

Desain Pabrik *Ethylene* dari *Sales Gas* di Sumatera Selatan dengan Proses OCM

Anik Andayani, Maudina Alfira Adzany, Annas Wiguno dan Kuswandi Kuswandi
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: maudinalfr@gmail.com

Abstrak—*Ethylene* (*ethene*), $H_2C=CH_2$, adalah bahan penyusun terbesar petrokimia. *Ethylene* disebut pula hidrokarbon tak jenuh atau olefin digunakan untuk menghasilkan banyak produk akhir seperti plastik, resin, serat, dll. Berdasarkan rencana induk pembangunan industri nasional, *Ethylene* sendiri termasuk dalam 10 industri prioritas dalam penggerak utama pembangunan ekonomi nasional. Menurut laporan tahunan PT. Chandra Asri (2019), 50% kebutuhan olefin di Indonesia berasal dari Chandra Asri, 23% Pertamina dan 27% masih impor. Pabrik *Ethylene* ini dibangun guna memenuhi kebutuhan dalam negeri dan rencananya akan didirikan di Kawasan Ekonomi Terpadu (KEK) Sumatera Selatan dengan kapasitas produksi sebesar 330 KTA. Metode yang digunakan dalam pembuatan *Ethylene* pada pabrik ini yaitu *Oxidative Coupling Methane* dengan bahan baku *sales gas*. Proses ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap reaksi, tahap separasi dan tahap purifikasi. Pabrik Etilena ini akan berlangsung secara kontinu 24 jam selama 330 hari per tahun. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, diperoleh biaya investasi total (CAPEX) USD 138.614.588 dan total biaya produksi (OPEX) sebesar USD 227.872.433; laju pengembalian modal atau *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 69%; laju inflasi sebesar 3% per tahun; waktu pengembalian modal atau *Pay Out Time* (POT) sebesar 2,9 tahun; dan titik impas atau *Break Even Point* (BEP) sebesar 13%. Sehingga, berdasarkan analisa BEP, POT, dan IRR, pabrik etilena ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci—*Ethylene*, *Oxidative Coupling Methane*, *Sales Gas*.

I. PENDAHULUAN

SEKTOR industri menjadi penggerak utama pembangunan ekonomi nasional, karena telah mampu memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan nilai tambah, lapangan kerja dan devisa, serta mampu memberikan kontribusi yang besar dalam pembentukan daya saing nasional. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015 – 2035 ditetapkan dengan Peraturan Pemerintah No. 14 tahun 2015 menjadi pedoman bagi pemerintah dan pelaku industri dalam perencanaan dan pembangunan industri [1]. Berdasarkan RIPIN 2015 – 2035 ditentukan 10 (sepuluh) industri prioritas yang dikelompokkan kedalam industri andalan, industri pendukung, dan industri hulu. Etilena sendiri masuk dalam prioritas tersebut yaitu dalam kategori Industri Kimia Dasar Berbasis Migas dan Batubara [1].

Etilena banyak digunakan dalam berbagai industri dan aplikasi, diantaranya sebagai bahan kimia, Etilena adalah bahan awal untuk beberapa sintesis industri sebagai produksi plastik. Dalam makanan dan minuman, campuran Etilena atau nitrogen yang disediakan dalam silinder digunakan untuk mengontrol pematangan buah, terutama pisang. Selain itu, Etilena juga digunakan dalam produksi kaca khusus untuk industri otomotif (kaca mobil). Pada medis, etilena dapat digunakan sebagai obat bius.

Sampai saat ini, kebutuhan *Ethylene* sendiri dari tahun ke tahun semakin bertambah. Tetapi produksi *Ethylene* di Indonesia masih belum dapat memenuhi kebutuhan *Ethylene* di Indonesia. Maka dari itu, Indonesia masih harus mengimpor *Ethylene* dengan skala cukup besar. Hal ini dapat diketahui dari kajian potensi pasar *ethylene* di Indonesia berdasarkan data konsumsi, ekspor, produksi, dan impor *ethylene* selama 5 tahun terakhir pada Tabel 1 [2-3].

Potensi pasar yang terus berkembang di Indonesia tidak diimbangi dengan kapasitas produksi etilena. Oleh karena itu diperlukan adanya pembangunan industri kimia Indonesia untuk mengurangi ketergantungan terhadap industri luar negeri. Hal ini akan berpengaruh positif pada pengeluaran devisa untuk mengimpor bahan-bahan kimia tersebut. Sehingga penambahan pabrik etilena merupakan solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Teknologi yang paling umum digunakan dalam memproduksi *ethylene* adalah *thermal* atau *steam cracking*. Pada *thermal cracking*, dua bahan baku utama untuk produksi *ethylene* adalah nafta dan gas alam (etana, propana, butana, dll.). Langkah pertama dalam produksi *ethylene* adalah mengalirkan bahan baku ke dalam tungku (*furnace*) dimana akan terjadi proses perengkahan (*cracking*) yang menghasilkan *ethylene* dan produk lainnya. Proses yang terjadi di dalam *furnace* disebut pirolisis. Pirolisis adalah proses *cracking* hidrokarbon dengan panas (*thermal*) dari uap, disebut juga *steam cracking*. Bahan baku berupa hidrokarbon akan dipanaskan dalam *heat exchanger* dan dicampur dengan uap (*steam*), lalu akan kembali dipanaskan untuk mencapai suhu retak yang baru (500 - 680°C). Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam reaktor pada suhu 750 - 875°C dan tekanan atmosfer untuk menghasilkan *ethylene* dan produk sampingan.

Reaksi *cracking* terjadi melalui mekanisme radikal bebas, dan untuk pemecahan nafta, menghasilkan hasil etilena antara 25 - 35% dan propilena 14 - 18% [4].

Reaksi *cracking* sangat endotermik, maka membutuhkan energi yang cukup besar. Adapun reaksi *cracking* etana dan propana dapat dilihat pada Tabel 2 [5].

Biasanya, komponen utama sebagai penyusun dalam gas bumi adalah metana (CH_4). Metana merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan. Dalam pemanfaatan komponen utama dalam gas bumi tersebut, metode pembuatan etilena yang sedang dalam pengembangan yaitu *Oxidative Coupling Methane*.

Awalnya, metana bereaksi dengan oksigen menghasilkan etana dan air. Melalui konversi in situ, etana yang terbentuk kemudian diubah menjadi *ethylene*, dengan kemungkinan menghasilkan hidrokarbon yang lebih tinggi dalam jumlah kecil. Sedikit peningkatan konsentrasi oksigen dalam reaktor dapat menggeser reaksi eksotermis menuju pembentukan CO dan CO_2 . Keberadaan CO_2 dalam reaktor dapat

Tabel 1.
Kajian Pasar *Ethylene* di Indonesia Selama 5 Tahun Terakhir

Tahun	Ekspor (Kg)	Impor (Kg)	Produksi (Kg)	Konsumsi (Kg)
2015	19.109.638	705.633.378	339.000.000	1.100.000.000
2016	114.404.278	645.345.537	771.000.000	1.384.000.000
2017	121.007.188	620.711.723	855.000.000	1.473.000.000
2018	121.427.691	633.449.500	829.000.000	1.518.000.000
2019	66.907.213	706.300.663	721.000.000	1.638.000.000

Tabel 2.
Perbandingan Teknologi Produksi *Ethylene* dari Gas Alam

Parameter	Thermal Cracking	Oxidative Coupling of Methane
Bahan Baku	Etana dan Propana	Metana dan Oksigen
Katalis Reaksi	-	<i>Metal Oxides</i>
Temperatur Reaktor (°C)	750-875	700
Tekanan Reaktor (bar)	1	6
Intensitas Penggunaan Proses	Sering digunakan - skala Industri	Jarang digunakan - <i>pilot project</i>
Yield (%)	25% - 35%	20% - 34%

mempengaruhi aktivitas katalis, dimana akan menurunkan tingkat produksi etana dan *ethylene* dengan efek yang dapat diabaikan terhadap selektivitas mereka. CO₂ akan mengalami *adsorpsi* kompetitif dengan CH₄ dan O₂ pada permukaan katalis. Interaksi antara CH₄ dan CO₂ yang teradsorpsi akan mengubah jalur reaksi ke pembentukan CO dan H₂O.

Kesulitan utama dalam menggunakan teknologi OCM ada pengembangan katalis yang stabil untuk proses industri dan kemungkinan untuk pelaksanaan reaksi pada suhu rendah. Katalis utama yang digunakan dalam reaksi OCM adalah katalis oksida, baik oksida logam transisi murni atau modifikasi, atau grup I-A dan II-A campuran atau *promoted*. Sistem penggunaan katalis dikembangkan dalam kondisi sintesis yang berbeda seperti sol-gel, impregnasi, *precipitation*, dan *flame spray pyrolysis* untuk menghasilkan komposisi katalis yang bervariasi dengan properti dasar yang bervariasi. Modifikasi dengan oksida lain, logam atau garam klorida dalam berbagai kondisi reaksi seperti suhu dan *space velocity* biasanya digunakan untuk menggeser reaksi OCM ke arah peningkatan selektivitas *ethylene* dan konversi metana, serta untuk membatasi *deaktivasi* katalis dengan waktu [6].

Oxidative Coupling of Methane (OCM) adalah reaksi perubahan metana menjadi molekul C₂ yang telah dipelajari pada tahun 1980 untuk mendapatkan katalis dan kondisi operasi terbaik. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa OCM merupakan alternatif yang menjanjikan untuk *thermal cracking*, namun teknologi ini belum diaplikasikan oleh pasar industri karena beberapa hal. Pertama, konsentrasi *ethylene* pada produk relatif rendah dibandingkan dengan jumlah reaktan. Kedua, teknologi OCM akan lebih efektif pada suhu yang sangat tinggi sementara pemisahan hidrokarbon pada sistem pemisahan terjadi pada suhu yang sangat rendah, hal ini menjadikan integrasi panas dan operasi yang efisien sangat krusial untuk mendapatkan profit yang tinggi. Reaktor OCM dengan temperatur 700°C dan pada tekanan 6 bar dengan konversi 22 % sampai 34 % metana menjadi etilena [7].

Seleksi proses dalam pembuatan etilena melibatkan proses *thermal cracking* dan juga *Oxidative Coupling Methane* dikarenakan beberapa pertimbangan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, dipilih teknologi OCM yang akan digunakan untuk produksi *ethylene* dari pabrik kami, hal ini dikarenakan oleh beberapa alasan. Pertama, kondisi bahan baku *sales gas* yang digunakan mengandung lebih banyak

metana, yaitu sebanyak 95%, dibandingkan etana dan propana, yaitu sebanyak 0,5%. Kedua, untuk kondisi operasi reaktor, suhu operasi pada reaktor OCM lebih rendah daripada reaktor *Thermal Cracking*, sehingga kebutuhan panas juga lebih rendah. Ketiga, keseluruhan proses OCM tidak serumit proses *steam cracking*, terutama pada unit pemisahan dan purifikasi, sehingga kebutuhan alatnya juga lebih sedikit. Dengan kebutuhan panas dan jumlah alat yang lebih sedikit, teknologi OCM akan lebih ekonomis dibandingkan dengan teknologi *thermal cracking*.

Acid gas yang terkandung di dalam gas harus dihilangkan karena dapat menyebabkan korosi pada pipa transportasi, *tanki* penampung, dan alat-alat *utilisasi* gas tersebut. Gas yang keluar dari reaktor mengandung CO₂ akibat reaksi samping proses OCM, sehingga harus dilakukan *Gas Sweetening* atau penghilangan CO₂ [8].

Gas Sweetening dengan larutan *amine* didasarkan pada reaksi kimia basa lemah dengan asam lemah. Larutan *amine* bersifat basa dan H₂S dan CO₂ yang ada dalam gas alam bersifat asam. Reaksi di kolom absorpsi berada pada tekanan 48,2 bar hingga 68,94 bar tergantung ketersediaan gas dan dengan rentang temperatur 299,81 K hingga 322,039 K. MEA bereaksi dengan senyawa asam dalam aliran gas alam dengan mengubah menjadi bentuk ionik, menjadikannya polar [9].

Absorpsi *amine* merupakan teknologi yang paling umum digunakan untuk *gas sweetening* dalam skala industri. *Solvent* yang digunakan dalam metode ini adalah *amine* yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah atom hidrogen yang tersubstitusi, yaitu *primary amine* – *monoethanolamine* (MEA), *secondary amine* – *diethanolamine* (DEA), dan *tertiary amine* – *methyldiethanolamine* (MDEA) [10].

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku

Cadangan gas bumi di Indonesia mencapai 142.72 TSCF, sebesar 100.36 TSCF merupakan cadangan terbukti dan 42.36 TSCF merupakan cadangan potensial. Berdasarkan data Kementerian ESDM Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi (2018) untuk *existing supply* wilayah Sumatera bagian Tengah dan Selatan pada tahun 2018 didominasi pasokan dari ConocoPhillips (Grissik) yang memasok sebesar 996,47 MMSCFD, Pertamina EP aset 2 sebesar 291,92 MMSCFD, Petrochina Int Jabung sebesar 156,55 MMSCFD, JOB PTM-Talisman Jambi Merang Sebesar 117,49 MMSCFD dan EMP

Tabel 3.
Perbandingan Teknologi Produksi *Ethylene* dari Gas Alam

No.	Komponen	Komposisi (%mol)
1	CH ₄	0.9362
2	C ₂ H ₆	0.051
3	C ₃ H ₈	0.0128
4	i-C ₄ H ₁₀	0.0000
5	n-C ₄ H ₁₀	0.0000
6	i-C ₅ H ₁₂	0.0000
7	n-C ₅ H ₁₂	0.0000
8	C ₆ H ₁₄	0.0000

Tabel 4.
Perbandingan Teknologi Produksi *Ethylene* dari Gas Alam

Parameter	Nilai
<i>Ethylene</i>	Min 99,98% vol.
<i>Methane+ Ethane</i>	22 vol ppm
C ₃ +	0 vol ppm
Karbon Monoksida	0 vol ppm
Karbon Dioksida	0 vol ppm
<i>Water</i>	0 vol ppm
Oksigen	0 vol ppm
Hidrogen	0 vol ppm

Tabel 5.
Tingkat Pengangguran Tahunan

Provinsi	Angkatan kerja tahun 2019		
	Bekerja	Pengangguran	TPT (%)
Sumatera Selatan	3.968.499	185.918	4,48
Papua Barat	433.401	28.846	6,24
Kepulauan Riau	781.376	62.572	7,41

Bentuk sebesar 106 MMSCFD.

Dari penjabaran data di atas, pabrik kami memasok bahan baku dari PT ConocoPhillips dengan spesifikasi metana (CH₄) 93,62%, Etana (C₂H₆) 5,1% dan Propana (C₃H₈) 1,28%. Sedangkan untuk spesifikasi produk kami, yaitu *ethylene* sebesar 99,98% dan metana+etana sisa sebesar 22 vol. ppm.

B. Kualitas Bahan Baku dan Produk

Bahan baku *sales gas* diperoleh dari PT ConocoPhillips dengan spesifikasi sebagai berikut (Pada P = 20 bar dan T = 25°C), perhatikan Tabel 3. Kualitas produk *ethylene* yang akan diproduksi seperti yang tersedia pada Tabel 4.

C. Kapasitas Pabrik

Dari data kajian pasar pada Tabel 1, maka dapat dilakukan perhitungan untuk memprediksi kebutuhan *ethylene* di Indonesia pada tahun 2025 (dalam kg) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = F_0(1 + i)^n \quad (1)$$

Dimana F adalah perkiraan kebutuhan *ethylene* pada tahun 2025, F₀ adalah kebutuhan *ethylene* pada tahun terakhir, i adalah perkembangan rata-rata dan n adalah selisih waktu.

Berdasarkan perhitungan, maka kebutuhan *ethylene* di Indonesia pada tahun 2025 akan mencapai 821.112,181 ton/tahun. Asumsi terdapat pabrik *ethylene* lain yang masih beroperasi maka kapasitas pabrik baru adalah 40% dari total kebutuhan *ethylene* di tahun 2025 maka kapasitas pabrik *ethylene* pada tahun 2025 sebesar 330.000 ton/tahun dengan waktu kerja 330 hari.

D. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Terdapat tiga sasaran lokasi yang akan dijadikan tempat pendirian pabrik *ethylene* pada tahun 2025 yaitu Sumatera Selatan, Papua Barat dan Kepulauan Riau. Dalam penentuan lokasi pabrik, harus memperhatikan aspek-aspek yang

memungkinkan sebagai penunjang proses produksi agar berjalan lancar, efektif dan efisien. Aspek-aspek yang perlu ditinjau yaitu ketersediaan bahan baku, jarak pabrik dengan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, utilitas, iklim dan cuaca. Perhatikan penjelasan berikut:

1) Ketersediaan Bahan Baku

Dalam penentuan lokasi pabrik, ketersediaan bahan baku merupakan faktor penting dalam kelangsungan operasi suatu pabrik sehingga pengadaan bahan baku sangat diprioritaskan. Cadangan gas bumi Indonesia per Januari 2017 mencapai 142.72 TSCF, sebesar 100.36 TSCF merupakan cadangan terbukti dan 42.36 TSCF merupakan cadangan potensial. Cadangan terbesar berada di Region II sebesar 74.83 TSFC yang sudah termasuk *East Natuna* sebesar 46 TSCF, kemudian Region VI sebesar 40.61 TSCF dan Region V sebesar 15.35 TSCF. Sehingga menurut dari peta persebaran gas alam di Indonesia, dipilih 3 provinsi yang memungkinkan untuk dijadikan lokasi pendirian pabrik, yaitu Sumatera Selatan, Kepulauan Riau dan Papua Barat [11].

2) Jarak Pabrik dengan Bahan Baku

Jarak akan menjadi faktor yang paling utama dalam penentuan suatu pabrik karena berhubungan langsung dengan biaya yang akan dikeluarkan dalam transportasi. Dari ketiga daerah yang dipilih dalam penentuan lokasi pabrik, bahan baku untuk daerah Sumatera Selatan dan kepulauan Riau diambil dari ConocoPhillips sedangkan daerah Papua Barat akan diambil dari LNG Tangguh. Penentuan lokasi pabrik sudah ditentukan sebelumnya sehingga dapat diukur berapa perkiraan jarak yang harus ditempuh. Untuk daerah Sumatera Selatan, jarak pabrik dengan bahan baku yaitu 211 km. Untuk daerah Papua Barat, jarak pabrik dengan bahan baku yaitu 55,11 km. Untuk daerah Kepulauan Riau jarak pabrik dengan bahan baku yaitu 860 km.

3) Pemasaran

Pemasaran produk *ethylene* ditunjukkan untuk membantu memenuhi kebutuhan *ethylene* dalam negeri. Produk *ethylene* rencananya akan dijual ke PT Asahimas. Hal ini dikarenakan PT. Asahimas membutuhkan pasokan *ethylene* sebagai bahan baku pada *ethylene dichloride* sebesar 50% dari total kebutuhan bahan baku. Untuk daerah Sumatera Selatan, jarak pabrik dengan pemasar yaitu 422 km. Untuk daerah Papua Barat, jarak pabrik dengan pemasar yaitu 3111,3 km. Untuk daerah Kepulauan Riau jarak pabrik dengan pemasar yaitu 1178,63 km.

4) Transportasi

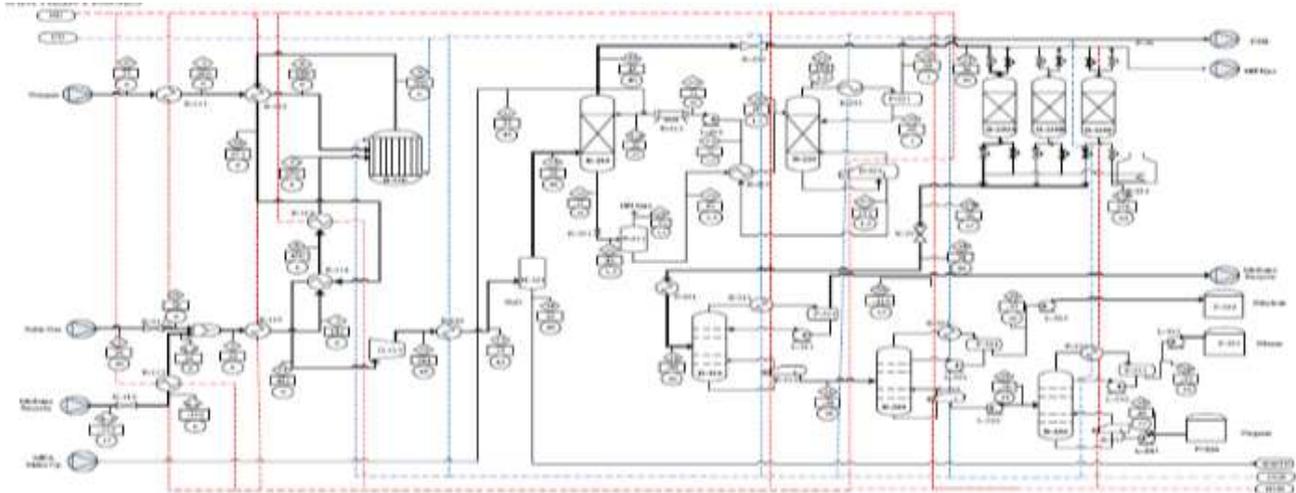
Transportasi yang dapat digunakan sebagai akses bahan baku gas alam dan juga pendistribusian produk *Ethylene* ke PT Asahimas dapat digunakan melalui jalur darat maupun laut. Pada jalur darat, terdapat *pipeline* yang dapat memudahkan dalam transportasi bahan baku *ethylene* dan dengan truk tangka dalam penyaluran produk. Sementara pada jalur laut, transportasi pendistribusian *ethylene* ke PT Asahimas, dapat menggunakan kapal tangka yang akan disalurkan melalui pelabuhan internasional, Pelabuhan Tanjung Api-Api yang terletak di Kabupaten Banyuasin, 10 km dari KEK Tanjung Api-Api.

5) Tenaga Kerja

Faktor tenaga kerja merupakan faktor vital dalam

Tabel 6.
Pembobotan Penilaian Pemilihan Lokasi

Provinsi	Scoring (%)	Papua Barat		Sumatera Selatan		Kepulauan Riau	
		Nilai (1 – 5)	Konversi	Nilai (1 – 5)	Konversi	Nilai (1 – 5)	Konversi
Jarak Pabrik ke Bahan Baku	20	5	1	4	0,8	2	0,4
Ketersediaan Bahan Baku	15	3	0,45	4	0,6	5	0,75
Jarak Pabrik ke Pasar	20	1	0,2	4	0,8	2	0,4
Energi Listrik	10	1	0,1	2	0,2	2	0,2
Ketersediaan Air	5	2	0,1	2	0,1	2	0,1
Aksesibilitas dan Transportasi	10	4	0,4	3	0,3	1	0,1
Ketersediaan Tenaga Kerja	10	3	0,3	5	0,5	3	0,3
Iklim	10	2	0,2	4	0,4	3	0,3
Total			2,75		3,5		2,55



Gambar 1. Process Flow Diagram.

pendirian sebuah pabrik. Tenaga Kerja sebagian besar akan diambil dari penduduk sekitar. Faktor tenaga kerja dapat dilihat dari dua aspek, yaitu latar belakang pendidikan dan upah minimum kabupaten/kota (UMK) Karena lokasinya cukup dekat dengan pemukiman penduduk, selain dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja, juga dapat membantu meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar.

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa jumlah pengangguran tertinggi terdapat di Sumatera Selatan dengan 185.918 jiwa orang, hal ini dapat sangat membantu dalam peningkatan taraf hidup masyarakat Sumatera Selatan.

Menurut keputusan Gubernur Sumatera Selatan tahun 2019 bahwa Upah Minimum Provinsi Sumatera Selatan adalah sebesar Rp. 3.043.111,- [12]. Sedangkan menurut keputusan Gubernur Papua Nomor 188.4/369/Tahun 2019 tentang Upah Minimum Provinsi Papua Barat yaitu sebesar Rp. 3.516.700,- dan menurut Gubernur Provinsi Kepulauan Riau menetapkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Kepulauan Riau tahun 2020 sebesar Rp.3.005.383,- [13-14].

6) *Utilitas*

Sumber energi listrik menjadi faktor penting dalam menjalankan suatu pabrik, *supply* energi harus selalu ada dalam menjamin pabrik terus beroperasi. Kementerian energi dan sumber daya mineral direktorat jenderal ketenagalistrikan mengeluarkan data mengenai kapasitas terpasang pembangkit listrik (MW) PLN per jenis pembangkit per wilayah pada tahun 2018. Diambil data untuk daerah KEK Tanjung Api-api, Papua Barat dan Kepulauan Riau. Di daerah KEK Tanjung Api-api sudah terpasang induk gardu dengan kapasitas 2x30 megawatt, sedangkan untuk Teluk Bintuni, Papua Barat sudah terpasang listrik dengan kapasitas 4,8 MW dan untuk daerah Natuna, Kepulauan Riau

sudah terpasang listrik dengan kapasitas 35,8 MW. Dikarenakan listrik tiap daerah masih belum terpenuhi, maka pabrik *Ethylene* akan membangun *powerplan* tersendiri untuk mencukupi keperluan listrik selama beroperasi.

Sedangkan untuk sumber air, ketiganya dapat memanfaatkan dan mengolah air laut serta air sekitar yang ketersediannya cukup banyak. Meskipun *treatment* yang dilakukan cukup panjang untuk mengolah air payau, namun hal tersebut dilakukan agar ketersediaan air untuk masyarakat sekitar tetap terpenuhi.

7) *Iklim dan Cuaca*

a) *Sumatera Selatan*

1. Kelembapan udara rata-rata = 65 - 100%
2. Suhu udara rata = 24 - 31oC
3. Curah hujan rata-rata = 160,4 mm3
4. Potensi gempa = Rendah
5. Potensi banjir = Sedang
6. Kecepatan angin = 7,27 km/h
7. Luas Wilayah = 9.159.200 Ha

b) *Papua Barat*

1. Kelembapan udara rata-rata = 65 - 95%
2. Suhu udara rata = 24 - 31oC
3. Curah hujan rata-rata = 256,45 mm3
4. Potensi gempa = Sedang
5. Potensi banjir = Rendah
6. Kecepatan angin = 5 km/h
7. Luas Wilayah = 14.037.600 Ha

c) *Kepulauan Riau*

1. Kelembapan udara rata-rata = 65 - 95%
2. Suhu udara rata = 24 - 31oC
3. Curah hujan rata-rata = 162,94 mm3

4. Potensi gempa = Rendah
5. Potensi banjir = Rendah
6. Kecepatan angin = 7,02 km/h
7. Luas Wilayah = 1.059.500Ha

Berdasarkan delapan pertimbangan yang telah dibuat sebelumnya, dilakukan pembobotan untuk menentukan lokasi pabrik yang ada. Poin persentase yang tersedia merupakan nilai yang diberikan untuk setiap parameter.

Dari hasil pembobotan pada Tabel 6 dapat ditarik kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di Sumatera Selatan, di Kawasan Ekonomi Khusus Tanjung Api-api.

III. URAIAN PROSES TERPILIH

A. Uraian Proses

Produksi *ethylene* dalam pabrik ini terdiri dari beberapa proses yaitu : *Reaction, Separation, Purification* dan *Utility* [15].

B. Unit Reaction

Pada Reaktor OCM, *feed gas* berupa *sales gas* dan O_2 dialirkan masuk ke dalam OCM Reaktor. Gas metana, etana, dan oksigen dialirkan ke bagian pertama dengan reaksi sebagai berikut [7]:

1. $CH_4 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow \frac{1}{2}C_2H_4 + H_2O$
2. $CH_4 + \frac{1}{4}O_2 \rightarrow \frac{1}{2}C_2H_6 + \frac{1}{2}H_2O$
3. $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

Reaksi ini terjadi pada suhu $650^\circ C$ menggunakan katalis Anda menggunakan $LiMgO$ dengan *yield* 21,5 %. Hasil reaksi dari reaktor akan dinaikkan tekanannya lalu didinginkan hingga suhu $32^\circ C$ untuk menuju separator dan dipisahkan kandungan H_2O .

C. Unit Purifikasi

1) Absorption Coloumn

Gas dari separator kemudian dialirkan menuju *CO₂ removal* yang terdiri dari proses absorpsi CO_2 dalam gas dengan menggunakan pelarut *dietanolamine* (DEA). Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan kandungan CO_2 karena gas CO_2 yang bercampur dengan air dapat mengakibatkan korosi dalam sistem perpipaan, maka dari itu CO_2 harus dihilangkan. Gas dari separator yang mengandung CO_2 dialirkan menuju kolom *absorber* dan dilarutkan dengan larutan DEA. Gas yang keluar dari bagian atas kolom *absorber* kemudian dialirkan menuju kolom adsorpsi. Sedangkan larutan DEA yang telah jenuh dengan CO_2 (*Rich amine*) kemudian dialirkan menuju *desorption column* untuk diregenerasi. Larutan DEA yang telah diregenerasi (*Lean Amine*) dialirkan menuju bagian atas kolom *absorber*.

2) Adsorption Column

Gas yang keluar dari kolom absorpsi akan dialirkan menuju kolom adsorpsi untuk dihilangkan kandungan H_2O yang masih tersisa agar saat melewati refrigerasi tidak akan terbentuk kristal yang akan menyebabkan *plugging*. Disini menggunakan 3 kolom adsorpsi, 1 sebagai kolom adsorpsi, 1 regenerasi dan 1 *standby*. Total waktu *cycle* dehidrasi adalah 36 jam dengan 12 jam untuk adsorpsi, 12 jam regenerasi dan 12 jam *standby*. Gas keluaran dari kolom adsorpsi akan dibagi menjadi dua aliran, sebagian dialirkan menuju kolom distilasi, sebagian dipanaskan di *furnace* untuk digunakan sebagai gas panas pada regenerasi.

D. Unit Separation

1) De-Methanizer

De-methanizer berfungsi untuk memisahkan *methane* dari fraksi hidrokarbon yang lebih berat. Produk atas hasil *Demethanizer* adalah metana yang akan dialirkan ke *reactor* OCM kembali. Produk bawah dari *Demethanizer* yang berupa *ethane, propane* dan *ethylene* akan dialirkan pada *ethylene fractination*.

2) Ethylene Fractination

Ethylene Fractination berfungsi untuk memisahkan *ethylene* dan *ethane*. Produk atas dari hasil *ethylene tower* adalah *ethylene* yang akan dialirkan ke *ethylene tank storage*. Produk bawah dari *ethylene tower* yang berupa *ethane* dan *propane* akan dialirkan menuju *de-ethanizer*.

3) De-Ethanizer

De-Ethanizer berfungsi untuk memisahkan *ethane* dan *propane*. Produk atas dari kolom ini yaitu *ethane* yang kemudian akan dialirkan ke *storage tank* dan produk bawahnya *propane* yang akan dialirkan ke *storage tank*.

E. Unit Utilitas

Sistem utilitas pabrik ini digunakan untuk menyediakan kebutuhan *steam*, air pendingin, kebutuhan oksigen, serta refrigerasi yang diperlukan dalam proses. Dimana kebutuhan air diambil dari sekitaran KEK Tanjung Api-api. Gambar 1 menunjukkan *flowsheet* proses dari pabrik ini.

IV. MATERIAL BALANCE

Dari perhitungan material *balance* pabrik *ethylene* dari sales gas dengan operasi pabrik 330 hari/tahun dan 24 jam dimana kapasitas *feed* sebesar 206 MMSCFD dan produk yang dihasilkan adalah *ethylene* sebesar 43735,2 kg.

V. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan total *cost investment* pabrik sebesar dengan bunga 6% per tahun dan NPV sebesar 1.070.321.245 USD. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 69% dan BEP sebesar 13 % dimana pengembalian dana selama 2,9 tahun. Umur pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik selama 330 hari/tahun.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 69% dan NPV sebesar 1.070.321.245 USD, dimana pengembalian modal selama 2,9 tahun maka pabrik *ethylene* ini layak didirikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Thermodynamika ITS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian (Kemenperin), *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*, 1st ed. Jakarta: Pusat

- Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2015.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Data Ekspor dan Impor (Data Ekspor Ethylene)*. Jakarta: Badan Pusat Statistik (BPS - Statistic Indonesia), 2020.
- [3] Chandra Asri, *CAP Annual Report 2019*, 1st ed. Jakarta: PT. Chandra Asri Petrochemical (part of PT Barito Pacific Tbk), 2019.
- [4] J. M. M. Marcos, "Modelling of Naphtha Cracking for Olefins Production," *Tecnico Lisboa*, 2016.
- [5] M. S. S. Yancheshmeha, S. S. Haghighia, M. R. Gholipoura, O. Dehghania, M. R. Rahimpourab, and S. Raeissia, "Modeling of ethane pyrolysis process: A study on effects of steam and carbon dioxide on ethylene and hydrogen productions," *Chem. Eng. J.*, vol. 215–216, pp. 550–560, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.10.078>.
- [6] A. Galadima and O. Muraza, "Revisiting the oxidative coupling of methane to ethylene in the golden period of shale gas: A review," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 37, pp. 1–13, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.03.027>.
- [7] T. Fini, C. Patz, and R. Wentzel, *Oxidative Coupling of Methane to Ethylene*, 1st ed. Philadelphia, PA 19104: Penn Engineering, School of Engineering and Applied Science, University of Pennsylvania, 2014.
- [8] T. E. Rufford *et al.*, "The removal of CO₂ and N₂ from natural gas: A review of conventional and emerging process technologies," *J. Pet. Sci. Eng.*, vol. 94–95, pp. 123–154, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.06.016>.
- [9] S. Y. Khan, M. Yusuf, and A. Malani, "Selection of Amine in natural gas sweetening process for Acid Gases removal: A review of recent studies," *Pet. Petrochemical Eng. J.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–7, 2017, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Mohammad-Yusuf-6/publication/341960166_Selection_of_Amine_in_Natural_Gas_Sweetening_Process_for_Acid_Gases_Removal_A_Review_of_Recent_Studies/links/5edb126892851c9c5e86a3d9/Selection-of-Amine-in-Natural-Gas-Sweetening-.
- [10] Gas Processors Association, *Engineering Data Book (FPS Version)*, 12th ed. Tulsa, Oklahoma 74145: Gas Processors Suppliers Association, 2004.
- [11] Publikasi SKK Migas, *Annual Report 2017*, 1st ed. Jakarta Selatan: Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, 2017.
- [12] Gubernur Sumatera Selatan, *Keputusan Gubernur Sumatera Selatan No. 757/KPTS/Disnakertrans/2018*. Indonesia: Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi Provinsi Sumatera Selatan, 2018.
- [13] Gubernur Papua, *Keputusan Gubernur Papua No. 188.4/369/Tahun 2019*. Papua, Indonesia: Pemerintah Provinsi Papua (Papua.go.id), 2019.
- [14] Gubernur Kepulauan Riau, *Keputusan Gubernur Kepulauan Riau No. 1047/2019*. Pekanbaru, Indonesia: Pemerintah Provinsi Riau (jdih.riau.go.id), 2019.
- [15] G. Wozny and H. A. Garcia, "Oxidating coupling of methane: A design of integrated catalytic processes," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 21, pp. 1399–1404, 2010, doi: 10.3303/CET1021234.