

NASKAH PUBLIKASI
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT
DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



Oleh:
RENDRA YETTY IWANTI
D500 110 029

Dosen Pembimbing:
Eni Budiyati, S.T., M.Eng
Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2016

Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah

Yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing skripsi/ tugas akhir:

Nama : Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

NIK : 991

Telah membaca dan mencermati naskah publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/ tugas akhir dari mahasiswa :

Nama : Rendra Yetty Iwanti

NIM : D500 110 029

Program studi : Teknik Kimia

Judul skripsi/ tugas akhir : Prarancangan Pabrik Butil Akrilat dari Asam

Akrilat dan Butanol Kapasitas 40.000 Ton/Tahun.

Surakarta, 4 Februari 2016

Dosen Pembimbing


Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

NIK. 991

INTISARI

Butil Akrilat merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan polimer, *varnish*, *adhesive*, dan tekstil. Pabrik Butil Akrilat dari asam akrilat dan butanol didirikan karena kebutuhan akan bahan tersebut semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pabrik Butil Akrilat dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan untuk diekspor. Pabrik butil akrilat dirancang dengan kapasitas 40.000 ton per tahun yang beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan butil akrilat ini menggunakan proses esterifikasi fase cair dengan perbandingan mol asam akrilat dan butanol = 1,4377:1,5. Reaksi bersifat eksotermis, *irreversible* dan dijalankan dalam reaktor CSTR (*Continuous Stirred Tank Reaktor*), fase cair – cair, serta kondisi operasi dijaga *isothermal* (85°C) dan tekanan 1 atm. Pabrik termasuk pabrik dengan resiko rendah karena berlangsung pada kondisi atmosferis.

Pabrik Butil Akrilat berkapasitas 40.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku asam akrilat sebanyak 2954,0201 kg/jam, butanol sebanyak 3197,3484 kg/jam dan katalis *amberlyst-15* sebanyak 60,7463 kg. Utilitas penyediaan air sebesar 63.535,2612 kg/jam yang diperoleh dari air waduk, penyediaan *saturated steam* sebesar 4204,0903 kg/jam yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar *fuel oil* sebesar 130,4497 liter/jam, kebutuhan udara tekan sebesar 50 m³/jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan dua generator sebesar 500 kW sebagai cadangan, bahan bakar sebanyak 215,8342 liter/jam. Pabrik butil akrilat direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan luas tanah 50.000 m² dan jumlah karyawan 101 orang.

Dari analisis ekonomi, pabrik Butil akrilat ini diperoleh hasil *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 36,17% dan setelah pajak sebesar 25,32%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,65 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 3,73 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 43,08% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,49% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 46,4%. Berdasarkan analisi ekonomi yang didapat maka pabrik butil akrilat dari asam akrilat dan butanol cukup layak untuk didirikan dan menguntungkan.

Kata kunci : butil akrilat, esterifikasi, CSTR

Abstract

Butyl Acrylate is a raw material of polymers , varnish , adhesives , and textiles manufacture. Butyl acrylate plant design from acrylic acid and butanol was established due to the need for it is increasing from year to year. Butyl acrylate plant has designed to fullfil the domestic demand and the possibility to be exported. Butyl acrylate is designed with a capacity of 40,000 tons/year for 330 days in a year . The process of butyl acrylate is esterification on liquid phase and mole ratio of acrylic acid and butanol is about 1:1.043. The reaction is exothermic , irreversible and run in a reactor Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR), liquid-liquid, and kept isothermal operating conditions (85°C) and the pressure stay on 1 atm. Butyl acrylate plant design including low risk plat because of atmospheric conditions process.

Butyl Acrylate plant design with the capacity is 40,000 tons/year, need as much acrylic acid 2954.0201 kg/hour, butanol as much 3197.3484 kg/hour for raw material, and need the catalyst Amberlys-15 as much as 60.7463 kg. Process support utilities includes water supply about 3907kg/h which is obtained from Krenceng reservoirs, supplying saturated steam about 4204 kg/hour is obtained from the boiler is 130 liters/hour, the compressed air requirement of 50 m³ per hour, the demand for electricity is obtained from the PLN and two generators of 500 kW for alternative energy, fuel as much as 216 liters/hour. Butyl Acrylate plant design is planned to be established in the area of industry of Cilegon, Banten, and the large area is 50,000 m² with the number of employees are 101 people.

Based on the economic analysis, Butyl Acrylate plant design is obtained results Percent Return On Investment (ROI) before tax amounted to 36.17% and after tax is 25.32 %. Pay Out Time (POT) before tax is 2.65 years, while after tax is 3.73 years. Break Even Point (BEP) amounted to 43.08% of capacity, and Shut Down Point (SDP) amounted to 23.49% of capacity. Discounted Cash Flow (DCF) is 46.4%. Based on the data above, the Butyl Acrylate plant design of acrylic acid and butanol is quite feasible for established and profitable .

Keywords : *butyl acrylate , esterification , CSTR*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Sebagai negara yang sedang berkembang, Indonesia belum seluruhnya dapat menghasilkan produk kimia sendiri dalam memenuhi kebutuhan dalam sektor industri kimia. Dengan perkembangan industri kimia yang semakin meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan Indonesia banyak mengembangkan pabrik-pabrik baru yang tidak hanya memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun juga berorientasi ekspor yaitu salah satunya adalah pabrik butil akrilat.

Butil Akrilat cukup potensial untuk dikembangkan menjadi salah satu produk kimia penunjang kebutuhan bahan-bahan berbasis polimer baik skala rumah tangga maupun industri. Di indonesia belum banyak pabrik yang memproduksi butil akrilat guna memenuhi kebutuhan pasaran, sehingga sebagian besar kebutuhan butil akrilat masih impor. Selain itu pendirian pabrik butil akrilat dapat memberikan dampak positif dalam segala bidang antara lain mengurangi tingkat pengangguran karena dibukanya lapangan pekerjaan baru, juga dapat memacu tumbuhnya industri-industri lain yang menggunakan butil akrilat dan memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri yang diharapkan mampu meningkatkan devisa negara.

B. Kapasitas Produksi

Pabrik butil akrilat ($C_7H_{12}O_2$) yang diproduksi dengan menggunakan bahan baku asam akrilat ($C_3H_4O_2$) dan butanol (C_4H_9OH). Persediaan bahan baku asam akrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai dan untuk butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara. Perancangan pabrik butil akrilat dengan kapasitas produksi sebesar 40.000 ton/tahun yang akan dipasarkan di dalam dan luar negeri dengan mempertimbangkan dari kapasitas pabrik butil akrilat yang sudah berdiri pada Tabel 1. dan data konsumsi kebutuhan butil akrilat di dalam dan luar negeri pada Tabel 2.

Tabel 1. Produsen butil akrilat

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Raj prakash Chemicals Limited (RPCL)	India	13.000
Nippon Shokubai Indonesia	Indonesia	40.000
Sasol dia acrylates pty Limited	Jepang	80.000
PT. Petronas	Malaysia	100.000

Tabel 2. Kebutuhan butil akrilat (BPS, 2003-2013)

No	Tahun	Impor (kg/tahun)
1	2003	8240509
2	2004	13288879
3	2005	12954597
4	2006	16725155
5	2007	23681950
6	2008	34227554
7	2009	29387040
8	2010	26806574
9	2011	25800066
10	2012	27342138
11	2013	29464004

C. Pemilihan Proses

Pembuatan butil akrilat dapat dilakukan dengan beberapa macam proses, untuk mendapatkan hasil optimal dan sesuai kebutuhan maka diperlukan pemilihan proses. Proses pembuatan butil akrilat terdiri dari 2 proses yaitu :

1. Proses Esterifikasi Butil Akrilat dari Asam Akrilat dengan Butanol

Proses esterifikasi untuk memproduksi butil akrilat dan air menggunakan penambahan katalis mencapai produk dengan konversi tinggi. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah *amberlyst-15* dengan hasil konversi sebesar 96,3%. Fase pada proses ini berjalan pada suhu 358 K dengan tekanan 1 atm. Perbandingan mol yang digunakan asam akrilat:butanol = 1,4377:1,5

2. Proses Esterifikasi Asam Akrilat dengan Butanol menggunakan resin penukar kation.

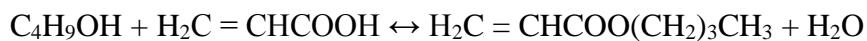
Suatu proses esterifikasi yang dilakukan dalam reaktor *batch* dengan menggunakan resin penukar kation. Dimana penambahan resin ini berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi dan akan mengalami penurunan apabila jumlah konsentrasi air ditambah. Fase esterifikasi dengan resin penukar ion ini berjalan pada suhu 333–364 K pada 1 atm dengan perbandingan massa antara asam akrilat dan butanol 9,72:2 mol/dm³ menghasilkan konversi sebesar 76,4%.

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses, maka dipilih proses esterifikasi dari asam akrilat dengan butanol, dengan mempertimbangkan nilai konversi yang tinggi sebesar 96,3% dan tidak memerlukan unit pemisahan katalis.

II. Deskripsi Proses

1. Konsep Proses

Reaksi pembuatan butil akrilat dilakukan dengan pereaksian antara asam akrilat dan butanol. Dengan reaksinya sebagai berikut :



Reaksi pembuatan butil akrilat berlangsung pada kondisi operasi dengan tekanan 1 atm menggunakan katalis *amberlyst-15 dry* pada temperatur 358 K dan perbandingan mol umpan asam akrilat dan butanol sebesar 1,4377 : 1,5 dengan hasil konversi sebesar 96,3%. Butil akrilat dikeluarkan sebagai hasil bawah dari distilasi dengan kemurnian 99,83%, sisa hasil reaktan yang dikeluarkan sebagai hasil atas dikembalikan sebagian sebagai recycle.

2. Tinjauan Termodinamika

Untuk mengetahui sifat reaksi, apakah sebuah reaksi tersebut melepas panas (eksotermis) atau membutuhkan panas (endotermis) dan untuk mengetahui apakah reaksi tersebut berjalan searah atau bolak-balik, maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas pembentukan reaksi standar pada suhu 25°C atau 298 K.

Reaksi



Tabel 3. Data Panas Pembentukan (ΔH°_f) dan Energi Gibbs (ΔG°_f) (Yaws, 1991)

Komponen	ΔH_f° (j/mol)	ΔG_f° (j/mol)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-336,230	-286,060
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	-274,430	-150,670
$\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$	-395,050	-233,000
H_2O	-241,800	-228,600

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{r298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{ BA} - \Delta H_f^\circ \text{ A}) - (\Delta H_f^\circ \text{ B} - \Delta H_f^\circ \text{ AA}) \\ &= (-395,050 + (-241,800)) - (-336,230 + (-274,430)) \\ &= -26.190 \text{ j/mol}\end{aligned}$$

Karena ΔH_r° bernilai negatif, dengan demikian reaksi berlangsung secara eksotermis (menghasilkan panas).

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ_{r298} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G^\circ \text{ BA} - \Delta G^\circ \text{ A}) - (\Delta G^\circ \text{ B} - \Delta G^\circ \text{ AA}) \\ &= -233,000 - (-228,600) - (-286,060 - (-150,670))\end{aligned}$$

$$\Delta G_r^\circ = -24.870 \text{ j/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln (K/K_1) = -(\Delta H^\circ/R)(1/T - 1/T_1)$$

pada keadaan standar 298 K,

$$\begin{aligned}K &= e^{(\Delta G^\circ/RT)} \\ &= e^{(24.870/8,314 \times 298)} \\ &= 22.765,5388\end{aligned}$$

pada temperatur operasi, 358 K, harga K :

$$\ln (K/K_1) = -(\Delta H^\circ/R)(1/T - 1/T_1)$$

$$K = 1,33E+05$$

Karena harga K >>> 1, maka reaksi berlangsung irreversible (searah).

III. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

1. Reaktor

Kode alat	: R-100
Fungsi	: Untuk mereaksikan arus 10 sebanyak 3.202,1516 kg/jam dan arus 11 sebanyak 2.983,8587 kg/jam.
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i> SA-304
<u>Kondisi Operasi</u>	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 85°C
<u>Dimensi Tangki</u>	:
Volume reaktor	: 50,787 m ³
Diameter <i>shell</i>	: 4,01 m
Tebal <i>plate shell standar</i>	: 0,375 in
Tinggi <i>plate head standar</i>	: 0,2 in
Tinggi total reaktor	: 7,62 m
<u>Spesifikasi pengaduk</u>	:
Jenis	: Turbin dengan 6 blade disk
Kecepatan	: 69,84 rpm
Diameter	: 1,34 m
Tinggi	: 0,27 m
<i>Power</i> motor	: 60 hp
Lebar pengaduk	: 0,33 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,33 m
<u>Spesifikasi pendingin</u>	:
Diameter luar jaket	: 4,23 m
Tinggi jaket	: 6,02 m
Tebal dinding jaket	: 0,25 in

2. Flashdrum

Kode alat	: H-110
-----------	---------

Fungsi	: Memisahkan komponen uap dan cair arus 3 sebanyak 6.186,0104 kg/jam.
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i> SA-304
<u>Kondisi Operasi</u>	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 130°C
<u>Dimensi tangki</u>	:
Volume	: 7,776 m ³
Diameter	: 1,62 m
Panjang	: 4,86 m
Tebal <i>plate shell standar</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>plate head standar</i>	: 0,25 in
Tinggi total	: 5,37 m

3. Dekanter

Kode alat	: H-120
Fungsi	: Memisahkan butanol, asam akrilat dan butil akrilat dengan air pada arus 4 sebanyak 1.017,1337 kg/jam.
Tipe	: Tangki horizontal
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA-304
<u>Kondisi operasi</u>	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 40°C
<u>Dimensi tangki</u>	:
Volume dekanter	: 0,5759 m ³
Diameter	: 0,90 m
Panjang	: 2,69 m
Tebal <i>plate shell standar</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>plate head standar</i>	: 0,1875 in
Panjang total dekanter	: 3,79 m

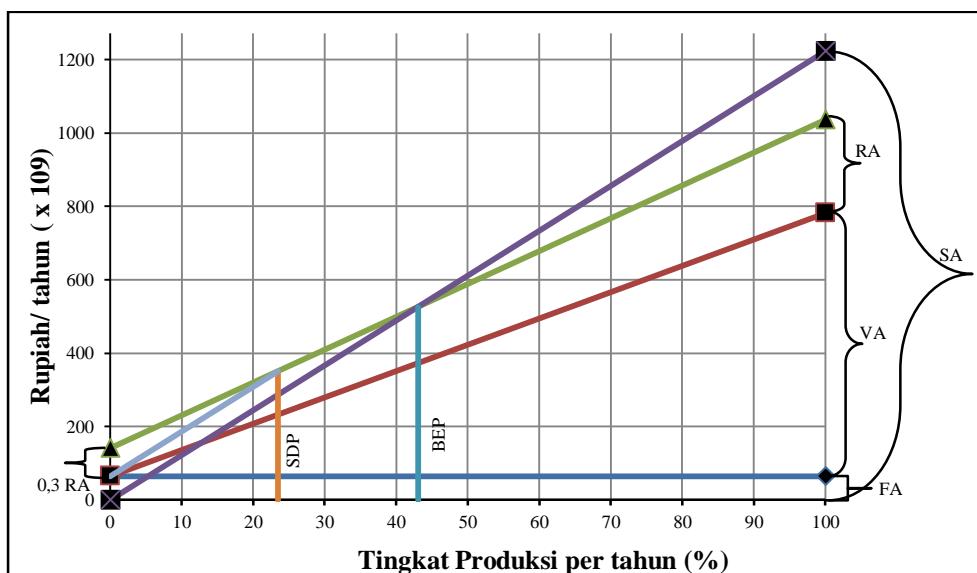
4. Menara Distilasi

Kode alat	:	D-130
Fungsi	:	Memisahkan produk butil akrilat pada arus 5 sebanyak 5.168,8766 kg/jam
Jenis	:	<i>Plate Sieve Tray</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-304</i>
<u>Kondisi Operasi</u>	:	
- Umpam	:	$P = 1 \text{ atm } T = 147^\circ\text{C}$
- Top	:	$P = 1 \text{ atm } T = 140^\circ\text{C}$
- Bottom	:	$P = 1 \text{ atm } T = 151^\circ\text{C}$
Tinggi total menara distilasi	:	21,8 m
Jumlah <i>plate</i> minimum	:	62 <i>plate</i>
Jumlah <i>plate</i> teoritis	:	74 <i>plate</i>
Jumlah <i>plate</i> aktual	:	107 <i>plate</i>
Seksi <i>stripping</i> (bawah)	:	94 <i>plate</i>
Seksi <i>enriching</i> (atas)	:	11 <i>plate</i>
Diameter atas	:	0,489 m
Diameter bawah	:	1,4504 m
Tebal <i>shell</i>	:	0,1875 in
Tinggi <i>head</i>	:	0,1875 in
<i>Tray spacing</i>	:	0,15 m
<i>Pressure drop</i>	:	0,0063 atm
Umpam masuk	:	<i>Tray no 94 dari atas</i>
<u>Kondisi atas</u>	:	
- FLV	:	0,0443
- An	:	0,1652 m ²
- Ad	:	0,0225 m ²
- Uf	:	0,876 m/s

<u>Kondisi bawah</u>	:
- FLV	: 0,0394
- An	: 1,4532 m ²
- Ad	: 0,1982 m ²
- Uf	: 0,569 m/s

IV. ANALISIS EKONOMI

Pabrik butil akrilat dengan proses esterifikasi kapasitas 40.000 ton/tahun yang direncanakan beroperasi 330 hari/tahun membutuhkan modal sebesar Rp. 510.332.713.312 dengan keuntungan sebelum pajak Rp. 184.579.673.908 dan keuntungan setelah pajak Rp. 129.205.771.736. Dengan BEP (*Break Even Point*) sebesar 43,08% dan SDP (*Shut Down Point*) sebesar 23,49%. Sehingga ROI (*Return on Investment*) sebelum pajak sebesar 36,17%, ROI setelah pajak sebesar 25,32%, DCF (*Discount Cash Flow*) 46,4%, memiliki masa pengembalian POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak pada 2,65 tahun dan 3,73 tahun setelah pajak.



Gambar 1. Grafik Analisis Kelayakan Pabrik Butil Akrilat

Keterangan :

- | | |
|---------------------|---------------------|
| Ra : Biaya regulasi | Va : Biaya variabel |
| Fa : Biaya tetap | Sa : penjualan |

Berdasarkan hasil analisis kelayakan pabrik diperoleh kesimpulan bahwa pendirian pabrik butil akrilat pada tahun 2020 layak untuk didirikan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2014, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, <http://www.bps.go.id>, diakses Selasa, 17 Juni 2014, pukul 18:13 WIB.
- Branan, C. R., 1994, *Rules of Thumb for Chemical Engineers*, Gulf Publishing Company, Houston Brown, G. G., 1978, *Unit Operations*, John Wiley and sons, Inc, New York.
- Brownell, L. E., and Young, E. H. 1979, *Process Equipment Design*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1983, *Chemical Engineering*, 1st edition, Volume 6, Pergason Press, Oxford.
- Darge, Oliver., and Thyron, F. C., 1993, Kinetics of the Liquid Phase Esterification of Acrylic Acid with Butanol Catalysed by Cation Exchanger Resin, University Louvain.
- Faith, W. L., Keyes, 1957, *Industrial Chemical*, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc. New York.
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, Mc. Graw-Hill International Book Company Inc., New York.
- Mc Cabe, W. L, 1976, “Unit Operation of Chemical Engineering”, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Company, Inc., Tokyo.
- Peters and Timmerhaus, 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed, McGraw-Hill International Edition Chemical and Petroleum Engineering Series
- Sert, Emine., and Atalay, F. S., 2014, n-Butyl Acrylate Production by Esterification of Acrylic Acid with n-Butanol, University Ege, Turkey.
- Smith, J. M. and Van Ness, H. C., 1987, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*”, 3 edition, McGraw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, inc., New York
- Yaws, 1979, *Thermodynamic and Physical Properties Data*, Mc Graw Hill Book Co., Singapore.