

PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI GLISEROL DENGAN DESAIN ALAT UTAMA KOLOM DISTILASI (D-102)

Mutiara Sri Balqis¹⁾, Ahmad Fadli²⁾

¹⁾ mutiara.sri3594@student.unri.ac.id, ²⁾ fadliunri@yahoo.com

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

ABSTRACT

Propylene glycol or 1,2-propanediol is an organic compound that has low toxicity so it is used as a raw material in food products, cosmetics, and medicines. Propylene glycol is used as a solvent and preservative, moisturizer, medicinal formula and viscosity stabilizer in paints. The purity of propylene glycol that meets USP (United States Pharmacopeia) standards is >99.5% The need for propylene glycol increases over time. The increase in demand for propylene glycol is projected at 5% per year based on data from the BPS (Badan Pusat Statistika) for the last 6 years. However, until now there has not been a single Indonesian company that produces propylene glycol, so domestic needs still rely on imports. The increasing need for imports will reduce the source of foreign exchange for the country. Therefore, the construction of a propylene glycol plant is indispensable. The purpose of this study is to get an overview of calculations regarding propylene glycol factories in Indonesia with the main design is a distillation column (D-102) which serves to increase the purity of propylene glycol. The type of distillation column used is the tray column with the diameter of column is 21,50 inch and the height of column is 425,19 inch. The operating conditions in the distillation column are temperature of 460°K and an operating pressure of 1 atm. Plant 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 propylene glycol plant is feasible to build with a 1,39-year POT, 42% BEP, 22.79% IRR, and 57% ROI.

Keywords: propylene glycol, distillation, economic analysis, imports

1. PENDAHULUAN

Propilen glikol adalah cairan jernih, kental dan tidak berwarna yang memiliki sedikit bau, rasa yang pahit-manis, dan tekanan uap rendah. Nama IUPAC dari propilen glikol adalah 1,2-propanadiol, rumus kimianya adalah $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ dan nama komersil yang umum digunakan adalah *Propylene Glycol Industrial* (PGI) dan *Propylene Glycol USP* yang merupakan tingkatan propilen glikol untuk penggunaan industri.

Propilen glikol atau 1,2-propadienol merupakan suatu senyawa organik yang memiliki sifat toksisitas yang rendah dan

sifat formulasi yang baik. Propilen glikol dapat digunakan sebagai bahan baku pada produk makanan, kosmetik dan obat-obatan. Beberapa kegunaan propilen glikol disektor industri kimia adalah sebagai bahan pengawet maupun pelarut dalam industri makanan, Bahan pelembut atau pelembab dalam industri kosmetik, Formula obat dalam industri farmasi, Aditif yang berfungsi sebagai penstabil viskositas dan warna dalam industri cat.

Propilen glikol dapat dimanfaatkan secara luas sebagai pelarut bahan organik dan dapat larut dengan sempurna dalam air. Kegunaan lain dari propilen glikol adalah sebagai pendingin untuk automobil

dan truk bermesin diesel (Knottnerus, 2007).

Produk propilen glikol haruslah memenuhi persyaratan pada monograf *Propylene Glycol* yang tercantum dalam Farmakope Amerika Serikat (USP) edisi terbaru, *European Pharmacopoeia* (EP), dan Kode Bahan Kimia Makanan (FCC). Kemurnian propilen glikol yang memenuhi standar USP adalah >99.5%. Propilen glikol dihasilkan dari proses hidrogenasi gliserol yang terdiri dari reaksi dehidrasi dan hidrogenasi serta pemurnian propilen glikol agar memenuhi standar kebutuhan pasar.

Kegunaan dari propilen glikol yang sangat banyak ini menyebabkan *demand* propilen glikol semakin meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan akan permintaan propilen glikol diproyeksikan sebesar 5% per tahun berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia untuk 6 tahun terakhir. Berdasarkan data impor propilen glikol yang didapat dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan impor propilen glikol pada tahun 2018 mencapai 35.092.567 kg/tahun. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kebutuhan propilen glikol di Indonesia masih bergantung pada impor. Namun, hingga saat ini belum ada satu pun perusahaan Indonesia yang memproduksi propilen glikol, sehingga seluruh kebutuhan untuk industri dalam negeri masih mengandalkan impor. Hal ini menyebabkan harga jual propilen glikol terus meningkat, sehingga pembuatan pabrik propilen glikol di Indonesia sangat diperlukan mengingat tingginya permintaan propilen glikol sebagai bahan baku pada industri farmasi, kosmetik, dan makanan di Indonesia. Oleh karena itu, pembangunan pabrik propilen glikol sangat diperlukan.

Tidak hanya itu, dengan adanya pabrik propilen glikol di Indonesia maka kegiatan ekspor juga dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dunia. Pabrik propilen glikol yang didirikan di Indonesia pun dapat mendukung industri kosmetik, makanan dan farmasi di Indonesia dan

dapat menciptakan lapangan kerja dan mempekerjakan tenaga kerja lokal.

Pabrik propilen glikol ini akan didirikan di Kawasan Industri Dumai, Pelintung, kota Dumai yang berjarak 188 km dari kota Pekanbaru, provinsi Riau. Kawasan ini sangat mendukung untuk distribusi produk ke daerah-daerah yang menggunakan propilen glikol sebagai bahan baku yaitu pada industri makanan, kosmetik, dan farmasi, terutama di daerah Sumatera. Selain itu, daerah Dumai sangat berpotensi untuk menunjang kelancaran distribusi bahan baku yang berasal dari PT. Wilmar Nabati Indonesia. Pabrik ini akan didirikan pada tahun 2025 dengan kapasitas produksi sebesar 70.000.000 kg/tahun.

2. BAHAN DAN URAIAN PROSES

2.1 Bahan pada Proses Distilasi

2.1.1 Acetol

Acetol atau hydroxyacetone adalah bahan kimia organik dengan rumus $\text{CH}_3\text{CCH}_2\text{OH}$. Acetol terdiri dari substituen alkohol primer pada aseton. Acetol merupakan cairan yang tidak berwarna dan dapat disuling. Acetol diproduksi secara komersial dengan reaksi dehidrasi gliserol. Acetol yang tidak bereaksi pada reaktor hidrogenasi akan terbawa bersama dengan produk, sehingga akan mengurangi kemurnian propilen glikol. Berikut spesifikasi acetol.

Tabel 2.1 Spesifikasi Acetol

Karakteristik	Nilai
Berat molekul	74.079 g.mol ⁻¹
Warna	Tidak berwarna
Rasa	Manis
Densitas	1.059 g/cm ³
Titik leleh	-17 °C
Titik didih	145-146 °C
Titik nyala	56 °C

2.1.2 Air

Air pada proses distilasi berasal dari hasil samping reaksi hidrogenasi. Air yang terikut bersamaan dengan produk akan

mengurangi kemurnian produk. Sehingga diperlukannya proses pemurnian propilen glikol dari senyawa air dan acetol.

2.1.3 Propilen Glikol

Propilen glikol merupakan produk utama yang dihasilkan pada pabrik ini. Kemurnian propilen glikol harus sesuai dengan standar, sehingga diperlukannya proses distilasi. Berikut spesifikasi dari propilen glikol.

Tabel 2.2 Spesifikasi Propilen Glikol

Karakteristik	Nilai
Rumus kimia	$C_3H_8O_2$
Berat molekul	$76.095 \text{ g.mol}^{-1}$
Warna	Tidak berwarna
Rasa	Tidak berasa
Densitas	1.036 g/cm^3
Titik leleh	$-59 \text{ }^\circ\text{C}$
Titik didih	$188.2 \text{ }^\circ\text{C}$
Viskositas	0.34 W/m-K
Titik nyala	$56 \text{ }^\circ\text{C}$

2.2 Uraian Proses

Tahap pembuatan propilen glikol meliputi reaksi dehidrasi, pemurnian aseton, reaksi hidrogenasi, dan pemurnian propilen glikol. Pertama-tama, gliserol diumpangkan ke reaktor (R-101). Di dalam reaktor (R-101) terjadi reaksi dehidrasi yaitu pelepasan molekul H_2O dari gliserol sehingga menghasilkan acetol. Reaksi ini terjadi secara reversibel dan endotermis, sehingga diperlukan penambahan panas untuk menjaga kesetimbangan reaksi pada reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor yang non isothermal dan berjenis packed bed dengan kondisi operasi adalah suhu $180\text{--}240^\circ\text{C}$ dan tekanan $0,5\text{--}3$ bar dengan waktu tinggal 30 menit.

Reaksi dehidrasi gliserol menjadi acetol terjadi dengan menggunakan katalis logam. Katalis logam yang digunakan pada proses ini adalah tembaga-kromium (Cu/Cr) dengan komposisi tembaga dalam CuO sebesar 40-60% berat dan krom dalam Cr_2O_3 sebesar 40-50% berat. Katalis ini berbentuk pellet silindris dengan

diameter 3,3 mm. Katalis yang digunakan sebanyak 5% dan menghasilkan konversi 90,62-90,96%.

Produk dari reaktor akan diumpangkan ke kolom distilasi (D-101). Didalam kolom distilasi akan terjadi pemisahan antara acetol dengan gliserol. Dimana, *bottom* produknya adalah gliserol yang akan di diproses di reaktor (R-102) dan top produk berupa acetol dan air akan memasuki sistim pengolahan limbah.

Sebelum masuk ke reaktor gas hidrogen murni akan di *mixing* dengan gas hidrogen daur ulang pada *mix point* (MP-101). Selajutnya, gabungan gas hidrogen akan diumpangkan ke dalam reaktor (R-102). Di dalam reaktor (R-102) akan terjadi reaksi hidrogenasi antara gabungan gas hidrogen dan acetol dengan bantuan katalis Cu-Cr. Aktivasi dari katalis dan reaksi hidrogenasi memakan waktu sekitar 4 jam, sehingga proses pada reaktor hidrogenasi terjadi semi-batch dengan masukan umpan pada reaktor dilakukan secara kontinu dan keluaran reaktor dilakukan secara batch. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor fixed bed. Kondisi operasi di reaktor (R-102) adalah suhu 300°C dan tekanan 14 bar.

Produk dari reaktor hidrogenasi akan diteruskan ke *flash drum* (F-101). Didalam *flash vessel* akan terjadi pemisahan antara propilen glikol dengan gabungan gas hidrogen. Dimana, *up* produknya adalah gabungan gas hidrogen yang tidak terkonversi akan di *recycle* ke reaktor (R-102), sedangkan *bottom* produknya adalah propilen glikol yang akan diumpangkan kolom distilasi (D-102). Didalam kolom distilasi (D-102) terjadi pemisahan antara propilen glikol dengan campuran air dan acetol yang tidak terkonversi. *Up* produk dari kolom distilasi adalah acetol dan air, sedangkan *bottom* produk kolom distilasi adalah propilen glikol dengan kemurnian 99,75%.

3 METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam perancangan pabrik propilen glikol ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan.
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada setiap unit.
3. Perhitungan jaringan alat penukar panas dan massa.
4. Perhitungan dan disain setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan. Penentuan spesifikasi setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan.
5. Penambahan system pengendalian dan instrumentasi proses yang dibutuhkan dalam pabrik.
6. Analisa dan disain alat utama
7. Analisa ekonomi yang meliputi :
 - a. Analisa pasar, prospek industri dan pemasaran produk.
 - b. Penentuan kapasitas produksi, kebutuhan akan produk yang akan dihasilkan.
 - c. Manajemen yang meliputi pemelihan lokasi pendirian pabrik dan pertimbangan-pertimbangan pendukung.
 - d. Studi kelayakan pasar, kelayakan teknis, kelayakan manajemen, studi kelayakan budaya, studi kelayakan lingkungan dan studi kelayakan legal.
 - e. Struktur organisasi pabrik yang meliputi sistem kerja karyawan, jumlah karyawan, sistem penggajian karyawan dan kesejahteraan karyawan.
 - f. Melakukan perhitungan ekonomi dari penaksiran harga peralatan utama dan utilitas.
 - g. Melakukan perhitungan ekonomi dan kelayakan ekonomi dari pabrik yang mencakup :
 - Perkiraan biaya pembangunan pabrik berdasarkan spesifikasi

yang telah dibuat dan biaya *manufacturing* berdasarkan kebutuhan bahan baku dan utilitas pada neraca massa dan energi.

- Menilai kelayakan ekonomi pabrik dengan memperkirakan aliran kas tahunan dan kemudian menghitung parameter kelayakan yaitu, *Return on Investment* (ROI), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Break-Even Point* (BEP).
- Melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi kelayakan proyek. Analisis dilakukan terhadap variabel-variabel: harga bahan baku, harga produk, penjualan, dan gaji karyawan. Prosedurnya adalah memvariasikan nilai suatu variabel dengan menjaga variabel-variabel lainnya tetap (*ceteris paribus*) untuk melihat kecenderungan pengaruhnya terhadap keuntungan serta nilai maksimal atau minimalnya agar hasil operasional pabrik memberikan IRR lebih besar dari minimum.

4 Disain Alat Utama Menara Destilasi (D-102)

Pada perancangan pabrik ini digunakan menara destilasi 1 (D-101) untuk memisahkan air dari campuran acetol dan menara destilasi 2 (D-102) memisahkan acetol dan air dari campuran propilen glikol. Distilasi yang dirancang merupakan distilasi pemurnian produk akhir propilen glikol.

Top product dari kolom destilasi sebagian besar terdiri dari air dan acetol yang tidak bereaksi dan tidak terpisahkan pada proses sebelumnya. *Bottom product* dari unit ini berupa propilen glikol dengan kemurnian 99,75% yang dialirkan ke *storage* penyimpanan akhir.

Perancangan kolom destilasi dilakukan atas beberapa tahapan, yaitu :

1. Menentukan tipe kolom destilasi
2. Menentukan bahan konstruksi destilasi
3. Menentukan kondisi operasi
4. Menentukan dimensi kolom destilasi
5. Mendisain perpipaian dan *nozzle*
6. Menghitung tebal isolasi menara destilasi
7. Mendisain peralatan penunjang menara destilasi yaitu *skirt support, anchor bolt, anchor bolt chair, base ring*
8. Menentukan *manhole*

Langkah utamanya yaitu menentukan persyaratan tahap (*stage*) dan refluks. Tahapan diatas merupakan prosedur yang relatif sederhana saat umpan yang masuk adalah campuran biner (dua komponen), namun tahapan diatas akan lebih rumit saat umpan merupakan sistem multikomponen (Sinnot, 2005). Adapun data pendukung yang harus dipersiapkan untuk perancangan menara destilasi yaitu

1. Neraca massa tiap unit distilasi.
2. Data sifat fisik dan kimia komponen.
3. Bilangan Antoine untuk tiap komponen. Sehingga harga konstanta kesetimbangan fasa uap-cair (K) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$K = \frac{P^o}{P_t}$$

4. Penentuan kondisi operasi umpan, atas dan bawah menara.
5. Data titik didih tiap komponen. Sehingga dapat ditentukan rata-rata relative volatility:

$$\alpha_{LK,average} = \sqrt{\alpha_{LK,top} \cdot \alpha_{LK,bottom}}$$

6. Data laju alir distilat dan laju alir bottom. Penentuan jumlah stage minimum pada total refluks menggunakan persamaan Fenske yang membutuhkan data fraksi mol komponen *light* dan *heavy* pada distilat dan *bottom*, data laju alir

distilat dan *bottom*, serta data rata-rata *relative volatility* (Geankoplis, 1993):

$$N_m = \frac{\log \left[\left(\frac{x_{LD} \cdot D}{x_{HD} \cdot D} \right) \left(\frac{x_{HW} \cdot W}{x_{LW} \cdot W} \right) \right]}{\log(\alpha_{L,av})}$$

7. Konstanta *underwood* untuk perhitungan refluks minimum (Rmin). Harga konstanta *underwood* (θ) dicari menggunakan metode *trial and error* hingga didapat nilai $1 - q = 0$ menggunakan persamaan Underwood (Sinnot, 2005):

$$1 - q = \sum \frac{\alpha_i x_{i,f}}{\alpha_i - \theta}$$

8. Data Rmin untuk penentuan Refluks Operasi (R).
9. Jumlah stage, N ditentukan dengan menggunakan Erbar Maddox Correlation.
10. Data fraksi komponen umpan untuk menentukan letak *feed-plate*, Ns dan Ne, Letak *feed-plate* dapat ditentukan menggunakan metode Kirkbride
11. Perhitungan diameter Menara:

$$Dc = \left[\frac{4 \times At}{\pi} \right]^{0,5}$$

12. Diperlukan data diameter kolom (Dc) dan luas penampang kolom (At) untuk perancangan *plate (tray)* pada menara bagian *rectifying* maupun *stripping*.
13. Diperlukan data tinggi weir, diameter lubang dan tebal plate, penentuan data diatas dijelaskan pada buku Coulson Sub-bab 11.13.8, dan untuk mendapatkan panjang weir dapat dihitung menggunakan grafik 11.3-1 di buku Coulson.
14. Jumlah *plate* aktual dihitung pada bagian *rectifying* dan bagian *stripping*.
15. Dari jumlah *plate* aktual di bagian *rectifying* dan *stripping*, maka dapat ditentukan tinggi menara distilasi yaitu (Sinnot, 2005) :

$$h_{menara} = (\text{panjang ruang kosong diatas plate pertama}) + (\text{panjang ruang kosong dibawah plate terakhir}) + t_s (N - 1)$$

16. Menghitung dimensi Menara, dimana rumus tebal shell dan head sebagai berikut:

$$t_{shell} = \frac{P \cdot r_i}{S \cdot e - 0,4 P} + c$$

$$t_{head} = \frac{P \cdot d}{2 \cdot S \cdot e - 0,2 P} + c$$

17. Menghitung alat pendukung Menara destilasi:

- Desain perpipaan dan *nozzle*

$$d_{i_{opt}} = 260 \cdot G^{0,52} \rho^{-0,37}$$

- Pengaruh Angin Terhadap Ketebalan *Shell* Menara
- Tebal *skirt* ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$t = \frac{12MT}{R^2 \pi SE} + \frac{W}{D \pi SE}$$

- Desain *anchor bolt & anchor bolt chair*
- Lebar base ring ditentukan dengan menggunakan persamaan (Megyesy,1983):

$$l = \frac{P_c}{f_b}$$

- Perancangan *flange* pada sambungan *head* dengan *shell*.
- Perhitungan baut menggunakan rumus:

$$n = \frac{Am_1}{Root Area}$$

- Perhitungan tebal *flange*

$$t = \sqrt{\frac{yM_{max}}{f_a B}}$$

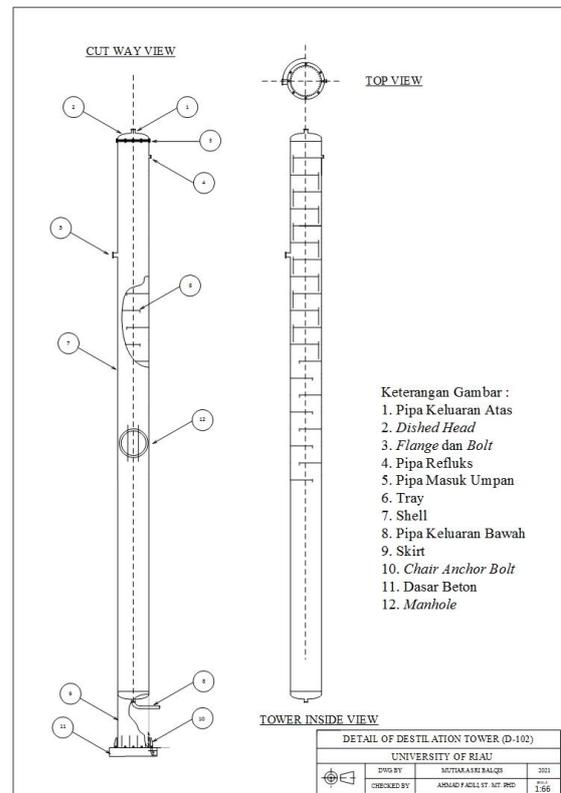
Adapun hasil perancangan menara destilasi propilen glikol didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Menara Destilasi

SPESIFIKASI MENARA DISTILASI		
Menara Distilasi O-xylene	Kode	D-102
	Fungsi	Memisahkan acetol dan air dari propilen glikol
Operating Data		
Temperatur Operasi	460.77° K	
Tekanan Operasi	1 atm	
Laju Alir Distilat	721.479 kg/jam	
Laju Alir Bottom	8762.9321 kg/jam	
MATERIAL DAN DESAIN		

Jenis Shell	<i>Cylindrical shell</i>
Material	<i>Carboon steel SA-283 Grade C</i>
Tegangan diizinkan, (f)	13700 psi
Efisiensi Sambungan (E)	0,8
Faktor Korosi (C)	0,125 in
Diamter Dalam (ID)	21.883 in
Diameter Luar (OD)	21.5089 in
Tinggi (H)	425.19 in
Tebal <i>Shell</i> (ts)	0.1872 in
Tekanan <i>Design</i>	1.2 atm
Tebal <i>Head</i> (th)	0.1588 in
Sf	2 in
Icr	1.5 in
Tinggi <i>head</i> (OA)	5.677 in
PLATE	
Downcomer Area	43.55 in ²
Active Area	276.055 in ²
Hole Diameter	0.196 in
Hole Area	82.15 in ²
Tinggi Weir	1.96 in
Tebal Plate	0.19 in
Jenis Aliran	<i>Single Pass</i>
Jumlah hole	293 Lubang

Adapun bentuk dari menara destilasi dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Detail Menara Destilasi

Spesifikasi dari alat pendukung menara destilasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

investor dan 60% merupakan modal pinjaman yang berasal dari bank.

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Pendukung

Ukuran Nozzle	
Pipa Feed, IPS	2 in
Pipa Keluaran Atas, IPS	4 in
Pipa Keluaran Bawah, IPS	1.5 in
Pipa Refluks, IPS	0.25 in
Flange Pada Sambungan Head Dengan Shell	
Material Flange	SA 283 Grade C
Tegangan dari Material Flange	17.000 psi
Diameter Luar Flange (A)	23.06 in
Diameter Dalam Flange (B)	21.88 in
Tebal Flange	0.1875 in
Material Gasket	Asbestos Composition
Lebar Gasket	0.15 in
Diameter Gasket	22.08 in
Material Baut	SA 193 Grade B6
Tegangan dari Material Baut	20.000 psi
Ukuran Baut	1.25 in 0,0413 m
Jumlah Baut	8 buah

Manhole	
Diameter Manhole	20 in
Ketebalan Cover Plate	0,375 in
Bolting-flange after finishing	0,75 in
Ketebalan Manhole	0,375 in
Ukuran Fillet Weld A	0,1875 in
Ukuran Fillet Weld B	0,3125 in
Approx Radius, R	0,375 in
Width of Reinforcing Plate	54 in
Diameter Bolt Circle (DB)	26,25 in
Diameter of Cover Plate	28,75 in
PENYANGGA MENARA DISTILASI	
Jenis Penyangga	Skirt
Diameter Luar Skirt (OD)	27.916 in
Tebal Skirt	0.1875 in
Ukuran Baut	1,625 in
Lebar Base Ring	3.2917 in
Ketebalan Base Ring	1.0533 in

5 Analisa Kelayakan Ekonomi

5.1 Plant Cost Estimation

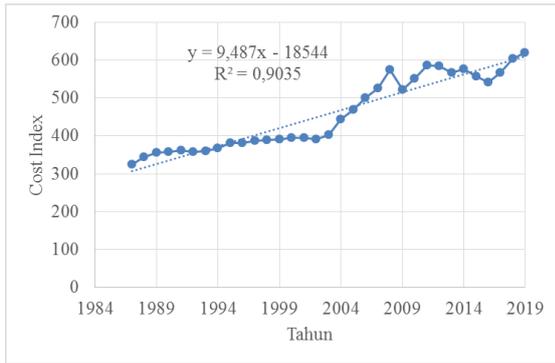
Plant cost estimation merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik dari awal konstruksi hingga beroperasi. Modal investasi yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik diperoleh dari investor, dengan perkiraan 40% modal berasal dari

5.1.1 Modal Investasi Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed capital investment merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik hingga pabrik tersebut beroperasi. Investasi modal tetap merupakan modal yang diperlukan untuk peralatan proses yang terpasang dengan semua tambahan yang diperlukan untuk operasi proses yang lengkap. Biasanya disebut dengan istilah modal investasi (*capital investment*). FCI terbagi menjadi dua, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. FCI yang diperoleh sebesar Rp 373.907.500.073 Dimana biaya langsung sebesar Rp 248.138.613.685 dan biaya tidak langsung sebesar Rp 24.813.861.368

Biaya langsung merupakan biaya yang terlibat secara langsung dengan material dan tenaga kerja. Adapun biaya langsung terdiri dari biaya pembelian alat, *instalation equipment and painting, piping, electrical system, building, service facilities, yard Improvement, dan land.* Sedangkan biaya tidak langsung terdiri dari *engineering and supervision, legal expenses, construction expenses,* dan kontingensi.

Biaya peralatan pada tahun pendirian pabrik ditentukan dengan menggunakan indeks harga *chemical engineering plant cost* dengan pertimbangan bahwa perancangan pabrik yang berbasis kimia atau proses – proses terbaru sesuai dengan indeks *chemical engineering plant cost.* Untuk mengetahui indeks harga pada tahun 2020, digunakan metode regresi *linear*, pada regresi ini diplotkan data nilai cost indeks dari tahun 1993-2019 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Regresi Linear dari Tahun 1993-2019

Berdasarkan metode regresi linear dapat diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$y = 9.487x - 18544$$

Untuk mencari indeks harga pada tahun selanjutnya dapat memasukkan x sebagai indikator tahun dan nilai y sebagai nilai indeks harga pada tahun x .

Tabel 5.1 Regresi Linear *Chemical Engineering Plant Cost Index*

No	Tahun	Indeks
1	2020	618.7
2	2021	628.18
3	2022	637.67
4	2023	647.15
5	2024	656.64
6	2025	666.12

Perkiraan harga alat pada tahun 2025 dihitung dengan persamaan :

$$C_p = C_o \frac{I_p}{I_o} \left[\frac{V_p}{V_o} \right]^n$$

Sehingga didapatkan total harga peralatan Rp 118.161.244.612

5.1.2 Working Capital Investment (WCI)

Working capital investment merupakan jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Pada industri kimia perhitungan WCI adalah 10 - 20% dari biaya *fixed capital investment* (Peters, et al., 2003). Rentang yang digunakan 15% dari biaya *fixed capital investment*, sehingga biaya *working*

capital investment adalah Rp 65.983.676.483.

5.2 Production Estimation Cost

Biaya produksi total adalah biaya keseluruhan yang dikeluarkan pada pengeluaran bahan baku menjadi produk hingga pemasaran. Biaya produksi total diperoleh dengan menjumlahkan *manufacturing cost* dan *general expenses*. Sehingga didapatkan total biaya produksi pada pabrik propilen glikol adalah Rp 3.261.858.483.889

5.3 Analisa Kelayakan Ekonomi Pabrik

Adapun analisis kelayakan suatu pabrik layak didirikan dilakukan melalui perhitungan *pay back period*, *internal rate of return*, *return of investment*, *Break even point*, dan analisis sensitivitas.

5.3.1 Internal Rate of Return (IRR)

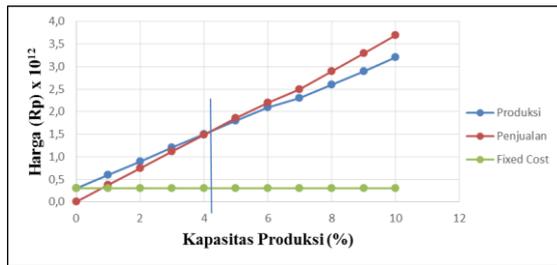
Merupakan tingkat suku bunga dari suatu proyek dalam jangka waktu tertentu, yang bila dipakai untuk mencari harga saat ini, dari nilai penerimaan dan pengeluaran akan sama dengan jumlah investasi yang ditanam (Peters *et al*, 2003). Pada pabrik ini, nilai IRR sebesar = 22.79%.

5.3.3 Return of Investment (ROI)

Return of investment (ROI) merupakan pengembalian modal tiap tahun. ROI menjadi dasar penentuan kelayakan pabrik paling sederhana, pada pabrik didapat nilai ROI adalah 57%.

5.3.4 Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik dimana hasil produksi tidak memberikan keuntungan akan tetapi juga tidak memberikan kerugian (titik impas). BEP didapat dengan menghubungkan tiga variabel biaya yaitu *fixed cost*, biaya produksi, dan biaya penjualan. Pada pabrik ini nilai BEP adalah 42%. Adapun grafik BEP terdapat pada Gambar 5.2

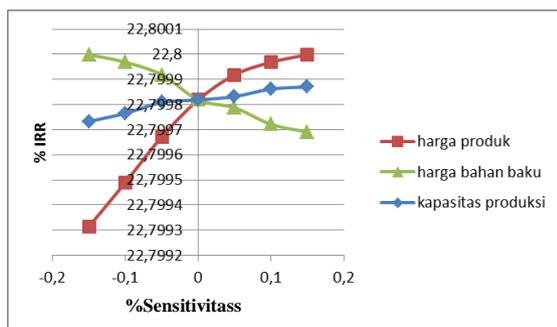


Gambar 5.2 BEP

5.3.5 Analisis Sensitivitas

Analisa sensitivitas bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh perubahan persentase bahan baku, investasi, penjualan dan kapasitas produksi terhadap nilai *Internal Rate of Return* (IRR) dalam perhitungan ekonomi pra-rancangan pabrik ini dengan metode *trial and error*.

Adapun grafik sensitivitas dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Analisis Sensitivitas Terhadap IRR

Dari Gambar 5.3 terlihat bahwa parameter harga produk, harga bahan baku, dan kapasitas produksi berpengaruh terhadap ekonomi dari pabrik. Kapasitas produksi dan harga produk memperlihatkan trane peningkatan ketika terjadi perubahan kapasitas dan harga sedikit saja. Ketika kapasitas naik dan harga produk naik maka nilai IRR juga akan naik. Namun berbanding terbalik dengan harga bahan baku. Ketika terjadi peningkatan pada harga bahan baku maka nilai IRR akan menurun. Sehingga kesimpulan dari Gambar 5.3 menyatakan bahwa pengambilan keputusan dari ketiga parameter tersebut mempengaruhi ekonomi pabrik.

6. KESIMPULAN

Dari hasil prarancangan pabrik propilen glikol dapat disimpulkan bahwa pabrik akan dibangun dengan kapasitas produksi sebesar 70.000.000 kg/tahun. Proses yang dipilih dalam pembuatan propilen glikol adalah proses reaksi hidrogenasi.

Desain alat utama pada prarancangan pabrik ini adalah kolom destilasi (D-102) yang dirancang untuk memisahkan campuran acetol dan air dari produk propilen glikol dengan tinggi menara 10,8 m dan diameter 21,5 in dengan jenis *sieve tray*. Kemurnian propilen glikol yang dihasilkan adalah 99,75%.

Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi, pabrik propilen glikol layak untuk dibangun. *Total Capital Investment* (TCI) adalah sebesar Rp 439.891.176.556,58 dengan pembagian antara modal sendiri dengan pinjaman bank adalah 50:50 %. Nilai dari BEP (Break Even Point) pada pabrik adalah 42 % dengan kapasitas produksi awal sebesar 80 %. Lokasi pabrik terpilih adalah di daerah di Kawasan Industri Dumai, Pelintung, Kota Dumai, Provinsi Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Aiche Distillation Trays as Mechanical Equipment diakses dari <https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/webinars/20161214-sloleya-distillationtraysasmechanicalequipm ent.pdf>. Diakses pada tanggal 12 Februari pukul 12.00 WIB.
- Badan Pusat Statistik diakses dari <https://www.bps.go.id/>. Diskses pada tanggal 12 Oktober 2020 pada pukul 10.00 WIB.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959. *Process Equipment Design* 1st Editions. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983. *An Introduction to Chemical Engineering*. Allyn and Bacon Inc., Massachusetts.

- Denys, F. and Willem, D. V. 2013. "Gas Composition Transition Agency Report 2013". Ministerie van Economische Zaken, Agentschap NL.
- Geankoplis, C., J. 1993. Transport Processes and Separation Process Principle. *Pearson Education International*. New Jersey
- Google Maps diakses dari <https://www.google.com/maps/@1.6536398,101.6394965,3134m/data=!3m1!1e3>. Diakses pada tanggal 1 Maret 2021 pada pukul 14.14 WIB.
- Graham Chemical diakses dari <https://www.grahamchemical.com/propylene-glycol-1>. Diakses pada tanggal 25 Oktober 2019 pada pukul 15.00 WIB.
- Hidayati, N. and Warnana, D., D. 2017. Analisis Kelayakan Finansial Pengembangan Kelas Alam Terbuka Kebumihan dan Lingkungan Berkonsep Bekreasi dan Inspirasi untuk Anak di Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*. Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hunstman. 2009. Propilen glikol-USP. Huntsman Corp
- Knottnerus, J.A. 2007. Propylen Glycol (1,2-Propanediol). Healthcouncil, Hauge.
- Kongjao, S., Damronglered, S. and Hunsom, M. 2010. Purification Of Crude Glycerol Derived From Waste Used Oil Methyl Ester Plant. *Korean J. Chem. Eng* 27, 944-949.
- Megyesy E. F., 1983. Pressure Vessel Handbook. Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Peta Digital Administrasi diakses dari www.lapakgis.com. Diakses pada tanggal 22 Oktober 2019 pada pukul 17.56 WIB.
- Packed Bed diakses dari https://www.ryantoomey.org/index.php?title=Packed_bed. Diakses pada 1 Maret 2021 pukul 15.17 WIB.
- Peter, MS., Timmerhause, KD., and West, R., E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, New York: McGraw Hill Book Co.
- Sinnot, R., K. 2005. Couloson & Richardson's Chemical Engineering Design. Volume 6. 4th Edition. Oxford. Heinemann
- Suppes, G.J., William, R. S. and Mohanprasad, D. 2011. "Method Of Producing Lower Alcohols From Glycerol". US Patent, 7.943.805 B2.
- Tower Packing diakses dari www.tower-packing.com. Diakses pada tanggal 1 Maret 2021 pada pukul 15.03 WIB.
- Turton, R., J. A Shaewitz, D. Bhattacharyya, and W. B. Whiting. 2018. "Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes". 5th Ed. Prentice-Hall, Inc.
- Van Winkle. 1967. Distillation. Mc Graw Hill, New York.
- Walas, S.M., 1988. Chemical Process Equipment Selection and Design. 3rd editions. Butterworth, United States of America.
- Widiyarti, G. 2001. Karakterisasi Katalis Cu-Cr/Kieselguhr. Reaktor Vol. 5 : 12-15