

**PRARANCANGAN PABRIK
ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh :

RINA SUCI WULANINGSIH

D500 100 067

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN
PRARANCANGAN PABRIK
ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

RINA SUCI WULANINGSIH
D500 100 067

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



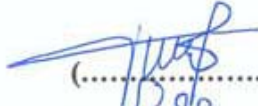
Kusmiyati S.T., M.T., Ph.D
NIK. 683

HALAMAN PENGESAHAN
PRARANCANGAN PABRIK
ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Oleh :
RINA SUCI WULANINGSIH
D500 100 067

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada tanggal 3 Februari 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

- | | |
|---|--|
| 1. Tri Widayatno S.T., MSc., Ph.D
(Ketua Dewan Penguji) | 
(.....) |
| 2. Ir. Nur Hidayati
(Anggota 1 Dewan Penguji) | 
(.....) |
| 3. Kusmiyati S.T., M.T., Ph.D
(Anggota II Dewan Penguji) | 
(.....) |

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono M.T., Ph.D
NIK. 682

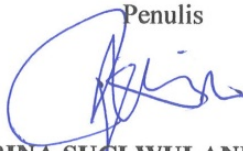
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dandisebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ketidak benaran pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Januari 2018

Penulis



RINA SUCI WULANINGSIH

D500 100 067

**PRARANCANGAN PABRIK
ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**

ABSTRAK

Produksi etil akrilat dan beberapa esternya, sedang berkembang di Negara Indonesia. Pada industri seperti *cat (coatings)* ialah contoh dari penggunaan etil akrilat berbentuk yang seringkali digunakan untuk bahan baku *solution polymer*. Sedangkan turunan lain dari ester etil akrilat yakni emulsion polymer banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti digunakan untuk bahan perekat (*adhesive*), tekstil, kertas, pengkilap lantai, untuk industri kulit. Selain itu, dapat digunakan juga untuk senyawa kopolimer dari *acrylic fiber*. Oleh karena itu, pabrik etil akrilat ini direncanakan dan dirancang untuk didirikan dan beroperasi selama 330 hari per tahun dengan kapasitas yakni 35.000 ton/tahun. Hal ini dikarenakan agar mampu memenuhi peluang yang masih terbuka yakni ekspor. Dalam prosesnya, pabrik etil akrilat ini beroperasi dengan menggunakan reaktor CSTR pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi ialah reaksi esterifikasi pada fase cair-cair dengan keadaan isothermal non adiabatik. Kebutuhan bahan baku asam akrilat sebesar 26.770.787,99 kg/jam dan etanol sebesar 18.863.242,08 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air yang diperoleh dari air sungai, penyediaan untuk *steam* sebesar 1.176,57 kg/jam, kebutuhan air pendingin sebesar 21.345,545 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 m³/jam. Pabrik ini direncanakan akan didirikan dikawasan industri Cilegon, Banten dengan luas tanah sebesar 20.000 m² dan jumlah karyawan sebanyak 186 orang. Dari hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik etil akrilat diperoleh keuntungan sesudah pajak sebesar sebesar Rp. 26.699.779.345,79, ROI (*Return On Investment*) sesudah pajak 11,58%, POT (*Pay Out Time*) sesudah pajak 4,63% tahun, BEP (*Break Even Point*) 53,50% dan SDP (*Shut Down Point*) 73,68%. Sedangkan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 27,60%. Dari analisa ekonomi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik etil akrilat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak dipertimbangkan untuk direalisasikan pembangunannya.

Kata kunci : Etil Akrilat, Esterifikasi, CSTR.

ABSTRACT

Production of ethyl acrylate and some of its esters, is developing in the State of Indonesia. In industries such as paints (*coatings*) are examples of the use of ethyl acrylate shaped which is often used for polymer solution raw materials. While other derivatives of ethyl acrylate ester are emulsion polymer widely used in various fields,

such as used for adhesive (adhesive), textile, paper, floor polish, for leather industry. In addition, it may also be used for copolymer compounds of acrylic fibers. Therefore, this ethyl acrylate plant is planned and designed to be established and operating for 330 days per year with a capacity of 35,000 tonnes / year. This is because to be able to meet the opportunities that are still open the export. In the process, the ethyl acrylate plant operates using a CSTR reactor at 70 ° C and 1 atm pressure. The reaction is an esterification reaction in the liquid-liquid phase with the non-adiabatic isotherm state. Acrylic acid feedstock requirement is 26,770,787.99 kg / hour and ethanol is 18,863,242.08 kg / hour. The process support utility includes the provision of water obtained from river water, the provision of steam of 1,176.57 kg / hour, the cooling water requirement of 21,345,545 kg / hour, the need for sanitation water and consumption of 2,584.70 kg / hour, fulfilled from PLN and 1 generator of 500 kW for backup. The compressed air requirement is 50 m³ / hour. This plant is planned to be established in the industrial area of Cilegon, Banten with a land area of 20,000 m² and the number of employees as many as 186 people. From the results of economic analysis on the preparation of ethyl acrylate plant obtained profit after tax of Rp. 26,699,779,345.79, ROI (Return On Investment) after tax 11,58%, POT (Pay Out Time) after tax 4,63% year, BEP (Break Even Point) 53,50% and SDP (Shut Down Point) 73.68%. While the DCF (Discounted Cash Flow) of 27.60%. From the economic analysis carried out it can be concluded that the ethyl acrylate plant with a capacity of 35,000 tons / year is worth considering for the realization of its construction.

Keywords: Ethyl Acrylate, Esterification, CSTR

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang Sebagai salah satu Negara yang sedang berkembang, Indonesia melakukan pengembangan diberbagai bidang, salah satunya yaitu pembangunan dibidang industri kimia.

Salah satu industri kimia yang berkembang adalah produksi etil akrilat dan esternya. Etil akrilat, jenis ester akrilat ikut andil dalam meramaikan pasar produk bahan-bahan kimia. Permintaan etil akrilat mengalami peningkatan dari tahun ke tahun sejalan dengan makin beragamnya penggunaan produk etil akrilat ini.

Etil akrilat adalah bahan baku pembuatan *emulsion* dan *solution polymer*. *Emulsion polymer* dari akrilat banyak dipakai sebagai cat (*coatings*), tekstil, kertas, pengkilap lantai, bahan perekat (*adhesive*), industri kulit, keramik dan sebagai kopolimer dari *acrylic fiber*. Sedangkan *solution polymer* dari akrilat terutama

dipakai dalam industri cat (*coatings*). Konsumsi etil akrilat akan terus meningkat dari tahun ke tahun baik pasar dalam negeri ataupun luar negeri.

Kapasitas Perancangan Pabrik untuk menentukan kapasitas pabrik etil akrilat, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, seperti berikut :

Kebutuhan Etil Akrilat di Indonesia Impor etil akrilat berdasarkan data Biro Pusat Statistik (BPS) dari tahun 2009 – 2014 adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data Impor Etil Akrilat Indonesia (Biro Pusat Statistik, 2010)

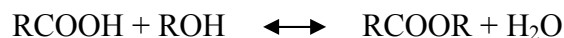
Tahun	Impor (ton)
2010	22.796,5
2011	32.179,7
2012	45.075,3
2013	36.062,9
2014	35.517,6

Pemilihan Lokasi Lokasi dari suatu pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik tersebut dalam persaingan dari sebuah pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah tersedianya bahan baku, pemasaran, tersedianya tenaga kerja, air, iklim, kebijakan pemerintah, serta sarana penunjang lainnya.

2. METODE

Konsep Proses : Proses pembuatan etil akrilat dijalankan pada fase cair dengan mereaksikan etanol dan asam akrilat dengan menggunakan katalis asam. Reaksi yang terjadi tergolong reaksi esterifikasi (Ulmann, 1985).

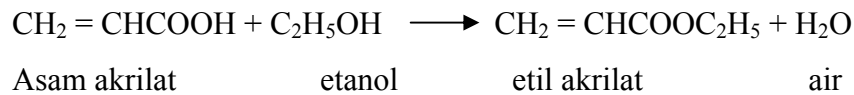
Reaksi :



Asam akrilat dan etanol diumpankan ke dalam reaktor (R) dengan katalis *Amberlyst 131-wet*. Keluaran reaktor kemudian diumpankan kedalam Menara Distilasi (MD). Hasil atas Menara Distilasi berupa etanol dan sedikit campuran etil akrilat dimasukkan ke dalam dekanter 01 (DK-01) untuk dipisahkan antara etanol dan etil akrilat. Hasil atas dekanter 01 (DK-01) berupa etanol diumpankan kembali ke

reaktor, dan hasil bawah masuk ke dekanter 02 (DK-02). Hasil bawah Menara Distilasi yang sebagian besar berupa etil akrilat dimurnikan menggunakan dua buah Dekanter yang dipasang secara seri. Produk etil akrilat memiliki kemurnian 97,5 % berat.

Tinjauan Kinetika : Proses esterifikasi yang terjadi pada etanol dan asam akrilat menjadi etil akrilat dan air berlangsung pada fase cair dengan menggunakan katalis *Amberlyst 131-wet*, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Canadian Patent 1 151 207, 1983) :



Konstanta Kecepatan Reaksi dapat dirumuskan sebagai berikut ini :

$$k = \frac{4,5 \times 10^{-3} \sqrt{K}}{\min 2C_{A0}}$$

dengan :

k = konstanta kecepatan reaksi, L/min mol

K = konstanta kesetimbangan pada suhu 70°C (990,1942)

C_{AO} = konsentrasi asam akrilat mula-mula, mol/L

Alur Proses Bahan baku yaitu asam akrilat (CH₂CHCOOH) dengan kadar 99,7 % berat dan etanol (C₂H₅OH) dengan kadar 99,5 % berat disimpan pada fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan masing-masing yaitu (T-01) dan (T-02). Dari tangki (T-01) asam akrilat dipompa ke *Double Pipe Heat Exchanger* (HE-01) untuk dipanaskan menjadi 70°C. Sedangkan etanol (T-02) dipompa ke *Double Pipe Heat Exchanger* (HE-02) untuk dipanaskan menjadi 70°C menuju Reaktor (R).

Reaksi yang terjadi yaitu bersifat eksotermis, sehingga agar kondisi tetap *isothermal* dilakukan penghilangan panas dengan pendingin air yang didapatkan dari air sungai Ciujung. Dalam proses esterifikasi ini reaktor yang digunakan adalah reaktor CSTR dan menggunakan katalis padat *emberlyst 131-wet*. Produk yang keluar dari Reaktor diumpankan ke dalam Menara Distilasi (MD) pada suhu 97°C.

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Peralatan Proses

3.1.1 Reaktor

Kode	: R
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara etanol sebanyak 2.706,26 kg/jam dan asam akrilat sebanyak 3.840,73 kg/jam membentuk etil akrilat dengan katalis <i>amberlyst 131-wet</i> .
Tipe	: CSTR
Laju alir	: 6,6027 m ³ /jam
Kondisi operasi	
Suhu	: 70°C
Tekanan	: 1 atm
Dimensi reaktor	
Tinggi <i>shell</i>	: 5,3295 m
Tinggi reaktor	: 7,534 m
Diameter <i>shell</i>	: 5,3295 m
Volume <i>shell</i>	: 118,8290 m ³
Volume <i>head</i>	: 27,8993 m ³
Volume reaktor	: 146,7283 m ³
Tebal <i>shell</i>	: 7/16 in

Tebal *head* : 7/16 in
 Bahan konstruksi : *plate steel SA 283 grade C*
 Pengaduk :
 Jenis : Turbin dengan 6 *blade disk* standar
 Jumlah *baffle* : 4
 Jumlah pengaduk : 1
 Diameter impeller : 1,7765 m
 Pengaduk dari dasar : 1,7765 m
 Lebar *baffle* : 0,5329 m
 Putaran pengaduk : 36,67

Jaket pendingin :
 Bahan : *Carbon Steel*
 Diameter dalam : 5,352 m
 Tinggi jaket : 5,329 m
 Jarak jaket : 0,051 m
 Diameter luar : 5,543 m
 Tebal dinding jaket : 9/16 in
 Jumlah : 1 buah
 Harga : US \$ 292.745,81

3.1.2 Menara Distilasi

Kode : DC
 Fungsi : Memisahkan etanol dan etil akrilat sebanyak 575,5530 kg/jam untuk di-*recycle* ke R
 Tipe : *Tray Column*
 Bahan : *Carbon Steel SA 283 grade C*
 Bentuk *head* : *Torispherical head*

 Laju alir : 0,837 m³/jam

Kondisi operasi,

Tekanan : 1 atm
Suhu umpan : 97,61°C
Suhu distilat : 80,54°C
Suhu bottom : 100,96°C

Dimensi menara distilasi,

Diameter atas : 1,013 m
Diameter bawah : 1,080 m
Tinggi : 16,523 m
Tebal *shell* : 3/16 in
Tebal *head* : 3/16 in

Plate,

Plate minimal : 10 plate
Plate ideal : 20 plate
Plate aktual : 40 plate
Umpan *tray* no. : 13
 ΔP_t : 0,006 atm

Jumlah : 1

Harga : US \$ 15.733,38

3.1.3 Dekanter 01

Kode : DK-01

Fungsi : Memisahkan hasil atas MD sebanyak
575,5530 kg/jam

Tipe : *Horizontal drum* dengan *torispherical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA 167 Grade 8*

Kondisi operasi,

Tekanan : 1 atm
Suhu : 40°C

τ	: 38,67 menit
Dimensi ,	
Diameter	: 0,93 m
Tebal dinding	: 3/16 in
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,2887 m
Panjang	: 5,62 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 734,22

3.1.4 Dekanter 02

Kode	: DK-02
Fungsi	: Memisahkan hasil bawah MD dan hasil bawah DK-01 sebanyak 6.067,2044 kg/jam
Tipe	: <i>Horizontal drum dengan torispherical dished head</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA 167 Grade 8</i>
Kondisi operasi,	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 40°C
τ	: 25,07 menit
Dimensi ,	
Diameter	: 0,75 m
Tebal dinding	: 3/16 in
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,2443 in
Panjang	: 4,55 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 2.097,78

3.1.5 Dekanter 03

Kode	: DK-03
Fungsi	: Memisahkan hasil atas DK-02 sebanyak 4.899,8388 kg/jam
Tipe	: <i>Horizontal drum dengan torispherical dished head</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA 167 Grade 8</i>
Kondisi operasi,	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 40°C
τ	: 35,3 menit
Dimensi ,	
Diameter	: 0,43 m
Tebal dinding	: 3/16 in
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,1633 in
Panjang	: 2,61 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 1.048,89

3.1.6 Tangki Asam Akrilat

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam akrilat selama 7 hari sebanyak 645.243,98 kg
Tipe	: Silinder tegak tertutup dengan <i>head</i> berbentuk <i>conical</i> .
Laju alir	: 2,684 ft ³ /dt
Kondisi operasi,	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm

Volume tangki	: 656,673 m ³
Tinggi	: 9,422 m
Diameter	: 9,422 m
Tebal <i>shell</i> ,	
Course 1	: 7/16 in
Course 2	: 3/8 in
Course 3	: 5/16 in
Course 4	: 5/16 in
Course 5	: 1/4 in
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) tipe 304</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 425.640,45

3.1.7 Tangki Etanol

Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam akrilat selama 7 hari sebanyak 454.652,04 kg
Tipe	: Silinder tegak tertutup dengan <i>head</i> berbentuk <i>conical</i> .
Laju alir	: 1,891 ft ³ /dt
Kondisi operasi,	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Volume tangki	: 462,719 m ³
Tinggi	: 8,835 m
Diameter	: 8,835 m
Tebal <i>shell</i> ,	
Course 1	: 3/8 in
Course 2	: 5/16 in
Course 3	: 1/4 in

Course 4	: 1/4 in
Course 5	: 3/16 in
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) tipe 304</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 356.098,89

3.1.8 Tangki Etil Akrilat

Kode	: T-03
Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam akrilat selama 7 hari sebanyak 823.172,29 kg
Tipe	: Silinder tegak tertutup dengan <i>head</i> berbentuk <i>conical</i> .
Laju alir	: 3,883 ft ³ /dt
Kondisi operasi,	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Volume tangki	: 949,947 m ³
Tinggi	: 10,656 m
Diameter	: 10,656 m
Tebal <i>shell</i> ,	
Course 1	: 1/2 in
Course 2	: 7/16 in
Course 3	: 3/8 in
Course 4	: 1/4 in
Course 5	: 3/16 in
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel (SA-167) tipe 304</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 513.852,28

3.2 Utilitas dan Laboratorium

Unit utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air yang diperoleh dari air sungai yakni sungai Ciujung, penyediaan untuk *steam* sebesar 1.176,57 kg/jam, kebutuhan air pendingin sebesar 21.345,545 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 sebesar 50 m³/jam dan dibutuhkan bahan bakar solar sebesar 23.227,988 kg selama 7 hari untuk menjalankan generator dan *boiler*.

3.3 Manajemen Perusahaan

Pabrik Etil Akrilat ini direncanakan akan didirikan dikawasan industri Cilegon, Banten dengan luas tanah sebesar 20.000 m² , jumlah karyawan sebanyak 186 orang dan bentuk perusahaan yakni Perseroan Terbatas (PT).

3.4 Analisis Ekonomi

Dari hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik etil akrilat ini diperoleh keuntungan sesudah pajak sebesar sebesar Rp. 26.699.779.345,79. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 21,76 % dan setelah pajak 11,58%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3,15 tahun dan sesudah pajak 4,63 tahun. *Break Even Point* (BEP) 53,50% dan *Shut Down Point* (SDP) 73,68%. Sedangkan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 27,60%.

4. PENUTUP

Analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan pada pabrik etil akrilat meliputi:

Keuntungan sesudah pajak = Rp 26.699.779.345,79

Return of Investment (ROI) sebelum pajak = 21,76 %

Return of Investment (ROI) sesudah pajak = 11,58%

Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 3,15 tahun

Pay Out Time (POT) sesudah pajak = 4,63 tahun

Break Even Point (BEP) = 53,50%

Shut Down Point (SDP) = 73,68%.

Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pabrik etil akrilat dengan proses esterifikasi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Book Company, New York
- Badan Pusat Statistik, 2010, *Statistics Indonesia*, www.bps.go.id
- Bank BNI, 2011, *Info Kurs*, www.bni.co.id
- Bank Mandiri, 2011, *Suku Bunga Deposito Mandiri*, www.bankmandiri.co.id
- Branan, C.R., 1994, *Rules of Thumb for Chemical Engineers*, Gulf Publishing Company, Houston
- Brown, G.G, 1978, *Unit Operation*, 3rd ed., 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
- Departemen Keuangan, 2010, *Keputusan Dirjen Pajak*, www.pajak.net
- Dirjen Pajak, 2010, *Tarif dan PTKP*, www.pajak.go.id
- Fessenden, R.J. & Fessenden, J.S., 1986, *Kimia Organik*, Edisi Ketiga Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operations*, 2nd ed., Allyn and Bacon Inc., Boston
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book Company, Singapore
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed., The Interscience Encyclopedia Inc, New York
- Kusmiyati, 2014, *Kinetika Reaksi Kimia dan Reaktor*, Graha Ilmu, Surakarta

- Kusmiyati, 2015, *Reaktor Kimia*, Muhammadiyah Surakarta University Press, Surakarta
- Ludwig, E.E., 1984, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, 2nd ed., Vol. III, Gulf Publishing Company
- McCabe, W.I. and Smith, J.C. 1976, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed., McGraw Hill, Kogakusha, Ltd
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1994, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th ed., McGraw Hill Companies Inc., USA
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw Hill Companies Inc., USA
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed., McGraw Hill, New York
- Powell, S.T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, 1st ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Smith, J.M. and Van Ness, H.H., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3rd 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
- Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E., 1959, *Chemical Engineering Plant Design*, 4th ed., McGraw Hill Kogakusha Company Limited, Tokyo
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., Butterworths Series in Chemical Engineering, USA
- Widjaja, G., dan Yani, A., 2003, *Perseroan Terbatas*, Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies Inc., USA
- Zamani, 1998, *Manajemen*, Badan Penerbit IPWI, Jakarta

www.alibaba.com, "harga Etil Akrilat", diakses pada 12 September 2015, Pukul 19.25

WIB

<http://matche.com/EquipCost>, "Harga Alat-alat Proses", Diakses pada tanggal 12 September 2015, Pukul 15.10 WIB