

## Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Kadar Tph (*Total Petroleum Hidrokarbon*) dan Hara N (*Nitrogen*) pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

### *The Effect Of Organic Fertilizer Towards Levels Of Tph (Total Petroleum Hydrocarbon) And Nitrogen Levels At Petroleum Contaminated Soil*

Tanaya Juwita Rahayu\*, Fida Rachmadiarti, Yuni Sri Rahayu  
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Surabaya  
\* e-mail: naya1893@gmail.com

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) Kandungan unsur hara N, P, K pada pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu; 2) Pengaruh pemberian pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu pada berbagai konsentrasi terhadap penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara nitrogen (N) tanah tercemar minyak bumi; 3) Konsentrasi optimal dalam pemberian pupuk organik terhadap penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi. Penelitian ini bersifat eksperimental terdiri atas kontrol (petroorganik) dan 1 perlakuan yaitu konsentrasi pupuk organik kedelai dan kayu apu berturut-turut sebesar 0,35%; 0,45%; 0,55%. Ulangan dalam penelitian ini untuk setiap perlakuan sebanyak 4 kali, sehingga jumlah sampel secara keseluruhan sebesar 16 sampel. Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi: 1) Kandungan unsur hara N, P, K pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu; 2) Penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi; 3) Konsentrasi yang optimal dalam menurunkan kadar TPH dan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi. Analisis data untuk kadar hara N, P, K dilakukan secara deskriptif dan dibandingkan dengan kriteria menurut Hadjowigeno (2003) sedangkan kadar TPH dan kadar hara N dianalisis secara statistik, analisis statistik yang digunakan adalah ANAVA satu arah yang dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu mengandung kadar nitrogen (N) sebesar 2,03%, fosfor (P) sebesar 0,81%, kalium (K) 0,68%; 2) Pemberian pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu pada berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi; 3) Konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam menurunkan kadar TPH tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% dengan presentase penurunan sebesar 42,43% dan meningkatkan kadar hara N tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% dengan presentase peningkatan sebesar 48,05%.

**Kata kunci :** bioremediasi, biostimulasi, tanah tercemar minyak, pupuk organik kedelai, kayu apu.

#### ABSTRACT

*This study purposed to determine: 1) the nutrient content N, P, K on organic fertilizer combination of soya beans and water lettuce; 2) The effect of organic fertilizer at different concentrations to decreased levels of TPH and increased level of nitrogen (N) on petroleum contaminated soil; 3) The optimal concentration of organic fertilizer to decreased levels of TPH and increased level of nitrogen (N) on petroleum contaminated soil. This research was experimental consist of control (petroorganik) and 1 treatment with adding of organic fertilizer combination soy bean and water lettuce 0.35%; 0.45%; 0.55%. Replications of this research for each treatment for 4 times, so all sample amount is 16 unit. The parameter that were measured in this study include: 1) The nutrient content N, P, K on organic fertilizer combination of soya beans and water lettuce; 2) The decreased level of TPH and increased level of nitrogen (N) on petroleum contaminated soil; 3) The optimal concentration to decreased of TPH and increased level of nitrogen on petroleum contaminated soil. Data of nutrient content N, P, K were analyzed descriptively and compared with Hadjowigeno's criteria (2003) while the data of TPH and nitrogen (N) were analyzed statistically. The statistical analysis used was one-way ANAVA followed by Duncan test. The results showed that: 1) Organic fertilizers combination of soy bean and water lettuce contain nitrogen (N) of 2.03%, phosphorus (P) of 0.81%, potassium (K) 0.68%; 2) Organic fertilizer combination of soy bean and water lettuce at various concentrations affect the decreased levels of TPH and increased levels of nitrogen (N) at petroleum contaminated soil; 3) The best concentration of organic fertilizer in lowering levels of TPH petroleum contaminated soil was 0.55% with a percentage decrease of 42.43% and increasing the nutrient content of petroleum contaminated soil N was 0.55% with a percentage increase of 48.05%.*

**Key words:** bioremediation, biostimulation, petroleum contaminated soil, organic fertilizer, soya beans, water lettuce.

---

## PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan minyak dan gas bumi yang semakin besar menimbulkan dampak terhadap pelestarian sumber daya alam, pengelolaan minyak bumi ataupun industri yang menggunakan minyak bumi merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan (Ripani, dkk 2015). Pencemaran lingkungan yang terjadi pada kegiatan penambangan berupa tumpahan minyak pada lahan sekitar penambangan akibat proses pengeboran, produksi, maupun ceceran akibat proses pemindahan.

Salah satu kontaminan minyak bumi yang sulit terurai adalah senyawa hidrokarbon. Hidrokarbon minyak bumi atau TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) adalah senyawa organik yang terdiri dari hidrogen dan karbon, TPH merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak bumi dalam tanah yang sering dinyatakan dalam satuan mg hidrokarbon/kg tanah (Nugroho, 2006).

Bioremediasi dengan menggunakan teknik biostimulasi merupakan alternatif pengelolaan limbah minyak bumi yang ekonomis dan ramah lingkungan. Penggunaan teknik biostimulasi dengan menambahkan kompos sebagai *bulking agent* mempunyai kemampuan untuk meningkatkan porositas tanah dan merupakan bahan nutrient tambahan bagi mikroba (Juliani, 2011). Melimpahnya limbah brangkasan kedelai belum banyak dimanfaatkan oleh petani sebagai pupuk organik. Limbah brangkasan kedelai memiliki kemampuan mengikat nitrogen bebas di udara karena adanya bakteri penambat N yang terdapat pada akar tanaman kedelai. Selain dari tanaman kedelai, tanaman lain yang bisa digunakan sebagai pupuk organik adalah kayu apu yang memiliki kandungan N= 2,83%; P= 0,17%; K= 0,96% (Prameswari, 2012).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur hara N, P, K pada pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu, pengaruh penambahan pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu dalam menurunkan kadar TPH dan meningkatkan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi dan mengetahui konsentrasi pupuk organik kedelai dan kayu apu yang optimal dalam menurunkan kadar TPH dan meningkatkan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian tahap pertama berupa pembuatan pupuk organik dilakukan pada bulan Agustus–September 2014, sedangkan penelitian tahap kedua merupakan penelitian eksperimental dilakukan pada bulan November–Desember 2014, yang dilakukan di *Green House* Jurusan Biologi Universitas Negeri Surabaya. Uji TPH dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan di Jurusan Biologi Universitas Negeri Surabaya dan uji kadar N, P, dan K di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah timba 16 buah dengan diameter 40cm, *soiltester*, dan termometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah tanah yang tercemar minyak, petrogenik sebagai kontrol, brangkasan tanaman kedelai sebanyak 5 kg serta kayu apu sebanyak 1 kg.

Tahap pertama meliputi persiapan alat dan bahan, sampel tanah, dan timba. Tahap selanjutnya adalah pembuatan pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu dengan data berupa kadar hara N, P, K, C/N rasio, suhu dan pH di analisis secara deskriptif. Tahap penelitian selanjutnya adalah tahap perlakuan yaitu pemberian pupuk organik terhadap tanah tercemar minyak bumi untuk mendapatkan data berupa kadar TPH dan kadar hara N pada tanah yang dianalisis secara statistik menggunakan ANAVA untuk mengetahui perbedaan penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada berbagai konsentrasi. Jika terdapat perbedaan pengaruh dan hasil dari ANAVA adalah signifikan maka akan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui letak perbedaan pengaruh tersebut. Bila terdapat perbedaan akan dilanjutkan dengan uji Duncan  $\alpha=0,05$  untuk mengetahui beda nyata antar kombinasi perlakuan konsentrasi.

## HASIL

Berdasarkan hasil analisis penelitian terhadap kandungan hara N, P dan K pada pembuatan pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu, diperoleh data seperti pada tabel 1. Sementara itu, hasil pemberian pupuk organik terhadap penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi selama 30 hari, dengan konsentrasi yang berbeda disajikan pada tabel 2 dan 3.

**Tabel 1.** Hasil analisis kadar hara N, P, K pada pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu

| Parameter | Kadar Hara (%) | Keterangan | Kriteria Hardjowigeno (2003) |
|-----------|----------------|------------|------------------------------|
| N         | 2,03           | >0,75      | Sangat Tinggi                |
| P         | 0,81           | >0,035     | Sangat Tinggi                |
| K         | 0,68           | >0,06      | Sangat Tinggi                |

**Tabel 2.** Hasil pemberian pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu terhadap penurunan kadar TPH.

| Konsentrasi Pupuk organik (%) | Kadar TPH awal | Kadar TPH akhir (mg/kg) | Penurunan Kadar TPH (mg/kg) Setelah Perlakuan | Presentase penurunan kadar TPH (%) |
|-------------------------------|----------------|-------------------------|---|------------------------------------|
| Petroganik                    | 15.708,4       | 10.683,3 ± 274,92 (c)   | 5.025,1±274,92(a)                             | 31,98 ± 1,74 (a)                   |
| 0,35%                         |                | 10.086,7 ± 304,13 (b)   | 5.621,7±304,137(b)                            | 35,78 ± 1,93 (b)                   |
| 0,45%                         |                | 9.588,94 ± 240,56 (b)   | 6.119,4±240,566(b)                            | 38,95 ± 1,52 (b)                   |
| 0,55%                         |                | 9.041,78 ± 498,98 (a)   | 6.666,6±498,983(c)                            | 42,43 ± 3,17 (c)                   |

Keterangan: (a), (b), (c) adalah notasi untuk memberikan simbol beda nyata tiap perlakuan. Simbol yang sama menandakan tidak ada beda nyata dan sebaliknya, berdasarkan uji statistik Kurskal walllis.

**Tabel 3.** Hasil pemberian pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu terhadap peningkatan kadar hara N.

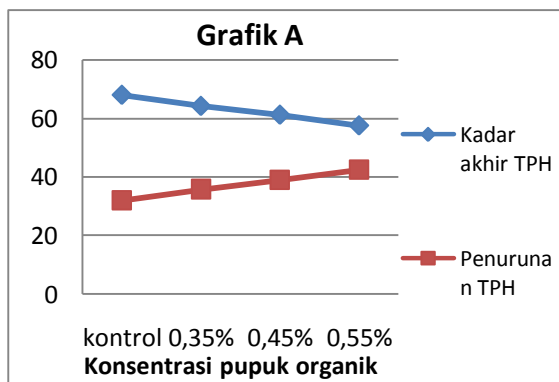
| Konsentrasi Pupuk (%) | Kadar N Awal (%) | Kadar N Akhir (%) | Presentase peningkatan N (%) |
|-----------------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| Petroganik            | 0,17             | 0,77 ± 0.04 (a)   | 35,70 ± 2,55 (a)             |
| 0,35                  |                  | 0,80 ± 0.04 (a)   | 37,22 ± 2,59 (a)             |
| 0,45                  |                  | 0,91 ± 0.03 (b)   | 43,80 ± 2,22 (b)             |
| 0,55                  |                  | 0,98 ± 0.01 (c)   | 48,05 ± 0,65 (c)             |

Keterangan: (a), (b), (c) adalah notasi untuk memberikan simbol beda nyata tiap perlakuan. Simbol yang sama menandakan tidak ada beda nyata dan sebaliknya, berdasarkan uji statistik Kurskal walllis.

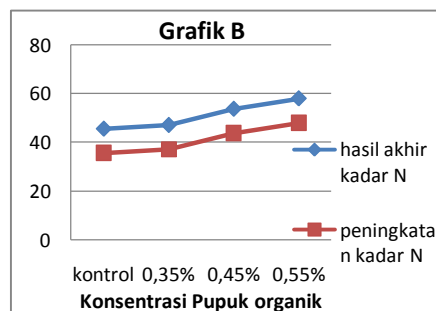
Data awal tanah tercemar minyak bumi sebelum perlakuan sebesar TPH= 15.708,4 mg/kg dan N-Total 0,17%, kadar TPH tanah awal tersebut melebihi standar aman nilai akhir hasil pengelolaan limbah yang diisyaratkan oleh EPA, 2009 yaitu sebesar 1.000 mg/kg dan kadar N-Total tanah tergolong rendah sesuai dengan kriteria yang ditentukan oleh pusat penelitian tanah (Hardjowigeno, 2003). Tabel 2

dan 3 menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi dengan penambahan pupuk organik kedelai dan kayu apu.

Penentuan konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam menurunkan kadar TPH dan meningkatkan kadar hara N disajikan dalam gambar 1.



**Grafik A.** Penurunan Kadar TPH



**Grafik B.** Peningkatan Kadar Hara N

**Gambar 1.** Grafik (A) Penurunan Kadar TPH dan (B) Peningkatan Kadar hara N

Gambar 1. menunjukkan bahwa presentase degradasi TPH mengalami peningkatan, pada kelompok kontrol maupun pada perlakuan. Semakin besar konsentrasi pupuk organik yang di tambahkan maka semakin tinggi pula penurunan kadar TPH dan semakin tinggi pula kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi.

Konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam menurunkan kadar TPH tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% mampu menurunkan kadar TPH sebesar 6.666,62 mg/kg dengan presentase penurunan 42,43%. Konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam meningkatkan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% mampu meningkatkan kadar hara N sebesar 0,98% dengan presentase peningkatan sebesar 48,05%.

### PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian diperoleh unsur hara N sebesar 2,03%, P sebesar 0,81% dan K sebesar 0,68%. Menurut Hardjowigeno (2003) berdasarkan nilai N yang diperoleh adalah tergolong sangat tinggi (>0,75%). Dari data tersebut tanaman kedelai mampu menambah kadar nitrogen dalam tanah yang tercemar. Hal ini dimungkinkan karena adanya aktifitas bakteri dalam tanaman kedelai dalam menangkap nitrogen bebas di udara. Penambahan nutrisi khususnya N, P, K pada tanah tercemar minyak bumi akan menambah konsentrasi kadar hara pada tanah, sehingga kadar hara pada tanah menjadi tercukupi. Meningkatnya konsentrasi kadar hara tanah dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme (Handrianto, 2011).

Hasil penelitian yang telah dilakukan selama 30 hari mengenai penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N dalam tanah tercemar minyak bumi dengan penambahan pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu, menunjukkan penurunan kadar TPH tertinggi pada konsentrasi 0,55% dengan penurunan kadar TPH sebesar 6.666,62 mg/kg, serta menunjukkan peningkatan jumlah kadar hara N sebesar 0,81%.

Penurunan TPH disebabkan karena proses degradasi terhadap senyawa-senyawa hidrokarbon oleh bakteri *indigenus* seperti *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Nocardia*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium* dan *Aeromonas* yang telah distimulasi pertumbuhannya oleh pupuk organik yang ditambahkan kedalam tanah tercemar minyak bumi tersebut, perbedaan hasil TPH yang telah didegradasi

pada akhir penelitian dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain adalah nutrisi organik untuk menstimulasi bakteri *indigenus* dan faktor lingkungan yang mendukung kelangsungan proses degradasi senyawa hidrokarbon yang dilakukan oleh bakteri (Nugroho, 2006).

Mekanisme biodegradasi dapat melalui oksidasi rantai C terminal (mekanisme  $\beta$ -oksidasi) atau subterminal molekul alkana. Mekanisme tersebut melalui pengikatan satu atom oksigen pada rantai terminal (ujung metil) dari suatu normal alkana. Koenzim NADPH<sub>2</sub> dilibatkan pada proses awal ini hingga dibentuk alkohol primer dan terbentuk aldehyd serta asam lemak. Rantai panjang dari asam lemak yang terbentuk ini, dengan adanya koenzim pembawa (*carrier coenzym*) CoA akan dibentuk asil koenzim A. Melalui rangkaian reaksi dehidrogenasi dan hidrolisis secara bergantian, koenzim pembawa CoA akan terikat pada sisa asam lemaknya, dan terbentuk senyawa asetil-CoA yang akan memasuki siklus asam trikarboksilat di dalam sel mikroba dan dihasilkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O serta energi bagi pertumbuhannya (Nugroho, 2006).

Kemampuan mikroorganisme mendegradasi senyawa hidrokarbon tergantung pada kemampuannya beradaptasi di lingkungan yang mengandung hidrokarbon. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama nutrisi, pH, temperatur dan aerasi (Handrianto, 2011).

Penambahan pupuk organik mempunyai kemampuan untuk meningkatkan porositas tanah dan merupakan bahan nutrisi tambahan bagi mikroorganisme, khususnya kadar hara N, P, K. Meningkatnya kadar hara tanah dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme (Juliani, 2011). Mikroorganisme membutuhkan seperti nitrogen dan fosfor untuk menunjang kehidupan dan metabolismenya, namun jumlah nutrisi dalam tanah terbatas sehingga menghambat proses degradasi minyak dalam tanah. Penambahan nutrisi dalam tanah seperti nitrogen dan fosfor memiliki kemampuan untuk meningkatkan laju biodegradasi minyak (Obiakalajie *et al*, 2015).

Pada penentuan konsentrasi optimal pupuk organik, terjadi peningkatan kadar hara N dengan hasil tertinggi pada penambahan pupuk organik sebesar 0,55% sebesar 0,98%. Hal ini bisa diasumsikan pada penelitian ini kadar N pada setiap unit perlakuan dipakai oleh

mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon untuk berkembangbiak dan melakukan pertumbuhan. Nitrogen merupakan penyusun utama asam amino yang digunakan untuk sintesis peptida dan protein, serta sebagai komponen biologi seperti khitin dan mukopeptida. Nitrogen juga merupakan bagian integral dari bahan genetik sel yaitu asam nukleat (Handayanto dan Harairah, 2009). Menurut Damdam (1983) dalam Handrianto (2013), adanya sistem aerobik dan anaerobik akibat pemberian air dapat mempengaruhi transformasi N yang memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi-denitrifikasi. Selain itu air dapat menjadi media mekanisme hilangnya N melalui volatilisasi amina, pencucian, serta aliran permukaan.

Konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam menurunkan kadar TPH dan meningkatkan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi adalah dengan penambahan pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu dengan konsentrasi sebesar 0,55% dimana dengan konsentrasi tersebut mampu menurunkan kadar TPH 6.666,6 dan mampu meningkatkan kadar hara N sebesar 0,98%. Berdasarkan kriteria yang diisyaratkan EPA, 2009 kadar TPH tanah setelah perlakuan masuk kedalam kategori sedang karena masih melebihi standar yang telah ditentukan sebesar 1.000 mg/kg, sedangkan kriteria yang di tentukan oleh pusat penelitian tanah kadar hara N tanah setelah perlakuan tersebut termasuk sangat tinggi (Hardjowigeno, 2003).

#### SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu mengandung kadar nitrogen (N) sebesar 2,03%, fosfor (P) sebesar 0,81%, kalium (K) 0,68%; 2) Pemberian pupuk organik kombinasi kedelai dan kayu apu pada berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap penurunan kadar TPH dan peningkatan kadar hara N pada tanah tercemar minyak bumi; 3) Konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam menurunkan kadar TPH tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% dengan presentase penurunan sebesar 42,43% sedangkan konsentrasi pupuk organik yang optimal dalam meningkatkan kadar hara N tanah tercemar minyak bumi adalah 0,55% dengan presentase peningkatan sebesar 48,05%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- EPA, 2009. *Soil Hazard Categorization and management*. Industrial Waste Resource Guideline. EPA. Victoria.
- Halifudin, 2011. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Teknik Bioagmentasi dan Biostimulasi. *Jurnal Embryo*. Vol 8 (1): 0216-0188.
- Handayanto E dan Harairah K, 2009. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Yogyakarta : Pustaka Adipura.
- Handrianto P, 2011. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Melalui Metode Biostimulasi Dengan Penambahan Kompos Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*. L.). *Skripsi* tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Handrianto P, 2013. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Di Lokasi Pertambangan Tradisional Bojonegoro Dengan Metode Stimulasi Menggunakan Kotoran Sapi. *Thesis* tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Airlangga Surabaya.
- Hardjowigeno S, 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta : Akademika Pressindo.
- Juliani A dan Rahman F, 2011. Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Vol 3 (1) : 001-018.
- Mukhtasor, 2008. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Surabaya. ITS press.
- Nugroho Astri, 2006. Biodegradasi Sludge Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *Jurnal Makara, Teknologi*, Vol. 10(2): 82-89. Jakarta.
- Nugroho Astri, 2006. *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Jakarta. Graha Ilmu.
- Prameswari F, Sebayang HT dan Sunarni T, 2012, Pengaruh Pupuk N, P, K, Azolla (*Azolla pinnata*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa*). *Jurnal Produksi Tanaman*. Vol 1 (3) : 9-20.
- Obiakalaje UM, Makinde OA and Amakaromo ER, 2015. Bioremediation of crude oil polluted soil using animal waste. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*. Vol 3(3) : 79-85.

Ripani, Bahtiar, dan Yahdi, 2015. Perbedaan Aktifitas Bakteri Tanah Pendegradasi Minyak Antara yang Dialirkan Udara dan Penambahan Peroksida ( $H_2O_2$ ) sebagai Sumber Oksigen. *Jurnal Tadris IPA Biologi FITK IAIN Mataram*. Vol VII (2) : 173-189.

Sarasputri Dwi Ajeng, 2011. Perbandingan Biostimulasi dan Bioaugmentasi dalam Bioremediasi Pantai Tercemar Minyak Bumi. *Skripsi* dipublikasikan. Jakarta: Universitas Indonesia.