

# Pengaruh Penambahan Kultur *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus lentimorbus* terhadap Aktivitas Mikroorganisme Indigenus yang terkandung di Air Terproduksi pada Reduksi Kandungan Hidrokarbon dalam Lumpur Minyak Skala Laboratorium

Oleh: Moch. Fierdaus

Peneliti Pertama pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"  
Teregistrasi I Tanggal 6 Januari 2009; Diterima setelah perbaikan tanggal 27 Februari 2009

Disetujui terbit tanggal: 14 Mei 2009

## ABSTRAK

Kultur mikroba indigenus dalam air terproduksi dari suatu sumur minyak dengan diberi aerasi dapat tumbuh baik. Pertumbuhan populasinya akan meningkat bila ke dalam air terproduksi ditambahkan unsur N dan P dengan ratio 5 : 1. Bila mikroba indigenus dalam media air terproduksi ditambahkan kultur tunggal *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus lentimorbus*, dan campuran keduanya ternyata mampu mendegradasi hidrokarbon yang terkandung dalam lumpur minyak dengan cukup signifikan. Degradasi tertinggi bila ditambahkan kultur campuran dari kedua bakteri tersebut. Biodegradasi hidrokarbon dalam media air terproduksi selama inkubasi 120 jam uji mencapai 48 s/d 54%. Apabila ke dalam media air terproduksi tersebut ditambahkan unsur N dan P dengan ratio 5 : 1, biodegradasi hidrokarbon meningkat menjadi 53 s/d 64% dari kandungan awal sebesar 5 gram.

Kata kunci: biodegradasi, lumpur minyak, variasi bakteri

## ABSTRACT

*Indigenous microbial culture in produced water from oil well showed well growth in aeration treatment. The population growth increase by N and P addition (5:1 ratio) in produced water. The addition of single culture from Pseudomonas aeruginosa and Bacillus lentimorbus, and mixed of both culture into indigenous microbial culture in produced water were able to degrade hydrocarbon in oil sludge. However the mixed culture from both species showed the highest degradation. The hydrocarbon biodegradation in produced water at 120 hours incubation were reached 48 - 54%. The addition of N and P (5:1 ratio) increasing hydrocarbon biodegradation up to 53 - 64% from 5 grams original content.*

*Keyword: biodegradation, oil sludge, bacteria variation*

## I. PENDAHULUAN

Kegiatan industri minyak mulai dari pengeboran, produksi, transportasi minyak bumi, pengolahan, sampai dengan transportasi produk minyak (BBM), akan selalu dihasilkan limbah minyak. Limbah minyak ini apabila tidak terkontrol dengan baik penanganannya, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan udara, air, dan tanah (Bartha dan R. Bossert, 1984).

Lumpur minyak merupakan bagian dari limbah minyak dan termasuk dalam kategori limbah B3. Lumpur minyak ini tidak dapat dihindari dan tidak boleh disimpan di lokasi terbuka terlalu lama, sehingga perlu segera diatasi (Udiharto dan Tim, 2004). Banyak cara untuk menanggulangi limbah minyak. Secara umum dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Penanganan secara fisika misalnya dengan

sentrifugasi untuk pemisahan minyak dengan air dan partikel padat yang terkandung. Sedangkan penanganan secara kimia dapat dilakukan dengan lebih cepat dan mudah, tetapi kemungkinan efek samping yang bersifat negatif terhadap lingkungan sering terjadi. Apabila hal ini terjadi, maka pemanfaatan metode ini hanya memindahkan masalah. Proses bioremediasi merupakan salah satu alternatif penanganan limbah secara biologi. Kegiatan ini cukup efektif dan termasuk ramah lingkungan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba seperti bakteri. Mikroba yang digunakan dapat berupa kultur tunggal maupun kultur campuran yang mampu mendegradasi minyak bumi (Udiharto, 1992).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses biodegradasi diantaranya adalah komponen minyak bumi, mikroorganisme, dan faktor lingkungan (Dibble dan Bharta, 1979). Proses degradasi limbah minyak bumi dapat dipercepat dengan memilih inokulan yang sesuai dan menciptakan lingkungan yang cocok bagi kehidupan mikroba. Mikroba yang banyak hidup dan berperan di lingkungan hidrokarbon sebagian besar adalah bakteri. *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp merupakan dua jenis bakteri yang sering ditemukan di lingkungan minyak bumi. Faktor-faktor pendukung pertumbuhan mikroba yang perlu diperhatikan yaitu kandungan air, aerasi, pH, suhu, dan nutrisi yang tersedia (Udiharto, 1996). Unsur-unsur nitrogen, fosfor, dan oksigen dapat meningkatkan laju pertumbuhan mikroba dan aktivitasnya dalam mendegradasi hidrokarbon. Selain itu proses biodegradasi hidrokarbon dapat dipengaruhi juga oleh komposisi minyak bumi dan kandungan air. Untuk itu perlu mendapatkan bakteri potensial sebagai pendegradasi hidrokarbon dalam limbah minyak secara efektif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kultur bakteri mana yang paling potensial sebagai pendegradasi kandungan hidrokarbon dalam lumpur minyak antara mikroba indigenus ditambah *P. aeruginosa*, *B. lentimorbus* atau campuran keduanya.

## II. BIODEGRADASI MINYAK BUMI

Biodegradasi minyak bumi merupakan suatu proses yang kompleks. Proses ini tergantung dari mikrobanya, kondisi lingkungan, dan minyak buangan yang akan didegradasi. Dalam proses tersebut terjadi penguraian hidrokarbon oleh mikroba yang telah

teradaptasi dengan baik di lingkungan tersebut (Udiharto dkk, 1995). Selama proses biodegradasi akan terjadi perombakan fraksi parafinik, naftenik, dan aromatik yang terkandung dalam minyak bumi tersebut. Parafinik merupakan fraksi yang paling mudah didegradasi sedangkan naftenik dan aromatik dengan berat molekul tinggi lebih sulit didegradasi (Leahy dan Colwell, 1990).

### A. Mikroorganisme Pendegradasi Hidrokarbon

Mikroorganisme pendegradasi minyak bumi dapat ditemukan di tanah, air laut maupun air tawar. Mikroorganisme tersebut terdiri atas bermacam-macam spesies, yang sering mendominasi kehidupan di lingkungan minyak bumi adalah jenis bakteri. Terdapat lebih dari 27 ribu spesies bakteri, beberapa jenis bakteri diantaranya mampu merombak hidrokarbon sederhana maupun kompleks. *Pseudomonas* dan *Bacillus* biasanya ditemukan di alam yang mengandung minyak, seperti di dekat lapisan minyak di bawah tanah. Namun bakteri ini dapat juga ditemukan di daerah yang tidak mengandung minyak. Hal ini disebabkan karena kemampuan bakteri dalam merombak hidrokarbon tidak selalu merupakan fungsi utama (Leahy dan Colwell, 1990).

Pola pertumbuhan dari masing-masing jenis mikroorganisme pada dasarnya sama, sedangkan yang berbeda adalah kecepatan pertumbuhan dan produk-produk yang dihasilkan serta mekanisme reaksi yang terjadi. Laju pertumbuhan bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon sangat ditentukan oleh faktor lingkungan.

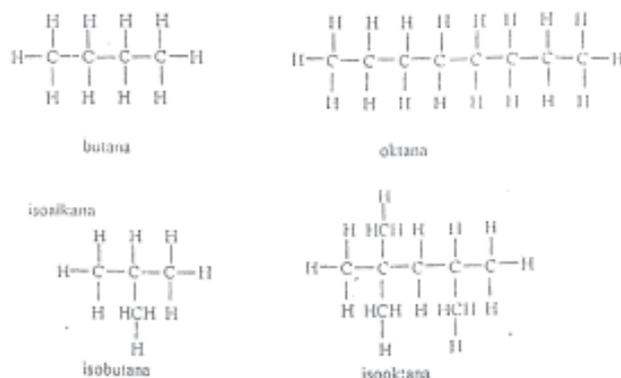
### B. Biodegradasi Hidrokarbon Alifatik

Banyak mikroorganisme dapat mendegradasi hidrokarbon alifatik. Senyawa n-alkana dengan panjang rantai sedang (C10-C24) didegradasi lebih cepat. Alkana dengan rantai pendek (C<9) merupakan senyawa toksik bagi mikroba namun sebagian besar senyawa ini hilang melalui penguapan. Dengan bertambahnya panjang rantai alkana akan semakin sulit untuk didegradasi. Pada rantai bercabang secara umum lebih sukar didegradasi secara biologis, karena terdapat gugus metil yang berada pada salah satu atom karbon yang menghalangi proses degradasi (Herdiyantoro, 2001).

Proses biodegradasi hidrokarbon alifatik seperti alkana dalam reaksinya membutuhkan oksigen, sehingga reaksi oksidasi dapat berlangsung cepat.

Selama proses ini mikroorganisme dengan sistem enzimatik yang berfungsi sebagai katalisator, seperti metana monooksigenase, methanol dehidrogenase, formaldehid dehidrogenase dan format dehidrogenase. Dalam biodegradasi ini metana akan diubah menjadi metanol, formaldehid menjadi asam karboksilat dan karbondioksida (A. Haris, 2003).

Contoh senyawa-senyawa alifatik di antaranya adalah butana, isobutana, oktana, isooktana.

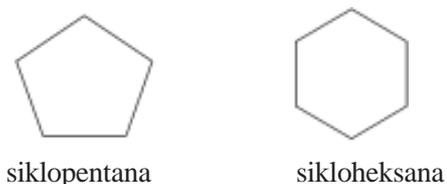


### C. Biodegradasi Hidrokarbon Alisiklik

Hidrokarbon alisiklik dalam minyak bumi sulit didegradasi oleh mikroorganisme dan kecepatan biodegradasinya lebih lama dibandingkan dengan hidrokarbon alifatik. Reaksi oksidasi senyawa sikloalkana terjadi pada cincin lingkaran, misalnya biodegradasi yang terjadi pada senyawa sikloheksana.

Mikroorganisme mendegradasi sikloheksana melalui sikloheksanol, reaksi pertama dikatalis oleh oksigenase. Setelah itu mikroorganisme menggunakan jalur katabolik yang sama untuk sikloheksanol, sebagaimana yang digunakan spesies lain yang mampu tumbuh pada alkohol. Perubahan sikloheksanol menjadi 1-oksa-2-okso sikloheptana memerlukan pemasukan oksigen dan katalis oleh monooksigenase. Biodegradasi senyawa sikloheksana akan menjadi asetil – CoA dan suksinil – CoA, dan akhirnya melalui daur Krebs akan terbentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (A.Haris.2003)

Contoh-contoh senyawa alisiklik :

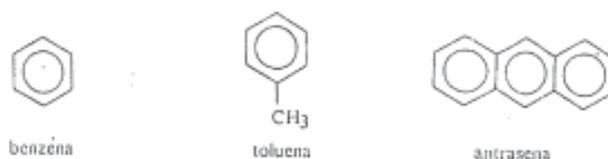


### D. Biodegradasi Hidrokarbon Aromatik

Biodegradasi hidrokarbon aromatik lebih sukar bila dibandingkan dengan senyawa hidrokarbon rantai terbuka (parafin) atau rantai tertutup (sikloalkana), karena senyawa hidrokarbon aromatik lebih stabil. Contoh biodegradasi senyawa hidrokarbon aromatik adalah senyawa benzena.

Benzena diubah menjadi katekol. Katekol diperlukan dalam degradasi benzena dan dihidroksi sikloheksadiena (cis-benzena glikol) merupakan senyawa antara benzena dan katekol yang melibatkan enzim dioksigenase. Selanjutnya katekol dioksidasi melalui dua jalur, yaitu jalur yang melibatkan pemutusan ikatan antara atom karbon dengan gugus hidroksil menjadi cis,cis-asam mukonat, disebut jalur orto atau melalui jalur yang melibatkan pemutusan ikatan antara atom karbon gugus hidroksil dan karbon yang berdekatan dengan gugus hidroksil menjadi 2-hidroksimukonat semialdehid, disebut jalur meta. Katekol yang dioksidasi melalui jalur orto akan menghasilkan asetil – CoA dan suksinat, sedangkan katekol yang dioksidasi melalui jalur meta akan menghasilkan asetaldehid dan piruvat. Hasil akhir oksidasi melalui kedua jalur ini adalah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O setelah melewati daur Krebs (A. Haris, 2003).

Contoh senyawa-senyawa hidrokarbon aromatik diantaranya adalah benzena, toluena, antrasena.



### III. TATA KERJA

Pada kegiatan ini dilakukan biodegradasi hidrokarbon yang terkandung dalam lumpur minyak. Untuk mendukung kegiatan tersebut, disiapkan lumpur minyak yang diambil dari suatu lapangan minyak. Air sebagai tempat tumbuh mikroorganisme indigenus dan berlangsungnya degradasi, digunakan air terproduksi yang diambil dari suatu kilang minyak. Sedangkan mikroorganisme eksogen penambah aktivitas mikroorganisme indigenus digunakan kultur tunggal *Pseudomonas aeruginosa* (P-1), *Bacillus lentimorbus* (P-2) dan kultur campuran *P. aeruginosa* dan *B. lentimorbus* (P-3) berasal dari *Biotechnology Lemigas Culture Collection* (BLCC).

Pengujian biodegradasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menentukan media terbaik untuk pertumbuhan mikroorganisme indigenus dalam air terproduksi. Ada tiga macam media yaitu : 1. Air terproduksi (M1), 2. Air terproduksi ditambah unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) dengan perbandingan N/P= 5:1 (M2), dan 3. Air terproduksi ditambah unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) dengan perbandingan N/P=7,5:1 (M3). Tahap pengujian berikut dilakukan dalam media M-1 dan media yang terbaik antara M-2 dan M-3 untuk melihat pertumbuhan dan degradasi hidrokarbon dengan kultur mikroorganisme P-1, P-2, dan P-3.

Dalam pelaksanaan pengujian dilakukan dalam erlenmeyer kapasitas 250 ml yang diisi media sebanyak 100 ml, dan ditambah lumpur minyak sebanyak 5 gram dan tambahan kultur bakteri seperti tersebut diatas sebanyak 10 ml pada pengujian lebih lanjut untuk dilihat kemampuan biodegradasi. Selanjutnya diinkubasikan dalam suhu kamar dan diberi perlakuan aerasi secara kontinyu. Mulai jam ke-0 dan setiap priode tertentu dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan beberapa analisis. Parameter pengujian meliputi populasi mikroba diikuti dengan perhitungan laju pertumbuhan dan besar kandungan hidrokarbon.

Pengamatan perbedaan pertumbuhan mikroba perlakuan satu dengan yang lain didasarkan atas laju pertumbuhan. Perhitungan laju pertumbuhan dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \frac{2,3}{tn} \log \frac{a}{b}$$

di mana :

$\mu$  = laju pertumbuhan sel/ populasi mikroorganisme

a = jumlah populasi pada jam ke n

b = jumlah populasi pada jam ke 0

t = waktu inkubasi sampai jam ke n

Besarnya reduksi atas biodegradasi kandungan hidrokarbon dalam lumpur minyak dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{(Ho - Hn) - (Ko - Kn)}{Ho} \times 100\%$$

di mana :

B = Persen Biodegradasi

Ho = Berat minyak bumi awal dalam media ditambah unsur N dan P

Hn = Berat minyak bumi setelah jam ke n dalam media ditambah unsur N dan P

Ko = Berat minyak awal dalam media tanpa penambahan unsur N dan P

Kn = Berat minyak setelah jam ke n dalam media tanpa penambahan unsur N dan P

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian biodegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi yang terkandung pada lumpur minyak oleh mikroorganisme, berlangsung dalam air terproduksi pada skala laboratorium dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

- Tahap awal
- Tahap lanjut.

Masing-masing tahapan akan dijelaskan dalam uraian berikut.

##### A. Pengujian Tahap Awal

Pada tahap awal dilakukan pengujian variasi nutrisi pada medium air produksi dengan tanpa dan penambahan unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) :

- medium air produksi tanpa penambahan – M1
- medium air produksi dengan penambahan unsur N dan P (N/P =5 :1) – M2
- medium air produksi dengan penambahan unsur N dan P (N/P =7,5 :1) – M3

Mikroba yang digunakan untuk uji variasi nutrisi ini adalah mikroba *indigenus* yang terdapat pada air produksi. Melalui kegiatan ini dapat diketahui media mana yang paling baik untuk pertumbuhan mikroorganisme indigenus.

Dari hasil pengamatan pertumbuhan populasi mikroba selama inkubasi 48 jam (Tabel 2), menunjukkan bahwa pertumbuhan terbaik terjadi pada media M2. Populasi mikroba mengalami

Tabel : 2  
Pertumbuhan mikroorganisme indigenus dalam media M1, M2, dan M3

Waktu (jam)	Kultur Mikroba (sel/ml)		
	M1	M2	M3
0	$3,4 \times 10^3$	$3,4 \times 10^3$	$3,4 \times 10^3$
24	$1,1 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$16 \times 10^4$
48	$1,77 \times 10^5$	$2,37 \times 10^6$	$2,16 \times 10^5$

peningkatan yang cukup tinggi mencapai  $10^6$  sel/ml sedangkan yang lain dibawahnya yaitu  $10^5$  sel/ml. Dengan demikian medium M2 akan digunakan pada pengujian lebih lanjut untuk dilihat kemampuan biodegradasinya.

### B. Pengujian Tahap Lanjut

Tahap pengujian berikutnya dilakukan dalam media M-1 dan media yang terbaik yaitu M-2. Kultur utama yang digunakan adalah mikroba indigenus yang terdapat dalam air terproduksi, selanjutnya dibuat tiga variasi dengan penambahan *P.aeruginosa* sebagai kultur P-1, penambahan *B.lentimorbus* sebagai kultur P-2, dan penambahan kultur campuran *P.aeruginosa* dan *B.lentimorbus* sebagai kultur P-3.

#### 1. Pengujian dengan penambahan kultur mikroba *Pseudomonas aeruginosa* (P-1)

Pada pengujian dengan kultur P-1 dalam media M1 dan M2, hasil pengamatan pertumbuhan populasi mikroba terlihat pada Gambar 1 dan perhitungan laju pertumbuhannya tertuang pada Tabel 3. Mikroba indigenus dengan penambahan kultur *P.aeruginosa* menunjukkan tumbuh baik dalam kedua media. Namun penambahan unsur N dan P dalam media M2, ternyata tidak menjamin pertumbuhan kultur P-1 menjadi lebih baik dari pada dalam media M1 yang tidak ditambah dengan unsur N dan P. Dalam hal ini terlihat bahwa air terproduksi sebagai media M1, didalam air tersebut cukup tersedia komponen nutrisi yang sesuai untuk pertumbuhan kultur P-1.

Pada inkubasi awal selama 48 jam, pertumbuhan populasi P-1 dalam media tanpa penambahan unsur

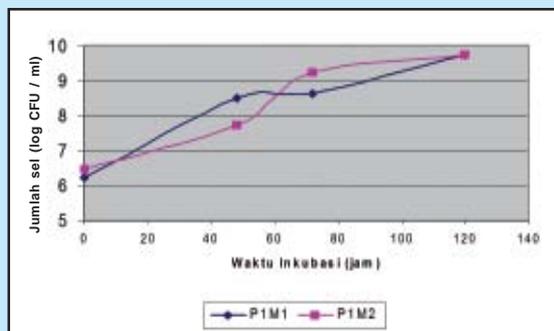
N dan P meningkat dengan pesat. Laju pertumbuhan ( $\mu$ ) populasi P-1 dalam media M1 hampir dua kalinya dari pada dalam media M2. Pada inkubasi selanjutnya laju pertumbuhan dalam media M1 menurun, sedangkan M2 meningkat tapi masih jauh dari laju di M1 pada inkubasi awal.

Pertumbuhan kultur P-1 dalam media M1 dan M2 diikuti terjadinya degradasi kandungan hidrokarbon yang terkandung dalam media tersebut. Data degradasi yang terjadi dalam medium M1 dan M2 dapat dilihat pada Gambar 2. Biodegradasi hidrokarbon yang terjadi tidak ada korelasi langsung dengan laju pertumbuhan populasinya.

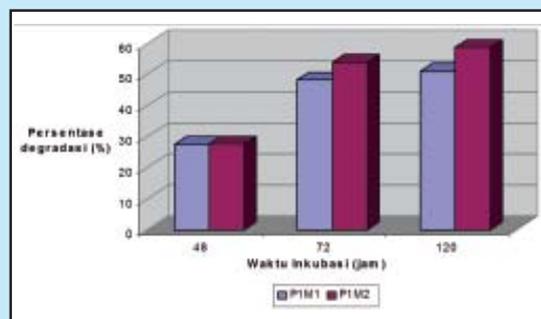
Pada perlakuan dengan menggunakan penambahan kultur mikroba *Pseudomonas aeruginosa* (kultur P-1) selama inkubasi 48 jam terjadi biodegradasi sebesar 27,31 % pada perlakuan tanpa penambahan nutrisi (M1), dan 27,58 % pada perlakuan dengan penambahan nutrisi (M2). Sedangkan pada waktu inkubasi 72 jam pada medium M1 tanpa pemberian nutrisi dan dengan penambahan nutrisi (M2) terjadi biodegradasi sebesar

Tabel 3  
Laju pertumbuhan mikroorganisme P-1 dalam media M-1 dan M-2

Perlakuan	Laju pertumbuhan		
	48 jam	72 jam	120 jam
P1 M1	0,114	0,073	0,070
P1 M2	0,063	0,082	0,065



Gambar 1  
Kurva pertumbuhan kultur mikroorganisme P-1 dalam media M-1 dan M-2



Gambar 2  
Persentase degradasi hidrokarbon pada perlakuan dengan kultur mikroba P-1 dalam media M-1 dan M-2

48,1 % dan 53,8 %. Pada inkubasi 120 jam terlihat bahwa biodegradasi yang terjadi mencapai 50,94 % dan 58,61 % lihat Gambar 2.

Dalam kegiatan ini degradasi hidrokarbon yang tinggi justru terjadi pada perlakuan dengan laju pertumbuhan populasi yang lebih rendah. Dalam kondisi laju pertumbuhan lebih rendah, mikroorganisme dalam kultur P1 memanfaatkan penambahan unsur N dan P banyak digunakan untuk mendukung proses biodegradasi hidrokarbon. Sedangkan di dalam medium tanpa penambahan N dan P, nutrisi yang tersedia lebih banyak untuk mendukung pertumbuhan populasinya.

### 2. Pengujian dengan penambahan kultur mikroba *Bacillus lentimorbus* (P-2)

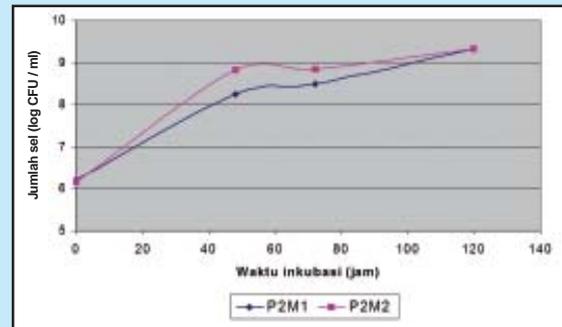
Pada pengujian dengan menggunakan penambahan *B. lentimorbus* (kultur P-2), pada media tanpa penambahan nutrisi (M1) maupun dengan penambahan nutrisi (M2) menunjukkan pertumbuhan populasi cukup baik, kurva pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 3 dan laju pertumbuhan pada Tabel 4.

Laju pertumbuhan populasi mikroba P-2 mempunyai korelasi yang cukup nyata dengan penambahan unsur N dan P dalam medianya. Laju pertumbuhan pada jam 48, 72 dan 120 pada medium M2 yang diberi penambahan unsur N dan P, ternyata lebih tinggi daripada laju pertumbuhan dalam medium tanpa unsur tambahan (M1).

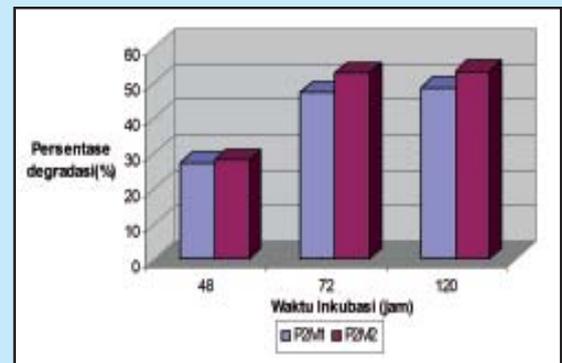
Bila dilihat persentase biodegradasi kandungan hidrokarbonnya, terlihat bahwa dengan penambahan kultur *B. lentimorbus* degradasi yang terjadi mempunyai korelasi langsung dengan laju pertumbuhan populasinya. Dalam media M2 degradasi hidrokarbon yang terjadi lebih tinggi dari pada yang terjadi dalam media M1. Pada inkubasi jam ke-48, biodegradasi di media M1 sebesar 27,22% dan dari medium M2 sebesar 28,15%. Pada jam ke-72 degradasi meningkat menjadi 47,27% dan 52,84% sedangkan pada inkubasi jam ke-120 biodegradasi sedikit meningkat menjadi 48,52% dan 53,47%. (Gambar 4). Bila dibandingkan dengan degradasi yang terjadi dengan kultur mikroba P-1, degradasi hidrokarbon oleh kultur P-2 masih sedikit lebih rendah.

### 3. Pengujian dengan penambahan kultur mikroba campuran *P.aeruginosa* dan *B. lentimorbus* (P-3)

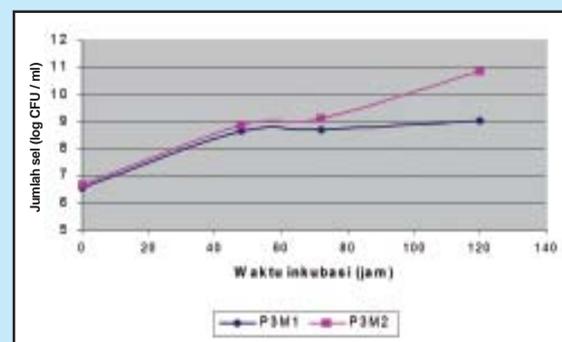
Pada perlakuan dengan kultur P-3, dimana kultur indigenus ditambah dengan kultur campuran *P.*



Gambar 3  
Kurva pertumbuhan kultur mikroorganisme P-2 dalam media M-1 dan M-2



Gambar 4  
Persentase degradasi hidrokarbon pada perlakuan dengan kultur media P-2 dalam media M-1 dan M-2



Gambar 5  
Kurva pertumbuhan kultur mikroorganisme P-3 dalam media M-1 dan M-2

*aeruginosa* dan *B. lentimorbus*, menunjukkan pertumbuhan populasi cukup baik dalam kedua media M1 dan M2. Kurva pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 5.

Bila dilihat pertumbuhan populasi kultur P-3 dalam media M1 dan M2 pada inkubasi awal sekitar 48 jam, laju pertumbuhan dalam medium M2 sedikit lebih tinggi dari pada dalam medium M1. Pada inkubasi lebih lanjut perbedaan laju pertumbuhan kultur P-3 dalam media M2 makin jauh dari pada dalam media M1. Pada jam ke-72 laju pertumbuhan dalam M2 sebesar 0,072 dan dalam M1 sebesar 0,064 dan pada jam ke-120 laju pertumbuhan menjadi 0,083 pada M2 dan 0,049. (Tabel 5).

Degradasi hidrokarbon pada pengujian dengan kultur P-3 dalam media M1 sebesar 31,37%, sama dengan pada media M2 yaitu 32,37% pada inkubasi 48 jam. Pada pengujian lebih lanjut yaitu jam ke-72 degradasi menjadi 50,74% (M1) dan 53,16% (M2). Setelah jam ke-120 degradasi hidrokarbon mencapai 54,53% pada media M1 dan 64,84% pada M2 (Gambar 6).

Penambahan kultur campuran *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus lentimorbus* dalam kultur indigenus menunjukkan kemampuan biodegradasi hidrokarbon lebih baik daripada penambahan kultur mikroba tersebut sendiri-sendiri. Hal ini dapat terlihat dari laju pertumbuhan keseluruhan pengujian pada jam ke-120 (Tabel 6).

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian seperti tersebut diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kultur mikroba indigenus dalam air terproduksi dengan diberi aerasi mampu tumbuh dengan baik. Pertumbuhan meningkat bila dalam media air terproduksi ditambahkan unsur N dan P dengan ratio 5 : 1.
- Penambahan kultur *Pseudomonas aeruginosa* atau kultur *Bacillus lentimorbus* ke dalam kultur indigenus dalam air terproduksi ditambah lumpur minyak dapat meningkatkan biodegradasi hidrokarbon yang terkandung dalam lumpur minyak.
- Biodegradasi hidrokarbon meningkat bila dalam media air terproduksi ditambahkan unsur N dan P (5 : 1).

**Tabel 4**  
Laju pertumbuhan kultur mikroorganisme P-2 dalam media M-1 dan M-2

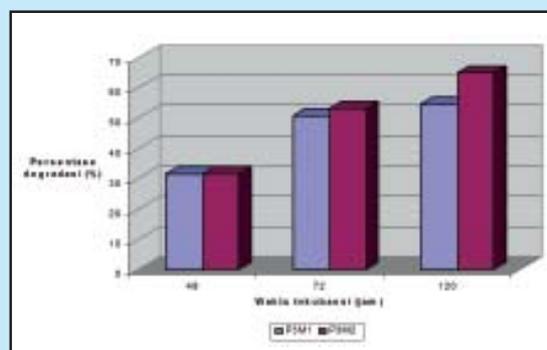
Perlakuan	Laju pertumbuhan		
	48 jam	72 jam	120 jam
P2 M1	0,101	0,072	0,062
P2 M2	0,133	0,08	0,063

**Tabel 5**  
Laju pertumbuhan mikroorganisme P-3 dalam media M-1 dan M-2

Perlakuan	Laju pertumbuhan		
	48 jam	72 jam	120 jam
P3 M1	0,104	0,064	0,049
P3 M2	0,108	0,072	0,083

**Tabel 6**  
Persentase degradasi hidrokarbon pada P1, P2 dan P3 dalam media M1 dan M2 setelah pengujian 120 jam

Perlakuan media	Persentase degradasi hidrokarbon (%)		
	P1	P2	P3
M1	50,94	48,52	54,53
M2	58,61	53,47	64,84



**Gambar 6**  
Persentase degradasi hidrokarbon pada perlakuan dengan kultur mikroba P-3 dalam media M-1 dan M-2

- Penambahan kultur campuran *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus lentimorbus* ke dalam kultur indigenus pada air terproduksi dapat meningkatkan bioderadasi hidrokarbon lebih tinggi dari pada bila ditambahkan kultur secara sendiri-sendiri.

#### KEPUSTAKAAN

1. Haris A., 2003. Peranan Mikroba dalam Mendegradasi Minyak Bumi dan Fenol pada Air Terproduksi dari Industri Perminyakan, Institut Pertanian Bogor.
2. Bartha and Bossert R., 1984. The treatment and disposal of petroleum wastes. *In Atlas*, RM (ed), Petroleum Microbiology. Macmillan Publishing Co, New York.
3. Dibble and Bartha, 1979. Effect of environmental Parameters on the biodegradation of oil sludge. *App. Environ.*
4. Herdiyantoro, D. 2001. Pengaruh inokulasi kultur campuran bakteri perombak hidrokarbon dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah dan pemberian pupuk inorganik nitrogen dan fosfor dalam biodegradasi minyak bumi. Skripsi Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
5. Leahy, J.G. and R.R. Colwell, 1990. Mikrobial degradation of hidrocarbons, *Environ, Microbiological Review*.
6. Louis P. Gebhardt, 1970. *Microbiology*, Four edition. The C.V. Mosby Company.
7. Udiharto M., 1992. Aktivitas Mikroba dalam Degradasi Minyak Bumi. *Proceedings Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian. PPPTMGB Lemigas*, 13 – 14 Juni 1992.
8. Udiharto M., Rahayu, S.A., Haris, A dan Zulkifliani. 1995. Peranan Bakteri dalam Degradasi Minyak Bumi dan Pemanfaatannya dalam Penanggulangan Minyak Buangan. *Proceedings Diskusi Ilmiah VIII PPPTMGB Lemigas*, Jakarta.
9. Udiharto M., 1996. Bioremediasi minyak bumi. *Proceeding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Kerjasama Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), dan Hanns Seidel Foundation*
10. Udiharto M., dan Tim. 2004. Pemanfaatan Lumpur Minyak dengan Metode Bioreaktor. *PPPTMGB Lemigas*, Jakarta. ✓