

BIODEGRADASI PETROLEUM DAN HIDROKARBON EIKOSANA OLEH ISOLAT BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa*

Faiqah Umar
Jurusan Biologi, F.MIPA, Universitas Hasanuddin
Email: faiqah.umar@gmail.com

Abstract: *Biodegradation of petroleum and hydrocarbon eicosane by Pseudomonas aeruginosa isolate. Hydrocarbon are important environmental contaminants in soil and water. These compounds have a potential risk to human health, as many of them are carcinogenic and toxic to marine organisms such as diatome, gastrophode, mussel, and fish. The purpose of this research was to know the ability of Pseudomonas aeruginosa to degradate the hydrocarbon (petroleum Hundill and eicosane) substrate. Growing test used in two steps, the preculture and culture step. The biodegradation capacity was measured by quantitative and qualitative tests. The essay showed an increasing biodegradation capacity percentage of bacteria cell mass on hydrocarbon substrate. The percentage on petroleum Hundill substrat as follows; log phase was 51,6%, descelerate phase was 73%, and linear phase was 81,4%. On eicosane substrate as follows; log phase was 62,7%, descelerate phase was 85,2%, and linear phase was 85,2%. The qualitative biodegradation capacity by chromatography result showed separate enchained of carbon n-alkana in each growth phase on petroleum Hundill substrate. Carbon chain termination as follows; C11, C12, C14, C15, C16, C18, C22 on log phase, C12, C17, C19, C20, C24 on descelerate phase, and C12 until C25 even better on linear phase.*

Keywords: *biodegradation, hydrocarbon, quantitative, qualitative.*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan paling banyak terjadi di daerah perairan yang disebabkan oleh senyawa hidrokarbon yang menyebabkan merosotnya kualitas air, rusaknya rantai makanan, dan terputusnya siklus biologi dari biota laut. Hidrokarbon mengandung unsur carbon dan hidrogen yang berstruktur alifatik, alisiklik, aromatik, dan bersifat non polar. Sumber hidrokarbon dapat berasal dari tumpahan minyak kapal tanker yang melintasi perairan, akumulasi limbah rumah sakit dan industri kimia, serta eksplorasi minyak bumi yang menyebabkan senyawa tersebut tersuspensi pada kolom air (Whitham, 1974).

Penanggulangan bahan pencemar hidrokarbon (petroleum) dapat dilakukan secara fisika, kimia, maupun biologis. Akan tetapi penanggulangan secara fisika dan kimia masih menimbulkan beberapa kendala seperti

penyediaan sarana untuk penjaringan lapisan minyak pada permukaan perairan dan tempat penampungan untuk pembuangan limbah petroleum, penggunaan senyawa dispersan yang dapat menghambat aktifitas mikroorganisme perairan dan sukar terurai di alam (Martani, 1992).

Biodegradasi adalah suatu proses biologi dimana terjadi perombakan senyawa oleh aktifitas agen biologis baik senyawa toksik maupun non-toksik, menjadi senyawa yang lebih sederhana (Husain, 1997). Mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon terdistribusi di semua area perairan dan tanah dimana senyawa tersebut terakumulasi. Distribusi mikroorganisme tersebut menunjukkan kemampuannya dalam menggunakan hidrokarbon sebagai sumber nutrisi (Lederberg, 1992). Menurut Zobell, terdapat 70 genera mikroba yang dapat mendegradasi hidrokarbon. Meliputi 28 genera bakteri, 30 genera fungi, dan 12 genera yeast, akan tetapi bakteri dianggap paling berperan dalam mendegradasi hidrokarbon (Rheinheimer, 1991). Diperkirakan 100 spesies diantaranya adalah genera *Mycobacterium*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Acinobacterium*, *Brevibacterium*, *Arthobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Nocardia*, dan *Vibrio*. Beberapa bakteri yang diketahui dapat mendegradasi senyawa PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*) dalam minyak bumi antara lain *Cycloclasticus*, *Marinobacter*, *Pseudomonas*, dan *Sphingomonas* (Kasai *et al.* 2002). Phenanthrene merupakan salah satu dari senyawa PAH yang berpotensi sebagai zat karsinogen dan bersifat racun terhadap biota laut seperti diatom, gastropoda, remis, serta ikan (Ouyang 2006; Sack *et al.* 1997).

Austin (1980) dalam Atlas (1991) menemukan bakteri pendegrasi hidrokarbon pada perairan dan sedimen teluk Chesapeake, yaitu bakteri *Pseudomonas*, *Micrococcus*, dan *Nocardia* yang termasuk famili *Enterobacteriaceae* dan hidup pada suhu 0°C, 5°C, dan 10°C. Richard (1980) menggunakan 2 jenis bakteri, yaitu *Flavobacterium sp* yang bersifat non-motil, non fermentatif, menghasilkan pigmen berwarna kuning; dan *Brevibacterium sp* yang bersifat gram positif, non-motil, non fermentatif, menghasilkan pigmen berwarna merah yang ditumbuhkan pada medium hexadekana. Selain itu digunakan pula bakteri *Bacillus* yang mampu mendegradasi hexadekana pada sedimen berlumpur. Diperoleh hasil biodegradasi sekitar 40% menjadi 10% selama 40 hari masa inkubasi (Buttler, 1978).

Kecepatan bakteri untuk mendegradasi hidrokarbon sangat dipengaruhi oleh struktur hidrokarbon dan jenis mikroorganisme (bakteri) yang digunakan. Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dilakukanlah penelitian dalam skala laboratorium untuk melihat kemampuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam mendegradasi hidrokarbon fraksi n-alkana (eicosane) dan petroleum. Sehingga diharapkan dapat berguna sebagai alternatif penanggulangan

hidrokarbon yang berwawasan lingkungan dan memberikan informasi mengenai kapasitas biodegradasi dari bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

2. METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat petroleum dan hidrokarbon eicosane. Isolat bakteri yang digunakan adalah *Pseudomonas aeruginosa* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, LABTEK IX, Institusi Teknologi Bandung (ITB). Metode penelitian meliputi sterilisasi alat, pembuatan medium pertumbuhan bakteri (NA dan NB), Pembuatan Larutan K_2HPO_4 dan $FeSO_4$, Pembuatan Air Mineral Basal, Peremajaan Isolat Bakteri yaitu dengan cara ditumbuhkan pada medium NB hingga mencapai fase eksponensial, Inokulasi pada medium NA, Uji identifikasi dan pewarnaan Gram, kemudian dilanjutkan dengan tahap prakultur dan tahap kultur serta teknik ekstraksi hidrokarbon

Tahap Prakultur

Tahap pra kultur dilakukan untuk menyesuaikan kondisi tumbuh isolat bakteri pada kondisi substrat eicosane dan petroleum. Ke dalam erlenmeyer 250 mL dimasukkan air mineral basal 50 mL, 0,1 mL $FeSO_4$, 0,2 mL K_2HPO_4 , dan 2 g/L eicosane atau petroleum. Homogenkan. Masukkan 2% inokulum ke dalam medium. Inkubasi dengan cara dikocok menggunakan shaker pada kecepatan 96 rpm pada suhu kamar selama 3 x 24 jam untuk substrat eikosana, dan 7 x 24 jam untuk substrat petroleum.

Tahap Kultur

Ke dalam erlenmeyer 250 mL dimasukkan air mineral basal 50 mL, 0,1 mL $FeSO_4$, 0,2 mL K_2HPO_4 , dan 2 g/L eicosane atau petroleum. Homogenkan. Masukkan 2% inokulum ke dalam medium. Pengukuran pertumbuhan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 610 nm dengan mengambil sampel sebanyak 1 mL dari medium pertumbuhan. Selanjutnya dilakukan pengukuran pada tahap awal inokulasi. Pengukuran pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada medium eicosane dilakukan pada selang interval 12 jam, sedang pada medium petroleum pada selang interval 24 jam. Inkubasi dengan cara dikocok menggunakan shaker pada kecepatan 96 rpm pada suhu kamar. Secara terpisah membuat medium kultur yang sama dengan volume 25 mL untuk pengujian kapasitas biodegradasi.

Teknik Ekstraksi Hidrokarbon

Mengambil sampel kultur untuk pengujian kapasitas biodegradasi 25 mL. Ditambahkan CHCl_3 dan MeOH-KOH 0,5 N sebanyak 50 ml. Sampel yang telah direfluks selama 3-4 jam didinginkan kemudian disaring dengan menggunakan corong Buchner. Filtrat dipisahkan dengan menggunakan corong pisah sebanyak 3 kali, setiap penyaringan ditambahkan kloroform sebanyak 20 ml. Filtrat dievaporasi dengan rotavapor hingga kering lalu ditimbang beratnya. Menghitung persentase biodegradasi hidrokarbon heptadecana dan petroleum dengan menggunakan rumus :

$\% \text{ Biodegradasi} = \frac{BI - (KI - K2) - B2}{B1} \times 100\%$, dimana BI = Berat awal heptadecana sebagai substrat, B2 = Berat akhir heptadecana sebagai substrat, K1 = berat awal kontrol, K2 = Berat akhir kontrol. Untuk analisis kualitatif, bahan ekstrak petroleum yang diperoleh selanjutnya diinjeksi ke kromatografi gas untuk pemisahan fraksi hidrokarbon dengan kolom fraksinasi.

Analisis Data

Nilai absorbansi dari hasil pengukuran spektrofotometer diplot pada kertas semi logaritma dalam bentuk kurva pertumbuhan. Sehingga dapat diketahui bentuk pertumbuhan dari inokulum bakteri serta kapasitas bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon. Persentase degradasi dari senyawa hidrokarbon diperoleh dari hasil penguraian substrat pada awal inkubasi dan setelah akhir inkubasi melalui proses ekstraksi. Bahan ekstrak yang diperoleh sebagai nilai kualitatif ditimbang. Kromatografi sampel petroleum dicocokkan dengan kromatografi kontrol untuk mengetahui pemutusan rantai karbon selama proses biodegradasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peremajaan Isolat Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Isolat bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri Gram Negatif, berbentuk batang, dan bersifat obligat aerob. Memiliki hasil uji biokimia berupa KIA bersifat alkali/alkali, tidak menghasilkan gas, tidak menghasilkan H_2S , oksidase positif, katalase positif, OF Basal Glukosa bersifat oksidatif.

Pengamatan Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* secara visual pada Medium Petroleum dan Eicosane

Proses pertumbuhan bakteri pendegradasi hidrokarbon akan nampak setelah beberapa hari inkubasi dengan melihat perubahan warna pada

medium/substrat, emulsifikasi, dan pengurangan jumlah substrat petroleum dan eikosana.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Secara Visual Pada Medium Petroleum

Waktu inkubasi (hari)	Pengamatan	
	Warna medium kultur	Kondisi Petroleum
To (0 h)	Bening	±100% petroleum menyebar di permukaan
T1 (24 h)	Bening	Petroleum menyebar di permukaan dan sebagian melekat pada dinding Erlenmeyer
T3 (72 h)	Keruh	± 25% petroleum berkurang, sebagian besar berada di pinggir dan melekat pada dinding erlenmeyer, berbentuk butiran.
T5 (120 h)	Coklat keruh	± 30% petroleum berkurang, sebagian besar berada di pinggir, dan masih ada yang melekat pada dinding erlenmeyer, menggumpal, dan membentuk banyak endapan.
T9 (216 h)	Coklat kehijauan	± 50% petroleum berkurang, sebagian besar berada di pinggir dan masih ada sedikit yang melekat pada dinding erlenmeyer, gumpalan kecil, terdapat sedikit endapan.
T11 (264 h)	Hijau kecoklatan dan keruh	± 60% petroleum berkurang, sebagian besar berada di pinggir dan sedikit melekat pada dinding erlenmeyer, berbentuk butiran kecil, terdapat sedikit endapan yang agak menggumpal.
T14 (336 h)	Hijau tua dan sangat keruh	± 65% petroleum berkurang, sebagian besar berada di pinggir dan sedikit melekat pada dinding erlenmeyer, berbentuk butiran kecil, sedikit endapan yang menggumpal.

T15 (360 h)	Hijau tua	$\pm 70\%$ petroleum berkurang, sebagian berada di pinggir dan sedikit yang melekat pada dinding erlenmeyer, terdapat endapan
-------------	-----------	---

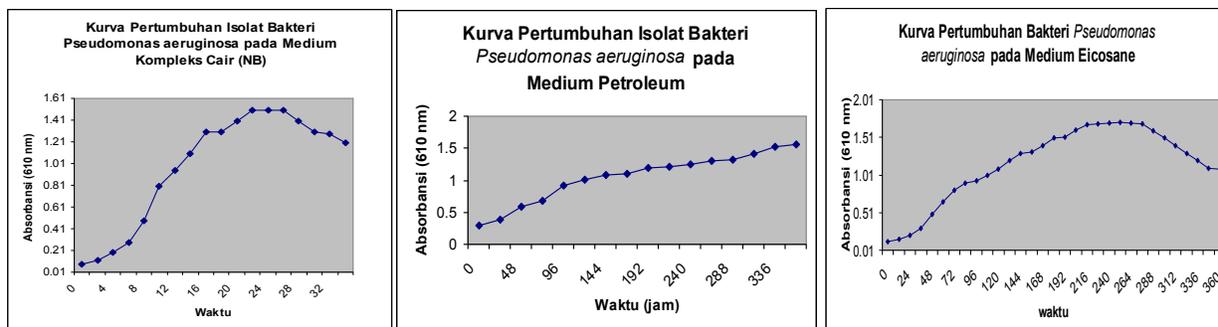
Tabel 2. Hasil Pengamatan Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Secara Visual Pada Medium Eicosane

Waktu inkubasi (hari)	Pengamatan	
	Warna Medium Kultur	Kondisi Hidrokarbon eicosane
To (0 h)	Bening	$\pm 100\%$ eicosane menyebar dan menggumpal dipermukaan.
T1 (12 h)	Bening	Eicosane menyebar di permukaan dan sebagian besar melekat pada dinding erlenmeyer.
T4 (48 h)	Keruh	$\pm 25\%$ eicosane berkurang, sebagian besar melekat pada dinding erlenmeyer dan sebagian kecil di permukaan berbentuk gumpalan kristal.
T8 (96 h)	Hijau keruh	$\pm 30\%$ eicosane berkurang, sebagian besar berada dipinggir dan sedikit melekat pada dinding erlenmeyer.
T16 (192 h)	Hijau muda	$\pm 50\%$ eicosane berkurang, sebagian besar melekat pada dinding erlenmeyer, gumpalan kristal dipermukaan agak sedikit berkurang.
T18 (216 h)	Hijau muda	$\pm 60\%$ eicosane berkurang, sedikit yang melekat pada dinding erlenmeyer, gumpalan kristal eicosane berkurang dipermukaan.

T22 (264 h)	Hijau muda	\pm 65% eicosane berkurang, hanya sedikit yang melekat pada dinding erlenmeyer, gumpalan kristal eicosan sedikit.
T30 (360 h)	Hijau kebiruan	\pm 70% eicosane berkurang, sedikit melekat pada dinding erlenmeyer.

Kurva Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Medium NB, Substrat Petroleum, dan Substrat Hidrokarbon Eicosane

Pengukuran pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan berdasarkan kekeruhan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 610nm. Nilai serapan yang diperoleh dengan pengukuran spektrofotometer dan waktu inkubasi di plot pada kertas semilogaritma untuk membuat kurva pertumbuhan bakteri.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Medium NB, Medium Petroleum, dan Medium Hidrokarbon Eicosane

Analisis Biodegradasi Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Secara Kuantitatif pada Medium Petroleum dan Eicosane

Pengukuran efektifitas biodegradasi melalui perhitungan persentase hidrokarbon yang hilang atau terdegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, dimaksudkan untuk menentukan kapasitas biodegradasi secara kuantitatif. Dari proses ekstraksi diperoleh Ekstrak Bahan Organik (EBO) yang berbeda beratnya untuk masing-masing medium.

Tabel 4. Hasil analisis kuantitatif biodegradasi Petroleum oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Fase	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Persentase biodegradasi (%)
Kontrol	0,470	0,369	-
Logaritma	1,083	0,401	51,3%
Perlambatan	1,211	0,304	73%
Linear	1,271	0,291	80,1%

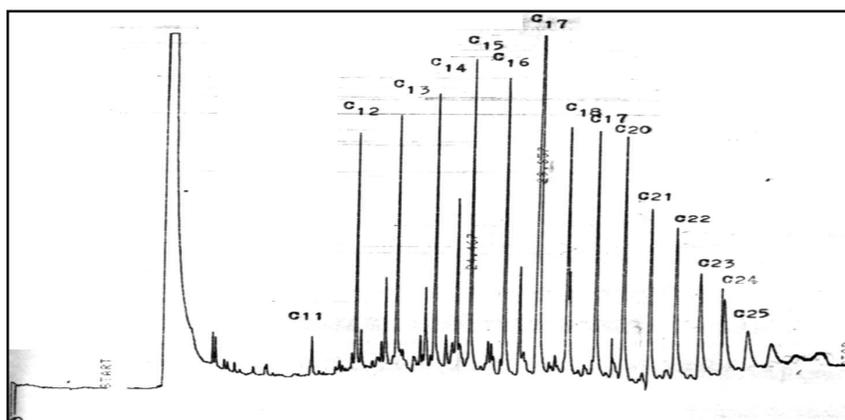
Tabel 5. Hasil analisis kuantitatif biodegradasi Eicosane oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

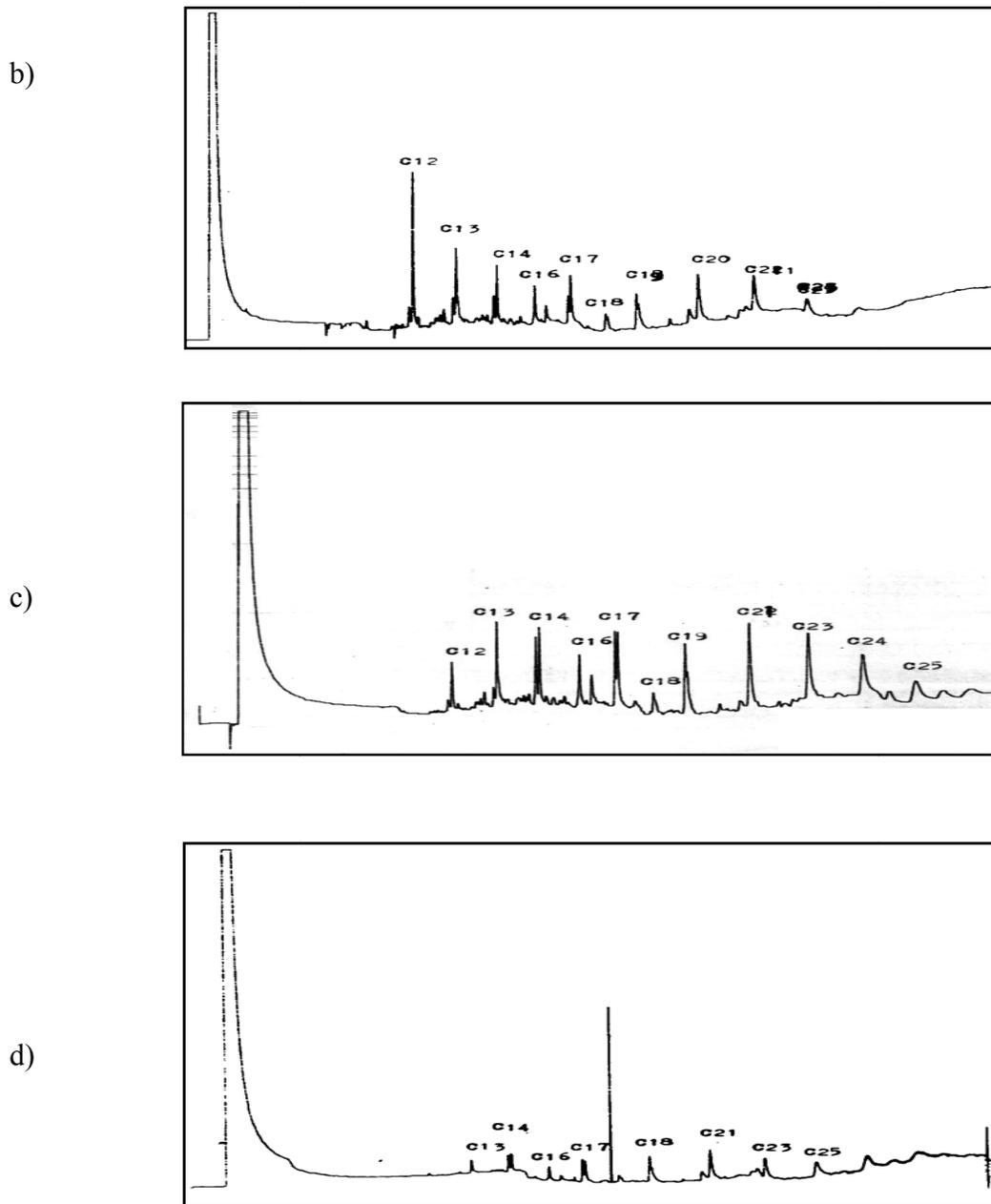
Fase	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Persentase biodegradasi (%)
Kontrol	0,183	0,108	-
Logaritma	0,985	0,263	61%
Perlambatan	0,748	0,041	63,2%
Linear	0,824	0,033	69,8%

Analisis Biodegradasi Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Secara Kualitatif pada Medium Petroleum

Pengujian secara kualitatif dilakukan dengan fraksinasi rantai n-alkana yang diinjeksi pada alat kromatografi gas sehingga diperoleh hasil kromatogram berupa *pik*.

a)





Gambar 2. a) Kromatogram sampel kontrol pada medium petroleum Hundill,
 b) Kromatogram sampel pada fase logaritma,
 c) Kromatogram sampel pada fase perlambatan,
 d) Kromatogram sampel pada fase Linear

Pembahasan

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri yang menghasilkan pigmen berwarna kehijauan sampai kebiruan yang berdifusi ke dalam media tempat tumbuhnya, sehingga dapat dikatakan bahwa bakteri tersebut adalah bakteri fluoresensi. Tumbuh optimal pada suhu 37-42°C. Penanaman bakteri dari medium NB ke medium petroleum dan eicosane pada tahap prakultur ditemukan adanya fase adaptasi, karena bakteri berasal dari medium yang mengandung nutrisi lengkap (NB) yang dapat diasimilasi oleh semua bakteri heterotrof.

Cara penyesuaian diri yang cepat untuk menggunakan sumber nutrisi pada sel bakteri, di dukung oleh adanya enzim induktif yang dihasilkan oleh sel bakteri. Dalam waktu singkat bakteri mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru, meskipun lingkungan tersebut bersifat toksik (Suriawiria, 1986). Hanya beberapa bakteri yang mampu menggunakan hidrokarbon sebagai satu-satunya sumber karbon, yang digolongkan ke dalam kelompok bakteri hidrokarbonoklas.

Pengamatan pertumbuhan dilakukan selama 15 hari inkubasi untuk mengamati pertumbuhan secara visual dan kurva pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada medium NB, Petroleum, dan Eicosane. Dari tabel pengamatan secara visual pada medium eicosane dan petroleum (tabel 1 dan 2) menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Hal ini ditandai dengan adanya perubahan warna medium kultur yang semula berwarna bening berubah menjadi hijau tua dan sangat keruh. Pengurangan jumlah petroleum dan eicosane untuk setiap kultur, tidak dapat diukur secara pasti untuk setiap pengamatan visual yang dilakukan, sehingga nilai yang dicantumkan dalam tabel adalah nilai perkiraan dalam bentuk persentase.

Senyawa pengemulsi yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* disebut sebagai biosurfaktan. Demikian pula yang dikemukakan Veshuren dan Vischer di dalam Gunalan (1993) bahwa surfaktan dapat meningkatkan keberadaan polutan hidrofobik dalam fase aquose dan melepaskan ikatan polutan dari partikel padat. Lebih jauh lagi, biosurfaktan merupakan senyawa tensio-aktif yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein. Pada medium kultur juga diamati adanya endapan berbentuk butiran atau gumpalan yang menempel pada dasar erlenmeyer, dimana bakteri mengeluarkan sekret metabolit yang memungkinkan bakteri untuk melekat dan membungkus senyawa hidrokarbon menyerupai gumpalan. Mekanisme ini disebut fenomena *adherence*.

Kurva pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada medium NB diperoleh profil kurva berbentuk sigmoid. Nilai densitas optik (DO) pada masa

awal inkubasi 0,080, dan terjadi kenaikan pada fase eksponensial dengan nilai DO = 0,190 hingga 1,502 pada fase stasioner. Interval pengukuran nilai densitas optik pada medium NB dilakukan setiap 2 jam, sehingga dari kurva diketahui waktu generasi isolat bakteri adalah 2 jam. Hal ini disebabkan karena komponen medium NB yang sangat mudah diasimilasi oleh isolat bakteri. Kurva pertumbuhan pada medium petroleum cenderung linear. Nilai densitas optik pada masa awal inkubasi pada medium petroleum adalah 0,299. Terjadi kenaikan nilai DO pada fase eksponensial menjadi 0,592, dan cenderung naik hingga akhir masa inkubasi 15 x 24 jam. Waktu generasi isolat bakteri pada medium petroleum adalah 72 jam. Kurva pertumbuhan isolat bakteri pada medium eicosane cenderung sigmoid, tanpa adanya fase adaptasi. Nilai DO pada awal inkubasi adalah 0,121 dan mengalami kenaikan nilai DO menjadi 0,211 pada fase eksponensial. Selanjutnya terjadi penurunan nilai DO menjadi 1,401 pada fase stasioner. Diperoleh waktu generasi 36 jam (Gambar 1).

Perbedaan waktu generasi menunjukkan adanya perbedaan komponen penyusun medium kultur. Semakin kompleks medium tempat tumbuh, maka semakin lama waktu generasi yang dibutuhkan. Tidak terbentuknya fase kematian pada profil kurva pertumbuhan isolat bakteri pada medium petroleum disebabkan karena kandungan senyawa petroleum yang terdiri atas fraksi n-alkana, sikloalkana, aromatik, resin, dan aspalthene. Bakteri cenderung mendegradasi terlebih dahulu senyawa yang mudah diasimilasi yaitu n-alkana, kemudian senyawa aromatik, sehingga apabila waktu inkubasi ditambah, maka tetap akan diperoleh kenaikan nilai DO karena belum semua bagian senyawa petroleum terdegradasi (Gambar 1).

Pengukuran secara kuantitatif dilakukan pada tiga fase pertumbuhan isolat bakteri pada medium petroleum dan eicosane dengan asumsi bahwa semakin banyak jumlah sel bakteri maka potensi biodegradasi akan semakin tinggi. Jika dibandingkan hasil analisis kuantitatif biodegradasi pada tabel 4 dan 5, nampak bahwa persentase biodegradasi ditemukan lebih tinggi pada medium eicosane. Hal ini disebabkan karena faktor kimia dan fisika yang mempengaruhi proses degradasi. Faktor yang berpengaruh adalah oksigen, pH, dan nutrisi seperti unsur karbon. Unsur karbon terbanyak terdapat pada medium petroleum yaitu rantai n-alkana, sikloalkana, serta benzena. Sedangkan pada medium eicosane hanya mengandung n-alkana, tanpa unsur tambahan lain, sehingga rantai karbonnya dapat dengan mudah diputuskan pada peristiwa degradasi. Zobel (1973) mengatakan bahwa kemampuan mikroorganisme dalam menggunakan hidrokarbon bergantung pada sifat kimia dan kualitas senyawa, serta faktor lingkungan.

Analisis biodegradasi secara kualitatif hanya dilakukan pada medium petroleum, karena medium eicosane mengandung n-alkana murni. Masing-masing sampel medium petroleum pada tiap fase dan kontrol difraksinasi untuk memisahkan fraksi alkana dan fraksi aromatik. Selanjutnya fraksi alkana saja yang dapat dibaca. Rantai karbon yang mengalami pemutusan selama masa inkubasi dapat diketahui dengan membandingkan kromatogram kontrol pada petroleum yang sama. Pemutusan rantai karbon dapat dilihat pada Gambar 2. Pada kromatogram kultur dari fase logaritma rantai karbon n-alkana C₁₁, C₁₂, C₁₄, C₁₅, C₁₆, C₁₈, C₂₂ yang terputus dengan baik. Kemampuan pemutusan rantai karbon dari fraksi alkana yang terkandung dalam substrat berhubungan dengan tingginya kemampuan bakteri untuk menyerang dan memutuskan rantai karbon tersebut. Pada fase perlambatan terlihat pada rantai karbon C₁₂, C₁₇, C₁₉, C₂₀, C₂₄ dapat terputus dengan baik. Sedangkan untuk kromatogram pada fase linear menunjukkan bahwa semakin banyak rantai n-alkana yang terputus, hal tersebut dapat dilihat pada rantai karbon C₁₂ sampai C₂₅ yang terputus dengan sempurna. Pemutusan rantai karbon ditandai dengan profil pik yang semakin pendek atau hilang bila dibandingkan dengan kromatogram kontrol. Husain (1997) mengatakan bahwa laju biodegradasi akan semakin meningkat seiring dengan penambahan massa sel bakteri. Selain itu komposisi kimia dari petroleum Hundill yang memiliki rantai n-alkana yang tidak terlalu panjang atau bercabang sehingga memudahkan bakteri dalam memutuskan rantai karbon tersebut.

4. PENUTUP

1. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mampu mendegradasi hidrokarbon petroleum dan Eicosane, dengan persentase biodegradasi 51,3% dan 61% untuk fase logaritma, 73% dan 63,2% untuk fase perlambatan, 80,1% dan 69,8% untuk fase linear.
2. Uji biodegradasi petroleum oleh isolat bakteri *Pseudomonas aeruginosa* secara kualitatif diperoleh adanya pemutusan rantai karbon C₁₁, C₁₂, C₁₄, C₁₅, C₁₆, C₁₈, C₂₂ pada fase logaritma; C₁₂, C₁₇, C₁₉, C₂₀, C₂₄ untuk fase perlambatan, dan rantai C₁₂ sampai C₂₅ pada fase linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, R. M dan Bartha R., Degradation and Mineralization of Petroleum by Two Bacteria Isolated From Coastal Water, *Biotechnology & Bioengineering*, vol XIV.
- Atlas R. M., 1991, Microbial Hydrocarbon Degradation-Bioremediation of Oil Spill, *University of Louisville*, Kentucky, USA, Review 52: 149-156.
- Anhony, C, Wilbraham, 1992, *Pengantar Kimia Organik Hayati*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Buttler, G. C., 1978, *Principles Exotoxicology*, John Wiley and Sons, New York.
- Gunalan, 1993, *Penerapan Bioremediasi Untuk Melenyapkan Polutan Organik dari Lingkungan*, Palembang: Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
- Husain, D. R., Gonhy, Bezaec., 1997, Morphological Adaptation of *Pseudomonas nautica Strain 617* to Growth on Eicosane and Mode of Eicosane Uptake.
- Martani, Erni, 1992, *Monograf Bioteknologi Lingkungan Pusat Antar Universitas (PAU)*, Yogyakarta: UGM.
- Rheinheimer G., 1991, *Aquatic Microbiology 4th Edition*, John Wiley and Sons, New York.
- Richard G. A., 1980, *Marine Enviroment Pollution Hydrocarbon*, New York: Elsevier Scientific Buplisher Company, Amsterdam, Oxford.
- Suriawiria, U., 1986, *Pengantar Mikrobiologi Umum*, Bandung: Penerbit Angkasa Bandung.