

**PERANAN BAKTERI SEBAGAI REMEDIATOR DALAM PROSES
DEGRADASI LIMBAH OLI BEKAS KENDARAAN BERMOTOR**

SKRIPSI

*diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains program studi
biologi*



Oleh :

Melya Puspitasari

1603469

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2020**

**PERANAN BAKTERI SEBAGAI REMEDIATOR DALAM PROSES
DEGRADASI LIMBAH OLI BEKAS KENDARAAN BERMOTOR**

Oleh

Melya Puspitasari

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Melya Puspitasari 2020

Universitas Pendidikan Indonesia

April 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

MELYA PUSPITASARI

**PERANAN BAKTERI SEBAGAI REMEDIATOR DALAM PROSES
DEGRADASI LIMBAH OLI BEKAS KENDARAAN BERMOTOR**

Disetujui dan disahkan oleh :


Pembimbing I



Dr. Wahyu Surakusumah, M.T

NIP.197212301999031001

Pembimbing II



Dr. Kusnadi, M.Si.

NIP. 196805091994031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si.

NIP. 197008112001122001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Peranan Bakteri dalam Proses Degradasi Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

Melya Puspitasari

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta memberi kelancaran dan kemudahan untuk melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi. Shalawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW kepada keluarganya, para sahabatnya dan semoga sampai kepada kita selaku umatnya.

Penulisan skripsi yang berjudul “Peranan Bakteri sebagai Remediator dalam Proses Degradasi Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor” diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Riset Bioteknologi, Biologi, FPMIPA UPI.

Selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini banyak sekali pihak yang turut membantu. Skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa rahmat Allah SWT, juga bantuan, dan bimbingan dari semua pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih pada semua pihak yang telah membantu baik dalam dukungan moril, materi, tenaga, dan doa. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Wahyu Surakusumah, M.T. selaku dosen pembimbing I yang dengan sangat sabar memberikan bimbingan, ilmu pengetahuan, dan motivasi selama penelitian dan penulisan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, ilmu pengetahuan, masukan, dukungan dan motivasi selama penulisan skripsi.
3. Ibu Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI.

4. Bapak Prof. Yayan Sanjaya, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
5. Bapak Dr. Topik Hidayat, M.Si selaku Kepala Laboratorium Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah banyak memberi bimbingan, fasilitas dan dukungan selama penelitian.
6. Bapak Rahadian Deden Juansah S.Pd. selaku PLP Laboratorium Riset Bioteknologi yang dengan sangat ramah, sabar dan rendah hati telah banyak memberikan bimbingan, fasilitas dan berbagai kemudahan selama penelitian.
7. Ibu Sri Rahayu Kartini, S.Si. selaku PLP Laboratorium Fisiologi UPI atas segala bimbingan dan fasilitas bahan selama penelitian.
8. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI atas segala ilmu, bimbingan dan pengalaman yang telah diberikan selama perkuliahan.
9. Seluruh staf Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI atas segala kemudahan, bimbingan dan pengalaman yang telah diberikan selama perkuliahan.
10. Seluruh keluarga Biologi C 2016 yang menemani penulis selama 4 tahun yang tidak akan terlupakan selama masa perkuliahan yang memberikan berbagai pengalaman, berbagi cerita, memberikan dukungan dan saling membersamai penulis selama masa perkuliahan.

Selain pihak yang disebutkan di atas, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada orang tua penulis: Bapak H. Agus Wiwaha dan Ibu Hj. Elis Susyana, kedua adik penulis Luthfi Harbul Kholizi dan Navisha Kamila Putri. Dengan dukungan yang sangat besar dari keluarga membuat penulis tetap semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan juga kepada rekan seperjuangan penelitian Khoirunnisa Dwi Lestari dan Fitri Widiyanti yang telah bersama-sama berjuang dalam menyelesaikan penelitian, saling mendukung satu sama lain dan memberikan banyak pembelajaran dan pengalaman berharga selama penelitian. Kemudian penulis ucapkan juga kepada sahabat seperjuangan Nurfazri Oktavia S, Nurmeida T.R, Fildzah Rizkiani Rusmana, Nanda Ayu Novia, Elysa

Meilani Faradina, M. Aldi Maulana, orang-orang terdekat yang menjadi saksi suka duka kehidupan studi penulis. Sahabat sekaligus saudariku Deannisa Fajriyati, Rima Mawarni, Intan Purnamasari, Junigu Abdul Jabbar, Yayu, Sumia Adhayani, Lulu Qurrotu ‘Aini, Milah Kamilah dan Wiliyanda atas cinta, kasih sayang, perhatian, bantuan dan motivasi yang tiada henti diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan studi. Teman-teman dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu hingga selesainya karya yang sederhana ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, meskipun begitu penulis berharap hasil penelitian dalam skripsi ini dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, saran dan kritik penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca dan dapat memberikan sumbangan pengetahuan untuk kemajuan ilmu dan teknologi di masa yang akan datang.

Bandung, April 2020

Penulis

ABSTRAK

Oli bekas merupakan campuran kompleks senyawa hidrokarbon dan senyawa organik lain yang digunakan untuk melumasi bagian-bagian mesin kendaraan bermotor, agar mesin bekerja dengan lancar. Setelah masa pemakaian oli sebagai pelumas berakhir, maka oli bekas akan mengandung lebih banyak logam dan PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon pada tanah yang tercemari limbah oli bekas dengan melalui metode perhitungan analisis TPC (*Total Plate Count*), analisis GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*) dan berat pasta hasil gravimetri. Sampel limbah oli dan mikroorganisme pendegradasi bersumber dari penelitian sebelumnya. Perlakuan penelitian terdiri dari 6 bakteri yang berbeda, yaitu *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Listeria murrayi*, *Enterobacter* sp., *Azomonas* sp., dan *Alcaligenes* sp. Berdasarkan hasil penelitian, populasi setiap bakteri semakin meningkat. Hal ini didukung dengan pertumbuhan bakteri selama 15 hari yang diduga mendegradasi polutan sebagai sumber energi. Selain itu juga ditunjukkan perubahan komposisi senyawa polutan dan hilangnya beberapa senyawa pada saat bioremediasi berlangsung. Oleh karena itu, bakteri-bakteri ini mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon cukup baik. Sehingga disimpulkan bahwa proses remediasi menggunakan bakteri cukup efektif. Namun, untuk hasil yang optimal memerlukan waktu yang cukup lebih lama dan variasi bakteri yang bermacam-macam.

Kata kunci : Oli Bekas, Bioremediasi, Isolat Bakteri

ABSTRACT

*Used oil is a complex mixture of hydrocarbon compounds and other organic compounds used to lubricate parts of the vehicle engine, so that the engine works as well. After the oil usage period as a lubricant ends, used oil will contain more metals and PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons). This study aims to determine the ability of each bacterial isolate to degrade hydrocarbon compounds in soil contaminated with used oil waste by means of the TPC (Total Plate Count) analysis method, GCMS analysis (Gas Chromatography Mass Spectrophotometry) and the weight of the gravimetric paste. Samples of waste oil and degrading microorganisms were sourced from previous studies. The research treatment consisted of 6 different bacteria, namely *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Listeria murrayi*, *Enterobacter sp.*, *Azomonas sp.*, and *Alcaligenes sp.* Based on research results, the population of each bacterium is increasing. This is supported by the growth of bacteria for 15 days which is thought to degrade pollutants as an energy source. It was also shown the change in the composition of pollutant compounds and the loss of several compounds during bioremediation. Therefore, these bacteria are able to degrade hydrocarbon compounds quite well. So it was concluded that the remediation process using bacteria was quite effective. However, for optimal results require a longer time and a variety of bacterial variations.*

Keywords: *Used Oil, Bioremediation, Bacterial Isolates*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Pertanyaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4. Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6. Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.7. Struktur Organisasi Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II BAKTERI PENDEGRADASI LIMBAH OLI BEKAS KENDARAAN BERMOTOR	Error! Bookmark not defined.
2.1. Komponen Minyak Bumi	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. Komponen Hidrokarbon	Error! Bookmark not defined.
2.1.2. Komponen Non-Hidrokarbon	Error! Bookmark not defined.
2.2. Oli Bekas Kendaraan Bermotor.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Sifat dan Karakteristik Minyak Pelumas.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Jenis-Jenis Minyak Pelumas.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Pencemaran Oli Bekas Kendaraan Bermotor	Error! Bookmark not defined.
2.5. Bioremediasi.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.1. Bioremediasi berdasarkan Lokasi	Error! Bookmark not defined.
3.5.2. Bioremediasi yang menggunakan Mikroba	Error! Bookmark not defined.
2.6. Biodegradasi Minyak Bumi.....	Error! Bookmark not defined.
3.6. Mikroorganisme sebagai Agen Remediator	Error! Bookmark not defined.

- 3.7. Bakteri Hidrokarbonoklastik**Error! Bookmark not defined.**
- 3.8. Proses Remediasi pada Tanah**Error! Bookmark not defined.**
- 3.9. Senyawa Hidrokarbon**Error! Bookmark not defined.**
 - 2.9.1. Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH)**Error! Bookmark not defined.**
- 3.10. Biodegradasi Hidrokarbon**Error! Bookmark not defined.**
- 3.11. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Bioremediasi ... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.12. Gas Chromatography Mass Spectrofotometry (GCMS) .**Error! Bookmark not defined.**

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....**Error! Bookmark not defined.**

- 3.1. Jenis Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.2. Populasi dan Sampel Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- 3.3. Waktu dan Tempat Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- 3.4. Alat dan Bahan Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- 3.5. Pembuatan Medium.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.6. Sterilisasi**Error! Bookmark not defined.**
- 3.7. Peremajaan Inokulum.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.8. Pewarnaan Gram Bakteri**Error! Bookmark not defined.**
- 3.9. Pengukuran Pertumbuhan Isolat Bakteri**Error! Bookmark not defined.**
- 3.10. Pengayaan Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon **Error! Bookmark not defined.**
- 3.11. Perhitungan Dinamika Pertumbuhan Bakteri..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.12. Pengukuran Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) menggunakan Analisis Gravimetri**Error! Bookmark not defined.**
- 3.13. Analisis Kandungan Senyawa Hidrokarbon..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.14. Bagan Eksperimen.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3.15. Alur Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....**Error! Bookmark not defined.**

- 4.1. Pewarnaan Gram Bakteri Pendegradasi Limbah Oli. **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2. Kurva Tumbuh Bakteri Pendegradasi Limbah Oli.... **Error! Bookmark not defined.**

4.3. Pertumbuhan Bakteri Pendegradasi Limbah Oli	Error! Bookmark not defined.
4.4. Pengukuran Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) menggunakan Analisis Gravimetri	Error! Bookmark not defined.
4.5. Analisis GCMS (Gas Chromatography Mass Spectofotometri)	Error! Bookmark not defined.
4.6. Bakteri <i>Alcaligenes</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI Error! Bookmark not defined.	
DAFTAR PUSTAKA	14
Lampiran 1.	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2.	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3.	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4.	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas.....	53
Tabel 4.2	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	55
Tabel 4.3	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	55
Tabel 4.4	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	56
Tabel 4.5	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	57
Tabel 4.6	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	58

Tabel 4.7	Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas yang Didegradasi oleh Bakteri.....	59
-----------	---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jalur Utama Biodegradasi dan Transformasi PAH.....	19
Gambar 2.2	Kalsifikasi Hidrokarbon.....	24
Gambar 3.1	Bagan Eksperimen.....	35
Gambar 3.2	Alur Penelitian.....	36
Gambar 4.1	Hasil Pewarnaan Gram Bakteri.....	38
Gambar 4.2	Grafik Kurva Tumbuh.....	40
Gambar 4.3	Grafik Hasil TPC.....	46
Gambar 4.4	Grafik Nilai TPH.....	50
Gambar 4.5	Grafik Persentase Biodegradasi.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Alat dan Bahan Penelitian.....	72
Lampiran 1.1	Alat yang digunakan.....	72
Lampiran 1.2	Bahan yang digunakan.....	73
Lampiran 2.	Hasil Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas.....	75
Lampiran 2.1	Hasil Komposisi Senyawa Penyusun Oli Bekas.....	75
Lampiran 2.2	Hasil Pengujian Konsentrasi TPH.....	76
Lampiran 2.3	Hasil Pembacaan Absorbansi dan Perhitungan TPC.....	76
Lampiran 3.	Dokumentasi Kegiatan.....	77
Lampiran 3.1	Dokumentasi Hasil TPC 1 Medium tanpa Limbah Oli.....	77
Lampiran 3.2	Dokumentasi Hasil TPC 5 Medium tanpa Limbah Oli.....	78
Lampiran 3.3	Dokumentasi Hasil TPC 1 Medium dengan Limbah Oli.....	80
Lampiran 3.4	Dokumentasi Hasil TPC 5 Medium dengan Limbah Oli.....	81
Lampiran 4.	Hasil GCMS Komposisi Senyawa Oli Bekas Kendaraan Bermotor.....	83
Lampiran 4.1	Hasil GCMS Komposisi Senyawa Oli Bekas Kendaraan Bermotor (Awal).....	83
Lampiran 4.4	Hasil GCMS Komposisi Senyawa Oli Bekas Kendaraan Bermotor (Akhir).....	97

Melya Puspitasari, 2020
PERANAN BAKTERI SEBAGAI REMEDIATOR DALAM PROSES DEGRADASI LIMBAH OLI BEKAS
KENDARAAN BERMOTOR

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. (1999). *Biodegradation and Bioremediation*. 2nd edition. Academic, Press. San Diego.
- Andina, F. (2014). *Biodegradasi Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dengan Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Air Laut dan Sedimen Pantai Karangsong Kabupaten Indramayu Jawa Barat*. Skripsi. Universitas Padjadjaran Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Program Studi Ilmu Kelautan Jatinangor.
- Andrews, J.E., P. Brimblecombe, L.D. Jickells, P.S. Liss, dan B. Reid. 2004. An Introduction to Environmental Chemistry, 2nd edition. *Blackwell Publishing*, Oxford. UK.
- Anna. I., R.C. Rita. & Nurhariyati T. (2003). *Isolation Of Soil Bacteria For Bioremediation Of Hydrocarbon Contamination*. Inc. USA.
- Apriyani, Suryono, Lukman H, (2011). Karakteristik dadih susu sapi hasil fermentasi beberapa *starter* bakteri asam laktat yang diisolasi dari dadih asal dari Kabupaten Kerinci. *AGRINAK* 2011, 1: 36-42.
- Arijanto & B. Setyana. (2007). Pengujian Campuran Terbaik Bahan Bakar Alkohol-Bensin Ditinjau Dari Aspek Kandungan Material Pelumas Pada Sepeda Motor 4 Langkah. *Jurnal Rotasi*. 9(3): 40-42.
- Ashok, B. T., Saxena, S., Susarrat, J. (1995). Isolation and Characterization of Four Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Degrading Bacteria From Soil Near on Oil Refinery. *Letter in Applied Microbiology*. The Society for Applied Bacteriology.
- Astuti, D. (2012). *Pengaruh Variasi Jumlah Inokulum Konsorsium Bakteri Terhadap Degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Skripsi. Sarjana Biologi FMIPA Universitas Indonesia. Depok.
- Atlas, R & Bartha, R. (1985). Microbial Ecology. *The Benjamin/Cummings Publishing*. London : 11-13
- Atlas, R. M & Bartha. (1992). Hydrocarbon Biodegradation and Oil Spill Bioremediation. Microbial Ecology. Vol 12. Edited by K. C. Marshall. Plenum Press, New York.
- Atlas, R. M. (1981). Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon: An Environmental Perspective. *Microbiol. Rev.* 45, 297 – 308.

- Atlas, R. M. (1997). *Principles Of Microbiology*. thed.. Dubuque. Iowa: Wm. C. Brown Publishers. 212-213
- Atlas, R. M., & Bartha, R. (1992). *Microbial Ecology*. Benyamin Cummings Science, California.
- Bappedal. (1995). Keputusan Kepala Bapedal No. 1 Tahun 1995 Tentang : *Tata Cara dan Persyaratan Teknis Penyimpanan dan Pengumpulan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.
- Basuki, (2011). Biodegradasi Limbah oli bekas oleh *Lycinibacillus Spaericus* TCPC 2.1. *Jurnal Tek.Ling*. 12 (2) : 111-119
- Bhattacharya, D., P.M. Sarma, S. Krishnan, S. Mishra, B. Lal. (2002). Evaluation of genetic diversity among *Pseudomonas citronellolis* strains isolated from oily sludge-contaminated sites. *Appl. Environ. Microbiol.* 69(3): 1435-1441.
- Bossert, I. D. and G. C. Compeau. (1995). Cleanup Of Petroleum Hydrocarbon Contamination In Soil. *In Microbial Transformation And Degradation Of Toxic Organic Chemicals*. Wiley-Liss. New York. p 77 – 125.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., & Mitchell, L.G. (2002). *Biologi. Jilid 1. Edisi Kelima*. Alih Bahasa: Wasmen. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cappucino, J. G., & N. Sherman. (2014). *Microbiology a Laboratory Manual*. 10th edition. Pearson Education, Inc. USA.
- Charlena. (2010). *Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Minyak Berat Menggunakan Konsorsium Bakteri*. Disertasi. Bogor : IPB
- Chater, K.W.A., and Somerville, H.J. (1978). *Oil Industry and Microbial Ecosystems Meeting*. Heyden and Son Inc., Philadelphia, PA
- Connel, D. W. and G. J. Miller. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI-Press. Jakarta. 520 hal.
- Cookson, J. T, Jr. (1995). *Bioremediation Engineering Design & Application*. McGraw Hill, Inc. USA.
- Costa S, Ferreira J, Silveira C. (2012). Integrating health on air quality assessment – review report on health risks of two major European outdoor air pollutants: PM and NO2. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* :17:307-340.

- Crawford, R.L., & Crawford, D.L., (1996), *Bioremediation: Principles and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, hal. 136-140.
- Dahlan. (2014). Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 3, Nomor 1, Januari 2011, Halaman 001-018.
- Dauids, J.B. (1967). *Petroleum Microbiology*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
- Dibble J. T., & Bartha, R. (1979). Effect of environmental parameters on the biodegradation of oil sludge. *Appl Environ Microbiol* 37: 729-739.
- Dwidjoseputro. (1990). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan
- Environmental Protection Agency (EPA's). (2003). Proses Pembuatan Oli.
- Fadhilah, I. 2016. *Uji Aktivitas Antimiroba Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.) Terhadap Beberapa Mikroba Patogen*. Skripsi. Available at: http://repositori.uin-alauddin.ac.id/2999/1/Ismi_fadhilah.pdf.
- Fardiaz, S. (1992). *Mikrobiologi Pangan I*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta 320 hal.
- Fitri, L., & Yasmin, Y. (2011). Isolasi dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, Biologi Edukasi 8(2) : 20-25.
- Fowlsh. (1998). *Gas Chromatography Analytical Chemistry by Open Learning*. John Wiley & Sons Ltd: Chichester.
- Gaudy, A. (1980). *Microbiology for Environment Scientist and Engineer*. Mc-Graw Hill Book Co.
- Gordon D.B. (1994). *Management System Information*, TP. Midas Surya Grafindo, Jakarta. Davids, J.B. (1967). *Petroleum Microbiology*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
- Hafiluddin. (2011). Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Teknik Bioaugmentasi dan Biostimulasi. *Embryo* 8(1): 47-52.
- Hanifah, R. (2019). *Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Yang Berpotensi Sebagai Remediator Tanah Tercemar Oli Bekas Kendaraan Bermotor*. [Skripsi]. Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Haritash AK & Kaushik CP. 2009. Biodegradaton aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): A review. *Journal of Harzardous Materials*. 169: 1–15.
- Hendayana, S.(2006). Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Hidayat, N., Masdiana C., Padaga dan Suhartini, S. (2006). *Mikrobiologi Industri*. ANDI. Yogyakarta.
- Iturbe, R., Flores, C., Castro, A. & Torres, L.G.(2007). *Sub-Soil Contamination due to Oil Spills in Six Oil-Pipeline Pumping Stations in Northern Mexico*. *Chemosphere*, 68(5), 893–906.
- Jawetz, Melnick, Adelberg. 2008. *Mikrobiologi Kedokteran*. Salemba Jakarta: EGC Edisi 23.
- Johnsen, A.R., Wick, L.Y., & Harms, H., (2005). Principle of Microbial HAPdegradation in Soil, *Environmental Pollution*, 133 (1),71-84.
- Joshi, U.H., T.H. Ganatra, P.N. Bhalodiya, T.R. Desai, dan P.R. Tirgar. (2012). Comparative Review on Harmless Herbs with Allopathic Remedies As Anti-Hypertensive. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. hlm: 679.
- Juliani, A., Fudhola, R. (2011). Bioremediasi Lumpur Minyak (*Oil Sludge*) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan. *Jurnal Sains dan Teknik Lingkungan*. Vol. 3, 1, Januari 2011:001 – 018.
- Khodijah S., Tuasikal, Sugoro, Yusneti. (2006) *Growth of Streptococcus agalactiae as Causative Bacteria of Subclinical Mastitis in Dairy Cattle*. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.
- Komarawidjaja, W. (2009). Karakteristik dan Pertumbuhan Konsorsium Mikroba Lokal Dalam Media Mengandung Minyak Bumi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 10(1): 114-119.
- Kumala , S. & E. Siswanto. (2007). Isolation and screening of endophtic microbes from *morinda citrifolia* and their ability to produce anti-microbial substance. *Microbiology Indonesia*, 1, ISSN: 1978-3477.
- Kurniawan, H.M. (2011). *Isolasi dan Optimasi Ekstrinsik Bakteri Termoproteolitik Isolat Sumber Air Panas Semurup Kabupaten Kerinci, Jambi*. Pasca Sarjana Universitas Andalas. Padang.

- Leahy, J.G. & R.R. Colwell. (1990). Microbial Degradation of Hydrocarbons in The Environment. *Microbiol. Rev.* 54: 305-315
- Mardiyarningsih, M., Aloysius, L. (2018). Analisis Base Oil Hasil Proses Adsorpsi dan Pirolisis pada Oli Mesin Bekas. *Jurnal Teknik Mesin.* ISSN : 2614-3445.
- Mergeay, M. ; D. Nies; HG Schlegel; J. Gerits; P. Charles; F. & Gijsegem, V. (1985). "Alcaligenes eutrophus CH34 adalah chemolithotroph fakultatif dengan resistensi plasmid terhadap logam berat" . *Jurnal Bakteriologi* . 162 (1): 328–334. PMC 218993 . PMID 3884593.
- Mujab, A. S. 2011. *Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi.* [Skripsi]. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Mukhtasor. (2006). *Pencemaran Pesisir dan Laut.* PT Paradnya Paramita, Jakarta. 322 hlm.
- Munir, E. 2006. *Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan.* Medan: USU
- Nababan, B. (2008). *Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan.* Tesis. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Neff, J.M. (1979). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in teh Aquatic Environment Sources. Fates and Biological Effects, Applied Science Publisher. Essex, UK : 1 – 262.
- Neumann, H.J., Paczynska-Lahme, B. & Severin, D. (1981). *Composition and Properties of Petroleum.* Halsted Press. New York. 1-10, 121-126
- Nugraha M.A. (2011). *Karakteristik Lipid Biomarker pada Sedimen Estuari : Studi Kasus Muara Angke – Teluk Jakarta, Cimandiri – Pelabuhan Ratu dan Cilintang – Ujung Kulon.* Tesis. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Nugroho, A. (2006). Bioremediasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikroskopis: Simulasi Sederhana sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *Makara Teknologi.* Vol. 10, 2, November 2006:82 – 89. Jakarta : Universitas Islam Syarif Hidayatullah.
- Nugroho, Astri., Effendi, E. & Fiona, A. (2007). Pertumbuhan Konsorsium Isolat Bakteri Asal Benakat pada Media Minyak Bumi Bersalinitas Tinggi : Studi Kasus Biodegradasi Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar.* Vol 8. No. 2

- Nuryana, D. (2017). Bioremediasi Pencemaran Minyak Bumi. *Journal of Earth Energy Engineering. JEEE*, Vol.6 (2). ISSN : 2540:9352.
- Pelczar, Michael J dan Chan, E. C. S. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid I*. Jakarta: UI Press.
- Pitrandjalisari, V. (2009). Analisis Kelayakan Investasi Penggunaan Teknologi Crude Oil System di Departemen Power Plant PT Newmont Nusa Tenggara. *Jurnal Teknik Industri* 10(2): 109-113.
- Pranajaya, D., Rukmi H. W. & Slamet R.M. (2015). Bioremediasi pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Jurnal ESDM*. Volume 7, Nomor 2, hal. 61-70.
- Pratiwi, S., H. Widjajanti, B. Yudono, dan H. Wahyudi. (2011). Pemanfaatan Rumput *Fimbrisylis* sp. dalam Proses Bioremediasi Tanah pada Berbagai Konsentrasi Limbah Minyak Bumi. *Jurnal Penelitian Sains*. 14 (1): 57-61.
- Priyatno, J. (2017). Uji Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.18, No.2, Juli 2017, 208-215.
- Purwoko T. (2009). *Fisiologi Mikroba*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Raharjo, W.P. (2010). *The Use of Oil With Petroleum Blanded as Fuel In Burner Atomizing*. (Skripsi) Jurusan Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Raharjo,W.P. (2007). Pemanfaatan Tea (Three Ethyl Amin) dalam Proses Penjernihan Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Pada Peleburan Alumunium. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. Vol. 8, No. 2, 2007: 166 – 184.
- Ravindra, S., Pushpendra, S., Sharma, R. (2014). Microorganism as a tool of bioremediation technology for cleaning environment: A review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 4 (1): 1-6.
- Retno, T., Nana, M. (2013). Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Menggunakan Campuran *Bulking Agents* yang Diperkaya Konsorsium Mikroba Berbasis Kompos Iradiasi. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. Vol. 9 No. 2 Desember 2013, 139 – 150.
- Rezvani, R. (2006) *Analisis Penerapan Dissolved Air Flotation sebagai Metode Alternatif Penanganan Limbah Kapal pada Rancangan Port Reception*

Facility di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan teknik Sistem Perkapalan ITS.

Rosenberg, E., Legmann, R., Kushmaro, A., Taube, R., Adler, E., & Ron, E. Z. (1992). *Petroleum Bioremediation – A Multiphase Problem*. Biodeg. 3, 213-226.

Sambrook, J., Fritsch, E.F., & Maniatis, T. (1989). *Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed.* Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.

Sasikumar, C.S. & Papinazath, T. (2018). Environmental Management : Bioremediation of polluted environment. *International Journal Of Environmental Sciences*. Volume 1, No 6, 2011.

Schmidt, S.N., Christensen, J.H., dan Johnsen, A.R., (2010), Fungal PAH-metabolites Resist Mineralization by Soil Microorganisms, *Environmental Science & Technology*, 44(5), 1677-1682.

Setya, R. A. & Putra, S. R. (2010). *Identifikasi Biohidrogen Secara Fermentatif dengan Kultur Campuran Menggunakan Glukosa sebagai Substrat*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Sepuluh Nopember.

Sharpley, J.M. (1996). *Elementary Petroleum Microbiology*. Gulf Publishing Company. Texas.

Shovitri, M. & Nasikhin, R. (2013). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. *Jurnal Sains dan Seni Pomints*. Vol.2, no 2. FMIPA. ITS, Surabaya.

Silvia, S. & J. Jusfah. (2010). *Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Isolat Bakteri dari Limbah Minyak Bumi PT Cevron Pacific Indonesia*. Universitas Andalas, Padang.

Singh, A., & Ward, O.P., (2004), *Biodegradation and Bioremediation*, Springer-Verlag, Heildelberg.

Stoner, D. L. (1994), *Biotechnology for the Treatment of Hazardous Waste*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Sudiar, (2014). Perbaikan Kualitas Minyak Pelumas dengan Additive. *Jurnal Poros Teknik*. Volume 6, No. 1, Juni 2014 : 1 – 54.

Sudrajat, D., Mulyana, N. & Retno, DI. T. (2015). *Isolasi dan Aplikasi Mikroba Indigen Pendegradasi Hidrokarbon dari Tanah Tercemar Minyak Bumi*.

Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN,

- Sugoro, I. (2002). *Bioremediasi Sludge Limbah Minyak Bumi Lahan Tercemart dengan Teknik Land Farming dalam Skala Laboratorium*. [Tesis]. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Surtikanti, H.K. (2011). *Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati*. Bandung: Rizqi Press.
- Surtikanti, H.K., & Surakusumah, W. (2004). Studi Pendahuluan Tentang “Peranan Tanaman Dalam Proses Bioremediasi Oli Bekas Dalam Tanah Tercemar”. *Jurnal Ekologi & Biodiversitas Tropika*. 2 (1) : 11-14.
- Trinanda R. (2015). *Efektivitas Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Berat yang Diisolasi dari Ekosistem Air Hitam di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi*. Tesis. Insitut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- 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. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya*. Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Cibinong 24-28 Juni 1996. LIPI-BPPT-HSF.
- Udiharto. (1999). Penanganan Minyak Buangan Secara Bioteknologi. Makalah Seminar Sehari Minyak dan Gas Bumi. LEMIGAS, Jakarta.
- Varjani, S.J., Rana, D.P., Bateja, S. & Upasani, V.N. (2013). Original Research Article Isolation and Screening for Hydrocarbon Utilizing Bacteria (HUB) from Petroleum Samples. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2(4): 48 – 60. doi: 10.1007/bf0332629.
- Vidali, M. (2001). “Bioremediation and Overview”. *Pure and Applied Chemistry*. IUPAC, Vol. 73, 7: 1163–1172.
- Wahman, D.G., Katz, L.E., & Speitel, G.E., (2007), Modeling of Trihalomethane Cometabolism in Nitrifying Biofilters, *Water Research*, 41(2), 449-457.
- Walker, JD, & RR Colwell, 1974. Microbial degradation of model petroleum at low suhues. *Microb. Ecol.* 1: 63-95.
- Waluyo Lud. (2007). *Mikrobiologi Umum Edisi Revisi*. Malang: UMM Press; 20. h. 319 dan 330.

- Wong, H.C.(1997). Design of Remediation System. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 3 No 4 p.1584-1588, September 2015.
- Yojana, R. N. (1995). *Aktivitas Bakteri Hasil Isolasi dari Tumpahan Minyak di Pelabuhan Dumai dalam Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. [Skripsi]. Padang. Universitas Andalas.
- Yolantika, H., Periadnadi & Nurmiati. (2015). Isolasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon di Tanah Tercemar Lokasi Perbengkelan Otomotif. *Jurnal Biologi Universitas Andalas* . 4(3) – September: 153-157
- Yuliana S. L., Welan, Refli & Rony S. Mauboy. (2019). Isolasi Dan Uji Biodegradasi Bakteri Endogen Tanah Tumpahan Oli Bekas Di Kota Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains* Vol. 16, No. 1, Februari 2019 (Hal 61 – 72).
- Zam, S. I. (2011). Bioremediasi Tanah Yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro Pada Konsentrasi Ph Berbeda (In vitro Bioremediation of Dirtied Soil by Oil Refinery Waste in different pH Concentration). *Jurnal Agroteknologi*. 1(1): 1–7.
- Zhyahrial, F. F., Rahayu, Y. S. dan Yuliani. 2014. Bioremediasi dengan Teknik Biostimulasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Menggunakan Kompos Kombinasi Limbah Media Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dan *Azolla*. *Jurnal LenteraBio*. 3(3): 141-146.

