

---

## BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR HIDROKARBON DENGAN METODE BIOSTIMULASI DI WONCOLO, BOJONEGORO

**Kautsar Dicky Shofiandi dan Naniek Ratni JAR**

Program studi Teknik Lingkungan. Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur.

Email: [nanik\\_rjar@upnjatim.ac.id](mailto:nanik_rjar@upnjatim.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada penyisihan (TPH) *Total Petroleum Hydrocarbons* pada tanah tercemar minyak mentah menggunakan metode biostimulasi. Sampel tanah tercemar diambil dari Pertambangan Minyak Wonocolo, Bojonegoro. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar hidrokarbon pada sampel tanah yang tercemar minyak mentah, mengetahui kemampuan metode Bioremediasi menggunakan *Bacillus sp.* dalam penyisihan hidrokarbon, dan mengetahui jenis hara yang menghasilkan efisiensi penyisihan hidrokarbon optimum pada tanah tercemar minyak mentah. dengan metode Biostimulasi. Dari penelitian yang diperoleh nilai TPH pada setiap titik dan pada setiap variasi perlakuan terlihat bahwa nilai TPH mengalami penurunan. Penambahan unsur hara berupa kompos dan pupuk NPK sangat berpengaruh terhadap degradasi TPH pada sampel tanah yang tercemar hidrokarbon. Dari hasil yang diperoleh penurunan nilai TPH pada titik A yang optimum yaitu dengan pemberian nutrisi NPK 20% dapat menurunkan nilai TPH dengan persentase penurunan sebesar 64%. Sedangkan pemberian kompos hara 20% hanya mampu menurunkan nilai TPH dengan persentase penurunan sebesar 32%.

**Kata kunci:** *Bioremediasi, biostimulasi, total petroleum hidrokarbon.*

### ABSTRACT

*This study focuses on the removal (TPH) of Total Petroleum Hydrocarbons in crude oil polluted soil using the biostimulation method. The contaminated soil samples were taken from the Wonocolo Petroleum Mining, Bojonegoro. This study aims to determine the level of hydrocarbons in crude oil contaminated soil samples, determine the ability of the Bioremediation method using Bacillus sp. in the removal of hydrocarbons, and determine the type of nutrient that produces optimum hydrocarbon removal efficiency in crude oil contaminated soil with the Biostimulation method. From the research obtained on the TPH value at each point and at each treatment variation, it has been shown that the TPH value has decreased. The addition of nutrients in the form of compost and NPK fertilizer is very influential on the degradation of TPH in the soil samples contaminated with hydrocarbons. From the results obtained, the decrease in the TPH value at point A is optimum, namely by giving 20% NPK nutrition, it can reduce the TPH value with a percentage decrease of 64%. Meanwhile, the provision of 20% nutrient compost was only able to reduce the TPH value with a percentage decrease of 32%.*

**Keywords:** *Bioremediation, biostimulation, total petroleum hydrocarbon.*

## **PENDAHULUAN**

Pencemaran tanah merupakan ancaman yang berat bagi kegiatan manusia. Salah satu pencemarannya berasal dari minyak bumi. Minyak yang mencemari tanah dapat merambat ke lokasi air tanah, danau, waduk, atau sumber air yang menyediakan air bagi kebutuhan domestik maupun industri sehingga menjadi permasalahan serius bagi daerah yang mengandalkan air tanah sebagai sumber pokok kebutuhan air bersih (Atlas dan Bartha, 1985). Salah satu contoh zat pencemar yang sulit terurai dari minyak bumi adalah Hidrokarbon. Saat zat tersebut mencemari permukaan tanah lalu zat tersebut akan menguap, dan mengalir dengan air hujan kemudian meresap kedalam tanah dengan air. Zat tersebutlah yang dapat mencemari tanah (Karwati, 2009).

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan bioremediasi. Faktor terpenting dalam bioremediasi meliputi kelembaban, pH, dan suhu (Cookson, 1995). Penambahan nutrisi diketahui dapat membantu aktivitas mikroorganisme lokal, termasuk organisme pendegradasi hidrokarbon. Penambahan nutrisi pada kedua perlakuan (biostimulasi dan kombinasi bioaugmentasi-biostimulasi) berpengaruh terhadap peningkatan degradasi hidrokarbon yang akan terlihat pada tiga minggu pertama proses inkubasi (Makadia et al., 2011). Perlakuan dengan menggunakan aerasi juga dirasa lebih efisien dalam membantu menurunkan kadar hidrokarbon, dimana karena mikroorganisme pendegradasi tanah ini bersifat aerob.

Untuk permasalahan yang ada di wonocolo sendiri adalah tanah di sekitar pertambangan tercemar oleh Hydrocarbon. Untuk itu bioremediasi tanah sangatlah cocok untuk mengatasi pencemaran tanah tersebut. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi percepatan bioremediasi tersebut. Faktor yang sangat penting pada bioremediasi antaranya adalah kelembaban, pH, dan suhu.

Ada dua metode pendekatan untuk bioremediasi dari sumber pencemaran minyak: (1) Bioaugmentasi, dimana mikroorganisme pengurai ditambahkan yang berfungsi untuk melengkapi populasi mikroba yang telah ada. (2) Biostimulasi, dimana pertumbuhan pengurai hidrokarbon yang asli dirangsang dengan cara

menambahkan nutrisi atau mengubah habitat. (Zhu et al., 2001)

Berdasarkan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kadar hidrokarbon yang terkandung dalam tanah yang tercemar minyak di Wonocolo.
2. Mengetahui pengaruh Biostimulasi dalam membantu proses penurunan TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*).
3. Mengetahui perbandingan efisiensi nutrisi dalam penurunan hidrokarbon.

## **Teknik Bioremediasi**

Saat ini ada dua teknik yang dapat menurunkan kadar hidrokarbon yang terkandung dalam tanah karena pencemaran minyak bumi. Berdasarkan lokasi berlangsungnya, terdapat dua macam teknik bioremediasi yaitu :

1. Bioremediasi dengan in-situ : media yang tercemar dan zat pencemarnya tetap berada pada lokasi asal ketika pelaksanaan bioremediasi dilakukan.
  2. Bioremediasi dengan ex-situ : media yang tercemar dan zat pencemarnya dipindahkan dari lokasi asal menuju ke tempat lain, untuk dilaksanakannya proses bioremediasi
- Sedangkan berdasarkan metode pendekatan, menurut Zhu et al. (2001), terdapat dua teknik bioremediasi yaitu :
1. Bioremediasi Augmentasi (Bioaugmentasi) dengan mikroorganisme pendegradasi minyak bumi ditambahkan guna menambah populasi mikroba asli yang terdapat dalam tanah.
  2. Bioremediasi Stimulasi (Biostimulasi) dengan pertumbuhan mikroba asli dalam tanah dan akan di stimulasi dan dilakukan perubahan habitat.

Di dalam penelitian ini, ditambahkan pupuk NPK dan kompos guna untuk mendegradasi zat pencemar yang terkandung dalam tanah yaitu kadar TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan atau pilihan teknik bioremediasi yang efektif dan efisien yang dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran tanah akibat tumpahan minyak di kemudian hari.

Ada beberapa faktor pembatas ekologis yang dapat menghambat proses bioremediasi minyak bumi, antara lain:

1. Faktor kimia, yaitu kekurangan unsur hara yang tersedia dan tidak ditemukan senyawa yang mendukung pertumbuhan.
2. Faktor lingkungan, adalah kondisi tidak adanya elektron (pH, kelembaban, potensial redoks).
3. Faktor mikrobiologi, yaitu rendahnya kepadatan populasi mikroba pengurai polutan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Gambaran Umum Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental skala laboratorium. Penelitian ini adalah upaya pemulihan tanah tercemar minyak dengan cara Bioremediasi dengan metode biostimulasi, yang berada di desa Wonocolo kabupaten Bojonegoro. Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu dibuat suatu metode penelitian yang sistematis dengan tujuan sebagai berikut :

1. Tahap awal untuk mengetahui tahapan – tahapan yang harus dilakukan di awal untuk menjalankan penelitian yang sistematis.
2. Untuk lebih mudah mengetahui hal-hal yang ada keterkaitannya dengan penelitian agar tujuan penelitian dapat tercapai.
3. Menghindari terjadi kesalahan pada penelitian.

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu dari pengambilan sampel, perlakuan pretreatment dan juga perlakuan bioremediasi pada tanah tercemar minyak. Dan penelitian dilakukan dalam waktu yang ditentukan.

### **Penentuan Variabel Dan Parameter Penelitian**

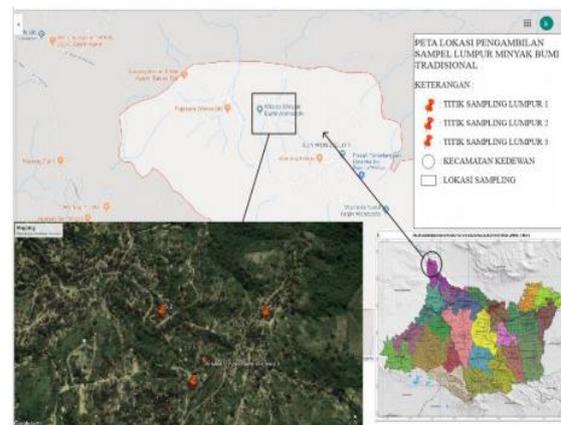
Penelitian ini menggunakan 2 nutrisi untuk membedakan efektifitas penurunan kadar TPH, yaitu penambahan nutrisi pupuk kompos dan pupuk NPK. Penambahan NPK ini bertujuan untuk menurunkan TPH dengan membantu bakteri pengurai TPH dengan diberi pupuk NPK (Hafiluddin, 2011). Dan penambahan pupuk kompos sendiri juga untuk membantu mikroorganisme agar lebih cepat menurunkan kadar TPH. Dan sumber karbon sudah ada di dalam zat pencemar itu sendiri. Variasi yang digunakan 3 macam, adalah

variabel 0% (kontrol), variabel 10% dan 20%. Fungsi dari variabel ini adalah untuk mengetahui kadar optimum dari penambahan nutrisi di proses bioremediasi.

### **Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan menganalisis untuk variabel apakah dapat mempengaruhi penurunan kadar hidrokarbon dalam tanah. Variabel yang digunakan yaitu pupuk kompos dan pupuk NPK. serta dapat mengamati pengaruh pH, suhu, serta jumlah mikroba. Tahapan penelitian ini akan dilaksanakan selama 42 hari dimana penelitian dan proses analisis parameter yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

Pengambilan sampel berada di Desa Wonocolo dimana daerah tersebut ialah wilayah penambangan tradisional. Titik pengambilan sampel tertera pada gambar



**Gambar-1 : Peta Lokasi Pengambilan Sampel**

### **Bioremediasi dengan Biostimulasi**

1. Reaktor kaca berdimesi 149 x 269 mm dengan volume 3,5 L sebagai reaktor diisi dengan campuran sampel tanah tercemar minyak sejumlah 1 kg.
2. Lalu campurkan isolat bakteri *Bacillus sp* dalam bentuk cair ke dalam tanah yang tercemar di reaktor dengan variasi presentase 10% v/v dan 20% v/v.
3. Kemudian ditambahkan pupuk NPK dan pupuk kompos sebagai biostimulasi untuk meningkatkan pertumbuhan isolat bakteri pemecah minyak:
  - Penambahan pupuk NPK dengan variabel kontrol 0%, 10% dan 20% serta penambahan kadar oksigen pada tanah secara aerasi.

**Tabel -1 : rasio penambahan bakteri**

No	Sampel	Rasio perbandingan tanah dengan bakteri (b/v)	Penambahan bakteri (v/v)
1.	Sampel tanah 1	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 1	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 1	100 g/L	20 %
2.	Sampel tanah 2	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 2	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 2	100 g/L	20 %
3.	Sampel tanah 3	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 3	100 g/L	20 %
	Sampel tanah 3	100 g/L	20 %

**Tabel -2 : rasio perbandingan NPK**

No	Sampel	Rasio tanah	Penambahan pupuk NPK
1.	Sampel tanah 1	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 1	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 1	1000 gr	20 %
2.	Sampel tanah 2	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 2	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 2	1000 gr	20 %
3.	Sampel tanah 3	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 3	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 3	1000 gr	20

4. Kemudian semua bahan dalam reaktor dicampur secara homogen dan dilakukan aerasi dengan pengadukan secara manual setiap hari sekali dengan durasi penadukan 5 menit menggunakan alat pengaduk kayu atau sekop kecil.

**Tabel -3 : rasio perbandingan kompos**

No	Sampel	Rasio tanah	Penambahan pupuk Kompos
1.	Sampel tanah 1	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 1	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 1	1000 gr	20 %
2.	Sampel tanah 2	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 2	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 2	1000 gr	20 %
3.	Sampel tanah 3	1000 gr	0 %
	Sampel tanah 3	1000 gr	10 %
	Sampel tanah 3	1000 gr	20 %

- Pengukuran pH pada sampel tanah dilakukan setiap 7 hari sekali selama 42 hari menggunakan alat soil tester T-350 untuk mengontrol nilai pH dan mengetahui pengaruh pH terhadap proses biodegradasi hidrokarbon minyak bumi pada setiap variasi perlakuan.
- Pengukuran suhu dilakukan setiap 7 hari sekali selama 42 hari bersamaan dengan pengukuran pH, dengan menggunakan alat soil tester T-350 yang juga dapat membaca nilai suhu tanah.
- Pengukuran Total petroleum hidrokarbon (TPH) dengan metode gravimetric dilakukan 1 kali/7 hari

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian utama adalah menurunkan kadar TPH yang terkandung dalam tanah yang ada di Wonocolo Bojonegoro dengan Bioremediasi metode Biostimulasi. Biostimulasi yaitu pertumbuhan mikroba pendegradasi minyak asli tanah yang akan di stimulasi dengan penambahan nutrisi (Zhu et al., 2001). Ada dua macam variabel dalam penelitian ini, yaitu menggunakan pupuk kompos dan pupuk NPK sebagai nutrisi tambahan. Nutrien NPK yang ditambahkan berfungsi untuk memberikan nutrisi sebagai sumber fosfor dan nitrogen (Hafiluddin, 2011). Sumber karbon sendiri sudah didapatkan dari

kandungan hidrokarbon pada pencemar. Variasi yang digunakan 3 macam, yaitu tanpa penambahan (kontrol), penambahan 10% dan 20%. Penambahan nutrisi sebanyak 10% berarti kompos yang ditambahkan sebanyak 1/10 dari total berat sampel tanah yang digunakan (gram per gram). Variasi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi penambahan nutrisi yang paling optimum untuk menurunkan kadar minyak dalam tanah. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 42 hari dengan waktu sampling setiap hari ke 7, 14, 21, 28, 35 dan 42 hari yang dilakukan pada 3 titik.

**Tabel -4:** Hasil Analisa TPH Awal

Titik Sampel	Berat Sampel	Berat Cawan Kosong	Berat Cawan + Residu	%TPH
A	5	24.25	24.75	10.00%
B	5	24.12	24.7	11.60%
C	5	23.21	23.61	8.00%

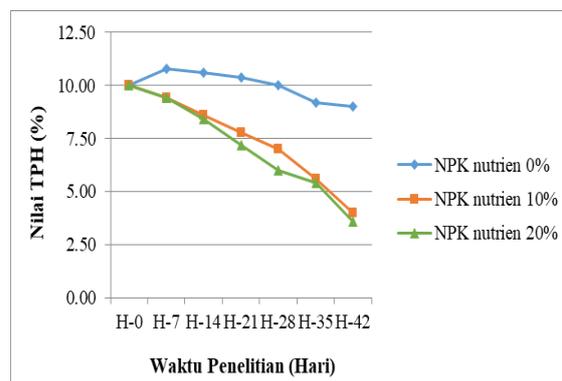
(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Dari data nilai TPH yang didapatkan, nilai TPH di setiap titik berbeda. Yaitu 10% untuk titik A, 11,6% untuk titik B, dan 8% untuk titik C. Untuk nilai TPH dapat berbeda – beda karena ketiga titik tersebut berada di ketinggian yang berbeda. Ketiga titik tersebut mengelilingi sumur minyak. Titik A berada di jalur transportasi truk pembawa minyak. Dan titik B berada di tempat yang mendekati aliran minyak yang akan ditampung ke bak penampung. Sedangkan untuk titik C berada di elevasi yang lebih tinggi dari sumur minyak. Potensi di titik B lebih besar tercemar hidrokarbon karena berada berdekatan dengan aliran minyak menuju bak penampung. Semakin sering tanah yang terkontaminasi dengan aktivitas minyak maka TPH yang terkandung dalam tanah semakin tinggi.

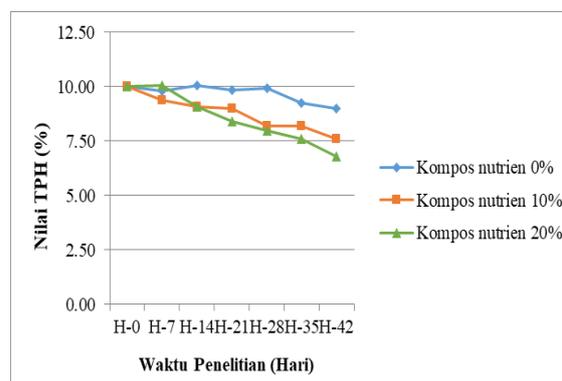
**Pengaruh Biostimulasi dalam Penurunan TPH**

TPH merupakan parameter utama yang berpengaruh dalam proses Bioremediasi. Penelitian kadar hidrokarbon dalam tanah bertujuan untuk mengukur kualitas mikroorganisme asli tanah dalam mendegradasi zat pencemarnya. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya penurunan parameter TPH selama waktu penelitian.

Parameter dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan setiap satu minggu sekali selama 42 hari. Pengukuran dilakukan dengan metode gravimetri. Hasil pengukuran dapat dilihat pada



**Gambar -2:** Grafik nilai TPH pada titik A untuk nutrisi NPK



**Gambar -3:** Grafik nilai TPH pada titik A untuk nutrisi kompos

Dari hasil penelitian yang didapat pada nilai TPH pada setiap titik dan pada setiap variasi perlakuan telah memperlihatkan bahwa nilai TPH mengalami penurunan. Penambahan nutrisi berupa kompos dan pupuk NPK sangat berpengaruh pada tingkat degradasi TPH pada sampel tanah tercemar hidrokarbon. Dari hasil yang diperoleh penurunan nilai TPH pada titik A optimum yaitu dengan pemberian nutrisi NPK 20% dapat menurunkan nilai TPH menjadi 3,60 % pada hari ke-42 dengan persentase penurunan sebesar 64%. Sedangkan untuk pemberian nutrisi kompos 20% hanya mampu menurunkan nilai TPH menjadi 6,80 % pada hari ke-42 dengan persentase penurunan sebesar 32%.

Semakin besar pemberian konsentrasi nutrisi yang ditambahkan maka semakin tinggi pula penurunan kadar TPH. Penurunan TPH disebabkan karena proses degradasi terhadap senyawa hidrokarbon oleh bakteri *indigenous* seperti *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Achromobacter*, *Corynebacterium* dan *Nocardia* yang telah distimulasi pertumbuhannya oleh penambahan nutrisi berupa pupuk organik kedalam tanah tercemar minyak bumi tersebut (Rahayu et al., 2003). Faktor-faktor yang mempengaruhi adanya perbedaan hasil dari nilai TPH antara lain adalah nutrisi organik yang digunakan untuk menstimulasi bakteri dan faktor lingkungan terutama nutrisi, pH dan temperatur yang dapat mendukung kelangsungan proses degradasi senyawa hidrokarbon yang dilakukan oleh bakteri.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar TPH yang terkandung dalam tanah sebelum dilakukannya proses bioremediasi pada titik A yaitu 10,00%, pada titik B yaitu 11,60% dan pada titik C yaitu 8,00%
2. Pada proses biostimulasi yang telah dilakukan, penurunan nilai TPH optimum pada titik A terjadi pada hari yang ke-42 yaitu dengan pemberian nutrisi NPK 20% dapat menurunkan nilai TPH menjadi 3,60% dan untuk pemberian nutrisi kompos 20% mampu menurunkan nilai TPH menjadi 6,80%. Pada titik B penurunan nilai TPH optimum terjadi pada hari yang ke-42 yaitu dengan pemberian nutrisi NPK 20% dapat menurunkan nilai TPH menjadi 4,40% dan untuk pemberian nutrisi kompos 20% mampu menurunkan nilai TPH menjadi 5,60%. Pada titik C penurunan nilai TPH optimum terjadi pada hari yang ke-42 yaitu dengan pemberian nutrisi NPK 20% dapat menurunkan nilai TPH menjadi 1,80% dan untuk pemberian nutrisi kompos 20% hanya mampu menurunkan nilai TPH menjadi 4,40%.
3. Hasil penelitian yang diperoleh penambahan nutrisi sebesar 20% memberikan hasil yang berbeda untuk penambahan nutrisi sebesar 10% dan 0%.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad, Rukaesih Pencemaran lingkungan. Edisi 1, Yogyakarta : Andy ofset.
- Cookson Jr., J. T. (1995). *Bioremediation engineering: design and application*. McGraw-Hill, Inc.
- Desrina, R. (2012). *Reklamasi daerah yang terkena bencana dengan cuci tanah. Lembar publikasi minyak dan gas alam* 46 (3) : 117-123.
- Halifah, S. A. (2012). *Pencemaran tanah yang berdampak pada lingkungan..* Pontianak: Jurusan FMIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura
- Kep MenLH Nomor 128 Tahun 2003. (2003). *Keputusan Menteri Negara LH (Lingkungan Hidup): 128 Tahun 2003 Tentang tata cara mengolah dan tenis minyak bumi Dan tanah yang tercemar minyak bumi*. 1–5
- \Nugroho, Astri. (2006). *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Prayitno, J. (2017). *Uji coba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku The Effectiveness of Microbial Consortia for Bioremediation of Oil-Contaminated Soil Using Bench-Scale Landfarming Technology*. Teknologi Lingkungan, 18, 208–215.
- Ruberto, L., Vazquez, S. C., & Mac Cormack, W. P. (2003). *Effectiveness of the natural bacterial flora, biostimulation and bioremediation of a hydrocarbon contaminated Antarctic soil*. International Biodeterioration and Biodegradation, 52(2), 115–125.
- Rahayu, T. J., Rachmadiarti, F., & Rahayu, Y. S. (2003). *Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Kadar Tph ( Total Petroleum Hidrokarbon ) dan Hara N ( Nitrogen ) pada Tanah Tercemar Minyak Bumi*. LenteraBio, 7(2), 153–158.

- Retno, T., & Mulyana, N. (2013). *Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Menggunakan Campuran Bulking Agents yang Diperkaya Konsorsia Mikroba Berbasis Kompos Iradiasi Bioremediation of Oil Sludge Contaminated Soil Using Bulking Agent Mixture Enriched Consortia of Microbial Inocu*. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 9(2), 139–150.
- US EPA. (1999). EPA-821-R-98-002. Method 1664, *Revision A : N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGTHEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry*. Washington DC : United States Environment Protection Agency.
- Vyatrawan, Lukman. (2015). *Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Metode Soil Washing Dan Biostimulasi*. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Surabaya
- Wardhana, Wisnu Arya. (2004) "*Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)*." Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wang, Z., Xu, Y., Zhao, J., Li, F., Gao, D., & Xing, B. (2011). *Remediation of petroleum contaminated soils through composting and rhizosphere degradation*. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1), 677–685.