

KIMIA

**KINERJA DEGRADASI TANAH TERKONTAMINASI LIMBAH
MINYAK BUMI MENGGUNAKAN BAKTERI INDIGEN**

Micrococcus sp DAN Pseudomonas pseudomallei

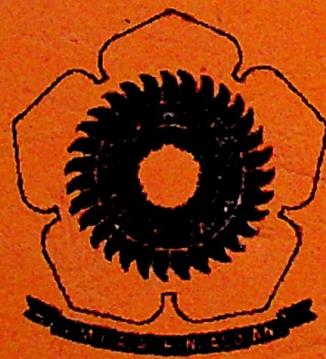
SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana sains
Di bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA

Oleh :

NURAISYAH

08061003004



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

2011

S
599.307
Nur
K
2011

**KINETIKA DEGRADASI TANAH TERKONTAMINASI LIMBAH
MINYAK BUMI MENGGUNAKAN BAKTERI INDIGEN**
Microoccocus sp DAN Pseudomonas pseudomallei



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana sains
Di bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA**

Oleh :

NURAISYAH

08061003004



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2011**

LEMBAR PENGESAHAN

KINETIKA DEGRADASI TANAH TERKONTAMINASI LIMBAH

MINYAK BUMI MENGGUNAKAN BAKTERI INDIGEN

Micrococcus sp DAN Pseudomonas pseudomallei

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana sains

Di bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA

Oleh

NURAISYAH

08061003004

Indralaya, Mei 2011

Pembimbing Utama

Drs. Bambang Yudono, M.Sc
NIP. 19610207198903 1004

Pembimbing pembantu


Dra. Fatma, M.S
NIP. 19620713199102 2001

Mengetahui

Ketua Jurusan Kimia

Dra. Fatma, M.S

NIP. 19620713199102 2001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Indigen *Microccoccus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei*
Nama Mahasiswa : Nuraisyah
Nim : 08061003004
Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 5 Mei 2011. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan panitia sidang ujian skripsi.

Indralaya, Mei 2011

Ketua :

1. Drs. Bambang Yudono, M.Sc

Anggota :

2. Dra. Fatma, M.S

3. Dra. Setiawati Yusuf, M.S

4. Fahma Riyanti, S.Si, M.Si

5. Dr. Miksusanti, M.Si



Indralaya, Mei 2011
Ketua Jurusan Kimia,
Dra. Fatma, M.S.
Nip. 196207131991022001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa	: Nuraisyah
NIM	: 08061003004
Fakultas/ Jurusan	: MIPA/ Kimia

Menyatakan skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar keserjanaan 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, Mei 2011
Penulis,

Nuraisyah
08061003004

Assalamualaikum. Wr. Wb

Kupersembahkan "karya kecilku" ini untuk :

♥ Allah SWT yang maha mengabui segalanya, Rasullullah SAW dan dianku (al islam)

♥ papa dan emak yang selalu kucintā dan mencintaiku

♥ayuk dan adikku tersayang

♥my best friends

♥Almamaterku

Motto

***** Bersabarlah, sesungguhnya manfaat sabar itu lebih baik dan jangan risau terhadap musibah yang menimpa, sesungguhnya kemudahan itu datang sesudah kesukaran, apabila kesukaran semakin berat menimpamu maka renungkanlah surah "Alam Nasrah" maka kesukaran itu berada diantara dua kemudahan, apabila engkau melihatnya maka bergembiralah *****

^^^Dan kami tinggikan bagimu sebutan (nama)mu, karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(Q.S. Alam-Nasrah : 4-8). ^^^

"" Keselamatan atasmu berkat kesabaranmu, maka alangkah baiknya tempat kesudahan itu (Q.S. Ar-Ra`ad :24) """

KATA PENGANTAR

BISMILLAH HIRROHMAN NIRROHIM

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT beserta Nabi Besar Muhammad SAW, karena berkat Rahmat dan karunia-Nya yang begitu besar hingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Kinetika degradasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi menggunakan bakteri indigen *Microccoccus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei*”. Di buat sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya Penulis berikan kepada Bapak Drs. Bambang Yudono, M.Sc dan Ibu Dra. Fatma,M.S selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan bantuan sepenuhnya selama penelitian hingga terselesaiannya skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. M. Irfan, M.T selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dra.Fatma, M.S selaku Ketua jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dra. Setiawati Yusuf, M.S selaku Pembimbing Akademik atas bantuan dan nasehatnya selama ini.
4. Ibu Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.si terima kasih atas segala bantuannya.
5. Seluruh Dosen Pengajar dan karyawan FMIPA UNSRI khususnya jurusan Kimia untuk semua bantuannya.

6. Papa, emak dan ayukku (yu`ni n kel , yu`na n kel ,dan yu`le n kel) serta adik-adikku (buyung, adon , ech) untuk segala perhatian, do`a dan kasih sayangnya.
7. My best friends sekaligus teman se TA ku (Cemul, S.nur, mami, Rahma,Uchi dan juga mely walau tak satu TA) Ana Uhubbuki fillah,,,,,,, I luv u. Dan semoga kita sukses baik didunia maupun akhirat (amien),,,,,,d(^,^)b,,,,,, ☺
8. Buat deni dan madon thanks atas bantuan untuk pengambilan *sludge* dan tanah dalam penelitian ini semoga Allah SWT membendasnya amiennnn.
9. Teman-teman seperjuangan MIKI 06 Ellis, nyak, mile, uci ndut, fitri, amel, novi, ike, veta, ade, fahri, hardi, opung, doan, vellan dan semuanya yang tak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas kebersamaan selama ini dan semoga kita bertemu di JannahNya amien,,,!!!!!!!.
10. Untuk pak Sodik (alm) dan yuk Erni terima kasih atas bantuannya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, kritik dan saran yang membangun Penulis harapkan untuk acuan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Indralaya, Mei 2011

Penulis

**Kinetics of Dedradation Petroleum Contaminated
Soil by using Bacteria Indigeneous
Micrococcus sp and *Pseudomonas pseudomallei***

**Nuraisyah
08061003004**

ABSTRACT

It had been done a research about kinetics of degradation petroleum contaminated soil by using bacteria indigeneous *Micrococcus sp* and *Pseudomonas pseudomallei* the concentration total petroleum hydrocarbon (TPH) is 88.88%. The research proposed, contaminated soil conditioned in 2.5%; 5%; 7.5%; 10%; 12.5% and 15% concentration with the of bulking agent 10% and 1% nutrients (N: P: K) with ratio 10 : 1 : 0.1. The bioremediation had been done during 10 weeks. With differential method, the degradation reaction order of control, *Micrococcus sp* and *Pseudomonas pseudomallei* are 0.831; 0.89 and 1.387. Then to determine the rate constant of degradation by using integral method by using sample with concentration 7.5%. The inspection is done each 2 weeks for 10 weeks with the reaction rate constants of control, *Micrococcus sp* and *Pseudomonas pseudomallei* are $0.094\%^{0.169}\text{week}^{-1}$, $0.109\%^{0.11}\text{week}^{-1}$ and $0.0206\%^{-0.387}\text{week}^{-1}$ respectively. The GC-MS analyze showed that the bacteria could degrade the petroleum contaminated soil.

Keywords : Bioremediation, *Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, degradation

Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah

Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Indigen

Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei

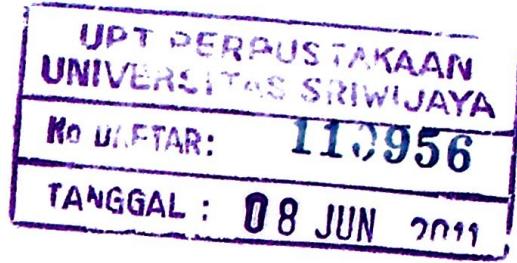
Nuraisyah

08061003004

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kinetika degradasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi menggunakan bakteri indigen *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei* dengan konsentrasi awal Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) adalah 88,88%. Untuk media perlakuan, tanah terkontaminasi dikondisikan pada konsentrasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5% dan 15% dengan menambahkan 10% serbuk gergaji dan 1% nutrient (N: P: K) dengan perbandingan 10 : 1 : 0,1. Bioremediasi dilakukan selama 10 minggu. Dengan metode differensial, didapatkan orde reaksi degradasi untuk kontrol, *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei* masing-masing sebesar 0,831; 0,89 dan 1,387. Penentuan konstanta laju reaksi degradasi dengan metode integral menggunakan sampel pada konsentrasi 7,5%. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu, selama 10 minggu didapatkan konstanta laju reaksi untuk kontrol, *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei* masing-masing sebesar $0,094\%^{0,169}$ minggu⁻¹, $0,109\%^{0,11}$ minggu⁻¹, dan $0,0206\%^{-0,387}$ minggu⁻¹. Identifikasi dengan menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa bakteri yang digunakan mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi.

Kata Kunci : Bioremediasi, *Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, degradasi

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Minyak Bumi.....	5
2.2 Limbah Minyak Bumi	6
2.3 Bioremediasi	9
2.3.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Bioremediasi.....	10
2.4 Degradasi Hidrokarbon Oleh Bakteri	14
2.5 Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon (Hidrokarbonoklastik).....	19
2.6 Karakteristik Bakteri <i>Micrococcus,sp</i> dan <i>Pseudomonas pseudomallei</i>	21

2.7 Kinetika Kimia Biodegradasi Polutan Minyak Bumi	21
2.7.1 Metode Diferensial	22
2.7.2 Metode Integrasi	23
2.8 Analisis Residu Limbah Minyak Bumi Dengan GC-MS	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat.....	26
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Prosedur Penelitian.....	27
3.3.1 Persiapan Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi.....	27
3.3.2 Persiapan Tanah Segar dan Bulking Agent	27
3.3.3 Persiapan Nutrien	27
3.3.4 Persiapan Bakteri	27
3.3.5 Persiapan Bioreaktor.....	28
3.4 Variabel Pengamatan.....	28
3.4.1 Degradasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Dengan Bakteri <i>Microccoccus sp</i> dan <i>Pseudomonas Pseudomallei</i>	28
3.4.2 Pengukuran TPH Sampel	29
3.4.3 Pengukuran Jumlah Populasi Bakteri	29
3.5 Analisa Data dan Analisa Residu	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Degradasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Dengan Bakteri <i>Microccoccus sp</i> dan <i>Pseudomonas Pseudomallei</i>	31
4.2 Orde Reaksi Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi	34
4.3 Konstanta laju Reaksi Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi	35
4.4 Analisis Residu Limbah Minyak Bumi dengan GC-MS	37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	46
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Identifikasi Senyawa Hidrokarbon yang Terdegradasi	24
Tabel 2. Penurunan Nilai TPH pada konsentrasi 7,5%	31
Table 3. Penurunan TPH selama 10 Minggu	32
Tabel 4. Analisis Kelimpahan Relatif senyawa-senyawa Hidrokarbon dalam Residu Limbah Minyak Bumi	39

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Degradasi Hidrokarbon alifatik jenuh melalui terminal	15
Gambar 2. Degradasi Hidrokarbon alifatik jenuh melalui oksidasi subtermal	16
Gambar 3. Oksidasi Sikloheksana.....	17
Gambar 4. Metabolisme cincin aromatik.....	19
Gambar 5. Grafik Waktu Retensi GC-MS berdasarkan Temperatur Program.....	25
Gambar 6. Grafik $\ln r$ terhadap $\ln [C]$	34
Gambar 7. Grafik Metode Integrasi untuk Orde 0,89, Orde 1,387 dan Orde 0,831	36
Gambar 8. Kromatogram untuk (a) T0, (b) T5 degradasi oleh bakteri <i>Micrococcus sp</i> (c) T5 Degradas oleh Bakteri <i>Pseudomonas Pseudomallei</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Perhitungan Berat <i>Sludge</i> , Tanah Segar, Nutrien dan Serbuk Kayu / Gergaji	45
Lampiran 2. Perhitungan % TPH Limbah Minyak Bumi.....	46
Lampiran 3. Perhitungan % TPH Akhir Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Bakteri <i>Micrococcus sp</i> pada Konsentrasi 2,5 %.....	46
Lampiran 4. Skema Penentuan Orde Reaksi Dan Konstanta Reaksi Dengan Menggunakan Metode Difensial dan Metode Integral	47
Lampiran 5. Kondisi Operasional GC-MS Shimadzu	48
Lampiran 6. Jumlah Bakteri dari minggu ke-3 sampai minggu ke-5	49
Lampiran 7. Penentuan Orde Reaksi Degradasi TPH	50
Lampiran 8. Penentuan Konstansta Degradasi TPH	52
Lampiran 9. Penentuan Waktu Degradasi Untuk Mencapai TPH Sebesar 1%.....	54
Lampiran 10. Waktu retensi GC - MS pada T0 dan T5 dengan bakteri <i>Micrococcus sp</i> dan <i>pseudomonas pseudomallei</i>	55
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian	58

BAB I

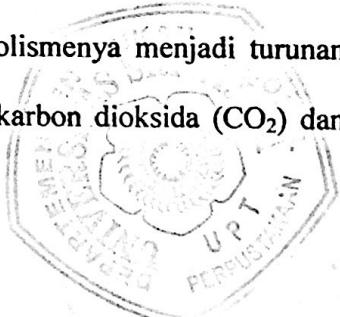
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri dan transportasi banyak menghasilkan limbah sisa hasil minyak bumi (*sludge*) yang dapat mencemari tanah dan perairan. Pencemaran paling besar adalah dari kegiatan produksi minyak bumi seperti pengeboran, proses produksi, pengangkutan, dan pengilangan produk minyak. Selama kegiatan berlangsung secara sengaja maupun tidak sengaja terjadi tumpahan minyak, sehingga dapat mencemari lingkungan sekitarnya (Yani, 2007).

Sebenarnya lingkungan itu sendiri memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa pencemar yang masuk ke dalamnya melalui proses biologis dan kimiawi. Tetapi, sering kali beban pencemaran di lingkungan lebih besar dibandingkan dengan kecepatan proses degradasi zat pencemar tersebut secara alami, akibatnya zat pencemar akan terakumulasi sehingga dibutuhkan campur tangan manusia dengan metode tertentu untuk mengatasi pencemaran limbah minyak bumi tersebut (Makara, 2006).

Ada beberapa metode alternatif pengolahan limbah minyak bumi: secara fisika, kimia dan biologi. Metode secara fisika dengan pembakaran *sludge* adalah metode paling sederhana dan mudah tetapi dapat menyebabkan polusi udara yang berbahaya. Metode secara kimia akan menghasilkan produk samping yang berpotensi menimbulkan masalah baru. Secara biologi, limbah minyak bumi diuraikan oleh mikroorganisme dalam proses metabolismenya menjadi turunan yang lebih sederhana dan tidak beracun berupa gas karbon dioksida (CO_2) dan



air (H_2O), teknik ini sering disebut sebagai bioremediasi yang merupakan metode alternatif pengolahan *phisochemical* yang efisien dan ekonomis (Jackson and Pardue, 1999). Bioremediasi menggunakan mikroorganisme indigen yang dapat memanfaatkan minyak mentah dari minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya.

Bakteri indigen merupakan bakteri asli yang ditemukan secara alami pada bagian yang tercemar. Sehingga bakteri ini lebih efisien dalam metabolisme dan mampu berkembang biak atau beradaptasi dengan limbah minyak bumi yang diteliti. Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bakteri *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei*. Bakteri ini merupakan bakteri hasil isolasi pada tanah terkontaminasi limbah minyak bumi di Pertamina Unit Bisnis EP. Limau, Prabumulih, Sumatera Selatan.

Beberapa penelitian mengenai kinetika degradasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi sampai saat ini masih terbatas, beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Alexander (1999); Readon *et al.* (2002); Erni (2008) dan Novi (2008). Penelitian-penelitian tersebut menggunakan asumsi bahwa kinetika reaksi dari degradasi limbah minyak bumi adalah merupakan reaksi orde satu. Dalam penelitian ini proses degradasi limbah minyak bumi dinyatakan sebagai penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) persatuannya waktu. Semua data akan dievaluasi menggunakan kinetika kimia dengan pendekatan metode differensial dan integral. Avery (1981) menjelaskan dengan menggunakan metode differensial orde reaksi dapat diketahui secara langsung tetapi untuk menentukan konstanta laju reaksi kurang akurat, sehingga

untuk mendapatkan konstanta reaksi yang lebih akurat ditentukan dengan menggunakan metode integral. Yudono *et al.*, (2009) menjelaskan bahwa informasi kinetika sangat penting karena kinetika memberikan informasi konsentrasi kimia yang masih tertinggal pada setiap waktu dan dapat digunakan untuk memprediksi lamanya waktu proses degradasi limbah minyak bumi untuk menuju target residu yang diharapkan. Studi kualitatif akan dilakukan dengan menggunakan *Gas Cromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih rinci tentang fraksi-fraksi senyawa hidrokarbon yang terdegradasi dalam limbah minyak bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Secara alami mikroba dapat mendegradasi hidrokarbon dalam tanah yang terkontaminasi limbah minyak bumi, tetapi proses tersebut berjalan sangat lambat. Sehingga untuk mempercepat degradasi tersebut dibutuhkan penambahan bakteri indigenous yang dikenal dengan proses bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses pemulihan tanah terkontaminasi limbah minyak bumi dengan cara pemecahan senyawa hidrokarbon menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan menggunakan bakteri sebagai pendegradasinya. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri indigenous *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei*. Untuk kedua jenis bakteri tersebut belum diketahui kinerjanya masing-masing dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi. Maka perlu dilakukan penelitian bioremediasi menggunakan bakteri *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei* sebagai kontrol digunakan tanah terkontaminasi minyak bumi tanpa penambahan bakteri indigen (biostimulasi).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemampuan degradasi bakteri indigenous *Micrococcus sp* dan *Pseudomonas pseudomallei* untuk menurunkan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) minyak bumi dalam tanah yang terkontaminasi.
2. Menentukan orde reaksi dan konstanta laju reaksi degradasi hidrokarbon pada tanah yang terkontaminasi limbah minyak bumi.
3. Untuk menentukan lamanya waktu degradasi hingga mencapai TPH dibawah 1%.
4. Untuk mengetahui fraksi-fraksi senyawa hidrokarbon yang terdegradasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi solusi pengolahan limbah minyak bumi yang ramah lingkungan dan efisien serta dapat di aplikasikan pada skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Anazi, K.J 1996. *Effects of Oily Sludge Landfarming on the Soil Environment.* Thesis S-2. Master of Science. University of petroleum & Minerals Dharhan. Saudi Arabia. 84 p.
- Alexander, M. 1999. Biodegradation and Bioremediation. 2nd. John Wiley and Sons. Toronto. Xi + 567 p.
- Apriyanti, E. 2008. Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Menggunakan Campuran Bakteri Indigeneous (*Bacillus sphaericus*, *Bacillus sphaericus var.rotans*, *Bacillus megaterium*) Sungai Lilin Sumatera Selatan. Skripsi S-1. FMIPA UNSRI Indralaya. (tidak dipublikasikan) : xiv + 56 hlm.
- Atlas, R.M., & Bartha, R.1998. The Microbiology Aguatic Oil Spill dalam *Advance Applied Microbiology*. Vol. 22. Academic Press, New York.
- Avery, H.E. 1981. *Basic Reaction Kinetics and Mechanism.* Second edition, John Wiley and Sons Inc., London
- Bossert, I., And R. Bartha. 1984. *The Fate of Petroleum in Soil Ecosystems.* In R. M. Petroleum Microbiology. McMillan Publishing Company, NewYork.
- Brock,T.D., And Brock,K.M 1993. Basic Microbiology with Application. Prentice Hall, Inc. Englewood. New Jersey.
- Erlich, E.K. 1990. *Microbial Mineral Recovery.* Mc Graw-Hill, Inc. R.R Donnelley & Sons Company. USA.
- Fan, C.Y & Tafuri, A.N. 1994. Engineering Application of Biooxidation Processes for Treating Petroleum-Contaminated Soil. Dalam Wise, D.L & Trantolo, D.J. *Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils.* Marcel, Inc. New York.
- Gohlke, R; McLafferty, Fred W. 1993. "Awal kromatografi gas / spektrometer massa":. *Journal of American Society for Massa Spektrometri.*
- Gunalan. 1996. Penerapan Bioremediasi pada Pengolahan Limbah dan Pemulihan Lingkungan Tercemar Hidrokarbon Petroleum. *Majalah Sriwijaya.*
- Hadi, N. 2005. Degradasi Minyak Bumi Via "Tangan" Mikroorganisme. *Artikel Departemen Biokimia.* IPB. artikel & ext : 6 januari 2006.

- Hardiansyah, H. 1999. *Bioremediasi hidrokarbon secara in vitro menggunakan isolate Bakteri Indigen pada Medium dengan Perlakuan Agitasi dan rasio N dan P.* Skripsi S-1. Fmipa- Biologi. (tidak dipublikasikan). Universitas Sriwijaya.
- Horowitz, A., D. Gutnick and E. Rosenberg. 1975. *Sequential Growth of Bacteria on Crude Oil: Applied Microbiology.* 30(1)p.10-19.
- Irianto, D. 1999. *Biodegradasi Aerobik Senyawa Hidrokarbon Aromatik Monosiklik oleh Bakteri.* Program Studi Biologi FMIPA, USU.
- Jackson, W.A., & Pardue, J. H. 1999. Potential for Enhancement of Biodegradation of Crude Oil in Lousiana Salt Marches using Nutrient Amendments. *Water, Air, & Soil Pollution,* 109(1).
- Juli, N, Gartika, D., Rialita, T. 1996. Degradasi Limbah Minyak Bumi di Perarian Payau Cilacap oleh Isolat Bakteri Setempat. *Laporan Penelitian OPF-ITB.* Bandung.
- 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.* Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Laidler,K.J., & J.HMeiser,1982. *Physical chemistry.* 3-nd Edition Benjamin Cummings Publishing Company. Inc. California.
- Levine, N.I. 1998. *Physical Chemistry.* 2-nd Edition. Mc-Grew Hill Book Campany : New York.
- Makara. 2006. Biodegradasi *Sludge* Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos : Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi *Land Treatment.* Vol. 10. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Michael,J.R. and U Ronald. 1993. Evaluating Bioremediation Distinguishing Fack From Fiction. Annual Reviews Microbial.
- Munawar, 1999. *Isolasi dan uji Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfer dari Hutan Bakau di Cilacap Dalam Mendegradasi Residu Limbah Minya Bumi.* Tesis Magister Bidang khusus mikrobiologi. Program Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung (Tidak dipublikasikan).
- Munawar, 2002. Pengaruh Pemberian Fasilitas Aerasi pada Proses Bioremediasi Limbah Minyak Bumi. *Jurnal Ilmiah MIPA.* Universitas Sriwijaya.

- Muntamah. 2001. *Isolasi, Seleksi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon dari Sungai Komering yang Tercemar Limbah Industri Pengolahan Minyak Bumi Pertamina RU III Plaju Palembang.* Skripsi S-1 FMIPA UNSRI Indralaya (Tidak Dipublikasikan).
- Novitasari, N. 2008. *Kinetika degradasi tanah terkontaminasi minyak bumi (sludge) dengan menggunakan bakteri indigenous Xantobacter autotrophicus sungai lilin Sumatera Selatan.* Skripsi. Jurusan FMIPA Unsri. Tidak dipublikasikan: xii + 42 hlm.
- Nuryanti, I. 2009. *Pengaruh Aplikasi dan asosiasi Beberapa Agen Bioremediasi Terhadap penurunan Nilai TPH Limbah Minyak Bumi PT. Pertamina EP Limau Sumsel.* Skripsi S-1. Jurusan Biologi FMIPA Unsri. Tidak dipublikasikan.
- Oh, Y. S., & Bartha, R. 1997. Construction of a bacterial consortium for the Biofiltration of Benzene, Toluene and Xylene emission. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13(6).
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba.* Bumi Aksara. Jakarta: xii + 286 hlm.
- Reardon, K. F., Lukasik, K., Nalecz-Jawecki, G., Berry, C. & Brigmon, R. 2008. Reduction of Petroleum Hydrocarbons and Toxicity in Refinery Wastewater by Bioremediation. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 81(4).
- Sabarni, N. 1995. *Kemampuan Pseudomonas Flourence FNCC 0070 dalam Biodegradasi Toluena dengan penambahan Urea sebagai Sumber Nitrogen.* Skripsi. Fakultas UNSOED, Purwokerto.
- Sharpley, J.M 1996. *Elementary Petroleum Microbiology.* Gulf Publishing Company. Texas.
- Udiharto. 1992. Aktivitas Mikroba dalam Degradasi Minyak Bumi. dalam Proceeding : *Diskusi Ilmiah VII penelitian Lemigas. Lemigas.* Jakarta.
- Udiharto, M. 1996. *Bioremediasi Minyak Bumi.* Proceeding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengolahan Lingkungan. Kerjasama Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), dan Hanns Seidel Foundation (HSF) Jerman. Juni. 1996. Bogor.
- Volk, H. e., and M.F. Wheeler. 1990. *Mikrobiologi Dasar .* Jilid 1. Editor Adisoemarto, S. Erlangga Press. Jakarta.

Yani, M. 2007. *Proses Biodegradasi Minyak Diesel Oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon*. Skripsi. IPB. Bogor.

Yudono, B.1994. *An Investigation Into The Prenature Cracking Asphalitic Pavement in Hot and Climated Thesis School of Chemistry*, University of Bristol. Inggris.

Yudono, B, Muhammad S, Pol. Hatsage, Suryadi FX. 2009. Kinetics of Indigenous bacteria *Bacillus mycoides* used for ex-situ bioredmediation of petroleum contaminated soil in PT. Pertamina Sungai Lilin South Sumatera. *Journal Sust Develop* 2:64 -71.

