

NASKAH PUBLIKASI

**PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL OLEAT DARI
ASAM OLEAT DAN N-BUTANOL
KAPASITAS 20.000 TON PER TAHUN**



Di Susun Guna Mendapatkan
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :

Umar Bandi

D500120040

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Nur Hidayati, M.T.Ph.D

2. Emi Erawati, S.T.,M.Eng

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

Nama : Umar Bandi
NIM : D 500 120 040
Judul TPP : Prarancangan Pabrik N-Butil Oleat dari Asam Oleat dan
N-Butanol Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Dosen Pembimbing : 1. Ir.Nur Hidayati, M.T., Ph.D.
2. Emi Erawati S.T., M.Eng

Surakarta, Januari 2014

Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.
NIDN.0601106801

Pembimbing II



Emi Erawati S.T., M.Eng
NIDN.0602017804

INTISARI

Pabrik n-butyl oleat dengan bahan baku asam asetat dan n-butanol dengan kapasitas 20.000 ton per tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung selama 24 jam per hari. Proses pembentukan n-butyl oleat dengan esterifikasi asam oleat dan n-butanol di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan bantuan katalis H_2SO_4 . Reaksi berlangsung pada suhu $100^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm pada fase cair-cair. Tahapan proses meliputi penyiapan bahan baku asam oleat dan n-butanol, pembentukan n-butyl oleat dalam reaktor, dan pemurnian produk.

Kebutuhan asam oleat untuk pabrik ini sebanyak 2.086,71 kg per jam diperoleh dengan mengimpor dari Australia dan kebutuhan n-butanol sebanyak 600,13 kg per jam diperoleh dengan mengimpor dari Amerika Serikat. Produk n-butyl oleat sebanyak 2525,25 kg per jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 6.208,22 kg per jam yang diperoleh dari air sungai Bengawan Solo, penyediaan uap air jenuh sebesar 647,61 kg per jam yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar batu bara sebesar 422,90 liter per jam, kebutuhan udara tekan sebesar $50 m^3$ per jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan sebuah *generator set* sebesar 500 kW sebagai cadangan. Pabrik ini didirikan di Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah $22.000 m^2$ dan jumlah karyawan 110 orang.

Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 98.534.421.591,64 per tahun setelah dipotong pajak 30% keuntungan mencapai Rp 68.974.095.114,15 per tahun. *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 26,66% dan setelah pajak 18,66%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 2,73 tahun dan setelah pajak 3,49 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 50,2%, dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 26,02%. *Discounted Cash Flow (DCF)* terhitung sebesar 37,90%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata kunci : N-butyl oleat, reaktor, Asam sulfat

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang menunjukkan peningkatan pada sektor industri telah menuntut bangsa Indonesia berbelok arah dari negara agraris ke negara industri. Untuk mencapai kemajuan di bidang industri terfokus pada bidang industri kimia, maka kebutuhan bahan-bahan dasar kimia di dalam negeri perlu ditumbuhkan dan dikembangkan. Plastik merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh industri kimia, karena mempunyai peran yang penting bagi masyarakat, maka pemakaiannya cenderung meningkat. N-butyl oleat merupakan bahan yang mempunyai peranan penting dalam pabrik plastik, yaitu berfungsi sebagai *plasticizers*. *Plasticizers* adalah senyawa adiktif yang ditambahkan kepada polimer untuk menambah kemampuan kerja dan fleksibilitas plastik. Penambahan *plasticizers* dapat menurunkan viskositas leburan dan modulus elastisitas plastik. Manfaat lain dari

n-butyl oleat digunakan pada pabrik pembuatan karet sintetis, pabrik cat, pabrik pembuat pelumas, pabrik poliester bahkan sebagai bahan tambahan pada kosmetik dan pabrik lainnya. Oleh karena itu, disadari bahwa n-butyl oleat semakin dibutuhkan saat ini seiring bertambahnya pabrik-pabrik baru khususnya pabrik plastik.

2. Kapasitas

Permintaan asam oleat di seluruh dunia bertambah sekitar 4 % setiap tahun dalam kurun waktu 10 tahun dan telah mencapai sekitar 3.000.000 ton setiap tahun, dan baru sekitar 100.000 ton asam oleat digunakan untuk membuat n-butyl oleat, saat ini Indonesia masih mengimpor dari luar negeri.

Penentuan kapasitas pabrik n-butyl oleat mengacu kepada pabrik yang telah berdiri di dunia serta kebutuhan impor Indonesia.

Tabel 1.1 Daftar pabrik n-butyl oleat yang telah berdiri di

dunia(<http://www.the-innovation-group.com>).

Nama pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Victorian Chemicals	9.000
Megachem	7.000
Lambent Technologies Corp	10.000
Mohini Organics Pvt. Ltd	9.000
Anar Soap & Chemical Co.	10.000

Dari data impor yang diperoleh dari BPS, diketahui bahwa Indonesia masih mengimpor n-butyl oleat. Seperti terlihat pada tabel di bawah ini .

Tabel 1.2 Data impor N-butyl oleat (Biro Pusat Statistika Indonesia, 2008-2012)

Produk	Tahun	Impor (ton/tahun)
N-butyl oleat	2008	422.141
	2009	853.786
	2010	512.746
	2011	1.256.971

	2012	1.352.193
--	------	-----------

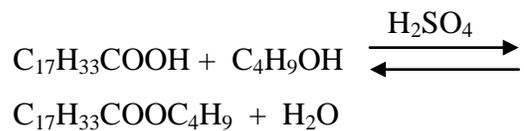
Data impor lima tahun terakhir menunjukkan kecenderungan meningkat. Berdasarkan pertimbangan di atas maka direncanakan didirikan pabrik n-butyl oleat dari asam oleat dan n-butanol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun.

B.DESKRIPSI PROSES

a.Reaksi dasar

Reaksi terjadi di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) oleh asam oleat bereaksi dengan n-butanol menghasilkan n-butyl oleat dengan bantuan asam sulfat.

Reaksi :



b. Kondisi operasi

Kondisi operasi pada prarancangan pabrik n-butyl oleat adalah sebagai berikut :

a. Suhu : 100°C

b. Tekanan : 1 atm

c. Karakteristik reaksi

Tinjauan termodinamika

Panas reaksi pada 100°C

Data panas pembentukan pada 25°C

(Yaws, 1999)

$$\Delta H_f \text{ C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} = -160,5606 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_9\text{OH} = -65,6295 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOC}_4\text{H}_9 = -203,0000 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -57,5700 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_R \text{ 100 }^\circ\text{C} = \Delta H_1 + \Delta H_R \text{ -25}^\circ\text{C} + \Delta H_2$$

$$\Delta H_1 = C_{p1} \times (25-100)K$$

$$= 205,939 \text{ kkal/(kmolK)} \times$$

$$(-75) K$$

$$= -15445,425 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_R \text{ 25 }^\circ\text{C} = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$= (-260,5700 \text{ kkal/gmol})$$

$$-(-226,1901 \text{ kkal/gmol})$$

$$= -34,3799 \text{ kkal/gmol}$$

$$= -34379,9 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_2 = C_{p2} \times (100-25) K$$

$$= 664,2150 \text{ kkal/(kmolK)} \times (75)$$

$$K = 49816,1250 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{Jadi } \Delta H_R \text{ -100}^\circ\text{C} = -9,2 \text{ kkal/mol}$$

Dari perhitungan ΔH reaksi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan n-butil oleat adalah eksotermal.

Mencari nilai K

Nilai K diperoleh dari percobaan di literatur, dan dari grafik dicari titik XAe. Dari tabel diatas dipilih nilai XAe 0,9883

$$K = \frac{\text{n-butil oleat} \times \text{air}}{\text{asam oleat} \times \text{n-butanol}}$$
$$= \frac{0,9767689}{0,08408754}$$

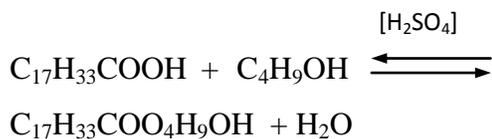
$$K = 11,61695826$$

C.Diagram Alir Proses

Pada pembuatan Butyl Oleat, bahan baku yang digunakan adalah Asam Oleat dan N-butanol. Kedua bahan tersebut masing-masing disimpan dalam Tangki Penyimpan T-01 dan T-02. Bahan baku dialirkan secara kontinyu ke dalam Reaktor yang beroperasi pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Asam Oleat dari Tangki Penyimpan (T-01) bercampur dengan Asam Oleat hasil recycle Flash Drum di dalam Tangki Pencampur (TP-01) yang kemudian dialirkan masuk ke Reaktor setelah sebelumnya melalui Pemanas (HE-03). Begitu pula dengan N-butanol dari Tangki

Penyimpan (T-02) bercampur dengan N-butanol hasil recycle N-butanol dalam Tangki Pencampur (TP-02) sebelum kemudian masuk ke Reaktor. Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor dapat berlangsung dengan kehadiran katalis H_2SO_4 yang ditambahkan ke dalam Reaktor. Katalis H_2SO_4 tersebut disimpan di dalam Tangki Penyimpan (T-03).

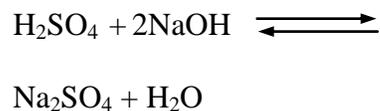
Reaksi pembentukan Butyl Oleat yang terjadi dalam Reaktor adalah sebagai berikut



Reaksi terjadi dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan bantuan katalis H_2SO_4 . Reaktor dirancang untuk beroperasi pada suhu $100^\circ C$ dan tekanan 1 atm.

Hasil keluaran Reaktor yang terdiri atas N-butil oleat, Asam Oleat, N-butanol dan H_2SO_4 bersuhu $100^\circ C$. Sebelum masuk Netraliser larutan tersebut didinginkan menggunakan Pendingin (CL-01) menjadi suhu $40^\circ C$. Selanjutnya larutan dimasukkan ke

dalam Netraliser yang bertujuan untuk menetralkan katalis H_2SO_4 . Bahan penetral yang digunakan untuk menetralkan katalis adalah NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Untuk memisahkan air dari larutan keluar Netraliser, maka digunakan Dekanter (D) yang dioperasikan pada suhu $45,40^\circ C$. Hasil bawah Dekanter berupa Na_2SO_4 , H_2O dan sebagian kecil N-butanol, dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sedangkan Hasil atas Dekanter terdiri atas N-butil oleat, Asam Oleat, Asam palmitat dan sebagian besar N-butanol yang kemudian dialirkan ke Menara Destilasi (MD). Dirancang umpan masuk Menara Destilasi (MD) pada keadaan cair jenuh, maka umpan harus dipanaskan melalui Pemanas (HE-01) dari suhu $45,40^\circ C$ menjadi $121,80^\circ C$. Menara Destilasi beroperasi pada kondisi operasi atas suhu $118,30^\circ C$, tekanan 1 atm dan kondisi operasi

bawah 146,10°C, tekanan 1 atm. Hasil atas MD sebagian besar terdiri atas N-butanol yang selanjutnya akan di recycle masuk ke dalam Tangki Pencampur (TP-02). Sedangkan hasil bawah Menara Distilasi diumpankan ke dalam Flash Drum (FD) untuk memurnikan hasil. FD ini dirancang beroperasi pada suhu 196,80°C dan tekanan 1 atm. Hasil bawah yang sebagian besar terdiri atas Asam Oleat direcycle masuk ke Tangki Pencampur (TP-01). N-butil oleat yang diharapkan diambil dari hasil atas FD, sebelum disimpan di Tangki Penyimpan (T-05), didinginkan dahulu dari suhu 196,8°C menjadi 35°C dengan menggunakan Pendingin (CL-02)

C.SPESIFIKASI ALAT PROSES

a. Reaktor

Kode : R
 Tugas : Mereaksikan Asam Oleat dan N-butanol menjadi N-butil oleat dengan bantuan Asam Sulfat

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
 Jumlah : 1 Buah
 Volume : 18,90 m³
 Bahan : *Carbon Steel SA 212 Grade B*
 Kondisi : Tekanan : 1 atm
 Suhu : 100°C
 Dimensi :
 Diameter tangki : 2,74 m
 Tinggi tangki : 3,47 m
 Tebal shell : 0,1875 in
 Dimensi head :
 Bentuk : *Torispherical dished head*
 Tebal head : 0,1875 in
 Tinggi head : 0,46 m
 Pengaduk :
 Tipe : turbin dengan 6 *blade* dengan 4 *baffle*
 Jumlah : 1 buah
 Diameter : 2,62 m
 Kecepatan : 75,2912 rpm
 Power : 5 hp
 Jaket pendingin :
 Bahan : air
 Diameter : 3,1086 m
 Suhu masuk : 32°C

Suhu keluar	: 38°C	Nama	: D
Tinggi jaket	: 2,59 m	Fungsi	: Memisahkan
Harga	: US \$ 88.100	n-butyl oleat dan H ₂ O	
b. Netralizer		Operasi	: Kontinyu
Kode	: N	Jumlah	: 1 buah
Tugas	: Menetralkan	Suhu	: 45,40°C
katalis asam sulfat dengan natrium		Tekanan	: 1 atm
hidroksida		Diameter	: 1,3581 m
Jumlah	: 1 buah	Panjang	: 4,0743 m
Suhu	: 46,89°C	Volume	: 5,8996 m ³
Tekanan	: 1 atm	Jenis	: Silinder
Diameter	: 1,87 m	horizontal	
Tinggi	: 1,87 m	Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i>
Volume	: 5,17 m ³	SA-167 (tipe 304)	
Jenis	: Reaktor Alir	Harga	: US \$ 22.200
Tangki Berpengaduk		d .Tangki Pencampur 01	
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>	Nama	: TP-01
<i>dished head</i>		Fungsi	: Mencampur
Bahan Konstruksi	: Baja SA-283	asam oleat dari hasil daur ulang dari	
Grade C		Flash drum	
	Pengaduk		dan umpan
Jenis	: Turbin dengan	segar	
<i>6 blade disk standar</i>		Operasi	: Kontinyu
Kecepatan	: 96,68 rpm	Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 0,62 m	Suhu	: 35°C
Power motor	: 5 hp	Tekanan	: 1 atm
Harga	: US \$ 50.300	Diameter	: 1,5973 m
c. Dekanter		Tinggi	: 2,2724 m

Volume	: 0,5559 m ³	Jenis head	: <i>Torispherical</i>
Jenis	: Tangki silinder	<i>dished head</i>	
vertikal berpengaduk		Bahan konstruksi	: Baja SA-283
Jenis head	: <i>Torispherical</i>	Grade C	
<i>dished head</i>		Pengaduk	
Bahan konstruksi	: Baja SA-283	Jenis	: Turbin dengan
Grade C		<i>6 blade dan 4 baffle</i>	
Pengaduk		Kecepatan	: 191,338 rpm
Jenis	: Turbin dengan	Diameter	: 0,3355 m
<i>6 blade dan 4 baffle</i>		Power motor	: 1 hp
Kecepatan	: 260,326 rpm	Jaket pendingin :	
Diameter	: 0,27093 m	Bahan	: air
Power motor	: 1 hp	Diameter	: 1,3716 m
Harga	: US \$ 8.000	Suhu masuk	: 32°C
e. Tangki Pencampur 02		Suhu keluar	: 38°C
Nama	: TP-02	Tinggi jaket	: 1,01 m
Fungsi	: Mencampur n-	Harga	: US \$ 7.000
butanol dari hasil daur ulang dari		f. Menara Distilasi	
Menara Distilasi dan umpan segar		Kode	: MD
Operasi	: Kontinyu	Tugas	: Memisahkan
Jumlah	: 1 buah	n-butanol dari campurannya setelah	
Suhu	: 35°C	keluar dari dekanter	
Tekanan	: 1 atm	Jenis	: Menara <i>sieve</i>
Diameter	: 1,0217 m	<i>tray</i>	
Tinggi	: 1,4692 m	Jumlah plate	: 36 plate
Volume	: 1,1165 m ³	Bahan	: Baja SA 283
Jenis	: Tangki silinder	Grade C	
vertikal berpengaduk		Dimensi :	

Diameter : 0.9038 m
 Tinggi : 17,173 m
 Tebal Shell : 0,0048 m
 Dimensi Head
 Tipe : *Torispherical*
Dished Head
 Tebal Head : 0,0048 m
 Tinggi Head : 0,312 m
 Kondisi Operasi :
 Puncak : Suhu :
 118,33°C Tekanan : 1 atm
 Dasar : Suhu :
 146,09°C Tekanan : 1 atm
 Harga : US \$ 144.000
 g. Flash Drum
 Kode : FD
 Tugas : Memurnikan
 n-butyl oleat sebagai produk dari asam
 oleat
 Jenis : Kolom vertikal
 Jumlah : 1 buah
 Volume : 106,7756 cuft
 Bahan : Baja SA-212
 Grade B
 Kondisi : Tekanan :
 1 atm
 Suhu :
 196,78°C

Dimensi :
 Diameter tangki : 2,5814 m
 Tinggi tangki : 10,3257 m
 Tebal shell : 0,0048 m
 Dimensi Head :
 Tipe : *Elliptical*
 Tebal Head : 0,0048 m
 Harga : US \$ 50.000

D. UTILITAS

A. Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi dalam pabrik. Utilitas di pabrik n-butyl oleat yang dirancang antara lain meliputi unit pengadaan air, unit pengadaan air pendingin, unit pengadaan *steam*, unit pengadaan udara tekan, unit pengadaan listrik, dan unit pengadaan bahan bakar. Agar pabrik n-butyl oleat dapat beroperasi dengan baik maka diperlukan utilitas dengan rincian sebagai berikut:

1. Unit pengadaan Air

Jumlah keseluruhan air yang digunakan untuk proses maupun

kebutuhan karyawan sejumlah 5.837,43 kg per jam.

2. Unit pengadaan Steam

Kebutuhan steam dari boiler sebesar 647,61 kg per jam.

3. Unit pengadaan bahan bakar

Jumlah bahan bakar adalah 0,0712 m³/jam

4. Unit pengadanan listrik

Jumlah listrik yang dibutuhkan adalah 500 kW

5. Unit pengadaan udara tekan

Total udara tekan adalah 50 m³/jam

E. ANALISA EKONOMI

Suatu pabrik ketika dirancang harus dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan tujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak.

Berikut ini kriteria-kriteria analisa ekonominya :

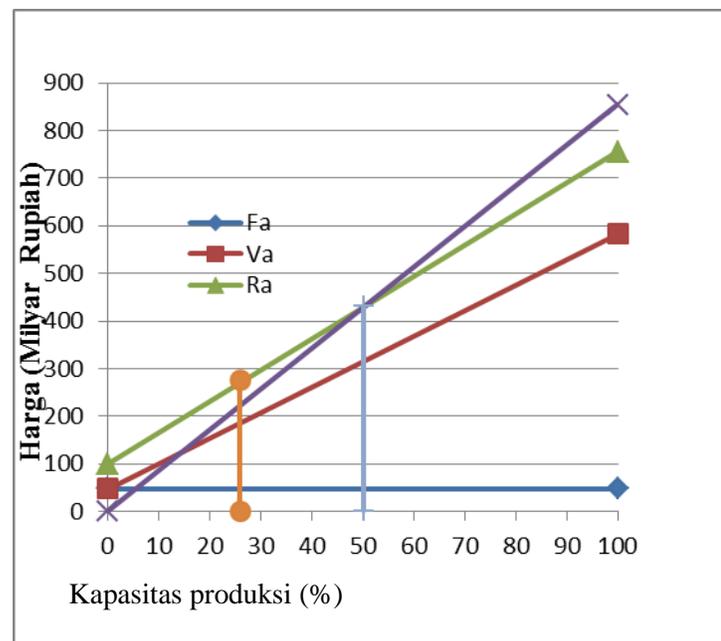
1. Jumlah FCI-nya sebanyak Rp 369.631.876.623,01 sedangkan nilai WC-nya sebanyak Rp 143.162.269.603,62

2. Laba sebelum pajak yaitu Rp 98.534.421.591,64 sedangkan laba

sesudah pajak sebesar Rp 68.974.095.114,15.

3. ROI pada pabrik n-butyl oleat ini sebelum pajak yaitu 26,66% dan sesudah pajak adalah 18,66%. Sedangkan POT sebelum pajak adalah 2,73 tahun dan sesudah pajak POT nya adalah 3,49 tahun.

4. BEP, SDP, DCF masing-masing sebanyak 50,2%, 26,02%, 37,90%.



Gambar 1. Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi

DAFTAR PUSTAKA

Brownell, L.E., Young, E.H., 1959,
Process Equipment Design
Vessel Design, Michigan

Coulson, J.M., and Richardson, J.F.,
1989, *An Introduction to*
Chemical Engineering, Allyn
and Bacon Inc., Massachusets

Othmer, Donald F. and Rao, Snajeev
Ananda, n-Butyl Oleate from
n-Butyl Alcohol and Oleic
Acid, *Industrial and*
Engineering Chemistry, vol.42,
No.9, New York

Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West,
R.E., 2003, *Plant Design and*
Economics for Chemical
Engineers, 5 th ed., McGraw
Hill, New York