

## Bioremediasi dengan Teknik Biostimulasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Menggunakan Kompos Kombinasi Limbah Media Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dan *Azolla*

### *Bioremediation of Petroleum Contaminated Soil Using Biostimulation Technic with Pleurotus ostreatus-Media Sewage Compos and Azolla*

Faizhal F. Zhyahrial\*, Yuni Sri Rahayu, Yuliani

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: faizhalslipknot@gmail.com

#### ABSTRAK

Total Petroleum Hidrocarbon (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak bumi. Penanganan limbah pada tanah menggunakan cara bioremediasi. Salah satu teknik bioremediasi adalah biostimulasi, yaitu dengan penambahan unsur hara pada tanah. Limbah baglog jamur kayu ditambah *Azolla* sebagai pemasok unsur hara N, P, dan K. Diketahui kadar hara kompos meliputi N = 1,53 %, P = 2,03%, K = 1,07%, C = 19,55%. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian kompos limbah baglog jamur ditambah *Azolla* terhadap penurunan kadar TPH dan kadar hara N. Jenis penelitian adalah penelitian eksperimental, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 1 faktor perlakuan terdiri 4 aras, 4 kali ulangan. Perluannya tanpa pemberian kompos (0 g/kg)(A), pemberian kompos 152,50 g/kg(B), 259,30 g/kg(C), dan 387,75 g/kg(D). Diperoleh hasil penurunan kadar TPH masing-masing perlakuan A=7,523,20 mg/kg, B=8.059,40 mg/kg, C=8.299,60 mg/kg, dan D=8.662,10 mg/kg. Data hasil kadar hara N masing-masing A=0,10%, B=0,13%, C=0,18%, dan D=0,22%. Data dianalisis menggunakan ANAVA satu arah dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kompos berpengaruh terhadap penurunan kadar TPH, kenaikan kadar hara N. Konsentarsi kompos optimal yaitu 387,75 g/kg yang menurunkan kadar TPH sebanyak 8.662,10 mg/kg dan menaikkan kadar hara N sebesar 0,22%.

**Kata kunci:** bioremediasi; biostimulasi; tanah tercemar minyak; limbah media jamur; *Azolla*

#### ABSTRACT

Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) is a measurement of pollutant concentrations of petroleum hydrocarbons. The handling of waste on soil is done by bioremediation technique. One of the bioremediation technique is biostimulation, that is the addition of nutrients to the soil. Waste of fungus baglog with *Azolla* addition as a supplier of N, P, and K nutrients. Its known that the nutrient content of compost including N=1.53%, P=2.03%, K=1.07%, C=19.55%. The purpose of this study was to determine the effect of composting waste of fungus baglog added with *Azolla* to decreased levels of TPH and nutrient content of N. This research is an experimental research, using a randomized block design (RBD) with 1 treatment factors comprising 4 levels, 4 replications. The treatments were without giving compost (0 g/kg) (A), and the provision of compost 152.50 g/kg (B), 259.30 g/kg (C), and 387.75 g/kg (D). The result indicated a decrease of TPH levels on each treatment, i.e. A = 7,523,20 mg/kg, B = 8059.40 mg/kg, C = 8299.60 mg/kg, and D = 8662.10 mg/kg. And the data of the levels of N is : A=0.10%, B=0.13%, C=0.18%, and D=0.22% respectively. Data were analyzed using one-way ANOVA followed by Duncan's test. The result showed that the administration of compost could decrease the levels of TPH and also increase nutrient levels of compost N. Optimal compost concentration was 387.75 g/kg wich lowered TPH levels as much as 8662.10 mg/kg and increase of N nutrient levels of 0.22%.

**Key words:** bioremediation; biostimulation; petroleum contaminated soil; waste of wood mushroom; *Azolla*

#### PENDAHULUAN

Pencemaran dapat diartikan sebagai berubahnya tatanan (komposisi) lingkungan oleh kegiatan manusia dan proses alam sehingga kualitas air, tanah, dan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran tanah biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan

kimia industri; penggunaan pestisida; air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*) (Muktasor, 2008).

Minyak bumi maupun limbahnya merupakan campuran kompleks senyawa organik yang terdiri atas senyawa hidrokarbon dan non

hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon merupakan komponen terbesar dari minyak bumi yaitu lebih dari 90%, sedangkan sisanya berupa senyawa-senyawa non hidrokarbon (Halifudin, 2011). *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak bumi dalam tanah atau serta seluruh pencemar hidrokarbon minyak dalam suatu sampel tanah yang sering dinyatakan dalam satuan mg hidrokarbon/kg tanah (Nugroho, 2006). Munawar dkk (2007), menjelaskan dalam penelitiannya bahwa dalam waktu tertentu, bioremediasi dengan teknik biostimulasi mampu menurunkan konsentrasi minyak. Pertumbuhan mikroba alami pada tanah tercemar dapat mendegradasi TPH tanah tercemar minyak bumi.

Melimpahnya limbah media jamur dalam masyarakat seiring dengan meningkatnya usaha budidaya jamur masih belum banyak dimanfaatkan. Limbah media tanam jamur kayu mengandung unsur N=0,42%; P=0,24%; dan K=0%. Oleh karena itu perlu penambahan *Azolla* sebagai pemasok unsur hara N, P, dan juga K, sehingga didapatkan kandungan hara pada kompos limbah media setelah penambahan yaitu N=2,01%; P=2,02%; dan K 0,91% (Kresna, 2003).

Pengembangan dan aplikasi bioremediasi harus melakukan *treatibility study* atau *treatment evaluasi* yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat komposisi nutrisi yang optimal (Halifudin, 2011). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan percobaan bioremediasi dengan teknik biostimulasi tanah tercemar minyak bumi dengan menggunakan limbah media jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) yang bertujuan untuk mendeskripsikan kandungan unsur hara N, P, K pada kompos limbah media jamur Tiram Putih (*P. ostreatus*) dengan penambahan *Azolla*, mengetahui perbedaan kadar TPH dan hara N pada tanah tercemar minyak bumi sebelum dan setelah pemberian media, dan mengetahui konsentrasi kompos limbah media jamur Tiram Putih (*P. ostreatus*) yang optimal dalam meningkatkan kadar nitrogen dan menurunkan TPH tanah tercemar minyak bumi.

#### BAHAN DAN METODE

Penelitian tahap pertama dilakukan pada bulan September - Oktober 2013, sedangkan penelitian tahap kedua dilakukan pada bulan Oktober - Desember 2013, yang dilakukan di *Green House* Jurusan Biologi, Universitas Negeri Surabaya, sedangkan Uji TPH dan kadar N, P, dan K di laboratorium Fakultas Pertanian

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Surabaya (UPN).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah timba 16 buah timba 5 liter, 1 buah neraca, cangkul, cetok, *soiltaster*, dan termometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah tanah yang tercemar minyak. Ada dua tahap dalam penelitian ini yaitu tahap persiapan dan penelitian.

Tahap Persiapan meliputi persiapan semua alat dan bahan, persiapan sampel tanah, prosedur pengukuran kadar TPH. Tahap Penelitian Pembuatan Kompos Limbah Media Jamur Tiram (*P. ostreatus*)+*Azolla* meliputi persiapan *Azolla* dan tahap penelitian bioremediasi beserta analisis hasil yang telah diperoleh (kadar N, P, dan K) secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif.

Data berupa kadar hara N, P, K C/N rasio, suhu dan pH pada kompos limbah media jamur (*P. ostreatus*) dan pada tanah tercemar minyak bumi dianalisis secara deskriptif. Tahap bioremediasi dengan data primer berupa kadar TPH dan N pada tanah dianalisis dengan menggunakan analisis varian satu arah, tujuannya untuk mengetahui perbedaan pengaruh akibat perlakuan. Jika ada perbedaan pengaruh dan hasil analisis varian satu arah 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

Penelitian bioremediasi tanah tercemar minyak bumi terdapat 2 tahapan, yaitu tahap persiapan dan penelitian. Hasil yang diperoleh pada tahap pertama adalah data berupa kadar N, P, dan K pada kompos limbah media jamur ditambah *Azolla*. Pada tahap kedua data berupa kadar TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) dan kadar nitrogen (N) pada tanah tercemar minyak bumi yaitu sebelum dan sesudah perlakuan. Data awal tanah tercemar minyak bumi sebelum perlakuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan kadar TPH tanah awal melebihi standar aman nilai akhir hasil pengelolaan limbah yang diisyaratkan oleh EPA (2009) yaitu sebesar 1.000 mg/kg dan kadar N-total pada tanah tergolong rendah sesuai dengan kriteria penelitian kandungan unsur tanah yang telah ditentukan oleh Pusat Penelitian Tanah (Hardjowigeno, 2003).

**Tabel 1.** Hasil uji awal kadar TPH dan N tersedia pada tanah tercemar minyak bumi.

Parameter	Kadar Pada Tanah	Kriteria	Keterangan
TPH	11.205,20 mg/kg	Kategori B (sedang)	<40.000 mg/kg (Kategori tingkat pencemaran EPA, 2009)
N	0,17%	Rendah	(0,10%-0,20%)(Kriteria Hardjowigeno, 2003)

Berdasarkan analisis kadar hara N, P, K pada kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* diperoleh data seperti pada tabel 2. Tabel 2 menunjukkan hasil uji kadar hara yang dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Lahan Universitas Veteran Surabaya (UPN) pada bulan Nopember 2013, didapatkan hasil

uji kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* meliputi N = 1,53 %, P = 2,03%, K= 1,07%, C = 19,55%. Menurut Hardjowigeno (2003), kadar N, P, dan K tersebut tergolong kriteria tinggi. Kompos yang diperoleh kemudian diperlakukan pada tanah tercemar minyak bumi.

**Tabel 2.** Kadar hara N, P, K pada kompos yang berbahan dasar limbah media jamur ditambah *Azolla*.

Parameter	Hasil	Keterangan	Kriteria Hardjowigeno (2003)
N-total	1,53%	>0,75	Sangat tinggi
P (HNO <sub>3</sub> +HClO <sub>4</sub> )	2,03%	>0,035	Sangat tinggi
K (HNO <sub>3</sub> +HClO <sub>4</sub> )	1,07%	>0.006	Sangat tinggi

Hasil pemberian media terhadap penurunan kadar TPH dan kadar hara N pada tanah yang tercemar minyak bumi selama 30

hari, dengan berbagai konsentrasi media dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 1.

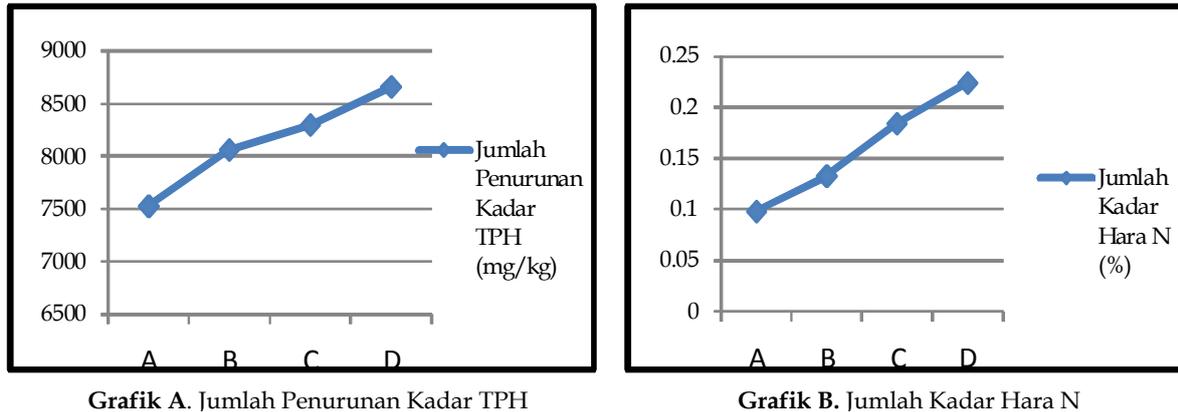
**Tabel 3.** Hasil Penurunan Kadar TPH dan Jumlah Kadar N Setelah Dilakukan Penelitian dengan Berbagai Konsentrasi.

Konsentrasi kompos limbah media jamur + <i>Azolla</i> (g)*	Kadar TPH (mg/kg) Setelah Perlakuan	Penurunan Kadar TPH (mg/kg) Setelah Perlakuan	Kadar Hara N(%) Setelah Perlakuan
A	3.682,00	7.523, 20	0,10
B	3.145,80	8.059,40	0,13
C	2.905,60	8.299,60	0,18
D	2.543,10	8.662,10	0,22

\*keterangan : A: konsentrasi 0, B : tanah 152,5; N 0,35%, C : tanah 259,3 ; N 0,45%, D : tanah 387,75 ; N 0,55% (tanah dalam gram/kg)

Tabel 3. menunjukkan hasil penelitian pada perlakuan A kadar TPH setelah perlakuan sebesar 3.682,00 mg/kg, penurunan kadar TPH sebesar 7.523,20 mg/kg, dan kadar hara N sebesar 0,10% Pada perlakuan B kadar TPH setelah perlakuan sebesar 3.145,80 mg/kg, penurunan kadar TPH sebesar 8.059,40 mg/kg, dan kadar hara N sebesar 0,13%. Pada perlakuan C kadar TPH setelah

perlakuan sebesar 2.905,60 mg/kg, penurunan kadar TPH sebesar 8.299,60 mg/kg, dan kadar hara N sebesar 0,18%. Dan pada perlakuan D kadar TPH setelah perlakuan sebesar 2.543,10 mg/kg, penurunan kadar TPH sebesar 8.662,10 mg/kg, dan kadar hara N sebesar 0,22%. Hasil penelitian yang menunjukkan jumlah penurunan kadar TPH dan jumlah kadar N dapat dilihat pada Gambar 1. berikut:



**Gambar 1.** Diagram (A) Jumlah Penurunan Kadar TPH, dan (B) Jumlah Kadar hara N

Grafik A menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* maka semakin tinggi pula penurunan kadar TPH yang didapat. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan kompos limbah media jamur dengan konsentrasi tertinggi yaitu D (0,55%) dapat menurunkan kadar TPH sebesar 8.662,10 mg/kg. Grafik B menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan kompos limbah media jamur ditambah dengan *Azolla* semakin tinggi pula kadar hara N pada tanah. Ditunjukkan dengan penambahan kompos dengan konsentrasi tertinggi yaitu D (0,55%) mampu meningkatkan kadar hara N pada tanah sebesar 0,22%. Penurunan kadar N terendah terjadi pada kontrol yaitu tanpa penambahan kompos.

### PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan D dengan penambahan kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* sebesar 387,75 g/kg. Pada tahap penelitian penurunan kadar TPH, pada perlakuan D didapatkan hasil terbaik dengan hasil TPH akhir sebesar 2.543,10 mg/kg dan penurunan kadar TPH tertinggi sebesar 8.662,10 mg/kg. Pada penelitian jumlah kadar N, pada perlakuan D didapatkan hasil terbaik yaitu jumlah kadar N sebesar 0,22%, dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Penurunan TPH disebabkan proses degradasi terhadap senyawa-senyawa hidrokarbon oleh bakteri yang telah distimulasi pertumbuhannya menggunakan media kompos kombinasi limbah media jamur dan *Azolla* yang ditambahkan ke dalam tanah tercemar minyak bumi tersebut yang ditunjukkan pada Grafik A. Menurut Nugroho (2006), perbedaan hasil TPH yang telah didegradasi pada akhir penelitian dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu

nutrien organik untuk menstimulasi bakteri *indigenous* dan faktor lingkungan yang mendukung kelangsungan proses degradasi senyawa hidrokarbon oleh bakteri.

Penambahan nutrien khususnya kadar hara N, P, K pada tanah tercemar minyak bumi akan menambah konsentrasi kadar hara pada tanah, sehingga kadar hara menjadi tercukupi. Meningkatnya konsentrasi kadar hara tanah dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme (Handrianto, 2011). Pada penelitian awal didapatkan hasil N, P dan K masing-masing N = 1,53 %, P = 2,03%, K= 1,07%, hal ini menurut Hardjowigeno (2003) tergolong kriteria kadar hara yang tinggi.

Pada semua unit perlakuan terjadi penurunan kadar TPH dengan penurunan tertinggi pada perlakuan D dengan penurunan sebesar 8.662,10 mg/kg. Hal tersebut akibat terjadinya degradasi hidrokarbon senyawa-senyawa aromatik. Mekanisme biodegradasi hidrokarbon dsenyawa aromatik dapat melalui oksidasi rantai C terminal (mekanisme  $\beta$ -oksidasi) atau subterminal molekul alkana. Mekanisme tersebut melalui pengikatan satu atom oksiden 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 aldehid 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).

Urutan reaksi-reaksi dasar biodegradasi senyawa aromatik secara aerob adalah masuknya senyawa aromatik kedalam sel mikroba yaitu proses ini sering diasumsikan terjadi melalui difusi, namun terdapat bukti adanya mekanisme transportasi lain yang spesifik (Nugroho, 2006). Selain itu, kondisi lingkungan fisik seperti temperatur dan aerasi serta faktor mekanik seperti pengadukan juga sangat mempengaruhi besarnya persentase degradasi. Menurut Doerffer (1992) dalam Nugroho (2006), senyawa hidrokarbon yang tertumpah di alam akan mengalami degradasi secara alamiah karena faktor-faktor lingkungan, meskipun laju degradasinya berlangsung lambat. Proses degradasi tersebut meliputi penguapan, teremulsi dalam air, teradsorpsi pada partikel padat, tenggelam dalam perairan serta mengalami biodegradasi oleh mikroba pengguna hidrokarbon. Temperatur dapat menyebabkan terjadi penguapan hidrokarbon, terutama senyawa berberat molekul rendah yang biasanya bersifat toksik.

Pada Grafik B terjadi peningkatan kadar hara N dengan hasil tertinggi pada perlakuan D sebesar 0,22%, tetapi terjadi penurunan kadar hara N dari hasil uji awal yaitu pada perlakuan A dan B dengan hasil masing-masing sebesar 0,10% dan 0,13%. Hal ini bisa diasumsikan pada penelitian kadar N pada setiap unit perlakuan dipakai oleh mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon untuk berkembangbiak dan melakukan pertumbuhan. Akibat dari pemakaian secara optimal hara N oleh mikroorganisme ini maka N pada akhir penelitian menjadi rendah. 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.

## SIMPULAN

Kadar hara pada kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* adalah N=1,53 %, P = 2,03%, dan K = 1,07%. Terdapat perbedaan kadar TPH dan hara N setelah diberikan kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* yaitu kadar TPH tertinggi sebesar 2.543,104mg/kg dengan penurunan kadar TPH tertinggi sebesar 8.662,1mg/kg dan kadar N tertinggi sebesar 0,224%. Konsentrasi kompos limbah media jamur ditambah *Azolla* yang optimal sebesar 387,75g/kg untuk menurunkan kadar TPH dan menaikkan kadar N dengan penambahan konsentrasi kompos 0,55%.

## DAFTAR PUSTAKA

- EPA, 2009. *Soil Hazard Categorization and Management*. Industrial Waste Resource Guideline. EPA Victoria
- Hafiludin, 2011. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Teknik Bioaugmentasi dan Biostimulasi. *Jurnal. Embryo Vol. 8 No.1 ISSN 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*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Handrianto, P, 2013. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Di Lokasi Pertambangan Tradisional Bojonegoro Dengan Metode Stimulasi Menggunakan Kotoran Sapi. *Tesis*. Surabaya. Universitas Airlangga Surabaya.
- Hardjowigeno, S, 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta : Akademika Pressindo.
- Kresna, D, 2003. Kualitas Pupuk Bokhasi Dari Limbah Media Tanam Jamur Kayu Dengan Penambahan *Azolla* dan Jerami Padi Untuk Meningkatkan Kadar Unsur N, P, K, dan Rasio C/N. *Skripsi*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Mukhtasor, 2008. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Surabaya: ITS press.
- 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.
- Nugroho, A, 2006. *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Jakarta. Graha Ilmu