

BIOREMEDIASI DENGAN PSEUDOMONAS PUTIDA TERHADAP PENCEMARAN TANAH MINYAK BUMI DENGAN BIOAUGMENTASI

Sulistiyorini, Dr. Ir. Munawar Ali., MT.

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
E-mail : sulistiyorini2511@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini fokus pada penyisihan hidrokarbon pada tanah tercemar tumpahan minyak bumi dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Dengan menggunakan teknik bioaugmentasi (penambahan bakteri). Sampel tanah tercemar diambil dari Penambangan Minyak Bumi di desa Wonocolo, Bojonegoro. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dengan meninjau konsentrasi pembubuhan bakteri ke dalam tanah tercemar tumpahan minyak dan pengaruh waktu dalam proses bioremediasi. Penelitian ini menggunakan reaktor pot plastik dengan diameter 14 cm dan tinggi 15 cm. Ada 10 reaktor, 9 reaktor perlakuan dan 1 reaktor blanko. Proses bioremediasi ini dilakukan dalam kondisi aerobik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar hidrokarbon pada sampel tanah tercemar tumpahan minyak bumi sebesar 7,2582%. Pada hari ke-26, penyisihan efektif terjadi pada reaktor dengan penambahan bakteri Pseudomonas putida dapat terdegradasi senyawa hidrokarbon dengan penyisihan mencapai 45,4%.

Kata kunci : Bioremediasi, Bioaugmentasi, Minyak bumi, Total Petroleum Hydrocarbon (TPH).

ABSTRACT

This study focuses on the removal of hydrocarbons in oil-contaminated soil by utilizing the activity of microorganisms by using bioaugmentation techniques (addition of bacteria). Polluted soil samples were taken from petroleum mining in Wonocolo Village, Bojonegoro. This study aims to determine the decrease in Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) by reviewing the concentration of bacterial affixment into the soil contaminated with oil spills and the influence of time in the bioremediation process. This study uses a plastic pot reactor with a diameter of 14 cm and a height of 15 cm. There are 10 reactors, 9 treatment reactors, and 1 blank reactor. This bioremediation process is carried out in aerobic conditions. The results of this study indicate that the levels of hydrocarbons in contaminated soil samples of petroleum spills are 7.2582%. On the 26th day, effective removal occurred in the reactor with the addition of Pseudomonas putida bacteria which could be degraded by hydrocarbon compounds with an allowance of up to 45.4%.

Keywords: bioremediation, bioaugmentation, petroleum, Total Hydrocarbon Petroleum (TPH)

PENDAHULUAN

Limbah minyak bumi dapat terjadi di semua aktivitas perminyakan mulai dari eksplorasi sampai ke proses pengilangan dan berpotensi menghasilkan limbah berupa lumpur minyak bumi (oil sludge). Tumpahan tersebut merupakan polutan yang dapat mengganggu ekosistem pada wilayah yang terkontaminasi. Tanah yang tercemar limbah hidrokarbon akan membahayakan karena senyawa hidrokarbon bersifat toksik dan karsinogenik (Zam, 2011) sehingga dapat mematikan organisme-organisme yang terdapat di wilayah tersebut (Priadie, 2012).

Pada saat ini proses pemulihan kondisi tanah yang paling diminati yaitu dengan cara biologi. Adapun cara biologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah bioremediasi. Bioremediasi adalah proses pemulihan lahan yang tercemar dengan mengeksplorasi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Hal tersebut dikarenakan setiap spesies mikroorganisme membutuhkan substrat yang spesifik untuk mendegradasi keseluruhan komponen penyusun minyak bumi (Marsandi, 2016). Kontaminan tersebut diolah dan direduksi hingga konsentrasi nilai *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) mempunyai persyaratan nilai akhir kurang dari 1% sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi Secara Biologis.

Salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas bioremediasi adalah kebutuhan nutrisi untuk menunjang aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi. Mikroorganisme yang umum digunakan dalam proses bioremediasi limbah pengilangan minyak bumi adalah mikroorganisme hidrokarbonoklastik.

Mikroorganisme ini memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam limbah tersebut (Davids, 1967). Secara alami mikroorganisme ini memiliki kemampuan untuk mengikat, mengemulsi, mentranspor, dan mendegradasi hidrokarbon. Bakteri ini mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan cara memotong rantai hidrokarbon tersebut menjadi lebih pendek dengan melibatkan berbagai enzim. Sintesis enzim-enzim tersebut dikode oleh kromosom atau plasmid, tergantung pada jenis bakterinya (Ashok *et al.*, 1995).

Tambang minyak bumi di Kabupaten Bojonegoro yang terdapat di wilayah kecamatan Kadewan memiliki 74 unit sumur meliputi Desa Wonocolo 44 sumur dengan kapasitas produksi 25.771 liter/hari, Desa Hargomulyo 18 sumur dengan kapasitas produksi 12.771 liter/hari dan Desa Beji 12 sumur dengan kapasitas produksi 8.249 liter/hari. Pada setiap kegiatan penambangan di sumur bor (*cutting*) tersebut, terdapat tumpahan minyak pada lahan sekitar akibat proses pengakutan minyak, baik melalui pipa, alat angkut, maupun ceceran akibat proses pemindahan (Nugroho, 2006).

Biodegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat pada limbah pengilangan minyak bumi dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia, dan biologi. Faktor fisika-kimia yang berpengaruh terhadap biodegradasi hidrokarbon antara lain komposisi dan struktur kimia hidrokarbon, suhu, oksigen, salinitas, pH, nutrisi, cahaya, dan tekanan osmotik. Umumnya kecepatan degradasi minyak bumi oleh bakteri aerob berlangsung optimal pada suhu sekitar antara 15-30°C. Suhu yang melebihi titik ini dapat meningkatkan kecepatan degradasi hidrokarbon secara maksimum, biasanya pada kisaran 30-40°C. Suhu yang melebihi titik ini dapat meningkatkan toksisitas membran mikroorganisme (Bossert & Bartha, 1984).

TPH adalah campuran bahan kimia, namun sebagian besarnya berasal dari hidrogen dan karbon, sehingga disebut hidrokarbon. Para ilmuwan membagi TPH ke dalam kelompok *petroleum hydrocarbon* yang serupa pada tanah atau air. Kelompok ini dinamakan *petroleum hydrocarbon fractions*. Setiap fraksi mengandung banyak bahan kimia. Beberapa kandungan bahan kimia yang terdapat di TPH adalah *hexane, jet fuel, mineral oils, benzene, toluene, xylenes, naphthalene*, dan *florene*, seperti halnya kandungan produk *petroleum* dan bensin lainnya (*Agency for Toxic Substance and Disease Registry*, 1999).

Salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas bioremediasi adalah kebutuhan nutrisi untuk menunjang aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi. Mikroorganisme yang umum digunakan dalam proses bioremediasi limbah pengilangan minyak bumi adalah mikroorganisme hidrokarbonoklastik. Mikroorganisme ini memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam limbah tersebut (Davids, 1967). Secara alami mikroorganisme ini memiliki kemampuan untuk mengikat, mengemulsi, mentranspor, dan mendegradasi hidrokarbon. Bakteri ini mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan cara memotong rantai hidrokarbon tersebut menjadi lebih pendek dengan melibatkan berbagai enzim. Sintesis enzim-enzim tersebut dikode oleh kromosom atau plasmid, tergantung pada jenis bakterinya (Ashok *et al.*, 1995).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode landfarming di Laboratorium Riset, Jurusan Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Jatim, Surabaya dengan menggunakan tanah tercemar tumpahan minyak bumi yang diperoleh dari lahan pengeboran minyak bumi di desa Wonocolo, Kadewan, Bojonegoro. Sedangkan biakan murni bakteri *Pseudomonas putida* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh

dari Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

1. Seeding dan Aklimatisasi

Bakteri yang akan digunakan dalam proses bioremediasi didapat dari kultur murni. Fungsi dari pembenihan (seeding) untuk memperbanyak bakteri yang akan dipergunakan dalam proses bioremediasi. Pembenihan (seeding) dengan metode aerasi yang ditambah nutrisi agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Aklimatisasi merupakan tahap awal pada penelitian pendahulu. Yang bertujuan agar bakteri *Pseudomonas putida* dapat menyesuaikan dalam kondisi tanah yang tercemar senyawa hidrokarbon. Dengan diberi nutrisi berupa air gula dan *crude oil* sedikit demi sedikit sebagai sumber karbon utama dan NH_4Cl sebagai unsur nitrogen, dan KH_2PO_4 sebagai unsur fosfat agar dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan baik.

2. Proses Bioremediasi

Tanah yang tercemar tumpahan minyak bumi yang sudah ditetapkan konsentrasi senyawa hidrokarbon *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) di tempatkan dalam pot sebanyak 9 buah sebagai sampel dan 1 buah sebagai blanko. Masing-masing pot berisi tanah tercemar seberat 2 kg. Tanah tercemar tersebut diberi bakteri *Pseudomonas Putida* dengan variasi konsentrasi 4%, 8%, 12% (v/b). Mengaduk tanah tercemar tersebut yang telah diisi bakteri. Melakukan proses aerasi dengan cara membolak-balikan tanah tercemar setiap 24 jam sekali. Menjaga kondisi lingkungan (suhu, pH, kelembapan). Menentukan pencemar hidrokarbon TPH setiap 6 hari sekali sampai hari ke 26 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. pH

Nilai pH tersebut netral dan berada pada kisaran pH optimum (6-8) untuk bioremediasi. Bila nilai pH menurun, hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar karbon pada saat penambahan bakteri. Karena pada saat aklimatisasi bakteri pH nya cenderung asam yang disebabkan oleh terbentuknya asam-asam organik. Namun

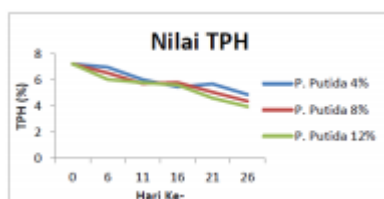
pada selama proses bioremediasi, rata-rata nilai mengalami kenaikan pH. Peningkatan nilai pH menandakan adanya peningkatan aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik serta menunjukkan bahwa perombakan bahan organik senyawa karbon menjadi asam organik tidak lagi menjadi proses yang dominan dan telah terjadi pembentukan senyawa ammonium yang dapat meningkatkan nilai pH (Ismayana et al., 2012).

Setelah mengalami kenaikan pada hari ke-16, nilai pH cenderung mengalami penurunan pada hari ke-21 ini disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang menghasilkan asam organik dan menguapkan gas CO₂. Pada hari ke-26, menunjukkan hasil bahwa semua reaktor memiliki rentang pH netral yaitu berkisar pada. Hal ini diakibatkan oleh dihasilkannya CO₂ dan air dari metabolisme mikroorganisme. Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, nilai pH dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme. Perubahan pH terjadi karena dekomposisi material organik yang menghasilkan senyawa asam organik, itu yang menyebabkan nilai pH turun.

2. Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon

Menggunakan *Pseudomonas putida* Biodegrasi hidrokarbon minyak bumidilakukan dengan menambahkan sejumlahbakteri *Pseudomonas putida* dalam tanahyang tercemar minyak bumi. Variabel yangdiamati dalam penelitian ini adalahdegradasi minyak bumi yang digambarkan dengan penurunan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH). Pengamatan nilai TPH dilakukan selama 26hari.

Nilai TPH



Gambar 4.1 Hubungan antara waktu bioremediasi dengan penurunan TPH pada variasi jumlah bakteri *Pseudomonas putida*.

Berdasarkan grafik hubungan antara waktu bioremediasi dan persen penurunan TPH pada variasi jumlah bakteri yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 menjelaskan bahwa adanya penurunan kandungan TPH pada tanah tercemar minyak bumi selama proses bioremediasi. Hal ini ditunjukkan dari nilai persen penurunan TPH yang cenderung menurun pada tiap reaktornya. Kemampuan bakteri *Pseudomonas putida* untuk mendegradasi TPH jika dilihat melalui grafik pada gambar 4.1 yang cenderung terjadi penurunan. Dari Gambar 4.3 dapat dibuktikan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon (TPH). Pada penambahan bakteri fase cair sebesar 4% penyisihan TPH di hari ke-26 mencapai 32,6%. Pada penambahan bakteri fase cair sebesar 8% penyisihan TPH di hari ke-26 mencapai 39,6%. Dan pada penambahan bakteri fase cair sebesar 12% penyisihan TPH di hari ke 26 mencapai 45,4%. Dapat disimpulkan bila semakin banyak penambahan konsentrasi bakteri, maka semakin meningkat persen penyisihan TPH. Pernyataan tersebut hanya berlaku pada penelitian ini, karena pada titik tertentu ada batas penambahan bakteri yang sesuai. Hal tersebut tergantung dari kemampuan bakteri dalam mendegradasi bahan pencemar.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses bioaugmentasi dalam bioremediasi dapat meningkatkan penurunan senyawa hidrokarbon yang ada pada tanah tercemar tumpahan minyak bumi.
2. Hasil terbaik pada penelitian ini adalah pada penambahan 12% *Pseudomonas putida* yang mampu menurunkan hingga 45,4% kadar TPH.

SARAN

1. Lama waktu degradasi perlu ditambahkan untuk bakteri *Pseudomonas Putida* sehingga hasil degradasi dapat memenuhi baku mutu.
2. Sebaiknya bakteri yang digunakan berasal dari inokulan yang berasal dari tanah tercemar minyak bumi agar sudah terkondisi dengan senyawa hidrokarbon.
3. Perlu dilakukan analisa laju pertumbuhan bakteri agar dapat mengetahui siklus pertumbuhan bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Zam, S. I. (2011). Bioremediasi Tanah Yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro Pada Konsentrasi pH Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*.
- Priadie, B. (2012). Teknik bioremediasi sebagai alternatif dalam upaya pengendalian pencemaran air. *Jurnal ilmu lingkungan*.
- Marsandi, F., & Estuningsih, S. P. (2016). Asosiasi Konsorsium Bakteri *Pseudomonas Pseudoalcaligenes* dan *Micrococcus Luteus* dengan Lamtoro (*Leucaena Leucocephala* (Lamk.) De Wit) dalam Upaya Meningkatkan Bioremediasi Minyak Bumi. In *Prosiding Seminar Biologi*, 13 (1).
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomer 128 Tahun 2003
- Davids, J.B. (1967). *Petroleum Microbiology. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.*
- Ashok, B. T., Saxena, S., Susarrat, J. (1995). Isolation and Characterization of Four Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Degrading Bacteria From Soil Near on Oil Refinery. *Letter in Applied Microbiology. The Society for Applied Bacteriology.*
- Nugroho, (2006). Bioremediasi Sluge Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos. *Makara Teknologi*
- Bossert, I., Bartha, R. (1984). *The Fate of Petroleum in Soil Ecosystem. Petroleum Microbiology. MacMillan Publishing Company, New York.*
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (1999). *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)*. Departement of Health and Human Service, Public Health Service. USA.
- Ismayana, A., Indrasti, N.S., Suprihatin, A., Maddu, A., dan Fredy. (2012). Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses Co-Composting Bagasse dan Blotong. *Jurnal Teknologi Industri pertanian*. Departemen Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor