

PRARANCANGAN PABRIK 1-HEXANA DARI ETILEN MENGGUNAKAN PROSES ALPHAHEXOL DENGAN DISAIN ALAT UTAMA REAKTOR OLIGOMERISASI

Priska Tantino¹⁾, Padil²⁾

Laboratorium Perancangan Produk

Porgram Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293

¹⁾priska.tantino6022@student.unri.ac.id, ²⁾fadilpps@yahoo.com

ABSTRACT

1-Hexene is a raw material in plastic production and classified as a linear alpha olefin compound. This compound is used as a co-monomer in the production of polyethylene, manufacture of lubricants, manufacture of surfactants and alcohol. The use of 1-hexene in the production of High-density polyethylene (HDPE) and linear low-density polyethylene (LLDPE) is one of the co-monomers. The need for 1-hexana in Indonesia is increasing over time, but in Indonesia there is no factory that produces 1-hexene. Therefore, the need for 1-hexene has increased significantly in 2018. The increasing need for imports will reduce the source of foreign exchange for the country. So that the establishment of the 1-hexene plant can reduce the need for imports and can increase the country's foreign exchange. The location of the 1-hexana factory is planned to be in the RU II Dumai industrial area with a factory capacity of 100,000 tons / year. The main design is an oligomerization reactor (R-101) which functions to react ethylene by trimerizing to 1-hexene with a 1-octene as a by-product. The type of reactor used is a stirred tank flow reactor. The operating conditions in the reactor were 423.15 K and 30 bar. 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 1-hexana plant is feasible to build with a PBB of 2 years, an IRR of 22.7433%, an ROI of 39.388%, and a BEP of 54%.

Keywords: 1-Hexene, Alphahexol, Analysis economic feasibility of plant, Ethylene.

1. PENDAHULUAN

1-Hexana merupakan bahan baku dalam produksi plastik dan tergolong ke dalam senyawa *linear alpha olefin*. Olefin adalah nama umum yang digunakan untuk senyawa alkena dimana terdapat ikatan rangkap pada salah satu atom C. *Linear alpha olefin* mengacu pada senyawa alkena yang tidak bercabang dan memiliki ikatan ganda pada atom karbon pertama atau '*alpha*' dalam rantai karbon. Adapun senyawa yang tergolong kedalam linear alpha olefin adalah *1-butene*, *1-hexene*, *1-heptene* dan *1-octane* (Arthur, 2013).

Permintaan 1-hexana sangat tinggi di Amerika Utara, Eropa Barat dan Asia, termasuk Indonesia. Hal ini dikarenakan

pemanfaatan 1-hexana dalam produksi *High-density polyethylene* (HDPE) dan *linear low-density polyethylene* (LLDPE) yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam produksinya, 1-hexana digunakan sekitar 2 – 4% dan 8 – 10% dari *co-monomer*. HDPE dan LLDPE digunakan sebagai kemasan untuk makanan dan minuman, karena memiliki sifat tidak bereaksi dengan makanan atau minuman yang dikemasnya (Pharm Chemical, 2019).

Contoh produk yang dihasilkan dari HDPE seperti PVC, ember, galon, gelas plastik, dan sebagainya. Sedangkan produk yang dihasilkan dari LLDPE seperti kantong plastik, *plastic wrap*, tutup

botol, pipet dan sebagainya (Liege, 2019). Selain itu, 1-hexana juga digunakan sebagai *co-monomer* dalam pembuatan pelumas karena memiliki berat molekul yang rendah serta fleksibilitas yang tinggi dan sebagai bahan kimia dalam sintesis rasa, parfum, pewarna serta resin.

Saat ini hanya ada beberapa pabrik yang memproduksi 1-hexana, diantaranya adalah Axens, Mitsui Chem dan lain-lain. Pendirian pabrik 1-hexana merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan produksi bagi pabrik yang bergerak di bidang industri polietilen, pelumas, surfaktan, heptanol dan alkohol. Selain itu pendirian pabrik ini dapat dijadikan sebagai upaya untuk meningkatkan daya guna etilen di Indonesia.

Kebutuhan 1-hexana di Indonesia semakin lama semakin meningkat, namun di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi 1-hexana. Kebutuhan bahan baku ini mengalami peningkatan signifikan di tahun 2018. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Indonesia masih mengimpor 1-hexana dari negara lain seperti Eropa, Cina, dan Amerika. Adapun data impor 1-hexana di Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 1.1 Data Impor 1-Hexana di Indonesia

Bulan	Tahun (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	37.296	1	981	12.495	342.643
Februari	312	24.828	16.396	46.244	159.236
Maret	97	12.769	24.640	224	25.222
April	25.859	25.022	15.502	15.288	846.265
Mei	49.329	0	12.480	12.569	375
Juni	49.672	12.851	810	16.219	1.399
Juli	12.160	31	0	171	13.129
Agustus	14.067	1.618	24.656	13.426	152.446
September	12.932	16	16.362	12.512	70.304
Oktober	27.106	17	22	1.666	258.299
November	12.164	12.501	0	184	222.236
Desember	39.081	16.417	16.139	15.587	367.917
Total	280.075	106.071	127.988	146.585	2.459.471

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019)

Dari Tabel 1.1 diketahui bahwa kebutuhan impor 1-hexana di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Sehingga dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki ketergantungan impor terhadap 1-hexana. Meningkatnya kebutuhan Impor akan mengurangi sumber devisa negara.

Pabrik 1-hexana direncanakan akan didirikan di daerah kawasan industri Pertamina RU II Dumai, Riau. Kawasan ini sangat mendukung untuk distribusi produk ke daerah-daerah yang menggunakan 1-hexana sebagai bahan baku yaitu perusahaan plastik terutama di daerah Sumatera, seperti PT. Sinar Utama Nusantara, PT. Kartika Plasindo Pratama dan PT. Budi Acid Jaya. Selain itu, 1-hexana juga didistribusikan ke luar Pulau Sumatera, seperti PT. Abadi Adi Mulia, PT. Anta Tirta Karisma, PT. APRIL Limas Plastik Industri, dan sebagainya. Kawasan ini juga untuk mempermudah distribusi bahan baku yang berasal dari dari PT. Lotte Chemical Titan, Johor, Malaysia.

Selain dekat dengan bahan baku juga, kawasan ini juga dekat dengan Selat Malaka yang dapat digunakan sebagai sumber air. Energi listrik, komunikasi dan jaringan transportasi serta beberapa fasilitas lain sudah tersedia dengan baik di rencana lokasi pabrik.

2. DESKRIPSI PROSES

2.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Pembentukan 1-hexana dari proses AlphaHexol menggunakan umpan bahan baku etilen dengan katalis *chromium tris (2-ethylhexanoate)*, kokatalis *diphenyl ether*, aktivator *triethyl aluminium*, dan pelarut berupa *o-xylene* (Klemps, 2009).

2.2 Tahap Reaksi

Reaktor berfungsi untuk mengkonversi etilen menjadi 1-hexana dengan produk samping berupa 1-oktena. Kondisi operasi yang digunakan dalam reaktor berada temperatur 140°C dengan tekanan 30 bar. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi trimerisasi etilen.

Reaktor (R-101) yang digunakan dalam proses ini adalah *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR). Pemilihan CSTR dikarenakan untuk menghindari oligomerisasi rantai panjang dan dapat menghasilkan produk yang spesifik. CSTR menghasilkan pengotor yang lebih rendah sehingga penyumbatan dalam reaktor dapat diminimalisir dan dapat mengurangi biaya perawatan reaktor. Hasil dari reaktor berupa 1-hexana, 1-oktena, pelarut, etilen yang tidak bereaksi dialirkan ke unit *catalyst removal* (T-100).

2.3 Tahap Pemisahan Katalis

Tahap pemisahan katalis (*catalyst removal*) bertujuan untuk memisahkan katalis dari campuran dengan menggunakan kolom destilasi. Kondisi operasi unit ini berada pada temperatur -4,8°C dengan tekanan 4,64 bar di *top stage* dan temperatur 232°C dengan tekanan 5,35 bar di *bottom stage*.

Pada *catalyst removal* (T-100) terjadi pemisahan *o-xylene* dan *chromium tris (2-ethylhexanoate)* dari produk olefin yang berupa 1-hexana dan 1-oktena serta etilen yang tidak bereaksi. Kondensator (E-101) pada unit ini adalah kondensator uap-cair parsial yang bertujuan untuk memisahkan sebagian etilen yang tidak bereaksi dalam fasa uap dengan sebagian besar produk dan etilen yang tidak bereaksi dalam distilat cair. *Bottom product* dari *catalyst removal* (T-100) berupa *o-xylene* dan *chromium tris (2-ethylhexanoate)* dialirkan melalui pompa (P-103) ke dalam *o-xylene tower* (T-105) untuk diproses lebih lanjut.

2.4 Tahap Pemisahan Pelarut

Tahap pemisahan pelarut bertujuan untuk membersihkan aliran pelarut agar dapat mencegah akumulasi olefin rantai panjang yang tidak dinginkan di dalam reaktor. Kondisi operasi unit ini berada pada temperatur 4°C dengan tekanan 3 bar di *top stage* dan temperatur 210,9°C dengan tekanan 3,45 bar di *bottom stage*. *Bottom product* yang dihasilkan dari unit

catalyst removal dialirkan ke dalam *o-xylene tower* (T-105).

Top product dari *o-xylene tower* (T-105) berupa distilat cair yang sebagai besar terdiri dari *o-xylene* dialirkan ke dalam pendingin (E-114) untuk menyesuaikan suhu pada *mixing tank*. Aliran keluaran pendingin dicampurkan ke dalam *mixing tank*. *Bottom product* dari unit ini berupa 1-dekena dan 1-dodekena dialirkan ke tangki *rotary kiln* sebagai bahan bakar. 1-dekena dan 1-dodekena disimpan dalam tangki *rotary kiln* dengan atap kerucut dan berbahan *carbon-steel*. Kondisi operasi berada pada temperatur 30°C dengan tekanan 1 bar.

2.5 Tahap Etilen Removal

Tahap etilen *removal* bertujuan untuk memisahkan sisa etilen yang tidak bereaksi dengan produk 1-hexana dan 1-oktena serta pelarut dari unit *catalyst removal* (T-100). Kondisi operasi unit ini berada pada temperatur -5,6°C dengan tekanan 14 bar di *top stage* dan temperatur 98,67°C dengan tekanan 12 bar di *bottom stage*. Distilat cair yang dihasilkan dari unit *catalyst removal* dimasukkan ke dalam *ethylene removal* (T-101).

Top product dari etilen *removal* berupa uap distilat dengan kemurnian etilen hampir 100% dikompres dengan kompresor (C-100) dialirkan ke dalam pendingin (E-116), aliran didinginkan hingga berubah dari fasa uap menjadi fasa cair kemudian dialirkan ke dalam *mixing tank* untuk dicampurkan dengan etilen *recycle* dari unit *catalyst removal* (T-100). *Bottom product* dari unit ini berupa 1-hexana, 1-oktena dan pelarut dialirkan ke dalam *C6 tower* (T-102) untuk diproses lebih lanjut.

2.6 Tahap Pemisahan 1-Hexana

Tahap pemisahan 1-hexana bertujuan untuk memisahkan 1-hexana dari 1-oktena dan pelarut dengan menggunakan *C6 tower* (T-102). Kondisi operasi unit ini berada pada temperatur 137°C dengan tekanan 6,74 bar di *top*

stage dan temperatur 232°C dengan tekanan 7,35 bar di *bottom stage*. *Bottom product* yang dihasilkan dari unit etilen *removal* dialirkan ke dalam *C6 tower*.

Top product dari *C6 tower* adalah distilat cair yang berupa 1-hexana dengan kemurnian yang tinggi. Produk 1-hexana kemudian disimpan dalam 1-hexana *storage tank*. 1-Hexana disimpan dalam tangki penyimpanan dengan atap kerucut dan berbahan *carbon-steel*. Kondisi operasi berada pada temperatur 30°C dengan tekanan 1 bar. *Bottom product* dari unit ini berupa 1-oktena dan pelarut dialirkan ke dalam *C8 tower* (T-103) untuk diproses lebih lanjut.

3. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam perancangan pabrik 1-hexana 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. Managemen 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. Tata letak pabrik, tata letak alat dan *master schedule* pendirian pabrik.
 - f. Struktur organisasi pabrik yang meliputi sistem kerja karyawan, jumlah karyawan, sistem penggajian karyawan dan kesejahteraan karyawan.
 - g. Melakukan perhitungan ekonomi dari penaksiran harga peralatan utama dan utilitas.
 - h. 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 Reaktor Oligomerisasi (R-101)

Reaktor Oligomerisasi (R-101) untuk mereaksikan etilen dengan campuran katalis dan pelarut untuk menghasilkan 1-hexana. Perancangan reaktor oligomerisasi dilakukan atas beberapa tahapan, yakni :

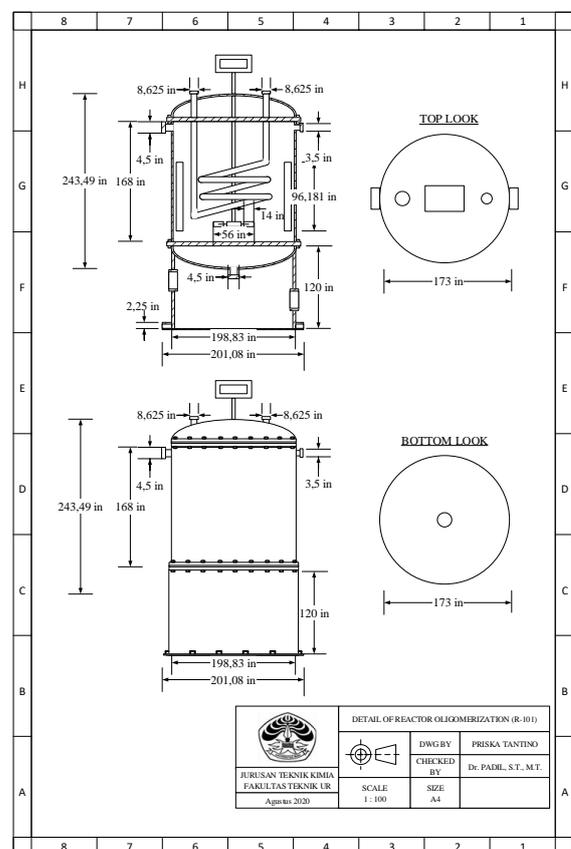
1. Menentukan volume reaktor
2. Menentukan dimensi reaktor
3. Menentukan pengaduk dan disain pengaduk
4. Menentukan pendingin dan deaiin pendingin
5. Merancang *flange* pada sambungan *head* dengan *shell*
6. Mendisain perpipaan dan *nozzle*
7. Menentukan *manhole*
8. Menentukan tebal isolator
9. Menghitung penyangga reaktor
10. Merancang pondasi

Adapun hasil perancangan reaktor oligomerisasi (R-101) didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Reaktor

SPESIFIKASI REAKTOR OLIGOMERISASI	
Kode	R-101
Jenis Reaktor	CSTR
Fungsi	Tempat untuk mereaksikan etilen dengan campuran katalis dan pelarut untuk menghasilkan 1-hexana.
Operating Data	
Temperatur	413,15 K
Tekanan	30 bar
Volume	57,734 m ³
Waktu Tinggal	24,033 menit
Material	Carbon steel SA-182 F310
Diamter Dalam (ID)	168 in
Diameter Luar (OD)	173 in
Tinggi Tangki (H)	5,956 m
Tebal <i>Shell</i> (ts)	2,5 in
Tekanan <i>Design</i>	33,132 bar
Jenis <i>Head</i>	<i>Elliptical Head</i>
Tebal <i>Head</i> (th)	2,5 in
Tinggi <i>head</i> (OA)	0,8445 m
Tipe <i>Impeller</i>	<i>Six Blade Turbine With Disk</i>
Diameter Pengaduk	1,4224 m
Power Motor	2,723 HP
Jumlah <i>Impeller</i>	1 buah
Jenis Pendingin	Koil Pendingin
Bentuk Koil	Spiral

Adapun bentuk dari reaktor oligomerisasi dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Detail Menara Destilasi

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

Tabel 4.2 Data Desain Reaktor Oligomerisasi (Alat Mekanis)

<i>Flange Pada Sambungan Head Dengan Shell</i>	
Jenis Flange	<i>Slip-on Flanges</i>
Material Flange	SA 283 Grade C
Diameter Flange	4,74 m
Tebal Flange	1,5 in
Material Gasket	<i>Soft Steel</i>
Lebar Gasket	1 in
Diameter Gasket	4,62 m
Material Baut	SA 193 Grade B7
Ukuran Baut	3 in
Jumlah Baut	50 buah
<i>Ukuran Pipa dan Nozzle</i>	
Saluran Masuk Umpam Etilen	4 in
Saluran Masuk Umpam Katalis dan Pelarut	3 in
Saluran Keluaran Produk	4 in
Saluran Air Pendingin	8 in
Pengaduk	3 in
<i>Penyangga dan Pondasi Reaktor</i>	
Jenis Penyangga Reaktor	<i>Skirt</i>
Diameter Skirt	5,05 m
Tebal Skirt	0,00476 m
Tinggi Pondasi	0,762 m

5 Analisa Kelayakan Ekonomi

5.1 Plant Cost Estimation

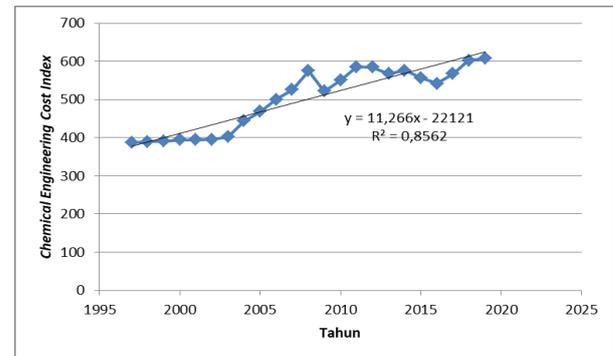
Plant Cost Estimation merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik dari awal konstruksi hingga beroperasi. Modal investasi yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik diperoleh dari investor, dengan perkiraan 40% modal berasal dari investor dan 60% merupakan modal pinjaman yang berasal dari bank.

5.1.1 Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed Capital Investment (FCI) merupakan modal yang digunakan untuk penyediaan fasilitas pabrik. FCI terbagi menjadi dua, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang terlibat secara langsung dengan material dan tenaga kerja. Total biaya langsung yang dibutuhkan adalah Rp 259.194.420.475.

Biaya peralatan termasuk pada biaya langsung. 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 1997-2019 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Regresi Linear dari Tahun 1997-2019

Berdasarkan metode regresi linear dapat diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$y = 11,266x - 22121$$

Dengan memasukkan nilai x, diperoleh indeks pada tahun selanjutnya dengan persamaan :

Tabel 5.1 Regresi Linear *Chemical Engineering Plant Cost Index*

No	Tahun	Indeks
1	2020	636,32
2	2021	647,586
3	2022	658,852
4	2023	670,118
5	2024	681,384
6	2025	692,65

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 74.481.155.309.

Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak terlibat secara langsung dengan material dan tenaga kerja. Biaya tidak langsung yang dibutuhkan adalah Rp 146.501.194.181. Oleh karena itu, FCI diperoleh sebesar Rp 405.695.614.656.

5.1.2 Working Capital Investment (WCI)

Working capital investment adalah jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Rentang yang digunakan 15% dari biaya FCI, sehingga biaya WCI adalah Rp 71.593.343.763.

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*. Total biaya *manufacturing* yang diperoleh sebesar Rp 2.147.862.151.543/tahun. Total biaya *general expenses* yang dibutuhkan adalah Rp 349.651.978.158/tahun. Oleh karena itu, total biaya produksi pada pabrik 1-hexana dari etilen sebesar Rp 2.497.514.129.702.

5.3 Analisa Profitabilitas

Adapun analisis kelayakan suatu pabrik layak didirikan dilakukan melalui perhitungan *pay back period* (PBB), *internal rate of return* (IRR), *return of investment* (ROI), *break even point* (BEP), dan analisis sensitivitas

5.3.1 Pay Back Period (PBB)

Pay back period (PBB) menunjukkan seberapa cepat suatu proyek dapat mengembalikan investasi awalnya. Pabrik 1-Hexana dari Etilen memiliki PBB sebesar 2 tahun, nilai PBB dihitung menggunakan persamaan:

$$PBP = \frac{0,85TCI}{\left(\frac{ROI}{100}TCI + \frac{0,85 * TCI}{N}\right)}$$

5.3.2 Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return (IRR) merupakan tingkat suku bunga proyek dalam jangka waktu tertentu, jika digunakan untuk mencari harga saat ini maka nilai dari penerimaan dan pengeluaran akan sama dengan jumlah investasi yang ditanam. Pada pabrik 1-hexana dari etilen, nilai IRR sebesar

22,7433%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai IRR adalah:

$$IRR = i_1 + \left[\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right] (i_2 - i_1)$$

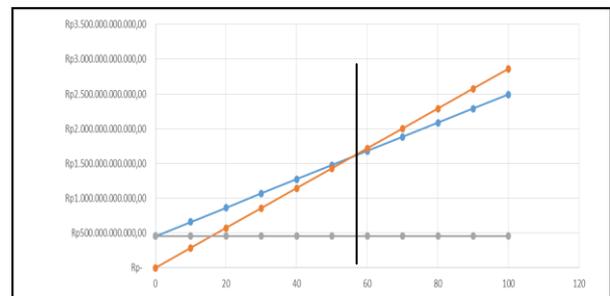
5.3.3 Return of Investment (ROI)

Return of investment (ROI) merupakan pengembalian modal tiap tahun. ROI menjadi dasar penentuan kelayakan pabrik paling sederhana, pada pabrik 1-hexana didapat nilai ROI adalah 39,388%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ROI adalah,

$$ROI = \frac{\text{laba bersih pertahun}}{TCI}$$

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). Pada pabrik 1-Hexana nilai BEP adalah 54%. Adapun grafik BEP terdapat pada Gambar 5.2



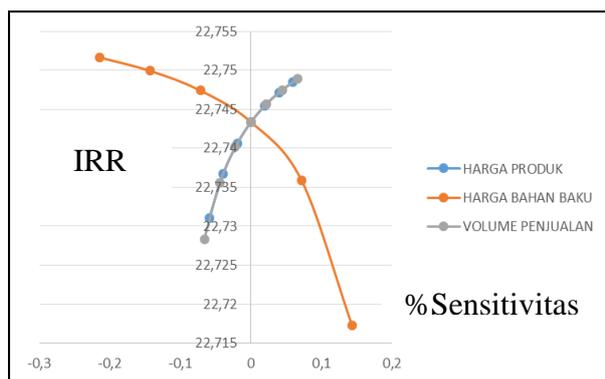
Gambar 5.2 BEP Pabrik 1-Hexana

5.3.5 Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh perubahan persentase bahan baku, investasi, penjualan dan kapasitas produksi terhadap nilai IRR dan *Cash Net Present Value*. Menurut Gittinger (1993), rumus yang digunakan untuk menghitung laju kepekaan adalah:

$$\text{Laju sensitivitas} = \frac{\frac{X_1 - X_0}{X_r} \times 100\%}{\frac{Y_1 - Y_0}{Y_r} \times 100\%}$$

Adapun grafik sensitivitas dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Analisis Sensitivitas Terhadap IRR

Berdasarkan Gambar 5.3, semakin besar perubahan harga jual produk dan perubahan volume penjualan maka nilai IRR akan semakin meningkat. Sedangkan harga produk yang menurun menyebabkan IRR mengalami penurunan.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pra-rancangan, dapat disimpulkan bahwa disain alat utama berupa reaktor oligomerisasi (R-101) yang berfungsi untuk mereaksikan etilen dengan proses trimerisasi menjadi 1-hexana dengan produk samping berupa 1-oktena. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk.

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi pabrik, pabrik 1-hexana layak didirikan dengan PBB sebesar 2 tahun, IRR sebesar 22,7433%, ROI sebesar 39,388%, dan BEP sebesar 54 %. Lokasi pabrik 1-hexana direncanakan berada pada daerah kawasan industri RU II Dumai.

6.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep – konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia. Produk 1-hexana dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Authur, A., W. Madden, R. Percy, E. Soliman, 2013, *Ethylene to Linear Alpha Olefins (1-Hexana and 1-Octene)*, Amerika Serikat: Universitas Pennsylvania.
- Badan Pusat Statistik, 2019, *BPS Indonesia*, www.bps.com: Jakarta
- Ballal, G., 2012, *1-Hexana Production by Axens AlphaHexol Process*, California: Process Economics Program.
- Brown, G. G., 1950, *Unit Operations, Modern Asia Edition*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Brownell, L. E., and Young, E. H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons, Inc : USA.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1999, *Chemical Engineering Design*, New York, Pergamon Press Inc.
- Fogler, H. S., 1999, *Element of Chemical Reaction Engineering*, London, Prentice Hall International.
- Foust, A. A., 1980, *Principles of Unit Operation 2nd edition*, New York, John Wiley And Sons Inc.
- Froment, F. Gilbert dan Bischoff, B. Kenneth, 2010, *Chemical Reactor Analysis and Design*, United States of Amerika, John Wiley & Sons, Inc.
- Geankoplis, C. J., 1993, *Transport Processes and Unit Operation, 3rd ed*, Prentice-Hall International : New Jersey.
- Hesse, H. c., Rushton, J. H., 1945, *Process Equipment Design*, New Jersey, D. Van Nostrand Company.
- HIS Markit, 2019, [hisemarkit.com/research-analysis/us-ethylene-prices-in-q2-2019-where-have-all-the-trades-gone.html](https://www.hisemarkit.com/research-analysis/us-ethylene-prices-in-q2-2019-where-have-all-the-trades-gone.html) diakses tanggal 04 Agustus 2020.
- Klemps, C., 2009, *Selective Oligomerization of Ethylen with Chromium Complexes: Theoretical and Experimental Study Combined and Extensions to Other Metals*, Prancis: Ouvertes.

- Kern, D. Q., 1969, *Process Heat Transfer*, New York, McGraw-Hill.
- Liege, X., 2019, *Axens Technologies To Support Polyethylene Business*, Axens Solutions.
- Perry. H. Robert dan Green. W. Don, 2007, *Chemical Engineering Handbook*, New York, McGraw-Hill.
- Peter, M.S., Timmerhouse, K.D, And West, R.E. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- PT. Chandra Asri Petrochemical, 2010, *Ethylene Spesification*.
- Walas, M. S., 1988, *Chemical Process Equipment Selection and Design*, 3rd edition London, Betterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*, New York, McGraw-Hill