

BIOREMEDIASI TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI DENGAN BAKTERI PETROBA DAN BIOSURFAKTAN

Lilis Sugiarti¹⁾, Fadhilatut Tatqiroh dan Amry Syawalz

¹⁾Fakultas MIPA, UNB Bogor

Jl. KH. Soleh Iskandar Km 4 Cimanggu Bogor

Telp. 0252-8340217, 7535605

e-mail : lilis_suwarno@yahoo.co.id

ABSTRACT

Bioremediation of Contaminated Petroleum Soil with Petroba Bacteria and Biosurfactans

Petroleum industry activities often cause environmental pollution due to oil spills both on land and in water. Bandung Technology Institute have isolated several indigenous microba that capable in degrading petroleum named petroba. Petroba is reported able to degrade total petroleum hydrocarbons (TPH) in the sludge (thick mud) petroleum up to 98 % within 3 months. Along with the addition of biosurfactants, petroba expectedable to degrade TPH in a shorter time. The sample used in this study was a petroleum contaminated soil from Prabumulih South Sumatra. The study consisted of three treatments : 1) control (without bacteria and biosurfactant petroba), 2) the provision of biosurfaktan 600 ppm, 3) administration of petroba 50 ppm and 4) the provision of biosurfaktants 600 ppm and 50 ppm petroba. Preserved and maintained soil moisture reached 55 % and given the addition of NPK fertilizer by 0.1 % per month. The statistical design of this study was completely (Randomized Design (CRD)) with 3 replications. The variables measured were TPH, pH, TPC at beginning and the end of the process (week 10). Initial TPH in soil will do bioremediation was 5.27 % (moderate contamination). The results showed that up to 10 weeks in the treatment of bacterial administration go TPH from 5.27 % down to 1.43 % (71.73 % removal efficiency), giving only biosurfaktants down from 5.27 % to 1.93 % (removal efficiency of 63.38 %), the addition of biosurfaktant petroba the TPH levels dropped from 5.27 % to 0.80 %, (84.82 % removal efficiency) whereas in the control the TPH down 5.27 % down to 3.09 % (removal efficiency of 41.37 %). Total bacterial population was inversely related to decreased levels of TPH soil pH of 8.13 at the initial stage down to 6, except for the control of soil pH was still above 7.

Keyword : oil, microba, degrade, biosurfaktan, bacteria

ABSTRAK

Aktifitas industri perminyakan seringkali menimbulkan pencemaran lingkungan karena adanya tumpahan minyak baik di tanah maupun di perairan. ITB telah mengisolasi beberapa isolat mikroba indigenous yang mampu mendegradasi petroleum yang diberi nama petroba. Petroba ini dilaporkan mampu mendegradasi total petroleum hidrokarbon (TPH) pada *sludge* (lumpur kental) minyak bumi sampai 98% dalam waktu 3 bulan. Penambahan petroba bersamaan dengan biosurfaktan diharapkan mampu mendegradasi TPH dalam waktu yang lebih singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar TPH pada tanah terkontaminasi minyak bumi menggunakan bakteri petroba yang dikombinasi dengan biosurfaktan dalam waktu 10 minggu. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah terkontaminasi minyak bumi yang berasal dari Prabumulih Sumatera Selatan. Penelitian terdiri dari 3 perlakuan yaitu 1) kontrol (tanpa bakteri petroba dan biosurfaktan), 2) pemberian biosurfaktan 600 ppm, 3) pemberian bakteri petroba 50 ppm dan 4) pemberian biosurfaktan 600 ppm dan bakteri petroba 50 ppm. Kelembaban tanah dijaga dan dipertahankan mencapai 55% dan diberikan penambahan pupuk NPK sebesar 0,1 % setiap bulan. Rancangan penelitian ini menggunakan RAL, dengan 3 kali ulangan. Variabel yang diamati adalah TPH, pH, TPC awal dan akhir proses (sampai minggu ke-10). TPH awal pada tanah yang akan dilakukan bioremediasi adalah 5,27% (pencemaran tingkat sedang) dengan pH 8,13. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai minggu ke-10 pada perlakuan pemberian bakteri petroba saja TPH dari 5,27% turun menjadi 1,43% (efisiensi penurunan 71,73%), pemberian biosurfaktan saja TPH dari 5,27% turun menjadi 1,93% (efisiensi penurunan 63,38%), penambahan petroba dan biosurfaktan kadar TPH dari 5,27% turun menjadi 0,80%, (efisiensi penurunan 84,82%) sedangkan pada kontrol TPH dari 5,27% turun menjadi 3,09 % (efisiensi penurunan 41,37%). Jumlah populasi bakteri berbanding terbalik dengan penurunan kadar TPH. pH tanah dari 8,13 pada tahap awal turun sampai 6 kecuali pada kontrol pH tanah masih diatas 7.

Kata kunci : minyak, mikroba, degradasi, biosurfaktan, bakteri

PENDAHULUAN

Aktifitas industri perminyakan seringkali menghasilkan limbah berupa tumpahan minyak baik di tanah maupun di perairan (Udiharto, 1996). Penanganan limbah yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berbahaya bagi makhluk hidup (Herdiyantoro, 2005). Alternatif lain yang dapat digunakan dalam penanggulangan pencemaran minyak bumi adalah teknologi bioremediasi yaitu penggunaan bakteri yang dalam aktivitasnya mampu memanfaatkan hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi kemudian mengubahnya menjadi CO_2 , H_2O dan biomassa sel. ITB telah memproduksi "petroba" yaitu suatu biakan mikroba yang mengandung puluhan jenis isolat mikroba indigenous yang mampu mendegradasi petroleum. Hasil pengujian di laboratorium maupun di lapangan dilaporkan bahwa petroba yang diujikan pada *sludge* (lumpur kental) minyak bumi dapat mendegradasi total petroleum hidrokarbon (TPH) sampai 98% dalam waktu 3 bulan. Karakteristik minyak bumi yang tidak larut dalam air dan terjerap pada partikel tanah dapat mengurangi bioavailabilitas bakteri dalam memanfaatkan hidrokarbon sehingga menjadi faktor pembatas laju biodegradasi. Hal ini disebabkan karena aktivitas bakteri dalam biodegradasi berlangsung pada antar muka air-minyak dalam larutan tanah (Wick *et al.*, 2001). Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan mengaplikasikan surfaktan, yaitu suatu molekul yang mempunyai bagian hidrofilik dan hidrofobik yang mampu menurunkan tegangan antar muka air dan minyak (Tiehm & Stieber, 2001). Penggunaan petroba atau biosurfaktan saja belum memberikan hasil yang memuaskan terutama dalam segi waktu dalam menurunkan kadar TPH yang terdapat pada tanah yang terkontaminasi minyak bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar TPH pada tanah terkontaminasi minyak bumi menggunakan bakteri petroba yang

dikombinasi dengan biosurfaktan dalam waktu 10 minggu.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah terkontaminasi minyak bumi yang berasal dari Prabumulih Sumatera Selatan, berasal dari kebocoran pipa-pipa di Pertamina EP(Eksplorasi) Prabumulih, bakteri yang digunakan adalah bakteri indigenous yang diperoleh dari Laboratorium ITB dengan nama petroba dalam bentuk padatan, biosurfaktan, pupuk NPK, media PCA, dan pepton water. Peralatan yang digunakan adalah bak plastik, sprayer, waterbath merek MEMMERT, kondensor, oven merek MEMMERT, soil tester model DM-5, inkubator, cawan petri, coloni counter dan pengaduk.

Metode Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan, yaitu: tanah terkontaminasi 1) ditambahkan petroba 50 ppm, 2) ditambahkan biosurfaktan 600 ppm, 3) ditambahkan bakteri petroba 50 ppm dan biosurfaktan 600 ppm dan 4) kontrol (tanpa penambahan biosurfaktan dan petroba) dengan 3 kali ulangan. Variabel yang diamati adalah TPH, pH, TPC awal dan akhir proses (minggu ke-10). Kondisi lingkungan yaitu kelembaban yang dikontrol setiap hari (dengan mempertahankan kondisi kelembaban 55%) dipantau menggunakan soil tester. Tanah dipupuk sebulan sekali dengan pupuk NPK 0,1%. Penurunan TPH dan pH dilihat secara berkala 2 minggu sekali. Penetapan kadar TPH menggunakan metode ekstraksi soklet.

Cara Kerja

Tanah terkontaminasi minyak bumi dihaluskan dan dihomogenkan dengan cara diaduk, kemudian ditimbang 1kg dimasukkan kedalam bak plastik.

Bakteri petroba 50 ppm ditambahkan kedalam tanah terkontaminasi dan ditebar secara merata dan diaduk. Penambahan petroba dilakukan setiap bulan. Untuk perlakuan penambahan biosurfaktan 6000 ppm kedalam tanah dilakukan dengan menggunakan syringe. Penambahan biosurfaktan dilakukan setiap bulan. Penambahan nutrisi dilakukan pada semua perlakuan dengan menggunakan pupuk NPK dengan dosis 0.1%. Penambahan pupuk dilakukan setiap bulan. Penyiraman dan pengadukan dilakukan setiap hari dengan rata-rata kelembaban 55% dengan menggunakan soil tester. Pengamatan yang dilakukan meliputi pH, kelembaban, TPH dan TPC.

Pengukuran TPH

Sampel tanah kering ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan kedalam selongsong, kemudian selongsong ditutup dengan kapas. Labu didih ditimbang. Selongsong dan labu didih ditempatkan pada peralatan ekstraksi. Sampel diekstraksi selama 7 jam menggunakan pelarut hexan: aceton 1:1 pada suhu 95°C. Hasil ekstraksi di dalam labu didih dimasukkan kedalam oven dengan suhu 90°C, kemudian didinginkan dan ditimbang sampai diperoleh bobot tetap. Hasil ekstraksi kemudian dilarutkan dengan heksan, disaring menggunakan silika dan ditampung menggunakan beaker glass yang sudah diketahui berat keringnya. Hasil yang sudah disaring dioven dengan suhu 60-70°C, kemudian didinginkan dan ditimbang. Pengeringan sampel diulangi sampai diperoleh bobot tetap. Pengukuran TPH dilakukan setiap 2 minggu sekali.

$$\% \text{ TPH} = \frac{(M1-M0)}{M2} \times 100\%$$

Keterangan :

M0 = Bobot beaker kosong (g)

M1 = Bobot beaker berisi ekstrak sampel

M2 = bobot tanah (g)

Analisis TPC

Sampel ditimbang secara aseptik sebanyak 10 g kedalam erlenmayer steril, ditambahkan 90 ml pepton water, dikocok sampai tercampur homogen (Sebagai pengenceran 10^{-1}). 2 tabung reaksi steril disiapkan yang masing – masing telah berisi 9 ml pepton water untuk pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} . Satu ml larutan suspensi pengenceran 10^{-1} dipipet, dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml pepton water dan dihomogenisasi (pengenceran 10^{-2}). Satu ml larutan suspensi pengenceran 10^{-2} dipipet dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml pepton water dan dihomogenisasi (pengenceran 10^{-3}). Masing-masing pengenceran dipipet 1 ml dan dimasukkan kedalam cawan petri steril, ditambahkan masing-masing 15-20 ml media PCA. Media dicampur dengan cara menggoyang cawan secara merata, didiamkan hingga memadat lalu ditutup. Sebagai kontrol dimasukan 1 ml pepton water kedalam cawan petri steril, ditambahkan 15-20 ml media PCA digoyang cawan agar merata lalu didiamkan hingga memadat (sebagai kontrol terhadap larutan pengencer). Sebagai konntrol media, cawan hanya berisi media PCA saja. Semua cawan diinkubasi pada suhu 30 °C - 35°C selam 48 jam. Jumlah koloni bakteri diamati dan dihitung menggunakan colony Counter.

Pengukuran pH Tanah (SNI 06-6989.11-2004)

Sampel tanah kering udara ditimbang \pm 10 gram, ditambahkan 25 ml air suling lalu dikocok selama 30 menit dengan pengaduk magnetik. pH larutan kemudian diukur dengan pH meter yang sebelumnya dikalibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH

Hasil pengamatan pH pada penelitian ini sampai minggu kesepuluh

pada berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 1.

pH merupakan salah satu faktor yang penting dalam penurunan biodegradasi TPH. Pada gambar 1 terlihat pada semua perlakuan terjadi penurunan pH dari sekitar 8 menjadi 7-6. Penurunan pH terbesar terlihat pada perlakuan 3 yaitu penambahan kombinasi petroba dan biosurfaktan, dilanjutkan perlakuan 1 (penambahan petroba), perlakuan 2 (penambahan biosurfaktan) dan terakhir pada kontrol.

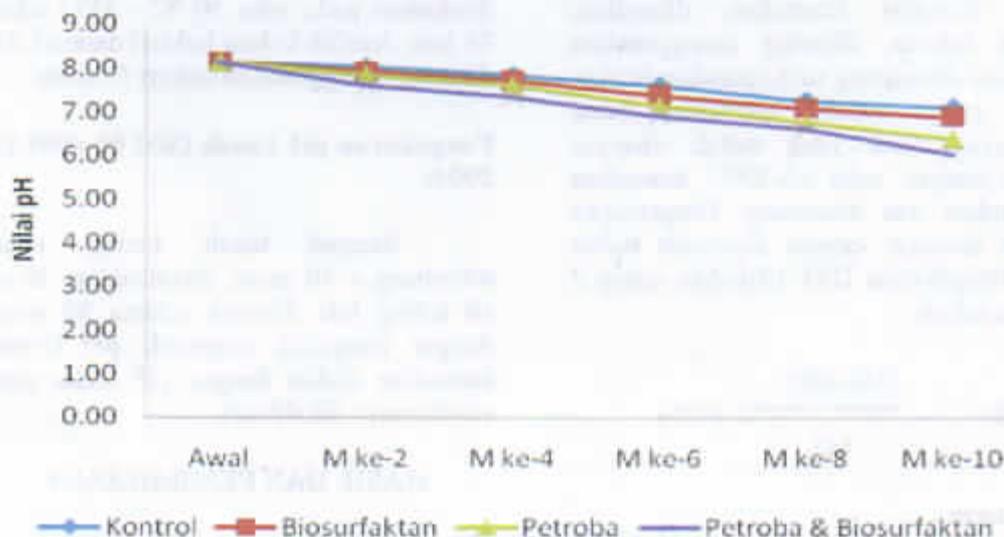
Pada perlakuan penambahan kombinasi petroba dan biosurfaktan selama 10 minggu terjadi penurunan nilai pH 8,13 menjadi 6,02. Adanya penambahan kombinasi bakteri petroba dan biosurfaktan menyebabkan penurunan nilai pH menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga perlakuan diatas. Adanya penurunan nilai pH menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme, membentuk metabolit-metabolit asam. Mikroorganisme akan mengkonsumsi hidrokarbon sebagai sumber karbon untuk menghasilkan energi bagi kelangsungan hidupnya dan akan mengeluarkan metabolit-metabolit kedalam media, yaitu dapat berupa gas CO_2 , H_2O , biomassa, dsb. Gas CO_2 yang

dikeluarkan akan bereaksi dengan H_2O dan menghasilkan asam (H^+) yang dapat menurunkan pH (Styani, 2008).



Oleh karena itu, selama proses bioremediasi berlangsung, akan terjadi penurunan pH. Besarnya penurunan nilai pH yang dihasilkan oleh keempat perlakuan tersebut berbeda-beda tergantung pada besarnya presentase biodegradasi dan bakteri yang mendegradasinya. Semakin tinggi aktivitas bakteri pendegradasi hidrokarbon maka semakin tinggi pula jumlah asam – asam organik yang dihasilkan dan mengakibatkan semakin besar penurunan pH (Styani, 2008).

Kebanyakan bakteri tumbuh pada pH netral atau sedikit alkali. pH berpengaruh pada fungsi seluler mikroorganisme, transport membrane dan keseimbangan reaksi (Sugoro, 2002). pH larutan mencerminkan kandungan yang terlarut didalamnya. Degradasi hidrokarbon lebih cepat dilakukan pada kondisi diatas 7 dibandingkan pH dibawah 5.



Gambar 1. Grafik Penurunan pH Tanah Terkontaminasi Pada Berbagai Perlakuan sampai Minggu ke 10

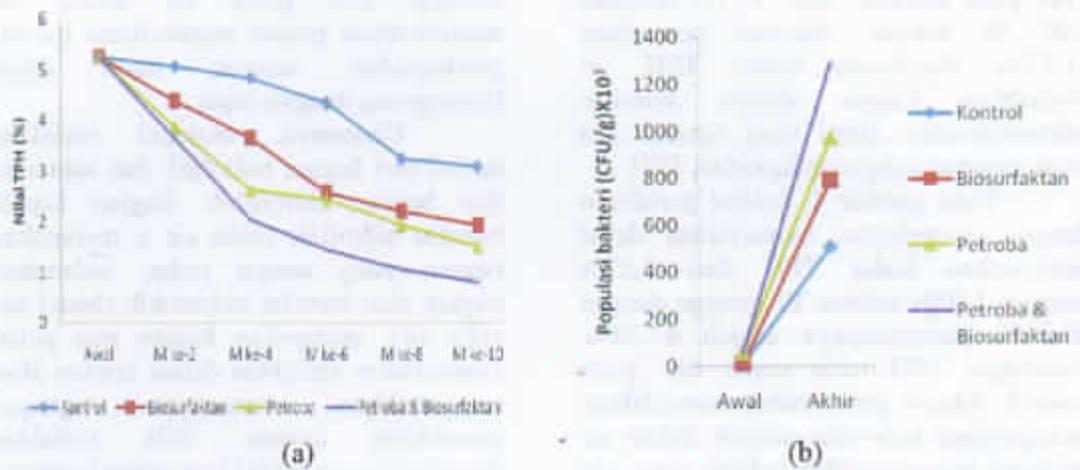
Kadar TPH

Kadar TPH diamati setiap 2 minggu sekali sampai minggu ke-10. Analisis kadar TPH ini dilakukan untuk melihat kemampuan degradasi hidrokarbon. Hasil analisis kadar TPH pada ke empat perlakuan yang dicobakan sampai minggu ke-10 dapat dilihat pada Gambar 2.

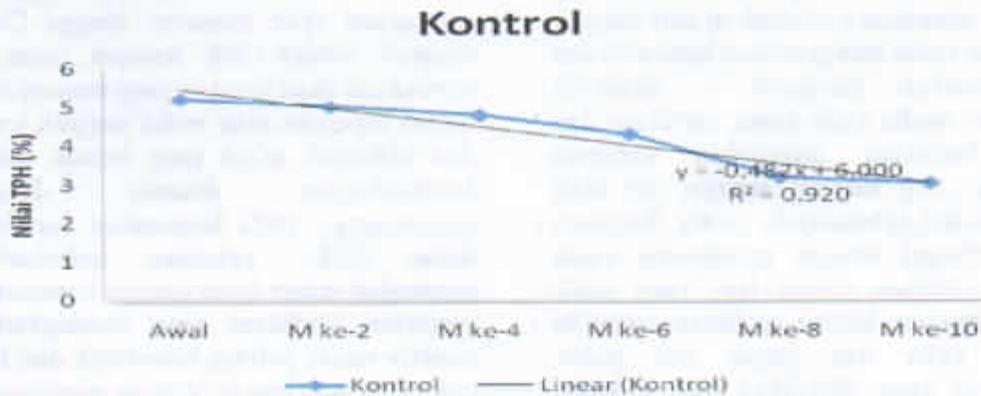
Kadar TPH awal pada tanah terkontaminasi minyak adalah 5,27 %. Menurut Keputusan Menteri Negara No 128 tahun 2003 menyatakan bahwa konsentrasi maksimum TPH awal sebelum proses pengolahan biologis tidak boleh lebih dari 15%. Kisaran nilai TPH awal

pada degradasi minyak bumi secara hayati adalah 2-10%. Kondisi ini merupakan kondisi yang tidak terlalu toksik untuk aktivitas bakteri yang menjadi persyaratan teknis pada proses bioremediasi (Jamilah.,2005).

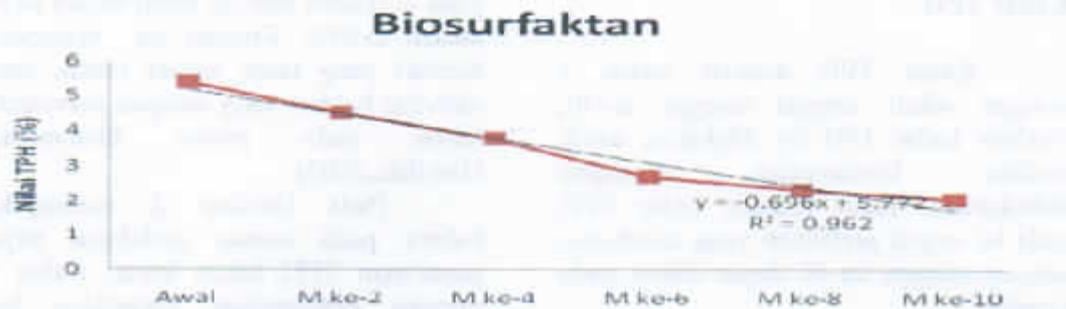
Pada Gambar 2, menunjukkan bahwa pada semua perlakuan terjadi penurunan TPH dalam kurun waktu 10 minggu pengamatan. Perbedaan hasil dalam proses biodegradasi dapat disebabkan karena adanya aktivitas mikroflora yang terkandung dalam lumpur berminyak itu sendiri yang turut berperan dalam mendegradasi hidrokarbon, maupun perbedaan komposisi dan struktur kimia lumpur berminyak (Syafrizal *et al.*,2010).



Gambar 2. (a) Grafik Penurunan Kadar TPH Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi pada Berbagai Perlakuan sampai minggu ke-10 dan (b) populasi bakteri awal dan akhir proses.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kadar TPH Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Pada Perlakuan Kontrol sampai minggu ke-10



Gambar 4. Grafik Penurunan Kadar TPH Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Pada Perlakuan Penambahan Biosurfaktan sampai minggu ke-10

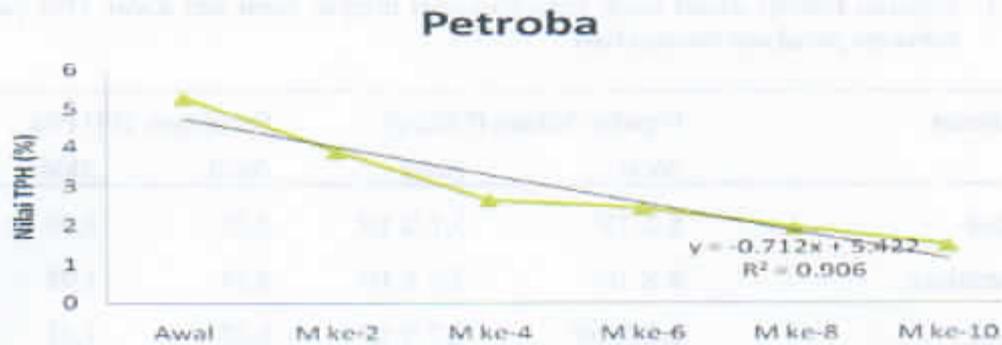
Pada gambar 3 terlihat penurunan TPH pada kontrol dari 5,27% menjadi 3,09 % dengan efisiensi penurunan 41,37%. Penurunan kadar TPH ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme alami yang berasal dari tanah tersebut yang mendegradasi TPH.

Pada gambar 4, terlihat perlakuan dengan penambahan biosurfaktan dapat menurunkan kadar TPH dari 5,27% menjadi 1,93% selama 10 minggu dengan efisiensi penurunannya adalah 63,38%. Penurunan TPH lebih cepat dari pada kontrol. Adanya penambahan biosurfaktan mempercepat kelarutan minyak dalam air sehingga mempermudah bakteri yang ada dalam tanah tersebut dalam mendegradasi hidrokarbon.

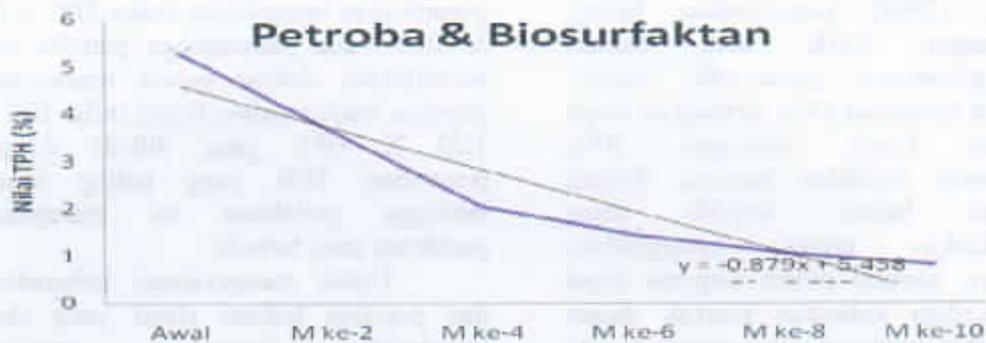
Menurut Udiharto *et al.*, (1995) selama proses biodegradasi berlangsung bakteri memakan hidrokarbon dari minyak buangan untuk menghasilkan biomassa dan mengeluarkan metabolit – metabolit kedalam media yaitu asam, surfaktan dan gas. Surfaktan merupakan senyawa organik yang bersifat sebagai zat aktif permukaan (Akhmaisayah, 2006). Senyawa ini berfungsi sebagai pendispersi suatu cairan kedalam cairan lain yang tidak saling campur, karena surfaktan memiliki gugus polar dan gugus non polar. Surfaktan yang dihasilkan oleh mikroba yang ada dalam tanah itu sendiri tidak mencukupi sehingga perlu penambahan surfaktan kedalam suatu campuran minyak dan air. Hal ini dimaksudkan agar substrat

(minyak) lebih larut dalam air. Larutnya substrat non polar ini dalam air menyebabkan proses metabolisme bakteri pendegradasi minyak bumi dapat berlangsung dengan cepat.

Umumnya, molekul surfaktan terdiri dari bagian hidrofilik dan satu atau dua bagian hidrofobik. Bagian kepala bersifat hidrofilik (suka air), merupakan bagian yang sangat polar, sedangkan bagian ekor bersifat hidrofobik (benci air/suka air), merupakan bagian non polar. Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi tertentu maka surfaktan akan mengagregasi membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan yang menunjukkan bahwa tegangan antar muka menjadi jenuh dan terbentuk misel yang berada dalam kesetimbangan dinamis dengan monomernya. Pada konsentrasi surfaktan diatas CMC, kelarutan hidrokarbon meningkat secara linier dengan konsentrasi surfaktan. Surfaktan dapat meningkatkan transfer massa polutan hidrofobik dari fase cair padat atau non air dengan mengurangi tegangan permukaan antar muka dengan mengunpulkan senyawa hidrofobik kedalam misel (Jing & Bing., 2009).



Gambar 7. Grafik Penurunan Kadar TPH Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Pada Perlakuan Penambahan Petroba sampai minggu ke-10



Gambar 8. Grafik Penurunan Kadar TPH Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Pada Perlakuan Penambahan Petroba dan Biosurfaktan sampai minggu ke-10

Pada gambar 7 terlihat bahwa pada perlakuan penambahan petroba selama 10 minggu menunjukkan penurunan TPH dengan efisiensi penurunan sebesar 71,73 % (dari 5,27% menjadi 1,49%). Adanya penambahan bakteri petroba lebih mempercepat penurunan kadar TPH dibandingkan kontrol maupun penambahan biosurfaktan. Semakin banyak jumlah bakteri terutama bakteri terpilih semakin mempercepat degradasi hidrokarbon.

Pada perlakuan ini, penambahan sel mikroba akan membanyak interaksi dengan partikel hidrokarbon yang lebih kecil dari pada sel. Hidrokarbon dapat teremulsi dan tersolubilisasi dengan adanya biosurfaktan yang dilepaskan oleh bakteri kedalam medium.

Pada gambar 8 terlihat bahwa penambahan kombinasi bakteri petroba dan biosurfaktan dapat menurunkan kadar TPH sebesar 84,82% (dari TPH 5,27%-0,80%) dalam waktu 10 minggu. Nilai ini telah mencapai standar yang ditetapkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup No 128 tahun 2003 yang menyatakan bahwa nilai akhir hasil olahan suatu lahan tercemar minyak bumi mulai bisa dimanfaatkan kembali jika kadar TPH dalam tanah tersebut mencapai 1% atau kurang dari 1%. Konsorsium bakteri terpilih dan biosurfaktan mampu menurunkan kadar TPH sampai dibawah 1% dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan ketiga perlakuan.

Tabel 1. Populasi Bakteri dalam tanah terkontaminasi minyak bumi dan kadar TPH pada beberapa perlakuan bioremediasi

Perlakuan	Populasi bakteri (CFU/g)		Penurunan TPH (%)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Kontrol	8×10^3	$5,1 \times 10^5$	5,27	3,09
Biosurfaktan	8×10^3	$7,9 \times 10^5$	5,27	1,93
Petroba	$5,8 \times 10^4$	$9,7 \times 10^5$	5,27	1,43
Petroba & Biosurfaktan	$5,8 \times 10^4$	$1,29 \times 10^6$	5,27	0,80

Penambahan surfaktan dapat meningkatkan laju biodegradasi. Boonchan *et al.*, (1998) menyebutkan bahwa biodegradasi PAHs oleh bakteri *Stenotrophomonas maltophilia* dengan surfaktan mencapai 67%, sedangkan tanpa surfaktan hanya mencapai 30%. Penggunaan surfaktan bersama dengan inokulasi bakteri terpilih dapat meningkatkan proses biodegradasi. Surfaktan, melalui proses disperse dapat meningkatkan kelarutan minyak dalam fase cairan sehingga permukaan minyak yang dapat didegradasi oleh bakteri bertambah (Sabagh & Atta, 1999).

Populasi Bakteri

Hasil perhitungan bakteri awal dan akhir proses pada berbagai perlakuan dapat dilihat di Tabel 1. Pada tabel 1 terjadi peningkatan populasi pada semua perlakuan yang menunjukkan bahwa bakteri dapat tumbuh dengan baik selama proses degradasi berlangsung.

Pada penambahan biosurfaktan populasi bakteri lebih tinggi dibandingkan kontrol yang menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan biosurfaktan, tegangan permukaan menjadi turun sehingga hidrokarbon lebih mudah didegradasi oleh bakteri dan sebagai sumber nutrisi. Adanya nutrisi yang mencukupi akan mampu menahan laju kematian.

Pada perlakuan penambahan bakteri petroba, populasi bakteri (nilai TPC = $9,7 \times 10^5$) pada akhir proses

(minggu ke-10) lebih tinggi dari pada populasi bakteri pada perlakuan penambahan biosurfaktan (nilai TPC = $7,9 \times 10^5$). Pada penambahan petroba dan biosurfaktan diakhir proses mempunyai populasi bakteri paling tinggi (nilai TPC = $1,29 \times 10^6$), yang diikuti dengan penurunan TPH yang paling besar, sehingga perlakuan ini merupakan perlakuan yang terbaik.

Untuk mengevaluasi keberadaan dan populasi bakteri alami yang akan memberikan kontribusi terhadap penurunan minyak bumi, bioremediasi dengan metode landfarming, akan efektif jika nilai TPC minimum 10^3 CFU/gram atau lebih. Jika nilai TPC kurang dari 10^3 CFU/gram, tidak direkomendasikan untuk dilakukan bioremediasi karena hal itu menunjukkan adanya konsentrasi racun organik atau anorganik (misalnya, senyawa logam) yang meracuni bakteri tersebut (EPA GUIDELINES, 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian selama sepuluh minggu, nilai akhir kadar TPH pada kontrol adalah 3,09 %, pada penambahan biosurfaktan 1,93%, penambahan petroba adalah 1,43% dan pada penambahan kombinasi petroba dan biosurfaktan 0,80%. Kombinasi petroba dan biosurfaktan memberikan hasil yang optimum dibandingkan ketiga perlakuan yang lain.

SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya dilakukan variasi penggunaan biosurfaktan dalam berbagai komposisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmaisyah. 2006. *Potensi Streptomyces sp. Isolat Lokal dalam Mendegradasi Limbah Minyak Bumi*. IPB. Bogor.
- Boonchan S, MI Britz & GA Stanley. 1998. Surfactan enhanced biodegradation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons *Stenotrophomonas maltophilia*. *Bioetchnol and bioengineering*. 59 : 482 – 494.
- EPA GUIDELINES. 2005. *Soil Bioremediation*. Australia.
- Herdiyantoro D. 2005. *Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Bacillus sp. Galur ICBB 7859 dan ICBB 7865 dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dengan Penambahan Surfaktan*. IPB. Bogor.
- Jamilah. 2005. *Potensi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Penambahan Surfaktan*. Fakultas MIPA. IPB. Bogor.
- Jing Ling Li & Bing Hung Chen. 2009. *Surfactan mediated Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hidrokarbon*. *Materials*.2, 76-94.
- Sabagh A & AM Atta. 1999. *Water Based Non-Ionic Polymeric Surfactants as oil Spill Dispersants*. *J Chem Technol Biotechnol*. 74 : 1075 – 1081
- Syafrizal, DS Rani & SA Rahayu. 2010. *Pemanfaatan Surfaktan dalam Pengolahan Limbah Berminyak secara Bioproses*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. Yogyakarta.
- Sugoro, I. 2002. *Bioremediasi 'Sludge' Limbah Minyak Bumi Tercemar dengan Teknik Landfarming dalam Skala Laboratorium*. ITB : Bandung.
- SNI 06-6989. 11-2004. *Cara Uji Derajat Keasaman Menggunakan pH Meter*. BSN
- Styani E. 2008. *Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Bacillus sp dan Pseudomonas sp*. *WARTA AKAB*. Akademi Kimia Analisis Bogor. Bogor. No 19 Hlm 47 – 58.
- Tiehm A & Stieber M. 2001. *Strategies to improve PAH bioavailability: addition of surfactants, ozonation and application of ultrasound*. Dalam Stegmann R, Brunner G, Calmano W, Matz G, editors. *Treatment of contaminated Soil*. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Milan, Paris, Singapore, Springer : Tokyo. Hlm 299 – 323.
- Udiharto M. 1996. *Bioremediasi minyak bumi*. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya. Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong. hlm 24 – 39.
- Wick LY, D Springael & H Harms. 2001. *Bacterial strategies to improve the bioavailability of hydrophobic organic pollutants*. Tokyo. Hlm 204 – 217.