

# Desain Pabrik *Ethylene* dari Gas Alam di Teluk Bintuni Papua Barat

Randhi Ramdhani, Risha Ratna, Gede Wibawa  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: gwibawa@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Indonesia adalah salah satu dari sedikit Negara dengan keanekaragaman sumber daya alam yang melimpah sebagai bahan baku utama industri petrokimia berupa minyak bumi, gas alam, batu bara dan biomassa. Ketersediaan bahan baku tersebut dapat mendorong perkembangan industri petrokimia yang merupakan penopang industri nasional dalam upaya pemenuhan kebutuhan manusia terhadap pangan, sandang, papan dan energi. Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam gas, sehingga sumber daya alam tersebut merupakan penopang utama pembangunan di Indonesia. Berdasarkan data Departemen ESDM pada Januari 2012, total cadangan gas alam Indonesia tercatat mencapai 150,70 *Trillion Standard Cubic Feet* (TSCF). Dari jumlah tersebut, sebanyak 103,35 TSCF merupakan gas alam terbukti, sementara 47,35 TSCF sisanya belum terbukti atau potensial. Memasuki era perdagangan, Indonesia dituntut untuk mampu bersaing dengan Negara lain dalam bidang industri. Inovasi yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan kita pada produk luar negeri mampu untuk menambah devisa negara sangat diperlukan. Salah satu industri manufaktur strategis yang memiliki peranan penting dalam struktur industri nasional adalah industri petrokimia. Salah satu produk yang dihasilkan dari industri petrokimia adalah *ethylene*. Etena (*ethylene*) adalah senyawa kimia yang memiliki rumus  $C_2H_4$ , yang memiliki sifat-sifat : olefin paling ringan, tidak berwarna, tidak berbau, dan mudah terbakar. Adapun penggunaan etena dalam dunia industri cukup luas antara lain : sebagai bahan baku industri kimia oksida *ethylene*, *polyethylene*, *ethylene benzene*, PVC, dan *ethylene glycol*. *Ethylene* dapat diproduksi dari beberapa sumber yaitu naphtha dan gas alam. Dimana beberapa pabrik yang memproduksi *ethylene* antara lain Siemens Oil dan Gas Industri yang memproduksi sekitar 800.000 ton/tahun, Toyo Engineering Corporation yang mendirikan pabrik di Jepang pada tahun 1966 memproduksi *ethylene* sebesar 200.000 ton/tahun, PT Chandra Asri yang memproduksi *ethylene* sebesar 600.000 ton/tahun, dengan menggunakan naphtha sebagai bahan bakunya. Maka dari itu, pabrik *ethylene* dari gas alam ini akan didirikan di kawasan industri Teluk Bintuni, Papua Barat. Rencananya pabrik ini akan didirikan pada tahun 2015 dan siap beroperasi pada tahun 2017. Proses pembuatan *ethylene* dari gas alam terdiri dari lima proses utama, yaitu absorpsi  $CO_2$ , *dehydration unit*, *distillation*, *thermal cracking*, dan *oxidative coupling of methane*. Dari analisa perhitungan ekonomi didapat Investasi 307.533.460 USD, IRR sebesar 26,85%, POT selama 2,84 tahun, dan NPV positif 10 tahun sebesar 170.791,91 MUSD.

**Kata Kunci**—*Ethylene*, Gas alam, *Oxidative Coupling of methane*

## I. PENDAHULUAN

**E**TENA (*Ethylene*) adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $C_2H_4$  atau  $H_2C=CH_2$  yang memiliki sifat : olefin paling ringan, tidak berwarna, tidak berbau, dan merupakan

gas yang mudah terbakar. *Ethylene* atau olefin (gas yang berbentuk minyak) secara luas banyak digunakan di dalam industri kimia dengan produksi di seluruh dunia mencapai lebih dari 109 juta ton pada tahun 2006 melebihi dari setiap senyawa organik lainnya. *Ethylene* juga merupakan hormon tumbuhan alami penting yang digunakan dalam pertanian untuk memaksa proses pematangan buah-buahan. Penggunaan *ethylene* banyak digunakan dalam industri kimia dengan produk hasil akhir yang sangat beragam. Hasil akhir produk dengan bahan baku *ethylene* ini meliputi: plastik dan berbagai macam kemasan, isolasi kabel, kemasan industri dan pertanian, kain tenun dan berbagai macam penutup, pipa, saluran dan berbagai macam bahan bangunan, drum, guci, kontainer, botol dan rak-rak untuk menahan botol, bahan antibeku, pelarut dan *coating* [1],[2].

*Ethylene* dapat diperoleh dari berbagai macam bahan baku seperti naphtha, ethanol, gas etana dan gas methana. Cadangan gas Indonesia relatif lebih besar ketimbang minyak bumi, meski sebagian juga sudah dikonsesikan kepada pihak asing. Gas alam seperti juga minyak bumi merupakan hidrokarbon ( $C_nH_{2n+2}$ ) yang terdiri dari campuran beberapa macam gas hidrokarbon yang mudah terbakar dan non-hidrokarbon seperti nitrogen, helium, karbon dioksida ( $CO_2$ ), hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), dan air serta merkuri dalam jumlah kecil. Komponen utama dalam gas alam adalah metana ( $CH_4$ ) yang merupakan molekul hidrokarbon dengan rantai terpendek dan teringan. Selain itu, gas alam juga mengandung molekul – molekul hidrokarbon yang lebih berat, seperti etana ( $C_2H_6$ ), propane ( $C_3H_8$ ) dan butane ( $C_4H_{10}$ ). Gas alam juga merupakan sumber utama gas helium. Komposisi gas alam bervariasi sesuai dengan sumber ladang gasnya. Gas alam sebagian besar dibuat menjadi LNG agar bisa dikonsumsi sehingga komponen hidrokarbon yang lebih berat, seperti etana ( $C_2H_6$ ), propane ( $C_3H_8$ ) dan butane ( $C_4H_{10}$ ) harus dipisahkan [3].

Kondisi sumber daya alam di Indonesia berupa minyak dan gas bumi merupakan modal dasar bagi pengembangan industri petrokimia di tanah air. Elemen-elemen penting yang dibutuhkan untuk mengembangkan industri petrokimia di Indonesia telah tersedia melimpah. Dalam praktiknya, pengalokasian sumber daya untuk diolah bagi pengembangan industri petrokimia belumlah se-optimal yang diharapkan. Berbagai hambatan tetap menjadi kendala bagi pengembangan industri tersebut. Impor akan produksi petrokimia tetap cukup tinggi sedangkan pemanfaatan sumber daya alam yang menjadi basis industri tersebut masih cukup rendah. Salah satu solusi untuk menanggulangi masalah ini yaitu dengan cara membuat pabrik *ethylene* yang ada di dalam negeri dengan bahan baku yang tersedia di Indonesia. Prospek bahan baku yang mendukung sekarang ini yaitu gas alam [4].

Industri *ethylene* adalah industri yang sangat strategis karena *ethylene* merupakan bahan dasar untuk berbagai produk yang sangat penting dalam kehidupan manusia mulai dari industri plastik seperti botol, pipa air, kantong plastik, industri tekstil, peralatan rumah tangga, properti dan lain lain. Seakan begitu strategisnya produk *ethylene*, sehingga dalam kurun waktu tiga tahun yakni 2011-2013, tambahan produksi *ethylene* Asia dan Amerika oleh delapan negara yaitu : China, Qatar, Saudi Arabia, Taiwan, Abu Dhabi, Venezuela dan Singapura bisa mencapai 13 juta ton [5].

Pabrik ini berlokasi di Kawasan industri Teluk Bintuni, papua barat dengan bahan baku yang diperoleh dari sumur Ajek-1, blok kofiau, Raja Ampat dengan cadangan gas bumi sebesar 24,14 TSCF (*Trillion Square Cubic Feet*). Kapasitas pabrik ini adalah 16500 MMSCF per tahun atau sebesar 50 MMSCFD. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat menggantikan kebutuhan *ethylene* sebesar 1,7% di Indonesia

Tabel 1.

Spesifikasi Produk

Formula	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	
<i>Molecular weight</i>	28.05	g/mol
<i>Specification purity</i>	95.5	%
<i>Total Oxigen</i>	20	ppmv
<i>Specific Volume</i>	13.8	Fr <sup>3</sup> /Lb
<i>Total Carbon Dioxide</i>	50	ppmv
<i>Total Carbon Monoxide</i>	10	ppmv
<i>Total Ethane</i>	1000	ppmv
<i>Total Methane</i>	500	ppmv
<i>Total Nitrogen</i>	80	ppmv
<i>Total Acetylene</i>	5	ppmv
<i>Total Moisture</i>	2	ppmv

*Ethylene is flammable over a wide range in air. It explodes spontaneously when mix with chlorine in sunlight.*

## II. URAIAN PROSES

Secara garis besar proses di pabrik *ethylene* ini terdiri dari 3 unit. Unit yang pertama adalah unit persiapan bahan baku yang berfungsi untuk menghilangkan *impiurities* yang terkandung di dalam gas alam yang terbagi menjadi 2 sub-unit yaitu *purification unit* dan *dehydration unit*. *Purification unit* berfungsi untuk menghilangkan *solid* dan *acid gas* (CO<sub>2</sub>) yang terkandung di dalam gas alam tersebut. *Feed gas* pada suhu 30°C dan tekanan 20.68 bar masuk ke *scrubber* untuk menghilangkan *impiurities* yang terkandung di dalam gas alam. Gas yang keluar dari *scrubber* kemudian dialirkan ke *feed gas compressor absorber column* untuk menaikkan tekanannya sebelum memasuki pada temperatur 32,22°C dan tekanan 55.1 bar. Setelah keluar dari kompressor, suhu *feed* meningkat. *Feed gas* masuk dari bagian bawah menara *absorber* sedangkan larutan *amine* sebagai *sovent* untuk menghilangkan *acid gas* (CO<sub>2</sub>) dengan konsentrasi 45% berat dalam air masuk melalui bagian atas menara dengan suhu 32°C. gas umpan yang sudah bersih dari CO<sub>2</sub> kemudian diproses lebih lanjut di unit dehidrasi. *Dehydration unit* ini berfungsi untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat di dalam *feed gas*. Hal tersebut dikarenakan air yang diperbolehkan terkandung dalam *feed gas* yaitu kurang dari 0,5 ppm, sedangkan air yang terkandung dalam bahan baku gas alam adalah 1.2297,4 ppm. Gas yang telah bebas *acid gas* dari *plant* 1 dialirkan ke dalam *dehydration air cooler* untuk

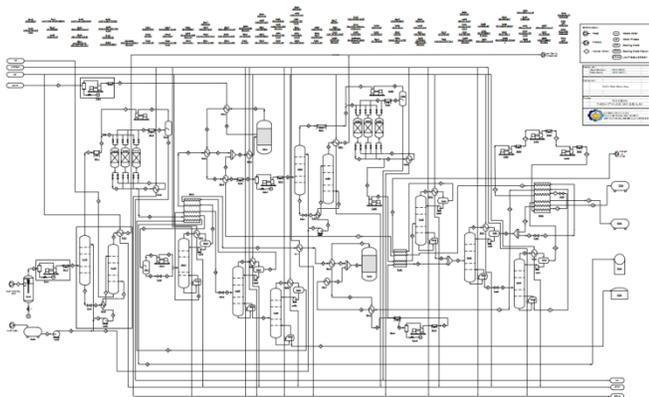
diturunkan suhunya dari 59,91°C menjadi 22°C. Kemudian *feed* dialirkan ke dalam *molecular sieve column* dari bagian atas kolom. Tujuan mengalirkan gas dari bagian atas kolom adalah agar memperbesar waktu kontak antara *feed gas* dengan *molecular sieve* sehingga proses adsorpsi akan berjalan maksimal. Gas umpan tersebut dikeringkan hingga dicapai kadar air maksimum 0,5 ppm. Gas yang sudah kering ini dialirkan ke *cold box* dengan media pendingin *mixed component refrigerant* sebagai proses pendinginan awal sampai temperatur -17°C dan tekanan 54,82 bar kemudian diproses lebih lanjut pada unit fraksinasi.

Unit yang kedua adalah unit *thermal cracking*. Gas yang berasal dari *dehydration unit* selanjutnya akan dialirkan ke dalam *de-methanizer column* untuk memisahkan fraksi-fraksi gas alam, dimana metana akan keluar sebagai hasil atas pada suhu -122,9°C sedangkan etana, propana dan butana dan fraksi berat lainnya pada suhu -269°C akan keluar sebagai hasil bawah. Hasil atas kemudian akan dipanaskan di dalam *heat exchanger* sampai suhu 542°C untuk dimasukkan ke dalam reaktor OCM. Sedangkan untuk hasil bawah berupa etana, propana, butane dan fraksi yang lebih berat kemudian dimasukkan ke dalam *de-ethanizer column* untuk memisahkan etana dengan fraksi yang lebih berat yaitu propane, butane dan fraksi yang lain. Etana yang merupakan hasil atas dari *de-ethanizer* kemudian dipanaskan sampai suhu 100°C yang selanjutnya akan dilanjutkan ke dalam *heat exchanger* sampai dengan suhu 725°C yang akan selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor untuk proses *thermal cracking* yang berlangsung pada tekanan 1 bar dan suhu 1000°C. Sedangkan hasil bawah akan dimasukkan ke dalam *de-butanizer column* untuk memisahkan propane dengan fraksi yang lebih berat sehingga menghasilkan LPG sebagai hasil atas akan disimpan ke dalam *LPG storage tank* dan *condensate* sebagai bottom produk akan disimpan ke dalam *condensate storage tank*. Hasil keluaran dari reaktor kemudian didinginkan sampai dengan suhu 689,4°C. Gas tersebut kemudian didinginkan sampai dengan suhu 559,5°C dan tekanan 0,9 bar dan didinginkan dengan menggunakan after cooler sampai dengan suhu 30°C. Selanjutnya akan dialirkan ke dalam compressor sampai dengan tekanan 15,24 bar dan selanjutnya didinginkan di *cool box* 2 sampai dengan suhu -113,5°C. Campuran etana dari reaktor dan hasil bawah dengan suhu -123,9°C dengan tekanan 15 bar masuk ke dalam *de-methanizer* untuk memisahkan methane dan etana, dimana metana hasil atas dari *de-methanizer column* sebagian akan direcycle dan sebagian lagi akan dialirkan ke dalam *Methana Storage Tank* dengan kondisi operasi -128°C dan tekanan 14.66 bar. Hasil bawah dari *de-methanizer column* akan dipisahkan kembali ke dalam *ethylene tower* dimana untuk memisahkan *ethylene* sebagai produk atas dan etana akan di *recycle* ke dalam reaktor *thermal cracking*. Kondisi operasi dari *ethylene* yang keluar dengan suhu -72,8°C dan tekanan 4.662 bar.

Unit yang ketiga adalah *oxidative coupling oc methane*. *fresh feed* yang berupa CH<sub>4</sub> dari *heat exchanger* tekanan gas methana 10.36 bar, selanjutnya akan digabungkan dengan *methana recycle*. Suhu gas metana ditingkatkan sebelum dilakukan pencampuran dengan gas oksigen sampai dengan 870°C. *Fresh feed* O<sub>2</sub> dinaikkan sampai dengan tekanan 7,35 bar, dan melewatkannya ke dalam *heat exchanger* sampai dengan suhu 700°C. Selanjutnya metana dan oksigen

dicampur sebelum masuk ke dalam reaktor OCM. Dimana gabungan methana dan oksigen mereaksikan menggunakan katalis di dalam reaktor OCM. Hasil yang keluar dari reaktor dengan temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 7,2 bar. Produk yang dihasilkan dalam proses ini adalah methana, ethana, *ethylene*, asetilen, hidrogen, air, karbon dioksida, karbon monoksida, sedikit propana dan juga hidrokarbon yang lain. Dimana kandungan asetilen didalam hasil produknya hanya sekitar 0,1-0,75 persen mol, sedangkan untuk hidrogen sekitar 1-4 persen mol, dan untuk karbon dioksida sekitar 5-10 persen mol, namun yang lebih sering sekitar 5 persen. Proses pre-treatment yang dilakukan untuk hasil produk dari reaktor OCM dengan melakukan proses absorber untuk menghilangkan kandungan  $\text{CO}_2$  yang berada dalam produk sekitar 5 ppm, kemudian unit penghilangan air atau dehydrogenation untuk menghilangkan kandungan air yang berada didalam produk sampai dengan 0,0001 persen mol. Proses pemisahan  $\text{CH}_4 + \text{H}_2$  dengan  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_6$  + sedikit  $\text{C}_3\text{H}_8$  dan hidrokarbon yg lebih tinggi +  $\text{C}_2\text{H}_2$  dengan kondisi operasi temperatur  $-162^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 4,15 bar. Selanjutnya dilakukan pemisahan  $\text{C}_2\text{H}_4$  dengan  $\text{C}_2\text{H}_6$  + sedikit  $\text{C}_3\text{H}_8$  dan hidrokarbon yg lebih tinggi +  $\text{C}_2\text{H}_2$  pada *nitrogen distillation column*. Hasil Atas berupa nitrogen akan dimasukkan ke dalam *cool box 2* dan selanjutnya akan dilanjutkan ke unit utilitas. Selanjutnya hasil bawah berupa Metana, *ethylene*, etana akan digabung dengan etana dari *reaktor thermal cracking* untuk dipisahkan didalam *de-methanizer column*.

Berikut ini adalah gambar 1 yang menunjukkan *flowsheet* proses dari pabrik ini



Gambar 1. *Process Flow Diagram*

### III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik *ethylene* dari gas alam ini dimana kapasitas *feed* sebesar 19.965.000 MMBTU/tahun dan produk yang dihasilkan adalah *ethylene* sebesar 75.327,26 ton/tahun [6]-[10].

### IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *total cost investment* pabrik ini sebesar 307.533,46 MUSD dengan bunga 12% per tahun dan NPV 10 tahun sebesar 170.791,91 MUSD. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 26,85% dan BEP sebesar 31,90% dimana pengembalian modalnya selama 2,84 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama

10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 1,5 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun. Berikut ini adalah gambar 1 tentang parameter sensitifitas dari pabrik *ethylene* ini [11].

### V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 26,85% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun, NPV 10 tahun sebesar 170.791,91 MUSD dimana pengembalian modalnya selama 2,84 tahun maka pabrik *ethylene* ini layak didirikan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman Laboratorium Termodinamika Teknik Kimia atas bantuan dan saran yang telah diberikan selama ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] [www.antara.com/Pengertian-ethylene](http://www.antara.com/Pengertian-ethylene).
- [2] Simoeh.. Pra perancangan Pabrik Kimia (2014).
- [3] Indoenergi. Jenis-jenis Energy Gas Alam (2014).
- [4] [www.esdm.go.id/cadangan Gas alam Indonesia](http://www.esdm.go.id/cadangan-Gas-alam-Indonesia) (2014).
- [5] Eramo, Mark. Global Ethylene Market (2014).
- [6] Ludwig, E, "Design for Chemical and Petrochemical Plants", Gull Publishing Houston, Texas(1947).
- [7] Vilbrandt, D, "Chemical Engineering Plant Design", 4<sup>th</sup> edition McGraw Hill Book Company (1959)
- [8] Himmelblau, D, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", International Edition (2003).
- [9] Van Ness, S, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 4<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company (1967).
- [10] Klaus, D.Timmerhaus and Ronald, E.W, "Plant Design and Economics for Chemical Engineering", 5<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company (2003).