

**PENGARUH ISOLAT *Pseudomonas* sp. DAN *Bacillus* sp. DENGAN BIOSTIMULASI KOMPOS JERAMI PADI (*Oryza Sativa* L.) TERHADAP PENURUNAN TOTAL PETROLEUM HIDROKARBON TANAH TERCEMAR OLI BEKAS**

**Sandi Fransisco Pratama<sup>1)</sup>, Dezi Handayani<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>2)</sup>Staf Pengajar Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang

Email : sandifransisco12@gmail.com

---

**ABSTRACT**

*The purpose of this research is to obtain the best bacterial formulation and interaction between bacteria and compost in process of bioremediation in contamination hydrocarbon environment. In this research using isolate *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. from previous research by Ahda and Fitri (2016). To increase the degradation activities using biostimulation by adding riceraftingcompost (*Oryza sativa* L.) the type of this research is experimental with 2 factor and 3 repetition. The bacterial formulation is *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp, and consorsium. And compost added by vary concentration of 10 g, 15 g, and 20 g. The result of this research show that in 15 days incubation the best degradation is on P6 (*Bacillus* + 20 g compost concentration) with rate 69,33 degradation. On 30 days incubation the best degradation is P6 (*Bacillus* + 20 g compost concentration) with rate 93.66%. The result will be analyzed using ANOVA will show that the factor of compost concentration by significant and error 5% and factor of bacterial formulation and compost concentration. The Duncan show the best compost concentration is 20 g with degradation 91,88%. The best bacterial formulation is *Bacillus* sp. with degradation rate 90.55%.*

**Keywords: *Bacillus*, Bioremediation, Biostimulation, Hydrocarbons, *Pseudomonas***

---

## **1. PENDAHULUAN**

Minyak bumi merupakan campuran kompleks senyawa kimia yang terdiri dari hidrokarbon dan nonhidrokarbon. Minyak bumi digunakan secara luas sebagai bahan bakar untuk kendaraan dan industri, minyak pelumas, pelarut, serta sebagai bahan mentah dalam pabrik petrokimia dan farmasi. Sebanyak 65% minyak bumi digunakan dalam bentuk gasolin pada kendaraan bermotor<sup>[1]</sup>. Oli bekas mesin kendaraan bermotor merupakan salah satu produk minyak bumi yang terdiri atas hidrokarbon<sup>[2]</sup>. Senyawa hidrokarbon yang terdapat pada oli bekas bersifat toksik dan karsinogenik. Oli yang tercecer atau tumpah ke tanah akan mengakibatkan matinya mikroba yang berada dalam tanah<sup>[3]</sup>.

Senyawa hidrokarbon yang banyak menjadi pencemar lingkungan adalah *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH). PAH tidak hanya berdampak buruk terhadap lingkungan, PAH yang sangat hidrofobik dapat

tinggal dan meracuni tubuh manusia. Pada manusia, kontaminasi dengan PAH dalam jangka waktu lama dan dalam jumlah besar dapat menyebabkan penyakit liver atau ginjal, kerusakan sumsum tulang dan meningkatkan resiko kanker<sup>[4,5,6]</sup>.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk mengatasi pencemaran akibat hidrokarbon adalah bioremediasi. Usaha bioremediasi memberi keuntungan yang banyak pada manusia karena tidak membutuhkan biaya yang besar dan tidak memberikan efek samping<sup>[7]</sup>.

Dalam bioremediasi proses degradasi dalam tanah atau lingkungan lainnya terjadi dengan bantuan mikroorganisme<sup>[8]</sup>. Salah satu sumber mikroba pendegradasi hidrokarbon adalah mikroba yang diisolasi dari lingkungan tercemar hidrokarbon.

Sudrajat (2015) telah melakukan isolasi mikroba pendegradasi hidrokarbon pada lingkungan yang tercemar minyak bumi. Hasil

pengujian kemampuan masing-masing isolat terpilih dalam mendegradasi hidrokarbon selama 30 hari inkubasi terjadi penurunan *total petroleum hydrocarbon* (TPH). Urutan besarnya presentasi penurunan TPH isolat lainnya adalah isolat *Pseudomonas* sp (BMC6), *Bacillus* sp (BMC4), dan *Bacillus cereus* (BMC2) masing-masing sebesar 67, 61, dan 54%<sup>[9]</sup>.

Ahda dan Fitri (2016) telah berhasil mengisolasi bakteri pendegradasi hidrokarbon pada lingkungan yang tercemar oli bekas. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi tiga isolat bakteri, diantaranya *Bacillus* sp1, *Bacillus* sp2 dan *Alcaligenes*. Bakteri tersebut mampu mendegradasi hidrokarbon dengan menunjukkan daerah halo pada uji in vitro<sup>[10]</sup>.

Mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon dalam metabolismenya mengkonsumsi karbon (C) yang terdapat pada tanah tercemar sebagai sumber nutrisinya. Untuk meningkatkan aktifitas degradasi, selain unsur karbon dibutuhkan unsur lain untuk pertumbuhan mikroba pendegradasi. Unsur tersebut diantaranya Natrium (N) dan Phosphor (P). Namun pada lingkungan yang telah tercemar hidrokarbon unsur tersebut tidak tersedia. Sehingga diperlukan penambahan unsur N dan P dari luar lingkungan bakteri hidrokarbon. Metoda seperti ini disebut dengan biostimulasi. Biostimulasi adalah penambahan komponen yang dibutuhkan untuk meningkatkan aktifitas mikroorganisme dalam degradasi *petroleum hydrocarbon*<sup>[11]</sup>.

Dalam waktu tertentu, bioremediasi dengan teknik biostimulasi mampu menurunkan konsentrasi hidrokarbon<sup>[12]</sup>. Sehubungan dengan itu, penambahan kompos dan urea dapat meningkatkan efisiensi degradasi TPH. Selain itu diperoleh hubungan positif antara jumlah penambahan kompos dan urea terhadap tingkat degradasi TPH. Tingkat degradasi terbaik adalah 91,15%<sup>[13]</sup>.

Beberapa limbah dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik yang menyediakan unsur N, P dan K. Salah satunya adalah limbah jerami padi. Melalui proses dekomposisi, jerami dapat menghasilkan kompos dengan kadar unsur N, P dan K yang cukup baik. Kandungan unsur hara pupuk organik jerami padi setelah 6 minggu proses dekomposisi

didapatkan kadar N (1,99%), P (0,96%) dan K (2,54%)<sup>[13]</sup>.

Pengembangan dan aplikasi bioremediasi harus melalui *treatability study* atau *treatment evaluasi* yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat komposisi nutrisi optimal. Pada penelitian ini digunakan isolat bakteri dari hasil penelitian Ahda dan Fitri (2016). Isolat tersebut yaitu isolat *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. dengan penambahan biostimulasi kompos jerami padi (*Oryza sativa*).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari Oktober sampai Desember 2017 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang. Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan rancangan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam factorial 3x3 dengan 3 kali pengulangan. Faktor yang digunakan adalah jenis bakteri dan konsentrasi kompos jerami padi (*Oryza sativa* L.)

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain cawan petri, corong gelas, pembakar spritus, botol alkohol, jarum tanam bulat (ose), jarum tanam tajam, batang pengaduk, spatula, tabung reaksi, labu erlenmeyer, gelas ukur, gelas Beker, corong pemisah, pipet volumetric, mikropipet, timbangan digital, timbangan analitik, autoklaf, inkubator, shaker inkubator dan kamera digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kompos jerami Padi (*Oryza sativa*), tanah tercemar oli bekas, medium NA (Nutrien agar), medium MSM (*mineral salt medium*), *n*-heksane, alkohol 70%, aquades steril, kain kasa, kertas lebel, plastik wrap, aluminium foil, tisu, kristal violet, spiritus, Tween 80, oli, masker dan sarung tangan.

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan media

Media yang digunakan adalah Media MSM. Media MSM dibuat dengan melarutkan *aquadest* dan bahan-bahan berikut per liter nya: 1,2 g NH<sub>4</sub>Cl; 1,6 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,4 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 g NaCl; 1 g KNO<sub>3</sub>; 20 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 10 g CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; 0,05 g FeCl<sub>3</sub>, 1

mL vitamin dan 1 mL larutan trace elemen. Medium ini digunakan sebagai medium pertumbuhan selektif bagi bakteri hidrokarbon.

### Perbanyak isolat bakteri

Isolat bakteri yang akan diinokulasikan ke tanah tercemar oli bekas terlebih dahulu diperbanyak di laboratorium. Masing-masing isolat ditumbuhkan di media nutrient agar (NA) selama 2 hari. Selanjutnya media Nutrient Broth (NB) digunakan untuk perbanyak awal sel. Koloni tunggal bakteri yang tumbuh di media NA akan dipindahkan dengan ose ke media NB steril dalam erlenmeyer 30 ml kemudian di inkubasi di atas shaker dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 37°C selama 24 jam hingga mencapai fase eksponensial. Selanjutnya masing-masing kultur dipindahkan ke dalam 450 ml medium MSM.

### Setting Bioremediasi dan Biostimulasi

Tanah sebanyak 300 g ditempatkan dalam wadah berpori dan ditambahkan masing-masing 15 g oli bekas, kemudian diaduk sampai homogen. Dalam hal ini konsentrasi oli bekas di tanah sebanyak 5%. Biarkan pada suhu ruang selama 48 jam untuk volatilisasi komponen-komponen racun minyak.

Setelah dua hari ditambahkan bahan nutrisi yang berasal dari kompos jerami padi ke tanah terkontaminasi dan diaduk sampai rata. Bahan nutrisi yang ditambahkan dengan kadar 10 g, 15 g dan 20 g. Isolat bakteri kemudian ditempatkan dalam masing-masing wadah tanah yang terkontaminasi oli bekas. Kelembapan diatur sampai 60% kemampuan tanah menyerap air dan diinkubasi pada suhu ruang (28°C). Kontrol yang digunakan adalah tanah yang diberi oli bekas namun tidak ditambahkan isolat bakteri maupun biostimulasi.

Wadah diberi aerasi dan kelembapan dipelihara pada 60% dengan menambahkan air setiap hari selama 30 hari. Sampling dari setiap perlakuan diambil secara periodik dalam selang waktu dua minggu dalam jangka waktu penelitian 30 hari

### Penentuan Total Petroleum Hidrokarbon

Kadar minyak terdegradasi (%TPH) dianalisis secara Gravimetri. Sebanyak 25 ml hasil perlakuan diekstrak dengan 25 ml

larutan n-heksana. Campuran dikocok pada corong pemisah selama 30 menit, lalu didiamkan sampai n-heksana terpisah. Terdapat 3 lapisan yaitu minyak, n-heksana dan air. Air dibuang, lapisan minyak dan n-heksana disaring dengan kertas saring. Minyak dan n-heksana yang telah disaring dimasukkan dalam gelas kimia 50 ml yang sudah diketahui bobotnya, kemudian diuapkan pada suhu 70°C sampai n-heksana habis. Lapisan minyak yang tertinggal ditimbang beratnya. Kadar minyak terdegradasi yang dilaporkan adalah kadar minyak yang dinyatakan dalam persentase (%).

Kadar minyak terdegradasi dihitung dengan rumus :

$$\%TPH = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

% TPH : Kadar minyak terdegradasi

A : Kadar minyak awal (kontrol)(g)

B : Kadar minyak terdegradasi (g)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan degradasi oli bekas dilakukan dalam rentang waktu 15 hari dan 30 hari. Data penurunan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada hari ke 15 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rata-rata persentase penurunan TPH pada hari ke-15 (%)

Jenis Bakteri	Konsentrasi Kompos		
	10 g	15 g	20 g
<i>Pseudomonas</i>	39.33	42.00	65.67
<i>Bacillus</i>	51.33	38.67	69.33
Konsorsium	33.00	41.00	65.33

Tabel 1. menunjukkan penurunan TPH pada hari ke 15. Penurunan yang paling tinggi adalah adalah P6 (*Bacillus* + Konsentrasi kompos 20g) dengan persen degradasi 69.33%, P9 (Konsorsium *Bacillus* dan *Pseudomonas* + Konsentrasi kompos 20g) dengan persen degradasi 65.33% dan P3 (*Pseudomonas* + Konsentrasi kompos 20g) dengan persen degrassi 65.66%.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Fanani (2014) yang melakukan degradasi tanah lahan subotimal oleh *Bacillus mycoides* indigenous. Penelitian tersebut menunjukkan

terjadi penurunan TPH selama 39,48% selama 14 hari inkubasi. Persen penurunan ini membuktikan bahwa hasil yang didapatkan merupakan tingkat degradasi yang baik pada 15 hari inkubasi<sup>[15]</sup>.

Data rata-rata persentase penurunan TPH pada hari ke 30 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rata-rata persentase penurunan TPH pada hari ke 30 (%)

Jenis Bakteri	Konsentrasi Kompos		
	10 g	15 g	20 g
<i>Pseudomonas</i>	86.00	89.00	92.00
<i>Bacillus</i>	86.00	92.00	93.67
Konsorsium	83.00	86.67	90.00

Tabel 2. menunjukkan penurunan TPH pada hari ke 30. Penurunan yang paling tinggi adalah adalah P6 (*Bacillus* + Konsentrasi kompos 20g) dengan persen degradasi 93.66%, P5 (*Bacillus* + Konsentrasi kompos 15g) dengan persen degradasi 92.00% dan P3 (*Pseudomonas* + Konsentrasi kompos 20g) dengan persen degradasi 92.00%. Pengamatan pada hari ke 30 menunjukkan bahwa degradasi TPH telah mencapai 93.66%.

Biodegradasi minyak bumi menggunakan biokompos dapat menurunkan Total Petroleum Hidrokarbon sebesar 95,15% selama 35 hari perlakuan<sup>[16]</sup>. Penelitian lainnya dilakukan oleh Munawar (2007) yang meneliti pengaruh penambahan nutrisi organik dengan metode biostimulasi pada tanah tercemar minyak bumi di Surabaya. Dalam waktu 30 hari, bioremediasi dengan metode biostimulasi mampu mendegradasi hidrokarbon sampai 88,25 %<sup>[12]</sup>.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa bahan organik memberikan pengaruh yang baik untuk digunakan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri pendegradasi hidrokarbon.

Mengacu pada penelitian sejenis di atas serta analisis dari penelitian yang telah dilakukan, proses degradasi selama 30 hari merupakan waktu yang efektif untuk degradasi hidrokarbon dengan metode biostimulasi kompos jerami padi (*Oryza sativa*). Pemberian perlakuan isolat bakteri dan kompos mampu memberikan degradasi tertinggi sebesar 93.67% (*Bacillus* + Konsentrasi kompos 20g)

dan degradasi terendah sebesar 83% (Konsorsium *Bacillus* dan *Pseudomonas* + Konsentrasi kompos 10g).

Hasil analisis Anova, degradasi TPH pada hari ke 15 dinyatakan bahwa perlakuan konsentrasi kompos jerami padi berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 5%. Selanjutnya hasil analisis Anova degradasi pada hari ke 30, perlakuan konsentrasi kompos jerami padi juga berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 5%. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pemberian isolat bakteri dengan penambahan biostimulasi kompos jerami padi (*Oryza sativa*) terhadap penurunan TPH tanah tercemar oli bekas.

Berdasarkan uji lanjut, dapat diketahui bahwa pada hari ke 15 perlakuan konsentrasi kompos 10 g dan 15 g berbeda nyata dengan 20 g. Konsentrasi kompos terbaik pada hari ke 15 ini adalah 20 g dengan rata-rata penurunan TPH sebesar 66.77%. Selanjutnya pada hari ke 30 perlakuan konsentrasi kompos 10 g berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi kompos 15 g dan 20 g. Konsentrasi kompos terbaik pada hari ke 30 adalah 20 g dengan rata-rata penurunan TPH sebesar 91.88 %.

Pada penelitian ini, penurunan TPH disebabkan oleh proses degradasi senyawa-senyawa hidrokarbon oleh bakteri yang telah distimulasi dengan kompos jerami padi (*Oryza sativa*).

Pemberian kompos jerami padi mampu mendukung proses degradasi hidrokarbon minyak bumi. Komposisi kompos terbaik yang paling optimum dalam meningkatkan aktivitas degradasi adalah 4%<sup>[17]</sup>. Perbedaan hasil TPH disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu nutrisi organik untuk menstimulasi bakteri dan faktor lingkungan yang mendukung keberlangsungan proses degradasi hidrokarbon oleh bakteri<sup>[18]</sup>

Hasil analisis menunjukkan peningkatan konsentrasi kompos yang diberikan berbanding lurus dengan peningkatan degradasi TPH. Hal ini sejalan dengan penelitian Aliyanta (2011) yang menyatakan bahwa penambahan kompos dapat meningkatkan efisiensi degradasi TPH dan terdapat hubungan yang positif antara penambahan jumlah kompos dengan peningkatan degradasi TPH<sup>[13]</sup>.

Penelitian Juliani (2011) yang meneliti tentang bioremediasi lumpur minyak dengan penambahan kompos sebagai sumber nutrisi tambahan, menyatakan bahwa penambahan kompos 10% memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan 5%. Hal tersebut disebabkan pada konsentrasi kompos yang lebih besar akan memberikan porositas yang lebih besar pula. Kondisi ini juga akan berpengaruh positif terhadap aerasi tanah, sehingga proses transfer oksigen selama proses degradasi menjadi lebih. Status air dalam tanah juga menjadi lebih baik dengan meningkatnya porositas tanah. Mikroba yang sudah ada memanfaatkan minyak sebagai sumber energi, sehingga minyak yang melekat pada pori tanah akan terlepas dan terisi dengan air. Sehingga proses degradasi TPH menjadi lebih baik<sup>[19]</sup>.

Penambahan nutrisi khususnya kadar hara N, P, K pada tanah tercemar minyak bumi akan menambah konsentrasi kadar hara pada tanah, sehingga kadar hara pada tanah menjadi tercukupi. Meningkatnya kadar hara tersebut menstimulasi pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri pendegradasi hidrokarbon<sup>[20]</sup>.

Dalam penelitian sebelumnya Ahda (2016) telah melakukan isolasi bakteri dari tanah tercemar di salah satu bengkel di Kota Padang. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi tiga isolat bakteri, diantaranya *Bacillus* sp1, *Bacillus* sp2 dan *Alcaligenes*. Bakteri tersebut mampu mendegradasi hidrokarbon dengan menunjukkan daerah halo pada uji *in vitro*<sup>[10]</sup>.

Sementara itu dalam penelitian lainnya, Ahda *et al* (2017) berhasil mengisolasi bakteri pendegradasi hidrokarbon minyak pelumas bekas di tanah bengkel Sumatera Barat. Bakteri tersebut mampu mendegradasi hidrokarbon secara *in vitro*. Hal tersebut diketahui dengan terbentuknya zona bening yang dibentuk koloni bakteri. Hasil penelitian tersebut menemukan 13 isolat bakteri yang memiliki kemampuan untuk menurunkan minyak pelumas limbah. Aktivitas tertinggi ditunjukkan oleh isolat D4<sup>[21]</sup>

Herdiyantoro (2005) dalam penelitiannya menyatakan bahwa biodegradasi selama 28 hari perlakuan berpengaruh

terhadap diodegradasi. Biodegradasi oleh perlakuan inokulasi *Bacillus* sp. galur ICBB 7859 dan *Bacillus* sp. galur ICBB 7865 masing-masing 90.39% dan 90.13% selama 28 hari masa inkubasi. Sedangkan pada perlakuan tanpa inokulasi *Bacillus* sp. degradasi terjadi sebesar 56.14%<sup>[22]</sup>.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Pseudomonas* sp. dan formula konsorsium juga memiliki kemampuan yang baik dalam degradasi. Meskipun persentase degradasi lebih rendah dibandingkan dengan *Bacillus* sp. Kemampuan konsorsium mikroba dalam mendegradasi hidrokarbon ini sejalan dengan referensi.

Sudrajat (2015) dalam penelitiannya mengatakan jenis mikroba penyusun konsorsium dan waktu inkubasi berpengaruh terhadap kemampuan degradasi hidrokarbon. Hasil uji kemampuan formula konsorsium mikroba dalam mendegradasi hidrokarbon menunjukkan bahwa Konsorsia III (*Pseudomonas* sp, BMC6, *Bacillus cereus*, BMC2, dan *Aspergillus niger*, FMC6), mampu mendegradasi minyak bumi dalam persentase 89,10% pada minggu ke-5 waktu inkubasi<sup>[9]</sup>.

Hal ini disebabkan dalam keadaan bersama diantara isolat terjadi kerjasama sinergisme untuk menghasilkan enzim yang dapat memecah struktur hidrokarbon. Hal ini juga disebabkan formula konsorsium menghasilkan enzim yang bervariasi. Adanya variasi tingkat penguraian dan jumlah enzim yang lebih banyak akan menyebabkan penguraian berlangsung dengan baik<sup>[23]</sup>

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Formula bakteri yang paling baik dalam proses bioremediasi pada tanah tercemar oli bekas selama 30 hari masa inkubasi adalah *Bacillus* sp. dengan persentase degradasi sebesar 90.55%.
2. Konsentrasi kompos jerami padi yang paling baik dalam proses bioremediasi pada tanah tercemar oli bekas selama 30 hari masa inkubasi adalah konsentrasi 20 g dengan persen degradasi sebesar 91.88%.

3. Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara formula bakteri dan konsentrasi kompos dalam dalam proses bioremediasi pada tanah tercemar oli bekas.

#### Saran

Perlu dilakukan optimasi kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan bakteri sebelum melakukan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hajar, Dachniar. 2012. "Isolasi, Identifikasi dan Analisis Kemampuan Degradasi Hidrokarbon Bakteri Tanah Sampel B Cilegon Banten". *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- [2] Jayanthi. R and Hemashenpagam.N. 2015. "Isolation and identification of petroleum hydrocarbon degrading bacteria from oil contaminated soil samples". *International Journal Of Novel Trends In Pharmaceutical Sciences*. Vol. V No. 2.
- [3] Zam, S. I. 2011." Bioremediasi Tanah yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi secara *In Vitro* pada Konsentrasi pH Berbeda". *Jurnal Agroekoteknologi*. 1(2): 1-8.
- [4] Mishra S., Jyot J., Kuhad RC., Lal B. 2001. Evaluation of inoculums addition to stimulate in situ bioremediation of oily-sludge-contaminated soil. *Applied and Environmental Microbiology*; 67(4):1675-1681.
- [5] Propost TL., Lochmiller RL., Qualls CW., Mcbee K. 1999. In situ (mesocosm) assessment of immunotoxicity risks to small mammals inhabiting petrochemical waste sites. *Chemosphere*; 38(5):1049-1067.
- [6] Llyold AC and Cackette TA. 2001. Diesel engines: environmental impact and control. *Journal of the Air and Waste Management Association*; 51(6):809-847.
- [7] Kalantary et al. 2014. "Effectiveness of Biostimulation Through Nutrient Content on The Bioremediation of Phenanthrene Contaminated Soil". *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. Vol. 12 No. 143.
- [8] Handayanto, E dan Harairah, K, 2009. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Yogyakarta :Pustaka Adipura.
- [9] Sudrajat, Dadang dkk. 2015. *Isolasi Dan Aplikasi Mikroba Indigen Pendegradasi Hidrokarbon Dari Tanah Tercemar Minyak Bumi*. Makalah disajikan dalam Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, Yogyakarta 9-10 Juni 2015.
- [10] Ahda, Y., Fitri, Lel. 2016. "Karakterisasi Bakteri Potensial Pendegradasi Oli Bekas Pada Tanah Bengkel di kota Padang. *Journal of Sainstek*(2).98-103
- [11] P. Agamuthu, Y.S. Tan, S.H. Fauziah. 2013. "Bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using selected wastes". *International Symposium on Environmental Science and Technology*. 694-702.
- [12] Munawar, Mukhtasor, dan Tini S. 2007. "Bioremediasi Tumpahan Minyak Mentah Dengan Metode Biostimulasi Nutrien Organik di Lingkungan Pantai Surabaya Timur". *Jurnal. Berk. Penel. Hayati: 13* (91-96). Surabaya: UPN "Veteran" Jawa Timur.
- [13] Aliyanta, B. dkk. 2011. Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi. *Jurnal Valensi*. Vol. 2 No. 3.
- [14] Sitepu, Rosinta Br. 2013. "Pemanfaatan Jerami Padi sebagai Pupuk Organik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan

- Produksi Padi (*Oryza Sativa*)".*Skripsi*. Bogor : Fakultas Pertanian IPB.
- [15] Fanani, Z., 2014. "Degradasi Tanah Lahan Suboptimal oleh *Bacillus mycoides* Indigenous dan Kinetika Reaksinya". *Jurnal Lahan Suboptimal*. Palembang : Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Vol. 1(2). Hal. 118.
- [16] Wa Nirmala, H. Asri Saleh, Iin Novianty. 2014. "Kinetika Biodegradasi Minyak Bumi Menggunakan Biokompos". Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alaudin Makasar
- [17] Ni Putu Ristiati, Sanusi Mulyadiharja. 2014. "Pengembangan Briket Jerami Padi (*Oryza sativa*) yang Mengandung Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi sebagai Upaya Mengatasi Pencemaran Perairan Laut. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 3 No. 1.
- [18] Nugroho, A. 2006. "Biodegradasi 'Sludge' Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos". *Makara Teknologi*. 10 (2): 82-89.
- [19] Juliani, A. dan Fudhola R. 2011. "Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrient Tambahan". *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Yogyakarta : Environmental Engineering Universitas Islam Indonesia. Vol. 3(1). Hal 1-2.
- [20] Handrianto, P, 2011. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Melalui Metode Biostimulasi Dengan Penambahan Kompos Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*. L.). *Skripsi*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- [21] Ahda, et al. "Biodegradation Capability of Some Bacteria Isolates to Used Lubricant Oil in Vitro". *International Conference on Mathematics, Science, Education, and Technology*.
- [22] Herdiyanto, D. 2005. "Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh *Bacillus* sp. Galur ICBB 7859 dan ICBB 7865 dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dengan Penambahan Surfaktan". *Tesis*. Bogor : Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [23] Farinazleen Mohamad Ghazali, Raja Noor Zaliha Abdurahman, and Abu Bakar Salleh Mahiran Basri, *Biodegradation of Hydrocarbons in Soil by Microbial Consortium*, *International Biodeterioration & Biodegradation* 54:61-67, 2004.