

OPTIMASI PROSES PEMBUATAN BIODIESEL DARI MIKROALGA CHLORELLA SP

Bagus juniarto (L2C607011) dan Setyo Aji Wijayanto (L2C607052)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Dr. Hadiyanto, M.Sc.

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati maupun lemak hewan yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel. Biodiesel bersifat terbarukan, dapat menurunkan emisi kendaraan, bersifat melumasi dan dapat meningkatkan performance mesin. Biodiesel dibuat dengan cara methanolisis minyak atau lemak dengan reaksi transesterifikasi ataupun esterifikasi, dengan katalis basa ataupun asam yang menghasilkan methyl ester. Salah satu jenis mikroalga yang mudah diperoleh adalah Chlorella Sp. Alga jenis ini mudah dikembangbiakan serta mempunyai kandungan minyak sebesar 28-32% sehingga sangat cocok untuk dikembangkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan biodiesel. Tujuan penelitian ini adalah dapat mengembangkan mikroalga (Chlorella sp) sebagai salah satu alternatif bahan baku pembuatan biodiesel, lalu mengetahui proses pembuatan biodiesel dari mikroalga. Selain itu, mengetahui kondisi operasi optimal pembuatan biodiesel dari mikroalga. Untuk memperoleh tujuan tersebut pada penelitian ini akan menggunakan transesterifikasi dengan katalis KOH dan temperatur 62°C. Variabel yang dipelajari antara lain jumlah katalis, kecepatan pengadukan, jumlah metanol yang dibutuhkan. Hasil penelitian menunjukkan yield didapatkan senilai 31%. Variabel yang paling berpengaruh pada pembuatan biodiesel adalah interaksi antara penambahan volume metanol dengan kecepatan pengadukan.

Kata kunci : *biodiesel, mikroalga, transesterifikasi*

Abstract

Biodiesel is a fuel derived from vegetable oils or animal oils that have similar properties to fossil diesel. Biodiesel is renewable, is able to reduce vehicle emissions, able to lubricate and increase engine performance. Biodiesel is made from oil or fat methanolisis by able transesterification or esterification reactions with acid or base catalyst to produce methyl esters. One type of microalgae that are easy to obtain is Chlorella Sp. This spesies is easily cultivated and has oil content of 28-32 %, so it is suitable to be developed as one of the raw material for making biodiesel. The purposes of this research are to develop a microalgae (Chlorella sp) as an alternative raw material for making biodiesel, and then to determine out the process of making biodiesel from microalgae. Furthermore, is also past of study the optimal operating conditions to produce biodiesel from microalgae. To obtain these goals in this research will use the transesterification catalyzed by KOH and the temperature of 62 ° C. Variables to be studied include the amount of catalyst, stirring speed, the amount required methanol. The results obtained showed equivalent yield of 31%. The most influential variables in the manufacture of biodiesel is the interaction between the addition of the volume of methanol with stirring speed.

Key word : *biodiesel, mikroalgae, transesterification*

1. Pendahuluan

Krisis energi yang sedang melanda saat ini merupakan masalah yang harus segera ditanggulangi. Eksploitasi secara terus-menerus terhadap bahan bakar fosil yang merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui untuk konsumsi industri, transportasi, dan rumah tangga mengakibatkan keberadaannya di alam semakin menipis. Di sisi lain dengan perkembangan ekonomi dan industri mengakibatkan semakin besarnya konsumsi masyarakat Indonesia terhadap produk dari minyak bumi. Tingkat konsumsi terhadap minyak rata-rata naik 6 % pertahun (Suroso, 2005). Hal ini diperkirakan akan terus meningkat pada tahun berikutnya, sehingga mengakibatkan persediaan minyak bumi Indonesia semakin menipis (Makmuri, 2003). Menurut Sari (2002), jika Indonesia tidak bersiap maka pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi net oil importir. Dan pada tahun 2022 akan menjadi total oil importer karena persediaan minyaknya habis sama sekali.

Diversifikasi energi merupakan salah satu jawaban untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu bahan bakar alternatif yang dikembangkan adalah biodiesel. Bahan bakar ini diharapkan secara bertahap akan mengurangi

peran solar. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati maupun lemak hewan (Briggs, 2004) yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel. Biodiesel terdiri dari monoalkyl ester yang dapat terbakar dengan bersih (Howell dkk, 1996). Biodiesel bersifat terbarukan, dapat menurunkan emisi kendaraan, bersifat melumasi dan dapat meningkatkan unjuk kerja mesin. Biodiesel dibuat dengan cara methanolisis minyak atau lemak dengan reaksi transesterifikasi dengan katalis basa ataupun asam yang menghasilkan methyl ester.

Kebutuhan minyak diesel yang besar otomatis akan membutuhkan bahan baku yang besar pula. Kriteria yang dibutuhkan adalah mudah tumbuh, mudah dikembangkan secara luas, dan mengandung minyak nabati yang cukup besar. Keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan minyak yang dapat dijadikan sebagai bahan biodiesel. Indonesia adalah negara kepulauan dengan 2/3 wilayahnya adalah lautan dan garis pantai terpanjang di dunia, 80.791,42 km (www.energi.lipi.go.id) kaya akan sumber daya hayati perairan yang sangat melimpah baik dari jenis maupun jumlah.

Salah satunya adalah mikroalga yang memiliki kandungan karbohidrat, protein, dan triacylglycerol yang merupakan bahan baku pembuatan biodiesel. Kandungan minyak dalam alga bervariasi tergantung jenis alganya namun secara keseluruhan antara 20%-50% (Huang, dkk, 2009). Keunggulan alga dibandingkan bahan nabati lain adalah proses pengambilan minyaknya dilakukan tanpa penggilingan dan langsung diekstrak dengan bantuan zat pelarut (ekstraksi CO₂, ekstraksi ultrasonik, dan osmotik).

Salah satu jenis mikroalga yang mudah diperoleh adalah *Chlorella Sp.* Alga jenis ini mudah dikembangbiakan serta mempunyai kandungan minyak sebesar 28-32% sehingga sangat cocok untuk dikembangkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan biodiesel.

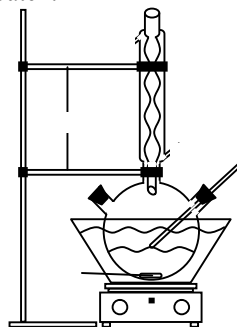
Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui proses pembuatan biodiesel dari mikroalga (*Chlorella sp.*), Menentukan kondisi operasi optimal pembuatan biodiesel dari mikroalga (*Chlorella sp.*), Menentukan jumlah katalis dalam pembuatan biodiesel dari mikroalga (*Chlorella sp.*), dan Menentukan pengadukan optimum pembuatan biodiesel dari mikroalga (*Chlorella sp.*)

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan adalah Alga kering yang didapatkan dari Jepara Jawa Tengah. Bahan kimia KOH, N-hexane, Metanol mempunyai kualitas /spesifikasi analisis (PA) dan diperoleh di CV. Jurus Maju. Prosedur percobaan adalah sebagai berikut: 40 gram alga kering dicampur dengan 150 mL N-hexane dalam labu leher tiga, Setelah itu, ditambahkan metanol dan KOH, Campuran tersebut dipanaskan pada 62 °C, reaksi dilakukan pada suhu yang sama selama 4 jam dengan aduk konstan, campuran reaksi didinginkan hingga suhu kamar, kemudian, fase padat dipisahkan dengan menggunakan penyaringan Buckner saluran bawah vakum. Kemudian campuran didistilasi untuk memisahkan biodiesel dengan N-hexane

Analisa yang dilakukan ada empat, yaitu analisa Metil Ester Asam Lemak, analisa bilangan asam, dan viskositas.

Peralatan untuk proses produksi biodiesel seperti disajikan pada Gambar 1 dimana reaktor menggunakan labu leher tiga dengan kapasitas 1000 ml. Untuk pemanasan dan pengadukan dilakukan dengan pemanas magnetic stirrer. Untuk mengatur suhu 62 °C diatur menggunakan thermometer. Agar tidak terjadi pemanasan yang berlebih maka digunakan pendingin balik dan waterbatch.



Gambar 1. Rangkaian Alat Pembuatan Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi

Metode yang digunakan untuk merancang percobaan ini adalah *Respon Surface Metodology* (RSM). RSM merupakan penggabungan teknik matematika dan statistika yg berguna untuk pemodelan dan analisis problem yang mana respon yang diamati dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan untuk mengoptimalkan respon ini. Respon dapat berupa parameter terukur atau karakteristik kualitas. Model yang digunakan adalah *Box-Wilson Central Composite Designed* (CCD). Percobaan ini terdiri dari tiga variabel bebas yaitu volume metanol, persen katalis dan kecepatan pengadukan dimana respon merupakan rendemen dengan dua nilai tengah sehingga total run percobaan adalah 16 run.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Biodiesel dari Mikroalga *Clorella sp*

Tabel 3.1 Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Percobaan dan literatur

Karakteristik	Hasil percobaan	literatur
Densitas (g/ml)	0,885	0,85 – 0,89 (SNI)
Viskositas kinematis (Cst)	3,68	2,3 – 6,0 (SNI)

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa karakteristik biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan literatur. Densitas dan angka asam biodiesel dari mikroalga sangat tinggi tetapi masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh literatur. Viskositas minyak dinyatakan oleh jumlah detik yang digunakan oleh volume tertentu dari minyak untuk mengalir melalui lubang dengan diameter kecil tertentu. Semakin rendah jumlah detiknya berarti semakin rendah viskositasnya (Soerawidjaja,2003). Viskositas yang terlalu tinggi dapat memberatkan beban pompa dan menyebabkan pengkabutan yang kurang baik (Soerawidjaja,2003).

3.2. Optimasi Proses

Respon hasil percobaan adalah konversi untuk setiap eksperimen. Hasil pengolahan data disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Hasil Percobaan dengan Central Composite Design

Run	Block	X ₁	X ₂	X ₃	Rendemen
1	1	-1	-1	-1	33
2	1	-1	-1	1	30
3	1	-1	1	-1	31.15
4	1	-1	1	1	30.141
5	1	1	-1	-1	29
6	1	1	-1	1	31
7	1	1	1	-1	29.73
8	1	1	1	1	25
9	1	0	0	0	29.763
10	2	-1.76	0	0	30.325
11	2	1.76	0	0	30.034
12	2	0	-1.76	0	30
13	2	0	1.76	0	29
14	2	0	0	-1.76	30.263
15	2	0	0	1.76	28.763
16	2	0	0	0	29.802

Selanjutnya untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan persamaan model matematis. Persamaan polynomial untuk model CCD sebagai berikut :

$$Y_u = \beta_0 + \sum \beta_i X_{ui} + \sum \beta_{ii} X_{ui}^2 + \sum \sum \beta_{ij} X_{ui} X_{uj} + \varepsilon$$

$$X_i = \frac{[X_i - (X_{it} + X_{ib})/2]}{[(X_{it} - X_{ib})/2]}$$

Di mana :

Y_u = respon yang diprediksi ke u , $u : 1, 2, 3, \dots, n$

β_0 suku ke 0 (rata-rata)

β_i : suku linier , β_{ii} : suku kuadrat, β_{ij} : suku interaksi,

x_i : bilangan tdk berdimensi dari sebuah variabel bebas

X_i : harga nyata dari sebuah variabel bebas

Dalam Percobaan ini jumlah variabel bebas ada 3, sehingga persamaan polynomialnya menjadi :

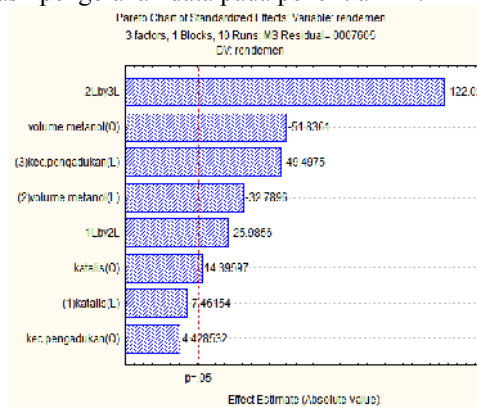
$$Y_u = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

Dengan bantuan Program Statistic 6, didapatkan model persamaan matematis :

$$Y = 29,78 - 0,08X_1 - 0,73X_2 - 0,68X_3 - 0,58X_1X_2 - 1,68X_2X_3 + 0,13X_1^2 - 1,2X_2^2 + 0,06X_3^2$$

Dari persamaan tersebut bisa dilihat bahwa X_2X_3 (rasio interaksi volume metanol dan kecepatan pengadukan) memiliki nilai koefisien terbesar yaitu sebesar 1.68 sehingga perbandingan interaksi volume metanol dan kecepatan pengadukan merupakan variabel yang paling berpengaruh. Koefisien X_2X_3 bertanda positif hal ini berarti semakin besar perbandingan interaksi volume metanol dan kecepatan pengadukan dapat meningkatkan rendemen karena penambahan metanol berlebih dan kecepatan pengadukan akan menggeser kesetimbangan reaksi ke kanan sehingga produk biodiesel yang dihasilkan akan semakin banyak (Wang *et al*, 2007).

Diagram pareto adalah sebuah distribusi frekuensi sederhana (histogram) dari data yang diurutkan berdasarkan kategori dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Diagram ini didasarkan atas prinsip yang menyatakan bahwa ada banyak faktor yang mempengaruhi sesuatu tetapi hanya beberapa faktor penting saja yang diperhitungkan yakni faktor-faktor yang menimbulkan dampak yang paling berarti. Dengan menempatkan faktor-faktor yang sedang dikaji menurut urutannya, segera dapat dikenal faktor yang paling penting. Dengan demikian, diagram pareto dapat membantu dalam memusatkan upaya pada sesuatu yang paling penting saja (Purdiyanto, 2010). Berikut adalah diagram pareto hasil pengolahan data pada penelitian ini.

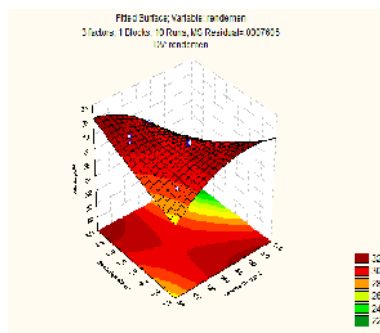


Gambar 4.1. Diagram Pareto

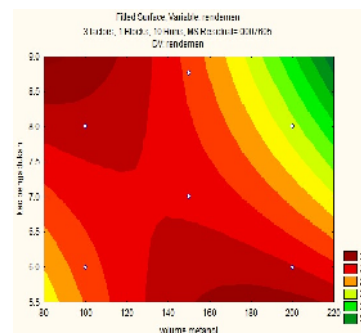
Dari grafik Pareto, dapat dilihat bahwa harga efek variabel yg melewati garis $p=0.05$ merupakan variabel yang berpengaruh terhadap rendemen yaitu interaksi penambahan metanol dan kecepatan pengadukan (2L by 3L), volume metanol (Q dan L), kecepatan pengadukan (L), interaksi persen katalis dan volume metanol (1L by 2L), dan persen katalis (Q). Harga efek dari variabel yg tidak melewati garis $p=0.05$ merupakan variabel berpengaruh yang dapat diabaikan yaitu kecepatan pengadukan (Q) dan persen katalis (L) karena pengaruhnya tidak mengakibatkan peningkatan rendemen yang signifikan, sehingga masing-masing variabel bisa dianalisis dan dioptimasi sendiri-sendiri.

Kondisi operasi optimum dapat dicari dengan melihat grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan. Grafik optimasi 3 dimensi terdiri dari sumbu x, y, dan z, di mana sumbu x dan y merupakan variabel yang diujikan sedangkan sumbu z menunjukkan nilai rendemen yang dapat diraih dari interaksi dua variabel yang diujikan sehingga dari grafik optimasi 3 dimensi ini dapat dilihat nilai rendemen yang dapat dicapai dari interaksi 2 variabel yang diujikan dan serta kondisi optimalnya. Grafik kontur permukaan terdiri dari sumbu x dan y, di mana sumbu x dan y tersebut merupakan variabel yang diujikan. Pada grafik kontur permukaan tergambar daerah – daerah warna, sehingga dari grafik ini dapat dilihat titik – titik hasil interaksi dua variabel secara jelas, dimana interaksi yang paling optimal adalah yang berada di daerah yang berwarna merah paling tua.

3.3. Profil Optimasi Proses



Gambar 3.2.a Grafik optimasi 3 rendemen vs volume methanol dan kec.pengadukan



Gambar 3.2.b Grafik kontur permukaan rendemen vs volume methanol dan kec.pengadukan

Grafik *response fitted surface* yang dihasilkan tidak berbentuk parabola dan contour plot tidak berbentuk oval. Hal ini menunjukkan bahwa jenis optimasi proses adalah kurang maksimal.

Nilai kritis untuk setiap variabel ditunjukkan pada gambar berikut:

Critical values; Variable: rendemen (Spreadsheet)			
Solution: saddlepoint			
Predicted value at solution: 29.8425			
Factor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
katalis	0.1236	0.2446	0.4754
volume metanol	100.0000	130.7910	200.0030
kec.pengadukan	6.0000	7.3048	8.7638

Gambar 3.3 Critical value setiap variabel

Dari gambar di atas, terlihat harga kritis bilangan tidak berdimensi untuk masing- masing variabel. Harga kritis bilangan tak berdimensi untuk persen katalis adalah 0,2446 : volume metanol 130,7910 dan untuk kecepatan pengadukan adalah 7,3048.

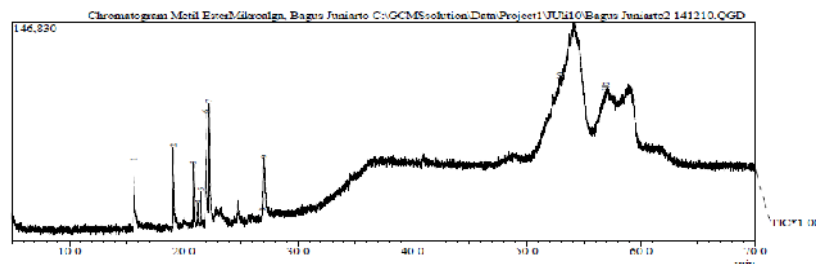
3.4 Analisa Varian

ANOVA; Var.:rendemen; R-sq=95967; Adj: 99572 (Spreadsheet1)					
3 factors, 1 Blocks, 10 Runs, MS Residual=0007305					
DV: rendemen					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)katalis (L)	0.04234	1	0.04234	55.67	0.054615
katalis (Q)	0.15761	1	0.15761	207.24	0.044151
(2)volume metanol(L)	0.81766	1	0.81766	1075.16	0.019409
volume metanol(Q)	2.04345	1	2.04345	2666.98	0.012280
(3)kec.pengadukan(L)	1.86323	1	1.86323	2450.00	0.012860
kec.pengadukan(Q)	0.01491	1	0.01491	19.61	0.141383
1L by 2L	0.51353	1	0.51353	675.25	0.024487
2L by 3L	11.32322	1	11.32322	14889.18	0.005217
Error	0.00076	1	0.00076		
Total SS	24.4763	9			

Gambar 3.4 Analisa varian

Dari tabel anova diatas dapat dilihat bahwa katalis,volume metanol,kecepatan pengadukan, interaksi katalis dan volume metanol, dan interaksi volume metanol dan kecepatan pengadukan mempunyai harga F lebih besar dari harga p , sehingga merupakan variabel yang berpengaruh.

3.5. Hasil GC MS produk Biodiesel



Gambar 3.5. Analisa GC Methyl Ester dalam biodiesel alga *clorella sp*

Tabel 3.3. Komponen Methyl Ester dalam biodiesel alga *clorella sp*

Komponen	Area%
Methyl ester (CAS) Methyl palmitate	30,24

Methyl ester(CAS)Methyl nonadecanoat	14.51
3,7,11,15-tetramethyl	11,5
Neophytadiene	4.47
Methyl palmitoleate	19.63
5,8,11-Heptadecatrien	1.10
Methyl arachidonate	11.29
1-(1-methylethyl)-1,2-ethanediyl ester	4.48
2,2-dimethyl	0.78
2-(tert-butyl)dimethylsilyl	2.01

Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan FAME yang sama dari biodiesel mikroalga. Dari analisa GC yang diperoleh kita dapatkan beberapa komponen methyl ester antara lain methyl ester (CAS) Methyl palmitate, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate, 3,7,11,15-tetramethyl, neophytadiene, methyl palmitoleate, 5,8,11-Heptadecatrien, methyl arachidonate, 1-(1-methylethyl)-1,2-ethanediyl ester, 2,2-dimethyl, dan 2-(tert-butyl)dimethylsilyl. Ini menunjukkan bahwa dengan bahan baku mikroalga *clorella sp* dapat dihasilkan biodiesel.

Dari hasil analisa Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) (terlampir) yang dilakukan, proses transesterifikasi sebagai upaya untuk memanfaatkan mikroalga sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat menghasilkan metil ester. Berdasarkan analisa densitas yang kami lakukan, densitas biodiesel yang dihasilkan adalah 0,86 g/ml. Komponen terbesar metil ester biodiesel kami didominasi Metil Palmitate.

4. Kesimpulan

1. Biodiesel yang diperoleh dari bahan baku Mikroalga *clorella sp* sudah sesuai dengan SNI. Hal ini ditunjukkan dengan sifat fisik dan sifat kimia biodiesel.
2. Variable yang paling berpengaruh pada pembuatan biodiesel adalah interaksi antara penambahan volume metanol dengan kecepatan pengadukan.
3. Variabel penambahan katalis tidak terlalu berpengaruh pada biodiesel yang dihasilkan.
4. Komponen terbesar metil ester biodiesel kami didominasi Metil Palmitate dari analisa GCMS.
5. Rendemen yang kami dapatkan pada penelitian ini senilai 31%.
6. Model persamaan matematika untuk reaksi pembentukan biodiesel adalah

$$Y = 29.78 - 0.08X_1 - 0.73X_2 - 0.68X_3 - 0.58X_1X_2 - 1.68X_2X_3 + 0.13X_1^2 - 1.2X_2^2 + 0.06X_3^2$$

Daftar Pustaka

- Briggs, M. (2004), “ *Widescale Biodiesel Production from Algae* “, http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_algae.html.
- Cohen, Zvi (1999), “ *Chemicals from Biodiesel* ”, Tylor & Francis Ltd.
- GuanHua Huang, dkk(2009), “ *Biodiesel Production By Microalgal Biotechnology*”, www.elsevier.com/locate/apenergy
- Maceiras R. (2007), *An Innovative Biodiesel Production*, Chemical Engineering Department. University of Vigo. Campus Lagoas-Marcosende.
- Prescott, G. W. (1978). *How to Know The Freshwater Algae*, Wne, Brown Company Publisher.
- Rahman, M. (1995), “ *Biodiesel, Alternatif Substitusi Solar yang Menjanjikan bagi Indonesia* ”, Lembaran Publikasi Lemigas No. 1/95.
- Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J., Roessler, P., (1998), “ *A look Back at The U.S. Department of Energy’s Aquatic Species Program :Biodiesel from Algae*”, Colorado, USA
- Tatang H. Soerawidjaja (2006), *Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*, Seminar Nasional Biodiesel Sebagai Alternatif Energi Masa Depan, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Vashista, B. R. (1979), *Botany for Degree Student*. S. Chand and Company Ltd. Ram Nager, New Delhi.
- Wogan, D. M., Da Silva, A. K., Webber, M. E., Stautberg, E., (2008) “ *Algae: Pond Powered Biofuels*”, ati cleanenergy incubator. The University Of Texas
- Zuhdi, MFA, (2002), “ *Aplikasi Penggunaan Waste Methyl Ester Pada High Speed Marine Diesel Engine*”, Seminar Nasional Teori Aplikasi Teknologi Kelautan FTK ITS