

Kimia

**PERUBAHAN KOMPOSISI HASIL DEGRADASI LIMBAH MINYAK
BUMI PADA PROSES BIOREMEDIASI; SINERGI BAKTERI
KONSORSIUM DENGAN TANAMAN LAMTORO GUNG
(*Leucaena leucopala*)**

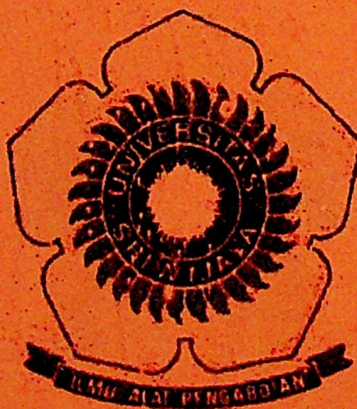
SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
di bidang studi kimia pada Fakultas MIPA**

Oleh :

ARDIANTO ACHMAD

08071003053



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

S
576.648 207.

Ard

P
2013

R: 27411/27983



**PERUBAHAN KOMPOSISI HASIL DEGRADASI LIMBAH MINYAK
BUMI PADA PROSES BIOREMEDIASI; SINERGI BAKTERI
KONSORSIUM DENGAN TANAMAN LAMTORO GUNG
(*Leucaena leuchepala*)**

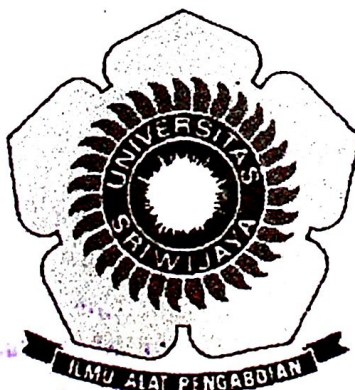
SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
di bidang studi kimia pada Fakultas MIPA**

Oleh :

ARDIANTO ACHMAD

08071003053



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2013

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Perubahan Komposisi Hasil Degradasi Limbah
Minyak Bumi pada Proses Bioremediasi; Sinergi
Bakteri Konsorsium dengan Tanaman Lamtoro
Gung (*Leucaena leucophaea*)

Nama Mahasiswa : Ardianto Achmad

NIM : 08071003053

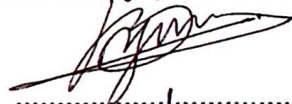
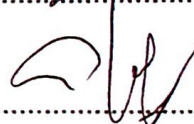
Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 9 Desember 2013

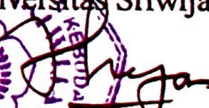
Inderalaya, 2 Desember 2013

Pembimbing:

1. Dr. Bambang Yudono, M.Sc
2. Dra. Fatma, M.Si


.....

.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Perubahan Komposisi Hasil Degradasi Limbah Minyak Bumi pada Proses Bioremediasi; Sinergi Bakteri Konsorsium dengan Tanaman Lamtoro Gung (*Leucaena leuccephala*)

Nama Mahasiswa : Ardianto Achmad

NIM : 08071003053

Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Desember 2013 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan Panitia Sidang Ujian Skripsi.

Indralaya, 12 Desember 2013

Ketua Panitia

1. Dr. Bambang Yudono, M.Sc.

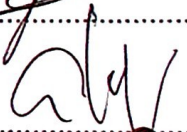
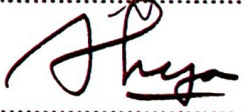
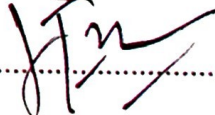
Anggota

2. Dra. Fatma, M.S

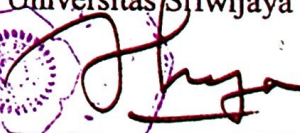
3. Dr. Suheryanto, M.Si

4. Hasanudin, S.Si.,M.Si

5. Hermansyah, Ph.D

()
()
()
()
()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

()
Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Ardianto Achmad
NIM : 08071003053
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua Informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Desember 2013
Penulis,

Ardianto Achmad
08071003053

PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ardianto Achmad
NIM : 08071003053
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Perubahan Komposisi Hasil Degradasi Limbah Minyak Bumi pada Proses Bioremediasi; Sinergi Bakteri Konsorsium dengan Tanaman Lamtoro Gung (*Leucaena leuchepala*)”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/ memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Desember 2013
Yang menyatakan,

Ardianto Achmad
08071003053

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“Sebaik-baik manusia adalah orang yang banyak manfaatnya
(kebaikannya) kepada manusia lainnya.”
(H.R. Qadla’ie dari Jabir)*

Aku persembahkan karya ini untuk :

- Allah SWT, Tuhan seluruh umat manusia
- Rasulullah SAW
- Keluarga ku
- Saudara se-Tanah Air ku
- Dosen Pembimbing ku
- Teman-teman ku
- Orang-orang ku sayangi
- Almamater ku

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur Penulis sampaikan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan Skripsi yang berjudul **“Perubahan Komposisi Hasil Degradasi Limbah Minyak Bumi pada Proses Bioremediasi; Sinergi Bakteri Konsorsium dengan Tanaman Lamtoro Gung (*Leucaena leuchepala*)”** yang dibuat sebagai salah satu syarat menyelesaikan tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di bidang studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Rasa syukur penulis ucapkan atas segala kemudahan yang penulis rasakan dan semua pihak yang menjadi perantara dalam mempermudah menyelesaikan Tugas Akhir dan Skripsi ini. Ucapan terima kasih dan pengharagaan yang tulus penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya,
2. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia. Terima kasih atas dukungannya dalam menyelesaikan pendidikan akademik penulis.
3. Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc, selaku Pembimbing Utama, terima kasih atas setiap doa dan waktu yang Bapak berikan, untuk membimbing penulis. dalam penyelesaian Tugas Akhir dan Skripsi ini.

4. Ibu Dra. Fatma, M.S, selaku Pembimbing Kedua, terima kasih Ibu atas bimbingan dan doa mu dalam penyelesaian Tugas Akhir dan Skripsi ini.
5. Bapak Hasanudin, S.Si.,M.Si, selaku pembimbing akademik selama penulis kuliah, terima kasih atas waktu dan bimbingan selama studi penulis.
6. Bapak Hermansyah, Ph.D, Bapak Dr. Suheryanto, M.Si., dan Bapak Hasanudin, S.Si., M.Si selaku dosen pembahas tugas akhir dan skripsi ini. Terima kasih kembali kepada Bapak, atas saran dan masukkannya demi baiknya skripsi ini.
7. Seluruh dosen yang telah memberikan pengajaran hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan Skripsi.
8. Seluruh staf seluruh jurusan MIPA Unsri (Fisika, Biologi, Matematika, Kelautan, Farmasi) terutama staf karyawan dan karyawan Jurusan Kimia Novi, Roni terima kasih bantuannya.
9. Seluruh analis jurusan kimia ayuk Yanti, ayuk Nur, ayuk Yuniar, terima kasih semua kerjasamanya dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
10. Terima kasih Laboratorium Kimia Instrumen Universitas Pendidikan Indonesia – Bandung, atas kerjasamanya dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
11. Teman-teman satu angkatan Eko, Bambang, Abdul, Puji, Lely, Fadil, Rio, Adi, Asef, Bina, Utyk, Arison, Andre dll. Terima kasih telah menerima penulis sebagai teman Keluarga Kimia '07 Unsri (grup rahasia). dan berharap semuanya setelah ini kita akan bertemu kembali dengan kehidupan yang lebih baik lagi, menjadi orang yang sangat-sangat sukses. Amin.

12. Sahabat HIMAKI MIPA angkatan 2005, 2006, teman angkatan 2008 Pras, Sugandi, Faisal, Kiki, Tami, Fadli, Hendra. Teman angkatan 2009, Puspa, Frengky, Itok, Taufik, Ustadhi terima kasih tempat penginapan dan makanan, serta canda tawanya. Teman angkatan 2010 Gagok, Atul, Karim *ol them trafficlamp*. Teman angkatan 2011 Noprita Sari, Ronald, dll terima kasih telah menemani penulis dapat menyelesaikan perkuliahan. Serta teman angkatan 2012 ke atas *AYO SEMANGAT* kuliahnya terutama di Tugas Akhir nya jangan malas-malas cak kakak, hampir lima semester.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Indralaya, Desember 2013

Penulis

**The Changed Composition of Degradations of Waste Oil Products in
Bioremediation Process; the Synergy of Bacterial Consortium with
Lamtoro Gung (*Leucaena leuchepala*)**

**by:
Ardianto Achmad
08071003053**

ABSTRACT

It had been researched about the degradations of waste oil by using the synergy of bacterial consortium with lamtoro gung (*Leucaena leuchepala*) method in field scale. Contaminated soil by petroleum the concentration condition sludge were set up 7.5%. Bioremediation process had been done in 12 weeks and it were treated by adding fresh soil, bulking agent, and nutrition with ratio N/P/K was 10 : 1 : 0,1. Sampling of contaminated soil by petroleum and than analyzed by gas chromatography were done every 2 weeks. The results showed that the waste oil were composed of hydrocarbon compounds with began carbon chain C₁₅-C₁₇, C₁₈-C₂₁ and chain hydrocarbon more than C₂₂ with individual abundances 14.65%; 58.87% and 26.47%. At the end of the bioremediation content of the residues are hydrocarbon residues generate 45.88% in chain C₁₈-C₂₁ and 54.12% in chain hydrocarbon more than C₂₂. This researched may provide information the changed compounds of waste oil in bioremediation process at the field scale.

**Keyword : Consortium, *Leucaena leuchepala*, Gas Chromatography,
Bioremediation**

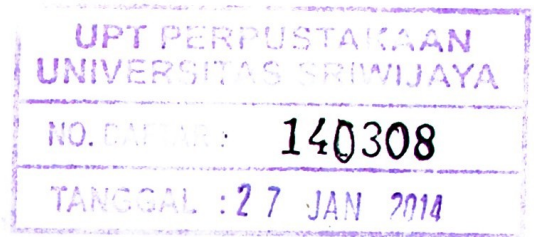
**Perubahan Komposisi Hasil Degradasi Limbah Minyak Bumi pada Proses
Bioremediasi; Sinergi Bakteri Konsorsium dengan Tanaman
Lamtoro Gung (*Leucaena leuchepala*)**

oleh:
Ardianto Achmad
08071003053

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang degradasi limbah minyak bumi menggunakan metode sinergi bakteri konsorsium dengan tanaman lamtoro gung (*Leucaena leuchepala*) dalam skala lapangan. Tanah terkontaminasi minyak bumi dikondisikan pada konsentrasi sludge 7,5%. Proses bioremediasi dilakukan selama 12 minggu dengan media perlakuan menambahkan tanah segar, serbuk gergaji, dan nutrisi dengan rasio N/P/K sebesar 10 : 1 : 0,1. Pengambilan sampel tanah terkontaminasi minyak bumi dilakukan setiap 2 minggu kemudian dianalisis menggunakan kromatografi gas. Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah minyak bumi tersusun dari senyawa hidrokarbon rantai C₁₅-C₁₇, C₁₈-C₂₁ dan rantai hidrokarbon lebih dari C₂₂ dengan masing-masing kelimpahan awalnya 14,65%; 58,87% dan 26,47%. Pada akhir bioremediasi kandungan residunya adalah hidrokarbon rantai C₁₈-C₂₁ sebesar 45,88% dan rantai hidrokarbon lebih dari C₂₂ sebesar 54,12%. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi perubahan senyawa penyusun limbah minyak bumi pada proses bioremediasi dalam skala lapangan.

Kata kunci : Konsorsium, *Leucaena leuchepala*, kromatografi gas, Bioremediasi



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	x
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Minyak bumi	5
2.1.1. Sifat fisik dan kimia minyak bumi	6

2.1.2. Pengaruh pencemaran minyak bumi terhadap lingkungan	7
2.2. Pengolahan limbah minyak bumi	7
2.3. Degradasi limbah minyak bumi oleh bakteri	9
2.4. Morfologi lamtoro gung (<i>leucaena leucochepala</i>)	14
2.5. Sinergi tanaman dengan bakteri.....	15
2.6. Analisa perubahan komposisi metode GC (<i>gas chromatography</i>)	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat	18
3.2. Alat dan bahan	18
3.2.1. Alat	18
3.2.2. Bahan	18
3.3. Rancangan penelitian	18
3.4. Prosedur penelitian	19
3.4.1. Persiapan limbah minyak bumi	19
3.4.2. Persiapan lokasi penanaman	19
3.4.3. Persiapan media olahan	19
3.4.4. Persiapan media tanam	20
3.4.5. Persiapan penanaman	20
3.4.6. Analisis sampel dan data	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Perubahan Komposisi Minyak Bumi pada Tanah

Terkontaminan	24
4.2. Perubahan komposisi limbah minyak bumi terhadap penurunan	
<i>Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)</i>	26
4.3. Pertumbuhan Lamtoro Gung (<i>Leucaena leucopala</i>)	27
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	34
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengelompokan identifikasi senyawa hidrokarbon	17
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Oksidasi n-alkana melalui jalur subterminal	11
Gambar 2. Metabolisme hidrokarbon aromatik (Benzena)	12
Gambar 3. Metabolisme cincin aromatik (Benzena)	12
Gambar 4. Metabolisme poliaromatik (Naftalena)	13
Gambar 5. Lamtoro Gung (<i>Leucaena leuchepala</i>)	14
Gambar 6. Diagram Temperatur Program	22
Gambar 7. Kondisi operasi sampel dalam kromatografi gas	23
Gambar 8. Persentase kelimpahan relatif senyawa hidrokarbon	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan massa material yang diperlukan	35
Lampiran 2. Penentuan persentase kelimpahan relatif setiap komponen	
Senyawa	36
Lampiran 3. Contoh penentuan kelimpahan relatif komponen limbah minyak	
Bumi	37
Lampiran 4. Persentase kelimpahan relatif komponen	42
Lampiran 5. Statistik pertumbuhan diameter batang	43
Lampiran 6. Penurunan <i>Total Petroleum Hydrocarbon</i> (TPH)	45
Lampiran 7. Gambar pertumbuhan tunas lamtoro gung	46
Lampiran 8. Gambar bahan yang digunakan	47

UPT PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NO. DAFTAR :
TANGGAL :

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Minyak bumi berasal dari fosil hewan dan tumbuhan yang terbentuk berjuta tahun silam, mengendap di dalam tanah atau didasar lautan (Yani dan Akbar, 2004). Minyak bumi di eksplorasi untuk dipergunakan sebagai pembangkit energi. Eksplorasi minyak bumi sampai ke proses pengilangan berpotensi menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) baik berupa limbah cair, limbah padat maupun limbah gas. Salah satu limbah bahan berbahaya dan beracun adalah lumpur minyak (*sludge*) (Kepmen LH No. 128 tahun 2003). *Sludge* merupakan campuran yang tersusun atas minyak, padatan dan air yang membentuk sistem koloid stabil, sehingga sangat sulit dipisahkan (Marjaka & Nugraha, 2005). Sistem koloid ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, karena akan mengganggu ekosistem dan siklus air.

Tanah merupakan komponen penting untuk pertumbuhan makhluk hidup. Untuk pertumbuhan diperlukan kondisi tanah yang subur dan bebas pencemar. Di lingkungan tercemar minyak bumi secara alami telah terdapat banyak bakteri pendegradasi komponen senyawa hidrokarbon. Hidrokarbon merupakan salah satu kontaminan yang sulit diurai, senyawa ini dapat bersifat racun apabila terakumulasi dalam tanah. Limbah minyak bumi merupakan senyawa kompleks yang banyak mengandung komponen hidrokarbon berberat molekul rendah dan tinggi. Bakteri konsorsium merupakan gabungan dari beberapa bakteri, yang

masing-masing bekerja secara spesifik baik dalam mendegradasi limbah minyak bumi berberat molekul rendah maupun berberat molekul tinggi. Bakteri konsorsium (*Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus sp*) mampu mendegradasi limbah minyak bumi (Mulyani, 2011). Bakteri konsorsium mampu tumbuh dengan baik pada tanah dalam mendegradasi limbah minyak bumi hingga konsentrasi sludge 50% (v/v) (Nugroho, 2006).

Tanaman famili kacang-kacangan (*Leguminoceae*) mempunyai kemampuan bersimbiosis saling menguntungkan (mutualistik) dengan bakteri *rhizobium sp* yang tumbuh di daerah perakarannya. Adanya bakteri ini menyebabkan terbentuknya bintil akar yang dapat memfiksasi Nitrogen bebas dari udara sehingga dapat memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur nitrogen (Fuskah, dkk., 2009). Lamtoro gung (*Leucaena leuchepala*) memiliki kemampuan sangat baik mendegradasi limbah minyak bumi dibandingkan famili kacang-kacangan (*leguminoceae*) lain pada proses fitoremediasi (Nurjayanti, 2011). Bioremediasi dan fitoremediasi merupakan metode ramah lingkungan, efektif dan ekonomis. Penerapan metode bioremediasi dan fitoremediasi pada lingkungan yang tercemar minyak bumi diharapkan dapat mengurangi konsentrasi limbah minyak bumi dan membantu usaha penormalan kembali lingkungan tercemar limbah minyak bumi.

Penanganan limbah minyak bumi dapat dilakukan dengan menyinergikan tanaman dengan bakteri. Maka itu, diperlukan hubungan kerjasama antara tanaman lamtoro gung (*Leucaena leuchepala*) dengan bakteri konsorsium

(*Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus sp*) dalam mengurangi dampak bahaya toksisitas dari komponen limbah minyak bumi.

Kromatografi gas (*gas chromatography*) adalah salah satu metoda yang digunakan untuk analisis komponen senyawa bersifat volatil dan senyawa yang bersifat semivolatil. Senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi mengandung senyawa volatil yang dapat menguap dan senyawa semivolatil yang kurang menguap. Kromatografi gas dapat digunakan untuk menganalisis komponen limbah minyak bumi. Untuk mengetahui hasil degradasi limbah minyak bumi pada proses bioremediasi, dapat menggunakan kromatografi gas.

1.2. Rumusan masalah

Minyak bumi merupakan campuran sangat kompleks dari senyawa-senyawa hidrokarbon dan bukan hidrokarbon, termasuk bahan berbahaya dan beracun. Degradasi limbah minyak bumi yaitu mengubah senyawa hidrokarbon dan bukan hidrokarbon yang berbahaya menjadi kurang berbahaya. Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini ialah seberapa besar komponen limbah minyak bumi yang berbahaya dapat terdegradasi menjadi komponen kurang berbahaya pada proses bioremediasi.

1.3. Tujuan penelitian

Menganalisa komponen limbah minyak bumi yang terdegradasi pada proses bioremediasi menggunakan kromatografi gas.

1.4. Manfaat penelitian

Memberi informasi tentang perubahan komposisi senyawa penyusun limbah minyak bumi dari analisis kromatografi gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anokhina, T.O., Kochetkov., Zelenkova., Balakshina., and A.M. Boronin. 2004. Journal. Biodegradation of Phenanthrene by Pseudomonas Bacteria Bearing Rhizospheric Plasmids in Model Plant-Microbial Associations. *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 40, No. 6, 2004, pp. 568–572
- Atlas R.M. 1989. *Microbiology: Fundamentals and Applications*. New York: Macmillan Publishing Co. Vol. 45. No. 1 p. 180-209.
- Atlas, R.M & Bartha R. 1997. *Microbial Ecology: Fundamental and Application* 4th ed. Benjamin Cumming Publishing. California: Co. Inc. Redwood City. London.1985, p.11-13.
- Bossert, I., Bartha R. 1984. The fate of petroleum in soil ecosystems. Di dalam: Atlas RM, editor. *Petroleum Microbiology*. New York: Macmillan Publishing Co. hlm 435-473
- Chaineau, C.H., Rougeux G., Yepremian C. & Oudot, J. 2005. Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. *Soil Biol Biochem*, 37 : 1490-1497.
- Chung W.K, King G.M. 2001. Isolation, characterization, and polyaromatic hydrocarbon degradation potential of aerobic bacteria from marine macrofaunal burrow sediments and description of *Lutibacterium anuloderans* gen and *Cycloclasticus spirillensus* sp. *Appl Environ Microbial*. 67(12): 5585.
- Dibble, J. T & Bartha, R. 2001. Effect of Enviromental Parameters on the Biodegradation of Oil Sludge. *Journal Appl. Enviroment Microbial*. 37: 729-739.
- Doerffer, J.W, *Oil Spill Response in the Marine Environment*, First Ed Pergamon Press, Tokyo. 1992, p. 9-20, 91-99. 133-161.
- Eweis, J.B., Ergas SJ., Chang EDDPY., Schoroeder. 1998. *Bioremediation Principles*. New York: McGraw-Hill.
- Floodgate, G.D. 1979. Nutrient limitation. Di dalam: Bourquin AW, Pritchard PH, editors. Proceedings of Workshop Microbial Degradation of Pollutants in Marine Environments. Gulf Breeze: *Environmental Research Laboratory*. hlm 107-118
- Fred, W. 1993. *Interpretation of mass spectra*. Sausalito, Calif: University Science Books. pp 226 –ISBN 0-935702-25-3.
- Fuskah, E., Soetrisno, R.D., Budhi, S.P.S., & Maas, A. 2009. *Pertumbuhan dan Produksi Leguminosa Pakan Hasil Asosiasi dengan Rhizobium pada Media Tanam Salin*. Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan. Semarang.

- Gritter, R.J., J.M. Bobbin dan A.E. Schwarting, Penerjemah Kosasih Padmawinata. *Pengantar Kromatografi*. Penerbit ITB, Bandung, 1991. p.13
- Gunalan, 1996. Penerapan Bioremediasi pada Pengolahan Limbah dan Pemulihan Lingkungan Tercemar Hidrokarbon Petroleum. *Majalah Sriwijaya* Vol. 32(1): 1-9.
- Harahap, R.E. 2003. *Phytoremediasi*. Buletin Pertanian. Universitas Udayana. Bali
- Hindersah, R. & Simamarta T. 2004. *Artikel Ulas Balik Potensi Rizobakteri Azetobakter dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah*. Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Horowitz, A., D. Gutnick and E. Rosenberg, Sequential Growth of Bacteria on Crude Oil: *Applied Microbiology*. (1975). 30(1) p. 10-19
- Irianto, D. 2003. *Biodegradasi Aerobik Senyawa Hidrokarbon Aromatik Monosiklik oleh Bakteri*. Program Studi Biologi FMIPA, USU.
- Jobson, A., McLaughlin M., Cook F.D., Westlake DWS. 1974. Effect of amandements on the microbial utilization of oil applied to soil. *Appl Environ Microbiol*. 27(1):166-171
- Juhaeti, T., Syarif F., & Hidayati N. 2004. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas*. Laboratorium Fisiologi Stres, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Bogor .
- Kadarwati, S., Noegroho H, Udiharto M. 1996. *Bioproses untuk penanganan limbah kilang migas*. Di dalam: Proceedings Temu Karya Pengolahan 1996; Jakarta. hlm 1-13
- Keenan. 1993. *Kimia untuk Universitas*. Pudjaatmaka AH, penerjemah. Jilid ke-2. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: General
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 tahun 2003 tentang *Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis*. Kementrian Lingkungan hidup. Jakarta.
- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. College Chemistry Bandung: ITB.
- Kontawa, A. 1993. *Klasifikasi minyak bumi Indonesia*. Lembaran Publikasi Lemigas. 2:21-26.
- Leahly JG, Colwell RR. 1990. Microbial degradation of hydrocarbon: in the environmental. *Microbiol Rev*. 305-315.
- Marjaka, W. & Nugraha H. 2005. *Pemanfaatan Sludge Minyak pada Industri Migas Indonesia*. Asisten Deputi Urusan Pertambangan, Energi dan

Migas. Deputi Bidang Pengendalian Dampak Lingkungan Sumber Instituis. Kementerian Lingkungan Hidup Jakarta.

- Mulyani, 2011. Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi dengan Bakteri Indigen *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Bacillus sp* dan Konsorsium (*Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Bacillus sp*). Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya.
- Mulyono M. 1989. *Hidrokarbon di lingkungan perairan*. Jakarta: PPPTMGB Lemigas.
- Nugroho, A. 2009. Produksi Gas Hasil Biodegradasi Minyak Bumi: Kajian Awal Aplikasinya dalam Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). *Makara, Sains*. Vol 13. No.2. 111-116.
- Nurjayanti, Suci. 2011. *Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi (Sludge) Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Beberapa Jenis Leguminosae*. Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya.
- Nuryanti, I. 2009. Pengaruh Waktu Aplikasi dan Asosiasi Beberapa Agen Bioremediasi terhadap Penurunan Nilai TPH (Total Petroleum Hidrokarbon) Limbah Minyak Bumi PT.PERTAMINA EP LIMAU SUMSEL. Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. (tidak dipublikasikan). 58 hlm.
- Sastrohamidjojo, H. dan Pranowo, H.D., 1985, "*Kromatografi*", Edisi kesatu, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Situmorang, Eko Maranata. 2013. Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri Konsorsium dan Tanaman *Leucaena leucopala* dengan Metode Integral. Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. 50 hlm.
- Sumastri. 2005. *Bioremediasi Lumpur Minyak Bumi secara Pengomposan Menggunakan Kultur Bakteri Hasil Seleksi*. Jurnal PPPPTK IPA. Bandung.
- Udiharto M. 1992. Aktivitas Mikroba dalam Degradasi Minyak Bumi. *Prosiding Diskusi Ilmiah VII Hasil Pusat Penelitian dan Pengembangan teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB)*; Cibinong, 13-14 Jun 1992. Jakarta: Lembaga Minyak dan Gas (LEMIGAS).
- Udiharto, M. 1996. Bioremediasi minyak bumi. Di dalam: *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan*; Cibinong, 24-28 Juni 1996. hlm 24-39.

- Udiharto, M. 2000. Hubungan antara tingkat toksitas dan hidrokarbon aromatic yang terkandung dalam lumpur pengeboran dan bahan dasarnya. *Lembaran Publikasi Lemigas*. 3:3-18
- Unterbrunner, R., Wieshammer, G., Hollender, U., Feldeer, B., Wieshammer-Zivkovic, M., & Puschenreiter, M. 2007. Plant and fertilizer effects on rhizodegradation of crude oil in two soils with different nutrient status. *Plant Soil*. 300: 117-126.
- Uren, N.C. 2001. Types, amounts, and possible functions of compounds released into the rhizosphere by soil-grown plants. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P (eds) *The rhizosphere*. Marcel Dekker, New York, USA, pp-19-40.
- Veast, G., Weber N.S., and Sloger, G. 2000. Nodulation and Nitrogen fixation, hal. 336-376. Daian Caidwell, 6. E., Howel, R. W., Judd, R. W. (ed), *Soybean*. Am. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Wang, J., Xu H.K., and Guo S.H. 2007. Isolation and characteristics of a microbial consortium for effectively degrading phenanthrene. *Petroleum Science*. 2007. 4(3): 68-75.
- Yani, M., & Akbar. 2004. Proses biodegradasi minyak Diesel oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, ITB. *Jurnal Industri Pertanian*. Vol 19: 40-44.
- Yudono, B. 1994. Journal Investigation into the cracking Asphaltic Pavements in Hot and Climate. *Thesis School of Chemistry*. University of Bristol.