

Prarancangan Pabrik Akrilonitril Menggunakan Proses Sohio dengan Disain Alat Utama Kolom Absorber (A-101)

Natalia¹⁾, 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 : natalia2917@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Acrylonitrile has the potential to be used as an additive in the chemical industry including the manufacture of thermoplastics, adiponitrile for the nylon industry, acrylamide, resin, synthetic rubber, acrylic fibers for the acrylic fabric industry and ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) resin for the manufacture of plastic goods. The use of acrylonitrile which is quite varied makes acrylonitrile needed in large quantities in Indonesia. Based on data from the Central Statistics Agency for the past 5 years, the demand for acrylonitrile in Indonesia is between 1000-6000 tons/year. Acrylonitrile is produced by the Sohio process using propylene, ammonia and air as raw materials. The acrylonitrile plant operates for 300 days per year in 24 working hours per day with a production capacity of 128,000 tons/year. This factory produces acrylonitrile with a purity of 99.47% as the main product while the by-products are acetonitrile and hydrogen cyanide. The location of the acrylonitrile plant establishment is planned in the Basilam Baru area, Sungai Sembilan District, Dumai City, Riau Province. The design of the main tool of the absorber column (A-101) is useful for separating ammonia gas that is not completely converted from the resulting product using sulfuric acid as a solvent. Unneutralized ammonia causes ammonia to react with acrylonitrile to form various impurity and acid precipitates to polymerize hydrogen cyanide. This absorption process will produce Ammonium Sulphate. The absorber column with packed bed column has a height of 4.2084 m with a column diameter of 0.5588 m. The type of packing used is rasching ring made of ceramic which is shaped like a hollow cylinder ring with a size of 4 in with a torispherical flanged dished head. Fixed Capital Investment (FCI) of this acrylonitrile plant is \$ 59,018,469.7 and Working Capital Investment is 15% of Total Capital Investment (TCI) of \$ 10,415,024.1 so that the Total Capital Investment (TCI) value is \$ 69,433,493.7. The total production cost of the acrylonitrile plant is \$226,071,844.0 while the net profit after tax is 35%, which is \$406,667,476 and the net cash flow of the acrylonitrile plant is \$408,880,669. Return on Investment (ROI) after tax is 59.54%, Pay Out Time (POT) is 1.57 years and Break Event Point (BEP) is 35%. The IRR value of the acrylonitrile factory is 22.67% greater than the bank's RRR value of 22.55%, and the Net Present Flow (NPV) value of \$ 2,504,738,736.6 is greater than the Total Capital Investment (TCI) value. From the economic analysis, the acrylonitrile plant is feasible to establish.

Keywords: absorber, acrylonitrile, packed bed column, propylene, sohio process

1. PENDAHULUAN

Dunia industri yang setiap waktu selalu berkembang menuntut Indonesia agar mampu bersaing dengan negara lain dalam berbagai bidang, salah satunya yaitu

bidang industri kimia. Pembangunan industri kimia di Indonesia akan berperan penting dalam ketahanan ekonomi sehingga dapat menghadapi persaingan

pasar bebas. Sumber daya alam yang ada di Indonesia juga dapat dimanfaatkan dengan maksimal dalam pembangunan industri kimia dan menghasilkan bahan kimia yang dapat digunakan di dalam negeri sehingga mengurangi import dari negara tetangga maupun negara lainnya.

Oleh karena itu untuk mencapai ketahanan ekonomi tersebut dibutuhkan pembangunan industri kimia salah satunya pembangunan pabrik akrilonitril.

Akrilonitril adalah salah satu zat kimia organik yang diterima secara luas dalam industri kimia yang dikenal sebagai *2-propenenitril*, *vinil sianida*, dan *cyanoethene*. Akrilonitril dimanfaatkan dalam industri adiponitril untuk industri nilon, akrilamida, resin, karet sintesis, *acrylic fibers* untuk industri kain akrilik dan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) resin untuk pembuatan plastis (Cespi dkk, 2014).

Kebutuhan akrilonitril di Indonesia cukup banyak, akan tetapi pabrik yang memproduksi akrilonitril di Indonesia tidak ada dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperoleh dengan mengandalkan impor dari berbagai negara seperti Jepang, Korea Selatan, Singapura dan Amerika Serikat.

Pabrik akrilonitril sangatlah penting keberadaannya di Indonesia karena dapat mengurangi impor akrilonitril dari luar negeri dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akrilonitril di Indonesia. Sasaran yang tidak kalah penting dalam pembangunan pabrik akrilonitril ini yaitu untuk memperluas lapangan pekerjaan sehingga mengurangi pengangguran dan sumber daya manusia dapat diberdayakan dengan benar.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Dalam pembuatan akrilonitril dibutuhkan beberapa bahan utama yaitu amonia, propilen dan udara. Propilen akan diperoleh dari Pertamina Refinery Unit II Dumai sedangkan amonia akan didapatkan dari pabrik pupuk PT. Pupuk Sriwidjaja (Pusri) daerah kota Palembang.

2.2 Spesifikasi Produk

Akrilonitril merupakan senyawa organik berfasa *liquid* tidak berwarna, mudah menguap, dan dapat menjadi kuning karena kotoran dengan rumus kimia C_3H_3N . Berikut spesifikasi dari produk akrilonitril, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Akrilonitril

Spesifikasi	Keterangan
Kemurnian	99,47%
Berat molekul	53,064 g/mol
Bau	Aroma yang menyengat
Warna	Maksimum 5 APHA
pH	6,0 – 7,5
Kekeruhan	Maksimum 3 NTU
Densitas (25°C)	799,1 kg/m ³ – 802,2 kg/m ³

(Sumber: Chemical Book, 2020)

2.3 Deskripsi Proses

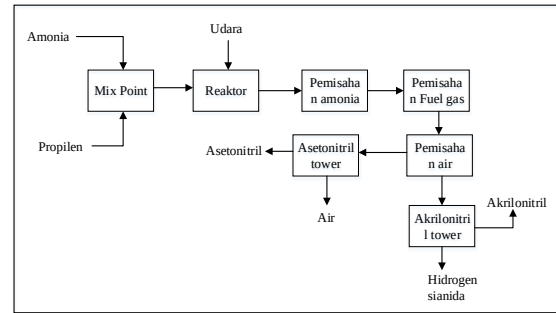
Proses sohio mereaksikan propilen, amonia dan udara untuk memproduksi akrilonitril. Kondisi awal bahan baku propilen berada pada tekanan 12 bar dengan suhu 30°C dan amonia pada tekanan 11 bar dengan suhu 30°C. Amonia dan propilen untuk mendapatkan tekanan yang sesuai dengan kondisi operasi 2 bar dilewatkan pada expander, kemudian untuk mencapai suhu 350°C dipanaskan dengan bantuan *heater*. Udara yang merupakan salah satu reaktan juga dilewatkan pada kompresor sehingga

tekanan udara sesuai kondisi operasi yaitu 2 bar. Sebelum memasuki reaktor, udara dari kompresor dilewatkan melalui *heater*.

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dilihat udara pada suhu 350°C dan tekanan 2 bar dimasukkan ke *bottom* reaktor melalui *grid* udara. Sedangkan amonia dan propilen dengan kondisi suhu 350°C dan tekanan 2 bar dilewatkan dengan valve mix point kemudian masuk reaktor melalui distribusi. Proses di dalam reaktor dibantu oleh katalis *bismuth molybdate* untuk mempercepat reaksi. Katalis *bismuth molybdate* yang digunakan dalam bentuk padat dengan diameter 50 mikrometer (Cespi dkk, 2014).

Reaksi yang terjadi dalam membentuk akrilonitril dan produk lainnya (seperti asetonitril, hidrogen sianida, karbon dioksida dan air) adalah eksotermis. Oleh karena itu, pendinginan diperlukan untuk menjaga suhu dalam reaktor.

Gas *effluent* reaktor yang merupakan produk utama dan produk samping dimasukkan kedalam proses *recovery*. Proses *recovery* pertama yaitu kolom absorber (A-101) dalam proses ini gas amonia yang tidak terkonversi dengan sempurna akan diserap dengan *solvent*. *Solvent* yang digunakan yaitu asam sulfat, dalam proses absorber ini menghasilkan larutan *Ammonium Sulphate* $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$. Amonia yang tidak dipisahkan, dapat bereaksi dengan akrilonitril membentuk endapan pengotoran.



Gambar 2.1 Blok Diagram Proses

Selanjutnya untuk memisahkan akrilonitril, hidrogen sianida dan asetonitril dengan gas pengotor berupa karbon dioksida dan nitrogen digunakan kolom absorber (A-102) menggunakan air bersuhu 40°C. Sehingga keluaran kolom absorber bagian bawah yaitu akrilonitril, hidrogen sianida dan asetonitril. Untuk memisahkan ketiga produk selanjutnya, menggunakan distilasi. Pada proses pemisahan ini digunakan distilasi sebanyak 3 buah. Sehingga nanti produk atas distilasi (D-102) menghasilkan top produk yaitu hidrogen sianida, sedangkan *bottom* produk yaitu akrilonitril. Distilasi (D-103) juga menghasilkan top produk yaitu asetonitril, sedangkan keluaran *bottom* produk air.

3. METODOLOGI

Tahapan prarancangan pabrik akrilonitril terdiri dari:

1. Pengumpulan data untuk menentukan deskripsi proses, serta kebutuhan akrilonitril untuk menentukan kapasitas pabrik.
2. Mendesain *process flow diagram* (PFD).
3. Menghitung neraca massa dan neraca energi dari pabrik.
4. Merancang *Maximum Energy Recovery* (MER) dan *Heat Exchanger Network* (HEN).
5. Menghitung dan merancang alat utama dari *process flow diagram*

(PFD), sistem utilitas dan pengolahan limbah pabrik.

6. Mengatur dan merancang sistem pengendalian dan instrumentasi proses dalam pabrik.
7. Merancang secara keseluruhan alat utama yaitu kolom absorber (A-101).
8. Analisis ekonomi yang meliputi:
 - a. Prospek industri, analisa pasar, pemasaran produk, pemilihan lokasi pendirian pabrik, tata letak pabrik, tata letak alat dan *master schedule* pabrik.
 - b. Studi kelayakan pasar, teknis, kelayakan manajemen, kelayakan budaya, kelayakan lingkungan dan kelayakan legal.
 - c. Pengaturan sistem kerja karyawan, jumlah karyawan, dan sistem penggajian karyawan.
 - d. Melakukan perhitungan harga peralatan, indeks biaya, FCI, WCI, TCI, analisis profitabilitas dan analisis sensitivitas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Disain Alat Utama Kolom Absorber (A-101)

Alat utama yang akan dirancang adalah kolom absorber (A-101). Kolom absorber dirancang untuk memisahkan gas ammonia yang tidak terkonversi dengan sempurna dari produk keluaran reaktor yang diserap menggunakan *solvent*. Jenis kolom absorber yang digunakan adalah *packed column* dengan tipe packing yang dipakai rasching ring berbahan keramik (Sinnott, 2005). *Solvent* yang digunakan untuk menyerap gas amonia yaitu asam sulfat. Kolom absorber dirancang berdasarkan beberapa tahapan yaitu :

1. Mengetahui prinsip kerja kolom absorber.
2. Kondisi operasi, jenis absorber yang digunakan dan tipe packing kolom absorber ditentukan.
3. Merancang instrumen pelengkap absorber seperti *liquid distributor*, *packing*, dan *packing support*.
4. Menghitung dan merancang perpipaan, *nozzle*, *manhole*, *flange*, *bolt*, dan *gasket*.
5. Menghitung berat kolom absorber dan merancang sistem penyangga dan sistem pondasi.
6. Merancang alat utama kolom absorber dan alat mekanis secara detail dengan acuan Brownell & young, 1959.

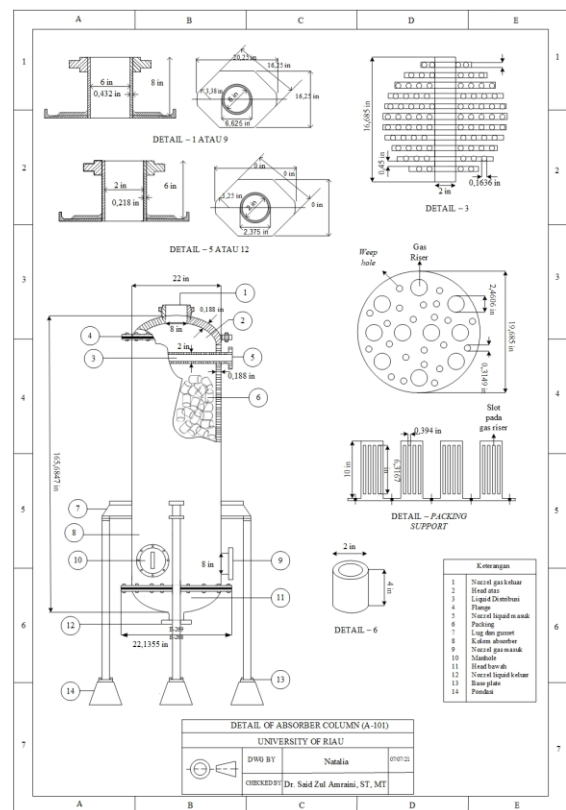
Berdasarkan tahapan perancangan tersebut dapat dilihat data spesifikasi disain alat utama kolom absorber (A-101) pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Disain Alat Utama Absorber

Kode Alat	A-101	
Jenis Absorber	Packed Bed Column	
Fungsi	Menyerap gas amonia dari produk gas keluaran reaktor (R-101).	
KONDISI OPERASI		
Tekanan Operasi (bar)	2	
Temperatur Operasi (°C)	180	
Laju Alir <i>Solvent input</i> (Kg/jam)	6957,22	
Laju Alir <i>Gas input</i> (Kg/jam)	161786,82	
Laju Alir <i>Liquid output</i> (Kg/jam)	9370,94	
Laju Alir <i>Gas output</i> (Kg/jam)	159373,10	
<i>Fluida</i>	<i>Gas:</i> Akrilonitril dan produk samping lainnya	<i>Liquid:</i> Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)
Densitas (Kg/m ³)	1,4760	1826,97
Viskositas (Kg/ms)	0,00002	0,00129
Diffusitas (m ² /s)	1,5945E-06	1,6844E-06
<i>Schmidt number (Sc)</i>	9,0080	0,4268

KOLOM ABSORBER	
Bahan	Carbon steel A-285 Grade A
Tebal Shell, t_s (in)	0,1875
Inside Diameter, ID (m)	0,5
Height of Transfer Unit, H_{toG} (m)	0,3288
Number of Transfer Unit, N_{toG}	9,2
Tinggi Packed, Z (m)	3,0253
Pressure Drop Packing, $\Delta P/Z$ (N/m ²)	392,4439
Tinggi Kolom Absorber (m)	4,2084
PACKING	
Ukuran Packing (in)	2
Wall thickness (in)	0,236
Diameter partikel packing, d_s (in)	0,0725
Tinggi packing (in)	4
PACKING SUPPORT	
Jenis Packing Support	Cap Type Packing Support
Diameter Riser (in)	2,4606
Jumlah slot pada Riser	10
Tinggi slot (in)	6,3167
Jumlah weep hole	22
Diameter weep hole (in)	0,3149
LIQUID DISTRIBUTOR	
Jenis Liquid Distributor	Perforated Pipe
Diameter Pipa (in)	1,0219
Laju alir volumetrik absorben (m ³ /s)	0,0011
Jumlah lubang	11
Diameter lubang (in)	0,1636

Berikut disain alat utama kolom absorber (A-101) dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Disain Kolom Absorber (A-101)

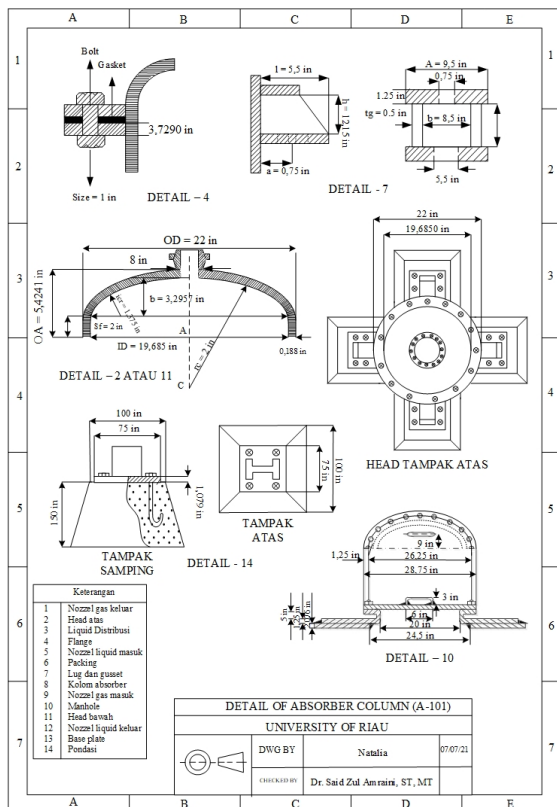
Spesifikasi dari disain alat mekanis kolom absorber (A-101) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi disain alat mekanis kolom absorber (A-101)

HEAD	
Bahan	Carbon steel SA-285 Grade A
Jenis Sambungan	Single welded butt joint with backing strip
Inside Diameter (in)	19,6850
Tebal Head (in)	0,1875
Tinggi Head (in)	0,1377
FLANGE	
Jenis Flange	Loose Ring Flanges
Material Flange	High alloy steel SA-240, Grade A Type 410
Diameter Dalam Flange (in)	22
Tebal Flange (in)	2,1822
GASKET	
Material Gasket (in)	Solid Flat Metal
Lebar Gasket (in)	0,9198
Diameter Gasket (in)	22,0677
BOLT	
Material Bolt	Carbon Steel SA 193 Grade B6
Ukuran Bolt (in)	1
Jumlah Bolt (buah)	14
Diameter Area Baut (in)	24,0667
LUG	

Tinggi <i>lug support</i> (in)	12,1594
Lebar <i>lug</i> atas (in)	0,75
Tebal <i>plate</i> , t_b (in)	1,0797
Panjang <i>plate</i> , b (in)	4
GUSSET	
Tebal <i>gusset</i> , t_g (in)	0,4048
Jarak antar <i>gusset</i> , x (in)	8,5
Jumlah <i>gusset</i> , n	2
Tinggi <i>gusset</i> , h (in)	10
Diameter lubang baut (in)	0,5
PONDASI	
Luas atas pondasi (in ²)	75
Luas bawah pondasi (in ²)	100
Tinggi pondasi (in)	150
Volume pondasi (in ³)	450,1814
Densitas Beton (lb/ft ³)	140
MANHOLE	
Size Manhole (in)	20
Max Diameter Hole in Shell, D_p (in)	24,25
Diameter of Bolt Circle, D_s (in)	26,25
Diameter of Cover Plate, D_c (in)	28,75
Bolting Flange Thickness After Finishing (in)	0,25
Length of Side, L (in)	45,5

Adapun disain alat mekanis kolom absorber (A-101) dapat dilihat pada Gambar 4.2.

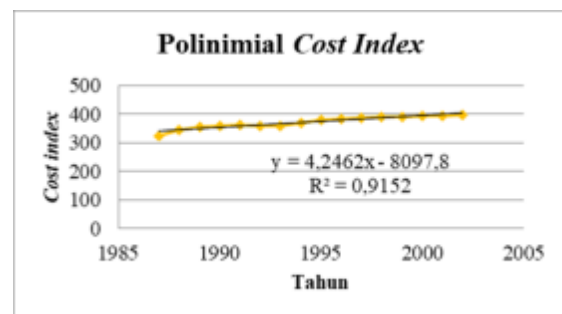


Gambar 4.2 Disain alat Mekanis Kolom Absorber (A-101)

4.2 Analisis Kelayakan Ekonomi

4.2.1 Penentuan Harga Peralatan

Harga peralatan ditentukan dengan meninjau data *cost index* beberapa tahun lalu. Data *cost index* yang digunakan CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) dengan pertimbangan perancangan pabrik berbasis proses terbaru sesuai dengan indeks harga CEPCI (Peters dkk, 2003). Berikut regresi linear dari data CEPSI dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik *Cost Index*

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh persamaan regresi linear pada persamaan 4.1.

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

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

Tabel 4.3 *Chemical Engineering Plant Cost Index* 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

Dari data diatas maka harga peralatan pada tahun 2025 yaitu \$ 23.209.510,5.

4.2.2 Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed Capital Investment (FCI) merupakan modal yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan fasilitas pabrik. Nilai *Fixed Capital Investment* (FCI) sebesar \$ 59.018.469,7.

4.2.3 Working Capital Investment (WCI)

Working Capital Investment (WCI) merupakan biaya yang diperlukan setelah pabrik mulai beroperasi, seperti gaji karyawan, biaya listrik, dan sebagainya (Peter dkk, 2003). *Working Capital Investment* (WCI) pada pabrik akrilonitril diambil sebesar 15% dari *Total Capital Investment* (TCI) dengan nilai yaitu \$ 10.415.024,1.

4.2.4 Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment (TCI) merupakan nilai akumulasi dari penjumlahan *Fixed Capital Investment* (FCI) dengan *Working Capital Investment* (WCI). *Total Capital Investment* (TCI) pabrik akrilonitril sebesar \$ 69.433.493,7.

4.3 Analisis Profitabilitas

Analisis profitabilitas digunakan untuk melihat dari segi ekonomi pabrik yang akan berdiri, sehingga dapat disimpulkan pabrik layak berdiri atau tidak. Laba kotor yang didapat sebesar \$ 625.642.270,99 sedangkan laba bersih setelah dikurangi pajak yaitu \$ 406.667.476,14. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kelayakan suatu pabrik yaitu :

a. Return On Investment (ROI)

Return on investment merupakan perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap (*fixed capital investment*) yang diinvestasikan. Pabrik

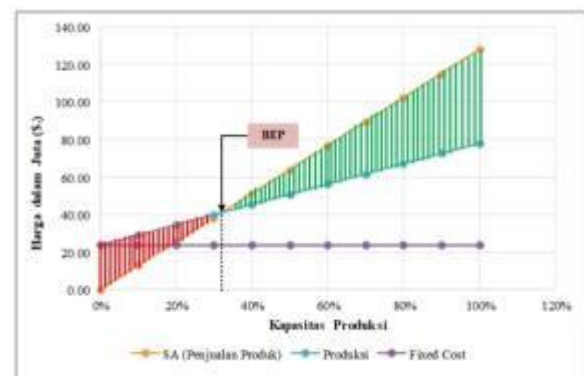
Akrilonitril mendapatkan ROI setelah pajak sebesar 59,54%.

b. Pay Out Time (POT)

Pay out time (POT) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal yang digunakan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Pay out time* (POT) pada pabrik Akrilonitril adalah 1,57 tahun.

c. Break Event Point (BEP)

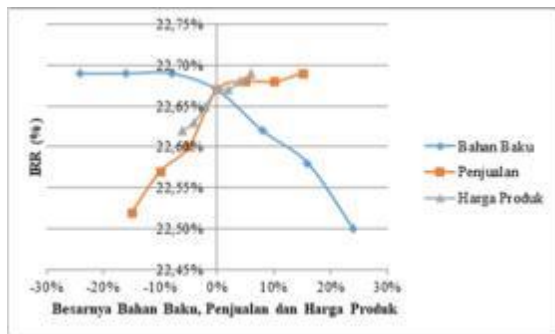
Break Event Point (BEP) merupakan kondisi dimana pabrik tidak mendapat keuntungan atau kerugian saat berhasil menjual sebagian produk dari jumlah kapasitas produksi. Pada pendirian pabrik akrilonitril keuntungan tercapai setelah pabrik memiliki kapasitas produksi diatas 35%, yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Break Event Point (BEP)

4.4 Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas berguna untuk mengetahui besarnya pengaruh perubahan persentase bahan baku, jumlah penjualan dan harga produk terhadap nilai IRR (*internal rate of return*) dengan metoda *trial and error*. Gambar 4.4 menunjukkan hasil plot analisis sensitivitas dengan variabel bahan baku, jumlah penjualan produk, serta harga produk.



Gambar 4.4 Grafik Analisis Sensitivitas

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat perubahan harga produk, bahan baku, dan jumlah penjualan saling mempengaruhi. Saat harga produk serta jumlah penjualan mengalami peningkatan maka nilai IRR juga meningkat atau berbanding lurus. Jika harga bahan baku meningkat, maka nilai IRR akan menurun atau berbanding terbalik. Nilai IRR yang tetap tinggi ketika ada perubahan terhadap harga bahan baku, produk dan jumlah penjualan menunjukkan bahwa pabrik akrilonitril ini layak untuk didirikan.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Pabrik akrilonitril menggunakan proses sohio memiliki kapasitas sebesar 128.000 ton/tahun dengan disain alat utama kolom absorber (A-101) yang dirancang tipe *packed bed column* memiliki tinggi 4,2084 m dan diameter kolom 0,5588 m. Produk akrilonitril yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 99,47%. Lokasi pabrik berada pada daerah Basilam Baru Kec. Sungai Sembilan Kota Dumai Provinsi Riau. Analisa kelayakan pabrik akrilonitril untuk didirikan, dapat dilihat dari analisis ekonomi, seperti nilai IRR yang diperoleh sebesar 22,67% lebih besar dari nilai RRR bank 22,55%. Kemudian nilai *net present flow* (NPV) sebesar \$ 2.504.738.736,6 lebih besar dibandingkan TCI yaitu \$ 69.433.493,7.

Dari kedua analisis ekonomi tersebut maka pabrik akrilonitril layak untuk berdiri.

5.2 Saran

Prarancangan pabrik akrilonitril diharapkan menggunakan proses yang berbeda dari proses sohio sehingga tidak ada produk samping yang membutuhkan biaya lebih untuk memisahkan dan mendapatkan produk utama sesuai dengan kemurnian yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L., E., & Young, E., H. 1959. *Process Equipment Design*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Cespi, D., F. Passarini., E. Neri., I. Vassura., & L. Ciacci. 2014. Life Cycle Assessment Comparison of Two Ways For Acrylonitrile Production: The Sohio Process and An Alternative Route Using Propane. *Journal of Cleaner Production*. 69 (17-25).
- Chemical Book. 2020. *Ammonia, propilen, dan akrilonitril*. <https://www.chemicalbook.com/Price/Acrylonitrile.htm>. 03 Maret 2020 (16.25).
- Peter, MS., K.D. Timmerhouse., & West. R.E. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- Sinnot, R., K. 2005. *Chemical Engineering Design, Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series, Volume 6, Fourth Edition*. Elsevier.