

PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL MENGGUNAKAN PROSES SOHIO DENGAN DISAIN ALAT UTAMA KOLOM DISTILASI (D-101)

Daratul Laila¹⁾, Said Zul Amraini²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾ Dosen Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail: daratul.laila0605@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Acrylonitrile is a liquid, colorless and soluble in a variety of organic solvents, such as ethanol, ether, acetone, isopropanol, ethyl acetate, carbon tetrachloride and benzene, only partially soluble in water, which is usually used as a precursor in the manufacture of acrylamide and acrylic acid. Dimerization of acrylonitrile can produce adiponitrile, which is used in the synthesis of polyamides. In small quantities it is used as a fumigant. Acrylonitrile is produced using propylene as raw material and reacted with ammonia and air in a fluidized bed reactor in the presence of a heterogeneous bismuth molybdate catalyst. The by-products produced are HCN, acetonitrile (ACN) and water. The unreacted ammonia is removed with acidified water with sulfuric acid as dilute ammonia sulfate, which can be recovered by crystallization. Propylene, ammonia and oxygen are fed into the reactor, the catalyst used is bismuth molybdate, after mixing it is then fed to the absorption unit, the absorbent material used in this unit is sulfuric acid which is useful for neutralizing excess unreacted ammonia, then fed back to the second absorption. with an absorbent in the form of water. After that proceed to the distillation unit to obtain pure acrylonitrile. The main design is a distillation tower which serves to separate the acrylonitrile from the mixture. The need for acrylonitrile in Indonesia is still imported. With the presence of an acrylonitrile factory in Indonesia, it is expected to reduce the need for imports. If domestic needs have been met, these acrylonitrile products can be exported, thereby increasing industrial development in Indonesia. In addition, the establishment of this factory can create jobs and can trigger new factories that require acrylonitrile products. The type of distillation column used is a tray column. The operating conditions of the distillation column are 103.15 °C at the top and 215.39 °C at the bottom with a pressure of 2 bar each. Factory economic analysis is carried out to determine the feasibility of the factory to be built. Based on the results of the economic feasibility analysis of the factory, the acrylonitrile plant is feasible to build with an IRR of 22.67%, ROI of 59.54% and BEP of 35%.

Keywords: acetone, carbon tetrachloride, ethanol, ether, isopropanol.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri khususnya industri pengolahan bahan mentah menjadi bahan setengah jadi maupun bahan jadi di Indonesia terus

mengalami peningkatan. Namun, untuk bahan baku dan bahan penunjang masih banyak didatangkan dari luar negeri. salah satunya adalah Akrlonitril yang digunakan pada industri resin seperti *acrylonitrile*

butadiene styrene (ABS), *styrene acrylonitrile* (SAN). Pada saat ini Indonesia masih mengimpor Akrilonitril, sehingga dengan pendirian pabrik Akrilonitril dapat mengurangi kebutuhan Impor. Pendirian pabrik Akrilonitri juga dapat menjadi salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan bagi pabrik yang bergerak di bidang industri resin.

Akrilonitril adalah molekul tak jenuh yang memiliki ikatan rangkap karbonkarbon yang berkonjugasi dengan golongan nitril (Kirk & Othmer, 1991). Akrilonitril dengan rumus molekul $H_2C=CH-C\equiv N$ sering disebut juga asam nitril akrilik, propilen nitril, *vinyl sianida* dan *propenoic acid nitrile*. Akrilonitril dan turunannya seperti 2-kloro-aklironitril yaitu dienofil yang dilakukan dalam reaksi diels-Alder. Akrilonitril digunakan sebagai prekursor pada pembuatan akliramida dan asam aklirat (Bradzil, 2005).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Adapun bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi Akrilonitril yaitu *ammonia*, propilen dan udara. Amonia akan dipasok dari PT. Pupuk Sriwidjaja (Pusri) daerah kota Palembang dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.1 Sifat Kimia dan Fisika Ammonia

Parameter	Nilai
Titik Didih	-33 °C
Kemurnian	Minimal 99,5%
Berat Molekul	17,03 g/ gmol

Propilen juga merupakan golongan alkena dalam senyawa hidrokarbon, propilen mempunyai satu ikatan rangkap dua yang merupakan alkena sederhana kedua setelah etena.

Tabel 2.2 Sifat Fisika Propilen

Parameter	Nilai
Titik Didih	-30°C
Tekanan Uap	5,76°C
Berat Molekul	42,081 g/gmol

Pada proses produksi Akrilonitril ini, akan digunakan bahan Oxygen dengan spesifikasi bahan seperti pada dibawah ini:

Tabel 2.3 Spesifikasi dari Oxygen

Parameter	Nilai
Titik Didih	-182,83 °C
Suhu kritis	118,5 °C
Berat Molekul	32 g/gmol

2.2 Spesifikasi Produk

Akrilonitril adalah senyawa organik dengan rumus kimia C_3H_3N . Senyawa ini merupakan cairan tidak berwarna yang mudah menguap, meskipun sampel komersial dapat menjadi kuning karena kotoran. Senyawa ini adalah monomer penting untuk membuat plastik seperti poliakrilonitril. Senyawa ini reaktif dan beracun pada dosis rendah dengan

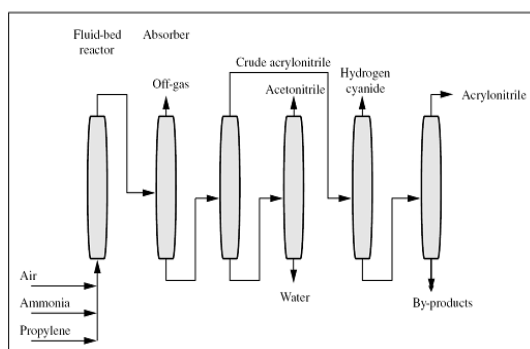
spesifikasi bahan seperti pada Tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Keterangan
Kemurnian	99,47%
Berat molekul	53,064 g/mol
Bau	menyengat
pH	6,0 – 7,5
Densitas (25°C)	799,1 kg/m ³
Rentang Suhu	74,2 °C-78,8 °C

2.3 Deskripsi Proses

Akrlonitril di produksi menggunakan bahan baku propilen direaksikan dengan amonia dan udara dalam reaktor *fluidized bed* dengan adanya katalis *bismuth molybdate* secara heterogen. Produk samping yang dihasilkan yaitu HCN, *acetonitrile* (ACN) dan air. Amonia yang tidak bereaksi dihilangkan dengan air diasamkan dengan asam sulfat sebagai amonia sulfat encer, yang dapat diperoleh kembali dengan kristalisasi. Aliran proses Sohio dapat dilihat pada dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Sohio (Speight, 2002)

Propilen, *ammonia* dan oksigen diumpankan kedalam reaktor, katalis

yang digunakan *bismuth molybdate*, setelah terjadi pencampuran kemudian diumpankan ke unit absorpsi, bahan penyerap yang digunakan pada unit ini yaitu asam sulfat yang berguna menetralkan kelebihan *ammonia* yang tidak bereaksi, kemudian diumpankan kembali pada absorpsi ke dua dengan bahan penyerap berupa air. Setelah itu dilanjutkan ke unit distilasi untuk mendapatkan Akrlonitril yang murni.

3. METODOLOGI

Tahapan prarancangan pabrik Akrlonitril terdiri dari:

1. Pengumpulan data seperti deskripsi.
2. Proses dan menentukan variabel.
3. Proses setiap unit.
4. Merancang *process flow diagram*.
5. Membuat neraca massa dan neraca energi.
6. Membuat *Maximum Energy Recovery* (MER) dan *Heat Exchanger Network* (HEN).
7. Menghitung dan mendesain setiap unit seperti Reaktor, Distilasi, Absorber, Tangki Penyimpanan dan Produk, *Heat Exchanger*, Pompa, Expander, *Compressor* dan Unit Utilitas.
8. Menentukan sistem instrumentasi proses setiap unit.
9. Menghitung dan merancang alat utama Distilasi.

10. Menentukan prospek industri dan pemasaran, pemilihan lokasi, studi kelayakan, tata letak pabrik dan alat, *master schedule*, dan struktur organisasi.
11. Membuat analisis kelayakan ekonomi seperti penaksiran harga peralatan, FCI, WCI, TCI, biaya peralatan, pendapatan dan arus kas, analisis profitabilitas, dan analisis selektivitas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Alat Utama Menara

Distilasi (D-101)

Menara distilasi yang dirancang merupakan Distilasi (D-101) yang digunakan untuk memisahkan berbagai komponen berdasarkan titik didihnya. Dimana komponen yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan menguap yaitu hidrogen sianida dan akrilonitril. Kondisi operasi unit ini berada pada temperatur 103,14 °C dengan tekanan 2 bar di *top stage* dan temperatur 215,39 °C dengan tekanan 2 bar di *bottom stage*. *Top product* yang dihasilkan dari unit ini akan diteruskan ke distilasi (D-102). *Bottom product* dari unit ini berupa asetonitril dan air yang akan diteruskan pada distilasi (D-103). Perancangan menara Distilasi (D-101) dilakukan atas beberapa tahapan yaitu:

1. Menentukan kondisi operasi menara Distilasi, Material dan Desain menara Distilasi sesuai dengan kondisi proses.
2. Menentukan susunan *hole*.
3. Menghitung ukuran Pipa dan *nozzel*.
4. Menghitung dan mendesain *flange*, *anchor bolt*, *skirt support*, *manhole*, *base ring* dan *gasket*.

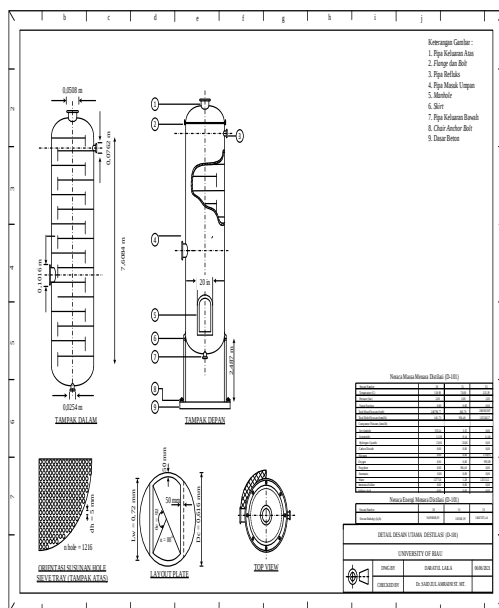
Dari tahapan tersebut didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Spesifikasi Menara Distilasi (D-101)

Nama alat	Distilasi	
Kode alat	D-101	
Fungsi	Memisahkan akrilonitril, asetonitril, <i>hydrogen</i> sianida dan air	
Material konstruksi	Carbon Steel SA-285 Grade A	
Sistem	<i>Continues</i>	330 Hari/Tahun
Kondisi Operasi		
Tekanan	2 atm	29,392 psi
Suhu	118,98	°C
Laju alir umpan (kg/h)	248794,7651	
Material dan Desain		
<i>Inside diameter</i>	5,0374 m	198,322 in
<i>Outside diameter</i>	0,6609 m	26 in
Tebal	0,0047 m	0,1875 in
Tinggi	7,6048 m	299,54 in
Tekanan desain	2 atm	29,392 psi
Tegangan yang diizinkan. (f)	13700 psi	

Faktor Korosi (c)	0,125 in
Material	Carbon steel SA-283
Susunan Hole	
Tebal plate	5 mm
Jumlah Hole	1216 lubang
Jenis Aliran	Singel Pass
Layout Hole	
Lw	0,72 mm
Dc	0,616 mm
Derjat Tray	88 °C
Ukuran Pipa dan Nozzel	
Pipa Feed, IPS	0,1016 m
Pipa Keluaran Atas,IPS	0,0508 m
Pipa Keluaran Dasar Menara, IPS	0,0254 m
Pipa Refluks, IPS	0,0762 m

Rancangan dari Menara Distilasi (D-101) dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain Menara Distilasi

Alat mekanis menara distilasi (D-101) terdiri dari *flange*, *anchor*

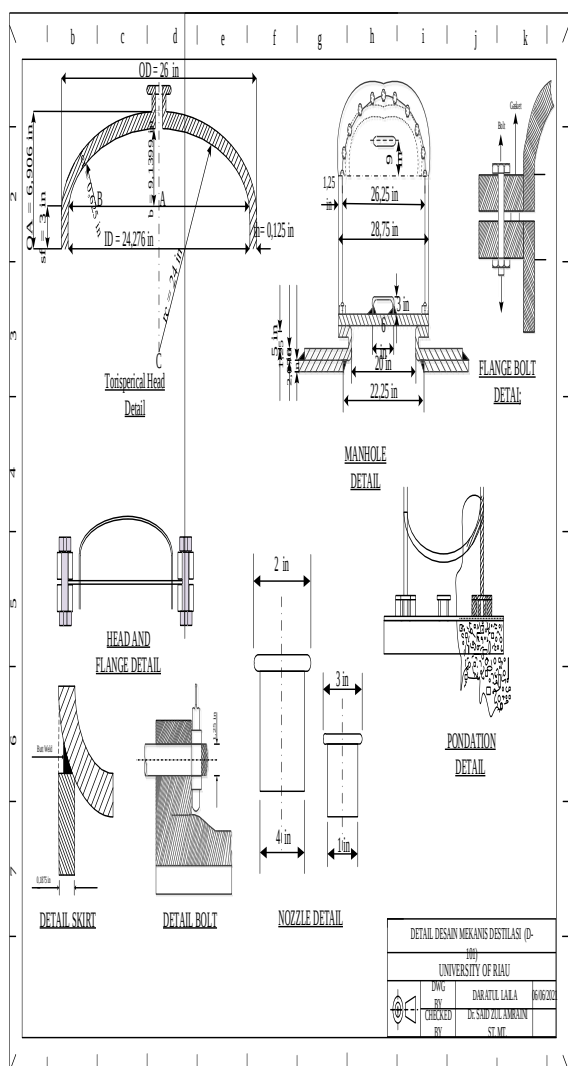
bolt, *skirt support*, *manhole*, *base ring* dan *gasket*. Berikut ini adalah spesifikasi dari alat mekanis menara distilasi (D-101).

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Mekanis Menara Distilasi (D-101).

Manhole		
Diameter <i>manhole</i>	0,508 m	20 in
Ketebalan <i>Cover Plate</i>	0,0095 m	0,375 in
<i>Bolting-flange after finishing</i>	0,0063 m	0,25 in
Ketebalan <i>Manhole</i>	0,009 m	0,3 in
Ukuran <i>Fillet Weld A</i>	0,00476 m	0,1875 in
Ukuran <i>Fillet Weld B</i>	0,01587 m	0,625 in
Approx Radius, R	0,095 m	3,77 in
<i>Width of Reinforcing Plate</i>	0,622 m	24,5 in
Diameter <i>Bolt Circle (DB)</i>	0,6413 m	26,25 in
Diameter of <i>Cover Plate</i>	0,7175 m	38,75 in
Skirt Support		
Outside Diameter	1,88 m	22,66 in
Tebal	0,00404 m	0,1875 in
Anchor Bolt		
Material Baut	SA 193 Grade B16	
Ukuran Baut	0,038 m	1,51 in
Base Ring		
Lebar	0,082 m	3,25 m
Tebal	2,25 in	0,057 m
Flange		

Material Flange	SA 283 Grade C	
Tegangan dari Material Flange	17.000 psi	
Diameter Luar Flange (A)	0,660 m	26 in
Diameter Dalam Flange (B)	0,609 m	24 in
Material Gasket	Asbestos Composition	
Lebar Gasket	0,009 m	0,375 in
Diameter Gasket	0,679 m	26,735 in

Rancangan dari alat mekanis menara Distilasi (D-101) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.

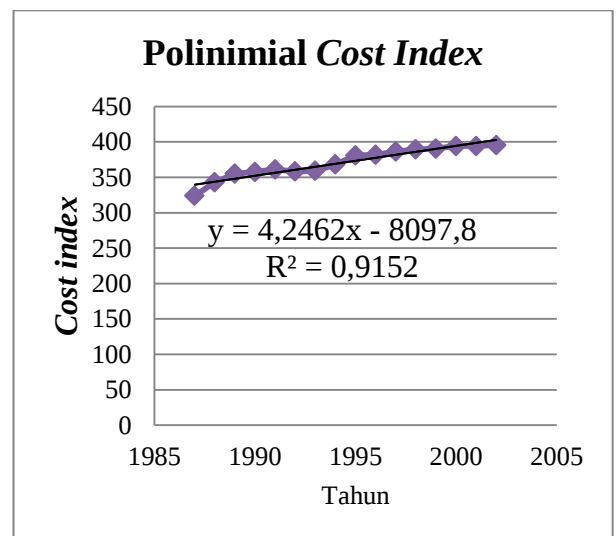


Gambar 4.2 Alat Mekanis Distilasi

4.2 Analisis Kelayakan Ekonomi

4.2.1 Penaksiran Harga Peralatan

Penaksiran harga peralatan dilakukan dengan pengumpulan data *cost index* yang bertujuan agar dapat menentukan regresi *cost index* peralatan ditahun pabrik akan mulai beroperasi yaitu 2025. Harga peralatan menggunakan indeks harga CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) dengan pertimbangan bahwa perancangan pabrik yang berbasis proses terbaru sesuai dengan indeks harga CEPCI (Peters dkk., 2003) yang dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Grafik Metode Regresi Linear

Dari grafik diperoleh persamaan linear sebagai berikut:

$$y = 4,2462x - 8097,8 \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan memasukkan nilai x, maka diperoleh indeks pada tahun selanjutnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *CEPCI* hasil regresi linear

Tahun	Index	Cepci
2020	Regresi	479,524
2021	Regresi	483,7702
2022	Regresi	488,0164
2023	Regresi	492,2626
2024	Regresi	496,5088
2025	Regresi	500,755

Sehingga didapatkan total harga peralatan \$ 23.209.510,5.

4.2.2 Fixed Capital Investment

FCI dibagi menjadi biaya langsung dan tak langsung. Untuk memperkirakan modal investasi tetap digunakan persentase dari Tabel 6.3 *typical percentages of fixed capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose or large additions to existing facilities* (Peters dkk, 2003) dan diperoleh besarnya FCI \$ 59.018.469,7.

4.2.3 Working Capital Investment

WCI adalah jumlah biaya setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Besarnya WCI pada pabrik ini adalah 15% dari *Total Capital Investment* (TCI) atau senilai \$ 10.415.024,1.

4.2.4 Total Capital Investment

TCI diperoleh dari beberapa investor maupun pribadi, dengan perkiraan 40% dari modal keseluruhan berasal dari investor atau pribadi,

sedangkan 60% merupakan modal pinjaman dari bank. *Total capital investment* terdiri dari biaya pendirian pabrik (FCI) dan biaya pengoperasian pabrik (WCI). Setelah didapatkan nilai FCI dan WCI didapatkan nilai TCI sebesar \$ 69.433.493,7.

4.3 Analisis Profitabilitas

Dari data hasil penjualan produk dan total *production cost* dengan dasar perhitungan diambil dari buku Peter dan Timmerhouse (2003). Dari data hasil penjualan produk dan total *production cost* akan menghasilkan laba kotor yang dihasilkan pada pabrik ini yaitu sebesar \$ 625.642.271. Laba bersih dapat dihitung dengan selisih antara laba kotor dengan laba kotor setelah dikurangi pajak sebesar 35%.

4.3.1 Return on investment (ROI)

ROI merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap (FCI) yang diinvestasikan. Pada pabrik Akrilonitril ini diperoleh ROI setelah pajak sebesar 59,54%.

4.3.2 Pay Out Time (POT)

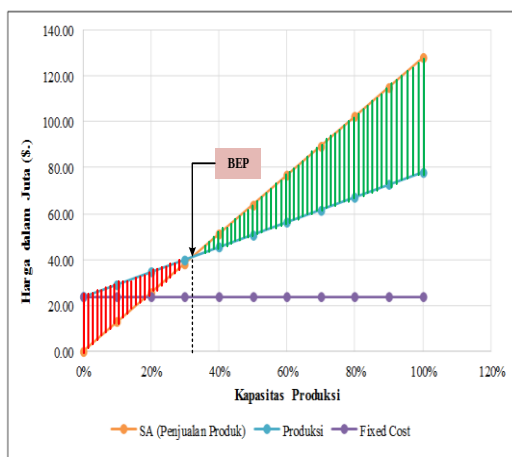
Perhitungan POT dilakukan dengan membagi *capital investment* dengan keuntungan sebelum dikurangi depresiasi. *Pay out time* pada pabrik Akrilonitril ini adalah selama 1,57 tahun.

4.3.3 Shut Down Point (SDP)

SDP adalah Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen kapasitas minimal dalam satu tahun, maka pabrik harus berhenti operasi. *Shut down point* pada pabrik ini sebesar 0,23%.

4.3.4 Break Event Point (BEP)

Nilai BEP didapatkan dengan memplotkan kapasitas produksi, harga jual, produksi dengan penjualan produk. Pada pendirian pabrik ini pabrik akan mengalami keuntungan setelah pabrik memiliki kapasitas produksi diatas 35%, karena BEP diperoleh pada titik tersebut.

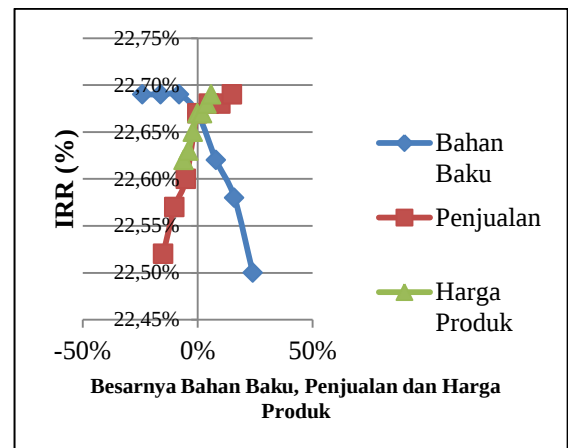


Gambar 4.3 Break Even Point (BEP)

4.3.5 Analisis Sensitivitas

Analisa sensitivitas berfungsi untuk mengetahui besarnya pengaruh pengambilan keputusan terhadap pendapatan. Sensitivitas dibuat dengan

memplotkan hubungan garis antara bahan baku, gaji karyawan kapasitas produksi dan harga produk terhadap *Internal Rate of Return* (IRR) pada masing-masing indikator yang dicari dengan metode *trial and error*. Kemudian diperoleh grafik yang dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Sensitivitas

Dari Gambar diatas dapat dilihat penjualan atau kapasitas pabrik mengalami peningkatan yang tajam ketika terjadi perubahan kapasitas dan harga sedikit saja sedangkan harga produk juga mengalami peningkatan tetapi sedikit lebih landai dari kapasitas pabrik. Seiring besarnya garis karyawan akan menurunkan nilai IRR pabrik begitu juga dengan bahan baku. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengambilan keputusan dari beberapa parameter tersebut mempengaruhi pendapatan pabrik.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kebutuhan Akrilonitril di Indonesia, kapasitas pabrik yang akan dibangun sebesar 128.000 ton/pertahun yang berlokasi di daerah Basilam Baru Kec. Sungai Sembilan Kota Dumai Provinsi Riau. Menara Distilasi (D-101) yang digunakan berjenis *tray coloumn* dengan tinggi 7,6048 m dan berdiameter sebesar 0,8609 m. Pabrik ini memiliki IRR sebesar 22.67% dimana lebih besar dari RRR bank yaitu 22.55% kemudian nilai NPV sebesar \$ 2.504.738.736,6 dimana lebih besar dibandingkan dengan TCI. Dari kedua faktor tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Akrilonitril layak dibangun.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan suatu pabrik kimia. Produk Akrilonitril dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Brazdil, J.F. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. USA: Wiley.

Brownell, L. E. dan E. H. Young, 1959, *Process Equipment*

Design, John Wiley & Sons Inc, USA.

Coulson, J. M. dan J. F. Richardson, 2005, *Chemical Engineering Design*, 4th Edition, Oxford, Butterworth Heinemann.

Kirk dan Othmer. 1991. *Acrylonitrile Encyclopedia of Chemical Technology* (4th ed.). USA: Wiley.

Peters, M. S., K. D. Timmerhouse, dan R. E. West, 2003, *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*.

Speight, J.G. 2002. *Chemical Process and Design Handbook*. McGraw-Hill, New York.