

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT**  
**DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL**  
**Kapasitas 40.000 ton/tahun**



**Disusun oleh**  
**Rizki Khairunnisak Nur Amin**  
**D 500 100 020**

**Pembimbing**  
**Kusmiyati, S.T, M.T, Ph.D**  
**Emi Erawati, ST, MEng**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADYAH SURAKARTA**  
**2016**

## Surat Pernyataan Artikel Publikasi Ilmiah

Yang bertandatangan dibawah ini pembimbing skripsi/tugas akhir:

Pembimbing I : Kusmiyati, S.T, M.T, Ph.D

NIK : 683

Pembimbing II : Emi Erawati, S.T, M.Eng

NIK : 989

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

Nama : Rizki Khairunnisak Nur Amin

NIM : D 500 100 020

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol Kapasitas 40.000 ton/tahun

Naskah artikel tersebut, layak dan dapat disetujui untuk dipublikasikan.

Demikian persetujuan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan seperlunya.

Surakarta, 16 Februari 2016

Pembimbing I



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

NIK. 683

Pembimbing II



Emi Erawati, S.T, M.Eng

NIK. 898

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Kimia



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

NIK. 892

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizki Khairunnisak Nur Amin

NIM : D500 100 020

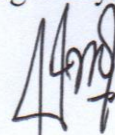
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Judul : Prarancangan Pabrik Etil Akrilat dari Asam Akrilat  
dan Etanol Kapasitas 40.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa tugas akhir/skripsi yang saya buat dan serahkan ini merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang semuanya telah saya jelaskan dari mana sumbernya. Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang telah dibuat.

Surakarta, Februari 2016

Yang menyatakan,



(Rizki Khairunnisak Nur Amin)

## INTISARI

Salah satu industri kimia yang berkembang di Indonesia adalah produksi etil akrilat. Etil akrilat merupakan bahan baku dalam pembuatan larutan polimer yang banyak digunakan pada industri cat (*coatings*). Selain itu, etil akrilat merupakan bahan baku pembuatan *emulsion polymer*. Polimer emulsi dari etil akrilat banyak dimanfaatkan sebagai bahan perekat (*adhesive*), kertas, pengkilap lantai, keramik, tekstil, industri kulit dan sebagai kopolimer dari serat akrilik. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang masih harus diimpor dari luar negeri serta tersedianya peluang untuk ekspor yang masih terbuka, maka pabrik dirancang dengan kapasitas 40.000 ton/tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan etil akrilat yaitu menggunakan proses esterifikasi dalam reaktor alir berpengaduk (RATB) pada fase cair-cair, keadaan isothermal non adiabatik pada suhu 70 °C dan tekanan 1 atm.

Kebutuhan bahan baku asam akrilat sebesar 3.840,74 kg/jam dan etanol sebesar 2.706,26kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air yang diperoleh dari air sungai, penyediaan untuk steam sebesar 1.339,53 kg/jam, kebutuhan air pendingin sebesar 1.339,53 kg/jam, kebutuhan air sanitasi dan konsumsi sebesar 2.584,70 kg/jam, kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari PLN dan 1 buah generator sebesar 500 kW untuk cadangan. Kebutuhan udara tekan yaitu sebesar 50 m<sup>3</sup>/jam. Pabrik ini direncanakan akan didirikan dikawasan industri Cilegon, Banten dengan luas tanah sebesar 20.000 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan sebanyak 186 orang.

Dari hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik etil akrilat diperoleh keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 62.382.410.641,27, ROI (*Return On Investment*) sesudah pajak 24,67%, POT (Pay Out Time) sesudah pajak 2,88 tahun, BEP (Break Even Point) 55,67% dan SDP (Shut Down Point) 39,49%. Sedangkan DCF (Discounted Cash Flow) sebesar 32,88%. Dari analisis ekonomi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik etil akrilat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun layak dipertimbangkan untuk direalisasikan pembangunannya.

## ABSTRACT

One of the chemical industry is growing in Indonesia is the production of ethyl acrylate. Ethyl acrylate is a raw material in the manufacturing of polymer solution which is widely used in industrial paints (coatings). In addition, ethyl acrylate is a raw material for polymer emulsion. Of ethyl acrylate emulsion polymers widely used as an adhesive (adhesive), paper, polishing floors, ceramic, textile, leather industry and as copolymers of acrylic fiber. To meet domestic demand still remains to be imported from abroad as well as the availability of opportunities for export that are still open, the plant is designed with a capacity of 40,000 tons / year is planned to operate for 330 days per year. The process of making ethyl acrylate is used in the esterification process flow stirred reactor (RATB) in the liquid-liquid phase, non isothermal adiabatic state at a temperature of 70 ° C da pressure of 1 atm.

Acrylic acid raw material requirements of 3840.74 kg / h and ethanol for 2.706,26kg / hour. Support utilities includes supplying process water obtained from river water, the provision of steam amounted to 1339.53 kg / hour, cooling water requirements of 1339.53 kg / hr, water and sanitation needs sebesar 2.584,70 consumption kg / hour, demand for electricity can be met from PLN and 1 500 kW generator for backup. Needs compressed air that is equal to 50 m<sup>3</sup> / h. The factory is planned to be established industrial area of Cilegon, Banten, with a land area of 20,000 m<sup>2</sup> and the number of employees 186 people.

From the results of the economic analysis prarancangan ethyl acrylate plant obtained a profit after tax of Rp. 62,382,410,641.27, ROI (Return On Investment) after tax 24.67%, POT (Pay Out Time) after tax of 2.88 years, BEP (Break Even Point) 55.67% and SDP (Shut Down Point) 39 , 49%. While the DCF (Discounted Cash Flow) amounted to 32.88%. From the economic analysis done may be concluded that ethyl acrylate plant with a capacity of 40,000 tons / year worth considering for development is realized.

Sebagai salah satu Negara yang sedang berkembang, Indonesia melakukan pengembangan diberbagai bidang, salah satunya bidang industri kimia. Produksi etil akrilat dan esternya adalah salah satu industri kimia yang berkembang saat ini. Permintaan etil akrilat dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sejalan dengan semakin banyaknya penggunaan etil akrilat di industri kimia

Etil akrilat adalah bahan utama pembuatan emulsion dan solution polimer. *Emulsion polymer* dari akrilat sering dipakai sebagai cat (*coatings*), pengkilap lantai, keramik, dan masih banyak lagi. Sedangkan *solution polymer* dari akrilat dipakai terutama pada industri cat (*coatings*).

Tabel 1. Kebutuhan Etil Akrilat

No.	Tahun	Kebutuhan Etil Akrilat (ton/tahun)
1.	2010	22.796,5
2.	2011	32.179,7
3.	2012	45.075,3
4.	2013	36.062,9
5.	2014	35.517,6

Dari data kebutuhan Etil Akrilat diatas dapat ditentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan. Diperoleh kapasitas sebesar 40.000 ton per tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Macam-Macam Proses

Pada proses pembuatan Etil Akrilat dipilih proses yang relatif lebih sederhana dan kondisi operasi yang relatif lebih aman. Dari berbagai macam proses yang ada, proses yang dipilih dalam pembuatan Etil Akrilat pada pabrik ini adalah proses esterifikasi. Yaitu dengan mereaksikan asam akrilat dan etanol dengan bantuan katalis asam yang akan membentuk etil akrilat. Reaksi ini berlangsung pada suhu 70°C dengan tekanan atmosferis.

### 2.2. Kegunaan Produk

Etil akrilat adalah bahan baku pembuatan emulsion dan *solution polymer*. *Emulsion* dari akrilat banyak digunakan sebagai *coatingfinished* dan binder untuk tekstil, pembuatan cat, kulit dan

kertas, serta sebagai kopolimer dari *acrylic fiber*. Sedangkan *solution polimer* dari akrilat dengan digabungkan sedikit monomer lain digunakan dalam industri pembuatan *coatings* (Ulmann's, 1985)

## DISKRIPSI PROSES

### 3.1. Tinjauan Termodinamika

Untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*), maka perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas reaksi ( $\Delta H_f$ ) pada tekanan 1 atm dan suhu 298K. ( $\Delta H_f$ ) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta H^{\circ}_f \text{reaksi} = \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan}$$

Berikut data ( $\Delta H_f$ ) untuk masing-masing komponen:

Tabel 2. Harga ( $\Delta H_f$ ) untuk masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f$ , KJ/mol
CH <sub>2</sub> CHCO <sub>2</sub> OH	-336,230
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	-234,810
C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-349,530

H <sub>2</sub> O	-241,800
------------------	----------

(Yaws,1999)

Total harga ( $\Delta H_f$ ) 298K =

$$\begin{aligned} (\Delta H_f)_{298K} &= (\Delta H_f)_{\text{produk}} - (\Delta H_f)_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H^{\circ}_f \text{ EA} + \Delta H^{\circ}_f \text{ A}) - (\Delta H^{\circ}_f \text{ AA} + \Delta H^{\circ}_f \text{ E}) \\ &= (-349,530 + -241,800) - (-336,230 + 234,810) \\ &= -20,290 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

#### a. Reaksi esterifikasi

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f \text{reaksi} &= \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan} \\ &= [\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O} + 3 \times \Delta H^{\circ}_f \text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2] - [\Delta H^{\circ}_f \text{Triglycerida} + 3 \times \Delta H^{\circ}_f \text{CH}_3\text{OH}] \\ &= [(-68,3174) + (3 \times -626,3119)] - [-672,0918 + (3 \times -201,1945)] \\ &= (-1947,2531) - (-1275,6754) \\ &= -167,5778 \text{ KJ/mol.jam} \end{aligned}$$

Menghitung besarnya nilai  $\Delta G^{\circ}_f$  total dengan menggunakan persamaan *Van't tloff*

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ}_f_{298K} &= \Delta G^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G^{\circ}_f \text{ EA} + \Delta G^{\circ}_f \text{ A}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{ AA} + \Delta G^{\circ}_f \text{ E}) \\ &= (-245,450 + -228,642) - (-286,060 + -168,280) \\ &= 19.752 \text{ KJ/kmol} \end{aligned}$$

Menentukan besarnya konstanta kesetimbangan pada suhu 70°C(343K) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \times \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$$

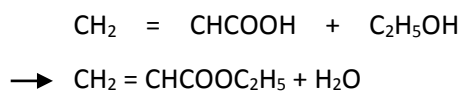
$$\ln \frac{K}{2899,5803} = \frac{20290}{8,314} \times \left[ \frac{1}{298} - \frac{1}{343} \right]$$

$$K_{343} = 2896,48$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai  $K_{T_{operasi}}$  sebesar 2896,48, jadi reaksi berjalan *irreversible*.

### 3.2. Tinjauan Kinetika Reaksi

Proses esterifikasi yang terjadi pada etanol dan asam akrilat menjadi etil akrilat dan air berlangsung pada fase cair dengan menggunakan katalis Amberlyst 131-wet, pada reaktor CSTR dengan suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis, untuk menjaga agar kondisi dalam reaktor tetap pada kondisi operasi yaitu 70°C dirancang reaktor dengan jaket pendingin.

### 3.3. Tahap Proses

#### 1. Penyimpanan bahan baku

Bahan baku yaitu asam akrilat dan etanol disimpan pada fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan masing-masing yaitu T-01 dan T-02

#### 2. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat etil akrilat adalah asam akrilat dan etanol. Asam akrilat disimpan dalam tangki T-01 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Dari tangki, asam akrilat dipompa ke Double Heat Exchanger (HE-01) untuk dipanaskan menjadi 70°C. etanol disimpan dalam tangki (T-02) pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Dari tangki T-02, etanol dipompa ke Double Pipe Exchanger (HE-02) untuk dipanaskan menjadi 70°C menuju reaktor (R).

#### 3. Pembentukan Produk

Bahan baku yaitu asam akrilat dan etanol dengan perbandingan 1:1,1 diumpankan ke dalam reaktor (R) yang beroperasi secara



*isothermal non adiabatic* pada tekanan 1 atm dan suhu 70°C. Katalisator yang digunakan yaitu katalis emberlyst 131-wet. Reaktor yang digunakan yaitu reaktor alir tangki berpengaduk. Reaksi yang terjadi yaitu bersifat eksotermis, sehingga agar kondisi tetap isothermal, dilakukan penghilangan panas. Pendingin yang digunakan yaitu air yang didapatkan dari air sungai ciujung.

#### 4. Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk mendapatkan produk etil akrilat hingga mencapai kemurnian 99,7 % berat.

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk mendapatkan produk etil akrilat hingga mencapai kemurnian 99,7% berat. Produk yang keluar dari reaktor diumpankan ke dalam menara distilasi (MD) pada suhu 97°C. Hasil atas menara distilasi

(MD) yang ebrupa etanol dan etil akrilat diumpankan ke dalam dekanter 01 (DK-01). Fase ringan dekanter 01 (DK-01) diumpankan kembali ke reaktor (R), sedangkan fase berat dekanter 01 (DK-01) masuk ke dekanter 02 (DK-02) bersamaan dengan hasil bawah menara distilasi (MD). Etil akrilat dengan kemurnian 97,4% vberat diperoleh dari fraksi ringan dkenater 02 (DK-02) yang kemudian diumpankan ke dekanter 03 (DK-03). Etil akrilat yang telah memenuhi spesifikasi produk yaitu dengan kemurnian 99,7% berat diperoleh dari fraksi ringan dekanter 03 (DK-03). Fraksi berat dari dekanter 02 (DK-02) dan dekanter 03 (DK-03) diproses pada Unit Pengolahan Limbah (UPL).

## SPESIFIKASI ALAT

### 4.1. Reaktor

Nama Alat	:	Reaktor
Kode	:	R
Fungsi	:	Mereaksikan asam akrilat dan etanol menjadi etil akrilat
Kapasitas	:	97,75 m <sup>3</sup>
Jenis Alat	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Bahan	:	<i>Plate steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	:	1
Kondisi Operasi	:	70°C dan P 1 atm
Tekanan desain	:	20,79 psia
<b>Dimensi</b>	:	
Diameter	:	4,65 m
Tinggi	:	6,46 m
Tebal shell	:	3/8 in
Tebal head	:	7/16 in
<b>Pengaduk</b>	:	
Jenis	:	<i>Turbin dengan 6 blade disk standar</i>
Jumlah	:	1 buah
Diameter	:	1,55 m

Kecepatan	:	35,15 rpm
Power	:	28,54 Hp
<b>Jaket Pendingin</b>	:	
Tebal	:	1/2 in
Diameter	:	4,77m
Tinggi	:	4,65 m

### 4.2. Dekanter

Nama Alat	:	Dekanter
Kode	:	D-02
Fungsi	:	Memisahkan etanol dari komponen lain
Tipe	:	Tangki Horizontal
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA 167 Grade 8</i>
Kapasitas	:	4,23 m <sup>3</sup>
Panjang	:	7,11 m
Diameter	:	3,56 m
Tebal shell	:	0,15 in
Tebal head	:	0,19 m
Jumlah	:	3 buah

## UTILITAS

Utilitas adalah bagian penting untuk menunjang proses produksi pabrik. Utilitas di dalam pabrik etil akrilat yang akan dirancang meliputi unit



## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Book Company, New York
- Badan Pusat Statistik, 2014, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id
- Brown, G.G, 1978, *Unit Operation*, 3<sup>rd</sup>., McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design : Vessel Design*, John Wiley and SONS Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Pergamon Press, Oxford
- Fessenden, R.J. & Fessenden, J.S., 1986, *Kimia Organik*, Edisi Ketiga Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Geonkoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operation*, 2<sup>nd</sup> ed., Allyn and Bacon Inc., Boston
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4<sup>th</sup> ed, The Interscience Encyclopedia Inc, New York
- McCabe, W.I. and Smith, J.C. 1976, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3<sup>rd</sup>ed., McGraw Hill, Kogakusha, Ltd
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1994, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup> ed., McGraw Hill Companies Inc., USA
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7<sup>th</sup> ed., McGraw Hill Companies Inc., USA
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5<sup>th</sup> ed., McGraw Hill, New York

- Smith, J.M and Van Ness, H.H., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, New York
- Ulmann, 1985, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3<sup>rd</sup> ed., Butterworths Series in Chemical Engineerings, USA
- Yaws, C.L., 1999. *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies Inc., USA
- <http://matche.com/EquipCost>, "Harga Alat-alat Proses". Diakses pada tanggal 12 September 2015, Pukul 15.10 WIB
- <http://www.Scribd.com/doc/89232564,Tambahan-Untuk-PPAE>". Diakses pada 23 Desember 2015, Pukul 19.45 WIB
- [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com), "harga Etil Akrilat". Diakses pada 12 September 2015, Pukul 19.25 WIB