

**FITOREMEDIASI LIMBAH PELUMAS BEKAS MENGGUNAKAN  
TANAMAN ENCENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*)  
DENGAN VARIASI PENAMBAHAN PUPUK**

**TUGAS AKHIR**



**Disusun Oleh:**

**ELITA YULIANI  
NIM: H75215013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN

---

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Elita Yuliani

NIM : H75215013

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “FITOREMEDIASI LIMBAH PELUMAS BEKAS MENGGUNAKAN TANAMAN ENCENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*) DENGAN VARIASI PENAMBAHAN PUPUK”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 2 Agustus 2019

Yang menyatakan



(Elita Yuliani)

NIM. H75215013

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

---

Tugas Akhir oleh

NAMA : ELITA YULIANI

NIM : H75215013

JUDUL : FITOREMEDIASI LIMBAH PELUMAS BEKAS  
MENGUNAKAN TANAMAN ENCENG GONDOK  
(*EICHHORNIA CRASSIPES*) DENGAN VARIASI  
PENAMBAHAN PUPUK

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 31 Juli 2019

Dosen Pembimbing I



(Shinfi Wazna Auvaria, M.T)  
NIP. 198603282015032001

Dosen Pembimbing II



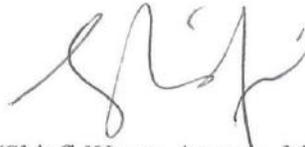
(Dedy Suprayogi, M.KL)  
NIP. 198512112014031002

**PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir Elita Yuliani ini telah dipertahankan  
didepan tim penguji tugas akhir  
di Surabaya, 2 Agustus 2019

Mengesahkan,  
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



(Shinfi Wazna Auvana, M.T)  
NIP. 198603282015032001

Dosen Penguji II



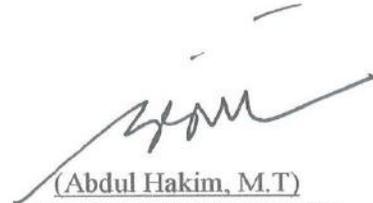
(Dedy Suprayogi, M.KL)  
NIP. 198512112014031002

Dosen Penguji III



(Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T.)  
NIP. 198205012014032001

Dosen Penguji IV



(Abdul Hakim, M.T)  
NIP. 198008062014031002

Mengetahui

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya

  
(Purwati, M.Ag)  
NIP. 196512211990022001



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Elita Yuliani  
NIM : H75215013  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan  
E-mail address : elitayuliani999@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul :

Fitoremediasi Limbah Pelumas Bekas Menggunakan Tanaman

Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

dengan Variasi Penambahan Pupuk

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 02 – 08 – 2019

Penulis

( Elita Yuliani )  
nama terang dan tanda tangan







2.6 Aklimatisasi Tanaman Uji .....	19
2.7 Enceng Gondok .....	20
2.8 Air Limbah dari Minyak Pelumas .....	26
2.9 Degradasi Kontaminan oleh Petroleum Hidrokarbon Tanaman .....	27
2.10 Degradasi Kontaminan oleh Bakteri .....	30
2.11 Penelitian-penelitian Terdahulu .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>40</b>
3.1 Waktu Penelitian .....	40
3.2 Lokasi Penelitian .....	40
3.3 Alur Penelitian .....	40
3.4 Perlakuan .....	42
3.5 Tahapan Penelitian .....	43
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	<b>49</b>
4.1 Tahap Aklimatisasi .....	49
4.2 Penentuan Konsentrasi Maksimum .....	51
4.3 Hasil Uji Tanaman Enceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	52
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan .....	75
5.2 Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>76</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan Pencemar yang Termasuk Limbah B3 .....	9
Tabel 2.2 Kandungan Logam dalam Pelumas Bekas .....	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Tanaman Enceng Gondok .....	20
Tabel 4.1 Keadaan Tanaman pada saat Aklimatisasi .....	49
Tabel 4.2 Uji Fitoremediasi oleh Tanaman Enceng Gondok .....	53
Tabel 4.3 Total Petroleum Hidrokarbon .....	63
Tabel 4.4 Hasil Uji Bakteri .....	71

## DAFTAR GAMBAR

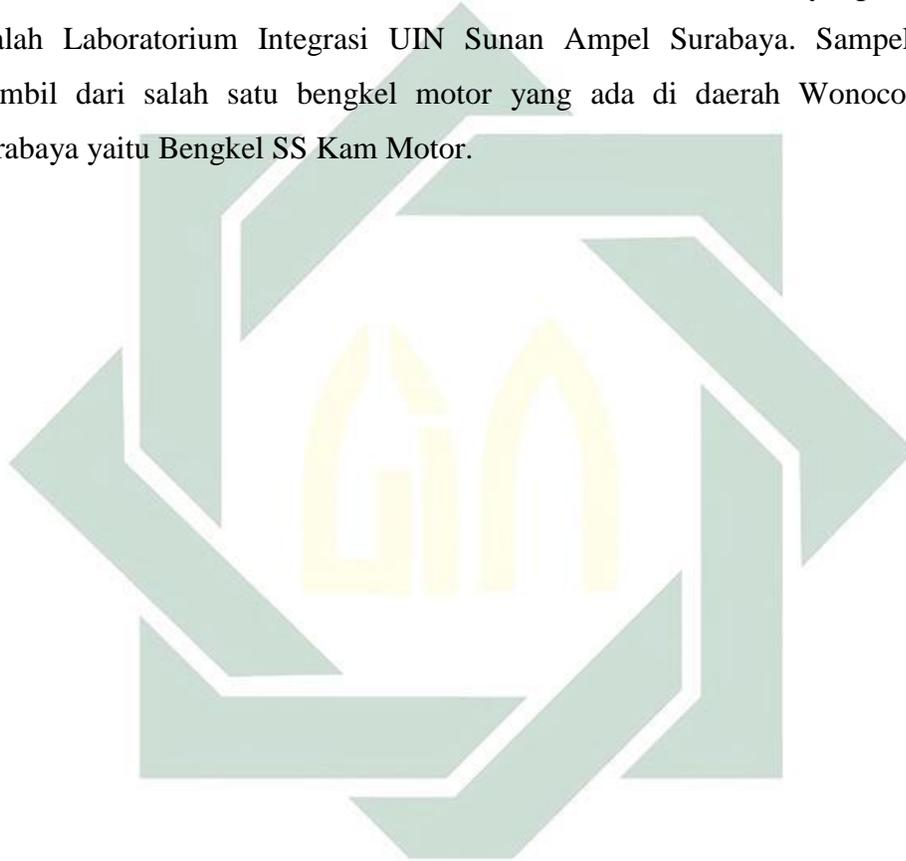
Gambar 2.1 Proses Fitoekstraksi .....	14
Gambar 2.2 Proses Rhizofiltrasi .....	15
Gambar 2.3 Proses Fitodegradasi .....	16
Gambar 2.4 Proses Fitostabilisasi .....	17
Gambar 2.5 Proses Fitostabilisasi .....	18
Gambar 2.6 Proses terjadinya Fitoremediasi .....	19
Gambar 2.7 Enceng Gondok .....	23
Gambar 2.8 Siklus Hidup Tanaman Enceng Gondok .....	25
Gambar 2.9 Degradasi Senyawa Hidrokarbon .....	29
Gambar 3.1 Alur Penelitian .....	41
Gambar 3.2 Skema Perlakuan Sampel .....	42
Gambar 4.1 Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon .....	64
Gambar 4.2 Reaktor Uji 1 .....	66
Gambar 4.3 Reaktor Uji 2 .....	68







3. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) dan bakteri
4. Reaktor yang digunakan berjumlah 3 reaktor, yaitu 2 reaktor perlakuan dan 1 reaktor kontrol. Semua reaktor menggunakan perlakuan aerasi.
5. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium. Laboratorium yang digunakan adalah Laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Sampel limbah diambil dari salah satu bengkel motor yang ada di daerah Wonocolo, Kota Surabaya yaitu Bengkel SS Kam Motor.





pula dengan daerah yang berkondisi kerja berat akan menggunakan pelumas yang lain pula dengan daerah yang berkondisi kerja ringan (Effendi, 2014).

Pelumasan merupakan salah satu sistem pelengkap pada suatu kendaraan dengan tujuan mengatur dan menyalurkan minyak pelumas kebagian-bagian mesin yang bergerak. Pelumas mempunyai fungsi, yaitu memperkecil koefisien gesek, berfungsi sebagai pendingin mesin, sebagai pembersih kotoran atau geram yang timbul akibat gesekan akan terbawa oleh minyak pelumas, sebagai perapat yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas (*blow by gas*) misalnya antara piston dan dinding silinder, sebagai penyerap tegangan, dan mencegah korosi (Arisandi, 2012).

Jenis-jenis Minyak pelumas (Oli)

a. Oli Mineral

Oli mineral berbahan bakar oli dasar (*base oil*) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan.

b. Oli Sintetik

Oli Sintetik biasanya terdiri atas *Polyalphaolifins* yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetik bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Basis yang paling stabil adalah polyolester, yang paling sedikit bereaksi bila dicampur dengan bahan lain. Oli sintetik cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan *acid* (asam). Pada dasarnya, oli sintetik didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

Adapun sertifikasi pelumas adalah sebagai berikut:

a. SAE (*Society of Automotive Engineers*)

SAE adalah persatuan ahli otomotif dunia yang bertugas menetapkan standar viskositas atau kekentalan

b. JASO (*Japan Automobile Standard Organization*)

JASO adalah suatu badan organisasi yang bertugas mengeluarkan standar grading atau level oli yang didasarkan terhadap kandungan fosfor dalam oli.



kecilnya gesekan dalam fluida. Semakin besar viskositas fluida, maka semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair sehingga menyebabkan adanya tegangan geser antara molekul-molekul yang bergerak. Zat cair ideal tidak memiliki kekentalan (Effendi, 2014).

### 2.3. Karakteristik Oli Bekas

Oli bekas seringkali diabaikan penanganannya setelah tidak bisa digunakan kembali, padahal jika asal dibuang dapat menambah pencemaran lingkungan. Bahaya dari pembuangan oli bekas sembarangan memiliki efek yang lebih buruk dari pada efek tumpahan minyak mentah biasa. Ditinjau dari komposisi kimianya sendiri, oli merupakan campuran dari hidrokarbon kental dicampurkan dengan berbagai bahan kimia aditif. Oli bekas memiliki campuran komposisi lebih dari itu, dalam oli bekas terkandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Sampai saat ini usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan oli bekas ini antara lain:

- Dimurnikan kembali (proses refinery) menjadi *refined lubricant*. Tidak banyak yang tertarik untuk berbisnis di bidang ini karena biaya yang tinggi relatif terhadap *Lube Oil Blending Plant* (LOBP) dengan bahan baku yang segar, sehingga harga jual ekonomisnya tidak akan mampu bersaing di pasaran.
- Digunakan sebagai *fuel oil* atau minyak bakar. Yang masih menjadi kendala adalah tingkat emisi bahan bakar ini masih tinggi. Perlu dipertimbangkan beberapa hal mengenai pentingnya pemanfaatan kembali oli bekas antara lain:
  - a) Dari tahun ke tahun, regulasi yang mendukung terhadap teknologi ramah lingkungan akan semakin meningkat. Dan ada kemungkinan nanti, produsen oli juga harus bertanggung jawab atas oli bekas yang dihasilkan, sehingga akan muncul berbagai teknologi pemanfaatan oli bekas.









Keuntungan penggunaan sistem fitoremediasi, yaitu:

- a. Ramah lingkungan, murah dan tidak memerlukan peralatan yang spesifik
- b. Logam berat yang diserap oleh tanaman diekstrak dari hasil panen biomassa tumbuhan lalu direcycle
- c. Mampu mengurangi polutan yang masuk ke lingkungan dengan mencegah kebocoran ke dalam air tanah
- d. Tidak memerlukan lahan untuk pembuangan
- e. Kemampuan degradasi kontaminan dengan rentang waktu yang luas
- f. Tidak ada efek buruk jangka panjang

Kerugian penggunaan sistem fitoremediasi, yaitu:

- a. Hanya bisa diterapkan pada kondisi lingkungan alam yang sesuai dengan morfologi tanaman
- b. Jangkauan akar tanaman terbatas
- c. Kadar kontaminan yang akan direduksi terbatas sesuai dengan kemampuan tumbuhan yang digunakan

Pada proses fitoremediasi terdapat beberapa proses, seperti fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi. Menurut Zulkoni (2017) definisi masing-masing proses adalah:

- a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasikan logam-logam berat yang sudah diserap ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun. Pada metode ini tumbuhan hiperakumulator juga diperlukan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan tumbuhan pada limbah di lingkungan.

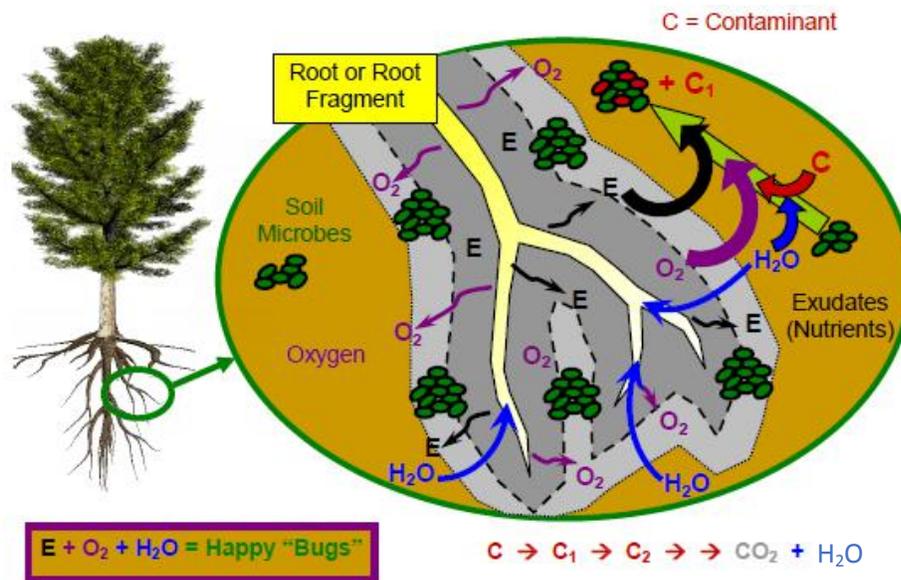


**Gambar 2.1** Proses Fitoekstraksi

*Sumber: ITRC, 2009*

b. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar agar menempel pada akar kemudian menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam berat dari limbah. Metode ini biasanya digunakan pada limbah cair.

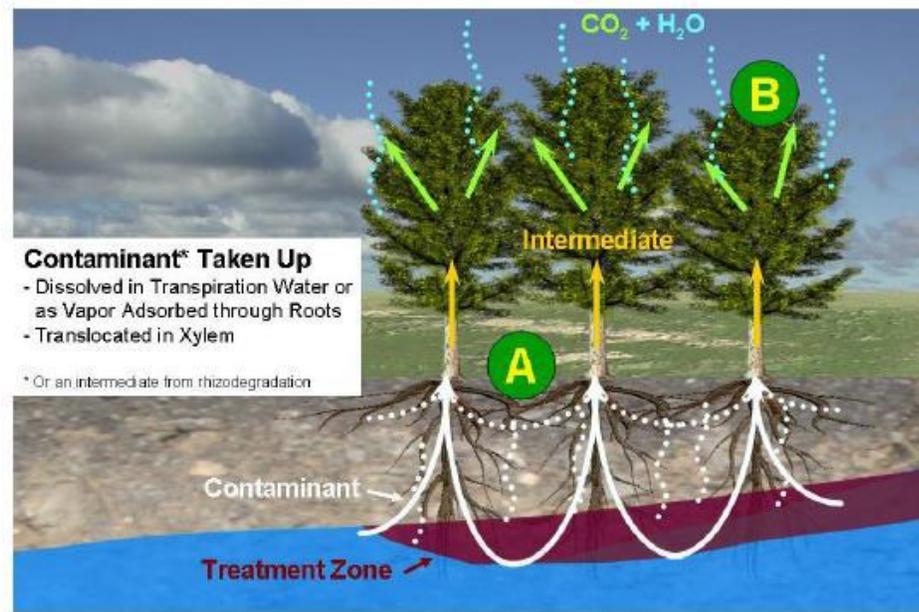


**Gambar 2.2** Proses Rhizofiltrasi

*Sumber: ITRC, 2009*

c. Fitodegradasi

Fitodegradasi atau yang biasa disebut dengan *enhanced rhizosphere biodegradation* adalah penguraian atau metabolisme zat-zat kontaminan (logam berat) pada limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim seperti dehalogenase dan oksigenasi yang berada di sekitar akar tumbuhan. Contohnya *fungi* (jamur), ragi ataupun bakteri.

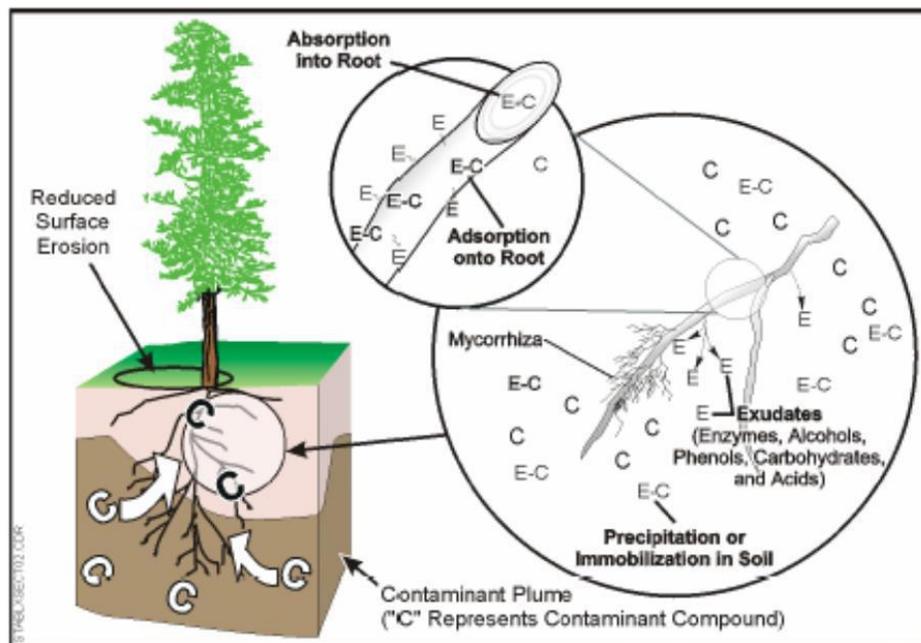


**Gambar 2.3** Proses Fitodegradasi

*Sumber: ITRC, 2009*

d. Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengeluarkan (eksresi) suatu zat senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah akar (*rizosfer*) atau penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak dapat terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut akan menempel erat pada akar (stabil) dan tidak akan terbawa oleh aliran air.

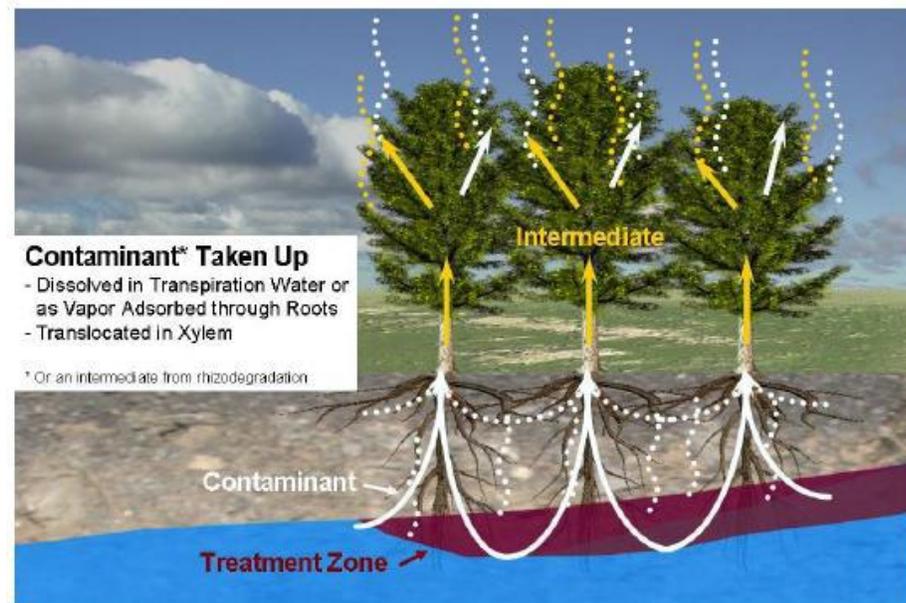


**Gambar 2.4** Proses Fitostabilisasi

*Sumber: ITRC, 2009*

e. Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi adalah tanaman menyerap zat kontaminan logam berat dan melepaskannya (transpirasi) ke udara lewat daun dan sudah mengalami degradasi terlebih dahulu sehingga tidak lagi berbahaya jika dilepaskan ke udara. Beberapa tumbuhan mampu menguapkan air dari batang 200 – 1000 liter perharinya.



**Gambar 2.5** Proses Fitovolatilisasi

*Sumber: ITRC, 2009*

f. Fitotransformasi

Fitotransformasi adalah penyerapan zat-zat kontaminan logam berat oleh tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang memiliki rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana dan berguna untuk tumbuhan tersebut. Proses fitotransformasi dapat terjadi pada akar, batang, dan daun serta dapat terjadi pada sekitar akar dengan adanya bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tanaman untuk mempercepat proses degradasi.

Pemilihan tanaman untuk proses fitoremediasi disesuaikan dengan lokasi dan mampu bertahan pada ekosistem yang telah terkontaminasi oleh zat-zat tercemar pada badan air. Proses fitoremediasi pada air tercemar pada umumnya menggunakan prinsip rizhofiltrasi, dimana akar tanaman lebih toleransi dalam menyerap zat-zat pencemar pada air dibandingkan batang dan daun. Proses terjadinya fitoremediasi pada setiap bagian tumbuhan dijelaskan pada Gambar 2.6.



yang menempel pada akar dan daun terlebih dahulu. Kemudian tanaman diaklimatisasi selama 10 hari dengan media tanam berupa air ledeng yang telah diaerasi untuk selanjutnya digunakan sebagai stok kultur untuk percobaan.

Proses aklimatisasi bertujuan untuk mengetahui apakah sampel tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kondisi lingkungan penelitian dan juga untuk membersihkan tanaman dari kandungan racun dan logam berat. Menurut Yuliani, dkk (2013), tanaman diaklimatisasi selama 1 minggu dalam kolam air, dengan media tumbuh air waduk yang diambil dari tempat asal tanaman tersebut. Menurut Ratna (2007), tujuan proses aklimatisasi adalah agar tanaman uji dapat tumbuh dengan stabil tidak mengalami kematian dengan kondisi air yang terkontaminasi oleh bahan pencemar. Proses aklimatisasi dimulai dengan menyiapkan media tanam untuk tumbuhan uji yaitu air dengan pH netral kemudian ditambahkan dengan konsentrasi pencemar.

## 2.7. Enceng Gondok

Negara Indonesia berlimpah dengan kekayaan hayati, hutan yang terbentang pada ribuan pulau mengandung berbagai jenis flora. Salah satu dari sekian banyak keanekaragaman flora di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dapat mengembangkan perakaran di dalam lumpur pada air yang dangkal, serta memiliki kandungan senyawa-senyawa kimia adalah tanaman enceng gondok (*Eichhornia Crassipes*). Tanaman enceng gondok ini memiliki klasifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Tanaman Enceng Gondok

<b>Divisi</b>	<b>Spermatophyta</b>
Subdivisi	<i>Angiospermae</i>
Kelas	<i>Monocotyledoneae</i>
Suku	<i>Pontederiaceae</i>





Eceng gondok dapat meremoval amoniak sebesar 20% - 70% tergantung pada konsentrasi amoniak pada larutan (Fariez, 2014).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 2.7** (a), (b), (c) Tanaman Enceng Gondok

Ketinggian enceng gondok itu bervariasi antara 0,2 m – 0,6 dan panjang tanaman sekitar 30% dari tinggi tumbuhan. Pada awal pertumbuhan enceng gondok





Meskipun tanaman enceng gondok ini juga masih toleran terhadap kandungan unsur hara yang rendah.

## **2.8. Air Limbah dari Minyak Pelumas**

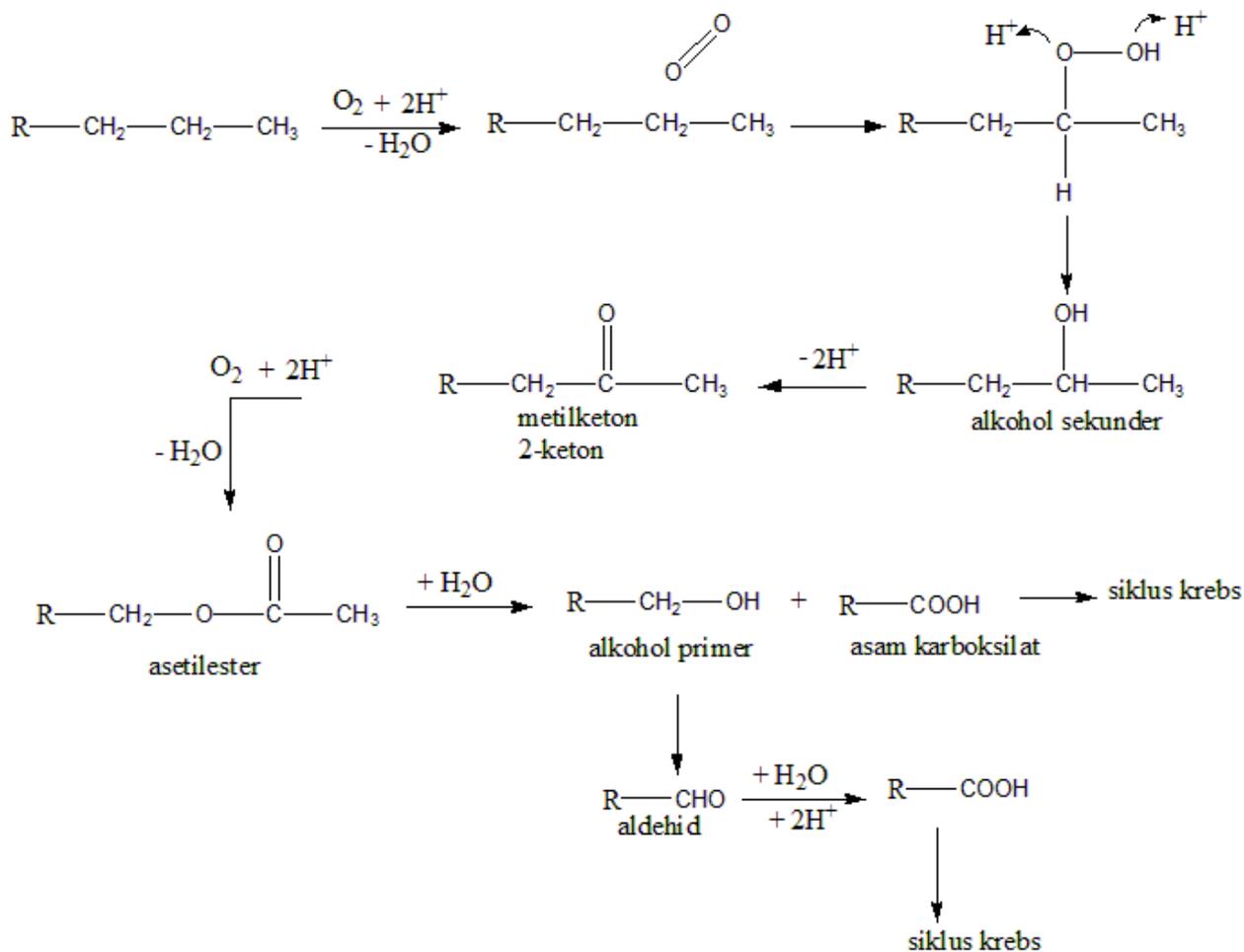
Air limbah merupakan air yang sudah digunakan oleh manusia dalam melakukan aktivitasnya. Air limbah biasanya berasal dari aktivitas rumah tangga, aktivitas perkantoran, aktivitas industri, aktivitas pertokoan, fasilitas umum, ataupun dari tempat-tempat lainnya. Air limbah merupakan air bekas yang tidak digunakan kembali yang dihasilkan dari aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih. Maka dari itu, air limbah atau air bekas tersebut sebagai pencemaran lingkungan harus ditangani dengan baik (Supriyatno, 2000).

Adapun aktivitas lainnya, seperti kegiatan perbengkelan dan kegiatan pencucian kendaraan bermotor. Selain memberikan manfaat, keberadaan kegiatan pencucian kendaraan juga menghasilkan limbah cair dari hasil kegiatannya. Limbah tersebut kerap mengandung minyak pelumas yang menempel pada mesin-mesin kendaraan bermotor lalu mengalir terbawa oleh air pada saat pencucian kendaraan. Air limbah pencucian kendaraan bermotor ini memiliki konsentrasi minyak pelumas dengan kisaran 86-159 mg/l menurut beberapa hasil pengukuran karakteristik air limbah dari pencucian kendaraan bermotor (Pratiwi, 2014).

Keberadaan limbah tersebut apabila tidak diikuti dengan pengelolaan yang tepat maka dapat menimbulkan pencemaran pada lingkungan. Minyak yang terserap masuk ke dalam tanah dapat menyebabkan tertutupnya suplay oksigen dan meracuni mikroorganisme tanah serta dapat mengakibatkan kematian pada mikroorganisme tersebut. Tumpahan minyak pelumas di lingkungan juga dapat mencemari tanah dan perairan hingga ke daerah *sub-surface* dan lapisan *aquifer* air tanah (Pratiwi, 2014).







**Gambar 2.9** Degradasi Senyawa Hidrokarbon Alkane Melalui Jalur Oksidasi Subterminal

(Sumber: Holifah, 2018)

Asam lemak hasil degradasi alkane dioksidasi lebih lanjut membentuk asam asetat dan asam propionate. Selain oksidasi terminal mikroba, juga dapat mengoksidasi hidrokarbon alifatik melalui oksidasi subterminal. Pada jalur ini molekul oksigen dimasukkan ke dalam rantai karbon membentuk alkohol sekunder yang selanjutnya dioksidasi menjadi keton dan akhirnya ester. Kemudian ikatan ester dipecah membentuk alkohol primer dan asam lemak. Selanjutnya alkohol dioksidasi melalui aldehyd membentuk asam lemak dan kedua fragmen asam lemak akan dimetabolisme lebih lanjut melalui  $\beta$ -oksidasi.



- Pseudomonadaceae*, genus: *Pseudomonas*, species: *Pseudomonas aeruginosa* (Ningtyas, 2012).
2. *Pseudomonas putida* termasuk dalam kingdom: *Bacteria*, phylum: *Proteobacteria*, class: *Gammaproteobacteria*, ordo: *Pseudomonadales*, family: *Pseudomonadaceae*, genus: *Pseudomonas*, spesies: *Pseudomonas putida* (Alamsyah, 2017)
  3. *Bacillus subtilis* termasuk dalam kelompok bakteri, family *Bacillaceae* yang bersifat pathogen. Bakteri ini merupakan bakteri gram positif yang berbentuk batang, dan sering ditemukan di tanah, air, udara, serta tumbuh-tumbuhan (Prasetyo, 2014).
  4. *Bacillus cereus*, termasuk dalam kingdom: *Prokaryota*, divisio: *Firmicutes*, class: *Bacilli*, ordo: *Bacillales*, family: *Bacillaceae*, genus: *Bacillus*, spesies: *B. cereus* (Dewi, 2010)
  5. *Bassilus spp*, jenis-jenis *Bassilus spp* terdiri dari beberapa jenis dan tersebar pada beberapa habitat, namun paling banyak tanah. Salah satu jenisnya adalah *Bassilus laterosporus*. *Bassilus spp* ini termasuk dalam kingdom: *Procaryotae*, divisi: *Bacteria*, kelas: *Schizomycetes*, bangsa: *Eubacteriales*, suku: *Bacillaceae*, marga: *Bacillus*, jenis: *Bacillus spp* (Hatmanti, 2000)

### **2.11. Penelitian-penelitian Terdahulu**

1. Darul Zumani, Maman Suryaman, Sheli Mustikasari Dewi (2015). Penelitiannya bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kemampuan eceng gondok dalam melakukan penyerapan terhadap cadmium. Penelitian disusun secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas dua faktor. Faktor ke satu yaitu luas penutupan (p) terdiri dari: p1: 30% luas penutupan eceng gondok, p2: 60% luas penutupan eceng gondok dan p3: 90% luas penutupan eceng gondok. Faktor ke dua yaitu lama kontak (t) terdiri dari: t1: lama kontak 7 hari, t2: lama kontak 14 hari dan t3: lama kontak 21 hari. Parameter yang diamati meliputi: Konsentrasi kadmium dalam air (ppm); konsentrasi kadmium pada bagian tanaman eceng gondok, dan

penambahan bobot basah eceng gondok; dan konsentrasi kadmium pada bagian tanaman eceng gondok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara luas penutupan eceng gondok dengan lama kontak terhadap konsentrasi kadmium dalam air. Penutupan eceng gondok 30% dengan lama kontak 21 hari, penutupan eceng gondok 60% dengan lama kontak 14 hari dan penutupan eceng gondok 90% dengan lama kontak 14 hari dapat menurunkan konsentrasi kadmium dari 2 ppm sampai 0.01 ppm. Luas penutupan eceng gondok memberikan pengaruh terhadap penambahan bobot basah eceng gondok, penambahan bobot basah tertinggi terdapat pada perlakuan luas penutupan 30% dan konsentrasi kadmium paling tinggi terdapat pada bagian akar eceng gondok.

2. Julie A. Coetzee, Marcus J. Byrne and Martin P. Hill, (2007). Studi ini meneliti efek herbivore oleh mired, *Eccitotarsus catarinensis*, pada air enceng gondok ditanam pada konsentrasi nutrisi Nitrogen (N), Phospor (P) yang tinggi, sedang dan rendah. Konsentrasi Nutrisi air menjadi faktor utama yang mempengaruhi parameter pertumbuhan tanaman eceng gondok. Pada konsentrasi nutrisi yang tinggi, konsentrasi daun dan tanaman anak lebih dari dua kali lipat dari pada konsentrasi nutrisi yang rendah, sedangkan panjang batang dua kali lebih besar pada konsentrasi nutrisi yang tinggi dibandingkan dengan konsentrasi nutrisi yang rendah. Kandungan klorofil juga dua kali lebih tinggi pada konsentrasi nutrisi yang tinggi dari pada konsentrasi yang rendah. Sebaliknya, produksi bunga pada konsentrasi nutrisi yang tinggi lebih sedikit dibanding dengan konsentrasi nutrisi yang rendah.
3. Is Sulistyati Purwaningsih (2009). Penelitiannya mengenai pengaruh penambahan nutrisi terhadap efektifitas fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap limbah Orto-Klorofenol. Prosedur kerjanya yaitu pertama eceng gondok yang sudah diaklimatisasi ditimbang dengan berat  $\pm$  500 gram (30-35 helai) masing-masing dimasukkan ke dalam 2 reaktor batch yang berisi larutan oklorofenol sebanyak 15 liter dengan konsentrasi tertentu. Perlakuan untuk reaktor pertama tanpa pemberian nutrisi dan dengan penambahan nutrisi untuk reaktor kedua. Lalu selama percobaan dilakukan pengamatan terhadap





menjadi 20-28 cm dan tinggi batang bertambah dari 15-17 cm menjadi 18-24 cm. Sehingga berat tanaman bertambah dari 250 gram menjadi 600-750 gram.

6. Debora F Sitompul, Mumu Sutisna, dan Kancitra Pharmawati (2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah cair Hotel Aston Braga City Walk menggunakan proses fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman enceng gondok. Pada penelitian ini dilakukan variasi pada waktu kontak dan jumlah enceng gondok yang digunakan dalam reaktor. Untuk variasi waktu kontak yang digunakan adalah 0, 2, 4, 6, dan 8 hari. Sedangkan untuk variasi jumlah enceng gondok dalam reaktor adalah 0 enceng gondok pada perlakuan pertama (P1), 1 enceng gondok pada perlakuan kedua (P2), dan 2 enceng gondok pada perlakuan ketiga (P3). Parameter yang diamati adalah parameter BOD, COD, TSS, pH (mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 52 Tahun 1995 mengenai Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Hotel), bau, dan kekeruhan (mengacu kepada pertimbangan estetika). Hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah Hotel Aston Braga City Walk dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan enceng gondok cukup optimal dalam penyisihan parameter BOD, TSS dan kekeruhan. Dengan kata lain, proses remediasi dapat diaplikasikan sebagai proses pengolahan limbah cair Hotel Aston Braga City Walk. Perlakuan III menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 84,48% untuk penyisihan BOD, 89,95% untuk penyisihan TSS, dan 87,76% untuk penyisihan kekeruhan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa jumlah enceng gondok yang digunakan memberikan pengaruh terhadap nilai efisiensi pengolahan. Waktu kontak yang paling optimum adalah hari ke-6 dimana untuk setiap perlakuan baik perlakuan I, II, maupun III, nilai efisiensi yang ditunjukkan pada hari ke-6 merupakan nilai efisiensi tertinggi.
7. Yuni Ahda dan Lel Fitri (2016). Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi bakteri yang diisolasi dari tanah tercemar oli bekas di bengkel Kota Padang. Adanya bermacam-macam tipe mobil dan mesin mengakibatkan terjadinya peningkatan penggunaan oli. Tumpahan dari minyak pelumas bekas akan mengkontaminasi lingkungan dengan hidrokarbon. Hidrokarbon khususnya

*polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH) bersifat toksik, mutagenik dan karsinogenik. PAH sangat hidrofobik sehingga dapat tinggal dan meracuni tubuh manusia dan lingkungan. Pada manusia, kontaminasi dengan PAH dalam jangka waktu lama dan dalam jumlah besar dapat menyebabkan penyakit liver atau ginjal, kerusakan sumsum tulang dan meningkatkan resiko. PAH dapat tersebar luas pada berbagai ekosistem. Mengingat tingginya resiko penyakit yang dapat ditimbulkan oleh hidrokarbon dari minyak bekas, pemulihan lingkungan yang tercemar oleh hidrokarbon harus dilakukan. Salah satu usaha pemulihan lingkungan yang sangat banyak dilakukan adalah bioremediasi. Mikroorganisme adalah komponen utama dalam proses bioremediasi. Dari banyak jenis mikroorganisme, bakteri merupakan mikroorganisme potensial dalam proses bioremediasi. Dari beberapa penelitian pendahuluan seperti: Nusyirwani dan Amolle (2012) berhasil mengisolasi tiga jenis bakteri dari perairan Dumai yang berpotensi dalam bioremediasi minyak bumi yaitu *Providencia vermicola*, *Burkholderia cepacia* dan *Myroides odoratimimus*. Gofar (2012) juga berhasil mengkarakterisasi dua isolat bakteri yang berpotensi dalam bioremediasi minyak bumi yaitu *Pseudomonas alcaligenes* dan *Alcaligenes facealis*. Jauh sebelumnya Feliatra dalam Nusyirwani dan Amolle (2012) berhasil mengisolasi bakteri berpotensi pendegradasi minyak bumi dari perairan selat Malaka yaitu *Acinetobacter sp*, *Arthrobacter sp.*, *Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.*, *Corinebacterium sp.*, dan *Achromobacter sp*. Sementara itu Arsanti dalam Nusyirwani dan Amolle (2012) juga menemukan bakteri potensial untuk bioremediasi minyak bumi seperti *Azotobacter sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Chromobacterium sp.*, *Planococcus sp.*, dan *Micrococcus sp*. Hasil dari penelitian ini, bahwa bakteri yang diisolasi dari tanah tercemar oli bekas dari satu bengkel di kota Padang terkarakterisasi sebagai *Bacillus sp1*, *Bacillus sp2* dan *Alcaligenes sp*. Bakteri ini berpotensi sebagai bakteri pendegradasi oli bekas sehingga dapat digunakan dalam kegiatan bioremediasi. Pada penelitian ini belum terungkap secara jelas spesies bakteri yang didapat karena keterbatasan analisis. Untuk itu





toleransi yang tinggi terhadap sianida dan dapat menghilangkan sianida dalam larutan dalam waktu singkat, baik enceng gondok sendiri maupun bersama dengan mikroorganisme yang ada. Hal lain yang menjanjikan dari enceng gondok adalah toleransi terhadap air yang tinggi dan penyerapan produksi biomassa yang tinggi dengan pengembangan akar yang baik, pemeliharaan yang mudah, dan cocok digunakan dalam kolam pengolahan air limbah.

12. I. J. Fox, P. C. Struik, B. I. Appicton, dan J. H. Rule (2008). Penelitian ini mengenai fitoremediasi nitrogen oleh water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Hasil dari penelitian ini yaitu menghilangkan nutrisi dari limpasan air limbah dapat dicapai dengan menggunakan enceng gondok. Namun, menggunakan enceng gondok saja tidak dapat memulihkan N sebesar 100% dalam larutan. Karena enceng gondok bersifat invasive (bukan spesies asli pada tempat tersebut), maka harus digunakan dengan hati-hati dan bersama dengan praktik lain dengan kondisi yang terkendali.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu Penelitian**

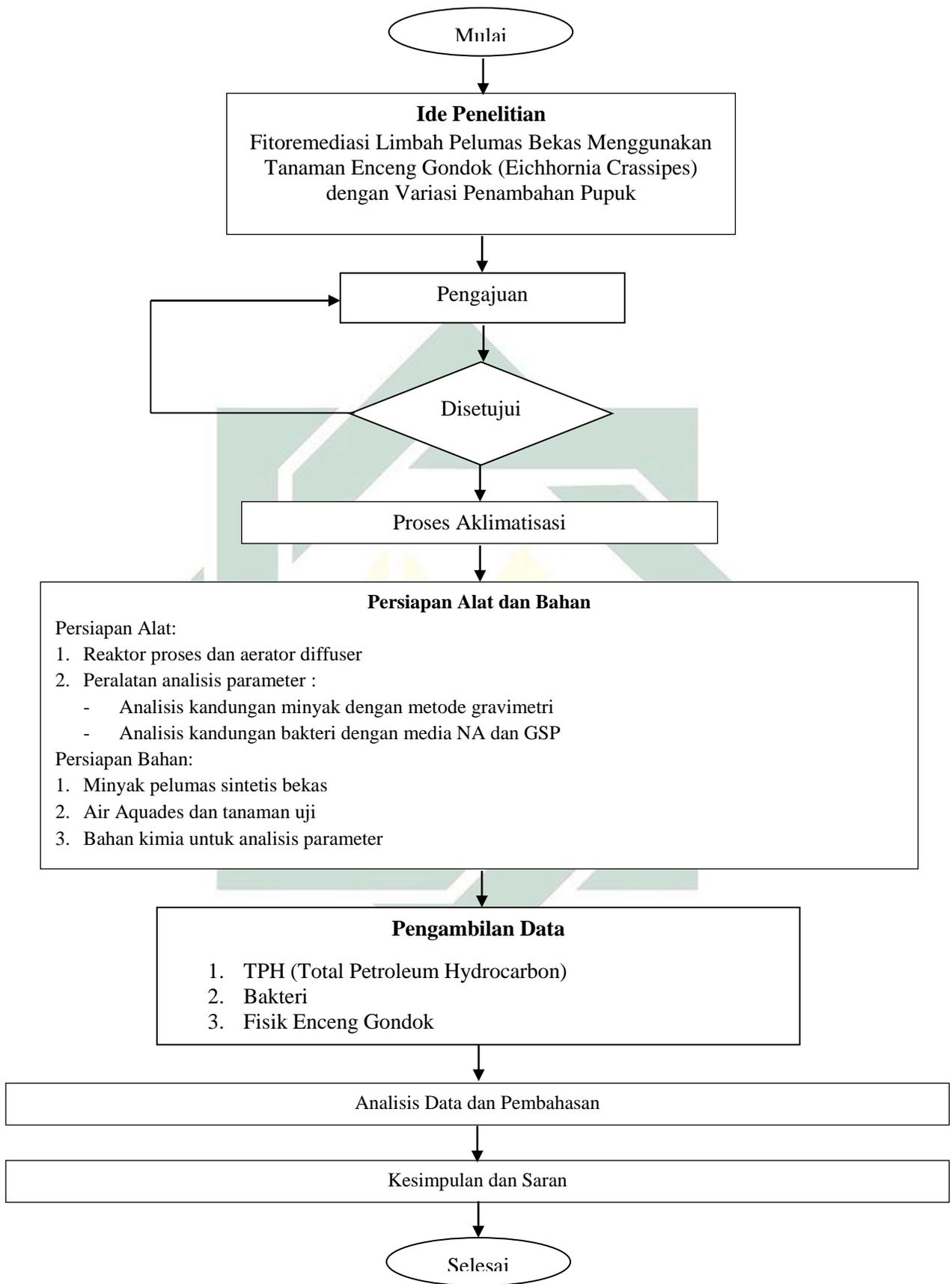
Penelitian ini berjudul Fitoremediasi Air Tercemar Pelumas dari Bengkel di Surabaya menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). Penelitian dan penulisan hasil penelitian dilakukan selama 6 bulan yakni dimulai pada bulan Februari hingga Juli tahun 2019. Penelitian dilakukan selama 30 hari sesuai dengan umur tanaman air, termasuk 7 hari aklimatisasi.

#### **3.2. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Lokasi pengambilan sampel penelitian berupa minyak pelumas sintetik bekas akan dilakukan pada salah satu bengkel motor yang ada di Kelurahan Jemur Wonosari, Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya yaitu bengkel SS Kam Motor karena pada bengkel-bengkel besar telah memiliki oil trap yaitu tempat pengolahan fisik minyak pelumas sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

#### **3.3. Alur Penelitian**

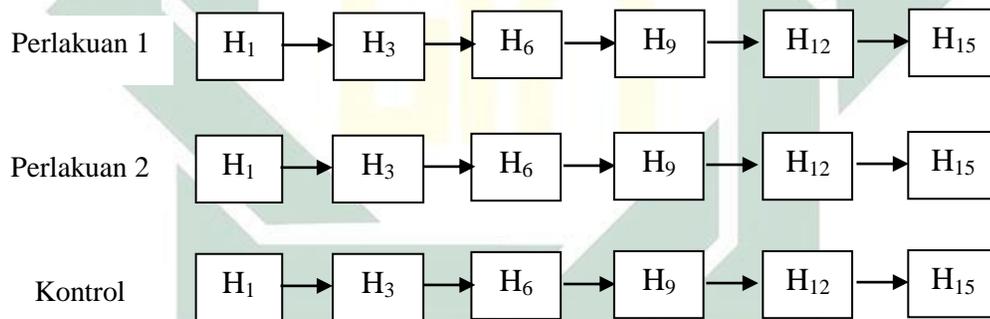
Alur penelitian ini merupakan sebuah acuan atau skema kerja yang sistematis/berurutan dalam penelitian. Alur penelitian ini dibuat agar hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan dan ruang penelitian. Tahapan alur penelitian terdiri atas beberapa urutan pekerjaan yaitu persiapan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan penelitian. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Alur Penelitian

### 3.4. Perlakuan

Dilakukan dengan memasukkan kontaminan ke dalam reaktor masing-masing dengan konsentrasi 2500 mg/l. Pada reaktor uji 1 dimasukan pupuk NPK sebanyak 30 gram. Setelah itu memasukkan tanaman yang telah diaklimatisasi ke dalam reaktor yang telah terisi air limbah. Pada proses fitoremediasi ini menggunakan sistem *batch*. Kemudian dilakukan pengukuran TPH (Total Petroleum Hidrokarbon) dengan menggunakan metode gravimetri dan analisa keberadaan bakteri dengan menggunakan media Natrium Agar (NA) dan metode Glutamate Starch Peptone (GSP). Perhitungan penurunan konsentrasi TPH dilakukan setiap 3 hari sekali. Dimulai pada tanggal 16 Mei 2019 – 31 Mei 2019. Berikut skema perlakuan sampel dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.2** Skema Perlakuan Sampel

Keterangan:

H<sub>0</sub> – H<sub>15</sub> = Hari ke-1 , Hari ke-3, Hari ke-6 ..... Hari ke-15

Perlakuan 1 = Reaktor, perlakuan aerasi, menggunakan pupuk, menggunakan tanaman uji, konsentrasi minyak pelumas sintetik bekas 2500 mg/l

Perlakuan 2 = Reaktor, perlakuan aerasi, tanpa pupuk, menggunakan tanaman uji konsentrasi minyak pelumas sintetik bekas 2500 mg/l



Pelaksanaan penelitian di dalam laboratorium dilakukan selama  $\pm 30$  hari. Parameter yang diteliti yaitu:

1. Analisis harian meliputi: tinggi tanaman, tinggi air, serta fisiologis tanaman (warna daun dan kondisi tanaman).
2. Analisis tiap tiga hari sekali yaitu kandungan minyak dengan metode gravimetrik
3. Analisis kandungan bakteri dengan menggunakan media NA dan GSP untuk mengetahui keberadaan bakteri di dalam reaktor.

#### **A. Persiapan Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang akan digunakan adalah sistem batch. Reaktor dengan panjang 40 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 30 cm
2. Perlengkapan untuk perlakuan aerasi pada tanaman yaitu aerator diffuser, pipa dan kompresor. Jenis kompresor yang akan digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:
  - Maksimum tekanan :  $>0,02$  mpa
  - Kecepatan putaran : 1,5 L/mix
3. Penelitian dilakukan dalam *greenhouse* yang memiliki atap agar dapat terhindar dari hujan dan gangguan hama, serta ruangan memiliki akses sebagai jalan masuknya sinar matahari. *Greenhouse* yang digunakan adalah *greenhouse* UIN Sunan Ampel Surabaya.
4. Peralatan analisis untuk parameter kandungan minyak (Total Potroleum Hidrokarbon) dengan metode gravimetrik dan analisa bakteri dengan media NA dan GSP.

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian adalah:

1. Minyak pelumas sintetik bekas dari bengkel SS Kam Motor, Kecamatan Wonocolo
2. Media tanaman yaitu air dengan pH netral yang diisikan pada reaktor setinggi 25 cm



## **B. Tahap Aklimatisasi**

Tanaman enceng gondok yang digunakan dalam penelitian ini harus melalui tahap aklimatisasi. Tujuan dari proses aklimatisasi ini adalah agar tanaman uji dapat tumbuh dengan baik dan tidak mengalami kematian karena kondisi dari air yang telah terkontaminasi dengan bahan pencemar.

Proses aklimatisasi adalah sebagai berikut:

1. Siapkan media tanam enceng gondok yaitu air dengan pH netral setinggi 25 cm dari dasar reaktor lalu masukkan tanaman ke dalam media tanam. Proses aklimatisasi dilakukan selama 7 hari yang dimana sebelumnya tanaman ditapis dan dicuci terlebih dahulu.
2. Pemilihan tanaman enceng gondok yang segar dengan kriteria 1 koloni terdiri dari:
  - a. Tinggi tanaman : 12 – 27 cm
  - b. Jumlah daun : 8 – 10 helai
  - c. Panjang akar : 12 – 27 cm
  - d. Berat basah : 100 – 149 gram
3. Setelah hari ketujuh dipilih tanaman yang segar dan sehat untuk selanjutnya tanaman siap untuk diaplikasikan.

Selanjutnya adalah menentukan konsentrasi maksimum minyak pelumas bekas yang akan ditambahkan pada media tanam sehingga tanaman mempunyai kemampuan untuk meremediasi pencemar yang terkandung dalam air limbah. Konsentrasi pencemar didapatkan berdasarkan dari penelitian pendahuluan.

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan penentuan konsentrasi minyak pelumas bekas untuk minyak pelumas yang akan diuji terhadap media tanam air. Masing-masing tinggi air media tanam adalah 25 cm.
2. Dilakukan penanaman tumbuhan uji pada reaktor hasil dari tahap aklimatisasi dan diamati keadaannya setiap hari selama  $\pm 30$  hari.





## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Tahap Aklimatisasi

Penelitian ini diawali dengan proses aklimatisasi tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Aklimatisasi bertujuan untuk menstabilkan dan menyesuaikan tanaman dengan keadaan lingkungan. Tanaman diaklimatisasi dengan cara dimasukan ke dalam bak yang berisi air bebas mineral (aquades). Penggunaan aquades dalam proses aklimatisasi ini karena aquades bersifat netral sehingga tanaman yang diaklimatisasi tidak terkontaminasi dengan senyawa lainnya (Rahadian, 2017). Sebelum proses aklimatisasi tanaman dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel pada akar dan daun. Kemudian tanaman diaklimatisasi selama 7 hari. Berikut keadaan tanaman selama proses aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Keadaan Tanaman pada saat Aklimatisasi

Hari ke	Keadaan Tanaman	Gambar
Hari ke-1	Kondisi tanaman masih sangat baik, ditandai dengan warna daun dan batang yang masih hijau dan segar.	
Hari ke-2	Kondisi tanaman pada hari kedua tidak mengalami perubahan. Kondisi tanaman masih sangat baik	

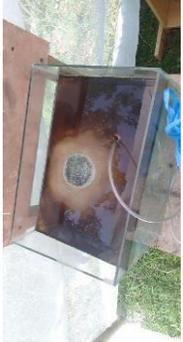
<b>Hari ke</b>	<b>Keadaan Tanaman</b>	<b>Gambar</b>
Hari ke-3	Kondisi tanaman enceng gondok di hari ketiga masih terlihat baik (hijau dan segar), tidak terjadi perubahan fisik.	
Hari ke-4	Hari keempat mulai ada perubahan fisik pada tanaman. Beberapa batang dan daun tanaman sudah mulai layu dan menguning.	
Hari ke-5	Hari kelima, semakin banyak batang dan daun tanaman yang layu, dan beberapa menguning	
Hari ke-6	Kondisi tanaman pada hari keenam yaitu beberapa batang dan daun yang telah layu dan menguning di hari sebelumnya mulai membusuk	
Hari ke-7	Kondisi tanaman pada hari ketujuh yaitu tidak banyak perubahan fisik yang terjadi pada tanaman dari hari sebelumnya	

*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2019*







Hari Ke	Keadaan Reaktor			Foto		
	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol
Hari ke-2	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas sedikit mengental berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas sedikit mengental berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah hitam kecokelatan, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas sedikit mengental berubah menjadi seperti lemak, berbau sedikit menyengat			
Hari ke-3	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah hitam kecokelatan, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			





Hari Ke	Keadaan Reaktor			Foto		
	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol
Hari ke-6	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning dan layu (membusuk), limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah kecokelatan, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi lemak berbau sedikit menyengat			
Hari ke-7	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, tanaman tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman beberapa masih hijau dan beberapa sudah menguning, sedikit tidak segar, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah cokelat muda, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			

Hari Ke	Keadaan Reaktor			Foto		
	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol
Hari ke-8	Keadaan tanaman sudah mulai layu, tumbuh anakan baru ( <i>runner</i> ), limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman sudah mulai layu, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah cokelat muda, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			
Hari ke-9	Keadaan tanaman sudah mulai layu, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman sudah mulai layu, tumbuh anakan baru ( <i>runner</i> ), limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah cokelat muda, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			

Hari Ke	Keadaan Reaktor			Foto		
	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Kontrol
Hari ke-10	Keadaan tanaman sudah mulai layu, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman sudah mulai layu, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah cokelat muda, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			
Hari ke-11	Keadaan tanaman sudah mulai layu, tumbuh anakan baru ( <i>runner</i> ), limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas hitam kecokelatan, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan tanaman sudah mulai layu, limbah pelumas mengambang tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak, warna limbah pelumas cokelat muda, dan berbau sedikit menyengat	Keadaan air limbah cokelat muda, limbah pelumas tidak menyatu dengan air, limbah minyak pelumas berubah menjadi seperti lemak berbau sedikit menyengat			





Pada saat dilakukan pengamatan terjadi perubahan warna pada tanaman enceng gondok yaitu pada hari ketiga, pada reaktor uji 1 dan 2 beberapa batang tanaman dan daun berubah warna menjadi kekuningan. Pada hari keempat dan kelima beberapa batang tanaman sudah ada yang membusuk tetapi tumbuh anakan baru (*runner*) pada reaktor uji 1 dan reaktor uji 2. Untuk air limbahnya sudah terlihat perubahan pada warnanya yaitu dari hitam pekat menjadi hitam sedikit kecokelatan. Terjadinya perubahan warna pada tanaman dikarenakan tanaman enceng gondok telah menyerap pencemar pada air limbah. Pada reaktor kontrol tidak terjadi perubahan warna pada airnya.

Pada hari keenam sampai dengan hari kedelapan, mulai terjadi perubahan warna pada air limbah tersebut, yaitu warna air berubah menjadi keruh dan sedikit kehijauan dikarenakan adanya batang dan daun tanaman yang telah membusuk. Pada hari selanjutnya yaitu hari ke sembilan hingga hari ke lima belas, warna air limbah semakin keruh dan berwarna hijau. Begitupun dengan reaktor kontrol, warna airnya berubah menjadi sedikit keruh. Perubahan warna air limbah yang menghijau disebabkan karena adanya peningkatan pertumbuhan bakteri yang memiliki kemampuan menaikkan pH dalam reaktor (Aka, dkk. 2017). Batang dan daun dari tanaman enceng gondok juga semakin banyak yang layu dan membusuk tetapi juga mulai tumbuh anakan baru (*runner*).

#### **4.3.1. Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)**

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) oleh tanaman uji dengan melihat perlakuan pada tanaman dan mikroorganisme. Total Petroleum Hidrokarbon adalah nilai dari kandungan minyak yang terkandung dalam limbah minyak pelumas bekas. Proses analisa TPH dilakukan dengan metode gravimetri, yaitu dengan cara menambahkan chloroform sebagai pengikat dari minyak. Prosedur analisa TPH dapat dilihat pada lampiran A.

Penelitian ini menggunakan tiga reaktor yang terdiri dari dua reaktor dengan tanaman uji menggunakan variasi penambahan pupuk dan tanpa pupuk, kemudian

satu reaktor kontrol dengan kontaminan tanpa tanaman uji. Reaktor kontrol kontaminan ini berfungsi untuk mengetahui tingkat penurunan TPH (Total Petroleum Hidrokarbon) yang terjadi tanpa adanya pengaruh dari tanaman uji. Keadaan yang mempengaruhi penurunan TPH (Total Petroleum Hidrokarbon) pada reaktor kontrol ini merupakan proses biodegradasi yang dilakukan oleh bakteri hidrokarbon.

Proses penyerapan zat-zat yang terdapat dalam limbah dilakukan oleh ujung akar tanaman dengan jaringan meristem terjadi karena adanya gaya tarik-menarik oleh molekul-molekul air yang ada pada tumbuhan. Zat-zat yang terserap akan masuk ke batang melalui pembuluh pengangkut (xilem), kemudian diteruskan ke akar (Hardyanti, 2007). Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon disajikan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1.

**Tabel 4.3** Total Petroleum Hidrokarbon

Pengamatan Hari ke-	Penurunan Konsentrasi Minyak Pelumas Bekas (mg/l)	
	Reaktor P1	Reaktor P2
<b>1</b>	40	80
<b>3</b>	4	44
<b>6</b>	4	4
<b>9</b>	8	8
<b>12</b>	4	4
<b>15</b>	4	4

*Sumber: Hasil Penelitian, 2019*



alami dengan memanfaatkan nutrisi dari tanaman dan hidup pada bintil akar tanaman enceng gondok (Ratna, 2007).

Pada saat penelitian terjadi perubahan fisik pada tanaman enceng gondok dalam reaktor 1 dengan penambahan pupuk, yaitu dengan tumbuhnya beberapa daun tanaman enceng gondok yang baru, akar dan batang tanaman bertambah panjang. Berikut adalah perubahan tanaman secara fisik :

- Fisik tanaman pada reaktor 1 sebelum penelitian :

- a. Panjang batang : 24 cm
- b. Jumlah daun : 10 helai
- c. Panjang akar : 54 cm
- d. Berat tanaman : 149 gram

- Fisik tanaman pada reaktor 1 setelah penelitian :

- e. Panjang batang : 4 - 20 cm
- f. Jumlah daun : 15 helai
- g. Panjang akar : 65 cm
- h. Berat tanaman : 170 gram

Pada hari ke-6, ke-12, dan ke-15 pengamatan dapat dilihat bahwa tidak terjadi penurunan TPH. Bahkan pada hari ke-9 pengamatan, terjadi peningkatan konsentrasi TPH. Hal ini dapat terjadi karena tanaman enceng gondok mulai jenuh dengan kontaminan sehingga terjadinya efek depurasi. Depurasi merupakan pengembalian kembali kontaminan pada media karena tanaman telah jenuh. Pengembalian kontaminan pada media terjadi karena minyak pelumas yang menempel pada akar tanaman belum terserap dan juga belum terjadi proses degradasi yang dilakukan oleh akar dan mikroorganisme (Ratna, 2007).



Gambar A



Gambar B



Gambar C



Gambar D



Gambar E



Gambar F



**Gambar 4.2** Reaktor Uji 1

*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2019*

Keterangan gambar:

Gambar A : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-0)

Gambar B : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-3)

Gambar C : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-6)

Gambar D : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-9)

Gambar E : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-12)

Gambar F : Reaktor Uji 1 dengan Pupuk (Pengamatan Hari ke-15)

Berdasarkan Gambar 4.1 terjadi penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada reaktor uji 2 yaitu reaktor yang berisi kontaminan tanpa pupuk pada hari ke-3 pengamatan. Penurunan terjadi ditandai dengan adanya perubahan warna pada batang dan daun yang tersentuh oleh minyak pelumas karena tanaman melakukan proses absorpsi. Pada hari ke-6 pengamatan terjadi penurunan

konsentrasi TPH terbesar pada reaktor uji 2 yaitu 40 mg/l. Kondisi ini terjadi dikarenakan tanaman enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah mampu menyesuaikan diri dengan kondisi pada media tanam dengan baik sehingga dapat menyerap kontaminan secara maksimal.

Pada hari ke-9 terjadi peningkatan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH). Hal ini terjadi karena adanya kontaminan yang terlepas kembali ke lingkungan. Kontaminan yang terlepas dapat disebabkan oleh tanaman yang mulai jenuh. Tanaman yang telah jenuh dengan kontaminan dapat melepaskan kembali kontaminan ke lingkungan. Tahap ini dapat disebut dengan efek depurasi. Selain itu, peningkatan konsentrasi TPH juga dapat disebabkan oleh minyak pelumas yang sebelumnya menempel pada dinding reaktor terlarut kembali (Ratna, 2007).

Pada saat penelitian terjadi perubahan fisik pada tanaman enceng gondok dalam reaktor uji 2 tanpa penambahan pupuk, yaitu dengan tumbuhnya beberapa daun tanaman enceng gondok yang baru, akar dan batang tanaman bertambah panjang. Berikut adalah perubahan tanaman secara fisik :

- Fisik tanaman pada reaktor uji 2 sebelum penelitian :
  - a. Panjang batang : 27 cm
  - b. Jumlah daun : 8 helai
  - c. Panjang akar : 55 cm
  - d. Berat tanaman : 100 gram
- Fisik tanaman pada reaktor 1 setelah penelitian :
  - a. Panjang batang : 3 - 30 cm
  - b. Jumlah daun : 10 helai
  - c. Panjang akar : 60 cm
  - d. Berat tanaman : 145 gram



Gambar A



Gambar B



Gambar C



Gambar D



Gambar E



Gambar F

### Gambar 4.3 Reaktor Uji 2

*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2019*

Keterangan gambar:

Gambar A : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-0)

Gambar B : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-3)

Gambar C : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-6)

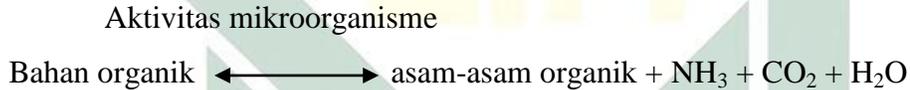
Gambar D : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-9)

Gambar E : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-12)

Gambar F : Reaktor Uji 2 tanpa Pupuk (Pengamatan Hari ke-15)

#### 4.3.2. Peranan Mikroorganisme dalam Proses Degradasi Minyak

Tanaman uji dapat menyerap bahan organik dalam bentuk ion, maka nutrisi dan bahan organik harus mengalami penguraian sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Proses penguraian tersebut dilakukan oleh mikroorganisme yang melakukan aktivitas disekitar akar tanaman. Mikroorganisme ini membutuhkan oksigen untuk melakukan penguraian bahan organik. Oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yaitu berasal dari hasil fotosintesis yang dilakukan tanaman uji. Penyerapan ion-ion yang dilakukan oleh tanaman akan mencegah terjadinya penumpukan ion-ion yang dapat bersifat toksik bagi bakteri itu sendiri. Maka dari itu keberadaan mikroorganisme sendiri tidak dapat dipisahkan dalam proses remediasi (Ratna, 2007). Proses penguraian dari bahan organik yaitu sebagai berikut:



Keberadaan dari mikroorganisme ini sangat penting maka dapat dibuktikan dengan analisis keberadaan bakteri dengan menggunakan metode:

1. Total Plate Count (TPC) pada:
  - a. Media Nutrient Agar (NA) untuk mengetahui kelimpahan bakteri *Bacillus* sp. pada sampel.
  - b. Media Glutamate Starch Peptone (GSP) untuk mengetahui kelimpahan bakteri *Pseudomonas* sp. pada sampel.

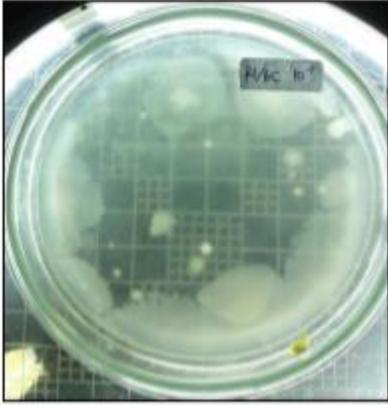
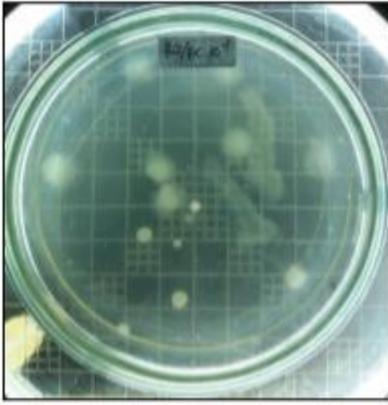
Pada Tabel 4.4 dapat diketahui terdapat bakteri hidrokarbon yang tumbuh pada media NA dan media GSP setelah dianalisa. Keberadaan bakteri hidrokarbon berperan dalam proses degradasi kontaminan minyak pelumas bekas (Ratna, 2007). Pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dalam cawan petri terdapat gumpalan-

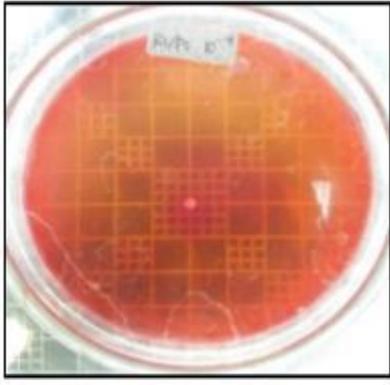
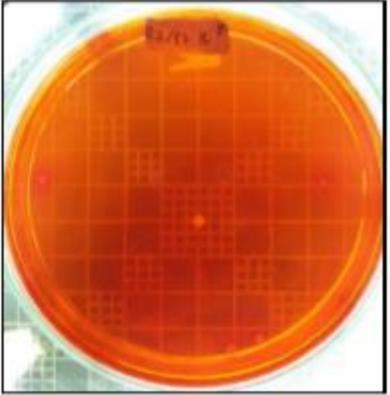
gumpalan berwarna putih keruh untuk bakteri *Bacillus sp* dan berwarna merah muda untuk bakteri *Pseudomonas sp*. Gumpalan tersebut merupakan mikroorganisme yang membentuk koloni sehingga bisa diamati tanpa menggunakan mikroskop.

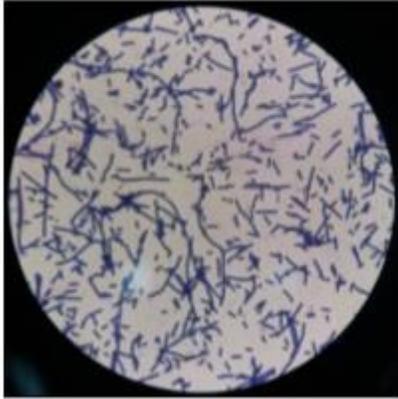
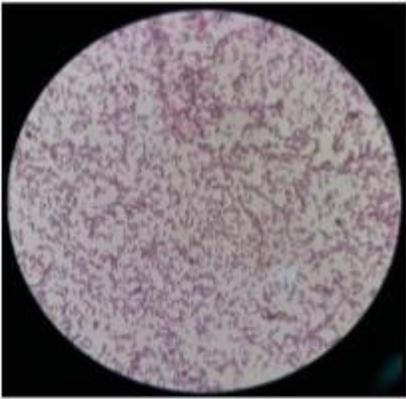
Bakteri yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi kontaminan seperti minyak pelumas yang mengandung senyawa hidrokarbon petroleum yaitu *Acinobacter*, *Actinobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Berjerinckia*, *Flavobacterium*, *Methylosinus*, *Mycobacterium*, *Mycococcus*, *Nitrosomonas*, *Nocardia*, *Penicillium*, *Phanerochaete*, *Pseudomonas*, *Rhizoctonia*, *Serratia*, *Trametes* dan *Xanthobacter* (Okoh dan Trejo-Hernandez dalam Ratna, 2007). Jika dilihat dari jenis bakteri tersebut maka keberadaan dari bakteri hidrokarbon dapat tumbuh secara alami dalam sebuah media tanpa adanya kontaminan minyak pelumas.

Efektivitas proses bioremediasi hidrokarbon tergantung pada beberapa faktor yaitu substrat kimia (kontaminan minyak pelumas) harus mudah diserap oleh mikroorganisme yang akan digunakan sebagai sumber energi dan karbon, proses remediasi harus didukung dengan adanya produk enzim (nitrogen dan phosphor), temperatur, tidak adanya zat toksik serta kondisi lingkungan yang bisa mendukung pertumbuhan mikroorganisme hidrokarbon (Okoh dan Trejo Hernandez dalam Ratna, 2007).

**Tabel 4.4 Hasil Uji Bakteri Reaktor 1 dan 2**

No	Jenis Uji	Hasil Uji	Keterangan
1	Deteksi Kelimpahan Bakteri <i>Bacillus</i> <i>sp.</i> pada sampel 1	 <p data-bbox="669 804 1101 947">Gambar 1. Hasil TPC Bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada Sampel 1 Pengenceran <math>10^{-1}</math>.</p>	Terdapat kelimpahan bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada medium NA sebanyak $7,5 \times 10^2$ CFU/ mL
2	Deteksi Kelimpahan Bakteri <i>Bacillus</i> <i>sp.</i> pada sampel 2	 <p data-bbox="669 1413 1101 1556">Gambar 2. Hasil TPC Bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada Sampel 2 Pengenceran <math>10^{-1}</math>.</p>	Terdapat kelimpahan bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada medium NA sebanyak $9,5 \times 10^2$ CFU/ mL.

No	Jenis Uji	Hasil Uji	Keterangan
3	Deteksi Kelimpahan Bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> pada sampel 1	 <p data-bbox="670 705 1101 852">Gambar 3. Hasil TPC Bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> pada sampel 1 Pengenceran <math>10^{-4}</math>.</p>	Terdapat kelimpahan <i>Pseudomonas</i> pada medium GSP sebanyak $2,6 \times 10^5$ CFU/ mL.  *) Hasil positif <i>Pseudomonas</i> ditunjukkan dengan koloni berwarna merah muda.
4	Deteksi Kelimpahan Bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> pada sampel 2	 <p data-bbox="670 1377 1101 1524">Gambar 3. Hasil TPC Bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> pada sampel 2 Pengenceran <math>10^{-5}</math>.</p>	Terdapat kelimpahan <i>Pseudomonas</i> pada medium GSP sebanyak $6,0 \times 10^5$ CFU/ mL.  *) Hasil positif <i>Pseudomonas</i> ditunjukkan dengan koloni berwarna merah muda

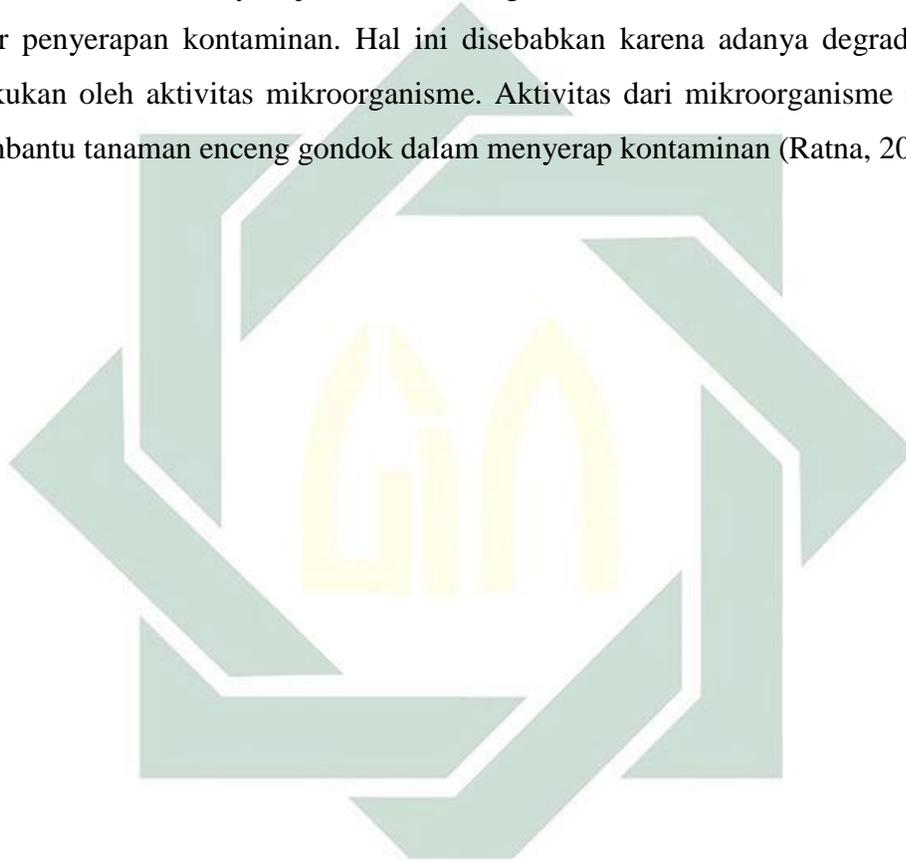
No	Jenis Uji	Hasil Uji	Keterangan
5	Pewarnaan Gram pada bakteri <i>Bacillus sp.</i>	 <p>Gambar 5. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri <i>Bacillus sp.</i> (Perbesaran 1000x).</p>	<p>Terdapat sel bakteri berbentuk batang dan berwarna biru keunguan.</p> <p>Berdasarkan warna sel bakteri tersebut, tergolong ke dalam bakteri Gram positif</p>
6	Pewarnaan Gram pada bakteri <i>Pseudomonas sp.</i>	 <p>Gambar 6. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> (Perbesaran 1000x).</p>	<p>Terdapat sel bakteri berbentuk batang dan berwarna merah. Berdasarkan warna sel bakteri tersebut, tergolong ke dalam bakteri Gram negatif</p>

Sumber: Hasil Uji Analisa Mikroorganisme, 2019

Berdasarkan hasil analisa diketahui jumlah dari kelimpahan bakteri *Bacillus sp.* pada sampel 2 lebih banyak dari pada pada sampel 1 berturut-turut sebanyak  $9,5 \times 10^2$  CFU/mL dan  $7,5 \times 10^2$  CFU/mL dan kelimpahan bakteri *Pseudomonas sp.* pada sampel 2 juga lebih banyak dari pada sampel 1 yang berturut-turut sebanyak  $6,0 \times 10^5$  CFU/mL dan  $2,6 \times 10^5$  CFU/mL. Sehingga, secara keseluruhan dapat

disimpulkan bahwa kelimpahan bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* pada sampel 2 lebih banyak dari pada sampel 1.

Hasil uji fitoremediasi menunjukkan bahwa bakteri hidrokarbon dapat berpengaruh terhadap penyerapan limbah pelumas bekas oleh tanaman enceng gondok. Semakin banyak jumlah mikroorganisme dalam reaktor maka semakin besar penyerapan kontaminan. Hal ini disebabkan karena adanya degradasi yang dilakukan oleh aktivitas mikroorganisme. Aktivitas dari mikroorganisme ini dapat membantu tanaman enceng gondok dalam menyerap kontaminan (Ratna, 2007).



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan penambahan pupuk NPK pada uji fitoremediasi terdapat perbedaan pada proses remediasi minyak pelumas antara tanaman yang menggunakan pupuk dan tanpa pupuk. Dimana sejak hari pertama tanaman enceng gondok yang menggunakan pupuk telah mampu menyerap kontaminan berupa minyak pelumas bekas.
2. Tanaman enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat menyerap limbah minyak pelumas bekas hingga 76 mg/l dengan menggunakan pupuk dalam kurun waktu singkat yaitu 3 hari. Sedangkan proses fitoremediasi tanpa menggunakan pupuk dapat mendegradasi limbah pelumas bekas hingga 76 mg/l dalam waktu yang lebih panjang yaitu 6 hari.
3. Bakteri hidrokarbon yang terlibat dalam proses fitoremediasi ini adalah bakteri *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp*. Bakteri ini dapat mempengaruhi proses remediasi sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi TPH pada reaktor uji.

#### **5.2. Saran**

1. Penelitian fitoremediasi ini dilakukan dengan sistem *batch*, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat digunakan sistem kontinu.
2. Tanaman enceng gondok dengan berat 100-150 gram dapat ditingkatkan untuk konsentrasi pencemar, karena pada konsentrasi 2500 mg/l tanaman masih mampu untuk menyerap kontaminan.
3. Variasi perlakuan pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan perbandingan antara penggunaan pupuk NPK dan pupuk organik dalam membantu proses fitoremediasi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, Yuni dan Lel Fitri. 2016. *Karakterisasi Bakteri Potensial Pendegradasi Oli Bekas pada Tanah Bengkel di Kota Padang*. Journal of Sainteks 8 (9) : 98-103
- Ajiningrum, P.S dan I. A. K. Pramushinta. 2015. *Penghilang Limbah Pestisida Tebukonazol dengan Sistem Fitoremediasi Menggunakan Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes)*. Journal of Science 8(2) : 1-5
- Aka, H. A. 2017. *Penurunan Kadar Amonia dalam Limbah Cair oleh Tanaman Air Typha latifolia (Tanaman Obor)*. Jurnal Ilmu Kebencanaan, Volume 4, Nomor 3
- Alamsyah, Muh. 2017. *Pengaruh Konsentrasi L-Asparagin terhadap Produksi Enzim Kasar L-Asparaginase oleh Bakteri Pseudomonas Putida*. Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
- Amalia, Dian, dan Alia Damayanti. 2005. *Studi Keefektifan Penurunan Kromium ( $Cr^{6+}$ ) pada Air Limbah dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)*. Jurnal Purifikasi, Vol. 6, No. 2 : 169-174
- Anggraeni, Febrianti. 2007. *Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes) dalam Meremediasi Air yang Tercemar Minyak Pelumas Bekas Kendaraan dengan Metode Phitoremediasi*. Tugas Akhir Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan ITS
- Arisandy, Febi, Sri Pertiwi Estuningsih, dan Juswardi. 2018. *Pengaruh Penambahan Beberapa Konsentrasi Pupuk NPK dan Air Asam Tambang pada Proses Fitoremediasi oleh Eleocharis dulcis (Burm. F) Trin. Ex. Henschel*
- Bambang, Yudono, dan Sri Pertiwi Estuningsih. 2013. *Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri Konsorsium (Micrococcus sp, Pseudomonas Pseudomallei, Pseudomonas Pseudoalcaligenes dan Bacillus sp) dan Rumput Eleusine Indica (L.) Gaertn*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung

- Coetzee, Julie A., Mrcus J. Byrne and Martin P.Hill. 2007. *Impact of Nutrients and Herbivory by Eccritotarsus Catarinensis on the Biological Control of Water Hyacinth, Eichhornia Crassipes*
- Dewi, Fajar Kusuma. 2010. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (Morinda Citrifolia, Linnaeus) terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar*. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Ebel, Mathias, et al. 2007. *Cyanide Phytoremediation by Water Hyacinths (Eichhornia crassipes)*. Chemosphere 66 : 816-823
- Effendi, M. Syafwansyah, dan Rabiatul Adawiyah. 2014. *Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur pada Beberapa Merek Minyak Pelumas*. Jurnal INTEKNA, No.1 : 1-101
- Fariez, Chairul, dan Said ZA. 2014. *Fitoremediasi Air Tercemar Polutan Amoniak dengan Memanfaatkan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)*
- Fox, I. J, et al. 2008. *Nitrogen Phytoremediation by Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)*. Water Air Soil Pollut, 194: 199-207
- Hardyanti, Nurandani, dan Suparni Setyowati Rahayu. 2007. *Fitoremediasi Phospat dengan Pemanfaatan Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) (Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)*. Jurnal Presipitasi, Vol. 2, No. 1
- Hasyim, Ummul Habibah. 2016. *Reviuw: Kajian Adsorpsi Logam dalam Pelumas Bekas dan Prospek Pemanfaatannya sebagai Bahan Bakar*. Konversi, Vol. 5, No. 1
- Hatmanti, Ariani. 2000. *Pengenalan Bacillus Spp*. Oseana, Volume XXV, Nomor 1 (31-41)
- Holifah, Siti, Supartono, dan Harjono. 2018. *Analisis Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda pada Proses Bioremediasi Oil Sludge di Pertambangan Desa Wonocolo*. Indonesian Journal of Chemical Science 7 (1)
- Interstate Technology Regulatory Council (ITRC). 2009. *Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees, Revised*

- Madussa, S. S. 2017. *Efektivitas Tanaman Jeringau (Ocorus celamus) untuk Menurunkan Kadar Amoniak pada Air Limbah RSUD Kota Bitung*
- Muhajir, Mika Septiawan. 2013. *Penurunan Limbah Cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) dengan Sistem Constructed Wetland*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
- Nababan, Bungaria. 2008. *Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan*. Tesis Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara
- Nasikhin, Roksun dan Maya Shovitri. 2013. *Isolasi Bakteri dan Karakterisasi bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No. 2
- Ningtyas, Asti Intan Lestari. 2012. *Perbedaan Konsentrasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanolik Batang Pisang Kluthuk (Musa Balbisiana Colla) terhadap Staphylococcus aureus dan Pseudomonas aeruginosa*. Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Nurfitri, Annisa, dan Indah Rachmatiah SS. 2010. *Pengaruh Kerapatan Tanaman Kiapu (Pistia stratiotes L) terhadap serapan Logam Cu pada Air*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 16, No. 1, Hal. 42-51
- PJH, Mitha Ratna. 2007. *Fitoremediasi Air yang Tercemar Minyak Pelumas dengan Memanfaatkan Eceng Gondok (Echhornia Crassipes)*. Tugas Akhir Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan ITS
- Prasetyo, Angga Dwi, dan Hadi Sasongko. 2014. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 70% Daun Kersen (Muntingia Calabura L.) terhadap Bakteri Bacillus subtilis dan Shigella dysenteriae sebagai Materi Pembelajaran Biologi SMA Kelas X untuk Mencapai Kd 3.4 pada Kurikulum 2013*. JUPEMASI-PBIO, Vol. 1, No. 1

- Pratiwi, Kasih Ditaningtyas Sari, dan Joni Hermana. 2014. *Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Mengandung Minyak Pelumas pada Oil Separator dengan Menggunakan Plate Settler*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No. 1
- Pratiwi, Yuzana. 2013. *Pengolahan Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment*. Jurnal Teknik Sipil Untan, Volume 13, Nomor 1
- Purwaningsih, Is Sulistyati. 2009. *Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol*. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 3, No. 1
- Putera, Rizky Dirga Harya. 2012. *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dengan Variasi Pelarut*. Skripsi Program Studi Teknik Kimia, Universitas Indonesia
- Putra, Suhendra Amka. 2018. *Peran Biosurfaktan dari Proses Composting untuk Desorpsi Hidrokarbon pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi*. Tesis Program Magister Departemen Teknik Lingkungan ITS
- Rahardian, R. E. 2017. *Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Studi Kasus: Limbah Laundry*. Jurnal Teknik Lingkungan Volume 5, Nomor 3
- Raharjo, Wahyu Purwo. 2009. *Pemanfaatan Oli Bekas dengan Pencampuran Minyak Tanah Sebagai Bahan Bakar pada Atomizing Burner*. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi, Vol. 1, No. 2 : 156-168
- Ratnani, R.D. 2012. *Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif untuk Menurunkan Pencemaran pada Limbah Cair Industri Tahu*. Momentum, Vol. 8, No.1
- Ristiati, Ni Putu. 2013. *Uji Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar terhadap Limbah Oli dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang*. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III
- Rondonuwu, Sedy B., 2014. *Fitoremediasi Limbah Merkuri menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor*. Jurnal Ilmiah Sains, Vol. 4, No.1

- Rorong, Johnly A. dan Edi Suryanto. 2010. *Analisis Fitokimia Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) dan Efeknya sebagai Agen Photoreduksi Fe<sup>3+</sup>*. Chem. Prog. Vol. 3, No. 1
- Sitompul, Debora F, Mumu Sutisna, dan Kancitra Pharmawati. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok*. Jurnal Institut Teknologi Nasional, No.2, Vol. 1
- Stefhany, Cut Ananda, Mumu Sutisna, Kancitra Pharmawati. 2013. *Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)*. Jurnal Institut Teknologi Nasional
- Sudarman, Robby, Muhammad Edihar, Subardin. 2011. *Makalah Pengolahan Minyak Bumi*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Haluoleo Kendari
- Suryati, Tuti, dan Budhi Priyanto. 2003. *Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air*. Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT 4(3) : 143-147
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Yuliani, Dewi Eka, Saibun Sitorus, dan Teguh Wirawan. 2013. *Analisis Kemampuan Kiambang (Salvinia molesta) untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) pada Media Tumbuh Air*. Jurnal Kimia Mulawarman Vol 10, No. 2
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin. (2017). Pengaruh Pemangkasan Akar Jati dan Inokulasi Jamur Mikori . *J. Manusia dan Lingkungan* , 24 (1), 17-22.
- Zumani, Darul, Maman Suryaman, Sheli Mustikasari Dewi. 2015. *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) untuk Fitoremediasi Kadmium (Cd) pada Air Tercemar*. Jurnal Siliwangi Vol.1, No.1