

PENGUJIAN NUTRIEN ANORGANIK UNTUK BIOREMEDIASI TUMPAHAN MINYAK MENTAH DENGAN METODE BIOSTIMULASI DI LINGKUNGAN PANTAI SURABAYA TIMUR

STUDY ON INORGANIC NUTRIENT APPLICATION FOR CRUDE OIL SPILL BIOREMEDIATION USING BIOSTIMULATION METHOD IN EASTERN SURABAYA COASTAL AREA

Munawar¹⁾ dan Mukhtasor²⁾

**¹⁾Staf pengajar UPN Veteran Jawa Timur, Mahasiswa Pasca Sarjana/S3
Teknik Manajemen Pantai, Fakultas Teknik Kelautan, ITS-Surabaya**

²⁾Staf Pengajar Fakultas Teknologi Kelautan, ITS-Surabaya

Abstrak

Bioremediasi merupakan aplikasi dari prinsip-prinsip proses biologi untuk mengolah air tanah, tanah, dan lumpur yang terkontaminasi zat-zat kimia berbahaya. Dalam penelitian ini digunakan nutrisi anorganik dari pupuk anorganik komersial NPK. Minyak mentah yang digunakan diambil dari sumber minyak mentah Pertamina Cepu Jawa Tengah. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan peristiwa-peristiwa tumpahan minyak, di mana sebagian besar yang tertumpah adalah minyak mentah. Tempat penelitian di daerah pantai wilayah Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo-Surabaya Timur. Pada penelitian dibuat petak percobaan berukuran 0,5 m x 0,5 m, di mana antara satu petak dengan petak yang lain terpisah pada jarak 0,25 meter. Penelitian ini terdiri dari 18 petak percobaan perlakuan dan 1 petak kontrol. Variabel pada penelitian ini terdiri dari pemberian berbagai level nutrisi (0,2; 0,3 dan 0,4 kg/petak tanah) dan treatment tanah dibalik dan tidak dibalik. Dari hasil ini diperoleh bahwa penambahan nutrisi anorganik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi minyak mentah pada proses bioremediasi dengan teknik biostimulasi. Hasil penelitian diperoleh bahwa dengan treatment tanah dibalik memperoleh hasil lebih baik dan mampu menurunkan konsentrasi minyak sampai dengan 36,61 %. Sedangkan untuk perlakuan tanah tidak dibalik penurunan konsentrasi minyak mentah mencapai 32,33 %.

Kata kunci: bioremediasi, biostimulasi, nutrisi anorganik

Abstract

Bioremediation is an application of biological processes to treat ground water, soil, and mud contaminated with hazardous chemical. In this study, inorganic nutrient of commercial NPK fertilizer was applied. Crude oil was from Pertamina oil source of Cepu, Center Java. Crude oil was applied based on a consideration that many oil spill accidents spilled crude oil. The site was coastal area in Keputih, Sukolilo, Eastern Surabaya. In the study, experimental squares of 0,5 m x 0,5 m was made, each square had 0,25 m space. There were 18 experimental squares and one control square. Variables consist of nutrient level (0,2; 0,3; and 0,4 kg/square) and soil treatment (tilled and not). It was observed from study that inorganic nutrient significantly affected the decrease of crude oil concentration. It was also observed that tilled soil resulted in better effect and could decrease oil concentration until 36,61%. Otherwise, untilled soil decreased only 32,33%.

Key words: bioremediation, biostimulation, anorganic nutrient

1. PENDAHULUAN

Tumpahan minyak di laut bukan hanya terjadi akibat kecelakaan kapal, melainkan juga dari kegiatan pengeboran, produksi, pengilangan, transportasi minyak, perembesan dari reservoirnya, serta kegiatan pemuatan dan pembongkaran di pelabuhan. Meningkatnya frekuensi pencemaran

akan mengancam kebersihan lingkungan perairan. Bila hal ini tidak segera ditanggulangi, maka pada waktu singkat laju pencemaran laut akan menjadi tidak terkendali (Hozumi, Tsutsumi, dan Kono, 2000).

Tumpahan minyak yang terjadi di perairan bisa mengakibatkan pencemaran di daerah lingkungan

pantai. Hal ini dikarenakan wilayah pantai merupakan daerah tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut, seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut (Triatmodjo, 1999).

Senyawa aromatik adalah senyawa hidrokarbon yang mengandung satu atau lebih struktur cincin benzena. Jenis senyawa ini ditandai bau yang sangat khas. Senyawa aromatik ada yang mudah didegradasi, ada pula yang resisten, dan juga dalam transformasinya dapat menghasilkan produk antara yang tidak diinginkan.

Proses degradasi senyawa aromatik dan aromatik polisiklik pada dasarnya mengikuti jalur yang sama. Tetapi jenis monoaromatik atau diaromatik lebih mudah terdegradasi daripada hidrokarbon aromatik polisiklik, karena jumlah cincin aromatik yang lebih sedikit (Eweis *et al.*, 1998). Senyawa Monoaromatik paling sederhana adalah benzena. Benzena memiliki sifat nonpolar, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti dietil eter, karbon tetraklorida, atau heksan. Benzena, toluena, ethyl benzena, dan xylene dikenal sebagai kelompok BTEX. Senyawa organik volatil ini paling berpotensi berbahaya, terutama benzena, karena bersifat toksik dan karsinogenik, sehingga BTEX seringkali digunakan sebagai indikator kontaminasi tanah dan air tanah yang tercemar.

Pelletier *et al* (2004), telah melakukan penelitian bioremediasi tumpahan minyak mentah pada sediment intertidal Sub-Antartika, menunjukkan bahwa pupuk anorganik dan surfaktan lipidik terbukti mampu menguraikan hidrokarbon secara efektif dalam waktu dua bulan.

Keberhasilan bioremediasi seringkali diukur dari persen reduksi konsentrasi kontaminan dalam tanah atau air tanah. Prospek bioremediasi yang berhasil sebaiknya melakukan pengendalian terhadap transpor kontaminan, untuk itu dibutuhkan monitor untuk mendeteksi migrasi kontaminan. Pada saat yang sama, diperlukan bukti bahwa biodegradasi telah terjadi. Bukti tersebut dapat berupa kenaikan aktivitas mikroorganisme, kenaikan pelepasan karbondioksida, kenaikan pengambilan oksigen, atau kehadiran produk-produk metabolit (Eweis *et al.*, 1998).

Ada dua teknik pemanfaatan bakteri untuk mendegradasi kontaminan yang terdapat di tanah,

lumpur, sedimen, serta air buangan. Teknik pertama adalah dengan bakteri yang telah tersedia dalam tanah. Bakteri ini distimulasi untuk tumbuh dengan mengoptimalkan faktor-faktor pertumbuhan bakteri sehingga dapat mempercepat proses degradasi. Proses ini disebut biostimulasi. Metode lain, dilakukan dengan menambahkan kultur bakteri pada lokasi yang tercemar, selanjutnya meningkatkan kemampuan biodegradasi dengan stimulasi mikroorganisme tersebut. Proses ini disebut sebagai bioaugmentasi (Venosa dan Zhu, 2003).

Menurut Eweis *et al.* (1998), keuntungan pengolahan dengan bioremediasi, antara lain: 1) biaya lebih rendah dibandingkan insinerasi atau *secure landfill*, 2) kontaminan berbahaya didegradasi atau didetoksifikasi secara biologi dimana teknologi lain hanya memindahkan kontaminan ke media atau lokasi yang berbeda, 3) teknologi yang relatif sederhana dibandingkan dengan yang lain, 4) dapat digabungkan dengan penanganan-penanganan lainnya.

Meskipun teknik bioremediasi belum terlihat efektif untuk menangani pencemaran minyak pada perairan terbuka, tetapi ada indikasi bahwa metode ini efektif untuk membersihkan tumpahan minyak pada lingkungan pantai (Munawar dan Mukhtasor, 2005). Penelitian ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi tambahan agar pelaksanaan bioremediasi di lingkungan pantai berjalan dengan lebih baik.

Dalam banyak penelitian lapangan, metode bioaugmentasi terbukti kurang efektif. Hal ini mengingat kondisi isolasi bakteri yang tidak sama dengan kondisi lapangan. Sebaliknya, banyak penelitian laboratorium maupun lapangan yang menunjukkan keberhasilan biostimulasi (Head dan Swannel, 1999). Hanya saja, dalam metode biostimulasi ini, kondisi dan komposisi penambahan nutrisi yang paling optimal masih belum ditemukan. Mengenai jumlah nutrisi yang harus ditambahkan, misalnya, hanya ada sedikit kesepakatan di antara para peneliti (Head dan Swannel, 1999). Penelitian mengenai jenis nutrisi yang paling tepat untuk ditambahkan pada proses biostimulasi masih belum banyak dilakukan. Kebanyakan mereka menyatakan bahwa jenis dan konsentrasi nutrisi optimal sangat bervariasi tergantung properti minyak dan kondisi lingkungan (Venosa dan Zhu, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi nutrien anorganik dan pengaruh pembalikan tanah terhadap penurunan konsentrasi minyak pada proses bioremediasi dengan teknik biostimulasi.

2. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Tempat penelitian di daerah pantai Surabaya Timur tepatnya wilayah Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo (Gambar 1). Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret-Juni 2006.

Bahan

Dalam penelitian ini digunakan nutrien anorganik dari pupuk anorganik komersial NPK, minyak mentah yang digunakan adalah minyak mentah (*crude oil*) yang diambil dari sumber minyak mentah Pertamina Cepu. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan peristiwa-peristiwa tumpahan minyak, yang sebagian besar berupa minyak mentah.

Cara Kerja

Dalam penelitian ini diberlakukan rancangan acak lengkap. Jika dilakukan sejumlah t perlakuan sebanyak n kali untuk setiap perlakuan, maka rancangan acak lengkap membutuhkan alokasi nt percobaan secara acak kepada nt satuan percobaan. Dengan melakukan pengacakan, maka alokasi eksperimen maupun urutan eksperimen yang akan dilakukan bisa ditentukan secara acak (Montgomery, 2001).

Pada penelitian ini dibuat petak-petak percobaan berukuran 0,5 x 0,5 m, dimana antara satu petak dengan petak yang lain terpisah pada jarak 0,25 m. Metode penelitian yang dilakukan merujuk penelitian Delille *et al.* (2004), yang meneliti pengaruh peningkatan suhu terhadap proses bioremediasi. Mereka membagi lokasi penelitian ke dalam petak-petak berukuran 0,75 m x 0,75 m, dan antara satu petak dengan petak lainnya dipisah dengan jarak 0,5 m.

Dalam penelitian ini dibuat 19 petak percobaan, terdiri dari 18 petak perlakuan dan 1 petak untuk kontrol. Variabel bebas pada penelitian ini terdiri dari pemberian berbagai dosis nutrien anorganik (0,2; 0,3 dan 0,4 kg/petak tanah) dan perlakuan

dibalik dan tidak dibalik. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Variabel terikat pada penelitian ini konsentrasi minyak mentah yang tersisa, perlakuan percobaan dilapangan dilakukan secara acak dengan cara diundi. Sedangkan pengukuran respon, yaitu melihat konsentrasi minyak mentah (g/kg tanah) yang dilakukan dengan mengambil sampel tanah setiap petak pada minggu ke 2 dan minggu ke 6. Pengukuran secara periodik dengan menggunakan GCMS merupakan respon percobaan yang diteliti. Data yang diperoleh dari pengukuran tersebut kemudian diuji secara statistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

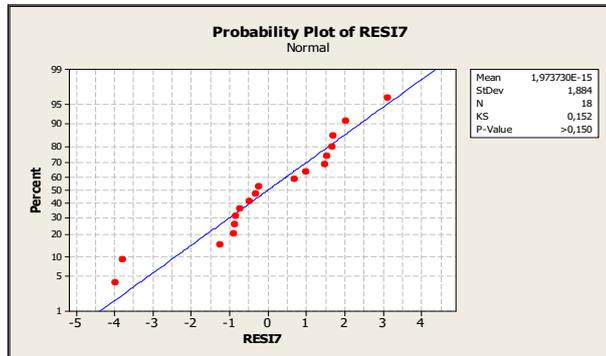
Konsentrasi minyak mentah setelah dilakukan pengukuran untuk masing-masing petak dengan menambahkan nutrien anorganik diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Minyak Mentah Setelah Diukur dengan Menggunakan GCMS

Nutrien (kg/petak)	Perlakuan tanah	Sampling Awal (gr/kg tanah)	Sampling Akhir (gr/kg tanah)
0.2	tidak dibalik	37.37877	31.26572
0.4	dibalik	31.37788	28.36924
0.2	dibalik	32.33234	27.42568
0.4	dibalik	33.33511	27.36112
0.2	tidak dibalik	32.31235	28.82345
0.4	tidak dibalik	35.33545	30.26734
0.3	tidak dibalik	31.31234	27.56742
0.2	tidak dibalik	34.51933	29.63214
0.2	dibalik	30.24945	24.36789
0.2	dibalik	31.11141	27.30611
0.4	tidak dibalik	35.1125	30.31345
0.3	dibalik	32.33132	25.72557
0.4	tidak dibalik	33.33132	30.63621
0.3	dibalik	32.21121	25.16427
0.4	dibalik	30.87024	24.62712
0.3	tidak dibalik	32.93129	25.56782
0.3	dibalik	31.60264	25.14146
0.3	tidak dibalik	33.5731	27.02451
kontrol	-	40.0384	39.89679

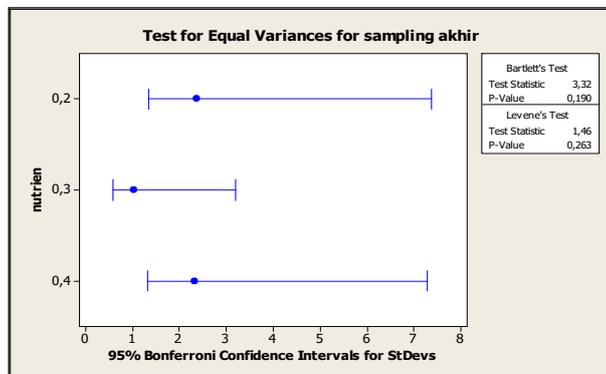
Dari sampling awal (setelah dua minggu) dan sampling akhir (setelah enam minggu) pada percobaan terlihat penurunan konsentrasi minyak mentah setelah diberi nutrien anorganik dengan level-level yang telah ditentukan yaitu 0,2; 0,3 dan 0,4 kg/petak, dimana konsentrasi awal terlihat pada kontrol. Untuk mengetahui apakah pemberian

nutrien anorganik tersebut berpengaruh terhadap konsentrasi minyak mentah, maka dilakukan analisis menggunakan one way manova. Diperoleh output seperti Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Uji Kenormalan

Dari output di atas diperoleh uji kenormalan residual dan uji kehomogenan varians serta anova. Terlihat bahwa residual sudah berdistribusi normal (p-value>0.05) serta varians sudah homogen (p-value >0.05). Sedangkan dari anova dapat diketahui bahwa P untuk nutrisi sebesar 0.093 (kurang dari alpha yang ditetapkan yaitu 10%) sehingga dapat diartikan bahwa pemberian nutrisi berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi minyak mentah.



Gambar 3. Uji Kehomogenan Varians

Tabel 2. One-way ANOVA: Sampling Akhir Versus Level Nutrien

Source	DF	SS	MS	F	P
nutrien	2	22,43	11,22	2,79	0,093
Error	15	60,33	4,02		
Total	17	82,76			

S = 2,005 R-Sq = 27,10% R-Sq(adj) = 17,38%

Penambahan nutrisi anorganik ternyata berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi

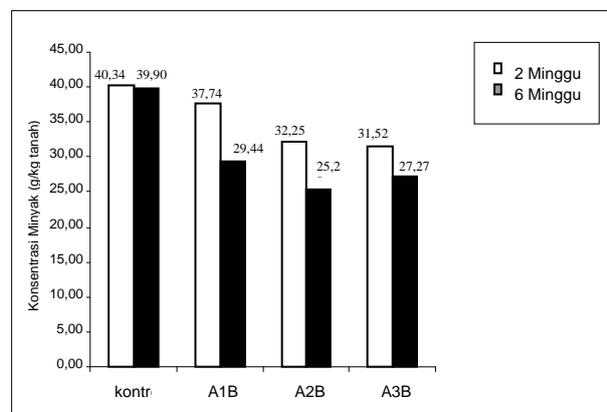
minyak mentah, untuk mengetahui bagaimana level-level nutrisi berpengaruh terhadap sampling akhir dapat dilihat dari (Tabel 3). Output dari (Tabel 3) dapat dilihat bahwa level penambahan nutrisi yang berpengaruh adalah level 2 dengan konsentrasi 0,3 kg/petak (dapat dilihat dari kolom sig, kurang dari 0,1). Level 2 tersebut memberikan penurunan sebesar kurang lebih 200% terhadap konsentrasi minyak, dapat dilihat pada kolom *contrast estimate* yang bernilai -2,105 (Tabel 3).

Tabel 3. K Matrik Pengaruh Level Nutrien Terhadap Penurunan Konsentrasi Minyak

Contrast Results (K Matrix)			Dependent Variable
			sampling akhir
nutrient Simple Contrast ^a	Level 2 vs. Level 1	Contrast Estimate	-2.105
		Hypothesized Value	0
		Difference (Estimate - Hypothesized)	-2.105
		Std. Error	1.158
		Sig.	.089
		95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound Upper Bound
Level 3 vs. Level 1	Contrast Estimate		.459
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		.459
	Std. Error		1.158
	Sig.		.697
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound Upper Bound	-2.009 2.927

a. Reference category = 1

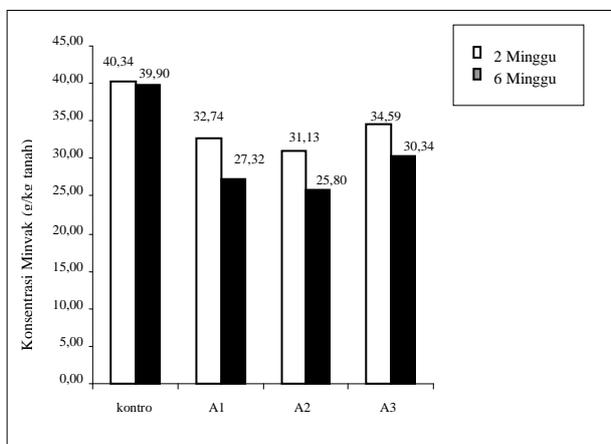
Penambahan nutrisi anorganik ke dalam tanah dengan perlakuan pembalikan tanah mampu menurunkan konsentrasi minyak mentah dalam tanah. Pada level 2, yaitu penambahan nutrisi 0,3 kg/petak (A2B) penurunan konsentrasi minyak lebih besar dari konsentrasi awal (sampel kontrol) dibanding level penambahan nutrisi yang lain, terlihat pada (Gambar 4).



Keterangan: A1=0,2 ; A2=0,3 ; A3=0,4 (kg/petak)

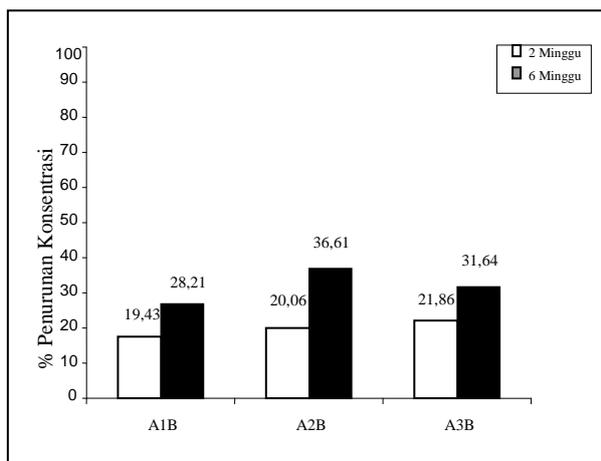
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Minyak terhadap Penambahan Nutrien Pada Treatment Tanah Dibalik

Hal yang sama juga terlihat pada perlakuan tanah tidak dibalik (Gambar 5). Namun apabila diperhatikan antara perlakuan dibalik (Gambar 4) dan tidak dibalik (Gambar 5) terjadi perbedaan pada konsentrasi minyak mentah, dimana untuk perlakuan tanah yang dibalik konsentrasi minyak mentah yang berada di tanah lebih rendah bila dibandingkan dengan konsentrasi minyak dengan perlakuan tanah tidak dibalik. Penjelasan yang dapat diberikan untuk fenomena ini adalah bahwa pada mikroba dengan perlakuan tanah dibalik memperlihatkan hasil lebih baik, hal ini karena mikroba mendapatkan transfer oksigen lebih banyak. Oksigen dibutuhkan oleh bakteri sebagai akseptor elektron untuk menghasilkan energi dan reaksi enzimatik tertentu. Kebutuhan oksigen



Keterangan: A1=0,2; A2= 0,3; A3=0,4 (kg/petak)

Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Minyak terhadap Penambahan Nutrien Pada Treatment Tanah Tidak Dibalik

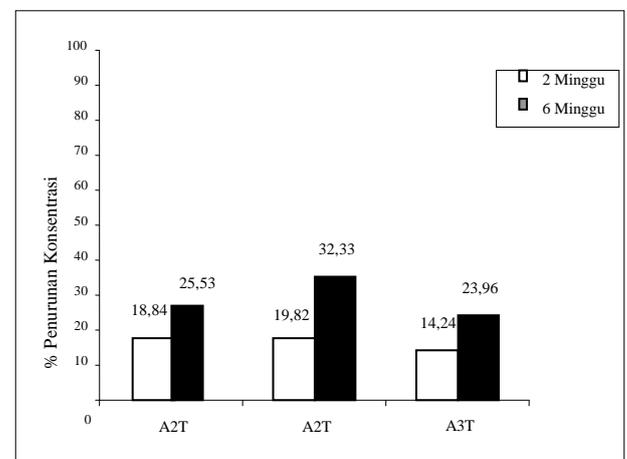


Keterangan: A1=0,2; A2= 0,3; A3=0,4 (kg/petak)

Gambar 6. Prosentase Penurunan Konsentrasi terhadap Penambahan Nutrien Pada Treatment Tanah Dibalik

sangat tergantung pada jenis dan jumlah sel bakteri, serta kandungan senyawa dalam polutan (Shuler dan Kargi, 1992).

Gambar 6 menunjukkan perlakuan tanah dibalik dengan penambahan nutrien anorganik level 2 (konsentrasi 0,3 kg/petak) pada waktu 6 minggu, penurunan konsentrasi minyak mentah mencapai 36,61%. Sedangkan pada penambahan level 3 (konsentrasi 0,4 kg/petak) pada waktu 6 minggu penurunan konsentrasi minyak mentah mencapai 31,64%. Untuk penambahan nutrien anorganik level 1, yaitu konsentrasi 0,1 kg/petak waktu 6 minggu penurunan konsentrasi minyak mentah mencapai 28,21%.



Keterangan : A1=0,2; A2= 0,3; A3=0,4 (kg/petak)

Gambar 7. Prosentase Penurunan Konsentrasi Terhadap Penambahan Nutrien Pada Treatment Tanah Tidak Dibalik

Terlihat pada Gambar 7, bahwa pada perlakuan tanah tidak dibalik penambahan nutrien anorganik level 2 (konsentrasi 0,3 kg/petak) dalam waktu 6 minggu penurunan konsentrasi minyak mentah mencapai 32,33%. Sementara pada penambahan nutrien anorganik level 3 dalam waktu yang sama penurunan konsentrasi minyak mentah sebesar 23,96%. Sedangkan penambahan nutrien anorganik level 1 penurunannya mencapai 25,53%.

Dari Gambar 6 dan 7 dapat diketahui bahwa nutrien anorganik mampu menstimulasi mikroba tanah asal untuk menurunkan konsentrasi minyak mentah. Hal ini terjadi karena nutrien anorganik menyediakan unsur-unsur penting yang dibutuhkan oleh mikroba seperti N, P dan K. Unsur-unsur tersebut mendukung pertumbuhan dan aktifitas mikroba dalam mendegradasi minyak mentah.

Penambahan nutrisi anorganik pada bioremediasi tumpahan minyak mentah mampu menstimulasi pertumbuhan mikroba tanah, sehingga minyak mentah di tanah berfungsi sebagai substrat. Dalam waktu enam minggu, bioremediasi dengan treatment tanah dibalik mampu menurunkan konsentrasi minyak hingga 36,61% dari konsentrasi awal. Pada perlakuan tanah tidak dibalik hasil penurunan konsentrasi 32,33% dari konsentrasi awal. Sehingga perlakuan dengan pembalikan tanah menunjukkan hasil yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Proses bioremediasi pada tumpahan minyak mentah dengan metode biostimulasi memberikan indikasi nutrisi anorganik dapat digunakan sebagai sumber nutrisi. Hal ini terlihat dalam jangka waktu 6 minggu mampu menurunkan konsentrasi minyak mentah sampai dengan 36,61% dari konsentrasi awal. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan nutrisi anorganik berpengaruh terhadap proses bioremediasi dengan teknik biostimulasi. Dengan treatment pembalikan tanah menunjukkan hasil yang diperoleh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Delille Daniel., Frederic Coulon., Emilien Pelletier, (2004). **Effects of Temperature Warning During a Bioremediation Study of Natural and Nutrient-Amended Hydrocarbon Contaminated Sub-Antarctic Soil**, *Cold Regions Science and Technology* 40-p.61-70.
- Eweis, J.B., Ergas, S.J., Chang, E.D.D.P.Y. Schoroeder, Ed. (1998). **Bioremediation Principles**, New York:Mc Graw-Hill, Inc.
- Hozumi, T., Tsutsumi, H., Kono, M. (2000). **Bioremediation on the Shore after an Oil Spill from the Nakhodka in the Sea of Japan. I. Chemistry and Characteristics of Heavy Oil Loaded on The Nakhodka and Biodegradation Tests by a Bioremediation agent with Microbiological Cultures in the Laboratory**. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 40, No. 4, pp. 308-314.
- Head, I.M., Swannel, R.P.J. (1999). **Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants in Marine Habitats**. *Current Opinion in Biotechnology* 10, pp.234-239.
- Montgomery D. C. (2001). **Design and Analysis of Experiment 5^{ed}**, JohnWiley dan Sons, New York.
- Munawar dan Mukhtasor (2005). **Perkembangan Teknologi Bioremediasi untuk Penanggulangan Tumpahan Minyak di Wilayah Perisir**, *Makalah Pertemuan Ilmiah Tahunan II ISOI*.
- Pelletier, E., Delille, D., dan Delille, B. (2004). **Crude Oil Bioremediation in sub-Antarctic Intertidal Sediments: Chemistry and Toxicity of Oiled Residues**. *Marine Environmental Research* 57, pp. 311-327.
- Shuher, M. L. dan Kargi, F. (1992), **Bioprocess Engineering**, New Jersey, Prentice Hall PTR.
- Triatmodjo, B. (1999). **Teknik Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta.
- Venosa, A.D., dan Zhu, X. (2003). **Biodegradation of Crude Oil Contaminating Marine Shorelines and Freshwater wetlands**. *Spill Science dan Technology Bulletin*, Volume 8, No. 2, pp. 163-178.