

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK BIJI
NYAMPLUNG DENGAN PROSES ESTERIFIKASI-
TRANSESTERIFIKASI**

KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



Oleh:

SRI HIDAYATI

D 500 100 005

Dosen Pembimbing:

KUSMIYATI, S.T, M.T, Ph.D

Dr. Ir. AHMAD M. FUADI, MT.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA**

2015

HALAMAN PENGESAHAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK KIMIA

NAMA : SRI HIDAYATI
NIM : D 500100 005
JUDUL TPP : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Biji
Nyamplung dengan Proses Esterifikasi-Transesterifikasi
kapasitas 15.000 ton/tahun
Dosen Pembimbing : 1. Kusmiyati, S.T, M.T, Ph.D
2. Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, MT.

Surakarta, Agustus 2015

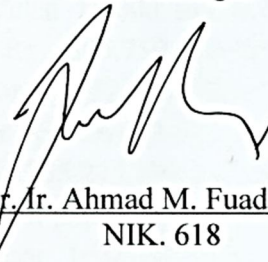
Menyetujui,

Pembimbing I



Kusmiyati, S.T, M.T, Ph.D
NIK. 683

Pembimbing II



Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, MT.
NIK. 618

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Rois Fatoni S.T, M.Sc, Ph.D

NIK 892

INTISARI

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif pengganti solar yang terbuat dari bahan alam. Kebutuhan biodiesel akan terus bertambah seiring dengan kebijakan penggunaan biodiesel sebagai bahan tambahan Bahan Bakar Minyak. Standar kualitas biodiesel mengacu pada SNI 7182:2012 dan keputusan Dirjen EBTKE No. 723 K/10/DJE/2013. Pabrik ini berkapasitas 15.000 ton per tahun yang direncanakan akan didirikan di Kalimantan Timur tepatnya di Kariangau Kecamatan Balikpapan Barat yang beroperasi selama 330 hari per tahun. Biodiesel dari minyak biji nyamplung yang direaksikan melalui proses esterifikasi – transesterifikasi yang dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan reaktan metanol serta katalis H_2SO_4 dan NaOH pada tekanan 1 atm, suhu 60 °C. Proses ini berjalan pada fase cair-cair, *reversible*, *eksotermis* dan *isothermal*.

Kebutuhan minyak biji nyamplung untuk pabrik ini sebanyak 1893,9394 kg/jam, dan metanol sebanyak 378,7879 kg/jam. Produk berupa biodiesel sebanyak 1749,3826 kg/jam. Pada unit utilitas, kebutuhan air untuk air proses sebanyak 874,6913 kg/jam dari Waduk Wain Kalimantan Timur. Sedangkan pada unit pembangkit steam dibutuhkan steam 74,70 kg/jam, kebutuhan alat kontrol pneumatik sekitar 3,09 kmol/jam. Untuk pembangkit listrik bagian proses sebanyak 26,5965 Kw diperoleh dari PT PLN dan *generator set*.

Hasil analisa ekonomi pabrik kapasitas produksi 15.000 ton per tahun adalah hasil penjualan rata-rata pertahun sebesar Rp. 305.759.650.970,4000. Adapun keuntungan sebelum membayar pajak sebesar Rp. 52.018.646.492,6500 dan keuntungan setelah dipotong pajak 30% sebesar Rp. 36.413.052.544,8550. Biaya produksi rata-rata pertahun sebesar Rp. 6.973.255.273.292,14. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 4,8 tahun dan setelah pajak selama 4,7 tahun, *Rate Of Return Investement (ROI)* sebelum pajak sebesar 16,0626 % dan setelah pajak sebesar 11,2438 %, *Break Even Point (BEP)* sebesar 56,0639 %. *Shut Down Point (SDP)* sebesar 23,2403 %. Umur pabrik selama 10 tahun dan *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 37,9 %. Dari segi proses yang sederhana dan dari data perhitungan evaluasi ekonomi memenuhi standar, maka pabrik ini layak didirikan.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Berdirinya Pabrik

Ketidakseimbangan antara kebutuhan konsumsi energi yang semakin meningkat sedangkan terjadi penurunan produksi Bahan bakar memaksa pemerintah mengeluarkan kebijakan pengalihan atau alternatif bahan bakar yang bersumber dari hayati. Hingga akhirnya pada bulan September 2013, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM No. 25 Tahun 2013 Tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga BBN (Biofuel) dengan tujuan menghemat impor solar. (Ditjen MIGAS, Januari 2011). Pencampuran biodiesel kedalam BBM sebanyak 10% telah memberikan keuntungan yang begitu besar yaitu penghematan devisa negara sebesar U\$ 429 juta (ESDM, 2014).

Biodiesel merupakan alternatif bahan bakar pengganti solar yang berasal dari tanaman atau hewan. Yang diproses melalui satu tahap ataupun dua tahap, yaitu esterifikasi atau transesterifikasi.

Di ASEAN, Indonesia merupakan produsen biomassa terbesar yaitu 62% sedangkan ketersediaan biomassa di negara ASEAN lainnya hanya tersedia sebanyak maksimal 30% (Saku Rantanen, 2009). Minyak biji nyamplung merupakan salah satu tanaman yang bisa dimanfaatkan

sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kadar minyak biji nyamplung relatif tinggi (40-73%) dibanding dengan jarak pagar (40-60%), sagautan (14-28%), kapok (24-40%), kesumba (30-60%), kelor (30-49%), kemiri (57-69%) dan daging buah kelapa sawit (45-70%). (Sahirman, 2009).

Tabel 1. Kebutuhan Biodiesel

NO	Tahun	Kebutuhan Biodiesel (Juta Kiloliter)
1	2005	0
2	2006	0,22
3	2007	0,88
4	2008	1,06
5	2009	1,25
6	2010	1,44
7	2011	1,63
8	2012	1,82
9	2013	2,01
10	2014	2,20

(Sumber: *Handbook of Energy And Economic Statistis Of Indonesia, ESDM, 2007*, diolah)

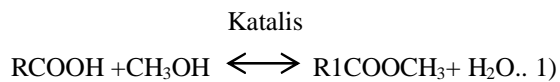
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Macam-macam Proses

1) Esterifikasi

Esterifikasi merupakan proses pembentukan ester dengan mereaksikan asam dan alkohol. Dengan menggunakan katalis yang bersifat asam (Sahirman, 2009).

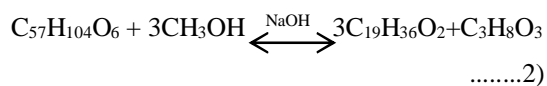
Reaksinya:



Pada proses esterifikasi, reaktan yang digunakan adalah H_2SO_4 2%. Minyak biji nyamplung direaksikan dengan metanol dan H_2SO_4 didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dilengkapi dengan jaket pada $P=1$ atm dan $T=60^\circ\text{C}$. Esterifikasi ini ditujukan untuk mengkonversikan Asam Lemak Bebas (ALB) pada minyak sehingga kadar FFA yang tersisa sebesar $< 4\%$.

2) Transesterifikasi

Minyak yang akan masuk proses transesterifikasi harus bersih dan kandungan ALB rendah sehingga tidak terjadi penyabunan yang akan mempersulit proses pemisahan dan pengendapan gliserol.



Reaksi kedua, diproses pada reaktor yang sama yaitu RATB dengan $P=1$ atm dan $T=60^\circ\text{C}$. Katalis yang digunakan yaitu NaOH.

2.2 Kegunaan Produk

Biodiesel merupakan Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai alternatif pengganti solar maupun sebagai campuran Bahan Bakar yang berasal dari fosil.

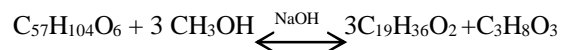
DISKRIPSI PROSES

3.1 Tinjauan Termodinamika

Panas reaksi dihitung untuk mengetahui apakah reaksi yang terjadi berjalan secara eksotermis atau endotermis, sesuai dengan persamaan:

$$\Delta H^0_{f \text{reaksi}} = \sum \Delta H^0_{f \text{produk}} - \sum \Delta H^0_{f \text{reaktan}} \dots\dots 3)$$

persamaan reaksi:



Tabel 3. Harga ΔH^0_f Masing-masing Komponen

Komponen	ΔH^0_f , kJ/mol
$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	-672,0918
CH_3OH	-201,1945
$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	-626,3119
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	-582,9225

Jika $\Delta H^0_{f \text{reaksi}} =$ negatif, maka reaksi berjalan secara eksotermis

Jika $\Delta H^0_{f \text{reaksi}} =$ positif, maka reaksi berjalan secara endotermis

$$\begin{aligned} \Delta H^0_{f \text{reaksi}} &= \sum \Delta H^0_{f \text{produk}} - \sum \Delta H^0_{f \text{reaktan}} \\ &= [\Delta H^0_{f \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3} + (3 \times \Delta H^0_{f \text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2})] - \\ & \quad [[\Delta H^0_{f \text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6} + (3 \times \Delta H^0_{f \text{CH}_3\text{OH}})] \\ &= \{-582,9225 + (3 \times -626,3119)\} - \\ & \quad \{-672,0918 + (3 \times -201,1945)\} \\ &= -1186,18 \text{ kJ/mol.jam} \end{aligned}$$

Karena nilai $\Delta H^0_{f \text{reaksi}}$ negatif maka dapat dipastikan bahwa reakti berlangsung secara eksotermis.

Tabel 2.2 Harga ΔG^0_f untuk Masing-masing Komponen

Komponen	ΔG^0_f , kJ/mol
$C_{57}H_{104}O_6$	-190,8463
CH_3OH	-162,6575
$C_{19}H_{36}O_2$	-118,2250
$C_3H_8O_3$	-448,7931

(Yaws, 1999)

Menghitung besarnya ΔG^0_f total

digunakan persamaan Van't Hoff.

$$\begin{aligned} \Delta G^0_{f \text{ reaksi}} &= \sum \Delta G^0_{f \text{ produk}} - \sum \Delta G^0_{f \text{ reaktan}} \dots\dots 4) \\ &= [\Delta G^0_{f C_3H_8O_3} + (3 \times \Delta G^0_{f C_{19}H_{36}O_2})] - \\ &[[\Delta G^0_{f C_{57}H_{104}O_6} + (3 \times \Delta G^0_{f CH_3OH})] \\ &= \{-448,7931 + (3 \times (-118,2250))\} - \\ &\{-190,8463 + (3 \times -162,6575)\} \\ &= -124,6493 \text{ kJ/mol.jam} \end{aligned}$$

Pada suhu 303 K, dapat dicari nilai konstanta keseimbangan (K) dengan persamaan :

$$\Delta G^0_f = -RT \ln K \dots\dots\dots 5)$$

$$R = 8,314 \text{ Kj/kmol}^\circ\text{K}$$

$$K_{303} = \exp \frac{-\Delta G^0}{RT}$$

$$= \exp \frac{-124,6493}{8,314 + 303}$$

$$= 1,0516$$

Maka nilai K pada suhu operasi 333 (60 °C),

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H_r}{RT^2} dT \dots\dots\dots 6)$$

$$\ln \frac{K_{T \text{ operasi}}}{K_{303}} = \frac{-\Delta H_{303}}{R} \left[\frac{1}{T \text{ operasi}} - \left[\frac{1}{T_{303}} \right] \right]$$

$$\ln \frac{K_{T \text{ operasi}}}{K_{303}} = \frac{-1186,1827}{8,314} \left[\frac{1}{333} - \left[\frac{1}{303} \right] \right]$$

$$\ln \frac{K_{T \text{ operasi}}}{K_{303}} = 0,0025$$

$$K_{T \text{ operasi}} = 1,0025$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai K = 1,0025 sehingga merupakan reaksi reversible (berjalan bolak-balik).

3.2 Tinjauan Kinetika Reaksi

Dari jurnal penelitian Sahirman(2009), reaksi pembentukan biodiesel (metil ester) dilakukan selama 60 menit, suhu 60 °C, tekanan 1 atm, sehingga diperoleh harga konstanta kecepatan reaksi: k= 0,209 liter mol/menit

3.3 Tahap Proses

1) Tahap Penyiapan bahan baku

Bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel adalah minyak biji nyamplung pada tangki dengan kadar 98% dan metanol 90%. Minyak biji nyamplung disimpan pada Tanki penyimpanan (T-01) yang dialirkan dari truk pengangkut menggunakan pompa (P-01). Tanki penyimpanan digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku (minyak

biji nyampung) selama 10 hari pada suhu ruangan yaitu 30 °C dan tekanan atmosferik. Sebelum ditreatment, minyak dipompa (P-02) menuju Heater untuk menaikkan suhu ruangan menjadi suhu 60 °C. Dari T-05 dialirkan H₃PO₄ dengan P-05 menuju mixer (Mix-01). Terjadi proses pencucian atau pemisahan gum dan kotoran-kotoran lain yang terkandung dalam minyak sehingga tidak terjadi proses penyabunan pada proses selanjutnya dan menghindari sulitnya pemisahan gliserol dari biodiesel.

Dari T-03, Metanol dialirkan dengan pompa (P-03) dan dari Tangki H₂SO₄ (T-03) dialirkan dengan pompa (P-04) menuju mixer (M-02) untuk direaksikan kedalam reaktor (R-01). Pada mixer (M-03) dicampurkan katalis NaOH dan metanol sebelum dilakukan proses transesterifikasi dalam reaktor (R-03)

2) Tahap Pembentukan Produk

Bahan dalam mixer (M-01) diproses kedalam reaktor (R-01) untuk mengkonversikan minyak yang mengandung FFA menjadi trigliserida dan membentuk sebagian metil ester. FFA ini dipisahkan dengan trigliserida sehingga produk utama dialirkan menuju reaktor esterifikasi 2 (R-02).

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis sehingga ditambahkan jaket pada reaktor untuk mempertahankan suhu operasi 60 °C dan proses dilakukan

selama satu jam. FFA yang terkonversi sebanyak 90%. produk utama dari reaksi ini diproses kembali bersama NaOH dan Metanol yang telah tercampur pada Mixer (M-03) menuju reaktor transesterifikasi (R-03) pada suhu 60 °C dan dilakukan pengadukan selama 1 jam. Pada reaksi ini terbentuk methyl ester sebagai produk utama dan gliserol sebagai hasil samping.

3) Tahap Pemisahan - Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari reaktor esterifikasi (R-01) dipisahkan dengan menggunakan dekanter (DK-02). Lapisan atas produk dialirkan menuju reaktor esterifikasi 2 (R-02) dan setelah dipisahkan dengan dekanter (DK-03) diproses kembali pada reaktor transesterifikasi (R-03). Sedangkan lapisan bawah hasil reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi pada masing-masing dekanter (DK-02 dan DK-03) dipompakan (P-05) menuju menara distilasi (MD-01) untuk recycle metanol.

Produk pada reaktor transesterifikasi dipisahkan dengan dekanter (DK-04) dan lapisan bawah kembali dialirkan dengan pompa (P-5) menuju Menara Distilasi. sedangkan lapisan atas berupa biodiesel ditreatment pada mixer (M-04) dengan menambahkan H₂O yang sebelumnya telah dipanaskan dengan Heater (H-04) untuk proses

pencucian agar memudahkan proses pemisahan gliserol dari biodiesel.

Pada menara distilasi ditujukan untuk merecycle metanol sehingga mampu menekan penggunaan bahan baku metanol. Komponen yang masuk berupa H_2SO_4 , NaOH, gliserol, metanol dan air. Tipe plat sieve tray mampu menghasilkan metanol dengan kemurnian 90%. Produk atas menara distilasi berupa campuran uap air dan uap metanol yang akan dipisahkan menuju kondensor sehingga akan terkondensasi dan dialirkan menuju mixer (M-02). Sedangkan hasil bawah berupa gliserol, dan Na_2SO_4 yang memiliki suhu $100,61^{\circ}C$ akan dialirkan menuju cooler (CO-01) sehingga dialirkan kedalam tangki dengan suhu $30^{\circ}C$.

SPESIFIKASI ALAT

4.1 Reaktor

Nama Alat	Reaktor Transesterifikasi
Kode	R-03
Fungsi	Mereaksikan minyak biji nyamplung dengan metanol dan NaOH menjadi metil ester dan gliserol
Tipe	Reaktor Alit Tangki Berpengaduk
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 302 Grade A

Jumlah	1
Temperatur	$60^{\circ}C$
Tekanan	1 atm
Dimensi Silinder	
Diameter	15,72 m
Tinggi	15,72 m
Tebal shell	1/4 in
Volume shell	$3053,75\ m^3$
Volume head	$895,60\ m^3$
Volume cairan	$2605,95\ m^3$
Volume Reaktor	$3949,35\ m^3$
Pengaduk	
Jenis	Six blades turbine
Jumlah	1
Diameter	5,2424 m
Kecepatan	1,0 rpm
Power motor	5 Hp Standar NEMA
Jaket Pendingin	
Media	air
Tebal	3/8 in
Luas perpindahan panas	$10160,87\ ft^2$

4.2 MIxer

Nama Alat	Mixer
Kode	M-02
Fungsi	Mencampurkan H_2SO_4 dengan metanol
Tipe	silinder tegak

	dengan alas dan tutup berbentuk torispherical
Bahan Konstruksi	stainlesssteel SA-167 (tipe 304)
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Temperatur	30 °C
Dimensi Silinder	
Volume	0,390 m ³
Diameter Shell	0,71 m
Tinggi	0,927 m
Tebal shell	3/16 in
Tebal head	¼ in
Pengaduk	
Jenis	<i>Six blades disk</i>
Diameter <i>Impeller</i>	0,238 m
Lebar <i>Impeller</i>	0,060 m
Panjang <i>Impeller</i>	0,1780 m
Jumlah <i>baffle</i>	1
Lebar <i>baffle</i>	0,020 m
Kecepatan putar	252,965 rpm
Power motor	0,5 Hp Standar NEMA

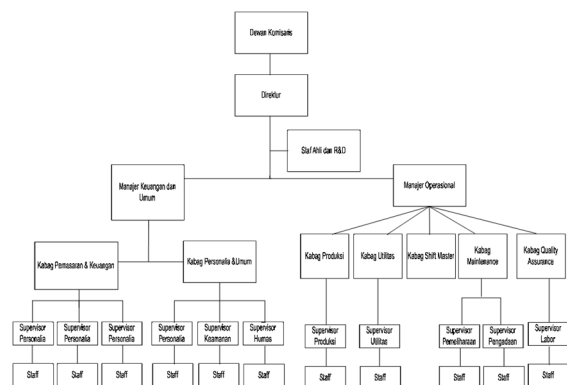
UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang suatu produksi pabrik. Dalam pabrik ini, utilitas yang diperlukan meliputi: Unit penyediaan dan pengolahan air (air pendingin, air umpan boiler, air proses dan

air sanitasi), Unit pembangkit *steam* (pemanasan pada Menara Distilasi dan HE), Unit Penyedia Udara Tekan (menyediakan udara tekan untuk *instrumentasi*), Unit pembangkit listrik (sebagai penerangan dan tenaga penggerak untuk peralatan proses), dan Unit penyediaan bahan bakar (menyediakan bahan bakar untuk *Boiler* dan *generator*).

MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik biodiesel yang akan didirikan mempunyai bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) yang status perusahaannya swasta yang berlokasi di Kawasan Karingau Kalimantan Timur dengan produka 15.000 ton/tahun.

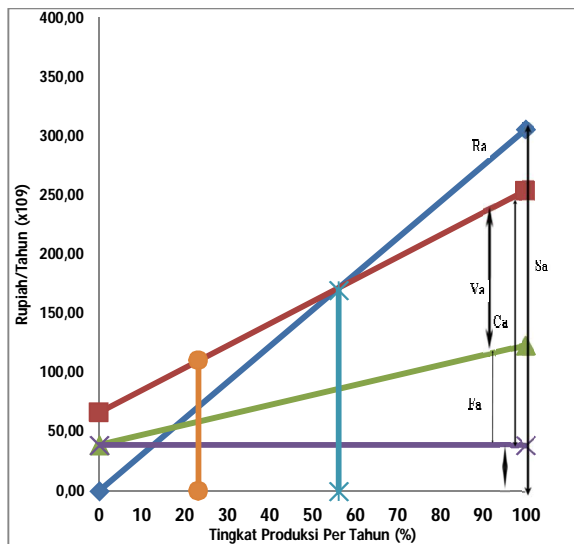


Gambar 1. Stuktur Organisasi Perusahaan

ANALISIS EKONOMI

Pabrik Biodiesel yang berkapasitas 15.000 ton/tahun diperkirakan menghasilkan keuntungan sebelum pajak Rp. 52.018.646.492,65 sedangkan keuntungan setelah pajak Rp 36.413.052.544,85. ROI (*Return On*

Investment) sebelum pajak 16,06 % , ROI sesudah pajak 11,24%. BEP (*Break Even Point*) adalah 56,06 % dan SDP (*Shut Down Point*) adalah 23,24 % . POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak 4,8 tahun dan POT sesudah pajak 4,7 tahun. DCF (*Discounted Cash Flow*) adalah 37,9 % . Dari data hasil perhitungan analisis ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk dikaji lebih lanjut.



Gambar 2. Grafik Analisis Ekonomi

KESIMPULAN

ROI sebelum pajak bernilai 16,06%, POT sesudah pajak sesudah pajak 4,7 tahun, nilai BEP (*Break Even Point*) adalah 56,0639 % dan SDP (*Shut Down Point*) adalah 23,2403 % . Sedangkan 37,9% adalah nilai DCF. Dari data-data tersebut maka pabrik biodiesel yang berkapasitas 15.000 ton/tahun layak didirikan dan perlu dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Austin, G.T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Balitbang Kehutanan Republik Indonesia. 2008. *Tanaman nyamplung berpotensi sebagai sumber energy biofuel*. <http://www.dephut.go.id>
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Ic., New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 2005, *Chemical Engineering*, Vol 6, Pergamon Internasional Library, New York.
- Debaut, V.J., Y. B. Jean dan S. A. Greentech. 2005. *Tamanol a Stimulan for Collagen Synthesis for Use in anti Wrinkle and anti Stretch Mark Products Cosmetic and Toiletries Manufacture World Wide*. Greentech, St. France.
- Ditjen Migas. 2011. *Statistik Minyak Bumi*. http://www.esdm.go.id/publikasi/statistik/statistik_minyak_bumi.pdf

- Groggins, P.H., 1958, *Unit Processes in Organics Synthesis*, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- <http://www.matche.com/EquipCost/index.htm>, diakses Maret 2014.
- Hambali, Erliza. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia Pustaka. Jakarta
- Hardjono. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Gadjah Mada University Press. Jogjakarta
- Herlina N, Ginting M.H.S. 2002. *Lemak dan Minyak*. USU digital Library
- Kementerian perindustrian republik Indonesia. Maret 2013. *Indonesia produsen utama biodiesel*. Jakarta. Tim Pengelola Website Kemenperin
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 194, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 2008. *Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor
- Rase, F.H., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plants*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Safety officer in physical chemistry at Oxford University, 2004, (http://msds.chem.ox.ac.uk/SO/sodium_dodecylbenzene_sulphonate.html), diakses 10 November 2010.
- Sahirman. 2008. *Perancangan Proses Dua Tahap (Estrans) Untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung*. Disertasi S3 Departemen TIP. Intitut Pertanian Bogor
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, Mc Graw Hill Book co., Inc., New York.
- Soerawidjaja, T.H. 2005. *Potensi Sumber Daya Hayati Indonesia Dalam Menghasilkan Bahan Bakar Hayati Pengganti BBM*. Makalah Lokakarya "Pengembangan dan Pemanfaatan Sumber Energi Alternatif untuk Keberlanjutan Industri Perkebunan dan Kesejahteraan Masyarakat". Hotel Horison, Bandung, 28 Nopember 2005
- Suhendra, Zulfi. 2014. *Banyak Pakai Biodiesel, RI Makin Hemat Impor BBM dan Devisa*. <http://Detikfinance.com>