

BIOREMEDIASI IN VITRO LIMBAH INDUSTRI PENGILANGAN MINYAK BUMI OLEH BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK

Munawar

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Penelitian tentang bioremediasi in vitro limbah industri pengilangan minyak bumi oleh bakteri hidrokarbonoklastik telah dilakukan dengan tujuan menentukan kemampuan bakteri hidrokarbonoklastik dalam mendegradasi limbah industri pengilangan minyak bumi yang ditunjukkan oleh perubahan viskositas, hidrokarbon terlarut, dan pH. Bakteri yang digunakan sebagai remediator adalah *Achromobacter sp*, *Bacillus brevis*, dan *Pseudomonas vesicularis*. Proses bioremediasi dilakukan dalam medium uji yang ditambah limbah industri pengilangan minyak bumi 20% (v/v) dan diinkubasi pada suhu 30 °C selama 14 hari dengan kecepatan pengocokan 120 rpm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa masing-masing bakteri hidrokarbonoklastik yang digunakan mempunyai kekhususan dalam mendegradasi limbah. *Achromobacter sp* mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menurunkan viskositas (dari 54,64 cSt menjadi 28,99 cSt), *Bacillus brevis* mempunyai kemampuan paling tinggi dalam meningkatkan hidrokarbon terlarut (dari $3,90 \times 10^{-5} \text{ g/m}^3$ menjadi $3,75 \times 10^{-4} \text{ g/m}^3$), sedangkan *Pseudomonas vesicularis* mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menurunkan pH (menurunkan hingga 35,58%).

PENDAHULUAN

Industri pengilangan minyak bumi disamping menghasilkan berbagai jenis bahan bakar minyak, bahan dasar pelumas, paraksilen, aspal dan produk minyak lainnya, juga menghasilkan limbah (Anonim, 1993^b). Limbah akhir yang dihasilkan dari proses pengilangan minyak bumi merupakan hasil samping dari proses perengkahan dan destilasi fraksional minyak mentah, sehingga sangat sulit untuk diolah kembali. Komponen utamanya adalah fraksi hidrokarbon berat yang mempunyai titik didih sangat tinggi yaitu lebih dari 648 °C,

sehingga tidak terdestilasi pada proses pengolahan minyak mentah (Anonim, 1993^a).

Molekul hidrokarbon yang terkandung dalam limbah industri pengilangan minyak bumi dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan bentuk rantainya, yaitu hidrokarbon berantai lurus atau alifatik dan hidrokarbon yang mempunyai rantai cincin atau aromatik (Alexander, 1977).

Pencemaran limbah industri pengilangan minyak bumi menyebabkan terancamnya kehidupan biota pada suatu lingkungan, karena limbah tersebut mengandung senyawa hidrokarbon alifatik maupun aromatik yang mempunyai berat molekul tinggi. Keberadaan

senyawa tersebut pada lingkungan air menyebabkan terhambatnya proses difusi oksigen ke dalam air, karena tertutupnya permukaan air oleh limbah. Sedangkan pada lingkungan darat menyebabkan terhambatnya proses penyerapan nutrisi oleh akar tumbuhan, karena limbah tersebut dapat menutup permukaan akar yang berada di bawah permukaan tanah (Udiharto, 1994).

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah industri pengilangan minyak bumi sebagai sumber karbon selama proses bioremediasi, bakteri hidrokarbonoklastik yang terdiri atas *Achromobacter sp.*, *Bacillus brevis*, dan *Pseudomonas vesicularis* sebagai agen remediator, dan medium uji untuk proses bioremediasi. Bahan dan alat: 250 mL sebagai wahana proses bioremediasi, autoklaf untuk sterilisasi medium dan alat gelas, shaker inkubator untuk menginkubasi selama proses bioremediasi, alat pengukur viskositas, pH meter, spektrofotometer untuk mengukur hidrokarbon terlarut, dan peralatan lain yang sering digunakan di laboratorium Mikrobiologi.

Prosedur Kerja

Prosedur kerja penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu (1) tahap persiapan pengujian yang meliputi pembuatan medium uji dengan komposisi per liter sebagai berikut ekstrak ragi 0,01 g, K_2HPO_4 0,1 g dan KNO_3 0,1 g. Limbah yang ditambahkan sebanyak 20% (v/v) (Boone & Xun, 1987; Ruyitno, 1991). (2) tahap pelaksanaan proses bioremediasi secara in vitro menggunakan tiga jenis bakteri hidrokarbonoklastik dalam bentuk kultur tunggal dan satu kontrol (tanpa bakteri) sehingga ada empat perlakuan. Tahap kedua ini diawali dengan menginokulasikan kultur bakteri hidrokarbonoklastik masing-masing sebanyak 10% (v/v) dengan jumlah sel $\pm 10^6$ per mL ke dalam medium uji dan diinkubasi pada suhu 30 °C pada shaker inkubator dengan kecepatan 120 rpm selama 14 hari, dan (3) tahap pengukuran variabel yang meliputi viskositas, hidrokarbon terlarut, dan penurunan pH pada akhir penelitian.

Viskositas dihitung melalui persamaan

berikut:

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho_0) t}{9d}$$

dimana: η : koefisien viskositas dinamik (Pa.s) yang dikonversi ke viskositas kinematik (cSt.), r : jari-jari bola logam (m), g : gaya gravitasi bumi (m/s^2), ρ : kerapatan bola logam (kg/m^3), ρ_0 : kerapatan limbah (kg/m^3), d : panjang limbah yang dilewati bola logam (m), t : waktu tempuh bola logam melewati limbah (s). Pengukuran

hidrokarbon terlarut menggunakan Spektrofotometer Spektronic 20 dengan panjang gelombang 780 nm, sedangkan pH diukur dengan pH meter digital sampai dua angka di belakang koma.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa bakteri hidrokarbonoklastik yang digunakan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi limbah industri pengilangan minyak bumi yang ditunjukkan oleh viskositas, hidrokarbon terlarut, dan penurunan pH. Masing-masing nilai variabel yang diukur pada akhir penelitian pada medium yang diinokulasi bakteri hidrokarbonoklastik tercantum pada tabel 1 berikut:

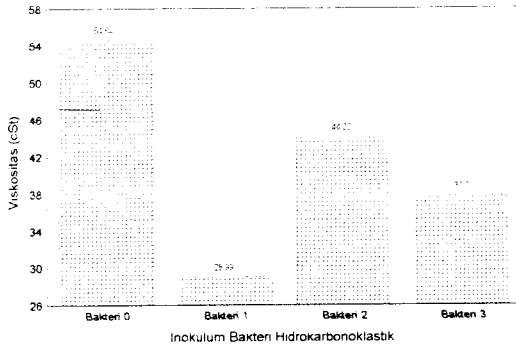
Tabel 1. Pengaruh bakteri hidrokarbonoklastik terhadap viskositas, hidrokarbon terlarut, dan penurunan pH pada akhir penelitian

No	Jenis Bakteri Hidrokarbono-klastik	Nilai rata-rata variabel yang diukur:		
		Viskositas (cSt)	Hidrokarbon terlarut (g/m ³)	Penurunan pH (%)
1	Tanpa bakteri (kontrol)	54,64 a	3,90 x 10 ⁻⁵ a	6,67 a
2	<i>Achromobacter sp</i>	28,99 b	2,08 x 10 ⁻⁴ b	17,50 b
3	<i>Bacillus brevis</i>	44,02 c	3,75 x 10 ⁻⁴ c	7,97 a
4	<i>Pseudomonas vesicularis</i>	37,70 d	1,23 x 10 ⁻⁴ d	35,58 c

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom variabel yang diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata (P < 0,05)

Medium yang tidak diberi inokulum bakteri hidrokarbonoklastik (kontrol) viskositas limbah mencapai 54,64 cSt yang merupakan viskositas tertinggi dibandingkan viskositas pada medium yang diinokulasi bakteri hidrokarbonoklastik. Viskositas yang paling rendah ditunjukkan pada medium yang diinokulasi dengan *Achromobacter sp* yaitu 28,99 cSt. Hasil selengkapnya pengaruh bakteri hidrokarbonoklastik terhadap viskositas limbah disajikan pada gambar 1.

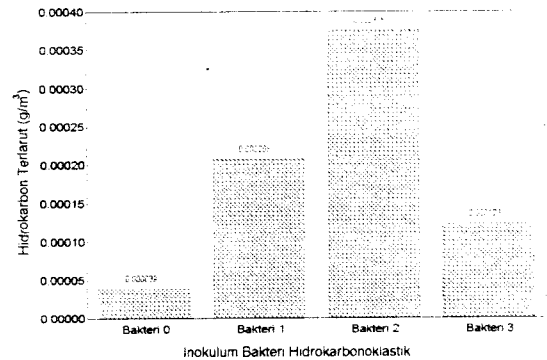
Masing-masing viskositas limbah akibat pemberian inokulum bakteri hidrokarbonoklastik *Achromobacter sp*, *Bacillus brevis*, dan *Pseudomonas vesicularis* lebih kecil dibandingkan dengan kontrol. Pemberian inokulum bakteri hidrokarbonoklastik *Achromobacter sp* menunjukkan nilai viskositas terendah (28,99 cSt), jika dibandingkan dengan inokulum bakteri hidrokarbonoklastik lainnya. Penurunan viskositas limbah pada medium yang diinokulasi dengan bakteri hidrokarbonoklastik diduga semua jenis bakteri hidrokarbonoklastik yang digunakan dapat bekerja mendegradasi limbah dengan memanfaatkan komponen limbah yang sesuai untuk masing-masing jenis bakteri tersebut, sehingga dihasilkan fraksi yang lebih sederhana yang menyebabkan menurunnya nilai viskositas limbah.



Gambar 1. Nilai viskositas limbah akhir penelitian pada medium yang diberi bakteri hidrokarbonoklastik. Bakteri 0 = kontrol; Bakteri 1 = *Achromobacter sp.*; Bakteri 2 = *Bacillus brevis*; Bakteri 3 = *Pseudomonas vesicularis*

Banyaknya hidrokarbon terlarut pada semua medium yang diinokulasi dengan bakteri hidrokarbonoklastik berbeda nyata dengan banyaknya hidrokarbon terlarut pada medium tanpa bakteri hidrokarbonoklastik (kontrol) yaitu $0,000039 \text{ g/m}^3$. Hidrokarbon terlarut pada medium yang diinokulasi dengan *Bacillus brevis* sebesar $0,000375 \text{ g/m}^3$, merupakan nilai hidrokarbon terlarut yang paling tinggi dibanding dengan hidrokarbon terlarut pada medium yang diinokulasi dengan *Pseudomonas vesicularis* ($0,000123 \text{ g/m}^3$) dan *Achromobacter sp.* ($0,000208 \text{ g/m}^3$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan inokulum *Bacillus brevis* paling tinggi dalam mendegradasi limbah yang menghasilkan fraksi hidrokarbon yang bersifat larut dalam air (medium). Hasil selengkapnya

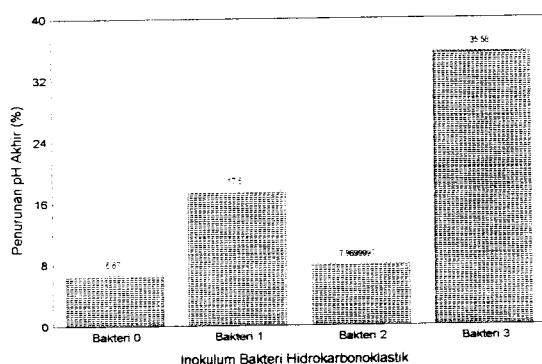
hidrokarbon terlarut yang diakibatkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik dapat dilihat gambar 2.



Gambar 2. Nilai hidrokarbon terlarut akhir penelitian pada medium yang diberi bakteri hidrokarbonoklastik. Bakteri 0 = kontrol; Bakteri 1 = *Achromobacter sp.*; Bakteri 2 = *Bacillus brevis*; Bakteri 3 = *Pseudomonas vesicularis*

Penurunan pH medium pada perlakuan inokulum kultur tunggal *Bacillus brevis* mencapai 7,97% berbeda tidak nyata dengan penurunan pH medium pada medium tanpa penambahan inokulum (kontrol) yang mencapai 6,67%, tetapi perlakuan inokulum bakteri hidrokarbonoklastik yang lain berbeda nyata dengan kontrol. Penurunan pH medium pada medium yang diinokulasi dengan *Pseudomonas vesicularis* paling tinggi yaitu 35,58% dibanding dengan penurunan pH medium pada medium yang diinokulasi dengan bakteri hidrokarbonoklastik lainnya. Hasil selengkapnya penurunan pH medium yang diakibatkan perlakuan inokulum

bakteri hidrokarbonoklastik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Persen penurunan pH akhir penelitian pada medium yang diberi bakteri hidrokarbonoklastik. Bakteri 0 = kontrol; Bakteri 1 = *Achromobacter sp.*; Bakteri 2 = *Bacillus brevis*; Bakteri 3 = *Pseudomonas vesicularis*

Hasil tersebut menunjukkan bahwa inokulum *Pseudomonas vesicularis* diduga mempunyai kemampuan mendegradasi komponen limbah dan menghasilkan fraksi yang dapat menurunkan pH dengan kuat. Sebaliknya inokulum *Bacillus brevis* mempunyai kemampuan mendegradasi komponen limbah yang menghasilkan fraksi yang tidak menyebabkan menurunnya pH medium dengan kuat, sehingga pengaruhnya terhadap penurunan pH medium tidak nyata dengan penurunan pH pada medium yang tidak diberi inokulum (kontrol).

KESIMPULAN

Bakteri hidrokarbonoklastik mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi limbah industri pengilangan minyak bumi. *Achromobacter sp* merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang paling kuat dalam menurunkan viskositas, *Pseudomonas vesicularis* paling kuat dalam menurunkan pH, sedangkan *Bacillus brevis* paling kuat dalam meningkatkan hidrokarbon terlarut. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji toksisitas dan analisis fraksi hidrokarbon terhadap limbah industri pengilangan minyak bumi setelah proses bioremediasi, sehingga dapat diketahui tingkat kelayakan limbah tersebut untuk dibuang ke lingkungan.

PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd. John Wiley and Sons. Toronto.
- Anonim. 1993^a. Aktivitas Mikroba Dalam Transformasi Substansi di Lingkungan Situs Hidrokarbon. Dalam Kumpulan makalah simposium: *Kemajuan Kerjasama Riset Eksplorasi dan Produksi*. Pertamina-FT UI-Lembaga Penelitian ITB-FT UGM dan PPPTMGB Lemigas.

Anonim. 1993^b. Pertamina Menyongsong
Tantangan Masa Depan. Pertamina.

Boone, D.R. & L. Xun. 1987. Effects of pH,
Temperature, and Nutrients on Propionate
Degradation by a Methanogenic
Enrichment Culture. Journal Applied and
Environmental Microbiology. Vol. 53 No.
7.

Ruyitno. 1991. Pengantar Praktikum Bakteria:
Petunjuk Pencemaran di Suatu Perairan.
Dalam D.H. Kurnarso dan Ruyitno (Eds)
*Status Pencemaran Laut di Indonesia dan
Teknik Pemantauannya*. LIPI. Jakarta.

Udiharto, M. 1994. Aktivitas Mikroba Dalam
Degradasi Minyak Bumi. Dalam
Proceeding: *Diskusi Ilmiah VII Hasil
Penelitian Lemigas*. Lemigas. Jakarta.