertanian Amazon selama berabad-abad.

#### 2.4.1 Metode Pembuatan *Biochar*

*Biochar* diproduksi melalui proses transformasi energi yang melibatkan pemanasan biomassa dalam keadaan bebas oksigen atau hampir teroksigenasi. Dekomposisi termal biomassa ini menghasilkan arang, minyak dan gas. Jumlah bahan yang dihasilkan tergantung pada kondisi pemrosesan. Konversi termokimia adalah teknik yang umum digunakan untuk memproduksi *biochar*. Proses konversi termokimia meliputi pirolisis, karbonisasi hidrotermal, gasifikasi, dan Torrefacti.

Untuk mencapai hasil maksimum *biochar*, pemilihan teknologi produksi harus sesuai dengan jenis biomassa dan kondisi operasi proses seperti laju pemanasan, suhu dan waktu tinggal juga harus optimal. Kondisi operasi sangat penting karena dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia *biochar* selama proses pembuatan. Morfologi *biochar* dari biomassa tanaman tergantung pada kondisi proses karena melibatkan pengurangan berat biomassa. Pada keadaan awal, beratnya dikurangi dengan proses penghilangan air pada suhu sekitar 100 ° C, kemudian selulosa, hemiselulosa, dan lignin terurai pada suhu 220 ° C atau lebih tinggi, dan akhirnya bobotnya berkurang. Pengurangan berat bahan.

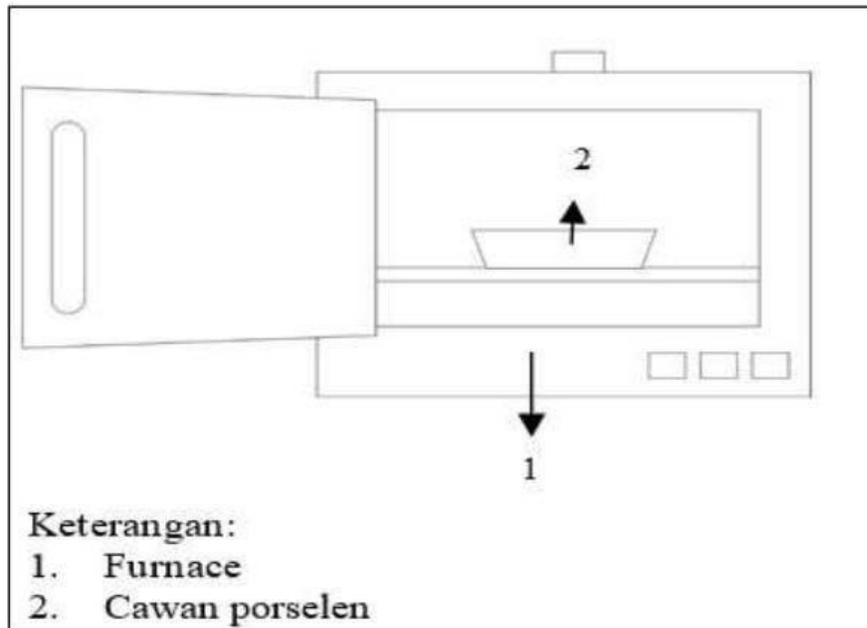
Teknik dan kondisi operasi konversi termokimia yang dapat digunakan dalam proses pembuatan *biochar* dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1. Teknik dan Kondisi Operasi Konversi Termokimia

Teknik	Suhu °C	Waktu Tinggal	Yield <i>Biochar</i>	Yield Bio-Oil	Produk Syngas	Referensi
Pirolisis (Cepat)	500-1000	< 2 s	12	75	13	Cantrell et al (2012)
Pirolisis (lambat)	300-700	Jam/hari	35	30	35	Cantrell et al (2012)
Karbonisasi Hidotermal	180-300	1-16 jam	50-80	5-20	2-5	Funke & Ziegler (2010)
Gasifikasi	750-900	10-20 s	10	5	85	Klinghoffer et al. (2015)
Torrefaksi	290	10-60 menit	80	0	20	Bergman et al. (2005)
Flash Karbonisasi	300-600	< 30 menit	37	-	-	Nunoura et al. (2006)

Sumber : Herlambang, S., et all 2021

Pada proses pembuatan biochar ini menggunakan metode karbonisasi. Karbonisasi merupakan salah satu prosedur konversi termokimia yang digunakan untuk pembuatan karbon dengan memasukkan biomassa padat. Distilasi kering merupakan salah satu istilah dari karbonisasi yang berarti pembuatan arang (Ridhuan, 2016) Menurut (Ridhuan, 2016), Karbonisasi merupakan proses pembuatan arang berkarbon melalui proses konversi zat. Karbonisasi sendiri dapat dilakukan dengan menggunakan alat furnace, dimana cara kerja alat tersebut adalah proses pembakaran dengan menggunakan oksigen, berikut adalah reaksi dari proses karbonisasi: Bahan padat + O<sub>2</sub> karbon + CO<sub>2</sub>



Gambar 2.6 Reaktor Karbonisasi Hidrotermal

#### 2.4.2. Pemanfaatan *Biochar* Untuk Pengolahan Air Limbah

Sifat unik dari *biochar* seperti luas permukaan yang besar, porositas yang tinggi, gugus fungsi, kapasitas tukar kation yang tinggi, dan stabilitas yang baik membuat material ini cocok untuk berbagai aplikasi, seperti adsorben untuk pengolahan air dan udara, katalis untuk menghilangkan tar pada produksi *biodiesel*, material *fuelcell*, *superkapasitor*, dan sebagai bahan organik pembenah tanah atau amelioran. Penggunaan *biochar* dalam pengetahuan semakin diminati karena dapat diaplikasikan dalam pengelolaan lingkungan: pengurangan gas rumah kaca, penyerapan karbon, produksi energi, pengelolaan limbah, immobilisasi kontaminan, pemupukan tanah, dan penyaringan air. (Ok et all. 2016)

*Biochar* memiliki kandungan C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn dan mineral lainnya. Mutu *biochar* sangat tergantung pada bahan baku dan proses pembuatan (*pirolisis*). *Pirolisis* yang dilakukan pada kondisi rendah oksigen atau tanpa oksigen biasanya menghasilkan kualitas *biochar* yang tinggi, baik dari segi kandungan C, kadar abu, maupun unsur kimia lainnya; karena pada pirolisis ini proses pembentukan arang tinggi, kehilangan C dan volatil rendah, serta sedikit terbentuk abu (Chan and Xu, dalam Naibaho, 2006). *Biochar* kulit biji kopi mengandung C-Organik (8,15 %), N-Total ( 0,27%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( 0,04%), K<sub>2</sub>O ( 0,06%) (Naibaho, 2006). Menurut Kiggundu dan Sittamukyoto (2019), *biochar* yang dibuat dari kulit kopi yang melewati tahap *pirolisis* mengandung 60-67% karbon, 10-15% abu, 0,39% P, 1,97% K dan 0,96% N.

*Biochar* ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada pengolahan air limbah. Kemampuan *biochar* dalam menyerap kontaminan air limbah dipengaruhi oleh tingkat porositas yang dimiliki oleh *biochar* itu sendiri, dimana semakin besar rongganya maka akan semakin tinggi pula efektifitas penyerapannya. Dalam pengolahan air limbah, Rata-rata penyisihan COD pada media *biochar* adalah  $74 \pm 18\%$  secara signifikan lebih tinggi daripada di saringan pasir ( $61 \pm 12\%$  untuk COD) (Kaetzi et al, 2020). Karena *biochar* mirip dengan karbon aktif maka dalam proses adsorpsi dapat dihipotesiskan bahwa *biochar* dapat digunakan sebagai alternatif untuk pemulihan surfaktan pada proses *soil washing* (Li et al, 2014).

### 2.4.3. Karakterisasi *Biochar* kulit kopi

Tingginya stabilitas *biochar* disebabkan karena adanya perubahan struktur kimia selama proses pirolisis. Hal ini didominasi oleh struktur planar aromatik yang lebih stabil daripada struktur bahan organik dasar. *Biochar* yang dihasilkan tergantung pada jenis asal organik, kondisi, dan suhu pirolisis. Pirolisis bahan organik dari limbah pertanian biasanya menghasilkan 10-50% *biochar* berdasarkan berat kering bahan baku.

*Biochar* kulit kopi diproses pada suhu 500 ° C menggunakan reaktor pirolisis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pirolisis dilakukan pada suhu 500 ° C selama 1 jam dengan laju pemanasan 200 °C/menit. Setelah mencapai 500 ° C, pertahankan suhu selama 1 jam. Kemudian dinginkan hingga suhu kamar.

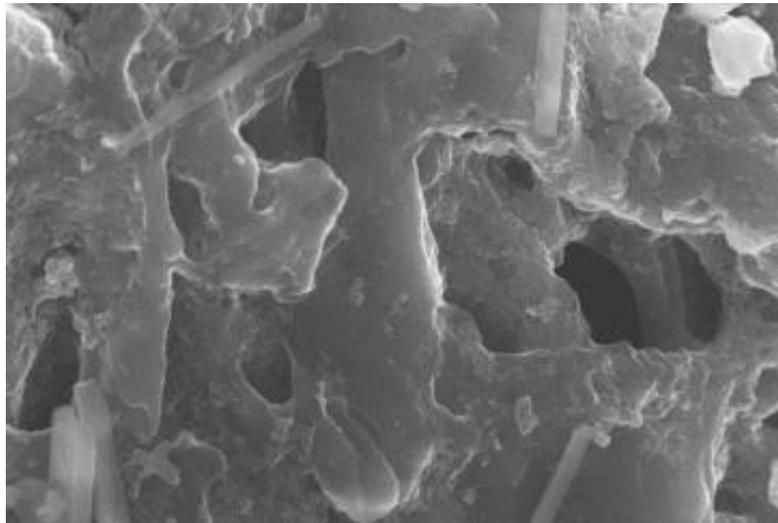
Tabel 2.2. Komposisi Unsur dan Luas Permukaan *Biochar* Kulit Kopi (BKK)

<i>Biochar</i>	Komposisi unsur (% masa)						Luas permukaan MB* (m <sup>2</sup> /g)
	C	N	H	O	Mn	K	
<i>Biochar</i> Kulit Kopi	87,63	0,31	2,43	12,63	0,021	0,102	195.38

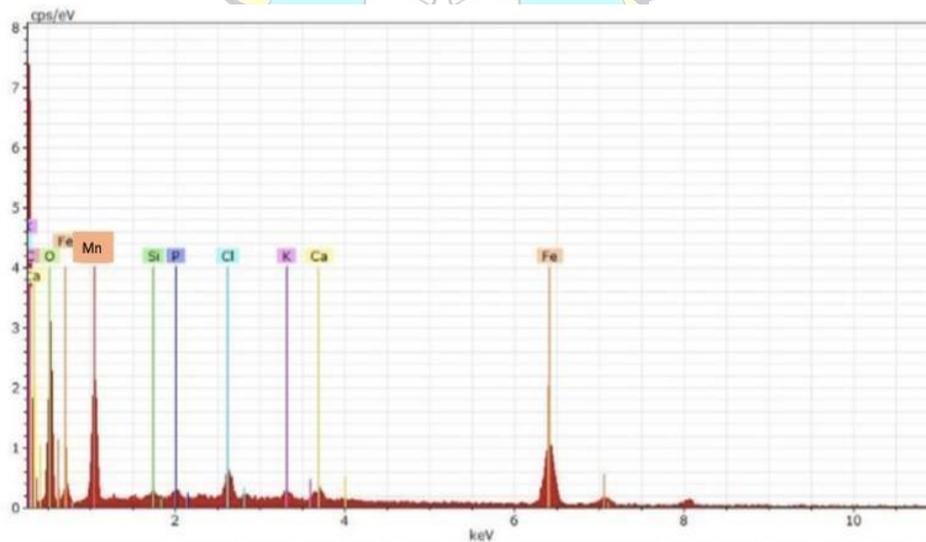
Sumber : Damris dan Ngatijo, 2021

*Biochar* kulit kopi dikarakterisasi menggunakan uji SEM-EDX (scanning electron microscope-energy dispersive spectroscopy). Tujuan dari karakterisasi ini adalah untuk mengetahui morfologi permukaan *biochar* yang dihasilkan dan komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam *biochar* sebelum dan sesudah

sintesis. Pengujian ini dilakukan di Puslabfor Bareskrim Polri, Jakarta Timur. Hasil analisis SEM-EDX dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7. Hasil SEM kulit kopi yang dipirolisis pada suhu 500°C (Damris dan Ngatijo, 2021)



Gambar 2.8. Hasil SEM-EDX unsur-unsur penyusun *Biochar* setelah dimodifikasi dengan  $MnO_2$ . (Damris dan Ngatijo, 2021)

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa unsur yang terkandung dalam *Biochar* kulit kopi secara berurut dari yang paling tinggi hingga yang paling rendah adalah unsur C (Carbon), O (Oksigen), Mn (Mangan), Fe (Besi), Cl (Klor), P (Fosfor), Si (Silikon) dan K (Kalium).

## **2.5. Adsorpsi**

### **2.5.1. Pengertian Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letakletak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Saragih, 2008).

## 2.5.2 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008 dalam Kurniawati 2022). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika.

Mekanisme dalam adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus persamaan Langmuir dan Freundlich sebagai berikut:

### a. *Adsorption Isotherm Langmuir*

Model adsorpsi Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat permukaan adsorben. Persamaan *Adsorption Isotherm Langmuir* menurut Kasman (2011) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.1)}$$

Dimana :  $q_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum

$KL$  = Konstanta kesetimbangan (aktifitas adsorpsi)

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

$q_e$  = Jumlah kadar yang teradsorpsi per gr pada konsentrasi C

b. *Isotherm Adsorption Freundlich*

Model adsorpsi Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan *Isotherm Adsorption Freundlich* merupakan persamaan yang teradopsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradopsi) menurut Kasman (2011) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = K \cdot C^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 2.2)}$$

$$\text{Log } Q_e = \text{log } KF + \frac{1}{n} \text{log } CF$$

Dimana :  $x$  = Banyaknya zat terlarut yang teradsorpsi (mg)

$m$  = Masa adsorben (mg)

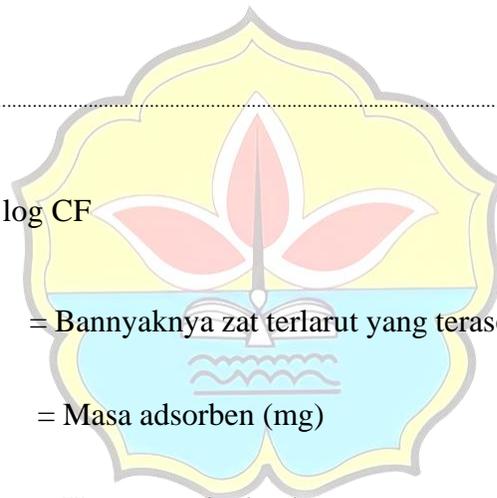
$C$  = Konsentrasi adsorben yang sama

$K$  = Konstanta

$q_e$  = Jumlah gr teradsorpsi per gr adsorben

$CF$  = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

$n$  dan  $KF$  = Tetapan



### 2.5.3. Metode Adsorpsi pada *Fixed Bed Column*

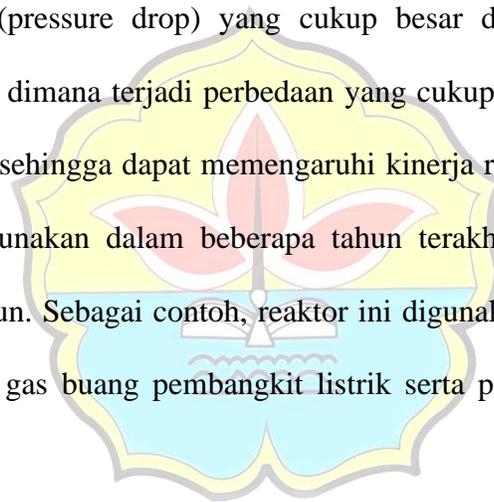
Proses Adsorpsi sering kali dilakukan menggunakan kolom *fixed bed* yang merupakan sebuah kolom silinder yang pada umumnya memiliki rasio panjang dan diameter yang cukup besar. Sistem kolom yaitu dimana, larutan dikontakkan dengan adsorben sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal hingga mencapai kondisi jenuh yaitu pada saat konsentrasi *effluent* mendekati konsentrasi *influent*. Pada sistem kolom dapat dilakukan dengan dua cara aliran yaitu aliran dari atas ke bawah (*down flow*) atau aliran dari bawah ke atas (*up flow*).

Model aliran yang digunakan adalah aliran dari atas ke bawah. Pada model ini, limbah akan teradsorpsi secara cepat dan efektif. Proses ini berlangsung dengan memasukan adsorben kedalam kolom dan dijaga agar tidak terbawa aliran pada saat proses berlangsung. Adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan larutan melalui adsorben. Lapisan atas adsorben merupakan lapisan tempat terjadinya kontak langsung antara permukaan adsorben dengan larutan berkonsentrasi tinggi, sementara lapisan adsorben dibawahnya akan menyerap larutan dengan konsentrasi lebih rendah, dan seterusnya.

. Media adsorben yang mengalami kontak mencapai kesetimbangan dan mengalami titik jenuh, yaitu kondisi dimana adsorben sudah tidak dapat mengadsorpsi kontaminan terlarut atau dengan kata lain berkurangnya efisiensi penyerapannya sehingga konsentrasi pada efluen mendekati konsentrasi larutan masuk (*influent*).

### 2.5.3.1. Gambaran Umum Reaktor Fixed Bed

Reaktor fixed bed berbentuk tabung dan diisi dengan partikel katalis padat, paling sering digunakan untuk mengkatalisis reaksi gas. Reaksi kimia terjadi pada permukaan katalis. Keuntungan menggunakan reaktor fixed bed adalah konversi yang lebih tinggi per berat katalis daripada reaktor katalitik lainnya. Konversi didasarkan pada jumlah katalis padat dan bukan volume reaktor (Davis, 2003). Menurut Cesarina (2013), beberapa masalah yang dapat timbul pada reaktor fixed bed adalah terjadinya penurunan tekanan (pressure drop) yang cukup besar di sepanjang reaktor dan terbentuknya hotspot dimana terjadi perbedaan yang cukup besar antara suhu katalis dengan suhu reaktor sehingga dapat memengaruhi kinerja reaktor. Reaktor fixed bed semakin banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir untuk mensintesis zat berbahaya dan beracun. Sebagai contoh, reaktor ini digunakan untuk menghilangkan nitrogen oksida dari gas buang pembangkit listrik serta pemurnian gas buang dari knalpot.



### 2.5.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Reaktor Fixed Bed

#### 1. Kelebihan Reaktor *Fixed Bed*

- a. Dapat digunakan untuk mereaksikan dua macam gas sekaligus,
- b. Kapasitas produksi cukup tinggi,
- c. Pemakaian tidak terbatas pada kondisi reaksi tertentu (eksoterm atau endoterm) sehingga pemakaian lebih fleksibel,

- d. Aliran fluida mendekati *plug flow*, sehingga dapat diperoleh hasil konversi yang tinggi,
  - e. *Pressure drop* rendah,
  - f. Oleh karena adanya hold-up yang tinggi, maka menghasilkan pencampuran radial yang lebih baik dan tidak ditemukan pembentukans aluran (channeling),
  - g. Pemasokan katalis per unit volume reaktor besar,
  - h. *Hold up liquid* tinggi,
  - i. Katalis benar-benar dibasahi,
  - j. Kontrol *temperature* lebih baik,
2. Kekurangan Reaktor *Fixed Bed*
- a. Resistansi difusi intra partikel sangat besar,
  - b. Nilai transfer massa dan transfer panas rendah,
  - c. Pemindahan katalis sangat sulit dan memerlukan *shut down* alat,
  - d. Konversi lebih rendah,
  - e. Ada kemungkinan terjadi reaksi samping homogen pada liquid.

#### **2.5.4 Metode MBAS (Methylen Blue Active Surfactant)**

Metode MBAS (Methylene Blue Active Surfactant) merupakan salah satu metode standar yang biasa digunakan untuk menentukan kandungan deterjen atau surfaktan. Prinsip metode MBAS adalah surfaktan anionik akan bergabung dengan metilen biru membentuk kompleks biru, yang larut dalam fase kloroform. Ini terjadi melalui susunan pasangan ion, yaitu melalui anion MBAS dan kation biru metilen. Intensitas biru yang dihasilkan dalam fase organik adalah ukuran MBAS. (Corrosionpedia, 2017) Zat aktif metilen biru dapat ditemukan pada sampel air. Ini mungkin termasuk zat yang dapat menyebabkan kerusakan industri dan kesehatan, seperti: Sulfonat, Fosfat, Sulfat, Karboksilat.

##### **2.5.4.1 Penentuan Surfaktan dengan Metilen Biru**

Metode ini membahas tentang perpindahan methylene blue, larutan kationik, dari larutan berair ke larutan organik yang tidak dapat dicampur dengan air hingga mencapai titik jenuhnya (kesetimbangan). Prinsip dari pengujian ini adalah surfaktan anionik bereaksi dengan metilen biru membentuk pasangan ion biru, yang larut dalam pelarut organik. kemudian intensitas warna biru yang terbentuk dihitung menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm.

Adsorbat yang terhitung setara dengan kadar surfaktan anionik. Hal ini terjadi melalui formasi (ikatan) pasangan ion antara anion dari MBAS (methylene blue active substances) dan kation dari metilen biru. Metilen biru yang terikat pada LAS (Alkil Linear Sulfonat) dapat dikatakan sebagai deterjen lunak terletak di bagian

cincin yang mengandung S bermuatan positif, untuk dapat mengikat metilen biru, gugus sulfonil dari LAS harus melepaskan ion Na sehingga O yang awalnya terikat pada Na<sup>+</sup> akan menjadi O bermuatan negatif .

Surfaktan anionik adalah salah satu zat alami dan sintetis terpenting yang menunjukkan aktivitas metilen biru. Metode MBAS dapat digunakan untuk menentukan kandungan surfaktan anionik dalam air limbah, tetapi kemungkinan bentuk MBAS lainnya (selain interaksi antara metilen biru dan surfaktan anionik) harus selalu dipertimbangkan. Cara ini relatif sederhana dan pasti.



## 2.6. Hasil Penelitian terdahulu

Tabel 2.3. Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Metode	Hasil Analisis
1	Benny Hidayat, 2015	Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan <i>Biochar</i>	Kuantitatif	<i>Biochar</i> mempunyai kemampuan secara fisik dan kimia untuk menghilangkan keaktifan logam berat dan juga dapat mensuplay sejumlah hara, dan ini tergantung kepada teknik produksi <i>biochar</i> .
2.	Didiek Hadjar Goenadi dan Laksmi Prima Santi, 2017	Kontroversi Aplikasi dan Standar Mutu <i>Biochar</i>	Kualitatif	Sifat fisika-kimia <i>biochar</i> telah mulai banyak dibuktikan, sehingga dapat menjawab beberapa keraguan akan fungsi dan manfaat dari <i>biochar</i> , tidak menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman, karena perannya dalam imobilisasi hara yang selanjutnya dapat diambil oleh akar serta meningkatkan kapasitas menahan air yang lebih baik.
3.	Arry Khaminov Rizky, 2017	Penyisihan Kontaminan Organik dan Mikroba Dari Gray Water Dengan <i>Biochar</i>	Kualitatif dan Kuantitatif	Penghilangan kontaminan organik dan mikroba menggunakan filter <i>biochar</i> granular merupakan metode baru yang dapat dilakukan. Mikroba seperti <i>E. coli</i> dapat dihambat melalui permukaan <i>biochar</i> selama penyaringan, sedangkan kontaminan organik lainnya dalam air dapat diserap oleh mekanisme penghapusan seperti pori-pengisi, interaksi aromatik-p, dan ikatan-H.

4. Ali El Hanandeh, Ammar A. Albalasmeh, Mamoun Gharaibeh , 2017	Penghapusan Fosfor dari Air Limbah di Biofilter dengan <i>Biochar</i> Augmented Geomedium: Pengaruh Partikel <i>Biochar</i> Ukuran	Eksperimen	Pasir yaang diubah dengan <i>biochar</i> partikel kasar lebih efisien dalam menghilangkan TP dari air limbah sekunder yang diolah daripada pasir yang diubah dengan <i>biochar</i> partikel halus.
5. Nicholas Kiggundu, Julius Sittamukyoto, 2019	Pryloysis of Coffee Husks for <i>Biochar</i> Production	Eksperimen	The <i>biochar</i> produced from coffee husks contains high percentage of fixed carbon (>60 wt%), suggesting that <i>biochar</i> from coffee husks is suitable for carbon sequestration and also contributes to high levels of soil organic matter. <i>biochar</i> also contains nutrients with an inorganic (NPK) equivalent of (0.96:0.39:1.97).
6. Helian Li, Ronghui Qu, Chao Li, Weilin Guo, Xuemei Han, Fang He, Yibing Ma, Baoshan Xing (2014)	Selective removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from soil washing effluents using <i>Biochar</i> s produced at different pyrolytic temperatures	Eksperimen	This result has important implications in soil remediation; the cost for treating soil washing effluents along with surfactant recovery will be greatly reduced with appropriate <i>biochar</i> s as a substitute for activated carbon
7. Damris M, H. Ngatijo, 2021	Modifikasi Permukaan <i>Biochar</i> Dengan $MNO_2$ Thiol dan Alkaline Koh Untuk Removal Zn, Cr, dan Cu Dari Air Asam Tambang	Eksperimen	Modifikasi <i>biochar</i> dengan logam (Mn dan K) menyediakan cara yang Efektif untuk penyerapan logam (Zn, Cr, dan Cu) dibandingkan dengan <i>biochar</i> modifikasi dengan Thiol.

8.	Riska Rahmah Dani Fitria (2021)	Pemanfaatan Limbah Tatal karet Industri Crum Rubber Menjadi <i>Biochar</i> Untuk Media Penjernihan Air Gambut	Eksperimen	Hasil penyisihan paling signifikan diperoleh dari media filtrasi terdiri dari 50% <i>biochar</i> dan 50% pasir silika.
9.	Rana Fajriaty (2022)	Pengaruh Penggunaan <i>Biochar</i> dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Constructed Wetland.	Eksperimen	Penggunaan <i>biochar</i> dab aerasi untuk pengolahan limbah domestik pada constructed wetland dinilai efektif dalam menurunkan parameer pH, BOD <sub>5</sub> dan Amoniak
10.	Korbinian Kaetzl, Manfred Lübken, Edith Nettmann, Stefan Krimmler & Marc Wichern, 2020	Slow sand fltration of raw wastewater using <i>Biochar</i> as an alternative fltration media	Ekspeimen	<i>Biochar</i> filter performance was comparable to that of the commonly used sand filters and for some parameters, <i>biochar</i> filters even exceeded the performance of sand filters. <i>biochar</i> , as in our case <i>Biochar</i> from Miscanthus grass, is a highly promising filter material for AnBF, particularly since <i>biochar</i> can be produced locally from agricultural residues with recycling opportunities for energy production or soil amelioration afer its use as filter material for wastewater treatmen.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen untuk mengetahui efisiensi penggunaan *biochar* dari kulit kopi pada proses pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column*. Pengujian skala laboratorium dilakukan menggunakan adsorben *biochar* dari kulit kopi untuk proses adsorpsi *soil washing residue* dan kemudian dilakukan pengamatan terhadap penyisihan parameter minyak lemak dan surfaktan *soil washing residue*.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Lokasi sintesis *biochar* kulit kopi dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Eksperimen ini menggunakan sampel *soil washing residue* tanah tercemar minyak bumi. Uji parameter minyak lemak dan surfaktan *soil washing residue* dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari dan Laboratorium Jambi Lestari Internasional. Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan.

### **3.3 Data Penelitian**

Dalam penelitian ini dilakukan kegiatan pengumpulan data yang dibutuhkan baik data primer maupun data sekunder.

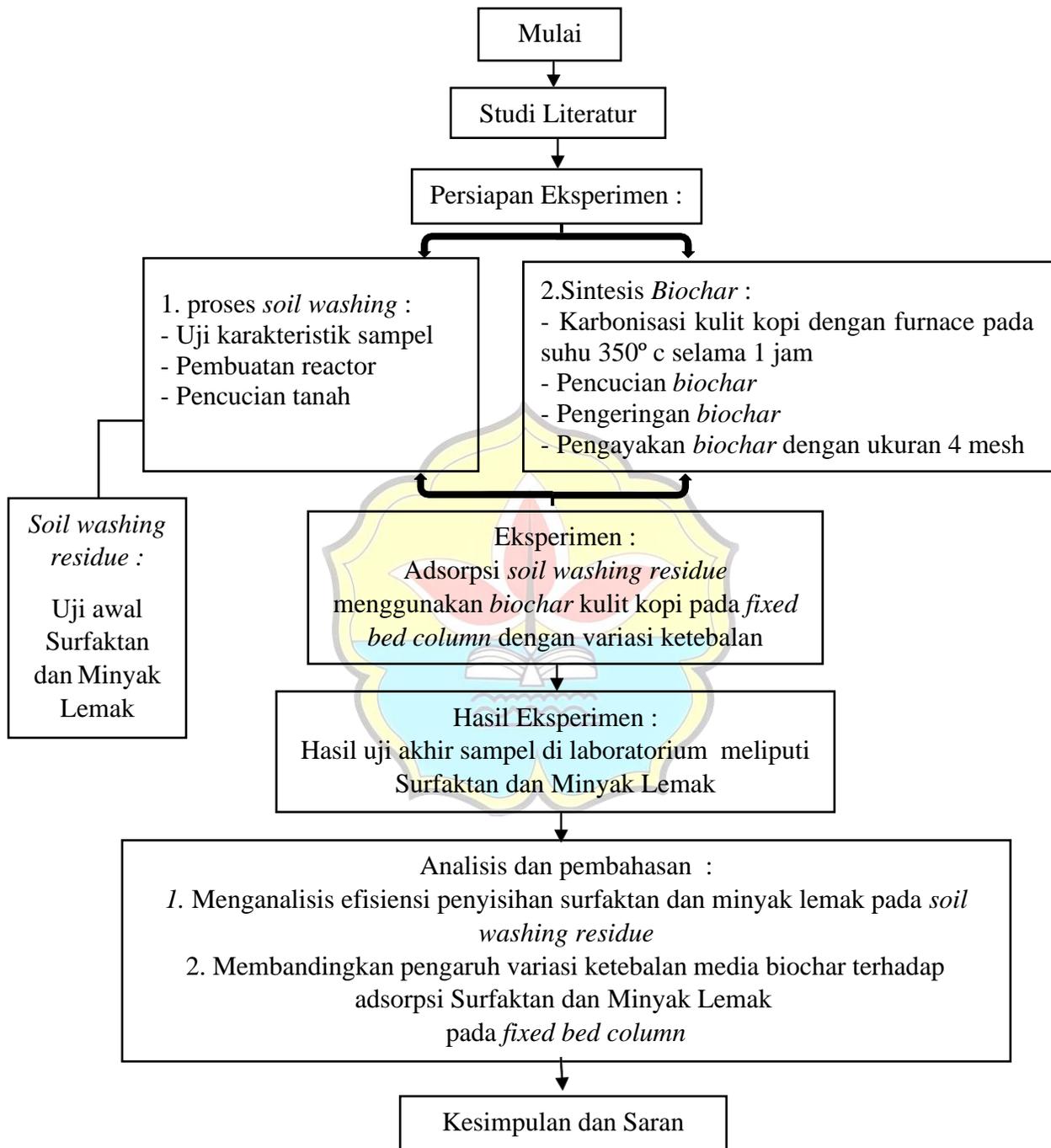
#### **3.3.1. Data Primer**

Data primer yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari sampel *soil washing residue* yang diperoleh secara langsung melalui proses analisis. Data primer diperoleh dengan melakukan pengujian konsentrasi surfaktan dan minyak lemak skala laboratorium pada *soil washing residue* sebelum dan sesudah proses adsorpsi, serta menghitung efisiensi penyisihan kontaminan (surfaktan dan minyak lemak) berdasarkan variasi ketebalan media *biochar*.

#### **3.3.2. Data Sekunder**

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pencarian dan pengkajian beberapa sumber literatur yaitu skripsi, buku, dan jurnal terdahulu serta artikel yang terdapat pada website yang berkaitan dengan topik penelitian penulis.

### 3.4 Alur Penelitian

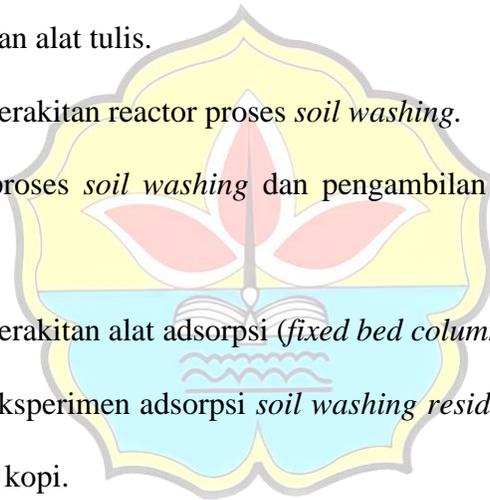


Gambar 3.1. Alur Penelitian

### 3.5. Teknik Pengambilan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan melalui percobaan. Dengan langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari *soil washing residue* dan limbah kulit kopi.
2. Melakukan sintesis *biochar* berbahan dasar kulit kopi.
3. Menyiapkan alat untuk penelitian diantaranya 2 buah reactor, keran air, timbangan, dan alat tulis.
4. Melakukan perakitan reactor proses *soil washing*.
5. Melakukan proses *soil washing* dan pengambilan sampel *soil washing residue*.
6. Melakukan perakitan alat adsorpsi (*fixed bed column*).
7. Melakukan eksperimen adsorpsi *soil washing residue* menggunakan adsorben *biochar* kulit kopi.
8. Menganalisis parameter *soil washing residue* meliputi Surfaktan, dan Minyak Lemak yang telah melalui proses adsorpsi.
9. Analisis data yang dilakukan untuk hasil penelitian yaitu dengan mencatat perubahan parameter *soil washing residue* sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan.



### 3.6. Prosedur Sintesis *Biochar* dan *Fixed Bed Column*

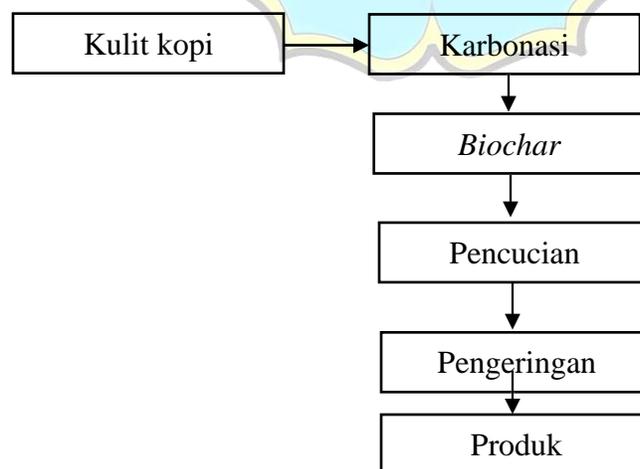
#### 3.6.1. Sintesis *Biochar*

Alat dan bahan sintesis *biochar* dengan furnance :

1. Alat yang digunakan adalah Furnance
2. Bahan baku yang digunakan adalah kulit kopi

Pembuatan *biochar* kulit kopi dengan metode karbonasi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Memasukkan kulit kopi kedalam alat furnance yang telah dipanaskan dengan laju pemanasan 20°C/menit hingga mencapai suhu 350°C.
2. Melakukan proses karbonasi dengan suhu 350°C selama 1 jam.
3. Setelah 1 jam, *biochar* di dinginkan pada udara terbuka.
4. Melakukan pencucian *biochar*.



Gambar 3.2 Flow diagram sintesis *biochar*

Menggunakan alat furnace, kulit kopi dikarbonasi dengan suhu 350°C selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian terhadap *biochar* menggunakan air aquadest hingga air cucian tampak jernih. Lalu dilakukan proses pengeringan menggunakan oven. *biochar* disimpan dan siap untuk digunakan.

### 3.6.2. Fixed Bed Column

Alat dan bahan pembuatan *fixed bed column*:

- Reaktor *soil washing* dengan jari-jari 2,7 cm dan tinggi 50cm
- Reaktor Adsorpsi (variasi ketebalan adsorben) dengan jari-jari 2,7 cm dan tinggi 50 cm.
- Bak penampung (hasil dari perlakuan)
- *Biochar* kulit kopi
- Keran air

Adapun cara membuat *fixed bed column* sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, lalu siapkan reaktor *soil washing*, reaktor adsorpsi dan bak penampung.
2. Pasang pipa sebagai saluran pengeluaran.
3. Selanjutnya masukan adsorben pada reaktor adsorpsi dengan variasi ketebalan yang telah ditetapkan.
4. Lalu alirkan air limbah *soil washing* ke masing-masing reaktor adsorpsi.
5. Hasil akhir ditampung kedalam bak penampung untuk selanjutnya dilakukan analisis di laboratorium Jambi Lestari Internasional.

### 3.7. Variasi Adsorpsi Eksperimen

Eksperimen dilakukan menggunakan tiga variasi ketebalan *Biochar* dengan perbandingan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Variasi Perlakuan pada *Fixed Bed Column*

Variasi Eksperimen	
Kontrol	Ketebalan <i>Biochar</i>
A	30 cm
B	20 cm
C	10 cm

Volume reactor :

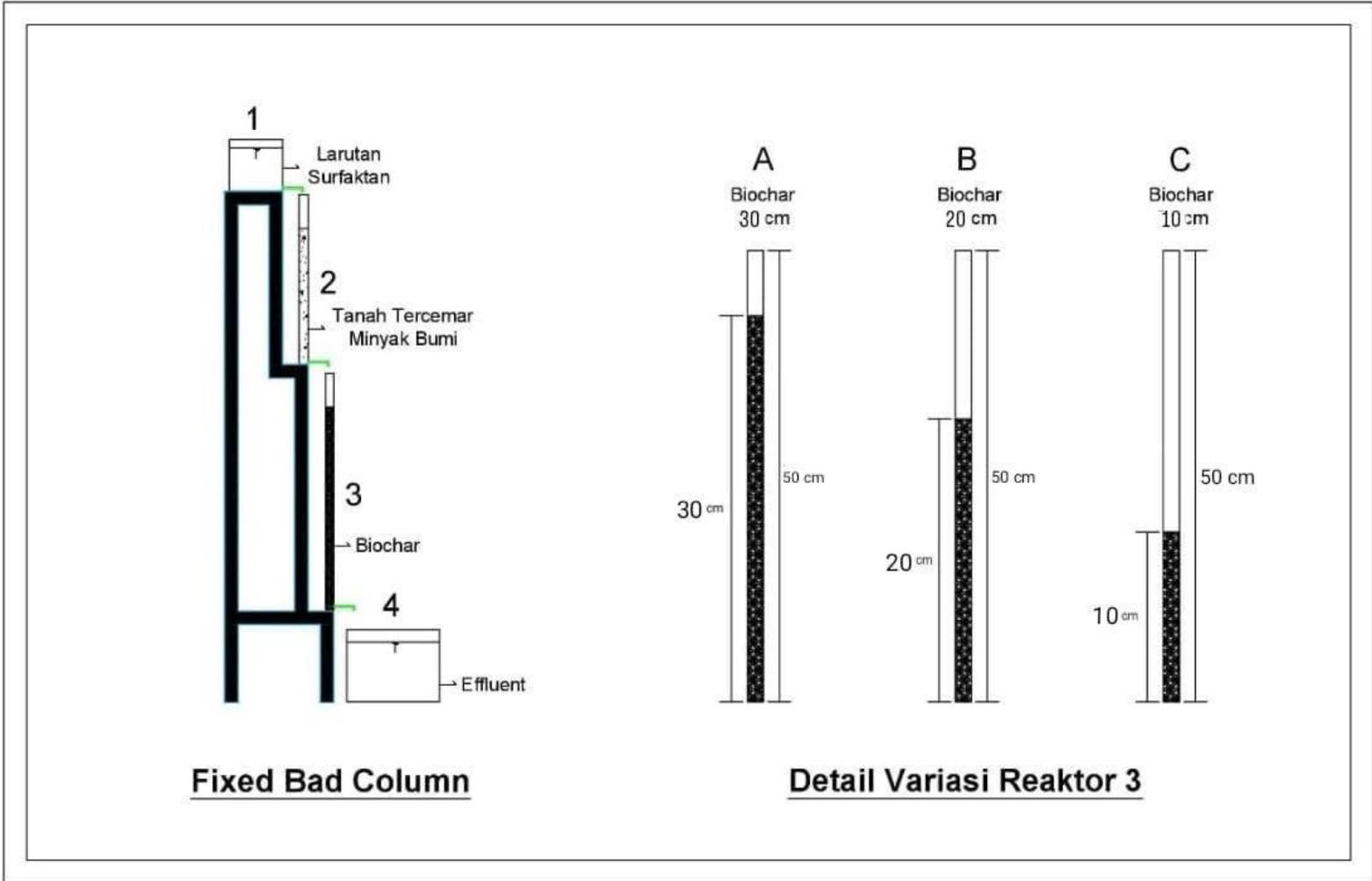
$$V = \pi r^2 \cdot t$$

$$V = 3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 50 \text{ cm}^3$$

$$= 1,14 \text{ liter}$$



Berdasarkan tabel 3.1. variasi eksperimen dilakukan berdasarkan perbedaan ketebalan (massa) *Biochar*. Volume reaktor yang digunakan adalah 1,14 L dengan variasi ketebalan *biochar* 30 cm, 20 cm, dan 10 cm.



Gambar 3.3 Desain Variasi Filtrasi Reaktor A, B dan C

### 3.8. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan pengujian kualitas *biochar* kulit kopi dengan menguji kadar air, kadar abu, dan kadar *volatile biochar* kulit kopi. Pengujian kualitas *soil washing residue*. Disamping itu juga dilakukan analisis pengaruh variasi ketebalan media *biochar* pada *fixed bed column* terhadap penurunan konsentrasi parameter Surfaktan dan Minyak lemak pada *soil washing residue* diamati dengan hasil analisis berdasarkan uji akhir parameter tersebut pada masing-masing reaktor. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik.

#### 3.8.1 Pengujian Kualitas *Biochar* Kulit Kopi

##### 1. Kadar Air

Prosedur penetapan kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai syarat pengujian arang aktif. Contoh uji arang sebanyak 1 gr dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 3 jam dan dihitung kadar airnya (%) dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan: W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

##### 2. Kadar Abu

Prosedur penetapan kadar abu mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai syarat pengujian arang aktif. Contoh uji sebanyak 1 gr

dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui bobot sebelumnya, kemudian di furnace pada suhu 500°C hingga seluruh sampel menjadi abu, kemudian didinginkan dalam desikator sampai suhu konstan. Kemudian dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3.2})$$

Keterangan: W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

### 3. Kadar Volatil

Untuk menghitung kadar *volatil* makan sebanyak 1 gr sampel ditimbang dan dimasukkan kedalam cawan porselen yang telah diketahui bobot sebelumnya. Selanjutnya sampel dipanaskan ke dalam oven dengan suhu 700°C selama 7 menit. Kemudian cawan dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam desikator selama 1 jam kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat akhir dari karbon aktif. Perhitungan kadar zat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar volatil} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3.3})$$

Keterangan: W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

### 3.8.2. Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme dalam adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus persamaan Langmuir dan Freundlich sebagai berikut:

#### c. Adsorption Isotherm Langmuir

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.4)}$$

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} V \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.5)}$$

#### d. Isotherm Adsorption Freundlich

$$\frac{x}{m} = K \cdot C^n \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.6)}$$

$$\log Q_e = \log KF + \frac{1}{n} \log CF \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.7)}$$

dimana :

Co = Konsentrasi awal

Ce = Konsentrasi Akhir

m = Massa Adsorben

V = Volume

Qe = Jumlah Kadar Teradsorpsi

KL = Konstanta Keseimbangan (Aktifitas Adsorpsi)

Qm = Kapasitas Adsorpsi Maksimum

x/m = Jumlah Kadar Teradsorpsi

K = Konstanta Adsorpsi

n = Konstanta Empiris



Tabel 3.2 Kriteria keeratan hubungan

Nilai Kriteria	Keterangan
< 0,21	Hubungan sangat kecil dan bisa diabaikan
0,21 hingga < 0,41	Hubungan yang kecil (tidak erat)
0,41 hingga < 0,61	Hubungan yang cukup erat
0,61 hingga < 0,81	Hubungan yang erat
0,81 hingga < 1,00	Hubungan yang sangat erat
1,00	Hubungan yang sempurna

Sumber : Guilfrd dalam Silalahi, 2010

### 3.8.3 Analisis Pengaruh Variasi Ketebalan *Biochar*

Pengaruh variasi ketebalan *Biochar* pada *fixed bed column* terhadap penyisihan konstrasi parameter Surfaktan dan Minyak lemak diamati dengan hasil analisis berdasarkan uji akhir paramaer tersebut pada masing-masing reaktor. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik.

Tabel 3.3. Kriteria Efektifitas penurunan Pencemar

NO	Nilai Persentase Efisiensi, X (%)	Keterangan
1	X > 80	Sangat Efektif
2	60 < X ≤ 80	Efektif
3	40 < X ≤ 60	Cukup Efektif
4	20 < X ≤ 40	Kurang Efektif
5	X ≤ 20	Tidak Efektif

Sumber : Soeparman dan Soeparmin, 2001

Menurut (Setiyanto, 2016) untuk menentukan efisiensi penyisihan pencemar dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ Efektivitas (E)} = \frac{\text{kandungan awal} - \text{kandungan akhir}}{\text{kandungan awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.8)$$

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Proses Pembuatan *Biochar* Kulit Kopi

Proses pembuatan *biochar* kulit kopi pada penelitian ini dilakukan secara bertahap diantaranya tahapan pertama adalah proses karbonisasi kulit kopi menjadi *biochar* dengan menggunakan alat furnace pada suhu 350°C selama 1 jam. Setelah kulit kopi menjadi *biochar*, dilakukan proses pengayakan dengan ukuran bukaan 4 mesh agar *biochar* memiliki ukuran yang seragam. Berikut merupakan gambar proses karbonisasi kulit kopi menjadi *biochar* :



(a) kulit kopi sebelum dimasukan ke furnace



(b)

persiapan proses furnace



(c) Biochar kulit kopi

Gambar 4.1 Proses Pembuatan Biochar Kulit Kopi

Tahap selanjutnya yakni proses pencucian *biochar* menggunakan air aquades dengan tujuan untuk membersihkan *biochar* dari serbuk-serbuk halus yang terbentuk selama proses karbonasi. Proses pencucian dilakukan secara berulang sampai warna air cucian menjadi jernih. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan untuk menghilangkan kadar air dan *biochar* ditempatkan didalam desikator sebelum dilakukan proses karakterisasi untuk mengetahui kualitas *biochar* kulit kopi.

#### **4.2 Kualitas Biochar Kulit Kopi**

Karakterisasi *biochar* kulit kopi dilakukan untuk mengetahui kualitas biochar kulit kopi sebelum digunakan dalam proses pengolahan *soil washing residue*. Karakterisasi dilakukan dengan melakukan uji kadar air, kadar abu, dan kadar volatil. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 mengenai syarat mutu arang aktif teknis, arang aktif berbentuk butiran yang berkualitas baik yaitu memiliki kadar air maksimal 4,4%,

kadar abu maksimal 2,5% dan kadar volatile maksimal 15%. Adapun hasil uji karakteristik ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik *Biochar* Kulit Kopi

Parameter	Hasil uji	SNI 06-3730-1995
Kadar air (%)	4	4,4 %
Kadar abu (%)	2,18	2,5 %
Kadar volatil (%)	11,36	15 %

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari (2022)

Berdasarkan Tabel 4.1. diketahui bahwa kadar air yang terkandung dalam *biochar* kulit kopi sebesar 4% dimana nilai tersebut telah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995. Rendahnya kadar air yang terkandung memperlihatkan bahwa kandungan air pada bahan baku keluar pada proses karbonisasi. Kemudian pada pengujian kadar abu diperoleh sebesar 2,18% yang telah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995. Kandungan abu pada karbon aktif dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga berpengaruh pada berkurangnya luas permukaan karbon aktif. Semakin rendahnya nilai kadar abu yang dihasilkan menandakan kualitas *biochar* yang semakin bagus pula dimana permukaan *biochar* yang dihasilkan lebih bersih karena rendahnya penyumbatan pori-pori *biochar* oleh kadar abu. Sedangkan untuk pengujian kadar volatil didapatkan hasil sebesar 11,36 % yang telah memenuhi standar baku mutu berdasarkan SNI 06-3730-1995 mengenai syarat mutu arang aktif teknis.

## 4.2 Soil Washing Residue

*Soil washing* yang telah dilakukan pada tanah tercemar minyak bumi menghasilkan residu berupa air effluent yang memerlukan pengolahan terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan kontaminan sebelum dibuang ke lingkungan. Untuk mengetahui konsentrasi kandungan pencemar pada *soil washing residue* maka dilakukan pengujian dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel. 4.2 Hasil Uji Soil Washing Residue

Parameter	Hasil	Satuan
Minyak lemak	4,6	mg/L
Surfaktan	0,17	mg/L

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari dan Laboratorium Jambi Lestari (2022)

## 4.3 Pengolahan Soil Washing Residue

Proses adsorpsi pada *fixed bed column* dirancang berupa kolom silinder dengan media adsorben berupa *biochar* kulit kopi. *Soil washing residue* dialirkan menggunakan model aliran dari atas ke bawah (*down flow*) sehingga terjadi proses kontak terhadap adsorben *biochar* kulit kopi yang diharapkan akan mengadsorpsi parameter pencemar pada *soil washing residue*. Efisiensi adsorpsi merupakan kemampuan penyerapan yang dapat dilakukan oleh suatu adsorben. Nilai efisiensi yang akan dihitung dalam penelitian ini meliputi parameter minyak lemak yang merupakan zat pencemar pada *soil washing residue* yang telah dilakukan proses pengolahan menggunakan *biochar* kulit kopi pada *fixed bed column*.

Pengolahan *soil washing residue* menggunakan *biochar* kulit kopi pada *fixed bed column* dilakukan dengan 3 variasi ketebalan adsorben yaitu dengan ketebalan 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. pengaliran *soil washing residue* pada *fixed bed column* dilakukan secara kontinu dan didapatkan nilai waktu retensi yang berbeda pada tiap variasi ketebalan. Waktu retensi pengolahan *soil washing residue* dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Waktu Retensi Pengolahan Soil Washing Residue pada Fixed Bed Column

Ketebalan media <i>biochar</i> kulit kopi	Massa (gr)	Waktu retensi (detik)
10 cm	146	20
20 cm	295	150
30 cm	340	210

Sumber : Data Primer (2022)

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa ketebalan adsorben pada *fixed bed column* mempengaruhi waktu pengolahan *soil washing residue* dimana semakin meningkat ketebalan adsorben waktu retensi yang dibutuhkan semakin lama. Pada ketebalan adsorben 10 cm dibutuhkan waktu retensi selama 20 detik, ketebalan 20 cm adsorben dibutuhkan waktu retensi selama 150 detik dan ketebalan 30 cm dibutuhkan waktu retensi 210 detik.

#### 4.3.1. Penyisihan Minyak Lemak Pada *Soil Washing Residue*

Minyak lemak merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas air limbah, senyawa tersebut dapat mencemari badan air, sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Dalam *soil washing residue* terdapat parameter minyak lemak yang terdistribusi selama proses pencucian tanah tercemar minyak bumi (Aulia, 2020).

Minyak lemak menjadi salah satu parameter yang penting untuk dianalisis karena menjadi salah satu parameter pencemar dalam *soil washing residue*. Penelitian ini menggunakan 3 variabel bebas, yakni variabel ketebalan media *biochar* dengan variasi 10 cm, 20 cm dan 30 cm. Tujuan dari variasi tersebut adalah untuk melihat efisiensi dari adsorben *biochar* kulit kopi dalam menyisihkan minyak lemak pada *soil washing residue*. Hasil uji minyak lemak dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Hasil Uji Penyisihan Parameter Minyak Lemak

Ketebalan media <i>biochar</i> kulit kopi	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
10 cm	146	4,6	2,5	45,65	0,0072
20 cm	295	4,6	1,79	61,09	0,0057
30 cm	340	4,6	0,26	94,35	0,0077

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari (2022)

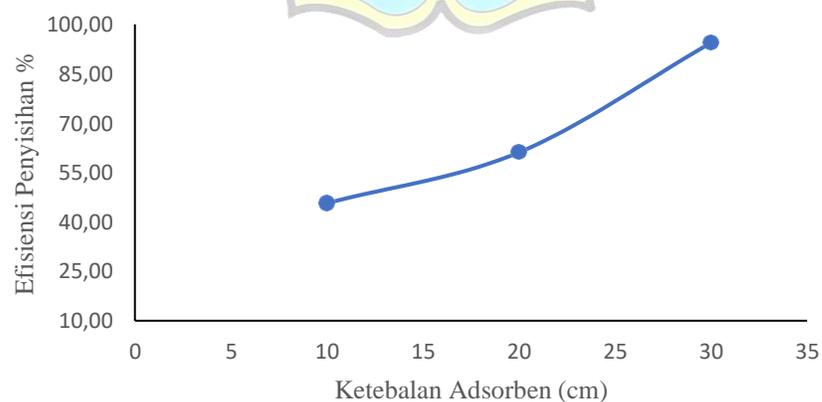
Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa konsentrasi awal parameter minyak lemak yakni 4,6 mg/l dan setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan adsorben *biochar* kulit kopi yang divariasikan dengan 3 ketebalan media adsorben, didapatkan hasil bahwa konsentrasi parameter minyak lemak mengalami penurunan dengan variasi ketebalan media 10 cm, 20 cm, dan 30 cm secara berurut menjadi 2,5 (mg/L), 1,79 (mg/L) dan 0,26 (mg/L).

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.4 diketahui bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi parameter minyak lemak adalah sebesar 94,35 % pada ketebalan media *biochar* kulit kopi 30 cm. Nilai penyisihan yang didapat merupakan tingkat adsorpsi oleh *biochar* kulit kopi terhadap *soil washing residue* yang

dipengaruhi oleh jumlah adsorben serta waktu kontak yang dibutuhkan selama proses pengaliran dilakukan. Semakin besar jumlah adsorben yang digunakan maka waktu kontak *soil washing residue* terhadap *biochar* kulit kopi akan semakin meningkat pula. Hal ini mempengaruhi tingkat adsorpsi parameter pencemar menjadi semakin baik dapat disimpulkan bahwa ketebalan media sebesar 30 cm sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi parameter minyak lemak.

#### 4.3.2 Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Penyisihan Minyak Lemak

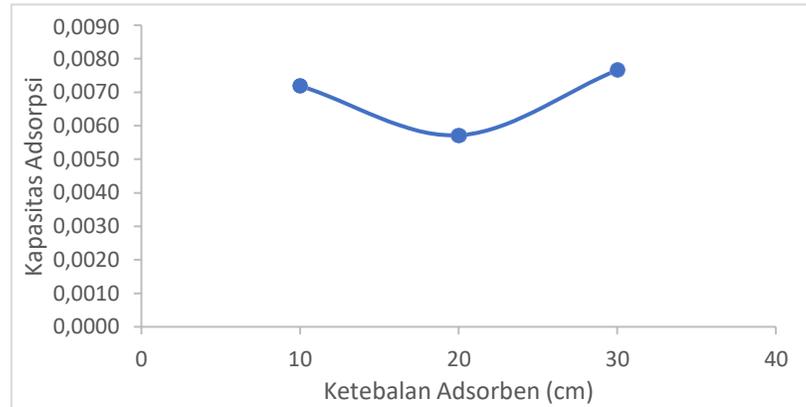
Ketebalan adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penyisihan parameter minyak dan lemak. Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan adsorben untuk melihat pengaruh ketebalan adsorben terhadap penyisihan parameter minyak lemak. Adapun perbandingan nilai yang diperoleh dari proses adsorpsi pada pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column* dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Penyisihan Minyak Lemak

Berdasarkan gambar 4.2, diketahui bahwa ketebalan adsorben memiliki pengaruh yang begitu signifikan dimana terjadi peningkatan nilai efisiensi penyisihan parameter minyak lemak seiring dengan meningkatnya ketebalan adsorben. Pada proses adsorpsi peningkatan ketebalan adsorben akan mempengaruhi peningkatan massa adsorben sehingga menyebabkan perpindahan masa yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Hidayat (2019) menyatakan bahwa peningkatan rasio *biochar* meningkatkan kemampuan penyerapan oleh karena jumlah akumulasi *biochar* yang memadai sehingga mampu menyerap secara optimal.

Kondisi serupa terjadi pada penelitian oleh Jisha (2017 dalam Anwar, 2022) yang menggunakan adsorben kulit jeruk bahwa massa adsorben memiliki pengaruh terhadap jumlah adsorbat yang terjerap. Peningkatan massa adsorben akan menyediakan lebih banyak permukaan sebagai situs adsorpsi. Pada umumnya, penambahan massa adsorben meningkatkan penyerapan polutan yang mana akan meningkatkan persentase penyisihan akibat peningkatan waktu kontak adsorben terhadap adsorbat sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung secara maksimal. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa ketebalan adsorben meningkatkan waktu kontak antara adsorben dan air limbah *soil washing residue* sehingga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Hal demikian sesuai dengan penelitian Aulia, (2020) bahwa kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan meningkatnya waktu kontak.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan Gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi ketebalan 10 cm kapasitas adsorpsi bernilai 0,0072 pada ketebalan 20 cm kapasitas adsorpsi bernilai 0,0057 dan pada variasi 30 cm kapasitas adsorpsi bernilai 0,0077 dimana peningkatan ketebalan adsorben mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi.

#### 4.3.3 Isoterm Adsorpsi Minyak Lemak

Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya jumlah adsorbat yang terakumulasi pada permukaan adsorben selama proses adsorpsi. Isoterm adsorpsi adalah suatu hubungan kesetimbangan antara konsentrasi fase cair dan partikel adsorben. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

##### a. Isoterm Freundlich

Isoterm freundlich mempelajari hubungan adsorpsi reversibel terbatas pada non ideal dan pembentukan multilayer. Isoterm ini biasanya berhubungan dengan sistem heterogen seperti senyawa organik, saringan molekuler, dan spesies interaktif

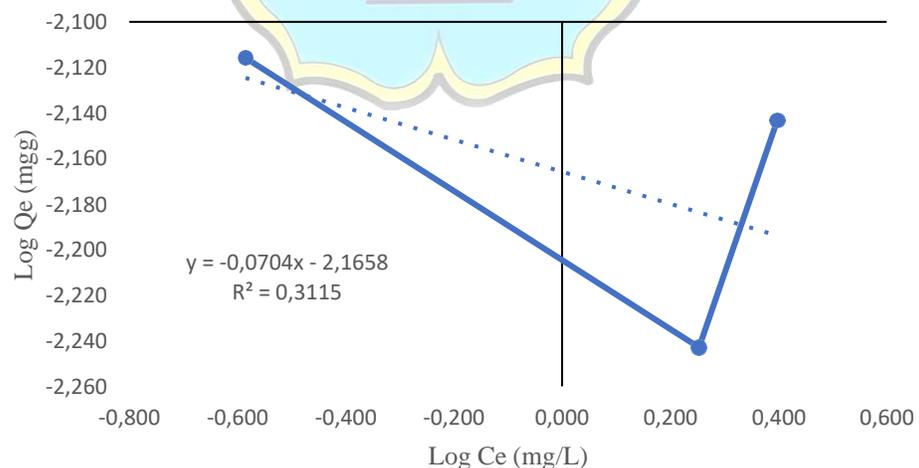
yang terdapat pada karbon aktif (Narimo, 2022). Persamaan freundlich menyatakan bahwa suatu proses adsorpsi jika mengikuti isoterm freundlich maka log Qe terhadap log Ce akan menghasilkan garis lurus.

Tabel 4.5 Perhitungan Isoterm Freundlich Minyak Lemak Pada Adsorben Biochar Kulit Kopi

Ketebalan	Massa (gr)	V (L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
10 cm	146	0,5	4,6	2,5	0,398	0,0072	-2,143
20 cm	295	0,6	4,6	1,79	0,253	0,0057	-2,243
30 cm	340	0,6	4,6	0,26	-0,585	0,0077	-2,116

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan Tabel 4.5 diatas, dapat dibuat sebuah grafik dengan memplotkan nilai Log Ce sebagai sumbu x dan nilai Log Qe sebagai sumbu y untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut.



Gambar 4.4 Grafik Isoterm Freundlich Penyisihan Minyak Lemak

Berdasarkan gambar 4.4 tersebut, dapat dilihat bahwa model isotherm freundlich pada proses adsorpsi minyak lemak menggunakan adsorben kulit kopi mendapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,3115 yang menunjukkan hubungan korelasi yang kecil yang dapat diartikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi dinilai tidak sesuai dengan persamaan isotherm freundlich.

### b. Isotherm Langmuir

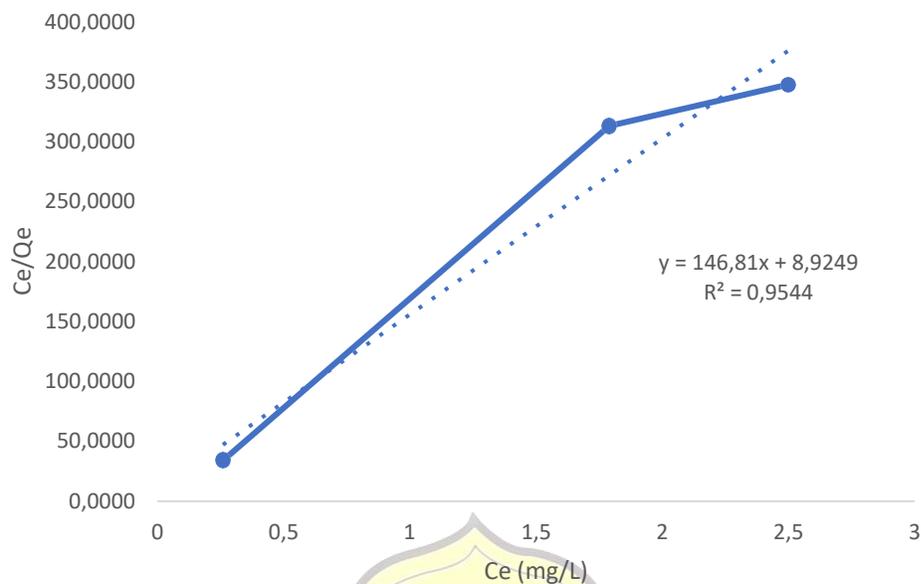
Isotherm langmuir memaparkan model isotherm untuk gas teradsorpsi ke dalam suatu padatan. Adsorbat terbatas pada suatu lapisan molekul sebelum tekanan tercapai. Persamaan langmuir menggambarkan terjadinya ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat dimana proses adsorpsi terjadi pada permukaan monolayer yang homogen (miri, 2022).

Tabel 4.6 Perhitungan Isotherm Langmuir Minyak Lemak Pada Adsorben Biochar Kulit Kopi

Massa (gr)	V (L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
146	0,5	4,6	2,5	0,0072	347,6190	20301	0,4
295	0,6	4,6	1,79	0,0057	313,1969	51616	0,56
340	0,6	4,6	0,26	0,0077	33,9478	44393	3,85

Sumber : Data Primer (2022)

Pada persamaan langmuir, grafik dapat dibuat dengan memplotkan nilai Ce sebagai sumbu x dan nilai Ce/Qe sebagai sumbu y untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut.



Gambar 4.5 Grafik Isoterm Langmuir Penyisihan Minyak Lemak

Berdasarkan Gambar 4.5 tersebut, dapat dilihat bahwa model isoterm freundlich pada proses adsorpsi minyak lemak menggunakan adsorben kulit kopi mendapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9544 yang menunjukkan hubungan yang sangat erat yang dapat diartikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi dinilai sesuai dengan persamaan isoterm langmuir.

Kesetimbangan adsorpsi dapat diartikan sebagai penjelasan matematis dalam isothermal tertentu pada adsorben yang digunakan.(Miri, 2022). Model isoterm yang umum digunakan dalam penentuan model kesetimbangan dari suatu adsorpsi adalah isoterm freundlich dan langmuir. Pola isoterm adsorpsi dapat ditentukan dengan memasukkan data penelitian ke dalam rumus persamaan freundlich dan langmuir . Isoterm suatu adsorpsi ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinan atau dilambangkan dengan  $R^2$ .

Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 dan 4.3, dapat dilihat bahwa model isoterm freundlich diperoleh nilai regresinya yakni  $R^2 = 0,3115$  dengan persamaan linearnya  $y = -0,0704x - 2,1658$  nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan korelasi yang kecil (tidak erat). Sedangkan pada grafik langmuir pada adsorben *biochar* kulit kopi didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,954 yang menunjukkan hubungan korelasi yang sangat kuat dengan persamaan linearnya  $y=146,81x + 8,9249$ .

### C. Perbandingan Hasil Isoterm Freundlich dan Langmuir

Dari persamaan yang diperoleh dari kedua grafik di atas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam proses adsorpsi parameter minyak lemak pada pengolahan *soil washing residue* menggunakan *biochar* kulit kopi pada *fixxed bed column* yaitu pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Persamaan Isoterm

Isoterm Freundlich	KF	0,0068
	1/n	- 0,0704
	N	-14,204
	$R^2$	0,3115
Isoterm Langmuir	Qm	0,0068
	KL	16,449
	RL	0,013
	$R^2$	0,954

Sumber : Data Primer (2022)

Untuk menentukan persamaan isoterm freundlich perlu mencari nilai log k dan 1/n dengan cara membuat grafik. Mengeplotkan log x/m ( $q_e$ ) versus log  $C_e$  dengan menggunakan excel. Pemetaan grafik yang dihasilkan adalah garis linear dengan intercept log k dan slope = 1/n. Pada isoterm freundlich nilai 1/n adalah

intensitas adsorpsi apabila nilai  $1/n$  berada pada rentang  $> 0$  sampai  $< 1$  maka adsorpsi berlangsung dengan baik melalui adsorpsi secara fisik, tidak sesuai apabila  $1/n > 1$ , dan tidak dapat diubah apabila  $1/n = 1$ . Pada proses adsorpsi minyak lemak diperoleh nilai  $1/n$  sebesar 0,0704 yang mengindikasikan bahwa proses adsorpsi terjadi dengan baik. Nilai  $k_f$  menunjukkan indikator relatif kapasitas adsorpsi maksimum yang berkaitan dengan adsorben. Dimana semakin besar  $k_f$  maka semakin besar kapasitas adsorpsinya. Nilai minus (-) yang didapat pada intensitas serapan ( $n$ ) adsorben disebabkan karena kecilnya energi ikatan antara adsorbat dengan situs aktif adsorben.

Pada persamaan isoterm Langmuir dapat ditentukan berdasarkan nilai  $RL$  (dimensi kuantitas adsorpsi) dimana nilai  $RL$  berada pada rentang  $> 0$  sampai  $< 1$  merupakan indikasi baik (sesuai)  $RL = 1$  adalah linear dan  $RL > 1$  mengindikasikan proses adsorpsi berjalan tidak sesuai. Nilai  $RL$  untuk adsorpsi minyak lemak sebesar 0,013 maka proses adsorpsi tersebut berjalan baik (sesuai).  $Q_m$  merupakan nilai kapasitas adsorpsi maksimum dimana nilai  $Q_m$  yang lebih besar menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi semakin besar pula.

Isoterm pada suatu adsorpsi dapat ditentukan dengan melihat harga dari koefisien determinan atau dilambangkan dengan  $R^2$ . Dapat dijelaskan bahwa pada proses adsorpsi parameter minyak lemak menggunakan adsorben *biochar* kulit kopi dalam mekanisme adsorpsinya lebih mengikuti pola Isotermal Langmuir dengan harga koefisienn determinan sebesar 0,954 (paling mendekati 1). Diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum ( $Q_m$ ) sebesar 0,0068 mg/g. Hal tersebut menandakan bahwa

proses adsorpsi berlangsung secara kimia dan terjadi pada lapisan tunggal bahan teradsorpsi diatas permukaan adsorben yang seragam pada suhu konstan dimana terbentuk ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Asumsi dasar pada isoterm ini (Sembodo,2006) yaitu semua situs adsorpsi setara, molekul yang teradsorpsi tidak berinteraksi, terjadi melalui mekanisme yang sama dan pada adsorpsi maksimum, monolayer akan terbentuk.

#### **4.4 Metode MBAS Pada *Soil Washing Residue***

Metode MBAS (Methylene Blue Active Surfactant) merupakan salah satu metode standar yang biasa digunakan untuk menentukan kandungan deterjen atau surfaktan. Prinsip metode MBAS adalah surfaktan anionik akan bergabung dengan metilen biru membentuk kompleks biru, yang larut dalam fase kloroform. Ini terjadi melalui susunan pasangan ion, yaitu melalui anion MBAS dan kation biru metilen. Intensitas biru yang dihasilkan dalam fase organik adalah ukuran MBAS. Uji MBAS dilakukan untuk mendeteksi senyawa bahan pembusa, deterjen, serta zat anionic lainnya dalam air.

Proses *soil washing* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan surfaktan Tween 80 (polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate). *Soil washing* dilakukan untuk melarutkan pencemar pada tanah tercemar minyak bumi sehingga kandungan pada *soil washing residue* (fase cair) dimungkinkan berasal dari cemaran minyak bumi pada tanah dan penggunaan surfaktan sebagai pelarut kontaminan. Proses *soil washing* menghasilkan produk berupa tanah bersih dan residue berupa air

sisanya pencucian tanah (*soil washing residue*). Sebagian besar fraksi kontaminan pada tanah terdistribusi ke *soil washing residue* bersama senyawa surfaktan yang digunakan dalam proses pencucian tanah.

Surfaktan menjadi salah satu parameter yang penting untuk dianalisis karena menjadi salah satu parameter pencemar dalam *soil washing residue*. Penelitian ini melakukan pengukuran MBAS terhadap *soil washing residue* untuk mengetahui kandungan pencemar yaitu surfaktan yang berada pada *soil washing residue* sebelum dan setelah proses adsorpsi dilakukan agar dapat mengetahui efektifitas penyisihan parameter surfaktan oleh *biochar* kulit kopi. Konsentrasi surfaktan diketahui dengan pengujian MBAS pada larutan tween 80 murni 1% yaitu sebesar 0,014 mg/L mengindikasikan bahwa metode MBAS dapat mendeteksi senyawa surfaktan pada larutan tween 80.

#### **4.4.1 Penyisihan Surfaktan Pada Soil Washing Residue**

Dalam penelitian ini, surfaktan yang digunakan adalah Tween 80 (polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate) yang merupakan surfaktan nonionik. Konsentrasi surfaktan pada *soil washing residue* diketahui dengan pengujian surfaktan pada larutan tween 80 yaitu sebesar 0,17 mg/L. Penelitian ini menggunakan 3 variabel bebas, yakni variabel ketebalan adsorben *biochar* dengan variasi 10 cm, 20 cm dan 30 cm. Tujuan dari variasi tersebut untuk melihat efisiensi dari adsorben *biochar* kulit kopi terhadap penyisihan parameter surfaktan pada *soil washing residue*. Hasil uji surfaktan pada air *effluent* dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.8 Hasil Uji Penyisihan Parameter Surfaktan

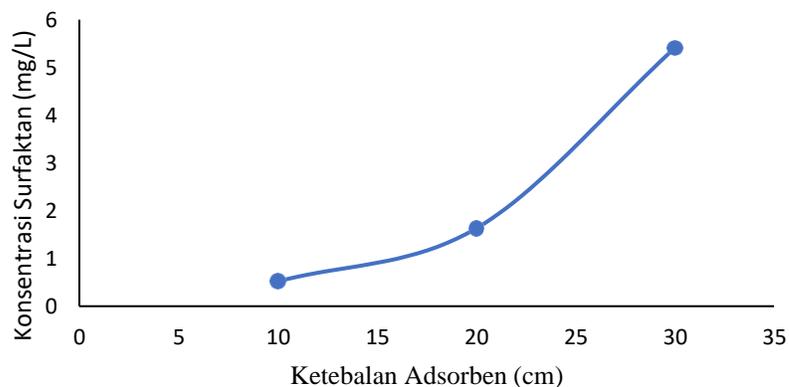
Ketebalan adsorben <i>biochar</i> kulit kopi	Larutan tween 80 murni 1% (mg/L)	Waktu retensi (detik)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Kenaikan Surfaktan (%)
10 cm	0,0416	20	0,17	0,518	304,70
20 cm	0,0416	150	0,17	1,63	958,82
30 cm	0,0416	210	0,17	5,41	3182,35

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Jambi Lestari International (2022)

Dari data pada Tabel 4.8 diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi parameter surfaktan dalam *soil washing residue* yang pada awalnya bernilai 0,17 mg/L mengalami kenaikan setelah proses adsorpsi dilakukan menjadi 0,518 mg/L hingga 5,41 mg/L. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan salah satunya yaitu pemilihan uji surfaktan dengan metode MBAS kurang optimal untuk dilakukan pada pengujian surfaktan nonionik yang digunakan pada penelitian ini. Metode MBAS lebih tepat digunakan untuk menentukan kandungan surfaktan anionik dalam air limbah.

#### 4.4.2 Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Konsentrasi Surfaktan

Ketebalan adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yang berlangsung. Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan adsorben untuk melihat pengaruh ketebalan adsorben terhadap konsentrasi surfaktan adapaun perbandingan nilai yang diperoleh dari proses adsorpsi pada pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column* dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Ketebalan Adsorben Terhadap Konsentrasi Surfaktan

Berdasarkan Gambar 4.5 diatas, diketahui bahwa pada ketebalan adsorben 10 cm konsentrasi surfaktan bernilai 0,518 mg/L dan pada ketebalan adsorben 20 cm konsentrasi surfaktan bernilai 1,63 mg/L dan pada ketebalan 30 cm konsentrasi surfaktan bernilai 5,41 mg/L dimana terjadi peningkatan konsentrasi yang sebanding dengan peningkatan ketebalan adsorben. Peningkatan ketebalan adsorben menyebabkan waktu kontak yang lebih lama sehingga terjadi transfer masa yang lebih besar hal ini dapat mempengaruhi nilai analisis surfaktan yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan adsorben.

Dalam penelitian Rosidah, (2021) diketahui bahwa kulit kopi mengandung beberapa senyawa fitokimia seperti alkaloid, saponin, fenol, flavonoid, tannin dan sterol. Saponin merupakan komponen kompleks glikosida tumbuhan yang bila terhidrolisis sempurna akan membentuk 2 senyawa utama yaitu gula dan bukan gula (aglikon). Saponin diklasifikasikan kedalam 2 kelompok utama yaitu saponin triterpenoid dan saponin steroid. Kedua jenis saponin tersebut memiliki tingkat

kelarutan yang hampir sama, dapat larut dalam air dan etanol namun tidak larut dalam eter (Robinson, 1995 dalam Rosidah, 2021).

Senyawa saponin memiliki sifat amfifilik yaitu memiliki gugus polar dan non-polar dalam satu molekul, mereka aktif di permukaan. Kondisi ini menyebabkan saponin dapat terhidrolisis dengan air dan membentuk misel setelah dikocok. Misel dapat berinteraksi dengan air karena bagian polarnya berada di posisi luar dan bagian non-polarnya berada di posisi dalam. Hal tersebut menyebabkan terlihat seperti busa pada molekul air. (Robinson, 1995 dalam Rosidah 2021). Saponin dikarakteristikan sebagai surfaktan artinya dapat berfungsi untuk pelarut kotoran dan lemak (Zulfa,2015). Hal inilah yang menyebabkan peningkatan konsentrasi MBAS pada hasil uji. Dapat dianalisis bahwa kandungan saponin pada *biochar* kulit kopi terdeteksi sebagai senyawa pembusa dan dianggap sebagai konsentrasi parameter surfaktan pada metode MBAS.

Pertambahan ketebalan adsorben meningkatkan konsentrasi MBAS pada hasil uji air effluent. Pada proses adsorpsi, surfaktan akan menarik dan berikatan dengan unsur *biochar* kulit kopi yang mengandung saponin sehingga menyebabkan peningkatan jumlah surfaktan pada air effluent. Hal ini terlihat pada perubahan secara fisik yang ditandai dengan perubahan intensitas warna air effluent. Pengolahan *soil washing residue* menggunakan *biochar* kulit kopi bukan untuk menyisahkan parameter surfaktan namun untuk *recovery* kandungan surfaktan pada air effluent.

Hal ini sesuai dengan penelitian Ahn, (2008) dimana karbon aktif digunakan untuk memulihkan surfaktan dalam *soil washing residue* dengan mengadsorpsi

kontaminan PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons). Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa konsentrasi surfaktan yang diserap pada karbon aktif yaitu 0,20 gr/L pada larutan tween 40 dengan fraksi surfaktan yang tersisa setelah adsorpsi berkisar antara 85 % hingga 89 % dan tidak jauh berbeda antara surfaktan anionik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa adsorpsi surfaktan oleh *biochar* kulit kopi sangat kecil sehingga pengaplikasian *biochar* kulit kopi pada *soil washing residue* lebih tepat digunakan untuk *recovery* untuk air *residue soil washing* sehingga dapat digunakan kembali dalam proses *soil washing* karena mengandung konsentrasi surfaktan lebih tinggi.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

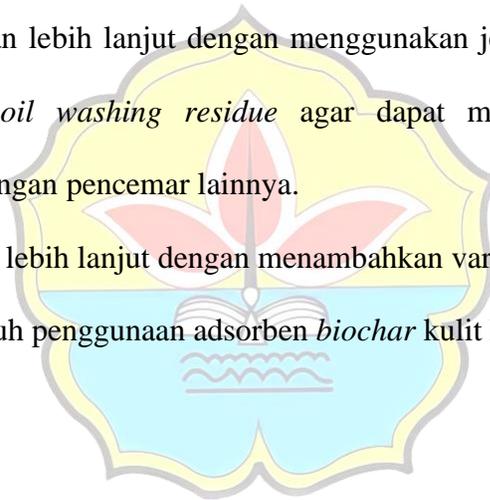
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan *biochar* kulit kopi untuk pengolahan *soil washing residue* pada *fixed bed column* dinilai efektif dalam menyisihkan parameter minyak lemak. Nilai efisiensi penyisihan parameter minyak lemak berada dalam rentang hasil uji akhir 45,65 % - 94,35 %.
2. Variasi ketebalan adsorben *biochar* kulit kopi memberikan pengaruh dalam menyisihkan parameter minyak lemak. Variasi ketebalan adsorben 30 cm lebih optimal pada penyisihan minyak lemak dengan efisiensi sebesar 94,35 % dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0077 mg/L dibandingkan ketebalan 10 cm dan 20 cm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan adsorben memungkinkan transfer masa yang lebih besar. Namun pada parameter surfaktan, adsorben *biochar* kulit kopi justru mengakibatkan penambahan konsentrasi surfaktan pada air effluent yang dikenal dengan istilah *rocovery*.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis guna melengkapi kekurangan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji parameter pencemar lainnya selain minyak lemak dan surfaktan pada *soil washing residue*
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai unsur dan ikatan kimia *biochar* kulit kopi agar dapat diterapkan untuk penyisihan parameter yang lebih tepat.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis adsorben berbeda pada pengolahan *soil washing residue* agar dapat menyisihkan parameter surfaktan dan kandungan pencemar lainnya.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi ketebalan untuk mengetahui titik jenuh penggunaan adsorben *biochar* kulit kopi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Feria Tia. (2007) : Ekstraksi Fe (II)-1, 10- Fenantrolin Menggunakan Metode Cloud Point dengan Surfaktan Tween 80. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, 11-15.
- Ahn, C.K., Kim, Y.M., Woo, S.H., Park, J.M., 2007. Selective adsorption of phenanthrene dissolved in surfactant solution using activated carbon. *Chemosphere* 69 (11), 1681–1688.
- Ahn, C.K., Kim, Y.M., Woo, S.H., Park, J.M., 2008. Soil washing using various nonionic surfactants and their recovery by selective adsorption with activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 154, 153–160
- Ahmed M.B, et all. (2016). Progress in the Preparation and Application of Modified *Biochar* for Improved Contaminan Removal From Water And Wastewater, *Bioresour. Technol.* 214. 836-851.
- Aji, W. J., (2022) Analisis Surfaktan Anionik dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Metilen Biru pada Sampel Air Limbah Inlet dan Outlet di Laboratorium Kesehatan Daerah DKI Jakarta. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia
- Andara, D.R, Haerudin, Suryanto A. (2014). Kandungan Toal Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai klampisan di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Diponegoro Jurnal Of Maquares.* Vol 3, nomor 3, 2014, 177-187.
- Anwar, N. A. F, dkk. (2022) Pngaruh Variasai Waktu Kontak dan Massa Adsorben Kulit Jeruk Siam (*Citrus Nobilis*) Terhadap Penyisihan Kadmium (CD) dan Merkuri (HG). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 6, no. 1, 2022 *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 6, no. 1, 2022
- Aulia, R.R, dan Effendi, A.J. (2020). Penyisihan Merkuri (Hg) dari Air Hasil Pencucian Tanah Menggunakan Adsorben GAC Terimpregnasi Fe dan Ce
- Bandala, E.R., Velasco, Y., Torres, L.G., 2008. Decontamination of soil washing wastewater using solar driven advanced oxidation processes. *J. Hazard. Mater.* 160, 402–407.

- Desrina, R. (2012). Reklamasi Daerah Bencana Semburan Lumpur melalui Remediasi Cuci Lahan. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*. 46 (3) : 117-123.
- Estikarini, H., Hadiwidodo, M., dan Luvita, V. (2016). Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Tekstil engan Metode Ozonasi, 5 (1), 1-11.
- Fabbri, D., Crime, A., Davezza, M., Medana, C., Baiocchi, C., Prevot, A.B., Pramauro, E., 2009. Surfactant-assisted removal of swep residues from soil and photocatalytic treatment of the washing wastes. *Appl. Catal. B* 92, 318–325.
- Fajriaty,R. (2022). Pengaruh Penggunaan Biochar dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Constructed Wetland. Tugas Akhir. Universitas Batanghari
- Fitria, R. R. D., (2021). Pemanfaatan Limbah Tatal karet Industri Crum Rubber Menjadi Biochar Untuk Media Penjernihan Air Gambut
- Ginting, N. (2007). Penuntun Praktikum Teknologi Penglahan Limbah Peternakan. Sumatera Utara.
- Gómez, J., Alcántara, M.T., Pazos, M., Sanromán, M.A., 2010. Soil washing using cyclodextrins and their recovery by application of electrochemical technology. *Chem. Eng. J.* 159, 53–57.
- Griswidia, Reni. (2008) Penurunan Kadar Minyak dan Lemak Pada Limbah Laundry dengan Menggunakan Biosand Filter di Lanjutkan Denga Reaktor Karbon Aktif. Skripsi jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Giyatmi. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 25-26 Agustus. pp. 99-106.v.
- H. Li et all, (2014) Selective removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from soil washing effluents using biochars produced at different pyrolytic temperatures. *Bioresource Technology* 163 (2014) 193–198.
- Hafiluddin. (2011). Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Teknik Bioaugmentasi dan Biostimulasi. *Jurnal Embryo*. 8 (1) : 47-52.

- Han, T., Zhao, Z., Bartlam, M. and Wang, Y. 2016. Combination of biochar amendment and phytoremediation for hydrocarbon removal in petroleum-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research* 23(21): 21219- 21228, doi: 10.1007/s11356-016-7236-6.
- Hanisah et all. (2020). Pengaruh Formulasi *Biochar* dan Limbah Kulit Kopi Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi. *Jurnal Agrotropika* Vol. 19 N0. 2, Oktober 2020: 102-109.
- Hardiana, S. (2014). Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak Pada Contoh Uji Air. *1*(3), 270-276.
- Hardjono, A. (2000). *Teknologi Minyak Bumi Edisi Pertama*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Herlambang, S., et all. (2021). *Buku Ajar Biochar Amandemen Tanah dan Mitigasi Lingkungan*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. 2021.
- Hidayat. A. P., dkk. (2019). Pengaruh Penambahan Biochar Dari Batubara Lignite Pada Tanah Bekas Penambangan Batubara Terhadap Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) Terlarut Menggunakan Kolom Fixed Bed Sorpsion. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jambi, Jambi.
- Kasman, M. (2011). Use Of Rise Husks And Its Modified Forms As Adsorbent For Leachate Treatment In Batch And Column Operation. Tesis. Faculty Of Engineering University Of Malaya Kuala Lumpur.
- Kaetzl, K., et all. (2020). Slow sand fltration of raw wastewater using *Biochar* as an alternative fltration media. *Scientific Reports*. (2020) 10:1229. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57981-0>.
- Karwati. (2009). Degradasi Hidrokarbon pada Tanah Tercemari Minyak Bumi dengan Isolat A10 dan D8. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- KEPMEN LH Nomor 128 Tahun 2003 Tentang Tatacara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis.
- Kiggundu. N, Sittamukyoto. J. (2019). Pryloysis of Coffee Husks for *Biochar* Production. *Journal of Environmental Protection*, 2019, 10, 1553-1564.

- Kurniawati, N. (2022). *Analisis Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet Dengan Adsorben Kulit Nanas*. Tugas Akhir. Universitas Batanghari.
- Liu, J.F., Chen, J.J., Jiang, L., Yin, X., 2013. Adsorption of mixed polycyclic aromatic hydrocarbons in surfactant solutions by activated carbon.
- Manik, Karden E.S. (2003). *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta : Djambatan.
- Mangkoedihardjo, S. (2005). Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak. Seminar Nasional Teori & Aplikasi Teknologi Kelautan ITS Surabaya : 1-9.
- Miri, N, S. S., Narimo (2022). Review: Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa
- Mizwar, A. (2013). Penyisihan Warna Pada Limbah Sasaringan Dengan Adsorpsi Zeolit Dalam *Fixed-Bed Column*. *EnviroScienceteae* 9 (2013) 1-9 ISSN 1978-8096.
- Nugroho, Astri. (2006). *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Naibaho, S. (2016). Pengaruh Aplikasi *Biochar* Sekam Padi dan Kulit Biji Kopi Terhadap Hara P dan Zn Serta Pertumbuhan Tanaman Padi di Tanah Sawah Jenuh p. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ok, S. Y., Uchimiya, S.M., Chang, S.X. & Bolan, N. 2016. *Biochar* . Production, Characterization and Applications. USA, Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group
- Ridhuan, K. dan Joko, S. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 5(1) : 51-52.
- Rosidah, U., Sugito., dkk. (2021). Identifikasi Senyawa Fitokimia dan Aktifitas Antioksidan Minuman Fungsional Cascara dari Kulit Kopi dengan Fermentasi Terkendali. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Universitas Sriwijaya (UNSRI).
- Said, N. I. (2005). Aplikasi *Bio-ball* untuk media Biofiter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean. BPPT., Jakarta.

Saragih, S, A. (2008). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben. Jakarta: Universitas Indonesia.

Sasmita. A, et all. (2021). Pengaruh Penambahan *Biochar* Terhadap Penurunan Kadar *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol 8 No 2: 407-414, 2021. e-ISSN:2549-9793, doi: 10.21776/ub.jtssl.2021.008.2.12.

Sembodo, S. T. B., (2006). Model Kinetika Langmuir untuk Adsorpsi Timbal dengan Abu Sekam Padi. Jurnal Equilibrium 5(1); 28-33.

SNI 06-37301995 Tentang Arang Atif Teknis

Syafridiman. (2009). Teknik Pengelolaan Kualitas Air Budidaya Perikanan Pada Era Industrialisasi pro Ato Pengukuhan Tetap. Pekanbaru.

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Vincent O. A., Steven O., Felix E., Weltime O. Medjor, Imohimi O. Asia, Osaro K. I. (2012) : Surfactant Enhanced Soil Washing Technique and Its Kinetics on the Remediation of Crude Oil Contaminated Soil. The Pacific Journal of Science and Technology, 13, 443-456.

Wan, J.Z., Chai, L.N., Lu, X.H., Lin, Y.S., Zhang, S.T., 2011. Remediation of hexachlorobenzene contaminated soils by rhamnolipid enhanced soil washing coupled with activated carbon selective adsorption. J. Hazard. Mater. 189, 458– 464.

Zulfa, U. A. (2015). Skripsi. Konsentrasi Efektif Saponin Kulit Manggis Sebagai Bahan Pembersih Kanvas Gigi. Universitas Airlangga.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Perhitungan Karakterisasi Adsorben

#### 1. Kadar Air

Berat sampel = 1 gr

Suhu = 105°C

Waktu = 180 menit

Massa cawan kosong (W1) = 81,256 gr

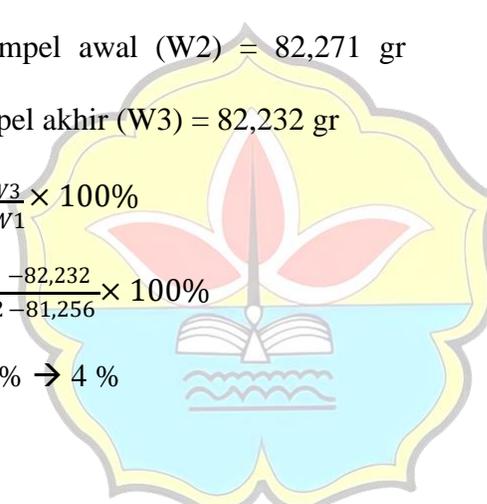
Massa cawan + sampel awal (W2) = 82,271 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 82,232 gr

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100\%$$

$$= \frac{82,271 - 82,232}{82,232 - 81,256} \times 100\%$$

$$= 3,99 \% \rightarrow 4 \%$$



#### 2. Kadar Abu

Berat sampel = 1 gr

Suhu = 700°C

Waktu = 60 menit

Massa cawan kosong (W1) = 81,256 gr

Massa cawan + sampel awal (W2) = 82,261 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 82,197 gr

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100\%$$

$$= \frac{82,261 - 82,239}{82,261 - 81,256} \times 100\%$$

$$= 2,18 \%$$

### 3. Kadar Volatil

Berat sampel = 1 gr

Suhu = 700°C

Waktu = 7 menit

Massa cawan kosong (W1) = 81,252 gr

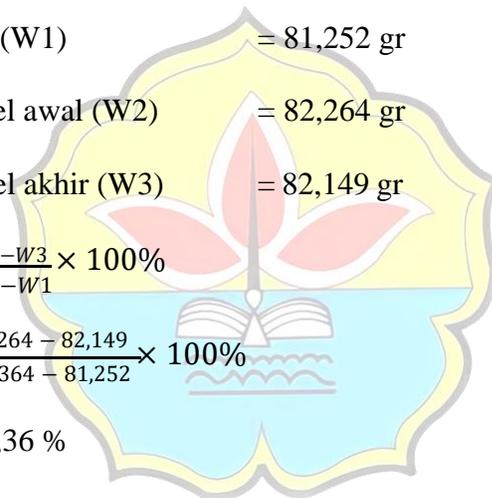
Massa cawan + sampel awal (W2) = 82,264 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 82,149 gr

$$\% \text{ Kadar Volatil} = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} \times 100\%$$

$$= \frac{82,264 - 82,149}{82,264 - 81,252} \times 100\%$$

$$= 11,36 \%$$



## LAMPIRAN

### Lampiran 2. Perhitungan Efisiensi Penyerapan dan Kapasitas Adsorpsi

#### Minyak dan Lemak

Ketebalan media <i>biochar</i> kulit kopi	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi penyisihan (%)	x/m (mg/g)
10 cm	4,6	2,5	45,65	0,0072
20 cm	4,6	1,79	61,09	0,0057
30 cm	4,6	0,26	94,35	0,0077

Konsentrasi Awal = 4,6 mg/L

Konsentrasi Akhir = 0,26 mg/L

Massa = 30 cm = 340 gr

% Penyerapan =  $\frac{C_0 - C_e}{C_i} \times 100$

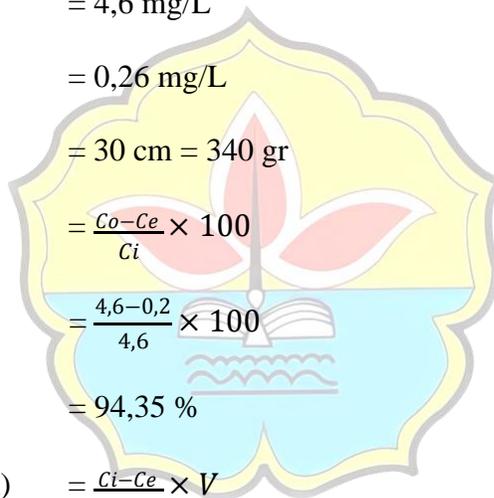
=  $\frac{4,6 - 0,2}{4,6} \times 100$

= 94,35 %

Kapasitas Adsorpsi (x/m) =  $\frac{C_i - C_e}{Massa} \times V$

=  $\frac{4,6 - 0,26}{340} \times 0,6$

= 0,0077 mg/g

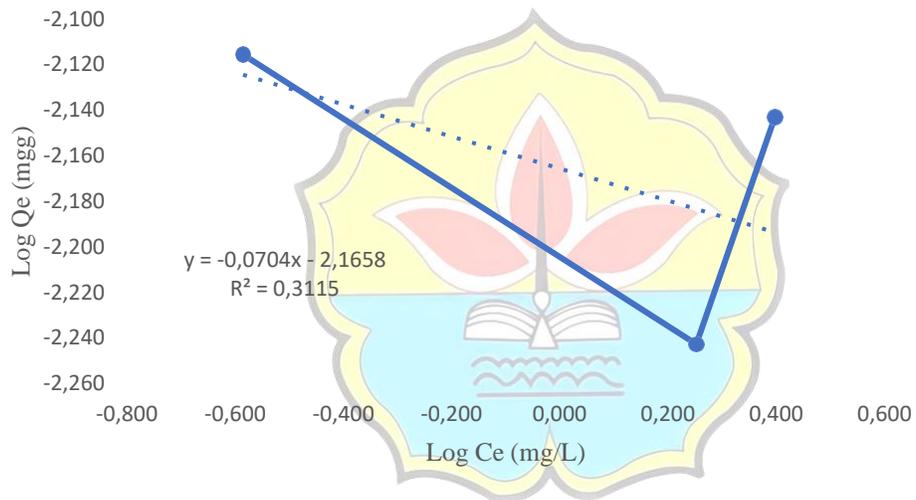


## LAMPIRAN

### Lampiran 3: Perhitungan Isotherm Adsorpsi Minyak dan Lemak

- *Freundlich Adsorption Isotherm*

Massa (gr)	V (L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
146	0,5	4,6	2,5	0,398	0,0072	-2,143
295	0,6	4,6	1,79	0,253	0,0057	-2,243
340	0,6	4,6	0,26	-0,585	0,0077	-2,116



$$\text{Log KF} = -2,1658$$

$$\text{KF} = 10^{-2,168}$$

$$\text{KF} = 0,0068$$

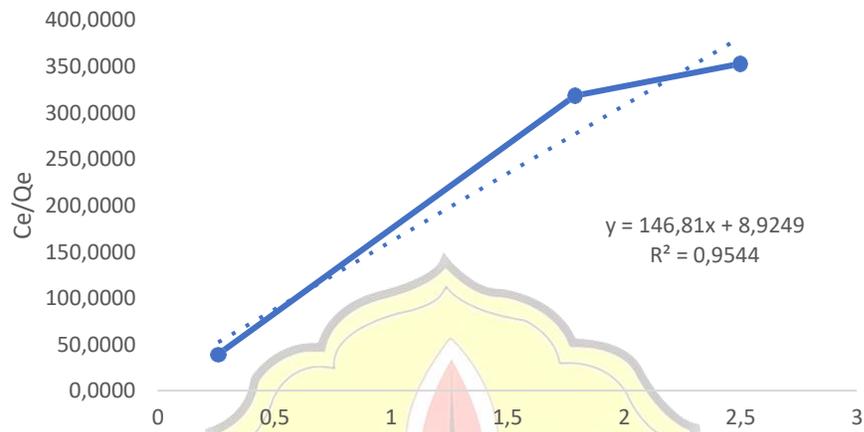
$$1/n = -0,0704$$

$$n = \frac{1}{-0,0704}$$

$$n = -14,20$$

- Langmuir Adsorption Isotherm

Massa (gr)	V (L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
146	0,5	4,6	2,5	0,0072	347,6190	20301	0,4
295	0,6	4,6	1,79	0,0057	313,1969	51616	0,56
340	0,6	4,6	0,26	0,0077	33,9478	44393	3,85



Qm

$$= \frac{1}{\text{Slope}}$$

$$= \frac{1}{146,81}$$

$$= 0,0068 \text{ mg/g}$$

KL

$$= \frac{\text{Slope}}{\text{Intersep}}$$

$$= \frac{146,81}{8,9249}$$

$$= 16,449$$

RL

$$= \frac{1}{(1+KL \times Co)}$$

$$= \frac{1}{(1+16,449 \times 4,6)}$$

$$= 0,013$$

## LAMPIRAN

### Lampiran 4: Dokumentasi Penelitian



Kulit Kopi



Biochar Kulit Kopi



Proses Furnace pada Suhu 350°C  
Selama 1 jam



Memasukan Kulit Kopi kedalam  
Furnace



Proses Pengeringan *Biochar* Kulit  
Kopi Setelah Pencucian



Proses *Soil Washinng* Tanah Tercemar  
Minyak Bumi



*Soil washing Residue*



Hasil Adsorpsi *Soil Washing*  
Menggunakan *Biochar Kulit Kopi*  
pada *Fixed Bed Colum*



Proses Adsorpsi *Soil Washing*  
Menggunakan *Biochar Kulit Kopi*  
pada *Fixed Bed Colum*



Proses Pengujian Konsentrasi Minyak  
Lemak pada Air Effluent



Kandungan Minyak Lemak pada Air  
Effluent