



PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL* (CPO) DAN METANOL MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Ervinadya Aulina Dewi^{1*}, Angela Citra Dewi R¹,

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

*Corresponding Author: ervinadyaaulinadewi@gmail.com

Abstrak

Methyl ester dengan rumus molekul $C_{19}H_{36}O_2$ adalah senyawa organik yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang dihasilkan dengan proses kimia yaitu mereaksikan minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol seperti methanol. Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi krisis energi, salah satunya adalah pemanfaatan biodiesel. Prarancangan pabrik biodiesel ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2023 dengan kapasitas 70.000 ton/tahun

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses transesterifikasi dengan mereaksikan crude palm oil (CPO) dengan methanol dan natrium hidroksida sebagai katalis. Reaksi berlangsung pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dengan tekanan 1 atm. Hasil reaksi dari reaktor kemudian dimasukkan ke dalam menara distilasi I. Disini terjadi proses pemisahan berdasarkan titik didih antara metanol dan biodiesel. Hasil atas berupa metanol akan dipompa menuju menara distilasi III untuk di recycle ke tangki penyimpanan metanol dan hasil bawah berupa biodiesel akan dipompa menuju menara distilasi II untuk dimurnikan hingga diperoleh kadar 98% sebelum masuk ke tangki penyimpanan.

Pemasaran biodiesel diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT). Hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) sebesar Rp 313.911.066.510,6 dan diperoleh hasil penjualan sebesar Rp 795.448.149.243,12. Selain itu diperoleh Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 46% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 30%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,9 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 2,6 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 44% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 29%.

Kata Kunci : *biodiesel, metanol, proses transesterifikasi, RATB, Menara distilasi.*

1. Pendahuluan

Bidang industri merupakan bidang yang sangat pesat perkembangannya dan pertumbuhannya. Industri kimia merupakan salah satu industri yang mempunyai prospek dan peluang investasi yang besar. Produk yang dihasilkan, diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri namun juga dapat diekspor untuk menambah pendapatan negara. Biodiesel merupakan salah satu industri kimia yang ketersediannya di Indonesia sendiri masih sedikit dan harus mengimpor dari luar negeri. Berdasarkan data UN Comtrade tahun 2017 kebutuhan biodiesel di Indonesia terus mengalami kenaikan. Data impor kebutuhan biodiesel pada tahun 2017 mencapai 4.894 kg. Mengingat kebutuhan biodiesel

merupakan bahan bakar yang dapat menggantikan minyak solar karena memiliki sifat pembakaran yang serupa dengan minyak solar, sehingga dapat dipergunakan langsung pada mesin berbahan bakar solar tanpa mengubah mesin, diperkirakan konsumsi biodiesel akan terus meningkat sedangkan pabrik biodiesel di Indonesia masih tergolong sedikit. Salah satu bahan baku pembuatan biodiesel yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah Crude Palm Oil (CPO) karena keberadaan perkebunan sawit yang luas di berbagai daerah di Indonesia, khususnya Kalimantan Selatan. CPO yang dihasilkan sebagian ada yang dimanfaatkan sebagai pupuk dan sisanya dibuang ke lingkungan setelah



ditampung dalam kolam stabilisasi. Pengolahan biodiesel dari CPO di Kalimantan Selatan dapat mengatasi kurangnya ketersediaan minyak solar di Indonesia dan dapat memberikan solusi bagi industri CPO untuk penanganan limbah cair hasil produksi. Pendirian pabrik ini layak dan menguntungkan ditinjau dari sisi ekonomi. Berdasarkan data statistik tentang perdagangan luar negeri Indonesia, jumlah impor biodiesel sejak tahun 2014 sampai 2017 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut (www.undata.com).

Tabel 1 Data Impor -Ekspor Biodiesel Indonesia

No.	Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
1	2014	790	1.381.254,870
2	2015	316	302.244,900
3	2016	724	418.690,950
4	2017	4.894	141.323,431

Berdasarkan tabel dapat diperkirakan jumlah kebutuhan biodiesel pada tahun 2023 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 2001):

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

Pabrik biodiesel direncanakan akan didirikan pada tahun 2023, jadi dapat ditetapkan pemilihan kapasitas pabrik yang akan didirikan sebesar 70.000 ton/tahun guna memenuhi 50% dari jumlah kebutuhan dalam negeri sehingga ketergantungan import dapat dikurangi.

Pabrik biodiesel direncanakan berlokasi di Kabupaten Bontang Provinsi Kalimantan Timur yang berada di Kawasan Industri Bontang tepat untuk pengembangan industri. Pemilihan lokasi berdasarkan atas area transportasi yang memadai dan ketersediaan lahan yang dan dekat dengan pasar dan sumber bahan baku. Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas dengan karyawan total sebanyak 200 orang.

2. Deskripsi Proses

Biodiesel merupakan metil ester asam lemak yang diperoleh dengan cara transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan gugus alcohol dengan bantuan katalis. Biodiesel dapat dibuat dengan tiga metode, yaitu melalui proses pirolisis, transesterifikasi dan proses esterifikasi. Berikut adalah perbandingan proses produksi Biodiesel dengan proses pirolisis, transesterifikasi dan esterifikasi:

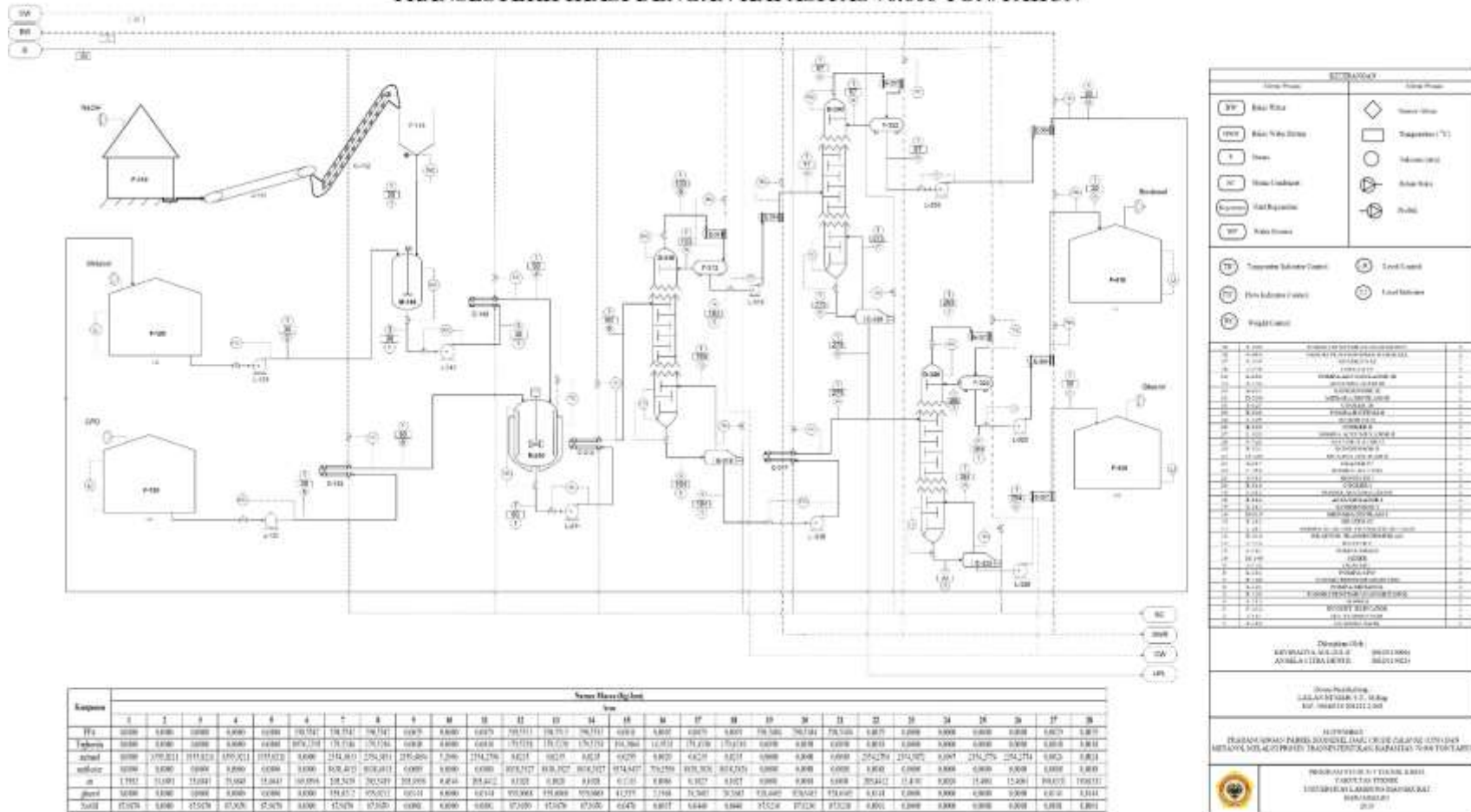
Tabel 2. Seleksi Proses Pembuatan Biodiesel

Variabel	Pirolisis	Proses Trans-Esterifikasi	Proses Esterifikasi
Bahan baku	Minyak Nabati	Minyak nabati dengan FFA < 5%	Minyak nabati dengan FFA > 5%
Temperatur Operasi	400-600°C	50-65°C	80°C
Waktu reaksi	0,5-2 detik	5 menit	1 jam
Konversi	78%	>95%	90%
Tekanan Operasi	±5 atm	1 atm	1 atm
Aspek lingkungan	Suhu tinggi menghasilkan asap yang mencemarkan lingkungan	produk samping berupa gliserol dapat dimanfaatkan kembali	Produk samping berupa air

Berdasarkan perbandingan yang telah ditinjau dari data konversi dan kondisi operasi yang diketahui maka dipilih proses transesterifikasi dengan pertimbangan suhu dan tekanan operasi lebih rendah, waktu operasi lebih singkat, proses lebih sederhana dan kondisi operasi relative lebih aman.



FLWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI CRUDE PALM OIL (CPO) DAN METANOL MELALUI PROSES
TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN



Gambar 1. Flow Diagram Process

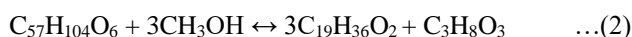
Proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui beberapa tahap yaitu :

a. Persiapan Bahan Baku

Langkah pertama dalam pembuatan metil ester (biodiesel) adalah persiapan bahan baku. Bahan baku pembuatan biodiesel berupa minyak sawit (CPO), metanol dan katalis NaOH. Ketiga bahan tersebut harus disimpan sesuai kondisi operasi penyimpanan yang telah di rancang. NaOH yang berupa padatan disimpan dalam silo dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sementara metanol dan CPO disimpan dalam fase cair dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk mereaksikan metanol dengan CPO dengan kondisi operasi 1 atm dan bersuhu 60°C, methanol dipompa ke dalam mixer kemudian ditambahkan NaOH dari silo. Setelah methanol dan NaOH tercampur kemudian suhunya dinaikkan menjadi 60°C dengan heat exchanger, kemudian campuran methanol dan NaOH dipompa ke dalam reaktor. Bahan baku CPO dipompa menuju heat exchanger untuk menaikkan suhu dari 30°C menjadi 60°C. CPO dimasukkan ke dalam reaktor sehingga bercampur dengan metanol dan NaOH. Perbandingan metanol dengan CPO adalah 10:1

b. Pembentukan Produk

Reaksi pembuatan biodiesel adalah proses reaksi transesterifikasi, dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan reator alir tangki berpengaduk (RATB dengan suhu operasi 60oC dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis. Oleh karena itu dalam perancangan reactor digunakan pendingin koil, sehingga suhu operasi di dalam reactor tetap dalam kondisi yang diinginkan yaitu sekitar 60°C.

c. Pemurnian Produk

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan produk biodiesel dari impuritasnya. Produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju MD-01 untuk melakukan proses pemisahan pertama antara biodiesel dengan metanol, dan air. Untuk hasil atas MD-01 yang berupa methanol dan air dipompa menuju MD-03 untuk proses pemurnian metanol agar dapat digunakan kembali. Hasil untuk keluaran bawah MD-01 berupa campuran antara produk biodiesel dan gliserol kemudian dipompa MD-02 untuk memurnikan metal esternya. Produk yang keluar dari MD-02 dengan hasil atas berupa biodiesel dialirkan ke tangki penyimpanan biodiesel. Hasil produk akhir berupa biodiesel dengan kemurnian 98 %.

Berdasarkan tinjauan termodinamika, suatu reaksi diketahui bersifat eksotermis atau endotermis melalui data dan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 3. Data ΔH_f° pada suhu 298 K (Coulson, 2005)

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)
$C_{57}H_{104}O_6$	-678,8
CH_3OH	-201,17
$C_{19}H_{36}O_2$	-626
$C_3H_8O_3$	-582,80

Perhitungan Entalpi pada suhu 298 K

$$\Delta H_{reaksi} = (\Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan})_{298}$$

$$\Delta H_{reaksi} = -2460,8 - (-2420,2)$$

$$\Delta H_{reaksi} = -40,6 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa reaksi pembentukan biodiesel bersifat eksotermis yang ditunjukkan dengan ΔH_f yang bernilai negatif.

Reaksi pembentukan biodiesel merupakan reaksi orde 2 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$(-dC_A/dt) = kC_A C_B$$

$$(-dC_A/C_A C_B) = k dt ;$$

diintegrasikan menjadi

$$\frac{-1}{(C_B)} \int_{C_{A0}}^{C_A} C_A^{-1} dC_A = kt$$

$$k = \left(\frac{-1}{(C_B)} (\ln C_A - \ln C_{A0}) \right) / t$$

$$k = \left(\ln \frac{C_{A0}}{C_B} - \ln \frac{C_A}{C_B} \right) / t$$

$$k = 0,163 \text{ L/mol.min}; \text{ maka}$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	4	6	7
FFA		290,5542	290,5542
Trigliserida		8976,2295	179,5246
Methanol	3355,0211		2354,3033
Metil ester			8838,4015
Air	35,6843	169,8596	205,5439
Gliserol			959,0212
NaOH	87,9670		87,9670
Subtotal	3478,6725	9436,6434	12915,3158
Total	12915,3158	12915,3158	12915,3158



3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang utama untuk memperlancar proses produksi suatu pabrik. Sumber air untuk pabrik biodiesel diperoleh dari sungai Guntung Bontang dengan debit air 400.680 liter/jam. Pembangkit listrik utama pabrik menggunakan generator dengan bahan bakar *diesel oil* diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan utilitas keseluruhan yang diperlukan dalam operasi pabrik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas Pabrik Biodiesel

Kebutuhan	Jumlah
Steam	9531,3516 kg/jam
Air	16093,7112 m ³ /hari
Listrik	258,1425 kW
Bahan Bakar	14,0578 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Ditinjau dari swegi ekonomi, suatu pabrik dikatakan sehat jika dapat memenuhi kewajiban finansial serta mendatangkan keuntungan yang layak. Kewajiban finansial kedalam ini terdiri dari berbagai macam beban pembiayaan operasi seperti bahan baku, bahan penunjang peralatan, gaji/upah karyawan, dll. Data harga bahan baku dan produk pada pabrik Biodiesel dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/kg)
CPO	2.180
Metanol	5.087
NaOH	3.052
Gliserol	6.540
Metil Ester	9.850

Biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik biodiesel dapat dilihat pada tabel 7 :

Tabel 7. Total Biaya Pabrik Biodiesel

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	175.516.810.137
TPC	695.194.073.562
TCI	313.911.066.510
WC	131.893.633.775

Dapat diketahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak maka

dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit on Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil Analisa kelayakan ekonomi pada pabrik biodiesel dapat dilihat pada tabel 8.

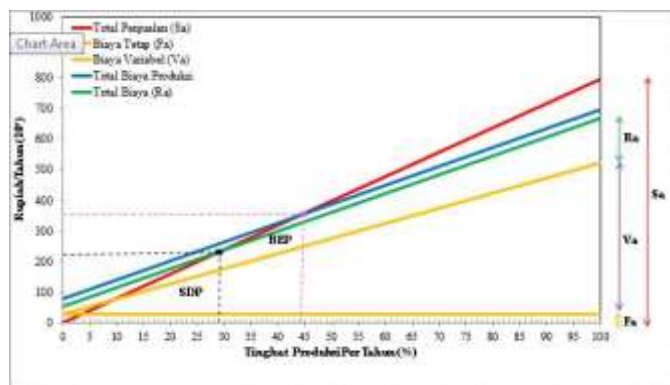
Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	30%	Min. 11%	Layak
POT	2,6 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	44%	40-60%	Layak
SDP	29%	20-40%	Layak

Return on investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Artinya ROI berperan penting guna memberikan informasi mengenai ukuran profitabilitas dengan jelas dalam evaluasi pengembalian investasi. *Pay out time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Event Point (BEP)* adalah titik impas (suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung atau tidak rugi). *Shut down point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expanse (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit) (Aries, 1955).

Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik biodiesel dapat dilihat pada gambar 2.





Gambar 2. BEP dan SDP Pabrik Biodiesel kapasitas 70.000 Ton/tahun

Keterangan :

S_a : Total penjualan produk.

F_a : Total penjumlahan dari nilai depresiasi, property tax, dan asuransi.

V_a : Total penjumlahan dari nilai bahan baku, utilitas, *packaging* dan transport dan royalties dan patent.

R_a : Total penjumlahan dari nilai *payroll overhead*, gaji karyawan, laboratorium, general expense, maintenance, plant supplies, plant overhead, dan supervisi.

5. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan pada Prarancangan Pabrik Biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO) dan metanol dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 70.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT). Bentuk organisasi yang direncanakan adalah *line* dan staff dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 200 orang. Pabrik terletak di Kabupaten Bontang, Provinsi Kalimantan Timur yang berada di Kawasan Industri Bontang dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 36760 m². Kelayakan pembangunan pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor hasil perhitungan analisis ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 30%, POT 2,6 tahun, BEP 44% dan SDP 29%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel ini layak dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S and Newton, R.D. (1995). Chemical Engineering Cost Estimation. New York : Mc. Graw Hill Book Company Inc.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. Process Equipment Design. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 2005, Chemical Engineering, Vol 6, Pergamon Internasional Library, New York.

Kirk, E. and Othmerr, D. F. 1981.1 Encyclopedia of Chemical Technology 33 edition, Volume 9. The Interscience Encyclopedia, John Wiley and Sons, Inc. New York.

Odi Fauzi. 2014. Pemanfaatan Biodiesel dan Limbah Produksi. Bandung : Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri.

Ulrich, G.D., 2001, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley and Sons, Inc.: New York.

UNComtrade. (2018). Formaldehyde : Export Import. <http://comtrade.un.org/> [Accessed 6 Mei 2018]

Timmerhaus., Klaus D. and Max S. Peter . 1991 . *Plant Design and Economics for Chemicals Engineers*. New York : McGraw Hill.

