3

Pengembangan Bioremendasi Dengan Teknik Slurry Bioreaktor Untuk Pengolahan Sludge / Sedimen Tercemar Minyak Bumi

Oleh

Mohamad Yani

Agung Dhamar Syakti

Fitria Riany Eris

Nastiti Siswi Indrasti

Seminar Nasional

Perhimpunan Perikanan dan Ilmu Kelautan Indonesia

Bogor, 17 Juli 2007

Pengembangan Bioremediasi dengan Teknik Slurry Bioreaktor untuk Pengolahan Sludge / Sedimen Tercemar Minyak Bumi

Mohamad Yani[1,2], Agung Dhamar Syakti[2], Fitria Riany Eris[1], Nastiti S. Indrasti[1]
[1]Lab Teknik dan Manajemen Lingkungan, IPB. Email : mohyani@ipb.ac.id
[2]Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB.

ABSTRACT

The development of bioremediation technology by slurry bioreactor can be applied for degradating of petroleum waste at sludge/sediment. The objective of this research are (1) to assess the optimum condition of diesel oil bioremediation process in slurry phase by treatment of contaminated level and total solid at laboratory scale (2) to develope the bioremediation process from the optimum result at laboratory scale.

The research were conducted by two treatments of the total solid (10, 15, and 40%) and diesel oil contaminated level (5, 10, and 15%). The consortium of bacteria applied are *Pseudomonas pseudomallei* (PP), *Enterobacter agglomerans* (EA), and the consortium of bacteria derived from manure. The respons of diesel oil degradation, pH, gas production and microbial growth observed by the Respons Surface Method (RSM).

Soil contaminated by diesel oil can be treated in slurry bioreactor show that total solid, contaminated level, and both interaction will influence positively towards the bacterial growth, pH, gases production, and decreased of TPH percentage. The hydrocarbon of diesel oil waste can reach an optimum level up to 85.29% TPH degradation at combination of 32.62% total solid treatment and 9.09% contaminated level. This optimum condition was applied at scale up experiment for 20 days show that slurry mixed homogenous, pH 6-8, optimum bacterial growth and 91.6% TPH degradation (from 13964 ppm to 1167 ppm). Of the microbial consortium observed are *Pseudomonas pseudomallei, Enterobacter agglomerans, Klebsiella aerogenes, Pseudomonas putida, Serratia marcescens, Pseudomonas cepacia* and *Nocardia sp.*

Keyword : Bioremediation, Slurry Bioreactor, Sludge/sedimen, diesel oil.

PENDAHULUAN

Kegiatan hulu dan hilir industri minyak bumi tidak terlepas dari kemungkinan pencemaran minyak di ke lingkungan, khususnya perairan dan sedimen. Limbah minyak bumi mengandung hidrokarbon yang relatif masih tinggi dan beberapa senyawa lain seperti sulfur, nitrogen, oksigen dan logam-logam termasuk logam berat. Meningkatnya kegiatan produksi minyak bumi menyebabkan semakin banyak limbah yang dihasilkan sehingga diperlukan berbagai upaya untuk memecahkan masalah tersebut. Salah satu metode pengolahan limbah secara yang saat ini terus dikembangkan adalah bioremediasi yang merupakan teknologi ramah lingkungan, cukup efektif dan efisien serta ekonomis.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah: (1) Menentukan kondisi optimum proses bioremediasi limbah minyak diesel fase slurry dengan perlakuan tingkat cemaran dan persen padatan; dan (2) Scale up dari hasil optimum proses bioremediasi limbah minyak diesel fase slurry.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lapisan top soil yang diambil dari CIFOR (Center for International Forestry Research) kawasan kampus IPB Darmaga Bogor; minyak diesel; dan starter (konsorsium bakteri (*Pseudomonas pseudomallei* dan *Enterobacter agglomerans*) dan konsorsium bakteri yang berasal dari pupuk hewan. Peralatan yang digunakan meliputi: reaktor (reaktor berukuran 500 ml dan berukuran 16 liter), peralatan untuk sampling tanah, peralatan untuk isolasi, dan peralatan untuk analisis.

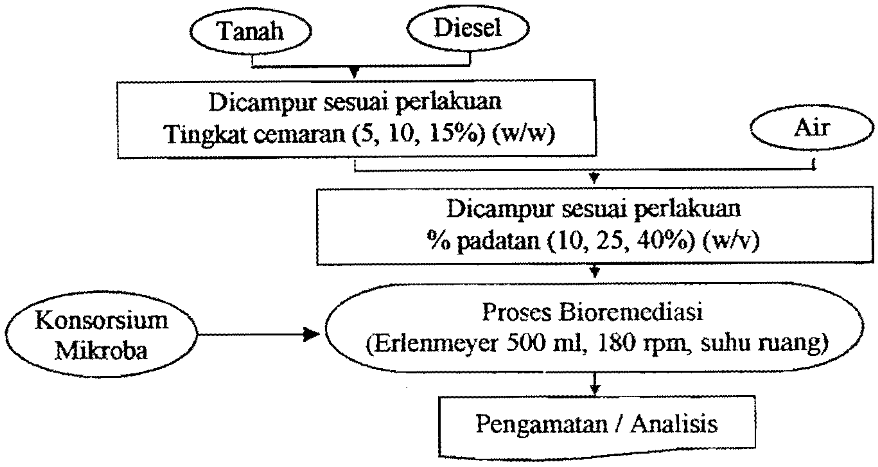
Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dibagi ke dalam 2 tahap, yaitu (1) penelitian bioremediasi pada skala laboratorium untuk menentukan perlakuan terbaik dari proses bioremediasi slurry sludge/sedimen tercemar minyak diesel; dan (2) penelitian scale up dari perlakuan terbaik pada skala laboratorium. Desain penelitian dijelaskan melalui Gambar 1 dan 2.

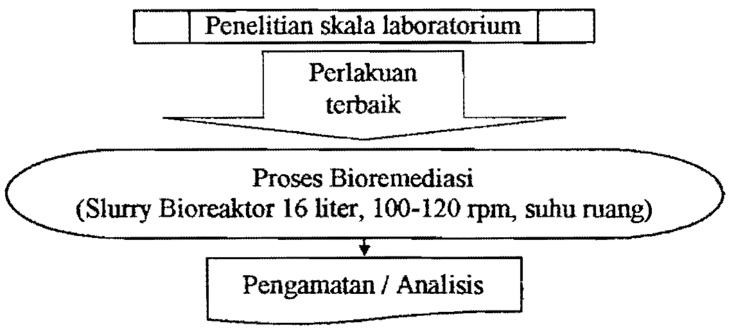
Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh persen padatan dan tingkat cemaran minyak diesel terhadap proses bioremediasi serta melakukan optimasi terhadap peubah-peubah tersebut untuk meningkatkan degradasi hidrokarbon. Optimasi dilakukan dengan menggunakan metode permukaan respon

(*Respons Surface Method/RSM*) (Tabel 2) dan pengolahan data dilakukan menggunakan *software* SAS Versi 8.



Gambar 1. Bagan alir penelitian skala laboratorium



Gambar 2. Bagan alir penelitian scale up

Tabel 2. Kisaran dan Taraf Peubah Uji pada Optimasi Bioremediasi

Jenis Perlakuan	**Nilai rendah (-1)**	**Nilai tengah (0)**	**Nilai tinggi (+1)**
Persen Padatan (% v/v)	10	25	40
Tingkat Cemaran (% v/v)	5	10	15

Nilai pusat perlakuan digunakan adalah persen padatan (40%) dan tingkat cemaran (10%) dengan 3 ulangan pada titik pusat. Dengan dua peubah uji tersebut, maka model kuadratiknya mengambil bentuk persamaan berikut ini:

$$Y_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_{11}x_{1i}^2 + b_{22}x_{2i}^2 + b_{12}x_{1i} + r_i$$

Keterangan :

Y = Respon dari masing-masing perlakuan

X = (x_1 : persen padatan (%) ; x_2 : tingkat cemaran (%)
r = error
b = koefisien parameter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Skala Laboratorium

Optimasi Degradasi TPH

TPH atau *Total Petroleum Hydrocarbon* merupakan salah satu parameter acuan keberhasilan proses bioremediasi limbah minyak bumi yang keberadaannya dalam limbah minyak bumi harus sesuai dengan kreteria nilai akhir yang diperkenankan untuk dibuang ke lingkungan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pengujian data pengamatan terhadap respon degradasi TPH hasil percobaan skala laboratorium, memberikan persamaan permukaan respon seperti pada Persamaan 1.

$$Y_1 = 33.746 + 1.096PP + 7.412TC - 0.018PP^2 - 0.424TC^2 + 0.009PP*TC \quad ..... (1)$$

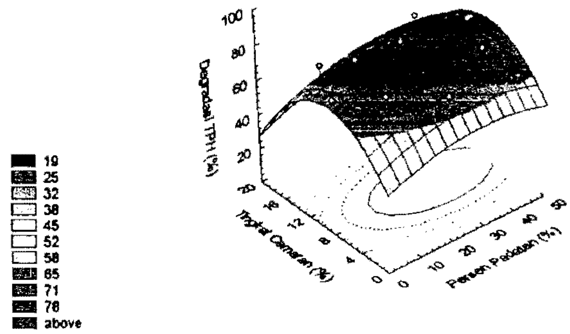
Keterangan:

Y_1 = Respon terhadap degradasi TPH

PP = Persen padatan

TC = Tingkat cemaran

Berdasarkan persamaan 1, diperoleh bentuk permukaan respon pengaruh interaksi kedua faktor terhadap degradasi TPH seperti pada Gambar 3. yang menunjukkan bahwa degradasi TPH mencapai optimum. Degradasi TPH optimum sebesar 85.29% akan diperoleh dari kombinasi perlakuan persen padatan sebesar 32.62 % dan tingkat cemaran 9.09 %.

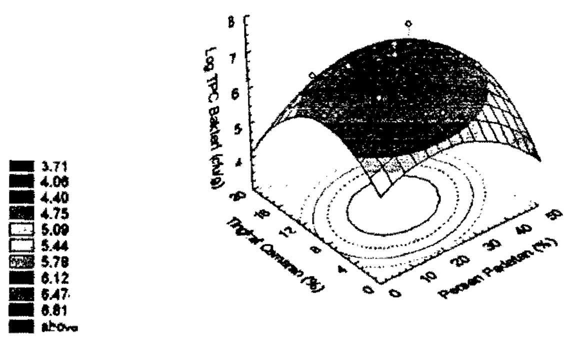


Gambar 3. Permukaan respon degradasi TPH

Pengaruh Persen Padatan dan Tingkat Cemaran terhadap Pertumbuhan Bakteri

Pengujian data pengamatan terhadap respon pertumbuhan konsorsium bakteri (Log TPC bakteri), memberikan persamaan permukaan respon seperti pada Persamaan 2 (Gambar 4). Peningkatan persen padatan, total cemaran dan interaksi keduanya akan memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan bakteri, sedangkan sedangkan peningkatan persen padatan dan tingkat cemaran secara kuadratik akan memberikan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan bakteri.

$Y_2 = 4.974 + 0.073PP + 0.300TC - 0.002\ PP^2 - 0.019TC^2 + 0.002PP*TC$...(2)

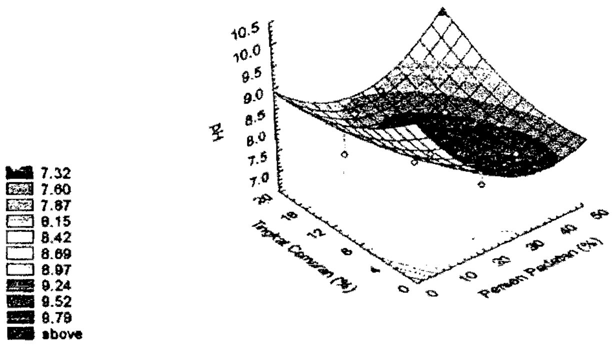


Gambar 4. Permukaan respon pertumbuhan bakteri

Pengaruh Persen Padatan dan Tingkat cemaran terhadap pH

Pengujian data pengamatan terhadap respon pH, memberikan persamaan permukaan respon seperti pada Persamaan 3 (Gambar 5). Peningkatan persen padatan dan tingkat cemaran berpengaruh negatif terhadap perubahan pH, sedangkan persen padatan, tingkat cemaran secara kuadratik dan interaksi keduanya memberi pengaruh positif terhadap perubahan pH.

$$Y_3 = 10.069 - 0.149PP - 0.173TC + 0.002PP^2 + 0.005TC^2 + 0.003PP*TC........(3)$$



Gambar 5. Permukaan respon pH

Pengaruh Persen Padatan dan Tingkat cemaran terhadap Gas

Gas-gas yang dapat terukur pada penelitian ini adalah gas CH_4, CO, dan CO_2. Hasil pengujian data pengamatan terhadap respon gas CH_4, CO, dan CO_2 yang diformulasikan dalam nilai total C memberikan persamaan permukaan respon seperti pada Persamaan 4 (Gambar 6). Peningkatan persen padatan dan total cemaran secara kuadratik akan memberikan pengaruh positif terhadap perubahan total C, sedangkan tingkat cemaran, persen padatan secara kuadratik dan interaksi persen padatan dan total cemaran akan memberikan pengaruh negatif terhadap perubahan total C dalam gas.

Penelitian *Scale Up*

Degradasi Hidrokarbon

Setelah mendapatkan nilai persen padatan dan tingkat cemaran optimum pada percobaan masing-masing sebesar 32.61 persen dan 9.09 persen untuk degradasi TPH, percobaan kemudian dilanjutkan pada percobaan scale up. Hasil percobaan