



PRARANCANGAN PABRIK *FATTY ALCOHOL* DARI BIODIESEL DENGAN PROSES HIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Mirna Isdayanti*, Ismi Nur Karima

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan Ahmad Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: mirnaisdayanti@gmail.com

Abstrak

Fatty Alcohol (alkohol lemak) merupakan alkohol alifatik turunan dari lemak alam maupun minyak alam. *Fatty alcohol* adalah turunan oleokimia dasar yang memiliki keunggulan diantaranya produk yang terbarukan, *biodegradable* dan lebih aman (tidak beracun). *Fatty alcohol* digunakan sebagai *emollients*, emulsifier, dan *thickeners* pada industri makanan dan kosmetik. Penggunaan *Fatty Alcohol* semakin meningkat setiap tahun, namun untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri, *fatty alcohol* masih mengimpor dari luar negeri. Oleh karena itu, perlu direncanakan studi prarancangan pabrik *Fatty Alcohol* dengan pertimbangan secara teknis, lingkungan dan ekonomi agar dapat memenuhi kebutuhan *Fatty Alcohol* dalam negeri.

Metil ester dan hidrogen merupakan bahan baku dalam pembuatan *fatty alcohol* pada fase gas. Proses yang digunakan adalah hidrogenasi, dimana metil ester bereaksi dengan hidrogen dan katalis membentuk *fatty alcohol*. Katalis yang digunakan adalah katalis heterogen yaitu Kromium Koper Aktif (CuCr) dengan konversi sebesar 95% dengan suhu 300°C dan tekanan 5 atm. Pemilihan metil ester dan oksigen sebagai bahan baku karena banyak diproduksi di Indonesia. *Fatty alcohol* berbahan baku metil ester dan hidrogen diproduksi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2022. Lokasi pabrik direncanakan di desa Pelintong, Kecamatan Medang Pantai, Dumai dengan area seluas 37.308 m². Jumlah tenaga kerja diperlukan sebanyak 168 orang dan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staf. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, didapat BEP sebesar 43,61% dan SDP sebesar 25,25% sehingga disimpulkan pabrik ini layak didirikan.

Kata Kunci: *Fatty Alcohol*, Metil Ester, Hidrogen, Hidrogenasi, Katalis heterogen

1. Pendahuluan

Industri oleokimia merupakan industri yang menjanjikan di masa yang akan datang. Industri ini pada umumnya memakai minyak nabati yang berasal dari kelapa sawit sebagai bahan baku. Biodiesel adalah asam lemak rantai panjang dengan alkohol, terpasang, berasal dari minyak nabati. Biodiesel dapat diolah lebih lanjut menjadi *fatty alcohol* dengan mereaksikan biodiesel dan hidrogen dengan bantuan katalis CuCr. Industri *fatty alcohol* di Indonesia hingga saat ini untuk memenuhi kebutuhan *fatty alcohol* masih mengimpor dari luar Indonesia. *Fatty alcohol* umumnya digunakan untuk Industri Kosmetik, detergen cair, dan sampo.

Di Indonesia produksi *fatty alcohol* pada tahun 2012 telah berkembang pesat, hal ini ditunjukkan oleh pendirian pabrik-pabrik alkohol lemak seperti

PT. *Ecogreen Oleochemicals* yang berkapasitas 1.800 ton/tahun, PT. Wilmar Nabati Indonesia berkapasitas 4.640 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan *fatty alcohol*. Namun, diperkirakan konsumsi *fatty alcohol* di Indonesia akan terus meningkat seiring berkembangnya teknologi dan industri-industri. Dengan potensi yang dimiliki Indonesia sebagai pemasok bahan baku serta permintaan dunia yang terus meningkat maka industri *fatty alcohol* dari biodiesel layak untuk dikembangkan sebagai industri *intermediate* (antara) bagi industri-industri lain.



Tabel 1 Kebutuhan Impor *Fatty Alcohol* di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (kg)	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1.	2010	11.367.886	11.367	0
2.	2011	14.166.850	14.167	24,62
3.	2012	19.541.827	19.542	37,94
4.	2013	20.433.864	20.434	4,56
5.	2014	22.728.187	22.728	11,23
6.	2015	23.737.849	23.738	4,44
7.	2016	25.747.878	25.748	8,47
Rata-rata				13,04

Pabrik *Fatty Alcohol* direncanakan dibangun pada tahun 2022. Berdasarkan perhitungan menggunakan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut :

$$m_5 = P(1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad \dots(1.2)$$

peluang kapasitas *Fatty Alcohol* yang akan berdiri tahun 2022 sebesar 15.000 ton/tahun, dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, maka kapasitas yang akan didirikan sebesar 10.000 ton/tahun atau 66,7% dari kapasitas total.

Pabrik *Fatty Alcohol* direncanakan berlokasi di Desa Pelintung, Kecamatan Medang Kampai, Dumai. Pemilihan lokasi berdasarkan atas ketersediaan lahan yang cukup dan area transportasi yang lancar serta dekat dengan sumber bahan baku maupun bahan pendukung. Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas dengan total karyawan sebanyak 168 orang.

2. Deskripsi Proses

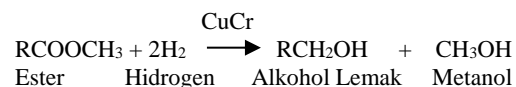
Secara umum, pembuatan *Fatty Alcohol* terdiri dari beberapa proses yaitu seperti **Tabel. 2**

Tabel 2 Perbandingan Proses Produksi *Fatty Alcohol*

Proses	Kondisi Proses	Produk Samping	Proses Pendukung	Konversi
Hidrolisis dari Lilin Ester	P = 1 bar, T = 300° C	Sabun	<ul style="list-style-type: none"> • Pemisahan alkohol lemak dari sabun dan air. 	35%
Reduksi Sodium	P = 1 bar, T = 120°-200° C	Kaustik Soda	<ul style="list-style-type: none"> • Pencampuran larutan sodium, ester kering dan alkohol. 	85%
Proses Suspensi	P = 25.000-30.000 kPa, T = 250°-300 C	Metanol dan gliserol	<ul style="list-style-type: none"> • Kondensasi uap alkohol dari hasil reaksi. • Separasi fasa gas dari alkohol cair. • Sentrifugasi katalis dari alkohol lemak. • Pemurnian alkohol lemak. 	85%
Proses Hidrogenasi	P = 20.000-30.000 kPa T = 200°-250° C	Metanol dan gliserol	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanasan metil ester • Separasi fasa gas dari alkohol cair. 	95%
Proses Oxo	P = 5.000-10.000 kPa, T = 170-210° C	Propanol	<ul style="list-style-type: none"> • Distilasi 	20 – 60%

Berdasarkan perbandingan proses pada Tabel 2, proses yang dipilih untuk menghasilkan *Fatty Alcohol* adalah proses Hidrogenasi.

Proses pembuatan *fatty alcohol* melalui beberapa tahap, umpan berupa metil ester dan gas hidrogen yang masing-masing terdapat pada tangki penyimpanan diumpankan ke vaporizer, untuk diubah fasanya menjadi gas. Setelah itu, kedua bahan masuk dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan bantuan katalis CuCr. Reaktor beroperasi pada suhu 300 °C dan tekanan 5 atm, dengan konversi 95%. Reaksi yang terjadi di reaktor sebagai berikut:



Produk keluaran reaktor adalah *fatty alcohol* dan metanol. Selanjutnya produk ke unit pemisah untuk memurnikan produk.

Produk keluaran dari reaktor dialirkan ke ekspander I untuk diturunkan tekanan dari 5 atm ke 1 atm. Kemudian produk masuk ke kondensor I untuk didinginkan dan diubah fasanya dari gas



menjadi cair. Produk terdiri dari dua fasa, yaitu fasa gas (hidrogen) dan fasa cair (*fatty alcohol* dan metanol). Campuran produk bawah ini kemudian dialirkan ke *gas boot* pada tekanan 1 atm dengan temperature 84,154 °C, untuk disahkan antara fasa cair dan fasa gas. Produk atas berupa hidrogen sisa yang tidak bereaksi dengan metil ester, sedangkan produk bawahnya merupakan campuran dari *fatty alcohol* dan methanol.

Produk bawah dilepaskan ke udara, sedangkan produk bawah masuk ke *cooler* I untuk didinginkan hingga suhu 27°C. Produk kemudian masuk ke dekanter untuk dipisahkan dari pengotor yang berupa gliserol dari bahan baku. Setelah produk terpisah dari pengotornya, produk kemudian masuk *heater* II untuk dipanaskan hingga suhu 262,62 °C sebelum memasuki evaporator I. Produk masuk evaporator I untuk dipisahkan produk dari produk sampingnya yaitu methanol. Kemudian produk hasil dari evaporator I dialirkan ke evaporator II yang sebelumnya dipanaskan dahulu dengan *heater* III untuk kembali dimurnikan. Pada proses evaporasi terakhir, didapatkan produk yang diinginkan yaitu *fatty alcohol* kemurnian 99,9% dan disimpan dalam tangki penyimpanan produk.

Berdasarkan tinjauan termodinamika, dapat diketahui suatu reaksi bersifat eksotermis atau endotermis dengan data dan perhitungan sebagai berikut (Yaws, 1999):

Tabel 3 Daftar ΔH_{298K} Komponen

Komponen	ΔH_{298} (kJ/kmol)
<i>Fatty Alcohol</i>	640,000
Metanol	-201,170
Metil Ester	-665,998
Hidrogen	117,000

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_{298} (\text{Fatty Alcohol}) + \Delta H_{298} (\text{Metanol})] - [\Delta H_{298} (\text{Metil Ester}) + 2\Delta H_{298} (\text{Hidrogen})] \\ &= [640 + (-201,17)] - [(-665,998) + 2(117)] \\ &= 438,830 - (-431,998) \\ &= 870,828 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan *Fatty Alcohol* bersifat endotermis yang ditandai dengan ΔH_f bernilai positif.

Reaksi pembentukan *Fatty Alcohol* merupakan reaksi orde 1 dengan perhitungan sebagai berikut (Fogler):

$$\begin{aligned} -r_A &= k \cdot C_A \\ C_A &= C_{A0} (1 - X_A) \\ -r_A &= \frac{-dC_A}{dt} \\ \frac{-dC_A}{dt} &= k \cdot C_{A0} (1 - X_A) \\ C_{A0} \frac{dX_A}{dt} &= k \cdot C_{A0} (1 - X_A) \\ \frac{dX_A}{(1 - X_A)} &= k \cdot dt \end{aligned}$$

diintegrasikan menjadi :

$$\begin{aligned} -\ln(1 - X_A) &= k \cdot t \\ k &= \frac{-\ln(1 - X_A)}{t} \\ k &= \frac{-\ln(1 - 0,95)}{1} \\ &= -\ln 0,05 \\ &= 2,9499 \text{ /jam} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} -r_A &= k \cdot C_A \\ &= 2,9499 \times 4,5501 \times 10^{-7} \\ &= 1,3422 \times 10^{-6} \text{ kmol/L.jam} \\ &= 1,3422 \times 10^{-3} \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

sehingga, laju reaksi pembentukan *Fatty Alcohol* adalah sebesar $1,3422 \times 10^{-3} \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$.

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Alliran Masuk (kg/jam)	Alliran Keluar (kg/jam)
Metil Ester	1505,5732	75,2787
Gliserol	3,7251	3,7251
<i>Fatty Alcohol</i>	-	1288,3916
Metanol	-	162,1459
Hidrogen	21,3083	1,0654
TOTAL	1530,6067	1530,6067

Daftar harga bahan baku dan produk tersaji dalam Tabel 5.





Tabel 5 Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (per kilogram)
Biodiesel	Rp 4.048
Hidrogen	Rp 683
Katalis CuCr	Rp 107.936
Metanol	Rp 17.540
<i>Fatty Alcohol</i>	Rp 40.476

Sumber : www.molbase.com
www.zauba.com
J&K Scientific

3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang dalam suatu pabrik untuk menyediakan kebutuhan *steam* dan air pendingin, listrik serta air. Sumber air untuk pabrik *Fatty Alcohol* diperoleh dari waduk buatan dekat dengan pabrik. Generator dengan bahan bakar dari PT. Pertamina menjadi sumber utama listrik pabrik dan ketersediaan listrik diatur oleh PLTU Kawasan Industri Dumai. Kebutuhan rutin yang diperlukan dalam kegiatan operasi pabrik *Fatty Alcohol* tersaji dalam Tabel 6.

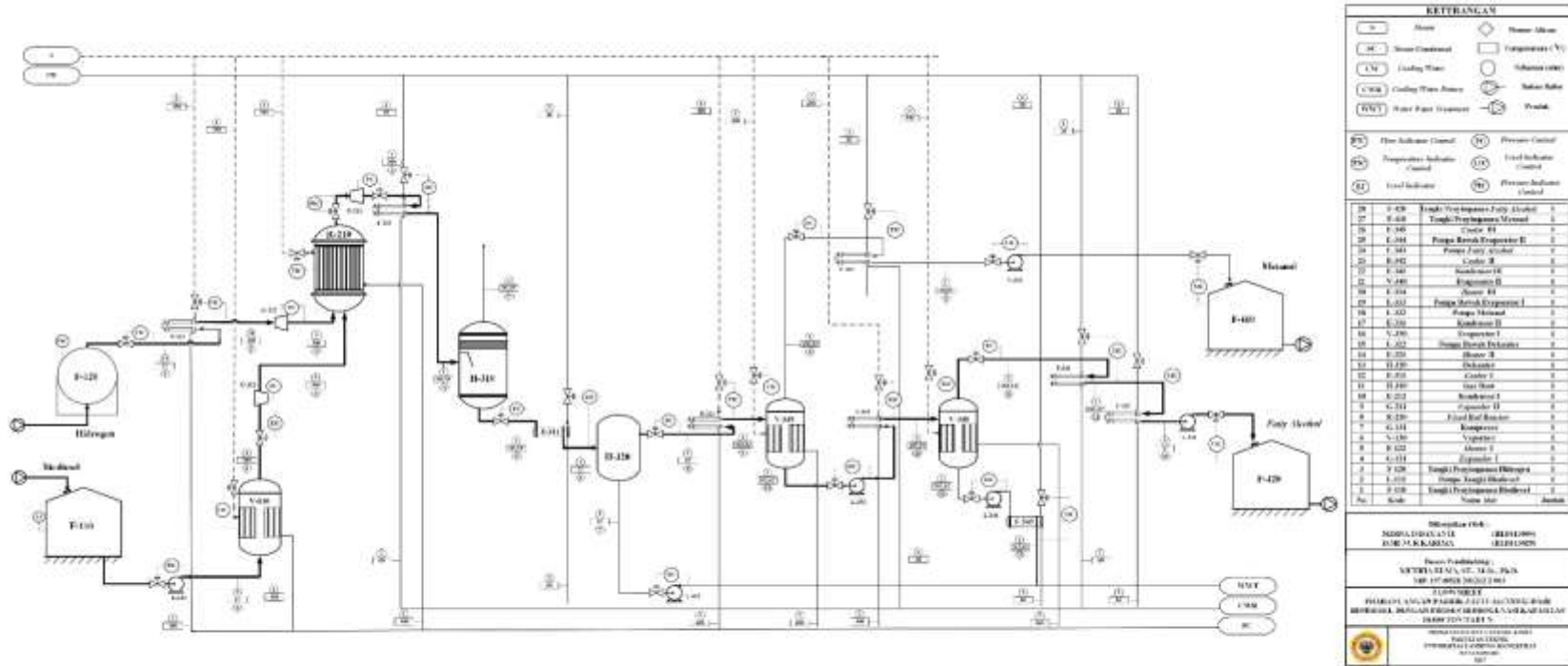
Tabel 6 Kebutuhan Utilitas Pabrik *Fatty Alcohol*

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Steam	1.619,3271
Cooling water	82.518,9866
Bahan bakar	124,9490





**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK FATTY ALCOHOL DARI BIODIESEL DENGAN PROSES HIDROGENASI KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**



4. Analisis Ekonomi

Pabrik *Fatty Alcohol* memerlukan modal seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Jumlah Biaya Pendirian Pabrik *Fatty Alcohol*

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	216.215.409.021,11
TPC	329.814.137.060,74
TCI	290.115.979.933,38
WC	58.456.613.125,05

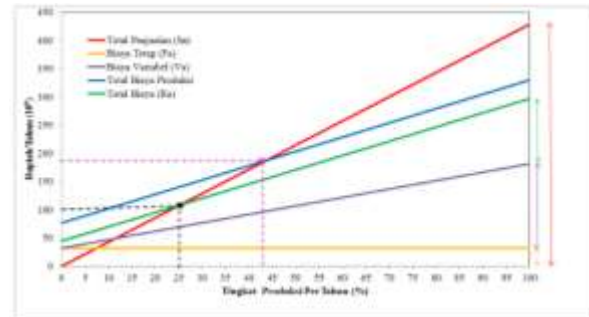
Suatu pabrik dikatakan sehat jika dapat memberikan keuntungan yang layak bagi perusahaan. Perancangan pabrik layak atau tidak untuk dibangun dapat diketahui melalui analisis ekonomi, sehingga dapat memberi gambaran keputusan untuk tidak menjalankan proyek, menunda atau menjalankannya (Prasetya, 2014). Beberapa faktor yang harus ditinjau dalam menganalisis kelayakan pendirian pabrik antara lain *break event point* (BEP), *pay out time* (POT), *percent return on investment* (ROI), *interest rate of return* (IRR), dan *shut down point* (SDP).

Tabel 8 Analisis Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	23%	Minimal 11%	Layak
POT	3,045 th	Maksimal 5 th	Layak
IRR	20,27%	> 12%	Layak
BEP	43,61%	40% - 60%	Layak
SDP	25,25%	20%-40%	Layak

ROI adalah perkiraan keuntungan berdasarkan kecepatan pengembalian modal setiap tahun (Alimah, 2013). Semakin besar persentasenya, maka keadaan perusahaan semakin baik (Simamora, 2002). POT merupakan jangka waktu pengembalian dana investasi (Alimah, 2013). IRR adalah tingkat bunga saat seluruh pengeluaran modal tertutupi dengan penerimaan. Pabrik layak untuk diusahakan dan memberikan keuntungan jika nilai IRR lebih besar dari bunga bank (Haryadi, 2012). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai bunga bank yang diperoleh untuk melunasi modal pinjaman pada bank dalam waktu 10 tahun adalah 12%. BEP merupakan titik impas, dimana nilai total *output* pendapatan atau total *output*

penjualan sama dengan total biaya yang telah dikeluarkan, sehingga perusahaan tidak dalam keadaan untung maupun rugi (Haryadi, 2012). SDP adalah suatu titik penentuan aktivitas produksi lebih baik dihentikan daripada dilanjutkan beroperasi (Sari, 2016). Grafik kelayakan analisis ekonomi pabrik *Fatty Alcohol* tersaji dalam Gambar 2.



Gambar 2 Grafik SDP dan BEP Pabrik *Fatty Alcohol* Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan prarancangan pabrik *Fatty Alcohol* dari Biodiesel dengan Proses Hidrogenasi kapasitas 10.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk dibangun. Kelayakan pembangunan pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor hasil perhitungan analisis ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 23%, POT 3,045 tahun, IRR 20,27%, BEP 43,61% dan SDP 25,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Perkembangan Ekspor-Impor Industri Alkohol lemak*. Diakses pada tanggal 5 April 2017
- Brown, G. G et all. 1956. *Unit Operations*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Budiman, A. 2008. *Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dalam Penjernihan Air Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih*.





- Considine, Douglas M. 1985. *Instruments and Controls Handbook 3rd Edition*. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.
- Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.
- Darnoko D. S. 2003. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit dan Produk Turunannya*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. *Standar Kualitas Air Bersih*.
- Evans, F.L. *Equipment Design Handbook For Refineries and Chemical Plant*. Houston: Gulf Publishing Company.
- ESDM. 2012. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 9th Edition*. Mineral Resources Data and Information: Jakarta.
- Foust, Alan S, Leonard A.W, Curtis W.C, Louis M and L. Bryce Andersen. 1980. *Principles of Unit Operation Second Edition*. USA: John Willey and Sons.
- Freedman, R.E. 1984. *Strategic Management*. Boston: A Stakeholder Approach.
- Geankoplis, Christie John. 1997. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Glover, William B. 2004. *Selecting Evaporators for Process Applications*. AIChE.
- Gordon, M. Fair. 1968. *Water and Waste Water Engineering Volume 2*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Hesse, H.C. 1945. *Process Equipment Design*. New Jersey: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Himmeblau, David M and James B.Riggs. 2004. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer, Sixth Edition*. New York: McGraw Hill.
- Joshi, M.V. 1979. *Process Equipment Design*. National Book Trust.
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Kementrian Perindustrian. 2014. *Pofil Industri Oleokimia Dasar dan Biodiesel*. www.kemenperin.go.id.
- Ketaren, C.S. 1950. *Minyak dan Lemak Pangan*. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha Ltd.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Kualitas Air, 2001 PP No. 8 Tahun 2001 www.hpli.org/reg/P/PP%2008%201001S20 kualitas air Pdf
- Mudge, Stephen M., Scott Belanger, Allen Nielsen. 2008. *Fatty Alcohols Anthropogenic And Natural Occurrence In The Environment*. RSC publishing: Cambridge, UK.
- Othmer K. 1998. *Encyclopedia Of Chemical Technology Fourt Edition*. New York: Encylopedia Inc.
- Perry, Robert H and Don W Green. 1999. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Rase, Howard F and Holmes J. R. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plants Volume One : Principles and Techniques*. New York: John Wiley and Sons.
- Reigels, Emil R. and James A. Kent. 2007. *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Ryan, W.J., 1946. *Water Treatment and Purification*. New York: Mc Graw Hill Book Company Inc.
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Sutarto. 2002. *Dasar-dasar Organisasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Timmerhaus, Klaus D and Max S.P. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Trisnadi, Arifiansyah, Putra Sugili dan Suryo Rantjono. 2009. *Optimasi Tawas dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131*. Seminar Yogyakarta: Nasional V SDM Teknologi Nuklir.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- Van Gerpen, Jon. 2005. *Biodiesel Processing And Production*. Fuel Processing Technology.
- Walas, S.M. 1959. *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. USA: Buterworth-Heineman.
- Yaws. 1999. *Chemical Properties Handbook : Physical, Thermodynamics, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic/Chemicals*. Mc-Graw-Hill. USA.

