

Isolasi Kapang Pendegradasi Hidrocarbon Dari Limbah Minyak Bumi PT. Ollop Bula

Muhammad Rijal

Pendidikan Biologi, IAIN Ambon

*Corresponding authors: rijal_rijal82@yahoo.co.id

Manuscript received: 02-02-2017 Revision accepted: 09-04-2017

Abstrak

Tingginya aktivitas penambangan minyak lepas pantai mengakibatkan terjadinya pencemaran air oleh tumpahan minyak bumi mentah, sehingga berdampak terhadap kerusakan ekosistem. Secara alami tumpahan minyak dilepas pantai dapat hilang oleh aktivitas mikroorganisme. Kapang merupakan salah satu mikroorganisme yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi hidrocarbon. Hasil penelitian diperoleh 6 isolat kapang yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi hidrocarbon. Isolat V memiliki kemampuan yang lebih kuat dan isolat I memiliki kemampuan yang paling lemah dalam mendegradasi hidrocarbon.

Kata kunci: kapang, isolat, hidrocarbon

Abstract

The high activity of offshore mining cause water pollution by crude petroleum spill thus impacts the ecosystem damage. Naturally, offshore oil spills can be lost by microorganism activities. *Kapang* (mold) is one of microorganisms having an ability to degrade hydrocarbon. The research result found 6 isolates of *kapang* having the ability to degrade hydrocarbon. Isolate V had stronger ability, whereas isolate I was the weaker in degrading hydrocarbon.

Keywords: molds, isolates, hydrocarbon

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang dibutuhkan penduduk dunia. Sumber energi lain belum dapat menggantikan peran minyak bumi sepenuhnya sebagai sumber energi utama. Hal ini mendorong perkembangan industri pengilangan minyak untuk meningkatkan kegiatan eksplorasi, transportasi dan proses pengolahan minyak (Sinta Silvia, 2009). Selain sebagai sumber energi, minyak bumi merupakan sumber devisa bagi negara. Sebagai sumber energi, minyak bumi memiliki banyak sekali manfaatnya seperti untuk kegiatan industri, transportasi dan rumah tangga (Karwati, 2009). Tetapi keberadaan minyak bumi juga dapat mencemari lingkungan darat, air, dan udara selama kegiatan industri minyak bumi berjalan. Pencemaran minyak bumi dapat berasal dari tumpahan selama kegiatan pengeboran, kebocoran sistem penyimpanan, produksi, pembuangan limbah dari kegiatan industri, rembesan dari sumbernya, pengilangan, dan transportasi (Sailubhai, 1986). Pencemaran minyak bumi dapat menimbulkan masalah cukup serius terhadap ekosistem pantai, sungai, darat dan lingkungan dekat eksplorasi minyak. Hal ini disebabkan karena minyak bumi mengandung salah satu kontaminan yang sulit diurai yaitu senyawa hidrokarbon (Karwati,

2009). Ketika senyawa tersebut mencemari permukaan tanah, maka zat tersebut dapat menguap, tersapu air hujan, atau masuk ke dalam tanah kemudian terendap menjadi zat beracun yang menyebabkan keracunan pada makhluk hidup, mengganggu penyerapan cahaya untuk fotosintesis tumbuhan air dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem sekitar (Jusfan, 1995). Hal ini sejalan dengan pendapat Alexander *dalam* Karwati yang menyatakan bahwa keberadaan kontaminan yang sukar diuraikan dan bersifat toksik pada tanah akan mengganggu pertumbuhan tanaman dan organisme lain yang hidup di dalamnya. Akibatnya, kualitas dan daya dukung lingkungan terhadap makhluk hidup menjadi berkurang sehingga perlu penanganan yang serius. Untuk itu perlu dicari suatu cara penanggulangan yang tepat, cepat, efektif dan tidak mengganggu lingkungan.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran minyak bumi. Secara garis besar dapat dilakukan dengan cara fisika, kimia dan biologi (Udiharto, 1992). Menurut Doeffler *dalam* Shinta Sivia, penanggulangan secara fisika, biasanya digunakan pada langkah awal penanganan untuk mengisolasi secara cepat sebelum minyak tersebut menyebar. Penanggulangan secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan dispersan, sehingga minyak tersebut dapat terdispersi (Sinta Silvia, 2009). Kedua cara ini masih memiliki kelemahan yaitu mahal pengoperasiannya, dapat mengganggu kehidupan di lingkungan tersebut dan sifatnya tidak mendaur.

Penanggulangan secara biologi merupakan alternatif untuk mengatasi limbah minyak bumi tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan mikroorganisme pendegradasi (Udiharto, 1992). Penguraian suatu bahan organik kompleks menjadi bentuk lain yang lebih sederhana berupa CO₂, H₂O, dan logam dengan aktifitas mikroorganisme sehingga tidak mencemari lingkungan disebut biodegradasi (Thomas, 1992). Menurut Udiharto, keuntungan menggunakan metode tersebut diantaranya ekonomis, cukup efektif, efisien, dan lebih ramah lingkungan. Melalui kegiatan ini diharapkan lahan atau lingkungan yang tercemar minyak bumi akan menjadi normal kembali (Udiharto, 1992).

Biodegradasi oleh mikroorganisme dapat terjadi karena mikroorganisme tersebut memanfaatkan komponen penyusun minyak bumi. Adapun komponen penyusun minyak bumi adalah karbon sekitar 85% dan hidrogen 12% (Hidrokarbon), serta 1-5% unsur nitrogen, fosfor, sulfur, oksigen, serta unsur logam (Koesmadinata, 1980). Senyawa hidrokarbon yang memiliki komponen terbesar pembentuk minyak bumi digunakan sebagai sumber karbon oleh beberapa mikroorganisme tertentu, sedangkan senyawa non-hidrokarbon merupakan nutrisi pelengkap bagi pertumbuhannya, sehingga dapat melakukan metabolisme secara baik. Sebagai hasil proses tersebut terhadap minyak bumi adalah terjadinya degradasi atau pemutusan rantai hidrokarbon yang biasa disebut biodegradasi hidrokarbon minyak bumi (Udiharto, 1999).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui isolat kapang dari limbah minyak bumi yang mampu mendegradasi hidrokarbon minyak bumi dan untuk mengetahui kemampuan isolat kapang dalam mendegradasi minyak bumi.

Tahap Persiapan

- Mempersiapkan kapang yang telah diisolasi dari limbah minyak bumi.
- Mempersiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
- Melakukan sterilisasi pada alat-alat yang tahan pada suhu panas dengan menggunakan oven.

Tahap Pelaksanaan

- Timbang media PDA sebanyak 21 gram tambahkan aquades sebanyak 500 ml.
- Melarutkan media tersebut hingga homogen.
- Media yang sudah homogen di panaskan di atas *hot plate*, jika sudah panas angkat media tersebut.
- Sterilisasikan media dengan menggunakan autoclave.
- Setelah itu tuangkan kedalam cawan petri $\pm 15-20$ ml.

Pembuatan Slide Kulture

Pembuatan slide kulture yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode isolasi pada cawan agar; dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengukur limbah minyak bumi dengan volume tertentu yang telah di tumbuhi kapang sebanyak ± 10 ml.
- Kemudian sampel tersebut diencerkan dengan pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} .
- Kemudian masing-masing pengenceran diambil sebanyak kurang lebih 1 ml dan dimasukkan ke dalam media PDA yang telah diberi minyak bumi dengan menggunakan metode *sperael plate*.
- Setelah itu dimasukkan kedalam inkubator selama $\pm 5 \times 24$ jam.
- Media yang telah ditumbuhi kapang dibuat dalam slide kulture.

Tahap Pengujian

- Melakukan pengukuran awal pada sampel minyak bumi yang meliputi suhu, pH, Kadar Oksigen dan kadar hidrokarbon pada minyak bumi.
- Melakukan pengukuran akhir pada sampel minyak bumi yang meliputi suhu, pH, Kadar Oksigen dan kadar hidrokarbon pada minyak bumi setelah 1 minggu pengamatan.
- Hasil dari semua data penelitian ditabulasi pada lembar pengamatan.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah suhu, pH, DO dan Kadar Hidrokarbon. Suhu diukur dengan menggunakan termometer, pH diukur dengan pH digital, DO diukur dengan DO meter, dan kadar hidrokarbon diukur dengan Spektrofotometri serapan atom. Data yang dianalisis adalah data awal dan data akhir penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Menurut Dwi Astuti untuk menghitung persentase degradasi minyak bumi digunakan rumus sebagai berikut:

$$\%B = \frac{(BMo - BMn)}{BMo} \times 100\%$$

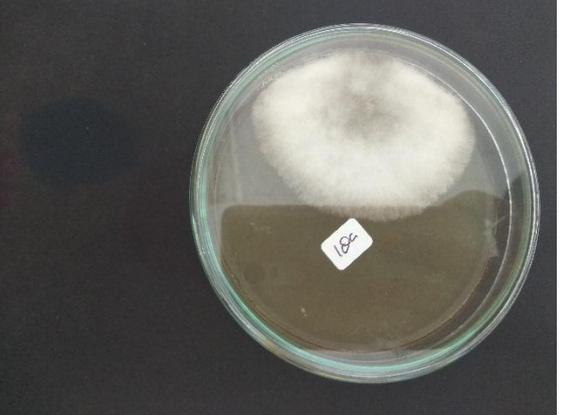
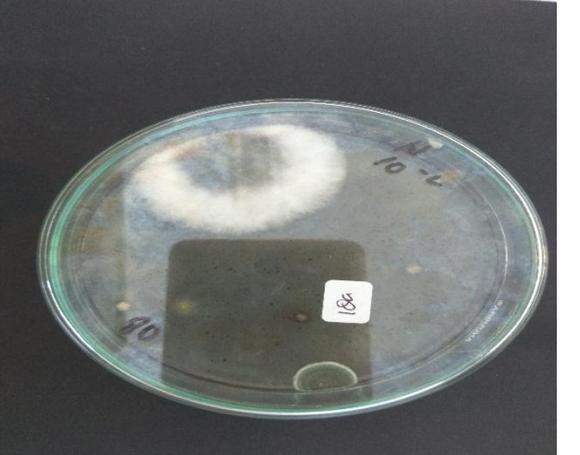
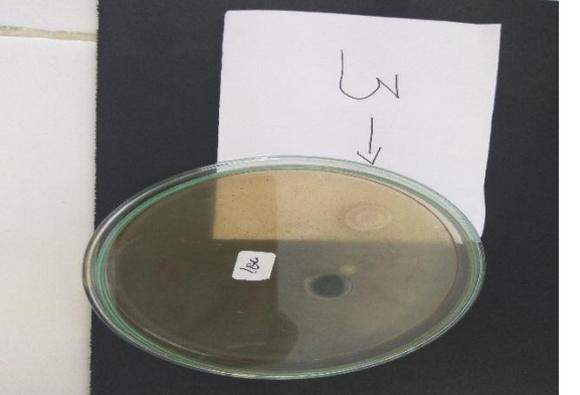
Keterangan:

- %B = persen degradasi (%)
BMo = berat minyak awal (g)
BMn = berat minyak akhir (g)

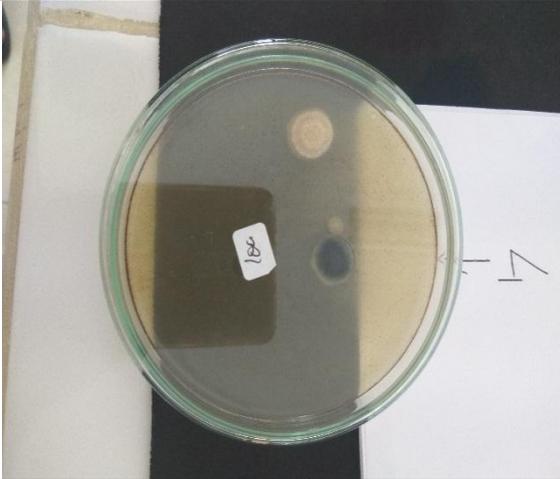
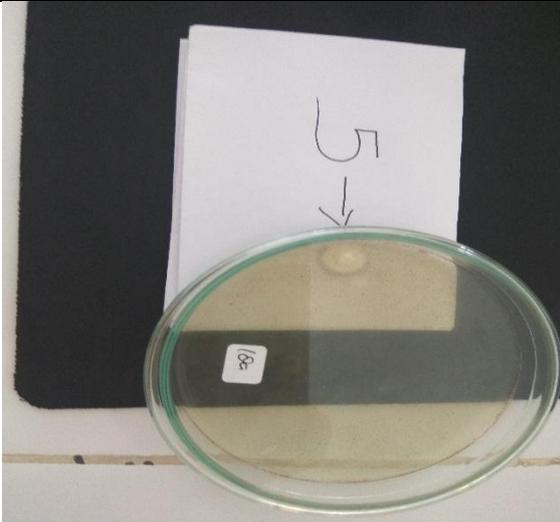
HASIL PENELITIAN

Limbah minyak bumi mentah yang diperoleh dari bak penampungan PT Olof di bawa ke laborartorium MIPA IAIN Ambon dan dilakukan proses reparasi dan menumbuhkan kapang pada medium PDA + amoxylin. Hasil pengujian diperoleh 6 jenis kapang dengan ciri morfologi sebagai berikut

Tabel 1. Isolat Kapang dari Limbah Minyak Bumi PT Olof

Kode Pengujian	Gambar Kapang	Ciri Khas
I		Koloni putih menyerupai kapas
II		Koloni bagian tepi berwarna putih menyerupai kapas dan bagian tengah berwarna hitam
III		Koloni berwarna krem menyerupai bukit dengan tepi rata

RIJAL. KAPANG, ISOLAT, HYDROCARBON.

IV		Koloni berwarna hitam dengan tepi berwarna krem
V		Koloni bulat, tepi bergerigi dan membentuk bukit
VI		Warna koloni coklat menyerupai serbuk

Berdasarkan Tabel 1 ditemukan 6 jenis kapang yang tumbuh pada media PDA + amoxylin dengan bentuk dan warna koloni yang bervariasi. Setiap koloni yang ditemukan kemudian di uji aktivitasnya dalam mendegradasi hydrocarbon dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Uji Aktivitas Degradasi Hidrocarbon Isolat Kapang

Kode Kapang	Berat Awal Limbah Minyak (g)	Berat Akhir Limbah Minyak (g)	Persentase Degradasi (%)
I	0,27	0,13	51,85
II	0,41	0,13	68,29
III	0,58	0,16	72,41
IV	0,71	0,16	77,46
V	0,80	0,13	83,75
VI	0,91	0,16	82,42

Berdasarkan Tabel 2 tersebut diperoleh data bahwa kemampuan mendegradasi hydrocarbon isolat kapang berbeda-beda. Kapang yang paling kuat mendegradasi hydrocarbon adalah isolat dengan kode V dan yang paling lemah dalam mendegradasi hydrocarbon adalah isolat dengan kode I.

PEMBAHASAN

Minyak bumi adalah suatu campuran yang sangat kompleks yang mengandung 50-98% komponen hidrokarbon dan non hidrokarbon. Kandungannya bervariasi tergantung pada sumber minyak. Minyak bumi mengandung senyawa karbon 83,9-86,8%, hidrogen 11,4-14%, belerang 0,06-8,0%, nitrogen 0,11-1,7% dan oksigen 0,5% dan logam (Fe, Cu, Ni), 0,03%. Terdapat empat seri hidrokarbon minimal yang terkandung di dalam minyak bumi, yaitu seri n-paraffin (n-alkana) yang terdiri atas metana (CH_4), aspal yang memiliki atom karbon (C) lebih dari 25 pada rantainya, seri iso-paraffin (isoalkana) yang terdapat hanya sedikit dalam minyak bumi, seri neptena (sikloalkana) yang merupakan komponen kedua terbanyak setelah n-alkana, dan seri aromatik. Komposisi senyawa hidrokarbon pada minyak bumi berbeda bergantung pada sumber penghasil minyak bumi tersebut (Udiharto, 1999).

Leahy dan Rita, menyatakan bahwa kemampuan tumbuh dari mikroorganisme yang mendegradasi minyak bumi berbeda-beda tergantung adaptasi mikroorganisme tersebut terhadap lingkungannya (Leahli, 1990). Menurut Higgins dan Gilbert, bahwa pada lingkungan yang tercemar oleh minyak bumi, tingkat pertumbuhannya akan lebih cepat dan jumlahnya akan lebih banyak bila dibandingkan dengan lingkungan yang tidak tercemar (Higgins, 1978). Hal ini sejalan dengan pendapat Atlas, bahwa syarat mikroba yang ditambahkan kedalam tumpahan minyak bumi adalah memiliki kemampuan dalam mendegradasi komponen minyak bumi, memiliki gen yang stabil, viabilitas yang tinggi, pertumbuhan yang cepat, aktifitas enzimatis yang tinggi, mampu berkompetisi dengan mikroorganisme indigenos, bersifat non-patogen dan tidak menghasilkan senyawa metabolit yang bersifat toksik (Atlas, 1981).

Kemampuan mikroorganisme mendegradasi minyak bumi dan produk-produknya tergantung pada adaptasi dan fisiologis mikroorganisme tersebut dengan lingkungannya. Disamping itu, faktor lingkungan juga akan menentukan kecepatan biodegradasi. Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi biodegradasi minyak bumi adalah:

Komposisi Minyak (Struktur Kimia)

Biodegradasi suatu senyawa berkaitan dengan struktur senyawa hidrokarbon maupun konsentrasi minyak. Biodegradasi hidrokarbon minyak bumi oleh mikroba terjadi pada hidrokarbon jenuh terlebih dahulu dan diikuti dengan hidrokarbon aromatik. Konsentrasi hidrokarbon minyak yang tinggi memiliki tingkat toksik yang tinggi pula sehingga dapat menyebabkan laju biodegradasi hidrokarbon minyak bumi menurun.

Komunitas Mikroba

Komposisi suatu mikroba dapat sangat mempengaruhi suatu proses degradasi hidrokarbon minyak bumi (Udiharto, 1999). Beberapa karakteristik penting yang harus dimiliki mikroba hidrokarbonoklastik diantaranya memiliki enzim oksegenase dan mengikat hidrokarbon, menghasilkan emulsifer, mengoptimalkan kontak antara mikroorganisme dengan hidrokarbon (Rosenberg, 1996). Selain itu proses biodegradasi hidrokarbon minyak bumi dipengaruhi oleh jumlah mikroba hidrokarbonoklastik karena jumlah mikroba yang cukup akan menghasilkan banyak produk enzim tertentu yang dapat mendegradasi hidrokarbon minyak bumi (Nugroho, 2007).

Temperatur

Temperatur merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi biodegradasi senyawa hidrokarbon. Terutama terhadap proses metabolisme dan laju pertumbuhan bakteri. Secara umum, peningkatan suhu berpengaruh terhadap aktivitas enzim. Diluar temperatur optimum pertumbuhan bakteri menjadi lambat atau tidak ada pertumbuhan (Lay, 1999).

Oksigen

Menurut Jordan dan Payne dalam Sinta Silvia, mikroorganisme membutuhkan oksigen baik dalam bentuk oksigen bebas yang diperoleh dari udara maupun oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen mempunyai arti penting dalam biodegradasi minyak bumi. Oksigen digunakan untuk proses reaksi oksidasi dan respirasi mikroorganisme. Sebagian besar mikroorganisme pendegradasi minyak bumi tergolong dalam mikroorganisme aerob (Sinta Silvia, 2009). Oksigen merupakan komponen penting yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri pada lingkungan hidrokarbon. Oksigen digunakan untuk mengaktifkan enzim oksigenase dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon (Sharpley, 1966). Pertumbuhan bakteri akan terhambat pada kondisi oksigen yang terbatas. Kebutuhan oksigen dapat dipenuhi dengan aerasi yaitu dengan cara pengocokan dengan shaker (Alpetri, 1999).

pH

Kemampuan mikroorganisme mendegradasi senyawa hidrokarbon juga dipengaruhi oleh pH, karena pH menentukan optimalnya aktivitas enzim. Bakteri secara umum memiliki pH sekitar 7 (Lay, 1994).

Nutrisi

Unsur karbon yang terdapat pada minyak bumi digunakan mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Selain nutrisi dari sumber karbon, mikroorganisme juga membutuhkan nutrisi tambahan. Nutrisi tambahan berupa nitrogen dan fosfor dapat menstimulasi biodegradasi minyak bumi (Sinta Silvia, 2009). Penambahan amonium sulfat $[(NH_4)_2SO_4]$ sebagai sumber nitrogen dan kalium dihidrofosfat (KH_2PO_4) sebagai sumber fosfor sering dipakai dalam percobaan pengurangan pencemaran minyak mentah oleh mikroorganisme. Nitrogen berperan dalam pembentukan asam amino, enzim, pembentukan sel dan fosfor berperan untuk pembentukan asam amino, transport energi dan pembentukan senyawa antara dalam reaksi metabolisme dalam sel mikroorganisme tersebut (Yojana, 1995).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 6 isolat kapang memiliki kemampuan dalam mendegradasi hydrocarbon dalam limbah minyak bumi. Umumnya mikroorganisme yang hidup di lingkungan minyak bumi adalah bakteri dan ragi. Beberapa bakteri yang mampu mengoksidasi hidrokarbon adalah *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus* dan *Pseudomonas*. Beberapa ragi yang mampu menggunakan hidrokarbon diantaranya *Candida*, *Deborymyces*, *Hansenula*, *Saccharomyces*, dan *Torulopsis* (Alpetri, 1999). Selain bakteri dan ragi, kapang juga diketahui mampu mendegradasi minyak bumi. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Leahly dalam Dadang Sudrajat dkk, bahwa isolat kapang yaitu *Penicillium* dan *Aspergillus* yang diisolasi dari laut dan tanah menunjukkan bahwa kedua mikroba ternyata juga berperan dalam proses degradasi minyak bumi (Dadang Sudrajat, 2015). Pendapat yang senada juga dikemukakan oleh Syah yang menyatakan bahwa diantara isolat kapang yaitu *Penicillium* dan *Aspergillus* dengan karakteristik yang berbeda, ternyata kapang dengan jenis *Aspergillus sp.* lebih baik dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi yaitu sebanyak 40% selama masa inkubasi (Syah Rayan, 2013).

SIMPULAN

Ditemukan 6 isolat kapang yang diperoleh dari limbah minyak bumi dari PT Ollopp dan setiap isolat memiliki kemampuan dalam mendegradasi hydrocarbon pada minyak bumi yang berbeda. Isolat yang paling kuat dalam mendegradasi hydrocarbon adalah isolat kode V dan yang paling lemah dalam mendegradasi adalah isolat dengan kode I

SARAN

Diharapkan untuk melakukan pengembangan penelitian, yaitu menganalisis jenis kapang yang diperoleh dan meningkatkan penelitian sampai level uji molekuler dari isolat V, serta melakukan isolasi dan aktivitas jenis bakteri dari limbah minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R.Z. 2009. Cemarannya Kapang Pada Pakan Dan Pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. hal 15- 22.
- Alpentri. 1999. Evaluasi Kemampuan isolat jamur Dan Salah Satu Sumur Minyak Bumi Minas Dalam Mendegradasi Minyak Bumi. *Tesis magister ITB*. Bandung (diakses pada 26 juli 2016)
- Alpetri, dkk, 2001. Evaluasi Kemampuan Isolat Jamur Dari Salah Satu Sumur Minyak Di Minas Dalam Mendegradasi Minyak Bumi. *Prosiding Simposium Nasional IATMI*. Jurusan Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.(diakses pada 26 juli 2016)
- Astuti, Dwi, 2012. Pengaruh Variasi Jumlah Inokulum Konsorsium Bakteri Terhadap Degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi. *Skripsi*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Biologi. Universitas Indonesia.(diakses pada 26 juli 2016)
- Atlas, R.M. 1981. Microbial Degradation Of Petroleum Hydrocarbons: an Environmental Perspective. *Microbiological Review* 45 (1): 180-209.
- Crawford dkk, 1996. *Bioremediation: Principle And Applications*. Cambridge University Press. New York.
- Doerffer, J.W. 1992. Oil Spill Response in the Marine Environment. First Ed. Pergamon Press. Tokyo.
- Dwidjoseputro, 1990. *Dasar-dasar Microbiologi*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. Mikrobiologi Pangan 1. Penerbit: PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.(diakses pada 28 juli 2016)

RIJAL. KAPANG, ISOLAT, HYDROCARBON.

- Handayani, DKK. *Penuntun Praktikum Mikrobiologi*. (Jakarta: Universitas Negeri Jakarta, 2011)., hal 23. (diakses pada 28 juli 2016)
- Gunalan. 1993. Penerapan Bioremediasi Untuk Melenyapkan Polutan Organik Dan' Lingkungan. *Proceeding Kongres Nasional VI Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia*. Surabaya.
- Higgins, I. J. dan P.D.Gilbert, 1978. Biodegradation of Hydrocarbon in The Oil Industry and Microbial Ecosystem. *Hayden and Sons Limited*. London.
- Indrawati, Gandjar. 1995. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Bandung: Angkasa Bandung.
- Irawan, B. 2004. Isolasi Bertahap dan Identifikasi Isolat Bakteri Pedegradasi Hidrokarbon pada Cairan Minyak Mentah Sumur Minyak Kawengan Pertamina Cepu. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Biologi FMIPA UNS.
- Jusfan, J. 1995. Peranan Mikroorganisme Dalam Mengelolah Limbah Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan. *Pidato Pengukuhan Sebagai Guru Besar Tetap Dalam Ilmu Biologi FMIPA Universitas Andalas, Padang*.
- Karwati, 2009. Degradasi Hidrokarbon Pada Tanah Tercemari Minyak Bumi Dengan Isolat A10 dan D8. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Edisi III. Jilid I. Penertbit ITB, Bandung
- Lay, B. 1994. *Analisis Mikroba Di Laboratorium*. Jakarta.
- Leahly dan Colwell, 1990. Hydrocarbon Mineralization In Sediments Adn Plasmid Incidence In Cediment Bacteria From The Campeche Bank. *Aplied And Environment Microbiology* 56 (6): 1565-1570.
- Leahly, J.G. dan Rita, 1990. *Degradation of Hydrocarbon Environmental Microbiology Review*. Vol. 54.
- Lemigas. 1994. Aktivitas Mikroba Dalam Transformasi Substansi. Pertamina. *Research Grant Team Studi Lemigas*. PPPTMGB "Lemigas". Jakarta.
- Listiandiani, Kirana. 2011. Identifikasi Kapang Endofit ES1, ES2, ES3 Dan ES4 Dari *Broussonetia papyri* Vent. Dan Pengujian Aktivitas Mikroba. *Skripsi*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi *sludge* minyak bumi dalam skala mikrokosmos. *Makara Teknologi*. 10(2): 82-89.
- Rosenberg dan Ron, 1996. *Bioremediation Of Petroleum Contamination*. Dalam: Sailubhai, K. 1986. *Tretment Of Petroleum Industry Oil Sluge In Soil*. Elsevier Science Publishing. Amsterdam.
- Sharpley, J.M. 1966. *Elementary Petroleum Microbiology*. Gulf Publishing Co. Houston. Texas.
- Silvia, Sinta. 2009. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Isolat Bakteri Dari Limbah Minyak bumi PT. Cevron Pacivic Indonesia. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Universitas Andalas, Padang.
- Sudrajat, Dadang dkk. 2015. Isolasi dan Aplikasi Mikroba Indigen Pendegradasi Hidrokarbon Dari Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah*. ISSN: 0216-3128. Hlm101-102.
- Syah F R. Dkk. 2013. *Eksplorasi Kapang pendegradasi Minyak Solar Pada Rizosfer Magrove Cilacap*. Vol.2 No 1.
- Thomas, J. dkk, 1992. Bioremediation. *Encyclopedia of Microbiology*. Volume 1. Academic Press. Austin.
- Udiharto, 1992. Aktivitas Mikroba Dalam Degradasi Crude Oil. *Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian PPPTMGB"LEMIGAS"*. Jakarta.
- Udiharto, 1999. Penanganan Minyak Buangan Secara Bioteknologi. *Makalah Sehari Minyak Dan Gas Bumi*. LEMIGAS. Jakarta.

Yojana, R. N. 1995. Aktivitas Hasil Isolasi Dari Tumpahan Minyak Di Pelabuhan Dumai Dalam Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi. *Skripsi* Sarjana Biologi. FMIPA. Universitas Andalas. Padang.