

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON  
PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI**

**Oleh:**  
**ROSARIO TRIJULIAMOS**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA  
2009**

631-467  
Tr  
e  
C-070526  
2009

R 18260 / 18705

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON  
PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI**



**Oleh:  
ROSARIO TRIJULIAMOS**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA  
2009**

## SUMMARY

**ROSARIO TRIJULIAMOS.** Exploration of Bacterium Degradasioner Hydrocarbon at Land that Contaminated by Oil Sludge (Supervised by **ADIPATI NAPOLEON** and **AGUS HERMAWAN**).

This research's aim is to explore degradasioner hydrocarbon bacterium at land that contaminated by petroleum which has potency to degradation hydrocarbon in petroleum waste.

Taking the example of the land for the research is from several area that contaminated by oil sludge at Benakat, Pengabuan and Rimau, that area are located in South Sumatra. Adding quantity and quality of microorganisms executed in Chemical, Biology and Soil Fertility Laboratory at Soil Science Departement, Agriculture Faculty, University of Sriwijaya, Indralaya. Identifying the bacterium conducted in Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) and Analyzing the TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) executed in Chemical Laboratory Analysis The, Chemical Departement Faculty of Mathematics and Natural Sciences University of Sriwijaya. The Research started by early August 2008 till December 2008.

The result of the research indicate the there are 4 species bacterium at Benakat, 2 species bacterium at Rimau and 6 species bacterium at Pengabaun. *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter calcoaceticus* is selected as bacteria that capable to live 300 ppm concentration hydrocarbon. They can degradation and elaborate hydrocarbon by elaborating hydrocarbon which needed for activity the bacterium so the content the TPH reach at 1%.

*Keywords* : Exploration, bacterium, hydrocarbon

## RINGKASAN

**ROSARIO TRIJULIAMOS.** Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi (Dibimbing oleh **ADIPATI NAPOLEN** dan **AGUS HERMAWAN**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bakteri pendegradasi hidrokarbon pada tanah terkontaminasi minyak bumi yang berpotensi mendegradasi hidrokarbon dalam limbah minyak bumi.

Pengambilan contoh tanah untuk penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yang tanahnya terkontaminasi pada daerah Benakat, Pengabuan dan Rimau yang semua daerah berada di Sumatera Selatan. Perbanyak dan pengkayaan mikroorganisme dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya. Identifikasi bakteri dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) dan Analisis TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisa, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Waktu Pelaksanaan Penelitian dimulai awal bulan Agustus 2008 hingga Desember 2008.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada 4 spesies bakteri asal lokasi Benakat, 2 spesies bakteri asal lokasi Rimau dan 6 spesies bakteri asal lokasi Pengabuan. Isolat terpilih yang mampu untuk mempertahankan hidup sampai konsentrasi hidrokarbon 300 ppm adalah bakteri jenis *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Acinetobacter calcoaceticus*. Isolat terpilih mampu mendegradasi dan menguraikan hidrokarbon dengan cara menguraikan senyawa hidrokarbon yang dibutuhkan untuk aktivitas isolat tersebut sehingga kandungan TPH mencapai 1%.

Kata kunci : Eksplorasi, Bakteri, Hidrokarbon

*"Tuhan adalah baik bagi orang yang berharap kepada-Nya, bagi jiwa yang mencari Dia, adalah baik menanti dengan diam pertolongan Tuhan, adalah baik bagi seorang pria memikul kruk pada masa mudanya". (Ratapan 3 : 25-27)*

Kupersembahkan Karya kecilku ini untuk:

1. Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia kehidupan yang kurasakan untuk terus bertumbuh dalam iman, pemikiran, perkataan dan perbuatan.
2. Bapa dan mama yang sangat ku sayangi dan Saudara-saudaraku yang ikut membantu dengan doa dan memberi dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhirku ini.
3. Teman-teman di Gg. Buntu (khususnya 04), dan seseorang yang selalu memberikan motivasi dalam setiap kesulitan yang kuhadapi...
4. Almamaterku dan Teman-teman Tanah '04 (Mauliate "Jur") serta adik tingkat, thank's for everything, terimakasih sebagai PERSEMBAHANKU.....

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON  
PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI**

**Oleh  
ROSARIO TRIJULIAMOS**

**SKRIPSI  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pertanian**

**pada  
PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
JURUSAN TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA  
2009**

Skripsi  
**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON  
PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI**

**Oleh  
ROSARIO TRIJULIAMOS  
05043102019**

**telah diterima sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pertanian**

Pembimbing I,



Dr. Ir. Adipati Napoleon, MP

Pembimbing II,

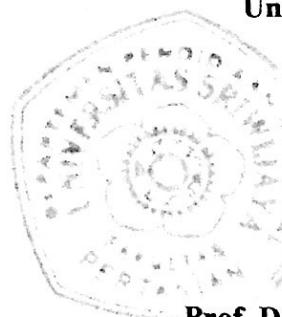


Ir. Agus Hermawan, MT

Indralaya, Maret 2009

Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya

Dekan,

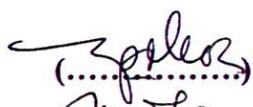
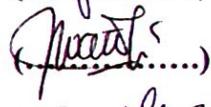
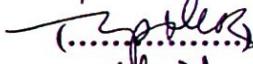
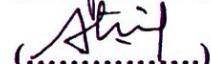
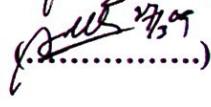


Prof. Dr. Ir. H. Imron Zahri, M.S.  
NIP. 130516530

**Skripsi berjudul "Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi" oleh Rosario Trijuliamos telah dipertahankan di depan Komisi Penguji pada tanggal 18 Maret 2009.**

**Komisi Penguji :**

1. Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.S.
2. Dra. Dwi Probowati Sulistiyani, M.S.
3. Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.S.
4. Ir. Agus Hermawan, M.T.
5. Dra. Dwi Probowati Sulistiyani, M.S.
6. Ir. H. Dullah Tambas

Ketua   
(.....)  
Sekretaris   
(.....)  
Anggota   
(.....)  
Anggota   
(.....)  
Anggota   
(.....)  
Anggota   
(.....)

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Tanah**



**Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.S.  
NIP 131916243**

**Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Ilmu Tanah**



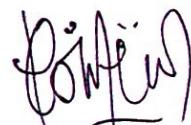
**Dr. Ir. Dwi Setyawan, M.Sc  
NIP 131844037**

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam skripsi ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya adalah hasil penelitian atau investigasi saya sendiri dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan lain atau gelar yang sama di tempat lain.

Indralaya, Maret 2009

Yang membuat pernyataan,



Rosario Trijuliamos

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 3 Juli 1986, yang merupakan anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan Bapak **Hisar Tumpal Baringin Manalu** dan Ibu **Gloria boru Rajagukguk**.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Strada Dipamarga Jakarta pada tahun 1998, Sekolah Menengah Pertama Negeri 6 Jakarta tahun 2001 dan Sekolah Menengah Umum di SMU Negeri 59 Jakarta pada tahun 2004. Sejak September 2004, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya melalui ujian masuk SPMB.

Pada tahun 2007, penulis melaksanakan praktek lapangan di PT. Pertamina UBEP Benakat dengan judul 'Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Mentah di PT. Pertamina UBEP Benakat'.

Dalam kegiatan akademik penulis diberi kepercayaan menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Bioteknologi Tanah, Teknologi Pupuk dan Pemupukan, Kesuburan Tanah, Fisika Tanah, dan Sistem Informasi Sumber Daya Lahan pada periode 2006 – 2009.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Pertanian. Adapun judul skripsi ini adalah Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.S dan Bapak Ir. Agus Hermawan, M.T sebagai pembimbing skripsi, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dorongan dan kesabarannya dalam menghadapi semua keterbatasan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orangtuaku tercinta: Bapak Hisar Tumpal Baringin Manalu dan Ibu Gloria Rajagukguk atas segala kasih sayangnya, doa, serta dukungannya yang membuat aku lebih semangat lagi. Saya akan berjuang untuk masa depan.
2. Ibu Dra. Dwi Probowati S, M.S dan Bapak Ir. H. Dullah Tambas yang bersedia menjadi Penguji Skripsi saya. Terima kasih buat segala masukannya.
3. Saudara-saudaraku tercinta: Lae Samosir & K'Dewi, (Semoga menjadi keluarga yang utuh dan bahagia), K'Waisaktini, Adek-adek Tersayang: Tenti dan Matheus. Terima kasih buat semangat dan kasih sayangnya selama ini.
4. Bapak Ir. Satria Jaya Priatna, M.S sebagai pembimbing akademik saya dan semua Dosen-dosen yang sudah membimbing dan membagikan ilmunya selama

ini. Semoga di hari yang akan datang saya bisa mempertanggungjawabkannya dengan baik.

5. Ferawati Novelastri Sinaga, yang selalu memberikan motivasi dalam setiap kesulitan yang kuhadapi....semangat, doa serta kesabarannya selama ini.
6. Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah: Pak Suwito, Mba Iis, Kak Dedi, Mba Santi, Indah, Kak Ucuk. Terima kasih buat kebersamaan dan bantuannya selama ini.
7. Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan (PPMAL).
8. Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Palembang.
9. Laboratorium Kimia Analisa, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
10. Teman-teman seperjuangan (Soil'04): Hartato Samosir, Kardi P Sagala, Frans Y Simbolon, Hotland P Tarihoran, Paulus Pangaribuan, Santa Elisabet Barus, Dony, Lutfi, Mushib, Ade Surakhman, Dody, Deni, Yanri, Nizar, Novo, Yan Rafli, Leo, Zaki, Erik, Delan, Wulan, Vira, Dian, Sri, Tati, Dia, Ria, Nana, Vini, Mei, Rike, Yanu.
11. Teman-teman seperjuangan (Buntu'04): Fera Sinaga, Joni Simanjuntak, Frans Sitinjak, Natar Purba, Freddy Sinurat, Alex Hutajulu, Riki Simangunsong, Advent Hutagalung, Satria Siahaan, Sancos Sinaga, Rano Sinaga, Lipid Simanungkalit, Andre Saragih, Ganda Purba, Polin, Dedy Sinaga, Devi Simatupang, Kartika Purba, Ela Sembiring, Melita Meliala, Mazda Marpaung. Terima kasih untuk kebersamaan dan semua bantuannya.

12. Anak-anak Erzis : B'Robet Siadari, Beni Manihuruk (sekamarku), Mike Simarmata, Van Sihite, Ramson Nainggolan, Jo Munthe, Riki Purba, Dinal Purba, Heri Simamora, Paul Sibarani, Reynold Hutabarat..... (Anak-anak Melati: Johannes Halawa, Dian Hulu, Ida, Sabrina, Astri) Terima kasih semua bantuannya.
13. Teman-teman sesama peneliti di Laboratorium: Mba Eva Susanti, Rike, Meci, Lutfi, Mei.
14. Untuk semua perkumpulan tempat aku bernaung: Gereja HKBP Lorok (Tempat aku beribadah dan bersukacita dengan TUHAN), PDO Bertumbuh, Toga Simamora, PDO Imanuel Gg Buntu dan Himilta. Terima kasih buat semua kenangan indah selama ini yang tidak mungkin saya dapatkan lagi di tempat lain.
15. Almamaterku.

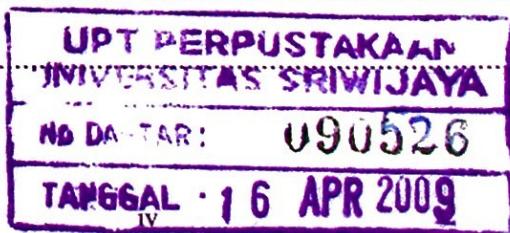
Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca sehingga dapat bermanfaat bagi kita semua. Kasih setia Tuhan Yesus menyertai kita semua.

Indralaya, Maret 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                         | iii            |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                             | iv             |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                            | vi             |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                          | vii            |
| <br><b>I. PENDAHULUAN</b>                           |                |
| A. Latar Belakang .....                             | 1              |
| B. Tujuan.....                                      | 3              |
| <br><b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                     |                |
| A. Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi .....           | 4              |
| B. Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon .....           | 6              |
| C. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon..... | 8              |
| D. Peranan Bakteri dalam Bioremediasi .....         | 10             |
| <br><b>III. PELAKSANAAN PENELITIAN</b>              |                |
| A. Tempat dan Waktu .....                           | 12             |
| B. Alat dan Bahan .....                             | 12             |
| C. Metode Penelitian .....                          | 13             |
| D. Prosedur Kerja .....                             | 13             |
| <br><b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                 |                |
| A. Isolasi dan Identifikasi Isolat.....             | 16             |
| 1. Isolasi .....                                    | 16             |



|  |    |
|--|----|
| 2. Identifikasi Isolat .....                         | 18 |
| B. Peningkatan Kemampuan Degradasi Hidrokarbon ..... | 26 |
| 1. Lokasi Benakat.....                               | 27 |
| 2. Lokasi Rimau .....                                | 29 |
| 3. Lokasi Pengabuan .....                            | 31 |
| C. Uji kehandalan Isolat Terpilih .....              | 33 |

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

|                    |    |
|--------------------|----|
| A. Kesimpulan..... | 35 |
| B. Saran .....     | 36 |

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **DAFTAR TABEL**

| <b>Tabel</b>   | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| 1. Karakteristik Isolat Bakteri .....  | 17             |
| 2. Identifikasi Bakteri dari Lokasi Benakat, Rimau dan Pengabuan....   | 26             |
| 3. Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Hidrokarbon Dengan Jenis Bakteri yang Masih Bertahan Hidup pada Lokasi Benakat.....   | 28             |
| 4. Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Hidrokarbon Dengan Jenis Bakteri yang Masih Bertahan Hidup pada Lokasi Rimau.....     | 30             |
| 5. Hubungan Antara Peningkatan Konsentrasi Hidrokarbon Dengan Jenis Bakteri yang Masih Bertahan Hidup pada Lokasi Pengabuan..... | 32             |

## DAFTAR GAMBAR

| <b>Gambar</b>   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 1. Morfologi Koloni Bakteri <i>Bacillus cereus</i> .....      | 19             |
| 2. Morfologi Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....      | 20             |
| 3. Morfologi Bakteri <i>Klebsiella pneumoniae</i> .....       | 21             |
| 4. Morfologi Bakteri <i>Streptococcus beta hemolisa</i> ..... | 22             |
| 5. Morfologi Bakteri <i>Staphylococcus epidermidis</i> .....  | 23             |
| 6. Morfologi Bakteri <i>Proteus mirabilis</i> .....           | 24             |
| 7. Morfologi Bakteri <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> ..... | 25             |
| 8. Penurunan Konsentrasi TPH .....                            | 34             |

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Industri minyak bumi dan gas (migas) sebagai salah satu industri terbesar yang berpotensi mencemari tanah. Kontaminasi akibat tumpahan minyak, kebocoran, maupun timbunan *oil sludge* adalah persoalan yang kini perlu segera mendapat penanganan yang baik. Salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan migas adalah berupa *sludge* minyak. Limbah *sludge* minyak sampai saat ini masih merupakan masalah yang dihadapi oleh sebagian besar perusahaan migas. Sulitnya penanganan limbah ini terutama disebabkan oleh jumlahnya yang relative besar, serta sifat dan karakteristik limbah yang berdasarkan peraturan tergolong limbah B3 (Anonym, 2004).

*Sludge* mengandung senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon yang memiliki karakter fisik dan kimia tertentu yang dapat menurunkan kualitas lingkungan (air dan darat), meracuni biota, mengganggu rantai makanan, oleh karena itu (*sludge*) dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan beracun, sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 tentang pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagai limbah B3 maka pengelolaannya harus mampu menghilangkan atau mengurangi sifat berbahaya dan beracun sebelum dibuang, agar tidak membahayakan kesehatan manusia dan untuk mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan (Citoreksoko, 1996).

Pengendalian secara mikrobiologi merupakan salah satu alternative untuk mengatasi pencemaran akibat tumpahan tersebut. Minyak mentah mengandung

berbagai senyawa hidrokarbon yang menentukan kepekaannya terhadap biodegradasi oleh mikroba. Usaha untuk meningkatkan kecepatan biodegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi dapat diperoleh melalui rekayasa kondisi optimal dan metabolisme mikroba alamiah (Pikoli *et al.*, 2000)

Indonesia sebagai salah satu Negara dengan biodiversitas sangat besar menyediakan banyak sumber mikroba yang memiliki nilai ekonomi penting. Pencarian isolat-isolat yang dapat digunakan dalam industri seperti isolat yang mampu menghasilkan enzim-enzim komersil perlu diupayakan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah mengeksplorasi kapasitas metabolisme mikroba.

Menurut Toccalino (1993), bakteri pendegradasi hidrokarbon sangat menarik untuk diisolasi karena kemampuannya menguraikan komponen minyak bumi dan memiliki kemampuan mengoksidasi hidrokarbon serta menjadikan hidrokarbon sebagai salah satu donor elektronnya. Sehingga mikroorganisme ini berperan dalam pembersihan tumpahan minyak dengan mengoksidasi minyak bumi menjadi gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang ada dalam tanah terkontaminasi minyak bumi dan tidak membahayakan terhadap lingkungan.

Bakteri pendegradasi hidrokarbon dapat digunakan sebagai sebagai agen bioremediasi untuk perlindungan tanah dan air terhadap pencemaran limbah minyak bumi. Koleksi bakteri tersebut perlu dilakukan untuk pemanfaatannya di lapangan untuk mendukung keberlanjutan ketersediaan lahan pertanian (Widyastini, 2006). Menurut Gadd (1998) dan Bartha & Atlas (1997), bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon dari pengolahan minyak bumi yang mengandung hidrokarbon atau suatu

ekosistem penerima hidrokarbon yang penyebarannya sangat luas terutama pada lingkungan yang tercemar minyak.

Menurut Ilyina *et al.*, 2003, eksplorasi bakteri pendegradasi hidrokarbon sudah dilaksanakan di Negara Meksiko disimpulkan bahwa terdapat genus bakteri *Bacillus sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Providencia sp.*, dan *Citrobacter sp.*. Genus bakteri tersebut mempunyai prospek yang baik untuk aplikasi bioremediasi.

Menurut Ni'matuzahroh, 2005, hasil isolasi dan identifikasi bakteri hidrokarbonoklastik dari di kawasan perairan pantai Surabaya dan sekitarnya yang tercemar minyak didapati beberapa strain bakteri yang meliputi genus yaitu *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Moraxella*, *Pediococcus*, *Flavobacterium sp.* *Micrococcus sp.* Genera bakteri yang didapatkan, diduga merupakan bakteri yang sangat potensial dalam mendegradasi berbagai komponen hidrokarbon dan berpotensi besar untuk dikembangkan dalam upaya bioremediasi lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas, manfaat bakteri pendegradasi hidrokarbon yang cukup banyak ini telah memacu penelitian-penelitian mengenai bakteri ini. Pada penelitian ini akan dilakukan isolasi bakteri indigen yang mampu mendegradasi hidrokarbon. Penelitian mengenai eksplorasi bakteri pendegradasi hidrokarbon di Sumatera Selatan, masih sangat sedikit sekali sehingga perlu dilakukan penelitian ini.

## **B. Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bakteri pendegradasi hidrokarbon pada tanah terkontaminasi minyak bumi yang berpotensi mendegradasi hidrokarbon dalam limbah minyak bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. 1984. Mengerti Kimia I. Jurusan Kimia FMIPA ITB. Bandung.
- Alexander, M. 1997. Introducing to Soil Microbiology. 2<sup>nd</sup>. John Willey and Sons. Toronto. Hal 203-222.
- Balba, M.T., N. Al-Awadhi and R. Al-Daher. 1998. Bioremediation of Oil Contaminated Soil : Microbiological Methods for Feasibility Assessment and Field Evaluation. *Journal of Mikrobiological Methods*. 32:155-164.
- Benson, J.J. 2002. *Microbiological Application : Laboratory Manual in General Microbiology*. 8<sup>th</sup> Edition. Mc. Graw-Hill. North America: xi+478 p.
- Chapman, P.J., M. Shelton, M. Grifoll, & S. Selifonov. 1995. Fosil fuel biodegradation: Laboratory study. *Environmental Health perspectives*. 103.
- Citroreksoko. 1996. Bioremediation: A Case Study in East Kalimantan, Indonesia. *Proceeding the 1<sup>st</sup> COE Internasional Symposium "Environmental Degradation and Ecosystem Restoration in East Asia"* Tokyo University – Japan. 9 p.
- Colleran, . 1997. Use of Bacteria in Bioremediation. Dalam Sheehan. D. (ed). Bioremediation Protocols. Humana Press. Jersey. Hal 3-22
- Gadd, G.M. 1998. Metal tolerance. In C. Edwards (Ed.). *Microbiology Extreme Environments*. Mc. Graw-Hill Publishing Company. p. 181-209.
- Ilyina A., et al., 2003. Isolation of Soil Bacteria For Bioremediation Of Hydrocarbon Contamination. Universidad Autonoma de Coahuila Departamento de Biotecnologia, Saltillo. Meksiko.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Rajawali Press. Jakarta.
- Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat (LPPM). 2004. Eksperimen Laboratorium Pengolahan Lumpur Minyak PT Medco E&P Indonesia Menggunakan Reaktor Batch. Pusat Penelitian Antar Universitas Bioteknologi Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mihelcic, J.R. and R.G. Luthy. 1988. Degradation Of Polycyclic Aromatic Hidrocarbon Compounds Under Various Redox Conditions In Soil-Water System. *Appl. Environ. Mikrobiol.* 54 (5): 1182-1187.

- Munawar. 1999. Isolasi dan Skrining Bakteri Pengguna Hidrokarbon di Daerah Rhizosfir Hutan Bakau yang Tercemar Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi. *Jurnal Ilmiah MIPA Vol II No. 2 Oktober 1999*. Hlm 41-47.
- Ni'matzahroh, 2004. Mekanisme Asimilasi Hidrokarbon Oleh Bakteri Hidrokarbon Klasik Pseudomonas. Faculty of Mathematics and Natural Science Airlangga University. Semarang.
- Ni'matzahroh, 2005. Pencarian Strain Bakteri Hidrokarbonoklastik di Kawasan Perairan Pantai Surabaya. Faculty of Mathematics and Natural Science Airlangga University. Semarang.
- Nugroho, H.S. 2003. Degradasi Minyak Bumi Via "Tangan" Mikroorganisme. Program Sarjana Biokimia IPB. Bogor. (Online diakses tanggal 29 April 2008).
- Pertiwi D Isnugrahanti, 2005. Bioremediasi Pelumas Bekas Oleh Konsorsium Pendegradasi Hidrokarbon. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati ITB. Bandung.
- Pikoli, M.R., P. Aditiawati, & D.I. Astuti. 2000. Isolasi Bertahap dan Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. Jurusan Biologi. ITB. Bandung.
- Portier, R.J. 1991. Applications of adapted micro-organisms for site remediation of contaminated soil and ground water. In Biological degradation of wastes. Ed. A.M. Martin. Elsevier Applied Science. London. pp. 247-259.
- Semple, K.T. and R.B. Cain. 1996. Biodegradation of phenols by the alga Ochromonas danica. *Appl. Environ. Microbiol.* 62(4): 1265-1273.
- Sugiura, K., Ishihara, M., Shimauchi, T. & Harayama, S., 1997. Physicochemical Properties and Biodegradability of Crude Oil, *Environ. Sci. Technol.* 31, 45-51.
- Sharpley, J.M., 1996. *Elementary Petroleum Microbiology*, Gulf Publishing Company, Texas, 65-95, 115-117.
- Syakti, D.A. 2004. Bioremediasi Lingkungan. [http://www.republika.co.id/koran\\_detail.asp?id=176498&kat\\_id=16&kat\\_id1=&kat\\_id2=15](http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=176498&kat_id=16&kat_id1=&kat_id2=15) Desember 2005.
- Toccalino, P.L., R.L. Johnson, & D.R. Boone. 1993. Nitrogen Limitation and Nitrogen Fixation During Alkane Biodegradation in a Sandy Soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 59:2977-2983.

U.S. Environmental Protection Agency. 1999. Monitored Natural Attenuation Petroleum Hydrocarbons. EPA/ 600/F-98/021/ May 1999. Diakses 17/5/2008.  
<http://www.epa.gov:80ordtrnt/ORD/WebsPubs/Petroleum/pdf>.

Widiyarti, 2007. Proses Degradasi Senyawa Hidrokarbon Dalam Limbah Lumpur Minyak Bumi Oleh Mixed Culture Bakteri Rhizopetrofilik Dengan Penambahan Producing Bacteria. Jurusan Teknik Sipil-ITB. Bandung.

Widjajanti, H dan Munawar. 1999. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Erlangga. Jakarta.

Widyastini. E. 2006. Saatnya Mikroba Untuk Limbah Hidrokarbon. PT PLN Fokus U diklat Suralaya. Jakarta Pusat. (Diakses pada 1/6/2007 fokus online <http://www.google.com/Hidrokarbon>).