

**EFISIENSI PENGGUNAAN OIL WATER SEPARATOR PADA KAPAL PENANGKAP IKAN UNTUK
PENCEGAHAN PENCEMARAN MINYAK DI LAUT (STUDI KASUS KM. MANTIS)
DI BBPPI SEMARANG**

*Oil Water Separator Use Efficiency on the Fishing Vessel to Prevent Oil Pollution in the Sea
(Case Study Km. Mantis) in Bbppi Semarang*

Teguh Edi Setiawan, Haeruddin*), Churun Ain

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email : Teguhedisetiawan@yahoo.com

ABSTRAK

Cemaran minyak akan berdampak pada penurunan daya dukung lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan organisme perairan. Cemaran minyak dapat berasal dari limbah cair kamar mesin kapal. Berdasarkan ketentuan IMO (*International Maritime Organization*) yaitu harus kurang dari 15 ppm. Kapal berukuran di atas 100 GT diwajibkan menggunakan OWS (*Oil Water Separator*) sebagai alat pemisah air dan minyak. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan (BBPPI) Semarang mencoba menerapkan penggunaan OWS pada kapal penangkap ikan berukuran di bawah 100 GT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penggunaan OWS, dan perbedaan toksisitas minyak sebelum dan setelah diolah dengan OWS terhadap *Chlorella vulgaris*. Penelitian dilaksanakan pada bulan November – Desember 2013. Metode yang digunakan adalah eksperimental laboratorium dengan menganalisis kandungan minyak. Dilanjutkan analisis efisiensi OWS dan uji toksisitas minyak terhadap alga *Chlorella vulgaris* sebelum dan setelah diolah dengan OWS. Kemudian dilakukan uji statistika T berpasangan apabila distribusi data normal dan uji wilcoxon apabila distribusi data tidak normal dengan taraf signifikansi 95%. Hasil penelitian menunjukkan OWS mampu mereduksi kandungan minyak dari sebelum diolah dengan OWS antara 2.083,60 mg/L - 29.246,60 mg/L menjadi 8,40 mg/L - 23,20 mg/L setelah diolah, tingkat efisiensi mencapai 99,3% - 99,9%. Hasil analisis statistik uji wilcoxon pada hasil uji toksisitas ($p < 0,05$) OWS mampu mengurangi toksisitas limbah cair kamar mesin mengandung minyak sebelum dan setelah diolah dengan OWS terhadap *Chlorella vulgaris*.

Kata kunci: Cemaran Minyak, *Oil Water Separator*; Uji Toksisitas; *Chlorella vulgaris*.

ABSTRACT

*Oil pollution results in the reduction of environmental capacity which can disturb the life of aquatic organism. The waste water from engine room of the vessel is one of the source oil pollution. Based on IMO (International Maritime Organization) recommendation which are less than 15 ppm. Vessel measuring above 100 GT must use OWS (Oil Water Separator) as the equipment to separate water and oil. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan (BBPPI) Semarang has tried to apply the usage of OWS at the fishing vessel measuring under 100 GT. This research has intended to determine the efficiency of using OWS, and the difference of oil toxicity before and after processed OWS to *Chlorella vulgaris*. The research was carried in November – December 2013. The methods used are laboratory experimental by analyzing oil continued by OWS efficiency analysis and testing oil toxicity on *Chlorella vulgaris* before and after processed using OWS. After that, data was analyzed using paired sample T-test if the data distribution was normal or wilcoxon test if the data distribution was abnormal using significancy level 95%. The result that OWS was able to reduce the oil content from 2.083,60 mg/L - 29.246.60 mg/L before processed, and 8,40 mg/L - 23,20 mg/L after processed with OWS, with efficiency level attained 99,3% - 99,9%. The statistical analysis using wilcoxon test at toxicity test ($p < 0,05$) that OWS was able to reduce waste water from engine room that contains oil and it has proven by comparing the toxic level before and after processed using OWS to *Chlorella vulgaris*.*

Keywords: Oil Pollution, *Oil Water Separator*; Toxicity Test; *Chlorella vulgaris*.

*) Penulis Penanggung jawab

1. PENDAHULUAN

Potensi sumberdaya perikanan Indonesia yang sangat menjanjikan menyebabkan upaya penangkapan ikan yang dilakukan relatif tinggi. Tingginya intensitas upaya penangkapan yang dilakukan oleh kapal-kapal penangkap ikan akan berbanding lurus dengan dampak negatif yang dimungkinkan muncul dari adanya kegiatan tersebut. Dampak negatifnya sendiri antara lain adalah *over fishing* dan juga pencemaran minyak ke lingkungan perairan dan laut. Pencemaran laut sendiri dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran dan atau kerusakan laut, didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan atau fungsinya. Tumpahan minyak dari kapal ataupun pembuangan air buangan kamar mesin tanpa *treatment* merupakan salah satu sumber yang cukup dominan dari pencemaran minyak di laut.

Minyak merupakan salah satu sumber pencemar dalam perairan, yang disebabkan karena berbagai hal mulai dari eksplorasi minyak bumi, pengilangan minyak, kecelakaan transportasi, kebocoran pipa ataupun pembuangan air buangan kamar mesin dan kegiatan di kapal lainnya (Nuryatini, 2010). Cemar minyak ini dapat menimbulkan polusi terhadap perairan dan laut yang berdampak pada turunnya daya dukung lingkungan yang berdampak pada terganggunya kehidupan organisme dalam perairan tersebut. Menurut Peraturan Menteri Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim, disebutkan bahwa kegiatan diatas kapal dapat menyumbang bahan pencemar diantaranya; minyak, bahan cair beracun, muatan bahan berbahaya dalam bentuk kemasan, kotoran, sampah, udara, air ballast, dan atau barang dan bahan berbahaya bagi lingkungan yang ada di kapal. Sebab itu, setiap awak kapal wajib melakukan pencegahan dan menanggulangi pencemaran yang bersumber dari kapalnya.

Sisa minyak kotor (air buangan) merupakan salah satu yang limbah yang dalam pengoperasian kapal tidak boleh di buang ke perairan. Pada kapal-kapal besar berukuran diatas 100 GT diatur tentang penggunaan OWS (*oil water separator*). Bunyi peraturan tersebut yaitu pada kapal berukuran 100 GT atau lebih dan bermesin penggerak 200 HP atau lebih paling sedikit harus memiliki peralatan pencegahan pencemaran oleh minyak yang meliputi: Peralatan pemisah air dan minyak (*oil water separator*), Tangki penampungan minyak kotor (*sludge tank*), dan Standar sambungan pembuangan (*standard discharge connection*). Ini ditujukan untuk pencegahan pencemaran minyak sehingga diharapkan air buangan kamar mesin yang bercampur dengan minyak tidak langsung di buang ke perairan, tetapi terlebih dahulu dilakukan *water treatment* (pengolahan) dengan OWS.

Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan (BBPPI) Semarang mencoba menerapkan penggunaan OWS pada kapal penangkap ikan. Mengingat kebanyakan kapal penangkapan ikan yang ada di Indonesia terutama di wilayah Pulau Jawa adalah kapal dengan ukuran kecil hingga sedang dengan ukuran dibawah 100 GT. Hal ini yang membuat rentannya masuk pencemar minyak dari limbah cair buangan kamar mesin kapal-kapal tersebut, karena pada dasarnya yang berandil besar terhadap tingkat konsentrasi minyak yang terkandung dalam limbah cair kamar mesin tersebut bukanlah besarnya GT kapal sepenuhnya, akan tetapi lebih pada kegiatan di atas kapal, aktivitas ABK, kuantitas trip penangkapan, juga instalasi yang ada di dalam kapal. Sehingga dengan adanya penerapan OWS pada kapal penangkapan ikan beban cemaran minyak yang mungkin masuk akibat aktivitas kapal penangkapan ikan yang jumlahnya banyak dapat diminimalisir dan tidak melebihi standar baku mutu yang ada.

Peraturan tentang penggunaan OWS pada kapal-kapal yang ada sekarang hanya diperuntukkan untuk kapal dengan ukuran diatas 100 GT, sedangkan kapal penangkap ikan di Indonesia kebanyakan berukuran kurang dari 100 GT. Oleh sebab itu, upaya mengurangi pencemaran perairan dari limbah cair buangan kapal yang mengandung minyak dengan alat tersebut masih belum efektif, karena kapal yang berukuran kurang dari 100 GT langsung membuang limbah cair kamar mesin yang bercampur minyak ke laut. Tindakan pencegahan terhadap terjadinya pencemaran perairan dan laut lebih baik dilakukan dibandingkan penanggulangan setelah terjadinya pencemaran. Pencegahan pencemaran akibat tumpahan minyak dapat dimulai dari atas kapal, dimulai dari perilaku anak buah kapal khususnya anak buah kapal bagian mesin, sehingga diharapkan dari sisi bahan bakar dan minyak pelumas yang bercampur dengan air buangan dapat diperkecil dengan penggunaan alat pencegah pencemaran laut.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui efisiensi penggunaan OWS (*oil water separator*) pada kapal penangkapan ikan dalam pencegahan pencemaran minyak di perairan dan laut serta mengetahui perbedaan toksisitas limbah cair kamar mesin kapal sebelum dan sesudah diolah dengan OWS terhadap *Chlorella vulgaris*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November-Desember 2013.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandungan minyak total dan toksisitas minyak yang terkandung di dalam limbah cair kamar mesin kapal sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dengan *oil water separator* dan toksisitasnya.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini metode penelitian eksperimental laboratorium yang oleh Wimmer dan Dominick (1983) dalam Setyanto (2005), diartikan sebagai penelitian dimana peneliti membawa subyek penelitian ke laboratorium atau lebih jelasnya penelitian yang dilakukan di dalam laboratorium. Penelitian eksperimental ini adalah jenis pra dan pasca tes dengan pemilihan kelompok secara acak yang dalam Kuntjojo (2009), dijelaskan bahwa rancangan ini ada dua kelompok yang dipilih secara acak. Kelompok pertama diberi perlakuan (kelompok Ekperimen) dan kelompok kedua tidak diberi perlakuan (kelompok kontrol) ataupun Observasi atau pengukuran yang dilakukan untuk kedua kelompok baik sebelum maupun sesudah pemberian perlakuan.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan terdiri atas persiapan alat yang diperlukan untuk pengambilan sampel air dan data pendukung lain. Pada pengambilan sampel limbah cair didahului dengan pembilasan alat pengambil sampel limbah cair (botol sampel) dengan sampel limbah yang akan diambil sebanyak 3 (tiga) kali pembilasan sebelum digunakan untuk mengambil sampel limbah cair. Prosedur ini sesuai dengan yang ada dalam SNI 6989.59:2008 tentang air dan limbah cair – bagian 59: metoda pengambilan contoh limbah cair.

Pengambilan Sampel

Sampel limbah cair di ambil pada dua titik yaitu sebelum pengolahan dengan OWS dan sesudah pengolahandengan OWS. Sampel diambil 4 kali dengan interval pengambilannya masing-masing 4 hari, dimaksudkan dapat mewakili perbedaan aktivitas di atas kapal. Hal ini dapat mempengaruhi besar masukan minyak ke dalam limbah cair kamar mesin. Pengambilan sampel air pada sebelum pengolahan dengan OWS dan sesudah pengolahandengan OWS menggunakan penampung sementara kemudian melakukan homogenisasi sampel limbah cair selanjutnya memasukkan ke dalam botol sampel yang sudah di bilas sebelumnya sebanyak 500 ml (BSN, 2008). Dasar pengambilan sampel limbah cair kamar mesin ini disesuaikan dengan operasional kapal sehingga diharapkan hasil dapat mewakili berbagai kegiatan yang ada diatas kapal beserta pengaruhnya terhadap kandungan minyak yang didapatkan.

Tahap Pengujian

Tahap pengujian meliputi uji kandungan minyak dalam limbah cair kamar mesin kapal menggunakan metode gravimetri (SNI 06-6989.10-2004), Uji toksisitas minyak terhadap alga *Chlorella vulgaris* untuk mengetahui respon alga tersebut terhadap limbah cair sebelum dan setelah diolah dengan OWS dengan masing-masing dibuat 5 konsentrasi berbeda yaitu konsentrasi 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25% serta ditambah dengan konsentrasi 0% (kontrol) (USEPA, 2002 dalam Prahastuti, 2013), dan penentuan nilai *hue* (warna) dari sampel air

Analisa Data

Data hasil uji kandungan minyak dan lemak dianalisis nilai persen efisiensi OWS (Fahrurrozie *et al.*, 2010), dengan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Sebelum Pengolahan} - \text{Setelah Pengolahan}}{\text{Sebelum Pengolahan}} \times 100\%$$

Dan hasil kepadatan akhir uji toksisitas minyak terhadap alga dengan bahan toksik limbah cair mengandung minyak sebelum diolah dengan OWS dan sesudah diolah dengan OWS dianalisis dengan analisis statistik uji T berpasangan (*paired sample T test*). Uji T berpasangan dilakukan terhadap dua sampel yang berpasangan (*paired*). Menurut Santoso (2008), Sampel yang berpasangan diartikan sebagai sebuah sampel dengan subjek yang sama, namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda. Dalam penelitian ini di mana pertama sampel tanpa di *treatment* dengan OWS (*oil water separator*) sedangkan pada sampel kedua dilakukan *treatment* dengan OWS (*oil water separator*). Pengujian didahului dengan uji normalitas untuk mengetahui distribusi datanya normal atau tidak, dilanjutkan dengan uji homogenitas. Namun, dalam Santoso (2014), jika distribusi dari uji normalitas tidak normal maka uji T berpasangan harus diganti dengan uji statistik nonparametrik yang khusus digunakan untuk dua sampel berhubungan yaitu salah satunya uji Wilcoxon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di Balai Besar Pengembangan Penangkap Ikan (BBPPI) Semarang yang beralamat di Jl. Yos Sudarso Kalibaru Barat Tanjung Emas Semarang, secara geografis BBPPI Semarang terletak pada 6°56'56.28" LS dan 110°25'4.71" BT. BBPPI Semarang bergerak dalam pengembangan penangkapan ikan di bawah naungan Kementerian Kelautan dan Perikanan, dengan fasilitas beberapa kapal salah satunya adalah KM. Mantis yang digunakan sebagai tempat pengambilan sampel air limbah. KM. Mantis berukuran 64 GT (Syarif dan Pamungkas, 2010):

Uji kandungan Minyak dan lemak pada limbah cair kamar mesin kapal diujikan ke Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi (BPIK) Jl. Murbei I, Srandol Wetan, Semarang. Uji toksisitas limbah cair kamar mesin

kapal yang mengandung minyak dilakukan di laboratorium Manajemen Sumberdaya Ikan dan Lingkungan gedung D lantai 1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang.

Kandungan Minyak

Tabel 1. Hasil Uji kandungan Minyak Total Sebelum dan Setelah Pengolahan OWS

No.	Sampel	Minyak (mg/L)		Efisiensi OWS
		Sebelum	Setelah	
1.	I	2.307,20	8,40	99,6%
2.	II	29.246,60	23,20	99,9%
3.	III	2.083,60	15,60	99,3%
4.	IV	13.321,20	14,80	99,9%
Rata-rata		11.339,65	15,5	
Standar Deviasi		12.795,90	6,06	

Sumber: Penelitian 2013

Uji Toksisitas Minyak Terhadap *Chlorella vulgaris*

Tabel 2. Hasil Uji Toksisitas Minyak Terhadap *Chlorella vulgaris*

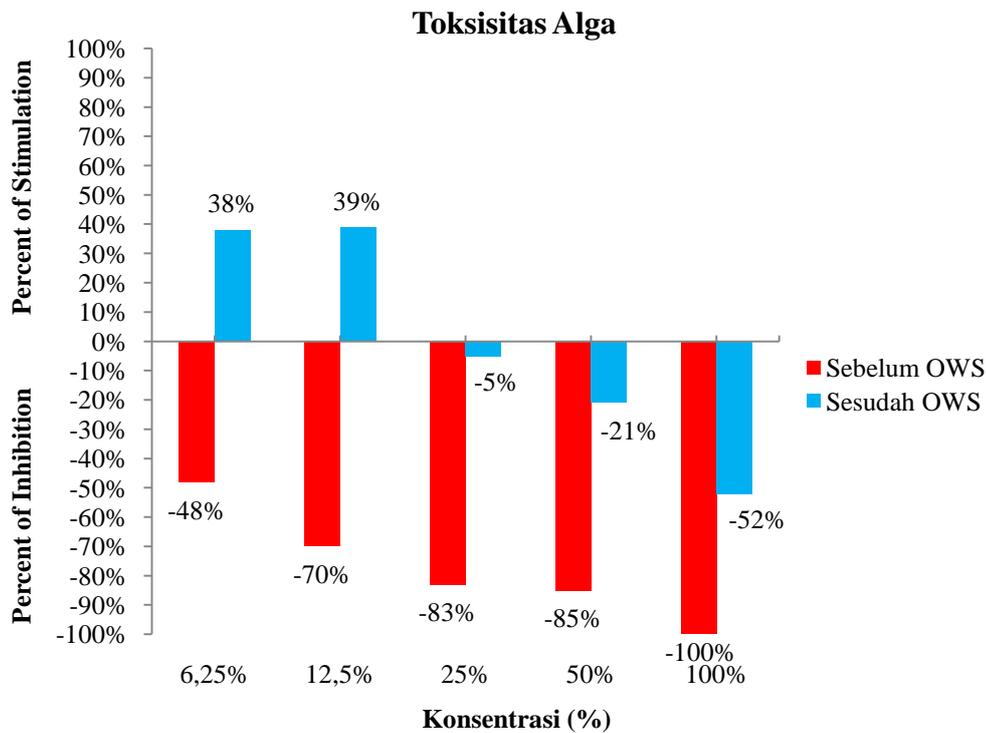
Perlakuan	Kepadatan Awal (x10 ⁶ sel/mL)	Kepadatan Akhir (x10 ⁶ sel/mL)	% I/S	
			I	S
Kontrol Air Laut	1,72	305	85%	(S)
Sebelum Pengolahan OWS	100,00%	4,48	0	100% (I)
	50,00%	4,25	0,64	85% (I)
	25,00%	5,90	0,98	83% (I)
	12,50%	3,45	1,02	70% (I)
	6,25%	3,96	2,04	48% (I)
Setelah Pengolahan OWS	100,00%	1,65	0,79	52% (I)
	50,00%	1,58	1,25	21% (I)
	25,00%	1,49	1,42	5% (I)
	12,50%	1,53	2,51	39% (S)
	6,25%	2,10	3,40	38% (S)

Sumber: Penelitian 2013

Keterangan:

I : Menghambat pertumbuhan (*Inhibition*)

S : Merangsang pertumbuhan (*Stimulation*)



Gambar 1. Histogram *Percent of Inhibition* atau *Stimulation* Toksisitas Minyak terhadap Alga Sebelum dan Setelah Dipisahkan dengan OWS

Parameter fisika dan kimia yang berpengaruh pada toksisitas

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia suhu air, pH, dan DO

No.	Suhu Air (°C)		pH		DO (mg/L)	
	I	II	I	II	I	II
1.	28	29	7	7	0,4	1,4
2.	27	28	8	7	0	0,8
3.	26	28	7	7	0	1
4.	27	28	8	7	0	1

Sumber: Penelitian 2013

Keterangan:

I : Sebelum pengolahan dengan OWS

II : Setelah pengolahan dengan OWS

Pembahasan**Kandungan minyak total**

Hasil pengujian kandungan minyak dan lemak dari air limbah kamar mesin kapal yang di uji secara *gravimetri*, didapatkan hasil kandungan minyak dan lemak sebelum dilakukan pengolahan dengan OWS yang terendah adalah 2.083,60 mg/L sampai dengan yang tertinggi yaitu 29.246,60 mg/L. Hal ini sangat berbeda dengan kandungan minyak dan lemak yang ada pada sampel setelah dilakukan pengolahan dengan OWS yang nilainya berkisar antara 8,40 mg/L sampai dengan 23,20 mg/L. Nilai standar deviasi pada sebelum pengolahan dengan OWS sebesar 12.795,90 mg/L dengan rata-rata 11.339,65 mg/L dan setelah pengolahan dengan OWS 6,06 mg/L dengan rata-rata 15,5 mg/L. pada sebelum pengolahan dengan OWS nilai standar deviasi lebih besar dari nilai rata-rata sedangkan setelah pengolahan dengan OWS nilai standar deviasi lebih rendah dari nilai rata-rata, artinya dengan nilai Standar deviasi lebih besar dibandingkan nilai rata-rata, maka nilai rata-rata sebelum pengolahan dengan OWS merupakan representasi yang buruk dari keseluruhan data. Sedangkan dengan nilai standar deviasi lebih kecil dibandingkan nilai rata-rata, maka nilai rata-rata setelah pengolahan dengan OWS dapat digunakan sebagai representasi dari keseluruhan data. Nilai standar deviasi lebih besar dari nilai mean-nya menunjukkan tingginya variasi antara nilai maksimum dan minimum (Wahyudi, 2008).

Hasil tersebut menunjukkan apabila air limbah kamar mesin kapal dengan kandungan minyak dan lemak yang tinggi seperti diatas langsung dibuang ke laut, maka yang terjadi adalah pelanggaran terhadap ketentuan yang ditetapkan oleh IMO (*International Maritime Organization*). Ketentuan tersebut menyebutkan tentang kotoran minyak dan sampah yang diperbolehkan dibuang kelaut yang lebih dikenal dengan nama MARPOL (*Marine Pollution*) 1973. IMO mengatur batas kandungan minyak dalam air yang boleh dibuang ke laut dari jarak lebih dari 12 mil laut dari daratan yaitu tidak melebihi 15 ppm (mg/L), begitupula baku mutu dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2007 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan minyak dan gas serta minyak bumi, yaitu sama kurang dari 15 mg/L (ppm). Oleh karena itu, limbah cair kamar mesin kapal membutuhkan *treatment* agar kadar minyak dalam air bisa kurang dari 15 ppm sebelum dibuang kelaut (Cahyani, 2011). Sebenarnya dari hasil setelah pengolahan dengan OWS masih ada dua konsentrasi yang melebihi dari 15 ppm yaitu 15,40 mg/L dan 23,20 mg/L, akan tetapi konsentrasi sudah lebih berkurang dibandingkan dengan konsentrasi awal yaitu pada konsentrasi 15,40 mg/L yang sebelumnya sebesar 2.083,60 mg/L (ppm), sudah mendekati ketentuan yang diperbolehkan yaitu 15 mg/L karena ketika limbah cair masuk keperairan akan mengalami pengenceran dan juga disperse sehingga akan menurun lagi konsentrasinya. Sedangkan konsentrasi 23,20 mg/L yang konsentrasinya awalnya 29.246,60 mg/L ini dikarenakan terjadi kegiatan yang tidak normal di kapal yaitu perbaikan mesin (*overhaul*) yang menyebabkan kandungan minyak yang ada pada limbah cair kamar mesin kapal meningkat drastis di atas rata-rata.

Dampak lain dari limbah cair kamar mesin tanpa pengolahan dengan OWS yang memiliki kandungan minyak dan lemak yang tinggi akan menyebabkan kematian pada biota perairan di pinggiran pantai seperti ikan kecil, kerang, dan kepiting karena terjebak limbah minyak (Kuncowati, 2010). Limbah minyak juga dapat menimbulkan kerusakan fisik terhadap ekosistem lainnya, seperti ekosistem mangrove karena cemaran minyak dapat menutupi perakaran mangrove sehingga menghambat proses pertukaran gas O₂ (Soemodihardjo dan Soeroyo, 1994), selain itu dapat pula menurunkan nilai estetika yang berdampak pada kegiatan ekotourisme (Aini, 2013). Adanya lapisan minyak pada permukaan air juga menyebabkan penetrasi cahaya matahari (Hendrawan, 2008), dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi, 2003 dalam Nurandani *et al.*, 2013).

Perbedaan kandungan minyak dan lemak pada sampel sebelum dan setelah pengolahan dengan OWS yang didukung dengan hasil perhitungan nilai efisiensi yang berkisar 99,3% sampai dengan 99,9% yang artinya penggunaan OWS dalam mereduksi kandungan minyak limbah cair kamar mesin kapal adalah sangat efisien jika dilihat dari nilai efisiensi OWS yang demikian tersebut. Hal ini dikarenakan sudah ada proses pemisahan antara minyak dan air didalam OWS, *Oil water separator* sebagai pemisah minyak dari limbah cair kamar mesin kapal sebelum air dipompa ke luar kapal (perairan) dan minyak ke tangki penampungan sebelum di salurkan ke saluran di pelabuhan (Cahyani, 2011).

Toksistas minyak terhadap alga

Uji toksistas minyak terhadap alga yang dilakukan pada *Chlorella vulgaris* didapatkan nilai *inhibition* terendah pada sebelum pengolahan dengan OWS yaitu konsentrasi 6,25% dengan nilai *inhibition* 48% kemudian terjadi kenaikan nilai *inhibition* sejalan dengan naiknya konsentrasi toksik yang diberikan sampai pada konsentrasi toksik tertinggi yaitu 100% *Chlorella vulgaris* tidak dapat hidup (nilai *inhibition* 100%). Hal ini dikarenakan *Chlorella vulgaris* sudah tidak mentolerir konsentrasi tersebut, yang ditunjukkan dengan matinya semua individu *Chlorella vulgaris* yang ada. Nilai *inhibition* bahan toksik air limbah kamar mesin kapal kepada *Chlorella vulgaris* naik seiring dengan naiknya konsentrasi bahan toksiknya baik pada sebelum maupun setelah pengolahan dengan OWS akan tetapi tingkat *inhibition* sebelum pengolahan dengan OWS lebih tinggi dibandingkan setelah dilakukan pengolahan dengan OWS. Dua konsentrasi terendah yaitu 12,5% dan 6,25% sudah terjadi *stimulation*, artinya *Chlorella vulgaris* masih dapat hidup pada medium tersebut. Penurunan jumlah sel mikroalga (*inhibition*) diindikasikan karena adanya perubahan kualitas air yang buruk atau adanya penurunan kandungan nutrient dalam media kultivasi yang dibutuhkan oleh alga (Tiela, 2010).

Berdasarkan Gambar 10. histogram toksistas minyak terhadap alga menunjukkan perbedaan respon toksik antara sebelum pengolahan dengan OWS dan setelah pengolahan dengan OWS berdasarkan masing-masing perlakuan konsentrasi. Tersaji dengan jelas pada sebelum dilakukan dengan OWS hanya terjadi *inhibition* dengan tingkat *inhibition* yang sangat tinggi sampai alga tidak dapat hidup yaitu konsentrasi tertinggi 100%. Sedangkan pada setelah pengolahan dengan OWS terjadi *stimulation* terhadap pertumbuhan *Chlorella vulgaris* sehingga diasumsikan bahwa setelah pengolahan dengan OWS kandungan minyak sudah lebih di tolerir setelah pengenceran konsentrasi 12,5% dan 6,5%. Bahan toksik diperairan juga akan demikian mengalami proses pengenceran dan dispersi sehingga konsentrasinya akan menurun secara berkala (Hutagalung, 1991 dalam Haryanto *et al.*, 2013). Hal ini menunjukkan toksistas antara air limbah buangan kapal tanpa dilakukan pengolahan dengan OWS dengan setelah dilakukan pengolahan dengan OWS berbeda, dimana pada sebelum dilakukan pengolahan dengan OWS penghambatan pertumbuhan *Chlorella vulgaris* lebih tinggi dibandingkan setelah pengolahan dengan OWS.

Penghambatan pertumbuhan alga dan penurunan populasi alga terjadi karena interaksi alga dengan cemaran minyak. Hal tersebut karena setiap organisme hidup mempunyai batas toleran masing-masing yang masih dapat diterimanya, apabila nilai tersebut terlewat maka organisme tersebut akan mulai terganggu. Pada tingkatan yang sudah maksimal dapat mematikan organisme tersebut termasuk mikroalga, seperti *Chlorella vulgaris*, *Ulva* dan yang lainnya. Rongcheng *et al.* (1986) dalam Septiapermana *et al.* (1995), menyatakan bahwa minyak memiliki pengaruh terhadap reproduksi seksual dan formasi *auxospora* dalam diatom. Dalam berbagai penelitian pada daerah beriklim sedang, didapatkan bahwa kandungan minyak dalam air laut dengan konsentrasi di atas 300 mg/L secara nyata menghalangi penyerapan heterotropik dan mineralisasi glukosa. Efek nyata dari adanya cemaran minyak di perairan adalah cahaya matahari tidak dapat masuk dan secara tidak langsung proses fotosintesis akan terganggu. Martinez *et al.* (2010), menjelaskan bahwa persentase penurunan yang signifikan dan kelangsungan hidup hanya terlihat jelas pada konsentrasi minyak tertinggi. Sedangkan persentase kelangsungan hidup pada konsentrasi minyak yang memiliki konsentrasi lebih rendah persentasenya mendekati kontrol. Proses fotosintetik lebih sensitif dan menunjukkan penurunan yang lebih besar dibandingkan persentase kelangsungan karena terhambatnya penetrasi cahaya yang diakibatkan karena adanya lapisan minyak. Namun, jenis sampel uji dan besar konsentrasi juga menunjukkan bahwa efek dari setiap jenis minyak berbeda, hal ini tergantung pada jenis dan besar konsentrasi.

Peran alga sebagai produsen primer menjadi vital baik dari fungsi sebagai penghasil oksigen dari proses fotosintesisnya ataupun karena bisa menyebabkan biomagnifikasi apabila alga yang sudah terkontaminasi minyak dikonsumsi oleh konsumen sampai rantai tertinggi, maka besar konsentrasi toksiknya akan terus meningkat serta tidak menutup kemungkinan dapat mengenai manusia sebagai konsumen tingkat tinggi dalam rantai makanan. Menurut Zaman *et al.* (2013), limbah minyak tersebut dapat terakumulasi dalam berbagai spesies dan melalui konsumen yang lebih tinggi melalui mekanisme jaring-jaring makanan menyebabkan biomagnifikasi melalui paparan jangka panjang. Dalam jangka pendek, toksikan juga berpengaruh langsung terhadap *Chlorella vulgaris* dan apabila hal ini terjadi pada lingkungan maka akan mempengaruhi berbagai organisme terpapar lainnya di lingkungan.

Hasil uji *Wilcoxon* yang didapatkan nilai signifikansi 0,043, jika penarikan hipotesis dilakukan dengan angka probabilitas, maka 0,043 adalah $<0,05$ artinya H_0 ditolak dan terima H_1 yang artinya toksistas limbah cair kamar mesin yang mengandung minyak sebelum dan setelah pengolahan dengan OWS terhadap *Chlorella vulgaris* berbeda secara nyata, toksistas minyak dan lemak pada limbah cair kamar mesin kapal sebelum diolah dengan OWS lebih tinggi dibandingkan setelah diolah dengan OWS.

Parameter fisika dan kimia yang berpengaruh terhadap toksistas

Nilai suhu air sebelum dilakukan pengolahan dengan OWS adalah 26 °C – 28 °C sedangkan setelah dilakukan pengolahan dengan OWS 28°C - 29°C perbedaan ini karena pengambilan dilakukan didalam ruangan kamar mesin dan baik *main engine* ataupun *generator* dalam keadaan mati sehingga lebih rendah daripada suhu setelah yang berada di luar. Suhu kamar mesin akan meningkat mencapai 38 °C sampai 40 °C atau bahkan lebih tinggi jika semua mesin beroperasi, nilai suhu air tersebut masih termasuk kisaran suhu yang normal, sesuai

kisaran suhu air yang baik untuk mikroalga secara umum antara 25 – 32 °C (Environmental Protecting Department, 2009 dalam Tiela, 2010).

Nilai pH pada sebelum pengolahan OWS adalah 7 - 8 sedangkan setelah pengolahan dengan OWS nilai pH adalah 7, dilihat dari nilai pH yang baik untuk mikroalga secara umum yaitu antara 7 - 9 (Laven dan Sorgeloos, 1996 dalam Harnadiemas, 2012), nilai tersebut sebenarnya masih baik untuk mikroalga. pH dari biodiesel, *diesel fuel oil* atau bioethanol untuk gasohol ini berkisar antara 6,5 – 9 (BSN, 2006), adanya perbedaan nilai pH antara sebelum dan setelah diolah dengan OWS dipengaruhi oleh kandungan minyak yang ada pada limbah cair kamar mesin tersebut. Nilai DO sebelum pengolahan dengan OWS sangatlah rendah yaitu 0 mg/L sampai dengan 0,4 mg/L, sedangkan pada setelah pengolahan dengan OWS antara 0,8 mg/L sampai dengan 1,4 mg/L ini karena *bilge* (penampung air limbah minyak pada kamar mesin) semi tertutup hanya terdapat masukan air dari *porous* poros propeller kapal dan buangan air dari aktifitas kamar mesin yang mendapatkan masukan minyak berbagai jenis yang ada di kapal, jadi hampir tidak ada proses fotosintesis ataupun difusi udara ditempat tersebut karena lapisan minyak yang juga cukup tebal, nilai DO yang sesuai untuk pertumbuhan mikroalga secara umum adalah lebih besar dari 4 mg/L (Efriyeldi, 1999 dalam Tiela, 2010). Sebelum atau setelah pengolahan dengan OWS nilai DO yang didapat masih sangat rendah, akan tetapi setelah pengolahan dengan OWS, DO meningkat karena sudah tidak ada lapisan minyak sebab kandungan minyak yang ada sudah direduksi oleh OWS sehingga proses difusi O₂ dari udara dapat berlangsung pada air tersebut.

Kekeruhan

Nilai kekeruhan yang didapat sebelum pengolahan dengan OWS adalah tidak dapat diukur, hal ini dikarenakan nilai kekeruhan yang terlalu tinggi. Sedangkan, kekeruhan setelah pengolahan OWS didapatkan antara 5,99 – 12,70 NTU, nilai tersebut masih relatif kecil jika melihat dari Wulandari *et al.* (2006), nilai kekeruhan perairan berkisar antara 15,5 – 21,2 NTU menunjukkan tingkat kekeruhan yang masih relatif kecil atau masih di bawah ambang batas maksimum. Hal ini erat kaitannya dengan intensitas dari cahaya matahari yang dapat masuk ke dalam perairan, semakin tinggi nilai kekeruhan maka intensitas cahaya matahari yang dapat masuk akan semakin berkurang dan berdampak pada terhambatnya proses fotosintesis dari alga.

Hue

Ada dua lapisan terpisah pada limbah cair kamar mesin kapal sebelum pengolahan dengan OWS yaitu lapisan atas yang merupakan minyak solid dan lapisan bawah yang dominan air, terjadinya dua lapisan ini karena perbedaan berat jenis dari masing-masing zat, dimana berat jenis air laut sebesar 1,025 – 1,027 gr/cm³ (Artana, 2009) dan minyak pada limbah cair kamar mesin kapal terdiri dari beberapa jenis minyak yang bercampur menjadi satu yaitu solar yang memiliki berat jenis 0,815 – 0,870 gr/cm³ (PT. Khatulistiwa Raya Energy), minyak pelumas SAE 40 memiliki berat jenis 0,873 – 0,890 gr/cm³ (UFA, 2009), dan minyak hidrolik memiliki berat jenis 0,873 – 0,880 gr/cm³ (UFA, 2009). Fardiaz (1992), menyebutkan bahwa minyak tidak larut dalam air, oleh karena itu jika air tercemar oleh minyak maka minyak tersebut akan tetap mengapung. Sebab itu, kesemua lapisan dihitung nilai HSL-nya masing-masing. Pada lapisan atas nilai *hue* stagnan di nilai 0° yang merupakan warna hitam dengan *saturation* yang juga 0% dan *lightness* 1-2 artinya hitam pekat. Pada lapisan bawah nilai *hue* berkisar antara 46° sampai 72° yang merupakan warna zaitun atau kuning gelap sampai kuning terang, warna ini dominan dipengaruhi oleh warna minyak solar yang memiliki warna antara 38° - 48° yang memiliki warna kuning keemasan, artinya kandungan minyak solar pada limbah cair kamar mesin kapal merupakan yang terbesar dibandingkan dengan jenis minyak hidrolik maupun minyak pelumas. Sedangkan nilai *saturation* 36%-50% dan *lightness* 15-25. Pada titik setelah pengolahan dengan OWS nilai *hue* didapatkan sebesar 100° yang merupakan warna abu-abu kehijauan, dengan tingkat *saturation* rendah antara 2% dengan *lightness* 61-64 yang menunjukkan *lightness* yang cukup tinggi dibandingkan dengan sebelum pengolahan dengan OWS yang relatif rendah. Menurut Hariyanto (2009), nilai *lightness* memiliki kisaran antara 0 sampai 100 dan warna hitam memiliki *lightness* yang paling rendah. Warna *grayscale* memiliki tingkat *saturation* yang paling rendah, dengan kisaran nilai *saturation* antara 0 sampai dengan 100.

Tempat sampel (Erlenmeyer) merupakan benda yang transparan untuk ditembus cahaya, sehingga apabila air sampel yang ditempatkan jernih maka *background* putih akan terpampang, sebaliknya jika air sampel keruh atau gelap maka penampakan *background* akan terhalang, *hue* dari *background* sendiri sebesar 60° hingga 100° dengan *saturation* 2% - 3% dan *lightness* 43 - 50. Dari hasil di atas didapat bahwa pada sebelum pengolahan OWS lebih pekat yang terdiri dari adanya lapisan atas yang hitam pekat dapat dilihat dari nilai *lightness* yang juga hanya berkisar antara 1 - 2. Kusrianto (2003), juga menyebutkan bahwa *lightness* merupakan yang paling menentukan diantara ketiganya, nilai *lightness* bernilai 0 maka palet warna akan menjadi hitam (gelap tanpa cahaya), pada *lightness* 40 hingga 60 palet warna akan menampilkan warna yang jelas. Ketika limbah minyak dengan kepekaatan warna hitam seperti ditunjukkan dari nilai HSL yang didapat pada sebelum pengolahan dengan OWS maka dapat menimbulkan lapisan minyak di permukaan laut maka akan terjadi hambatan terhadap penetrasi cahaya yang masuk kedalam perairan. Sesuai dengan pernyataan Septiapermana *et al.*, (1995), bahwa lapisan minyak yang menutupi permukaan air laut akan menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam kolam air. Zahir (2011), menyebutkan bahwa cahaya merupakan faktor utama yang mempunyai peranan penting untuk pertumbuhan mikroalga sebagai sumber energi untuk pertumbuhan mikroalga dan fotosintesis. Fardiaz (1992), menyebutkan intensitas cahaya di dalam air sedalam 2 meter dari permukaan air

yang mengandung minyak adalah 90% lebih rendah daripada intensitas cahaya pada kedalaman yang sama di dalam air yang bening. Penggunaan nilai *hue* ini untuk mendukung nilai kekeruhan air, hal ini di perkuat oleh Effendi (2003), yang menyatakan kaitan erat kekeruhan atau turbiditas yang tergantung pada warna dan kecerahan. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang dapat ditentukan secara visual.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Oil water separator* sangat efisien dalam mereduksi kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair kamar mesin kapal dengan nilai efisiensi OWS mencapai 99,3% sampai dengan 99,9%.
2. Toksisitas limbah cair kamar mesin yang mengandung minyak sebelum dan setelah pengolahan dengan OWS terhadap *Chlorella vulgaris* berbeda secara nyata dilihat dari perbedaan *percent inhibition* dan *stimulation* yaitu pada sebelum terjadi *inhibition* pada semua konsentrasi sampai konsentrasi tertinggi 100% terjadi *inhibition* 100% sedangkan pada setelah sudah lebih rendah dan terjadi *stimulation* pada 2 konsentrasi terendah yaitu 12,5% sebesar 39% dan konsentrasi 6,25% sebesar 38%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Ir. Haeruddin, M.Si., Churun Ain, S.Pi., M.Si dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N.S. 2013. Pencemaran Minyak dan Dampaknya Bagi Lingkungan Laut. http://mdc.undip.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=237:pencemaran-minyak-dan-dampaknya-bagi-lingkungan-laut&catid=30:seputar-ilmu-kelautan (25 Februari 2014).
- Artana, B.K. 2009. Penilaian Resiko Pipa Gas Bawah Laut Ujung Pangkah-Gresik dengan Standard DNV RP F107. J. Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- BSN. 2008. SNI 6989.59:2008 Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- _____. 2004. SNI 06-6989.10-2004. Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 10: Cara Uji Minyak dan Lemak Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Cahyani, F. M. 2011. Rancang Bangun *Bilge Oily Water Separator* Berbasis Elektrokimia. J. Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 103 hlm.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Fahrurrozie, A., Y. Sunarya dan A. Mudzakir. 2010. Efisiensi Inhibisi Cairan Ionik Turunan Imidazolin sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon dalam Larutan Elektrolit Jenuh Karbon Dioksida. J. Sains dan Teknologi Kimia ISSN 2087-7412, 1(2):100-111.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius, Yogyakarta.
- Harnadiemas, R.F. 2012. Evaluasi Pertumbuhan dan Kandungan Esensial *Chlorella vulgaris* pada Kultivasi Fotobioreaktor Outdoor Skala Pilot dengan Pencahayaan Terang Gelap Alami. [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hariyanto, D. 2009. Studi Penentuan Nilai Resistor Menggunakan Seleksi Warna Model HSL pada Citra 2D. J. Telkomnika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 7 (1): 13 – 22.
- Haryanto, K., M.F. Samawi dan A. Haris. 2013. Akumulasi Logam Berat Pb pada Rangka dan Polip Karang Lunak *Sinularia polydactyla*. J. Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 23 (1): 1 - 7.
- Hendrawan, D. 2008. Kualitas Air Sungai Ciliwung Ditinjau dari Parameter Minyak dan Lemak. J. Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, Universitas Trisakti, Jakarta, 15 (2): 85 – 93.
- Kuncowati. 2010. Pengaruh Pencemaran Minyak di Laut terhadap Ekosistem Laut. J. Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan. Universitas Hang Tuah, Surabaya, 1(1): 18-22.
- Kuntjojo. 2009. Metodologi Penelitian. Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, 60 hlm.
- Kusrianto, A. 2004. Panduan Lengkap Memakai Corel DRAW 12. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Martinez, D.C., A. Mateos-Sanz, V. Lopez-Rodas dan E. Costas. 2009. Microalga Response to Petroleum Spill: an Experimental Model Analysing Physiological and Genetic Response of *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae) to Oil Samples from the Tanker Prestige. J. Aquatic Toxicology, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 97:151-159.
- Nurandani, P., S. Subiyanto dan B. Sasmito. 2013. Pemetaan *Total Suspended Solid* (TSS) Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Danau Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah. J. Geodesi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2 (4): 71 – 84.
- Nuryatini, dan W.E. Iswanto. 2010. Uji Metode Analisis Minyak Terdispersi dalam Air. Indonesian Institute of Sciences, Jakarta.

- Prahastuti, M.S. 2013. Dampak Surfaktan Berbahan Aktif Na-ABS terhadap Daya Tetas Telur Ikan Karper (*Cyprinus carpio*) dalam Skala Laboratorium. *J. of Maquares*, FPIK Universitas Diponegoro, Semarang, 2(4):11-17.
- PT. Khatulistiwa Raya Energy. 2013. High Speed Diesel (HSD)-Minyak Solar. <http://www.khatulistiwaenergy.com/webmain/main/contentsdetail/61> (17 Februari 2014).
- Republik Indonesia. 1999. Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Dan/Atau Perusakan Laut. Sekretariat Negara, Jakarta.
- _____. 2007. Peraturan Pemerintah No. 04 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Minyak Bumi. Sekretariat Negara, Jakarta.
- _____. 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Santoso, S. 2008. Panduan Lengkap Menguasai SPSS 16. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- _____. 2014. Statistik Non Parametrik Edisi Revisi. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Setiapermana, D., H.W.Y. Wuayanta, R. Widodo dan A. Damar. 1995. Efek Minyak Mentah Attaka 39,6o API terhadap Parameter Fotosintetik Fitoplankton dalam Suatu Mesokosm. *J. Oseanologi dan Limnologi*. LIPI, Jakarta, 28: 37 – 63.
- Setyanto, A.E., 2005. Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen dalam Kajian Komunikasi. *J. Ilmu Komunikasi*, 3(1):37-48.
- Soemodihardjo, S. dan Soeroyo. 1994. Dampak Pencemaran terhadap Komunitas Mangrove. *J. Pencemaran Laut*, Jakarta.
- Syarief, B. dan R.S. Pamungkas. 2010. Penyusunan Spesifikasi Kapal Ikan, Bimtek Rancang Bangun Kapal dan Alat Penangkapan Ikan di Mataram 2-5 Agustus 2010. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan, Semarang.
- Tiela, A. (2010). Pengaruh Sedimen Tercemar Minyak terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Pavlova* sp. [Skripsi]. FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta.
- UFA (2008). *Lubricant Handbook*. UFA Petroleum, Bashkotostan.
- Wahyudi, S. 2008. Pengaruh Ukuran Perusahaan, *Leverage*, Profitabilitas dan Kebijakan Dividen terhadap Nilai Perusahaan. *J. Fakultas Ekonomi*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wulandari, L., Aunurafik dan Y. Ruthena. 2006. Ketersediaan Epirhytic Makroinvertebrata pada Beberapa Jenis Tumbuhan Air di Danau Tundai. *J. Tropical Fisheries*, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, 1 (1): 24-34.
- Zahir, N.F. 2011. Peningkatan Produksi Biomassa *Chlorella vulgaris* dengan Perlakuan Mikrofiltrasi pada Sirkulasi Aliran Medium Kultur sebagai Bahan Baku Biodiesel. [Skripsi] Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Jakarta, 87 hlm.
- Zaman, B., Purwanto, dan S. Mangkoedihardjo. 2013. Efisiensi Pengelolaan Amonium Berkonsentrasi Tinggi dalam Lindi pada Sistem Evapotranspirasi-Anaerobik secara Kontinyu. *J. Teknik Lingkungan*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.