SELEKSI LIMA JENIS RUMPUT UNTUK FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

Screening of Five Grass Species for Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soil

Tuti Suryati

Pusat Teknologi Lingkungan (PTL)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 820 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314
Email: tuti.suryati@bppt.go.id

Diterima: 2 Oktober 2014; Diperiksa: 20 Oktober 2014; Revisi: 3 Nopember 2014; Disetujui: 24 Nopember 2014

Abstract

Phytoremediation is a promising green technology for cleaning up petroleum contaminated soil. The potential of this technology in tropical regions such as Indonesia is very high due to favorable climatic conditions for plant growth and encourage the activity of soil microbes capable of degrading oil. This study aimed to identify five types of grass plants namely Brachiaria decumbens, Brachiaria humidicola, Eleusin indica, Paspalum notatum and Setaria splendida, which were grown in petroleum contaminated soil with Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) level of 3.42%. The most important, they are hopefully as the type of grass able to reduce the high petroleum contamination. The results showed that the grass Paspalum notatum was the best candidate for phytoremediation of petroleum contaminated soil, having 43.3% decreased of TPH level after twelve month planting

Key words: phytoremediation, petroleum contaminated soil, grass

Abstrak

Fitoremediasi adalah suatu teknologi yang menjanjikan untuk pembersihan tanah terkontaminasi minyak bumi. Potensi teknologi ini di daerah tropik seperti Indonesia sangat tinggi karena kondisi iklim yang mendukung untuk pertumbuhan tanaman dan mendorong aktivitas mikroba tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lima jenis tanaman rumput yaitu Brachiaria decumbens, Brachiaria humidicola, Eleusin indica, Paspalum notatum dan Setaria splendida, yang ditumbuhkan dalam tanah tercemar minyak bumi (*crude oil*) pada kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) sebesar 3,42%, dan sekaligus mengetahui jenis rumput yang mampu menurunkan cemaran minyak bumi paling tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumput Paspalum notatum merupakan kandidat terbaik untuk digunakan dalam fitoremediasi tanah tercemar minyak bumi. Penurunan kadar TPH oleh tanaman tersebut sebesar 43,3% selama dua belas bulan masa tanam.

Kata kunci: fitoremediasi, tanah tercemar minyak bumi, rumput

1. PENDAHULUAN

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi khususnya di daratan telah mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Dampak pencemaran tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis terhadap tanah, sehingga tanah menjadi terdegradasi. Sumber pencemaran oleh minyak bumi antara lain berasal dari : *oil spil* (tumpahan minyak yang secara langsung mengkontaminasi tanah/ lingkungan), *drilling mud* (berupa tanah lumpur hasil dari pengeboran), kerusakan pipa, sampah berukuran kecil seperti pasir dan kerikil yang keluar dari tangki pengeboran, dan air terproduksi.

Minyak bumi terdiri dari berbagai senyawa

hidrokarbon yang disusun dari berbagai senyawa alifatik rantai pendek, rantai medium dan rantai panjang (alkana dan alkena), senyawa aromatik (benzene, toluene, ethyl benzene, xylene, dll.), dan senyawa polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs, seperti naphthalene, phenantherene, dan pyrene)[1].

Dampak pencemaran tanah akibat tumpahan minyak dapat dirasakan oleh manusia ketika bersentuhan atau mengonsumsi air tanah yang telah tercemar, atau masuk ke dalam rantai makanan. Hal ini dikarenakan senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi berupa benzena, toluena, ethylbenzena, dan isomerxylene (BTEx) sebagai komponen utama, bersifat mutagenik dan karsinogenik.

Akibat yang timbul bagi manusia bisa sangat fatal, mulai dari perubahan struktur genetik, kanker hingga kematian. pada manusia. Senyawa ini bersifat *rekalsitran*, yang artinya sulit mengalami perombakan di alam, baik di air maupun di darat, Potensi gangguan lainnya selain terhadap organisme hidup dan persisten dalam lingkungan, adalah menghambat penyebaran air, retensi air dan suplay nutrin dalam tanah[2], dan volatilitasnya yang menyebabkan ledakan berbahaya. Untuk itu, ketika ada minyak yang tumpah pada media tanah harus segera ditangani dengan benar[3].

Berbagai penelitian dan upaya terus dilakukan guna menemukan cara paling efektif untuk mengatasi masalah limbah minyak bumi pada media tanah. Salah satu teknologi yang dapat dilakukan yaitu menggunakan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Teknologi ini potensial untuk biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat[4].

Tanaman untuk fitoremediasi harus sesuai dengan kondisi iklim dan tanah dari lokasi yang terkontaminasi[5]. Tanaman tersebut juga harus memiliki kemampuan untuk mentolerir kondisi stress[6]. Berdasarkan pada hal tersebut maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui tanaman rumput yang mampu tumbuh dalam tanah terkontaminasi minyak bumi dan sekaligus dapat menurunkan kadar bahan pencemar tersebut. Selanjutnya rumput tersebut akan diaplikasikan untuk fitoremediasi tanah tercemar minyak bumi di lapangan. Parameter yang diamati untuk mengetahui penurunan bahan pencemar tersebut yaitu melalui analisis kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dalam tanah tersebut. Pemilihan tanaman rumput dilakukan karena tanaman ini mempunyai sistem perakaran yang bercabang banyak sehingga zone rizhosfir meningkat, dan hal ini dapat menyediakan tempat yang lebih luas untuk pertumbuhan dan aktivitas mikroba pada sekeliling zone akar. Dengan demikian diharapkan dapat meningkatkan proses fitoremediasi.

2. BAHAN DAN METODE

1.1 Bahan dan Alat

Media tanam berupa tanah tercemar minyak bumi berasal dari Kabupaten Siak Provinsi Riau. Rumput yang digunakan terdiri dari lima jenis yaitu *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Eleusin indica*, *Paspalum notatum* dan *Setaria splendida*. Rumput ini diperoleh dari Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Pot yang digunakan berdiameter 16 cm dan tinggi 14 cm,

pupuk yang digunakan yaitu urea ((NH₂)₂CO), potassium klorida (KCl) dan pupuk super fosfat SP36 (Ca(H₂PO₄)₂).

2.2 Metode Penelitian

Media tanam yaitu tanah tercemar minyak bumi dikeringkan, digiling, disaring sehingga diperoleh media tanah yang homogen. Selanjutnya terhadap tanah ini dilakukan analisa kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dan analisa sifat fisik dan kimia tanah. Analisis kadar TPH dilakukan dengan metode gravimetri di Balai Teknologi Lingkungan (BTL), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Analisa sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Penelitian dilakukan di greenhouse Balai Teknologi Lingkungan BPPT, dengan metode sebagai berikut : Rumput ditanam dalam pot yang diisi dengan tanah tercemar minyak bumi sebanyak 1,5 Kg, dan sebagai kontrol pertumbuhan tanaman, ditanam dalam media tanah tidak tercemar yang berasal dari sekitar lokasi penelitian. Rumput ditanam dalam bentuk pols dan masing-masing pot berisi satu pols. Sebelum ditanam, tanah terlebih dahulu dibasahi dengan air, dan diaduk supaya kelembabannya homogen. Kelembaban tanah dipertahankan selama percobaan dengan cara penyiraman dengan air. Pemupukan diberikan pada awal percobaan. Berat pupuk yang diberikan untuk setiap pot adalah urea 0,54 g, SP36 0,52 g, dan KCl 0,31 g. Setiap tanaman dilakukan ulangan sebanyak lima. Parameter yang diamati adalah parameter pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman, jumlah tunas, jumlah daun, panjang akar, dan berat kering akar dan tajuk. Pengamatan tinggi tanaman, jumlah tunas, jumlah daun, dilakukan sampai umur 4 bulan, sedangkan panjang akar, berat kering akar dan tajuk dilakukan pada saat pemanenan yaitu pada bulan ke 12. Untuk mengetahui kemampuan dari tanaman dalam menurunkan kadar bahan pencemar maka dilakukan analisis kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada umur tanam 4 bulan dan 12 bulan dengan metode gravimetri. Data yang diperoleh, diolah menggunakan analisis sidik ragam pada taraf kepercayaan 5%.

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Penelitian

Tabel 1 menyajikan hasil analisa sifat fisik dan kimia dari tanah tercemar minyak bumi yang digunakan dalam penelitian ini.

Gambar 1, 2 dan 3 memperlihatkan pertumbuhan tanaman *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Eleusin indica*, *Paspalum notatum* dan *Setaria splendida* yang ditanam dalam tanah tercemar minyak bumi dan tanah tidak tercemar

minyak (kontrol).

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Tanah Terkontaminasi minyak bumi

Parameter	Satuan	Nilai
Tekstur :		
Pasir	%	52
Debu	%	20
Liat	%	28
pH (H ₂ O)		7.6
pH (KCl)		7.2
Bahan organik :		
C	%	5.39
N	%	0.31
C/N		17
P ₂ O ₅	mg/100g	51
K ₂ O	mg/100g	92
P ₂ O ₅	ppm	-
P ₂ O ₅	ppm	62.6
K ₂ O	ppm	367
Nilai Tukar Kation		
Ca	cmol(+)/kg	12.61
Mg	cmol(+)/kg	1.12
K	cmol(+)/kg	0.7
Na	cmol(+)/kg	0.69
	Jumlah	15.12
KTK	cmol(+)/kg	11.68
KB	%	>100
Al ³⁺	cmol(+)/kg	0
H ⁺	cmol(+)/kg	0.02

Gambar 1. Pertumbuhan tinggi tanaman pada umur tanam 4 bulan

Gambar 2. Jumlah tunas tanaman pada umur tanam 4 bulan

Gambar 3. Jumlah daun pada umur tanam 4 bulan

Hasil analisis kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi yang digunakan pada awal pengujian adalah 3,42%, sedangkan hasil analisis kadar TPH pada bulan ke 4 dan bulan ke 12 setelah pengujian disajikan pada gambar 4. Gambar 5 menyajikan persentase penurunan kadar TPH pada bulan ke 4 dan ke 12 tersebut.

Gambar 4. Kadar TPH dalam media tanam

Gambar 5. Persentase penurunan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) selama 4 bulan dan 12 bulan

Parameter pertumbuhan tanaman lainnya yang diamati adalah berat biomasa tanaman dan panjang akar tanaman. Hasil pengamatannya masing-masing disajikan pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Biomasa tanaman yang ditanam dalam tanah tercemar minyak bumi selama pertumbuhan 12 bulan

No	Jenis Rumput	Berat Kering		Rasio
		Tajuk (g)	Akar (g)	
1	<i>Brachiaria decumbens</i>	20.82	2.06	0.1
2	<i>Brachiaria humidicola</i>	31.7	2.92	0.09
3	<i>Eleusin indica</i>	14.02	1.5	0.11
4	<i>Paspalum notatum</i>	17.98	3.1	0.17
5	<i>Setaria splendida</i>	14.94	3.04	0.2

Tabel 3. Pertumbuhan panjang akar dari tanaman yang ditumbuhkan dalam tanah tercemar minyak bumi

No	Jenis Rumput	Panjang akar (cm)		Peningkatan
		Awal	12 bulan	
1	<i>Brachiaria decumbens</i>	8.4	62.6	6.5
2	<i>Brachiaria humidicola</i>	5.16	41.6	7.1
3	<i>Eleusin indica</i>	4.3	44.4	9.3
4	<i>Paspalum notatum</i>	4.4	82.6	17.8
5	<i>Setaria splendida</i>	4.92	50.2	9.2

3.2 Pembahasan

Dari hasil analisis tanah pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah ini termasuk kelas lempung liat berpasir, dengan pH yang relatif netral yaitu sekitar 7. Kadar bahan organik karbon (C) dan nitrogen (N) yaitu masing-masing sebesar 5,39% dan 0,31%. Kadar C tersebut termasuk tinggi sedangkan N sedang, sehingga rasio C/N tinggi. Tingginya rasio C/N diduga karena adanya penambahan unsur C dari bahan pencemar yaitu *crude oil*. Untuk kapasitas tukar kation (KTK) dari tanah ini termasuk rendah (11,68 cmol/kg), sedangkan jumlah kation dari unsur Ca, Mg, K dan Na, tinggi.

Hasil analisis *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi yang digunakan pada awal seleksi tanaman ini adalah 3,42%. Semua tanaman uji yang digunakan berhasil tumbuh dalam media tanah tersebut sampai pengamatan terakhir yaitu 12 bulan.

Pengamatan pertumbuhan tanaman yang disajikan pada gambar 1, 2 dan 3, pada umumnya tinggi tunas, jumlah tunas dan jumlah daun lebih rendah pada tanah tercemar daripada tanaman yang ditanam dalam tanah tidak tercemar (kontrol), kecuali rumput *Eleusin indica*. Pada tanaman *Eleusin indica* hasil pengamatan ketiga parameter tersebut lebih tinggi pada tanah tercemar minyak bumi daripada tanah kontrol, sedangkan pada *Brachiaria decumbens* dan *Brachiaria humidicola* hanya tinggi tanaman yang lebih besar pada tanah tercemar dibandingkan pada tanah tidak tercemar.

Dengan demikian pada umumnya minyak bumi mentah (*crude oil*) menyebabkan reduksi dalam pertumbuhan tanaman rumput yang diuji, kecuali pada *Eleusin indica*. Reduksi dalam pemanjangan tinggi tanaman (batang tanaman) dan akar, menurut Molina-Barahona et.al. (2005) disebabkan oleh kontaminasi bahan bakar diesel (salah satu komponen hidrokarbon minyak bumi) pada spesies tanaman yang digunakan. Hal ini bisa disebabkan oleh efek impermeabilitas dari bahan bakar atau imobilisasi hara terutama nitrogen atau oleh efek penghambatan dari beberapa komponen hidrokarbon aromatik polisiklik. Selain itu pengurangan tinggi batang tanaman relatif terhadap kontrol mungkin dihasilkan dari efek beracun sistemik dari translokasi alkana rantai panjang ke batang tanaman[7]. Reduksi dalam pertumbuhan tanaman adalah suatu efek dari alifatik kecil, aromatik, nafta dan senyawa fenolik (senyawa-senyawa ini ada dalam *crude oil*, minyak solar dan pelumas) yang dapat mengurangi respirasi, transpirasi dan fotosintesis sistem II.⁽⁸⁾⁽⁹⁾ Vega-Jarquín et.al.(2001), melaporkan bahwa bagaimanapun respon fisiologis suatu tanaman tergantung spesies[10].

Pada *Eleusin indica*, menurut Merkl et.al. (2005), struktur akar tanaman tersebut secara significant tidak dipengaruhi oleh *crude oil* [11]. Berdasarkan penelitian Yulianti (2009) dilaporkan bahwa rumput *Eleusin indica* (L.) Gaertn mempunyai kemampuan toleransi yang paling baik pada tanah tercemar, yang dapat dilihat dari kemampuan rumput ini tumbuh optimal pada konsentrasi *crude oil* yaitu 7,5% dan berat basah yang diperoleh pada konsentrasi ini paling tinggi dibandingkan jenis rumput lain[12]. Oleh karena itu hasil pengamatan beberapa parameter pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah tunas dan jumlah daun pada tanaman *Eleusin indica* dalam penelitian ini, lebih besar pada tanah terkontaminasi daripada tanah tidak terkontaminasi. Hal ini mungkin disebabkan karena akar tanaman toleran terhadap *crude oil* yang diberikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi tanah dengan bahan pencemar *crude oil*. Oleh karena itu dilakukan analisis salah satu parameter remediasi minyak bumi yaitu TPH. Kirket.al.(2002) menegaskan bahwa uji fitotoksisitas untuk menilai jenis tanaman untuk fitoremediasi lahan terkontaminasi minyak bumi, dapat mengurangi jumlah pot atau studi rumah kaca pada uji berikutnya yaitu uji degradasi yang perlu dilakukan sebelum spesies tanaman dapat dipilih untuk fitoremediasi minyak bumi[13].

Gambar 4 menunjukkan hasil analisis kadar TPH pada bulan ke 4 dan bulan ke 12 setelah pengujian. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kadar TPH pada semua media tanah dari pot setiap jenis tanaman sudah menunjukkan penurunan baik pada bulan ke 4 dan berlanjut sampai bulan ke 12. Kadar TPH pada bulan ke 4 berkisar antara 2,24% sampai 2,84%, sedangkan kadar TPH pada bulan

ke 12 menurun dan berkisar antara 1,94% sampai 2,07%. Hasil analisis variansi dari data tersebut menunjukkan bahwa kadar TPH pada setiap jenis tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, baik pada bulan ke 4 maupun pada bulan ke 12. Kadar TPH pada bulan ke 4 dan 12 yang paling tinggi ditunjukkan dari sampel tanah yang ditanami tanaman *Eleusin indica*. Dari data parameter tinggi tanaman, jumlah tunas dan jumlah daun serta biomassa tanaman, dapat dilihat bahwa tidak ada korelasi diantara parameter tersebut dengan kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar TPH. Hasil penelitian Merkl et. Al. (2005), menyatakan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara produksi biomassa baik tunas atau akar dan degradasi minyak di dalam tanah, seperti pada *Eleusin indica*[14].

Dari data analisis TPH (gambar 4) dapat dilihat juga bahwa kadar TPH pada bulan ke 12 paling kecil ditunjukkan dari tanah yang ditanami tanaman *Paspalum notatum* yaitu sebesar 1.94%, dengan persentase penurunan kadar TPH sebesar 43,3% (gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa *Paspalum notatum* menunjukkan penurunan paling tinggi dibandingkan tanaman lainnya. Rasio berat akar pertajuk dari kelima jenis tanaman tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan, namun pada panjang akar tanaman *Paspalum notatum* berbeda dengan tanaman lainnya. Dilihat dari data kadar TPH tersebut dan performance pertumbuhan tanaman terutama morfologi akar sampai bulan ke 12 dibandingkan dengan tanaman lainnya, tanaman *Paspalum notatum* merupakan kandidat tanaman yang paling baik untuk digunakan dalam fitoremediasi. Tanaman *Paspalum notatum* mempunyai sistem perakaran yang berserabut banyak dan lebih panjang dibandingkan tanaman lainnya. Parameter panjang akar sangat penting dalam fitoremediasi karena dapat menjangkau tanah yang lebih dalam. Sistem perakaran yang bercabang banyak dapat menyediakan permukaan yang lebih luas untuk pertumbuhan mikroba rizosfer yang terdapat pada sekitar akar. Interaksi antara mikroba dan tanaman telah diketahui merupakan faktor utama dalam fitoremediasi. Gunther et al. (1996) menemukan bahwa jumlah dan aktivitas mikroba paling tinggi berkaitan dengan meningkatnya degradasi hidrokarbon pada tanah yang terkontaminasi yang ditanami *ryegrass* dibandingkan dengan tanah yang tidak ditanami. Akar tanaman merangsang pertumbuhan mikroba, yang meningkatkan degradasi campuran hidrokarbon[15]. Tanaman menyediakan cairan (eksudat) akar yang terdiri dari karbon, energi, nutrien, enzim dan kadang oksigen bagi populasi mikroba dalam daerah rizosfer[16]. Adanya cairan akar pada daerah rizosfer akan meningkatkan populasi mikroba menjadi 5-100 kali lebih banyak daripada di daerah non rizosfer, yang kemudian meningkatkan terjadinya degradasi senyawa hidrokarbon. Oleh karena itu tanaman dengan struktur akar berserabut banyak dan

karena itu akar yang mempunyai luas permukaan lebih besar dapat meningkatkan disipasi bahan organik lebih besar daripada tanaman dengan sistem perakaran kurang berserabut[17].

Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa akar serabut tanaman *Paspalum notatum* lebih banyak daripada akar tanaman lainnya, dan panjang akar serta pertambahan akarnya selama dua belas bulan, lebih panjang daripada tanaman lainnya. Selain itu menurut literatur tanaman *Paspalum notatum* merupakan tanaman tahunan berhizoma, dan berakar dalam. Tingginya dapat mencapai 60 cm atau lebih. Rumput ini cukup populer karena kemampuannya beradaptasi pada kesuburan tanah yang rendah, dan mampu mentolerir kekeringan[18]. Oleh karena itu tanaman ini dapat menjadi kandidat yang paling baik untuk fitoremediasi tanah tercemar minyak bumi, dibandingkan tanaman lainnya yang diuji.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Tanaman rumput *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Eleusin indica*, *Paspalum notatum* dan *Setaria splendida* toleran dan adaptif pada tanah tercemar minyak bumi pada kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) awal sebesar 3,42% sampai dua belas bulan masa pertumbuhannya. Semua tanaman rumput tersebut dapat menurunkan kadar bahan pencemar minyak bumi melalui analisis kadar TPH pada empat bulan pertumbuhannya yang berlanjut sampai dua belas bulan masa pertumbuhannya. Tanaman *Paspalum notatum* dapat menjadi kandidat yang paling baik untuk digunakan dalam fitoremediasi tanah tercemar minyak bumi, karena menunjukkan persentase penurunan TPH yang paling besar dibandingkan tanaman lainnya yaitu sebesar 43,3%, dan *performance* pertumbuhan tanamannya terutama morfologi akarnya yang lebih baik daripada tanaman lainnya.

4.2 Saran

Percobaan sampai dengan 12 bulan masa tanam, dari kelima jenis tanaman yang diuji, menunjukkan nilai TPH masih diatas 1% atau diatas baku mutu sesuai dengan Kepmen LH No. 128 tahun 2003, dengan demikian perlu pengujian lanjut sampai dengan kadar TPH memenuhi baku mutu. Disarankan dilakukan penambahan mikroba eksternal, seperti Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan bakteri pendegradasi minyak untuk mempercepat proses fitoremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Frick, C.M., R.E. Farrell, J.J. Germida, 1999. Assessment of phytoremediation as an In Situ Technique for Cleaning Oil Contaminated Sites, Petroleum Technology Alliance Canada: Calgary, Canada p. 88.
2. Turle, R., T. Nason, H. Malle, P. Fowlie, 2007.

- Development and implementation of the CCME Reference Method for the Canada-Wide Standard for Petroleum Hydrocarbons (PHC) in soil: a case study, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 387, 957-964.
3. Fahrudin. 2004. Dampak Tumpahan Minyak pada Biota Laut. *Harian Kompas*, 17 maret 2004.
 4. Rismana, E., 2002. Fitoremediasi Teknologi Pengolah Limbah Alternatif. *Suara Pembaharuan* edisi 11 Februari 2002
 5. Njoku, K.L., M.O. Akinola, and B.O. Oboh, 2009. Phytoremediation of Crude Oil Contaminated Soil : *Glycine max* on The Physico- Chemistry and Crude Oil Content of Soil, *Nature and Science*, p 22-30. <http://www.sciencepub.net/nature>
 6. Siciliano, S. D. and J.J. Germida, 1998a. Biologi analysis and fatty acid methyl ester profiles indicate that *Pseudomonas* inoculants that promote phytoremediation alter the root-associated microbial community of *Bromus biebersteinii*, *Soil Biol. Biochem.* **30**, 1717-1723
 7. Molina-Barahona, L., L. Vega-Loyo, M. Guerrero, S. Ramirez, I. Romero, C. Vega-Jarquín, A. Albores, 2005. Ecotoxicological Evaluation of Diesel-Contaminated Soil Before and After a Bioremediation Process, www.interscience.wiley.com, pp.100-109.
 8. Trap S., A. Kohler, L.C. Larsen, K.C Zambrano, U. Karlson, 2005. Phytotoxicity of Fresh and Weathered Diesel and Gasoline to Willow and Poplar Trees, *J. Soil and Sediments*. 1:71-76.
 9. Vouillamoz, J., M.W. Milke, 2001. Effect of compost in phytoremediation of diesel-contaminated soils, *Water Sci. Technol.* 45: 291-295.
 10. Magdalena, O.E, A. Ufuoma, and O. Gloria, 2009. Screening of four Common Nigerian Weeds for Use in Phytoremediation of Soil Contaminated with Spent Lubricating Oil, *African Journal of Plant Science* Vol. 3 (5), pp. 102-106, May, 2009 <http://www.academicjournals.org/AJPS>
 11. Merkl, N., R. Schultze-Kraft, C. Infante, 2005. Assessment of Tropical Grasses and Legumes for Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soils, *Water Air Soil Pollut.* 165:195-209.
 12. Yulianti, R., 2009. Uji Kemampuan Beberapa Jenis Rumput dalam Fitoremediasi Limbah Minyak Bumi PT. Pertamina UBEP Limau Prabumulih Sumatera Selatan, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, 48 hlm.
 13. Kirk, J.L., J.N. Klironomos, H. Lee, J.T. Trevors, 2002. Phytotoxicity Assay to Assess Plant Species for Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soil, *Bioremed. J.* 6: 57-63.
 14. Merkl, N R. Schultze-Kraft, C. Infante, 2005. Phytoremediation in the tropics-influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids, *Environ Pollut.* 2005 Nov;138(1):86-91.
 15. Gunther, T., U. Dornberger and W. Fritsche, 1996. Effects of ryegrass on Biodegradation of Hydrocarbons in Soil. *Chemosphere*, 33: 203-15.
 16. Cunningham, S.D., T.A. Anderson, A.P. Schwab and F.C. Hsu, 1996. Phytoremediation soils contaminated with organic pollutants. *Adv. Agron.*, 56: 55-114.
 17. Aprill, W. and R.C. Sims, 1990. Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil, *Chemosphere*, 20: 253-66.
 18. Hasibuan, F.N., 2011. Waktu Penyimpanan dan Panjang Rhizome Rumput Bahia (*Paspalum notatum* Fluegge) sebagai Bahan Tanam Vegetatif dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Awal, Skripsi, Departemen Ilmu Nutrisi dan teknologi Pakan, fakultas Peternakan, IPB Bogor, hal 5.