

Kemampuan Fitoremediasi *Salvinia molesta* D. S. Mitchell pada Beberapa Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi

SRI PERTIWI E, JUSWARDI, BAMBANG YUDONO, DAN FAHRI ARLIO NITA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya Indralaya, Indonesia

Intisari: Penelitian tentang Kemampuan Fitoremediasi *Salvinia molesta* D.S. Mitchell pada Beberapa Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi telah dilaksanakan pada Mei sampai Juni 2011. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi *S. molesta* pada beberapa konsentrasi limbah cair minyak bumi dengan mengukur TPH (Total Petroleum Hidrokarbon), pH dan berat basah. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi limbah 0%, 15%, 30%, 45%, 60% dan 75%, dan masing-masing perlakuan diulang 4 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *S. molesta* mampu menurunkan TPH pada tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi, dengan penurunan TPH tertinggi diperoleh pada konsentrasi limbah 75%, yaitu sebesar 1317 ppm. Pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi menggunakan *S. molesta* terjadi penurunan pH yang stabil. Pertumbuhan *S. molesta* yang tepat pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi diperoleh pada konsentrasi limbah 60%, dengan penambahan berat basah selama 30 hari sebesar 68,85 g. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi limbah cair minyak bumi yang tepat untuk proses fitoremediasi dan pertumbuhan *S. molesta* diperoleh pada konsentrasi limbah 60%, dengan penurunan TPH 1157 ppm.

Kata-kunci: fitoremediasi, *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, konsentrasi limbah cair minyak bumi

Abstract: The research on Phytoremediation Ability of *Salvinia molesta* D.S. Mitchell in Some Concentrations of Petroleum Liquid Waste was done in May to June 2011. The purpose of this research to determine the phytoremediation ability of *S. molesta* in some concentrations of petroleum liquid waste by measuring TPH (Total Petroleum Hydrocarbon), pH and wet weight. Research was done using Completely Randomized Design (CRD) with the treatment of concentrations of 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, and 75% waste, and each treatment was repeated 4 times. The results of research showed that *S. molesta* able to decrease of TPH in each treatment of concentrations petroleum liquid waste, with the highest TPH decrease is obtained at a concentration of 75% waste, amounting to 1317 ppm. In phytoremediation of petroleum liquid waste using *S. molesta* decrease of pH is stable. The right growth of *S. molesta* on phytoremediation of petroleum liquid waste obtained at a concentration of 60% waste, with the wet weight for 30 days amounting to 68.85 g. From the results obtained, it can be concluded that the concentration of petroleum liquid waste that is right for phytoremediation ability and the growth of *S. molesta* obtained at a concentration of 60% waste, with TPH decrease is 1157 ppm.

Keywords: phytoremediation, *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, concentrations of petroleum liquid waste

1 PENDAHULUAN

Limbah cair minyak bumi cukup berbahaya bagi makhluk hidup karena penyebarannya berlangsung cepat. Unit pengilangan minyak umumnya telah melakukan upaya penanggulangan limbah dengan pengolahan secara fisika dan kimia. Upaya mengoptimalkan pengolahan limbah cair minyak bumi dapat melalui pengolahan secara biologi. Sesuai dengan konsep baru yang mengupayakan agar suatu kegiatan industri melepaskan limbah

dalam jumlah sedikit atau dikenal dengan konsep nir limbah (*zero waste*), maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut, salah satunya dengan fitoremediasi. Menurut Haidir *et al.*^[1], pemanfaatan tumbuhan untuk membersihkan lingkungan tercemar merupakan metode remediasi yang murah, mudah dan ramah lingkungan.

Pada pengolahan limbah cair minyak bumi dengan metode fitoremediasi dapat digunakan jenis tumbuhan air. Berbagai jenis tumbuhan air telah

diketahui mempunyai kemampuan dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi, antara lain menggunakan *Salvinia natans* dan *Eichhornia crassipes*. Yunnie^[2] melaporkan bahwa persentase penurunan TPH pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi menggunakan *S. natans* selama 3 bulan adalah sebesar 83,15% dengan TPH awal 5,4 ppm.

Tumbuhan air yang juga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi limbah cair minyak bumi adalah *Salvinia molesta* D.S. Mitchell. Menurut Oliver^[3] *S. molesta* memiliki daun yang berfungsi seperti akar yang lebat dan panjang sehingga memperluas daerah rizosfer dan bidang penyerapan. Koch & Barthlott^[4] menyatakan bahwa pada permukaan atas daun *S. molesta* terdapat trikoma yang rapat dan bersifat superhidrofobik. Trikoma tersebut memungkinkan akumulasi polutan dan menyebabkan daun *S. molesta* yang terpapar di perairan tidak mudah membusuk. Menurut McFarland *et al.*^[5], pertumbuhan *S. molesta* tergolong cepat, pada kondisi normal jumlah dan biomasnya berlipat ganda dalam waktu kurang lebih 3 hari.

Fitoremediasi lebih efisien bila menggunakan kon-sentrasi polutan yang sesuai. Konsentrasi polutan yang sangat tinggi tidak memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh atau bertahan hidup. Konsentrasi polutan terlalu rendah menyebabkan fitoremediasi tidak efisien karena penurunan konsentrasi polutan yang terjadi lebih rendah daripada kemampuan optimum tumbuhan dalam menurunkan konsentrasi polutan^[6]. Dengan demikian, dalam penggunaan *S. molesta* sebagai tumbuhan agen fitoremediasi limbah cair minyak diketahui terlebih dahulu konsentrasi limbah yang tepat untuk kemampuan fitoremediasi dan pertumbuhan *S. molesta*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai kemampuan fitoremediasi *S. molesta* pada beberapa konsentrasi limbah cair minyak bumi.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan. Penelitian dilakukan di sekitar area Jurusan Kimia (intensitas cahaya = 4120-5020lux dan suhu = 30°C), laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan laboratorium Bioteknologi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah air sumur, akuades, limbah cair minyak bumi (TPH awal = 6760 ppm) yang berasal dari PT. PERTAMINA RU III Plaju-Sungai Gerong Palembang, n-heksan 70% dan ± 4,8 kg *S. molesta*. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL)

dengan perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi, yaitu 0%, 15%, 30%, 45%, 60% dan 75%.

Persiapan dan aklimatisasi *S. molesta*, persiapan bioreaktor, penanaman dan pemeliharaan *S. molesta*

Salvinia molesta diambil dari perairan di Jln. Mayor Ruslan, Indralaya, Ogan Ilir. Kemudian *S. molesta* diaklimatisasi pada air sumur selama satu minggu. Pada persiapan bioreaktor, limbah cair minyak bumi dimasukkan ke dalam 20 bioreaktor dengan konsentrasi sesuai rancangan percobaan yang telah dibuat dan ditambahkan air sumur sampai volume totalnya 15L. Empat bioreaktor sisanya hanya diisi dengan air sumur sebanyak 15L. *S. molesta* yang telah diaklimatisasi, ditanam pada 24 bioreaktor perlakuan, masing-masing sebanyak ±200 g. Kemudian pemeliharaan *S. molesta* dilakukan selama 1 bulan. Bioreaktor dihomogenkan setiap hari dengan cara diaduk.

Pengukuran TPH

Pengukuran TPH dilakukan dengan metode gravimetri. Air dan minyak bumi pada 50mL sampel limbah cair minyak bumi dipisahkan menggunakan corong pisah dengan menambahkan n-heksan 70%. Pemisahan dilakukan sebanyak 3 kali. Minyak bumi hasil pemisahan dimasukkan ke dalam botol vial yang telah diketahui beratnya (botol vial dan kertas label). Kemudian n-heksan 70% yang tersisa diuapkan dengan menggunakan penangas air. Botol vial dan minyak bumi yang tersisa ditimbang kembali^[7]. Residu minyak diperoleh dari pengurangan antara berat akhir botol vial (berisi minyak bumi) dengan berat awal botol vial (kosong). Nilai TPH dihitung dengan cara:

$$\text{TPH (\%)} = \frac{\text{Residu minyak (g)} \times 100}{\text{Volume sampel (50 ml)}}$$

Keterangan: 1% (g/ml) = 10.000 ppm (mg/l)

Penurunan TPH diperoleh dari pengurangan antara nilai TPH awal penelitian dengan TPH akhir.

Pengukuran pH

Pengukuran pH media dilakukan menggunakan pH meter digital. Kalibrasi dilakukan dengan buffer satu (pH 4) dan buffer dua (pH 7). Perubahan pH diperoleh dari pengurangan antara pH awal penelitian dengan pH akhir.

Pengukuran berat basah

Pengukuran berat basah dilakukan dengan cara menimbang *S. molesta* menggunakan neraca Ohaus. Pengukuran berat basah dilaksanakan pada awal dan akhir penelitian. Perubahan berat basah *S. Mo-*

lesta diperoleh dari pengurangan antara berat basah awal penelitian dengan berat basah akhir.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan TPH

Hasil penelitian yang sudah dilakukan menginformasikan bahwa perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi berpengaruh nyata terhadap penurunan TPH selama fitoremediasi. Penurunan TPH tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi berda-sarkan hasil uji lanjut WBD ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penurunan TPH selama 30 hari fitoremediasi menggunakan *S. molesta* pada beberapa konsentrasi limbah cair minyak bumi

Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi (%)	TPH (ppm)		Rata-rata Penurunan TPH (ppm)
	Awal	Akhir	
0	0	0	0 ^a
15	625	137	488 ^b
30	1271	254	1017 ^c
45	1838	732	1106 ^{cd}
60	2359	1202	1157 ^d
75	3218	1901	1317 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut WBD α 5%

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 15% sampai 75% terjadi penurunan TPH. Semakin tinggi konsentrasi limbah cair minyak bumi semakin tinggi penurunan TPH. Penurunan TPH disebabkan karena selama proses fitoremediasi terjadi remediasi limbah cair minyak bumi melalui beberapa mekanisme fitoremediasi. Mekanisme fitoremediasi yang diduga terjadi pada penelitian ini antara lain rizodegradasi, fitovolatilisasi dan rizofiltrasi.

Mekanisme yang umumnya terjadi pada fitoremediasi limbah organik adalah degradasi secara tidak langsung oleh tanaman yang disebut rizodegradasi. Degradasi limbah cair minyak bumi dilakukan oleh bakteri di sekitar daun *S. molesta* yang berfungsi seperti akar (rizosfer). Daun *S. molesta* yang berfungsi seperti akar menjadi tempat asosiasi bakteri pendegradasi hidrokarbon. Tanaman menghasilkan eksudat akar berupa gula, asam amino, asam organik, asam lemak, sterol, enzim dan senyawa lain. Eksudat akar dapat meningkatkan populasi dan aktivitas bakteri di rizosfer.

Penurunan TPH pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 15% berbeda nyata dengan perlakuan lain dan merupakan penurunan TPH

terendah. Penurunan TPH yang rendah disebabkan karena kandungan limbah dan jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon pada bioreaktor perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 15% masih sedikit, sehingga sedikit juga limbah yang berhasil diremediasi. Pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 30% terjadi penurunan TPH yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 15%. Hal tersebut diduga karena keefektifan kerjasama antara *S. molesta* dan bakteri rizosfer. *S. molesta*. Menurut Surakusumah^[8], pada saat tumbuhan mengalami transpirasi, akar menyerap zat cair dan larutan yang berada di sekitar akar tertarik ke daerah rizosfer sehingga polutan lebih terkonsentrasi di rizosfer dan mempermudah bakteri untuk mengambilnya sebagai sumber nutrisi.

Penurunan TPH pada konsentrasi limbah cair minyak bumi 45% berbeda tidak nyata dengan konsentrasi 30% dan 60%. Namun berdasarkan nilai rata-rata penurunan TPH, penurunannya semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi limbah cair minyak bumi. Penurunan TPH pada konsentrasi limbah cair minyak bumi 30%, 45% dan 60% selain disebabkan degradasi hidrokarbon oleh bakteri dan akumulasi oleh *S. molesta*, diduga juga karena adanya pelepasan bahan yang mudah menguap ke udara (fitovolatilisasi), misalnya naftalena dan trikloroetena. Terjadinya mekanisme tersebut diketahui dari pengamatan pada permukaan bawah daun *S. molesta* tampak mengkilap disebabkan sisa limbah cair minyak bumi yang diuapkan. Selain itu, tepi daun *S. molesta* juga kering seperti terbakar (Gambar 1)



Gambar 1. Permukaan bawah daun *S. molesta* tampak mengkilap dan Tepi daun menjadi kering

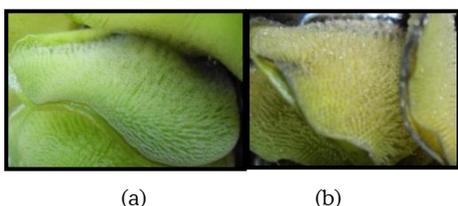
Penurunan TPH tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain diperoleh pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 75%. Hal tersebut disebabkan karena limbah pada perlakuan konsentrasi 75% berjumlah banyak sehingga peluang terjadinya remediasi limbah oleh *S. molesta* dalam jumlah besar mungkin terjadi. Selain mekanisme rizodegradasi dan fitovolatilisasi, terjadi juga mekanisme lain yang mendominasi pada perlakuan konsentrasi 75%. Mekanisme tersebut adalah adsorpsi dan absorpsi limbah pada daun. Daun *S. molesta* yang tenggelam membelah menjadi beberapa bentuk seperti benang panjang yang mirip akar dan dis-

elimuti oleh rambut-rambut yang akan memperluas bidang penempelan dan penyerapan limbah cair minyak bumi (Gambar 2).



Gambar 2. Daun *S. molesta* yang berfungsi seperti akar dengan tajuk yang lebar dan panjang serta diselimuti rambut-rambut

Kandungan limbah cair minyak bumi yang diabsorpsi oleh *S. molesta* diduga sebagian diakumulasi di trikoma permukaan atas daun. Hal tersebut diketahui berdasarkan pengamatan visual, yaitu adanya perubahan warna bagian atas trikoma menjadi hitam (Gambar 3.a dan b).



Gambar 3. Trikoma pada permukaan atas daun *S. molesta*, (a) sebelum fitoremediasi dan (b) selama fitoremediasi (hari ke-21) warna bagian atas trikoma berubah menjadi hitam

Penurunan pH

Konsentrasi limbah cair minyak bumi berpengaruh terhadap penurunan pH media tumbuh *S. molesta*. Penurunan pH media tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Penurunan pH media tumbuh *S. molesta* selama 30 hari fitoremediasi pada beberapa konsentrasi limbah cair minyak bumi

Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi (%)	pH		Rata-rata Penurunan pH
	Awal	Akhir	
0	6,1	4,9	1,2 ^a
15	5,8	3,8	2,0 ^b
30	5,8	3,6	2,2 ^b
45	5,5	3,6	1,9 ^b
60	5,4	3,4	2,0 ^b
75	5,3	3,3	2,0 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut WBD α 5%

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa pada tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi terjadi penurunan pH. Penurunan pH media untuk semua konsentrasi limbah cair minyak bumi adalah

stabil. Penurunan pH yang stabil disebabkan karena adanya sistem buffer alami berupa CO_2

Penurunan pH pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0% berbeda dengan konsentrasi 15% sampai 75%. Penurunan pH pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0% lebih rendah dibandingkan konsentrasi 15% sampai 75%. Hal tersebut diduga karena fotosintesis *S. molesta* pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0% belum terganggu sehingga CO_2 hasil respirasi lebih banyak digunakan untuk foto-sintesis daripada membentuk asam karbonat dan bikarbonat, akibatnya penurunan pH lebih kecil.

Penurunan pH media perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 15% sampai 75% selain disebabkan karena adanya asam karbonat dan bikarbonat, juga disebabkan karena adanya senyawa bersifat asam yang dihasilkan oleh aktivitas bakteri dalam merombak senyawa hidrokarbon. Selama proses remediasi hidrokarbon berlangsung biodegradasi, senyawa hidrokarbon akan dipecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana melalui serangkaian reaksi. Pemecahan senyawa hidrokarbon menghasilkan berbagai senyawa seperti asam-asam organik, metana, H_2O dan CO_2 .

Pertambahan Berat Basah *S. molesta*

Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi berpengaruh nyata terhadap penambahan berat basah *S. molesta* selama 30 hari fitoremediasi. Pertambahan berat basah *S. molesta* pada semua perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertambahan berat basah *S. molesta* selama 30 hari fitoremediasi pada beberapa konsentrasi limbah cair minyak bumi

Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi (%)	Berat Basah(g)		Rata-rata Pertambahan Berat Basah (g)
	Awal	Akhir	
0	201,03	293,15	92,12 ^a
15	201,40	275,35	73,95 ^a
30	201,00	277,72	76,72 ^a
45	200,70	271,82	71,12 ^a
60	201,45	270,30	68,85 ^a
75	200,62	348,37	147,75 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut WBD α 5%.

Pada Tabel 3 menunjukkan adanya pertambahan berat basah pada semua perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi. Pertambahan berat basah pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0% berbeda tidak nyata dengan konsentrasi

15% sampai 60%. Hal tersebut diduga karena nutrisi yang tersedia bagi *S. molesta* pada media perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0% sampai 60% hampir sama. Namun berdasarkan nilai rata-rata pertambahan berat basah diketahui bahwa pertambahan berat basah *S. molesta* pada perlakuan konsentrasi 0% lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 15% sampai 60%. Hal tersebut disebabkan karena *S. molesta* pada perlakuan konsentrasi 0% tidak tercekam limbah cair minyak bumi. *S. molesta* masih mampu tumbuh walaupun hanya memanfaatkan air dan unsur yang terlarut di dalamnya. *S. molesta* masih mampu tumbuh meskipun pada media dengan unsur hara rendah.

Berdasarkan nilai rata-rata pertambahan berat basah, pertumbuhan *S. molesta* pada konsentrasi limbah cair minyak bumi 15% sampai 60% mengalami penurunan dibandingkan pertumbuhan *S. molesta* pada perlakuan konsentrasi 0%. Pertumbuhan daun yang berfungsi seperti akar dan tunas baru menjadi terhambat. Hal tersebut disebabkan karena cekaman limbah cair minyak bumi. Limbah cair minyak bumi dapat mempengaruhi permeabilitas membran sel dan mengurangi penyerapan cahaya matahari oleh kloro-plas sehingga menghambat laju fotosintesis.

Pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 75% diperoleh pertambahan berat basah *S. molesta* tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lain. Pertambahan berat *S. molesta* pada perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 75% bukan disebabkan karena pertumbuhannya (tidak tumbuh daun yang berfungsi seperti akar dan tunas baru), namun berat tersebut disebabkan oleh minyak yang diabsorpsi dan diadsorpsi oleh *S. molesta*

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi menggunakan *S. molesta* terjadi penurunan pH yang stabil.

Konsentrasi limbah cair minyak bumi yang terbaik untuk mendukung proses fitoremediasi dan pertumbuhan *S. molesta* diperoleh pada konsentrasi 60%, dengan penurunan TPH sebesar 1157 ppm, pertambahan berat basah sebesar 68,85 gram.

Saran

Melakukan penelitian mengenai enzim yang berhubungan dengan marka cekaman pada *S. molesta* tercekam limbah cair minyak bumi.

Mengukur laju pertumbuhan *S. molesta* untuk mengontrol pertumbuhannya selama proses fitoremediasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M Dikti atas dana penelitian melalui program Penelitian Hibah Bersaing Th 2011.

REFERENSI

- [1] Haidir, M., D. Roosmini & P.I. Tjahaja. 2005. Penyisihan Radionuklida Cesium-134 dari Tanah Andosol Menggunakan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Penelitian Teknik Lingkungan*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. 9 hlm. 22 Desember 2010.
- [2] Yunie. 2008. Fitoremediasi limbah cair minyak bumi dengan *Salvinia natans*. Skripsi jurusan Biologi FMIPA UNSRI. *Unpublished*.
- [3] Oliver, D. 1993. A Review of the Biology of Giant *Salvinia*. *Journal Aquatic Plant Manage.* 31: 227-231. 04 Februari 2011.
- [4] Koch, K. & W. Barthlott. 2009. Superhydrophobic and Superhydrophilic Plant Surface: An Inspiration for Biomimetic Material. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 367: 1487-1509. 25 Januari 2011.
- [5] McFarland, D.G., L.S. Nelson, M.J. Grodowitz, R.M. Smart & C.S. Owens. 2004. *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (Giant *Salvinia*) in the United States: A Review of Species Ecology and Approaches. <http://el.ercd.usace.army.mil/elpubs/pdf/srel04-2.pdf>. 24 Januari 2011.
- [6] U.S. EPA. 2000. Introduction to Phytoremediation. <http://www.cluin.org/download/remed/introphyto.pdf>. 26 Desember 2010.
- [7] Eris, F.R. 2006. *Pengembangan Teknik Bioremediasi dengan Slurry Bioreaktor untuk Tanah Tercemar Minyak Diesel*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 82 hlm.
- [8] Surakusumah, W. 2010. Ekologi dan Pembangunan. http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.PEND.BIOLOGI/197212031999031WAHYU_SURAKUSUMAH/Fitoremediasi_dan_pembangunan_ber_kelanjutan.pdf. 13 Februari 2011.

LAMPIRAN

Pertumbuhan *S. molesta* sebelum dan setelah 30 hari fitoremediasi pada tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi

Sebelum fitoremediasi | Setelah fitoremediasi



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 0 %



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 15 %



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 30 %



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 45 %



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 60 %



Perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi 75 %