

Plant Design of *Cluster* LNG (*Liquefied Natural Gas*) in Bukit Tua Well, Gresik

Pradnya A. Putri, Shinta S. Hajar, Gede Wibawa dan Winarsih
 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— Gas alam atau yang sering disebut sebagai gas bumi adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH_4). Gas alam cair (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan pengotor dan hidrokarbon berat kemudian gas alam dikondensasi menjadi cairan pada tekanan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar -160°C dengan tujuan untuk mempermudah pengangkutan karena volume gas sebelum dan sesudah dicairkan adalah 600:1. Saat ini gas alam diolah menjadi *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), sedangkan sisa pencairan gas alam yang berupa *condensate* juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena sifatnya yang mirip minyak mentah (*crude oil*) dengan kualitas yang terbaik. Gas alam tidak berwarna, tidak berbau, tidak korosif, tidak beracun, dan ramah lingkungan. Gas alam juga digunakan sebagai pembangkit listrik PLTG dan PLTU. Berdasarkan data Neraca Gas Indonesia pada tahun 2010 Indonesia mengalami defisit sebesar 18,57 MTPA (Million Ton Per Annum). Pabrik Cluster LNG direncanakan dibangun pada tahun 2015 dengan target siap beroperasi pada tahun 2018. Pabrik ini berlokasi di Gresik dengan bahan baku yang diperoleh dari sumur Lapangan Bukit Tua, Gresik, Jawa Timur dengan cadangan gas alam sebesar 52359,62 MMSCFD. Kapasitas pabrik ini adalah 20 MMSCFD. Pabrik ini akan memenuhi kebutuhan konsumen skala kecil hingga menengah atas seperti halnya pembangkit listrik untuk daerah Bali, Lombok dan Jawa Timur. Rangkaian proses pabrik ini adalah unit *Dehydration*, unit *Acid Gas Removal*, unit *Refrigeration* dan unit *Liquefaction*. Analisa ekonomi dari pabrik ini adalah investasi sebesar 60 MUSD, IRR sebesar 39,67%, POT selama 2,38 tahun, BEP sebesar 18% dan NPV 10 tahun sebesar 63,904 MUSD.

Kata Kunci— *Cluster* LNG, gas alam, LNG, LPG

III. PENDAHULUAN

Gas alam merupakan suatu campuran yang tersusun dari gas-gas hidrokarbon ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) dimana gas-gas tersebut mudah terbakar dan susunan yang utama dari gas alam itu sendiri terdiri dari metana (CH_4) yang merupakan molekul hidrokarbon dengan rantai terpendek dan teringan. Gas alam juga merupakan sumber utama untuk sumber gas helium. Karakteristik dari gas alam pada keadaan murni antara lain tidak berwarna, tidak berbentuk, dan tidak berbau. Selain itu, gas alam mampu menghasilkan pembakaran yang bersih dan juga hampir tidak menghasilkan emisi buangan yang dapat merusak lingkungan. Selain itu gas alam juga dapat mengandung etana, propana, butana, pentana, dan juga gas-gas yang mengandung sulfur. Kontaminan (pengotor) utama dari suatu gas biasanya berupa campuran organosulfur dan

hidrogen sulfida yang harus dipisahkan. Gas dengan jumlah pengotor sulfur yang signifikan dinamakan *sour gas* dan sering disebut juga sebagai "acid gas (gas asam)".

Di sektor gas alam, Indonesia masih tercatat sebagai salah satu negara penghasil gas alam yang diakui dunia. Menurut data Departemen ESDM pada 2010 total cadangan gas alam Indonesia tercatat mencapai 157,14 TCF (*triliun cubic feet*) atau $4,449 \times 10^{15}$ liter ($1 \text{ ft}^3 = 1027 \text{ bu} = 0,0283168 \text{ m}^3 = 0,21875 \text{ ton} = 0,0001767 \text{ boe, barrel of oil equivalent}$). Dari jumlah tersebut, sebanyak 108,4 TCF ($3,185 \times 10^{15}$ liter) merupakan gas alam terbukti sementara 48,74 TCF ($1,914 \times 10^{15}$ liter) sisanya belum terbukti atau potensial. Indonesia memiliki cadangan gas alam yang sangat besar dan tersebar di berbagai daerah tetapi untuk saat ini sumber gas alam Indonesia baru terdapat di empat tempat saja. Keempat tempat tersebut adalah Arun (Nangroe Aceh Darussalam), Pulau Natuna, Bontang (Kalimantan Timur), dan Tangguh (Irian Jaya Barat). Saat ini sumur-sumur eksplorasi gas alam seperti di blok Arun (NAD) atau Bontang (Kalimantan Timur) sudah mulai uzur karena sudah beroperasi lebih dari setengah abad. Sehingga pemerintah pun mulai mengoptimalkan proyek eksplorasi gas alam lain misalnya di lapangan Tangguh (Papua) atau Natuna (Kepulauan Riau). Hasil *feasibility study* Departemen ESDM membuktikan, dua lapangan itu menyimpan cadangan gas bumi yang berlimpah, lapangan Tangguh sebesar 24,32 TCF serta Natuna sebesar 51,46 TCF. Baru-baru ini juga ditemukan potensi eksplorasi baru seperti di Cekungan Sumatra Utara (Baong Shale), Sumatra Bagian Tengah (Telisa Shale), Jambi, dan Sumatra Selatan (Gumai Shale). Selain itu juga ditemukan di Jawa Barat dan Jawa Timur dan juga beberapa tempat lain di Indonesia yang belum dieksploitasi karena kandungan gas alamnya relatif kecil sehingga belum dapat diolah secara komersial [1].

Liquefied Natural Gas (LNG) adalah gas alam yang dicairkan dengan cara didinginkan pada temperature sekitar -160°C dan pada tekanan atmosfer. Proses tersebut juga untuk menghilangkan ketidakmurnian dan hidrokarbon berat pada gas alam tersebut. Dengan pencairan gas alam tersebut, volume spesifik gas alam dapat mengecil hingga 1/600 kali lipat dibandingkan kondisi awalnya. Gas alam cair tersebut dapat disimpan dalam tangki atmosferik serta mudah diangkut dalam jumlah yang besar menuju tempat yang jauh dengan menggunakan kapal tanker LNG dimana jalur pipa tidak tersedia atau jalur pipa tidak ekonomis.

Untuk transportasi gas alam dalam skala kecil dan berjarak dekat dari sumber gas alam seperti halnya untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik maka metode yang lazim digunakan adalah menggunakan tanki bertekanan sekitar

200 bar atau lebih dikenal dengan *Compressed Natural Gas* (CNG) [2].

Cluster LNG Storage Tank merupakan suatu metode terbaru yang diusung dan dipatenkan oleh DSME sebagai suatu sarana berupa media penyimpanan LNG. *Cluster LNG Storage Tank* adalah sebuah tangki penyimpanan LNG dimana biasanya kondisi tekanan operasinya adalah sekitar 20 bar. Secara fisik *cluster LNG* ini memiliki tinggi dan diameter berurutan yaitu 20 meter dan 4 meter. Volume gas alam dapat dicekikan hingga 600 kali dengan cara merubah fasa gas alam menjadi cair. Hal ini dapat dicapai dengan mendinginkan hingga temperatur *cryogenic* (temperatur dibawah -150°C) menjadi LNG (Liquified Natural Gas) ataupun meningkatkan tekanan menjadi LPG (Liquified Petroleum Gas) [3]-[4].

Pabrik ini berlokasi di Gresik dengan bahan baku yang diperoleh dari sumur Bukit Tua, Gresik, Jawa Timur dengan cadangan gas alam sebesar 52359,62 MMSCFD. Kapasitas pabrik ini adalah 20 MMSCFD dimana kandungan utamanya adalah methane 74,83% mol dan ethane sebesar 6,81% mol. *Impurities*nya adalah CO_2 sebesar 0.86% mol, H_2S sebesar 7,41% mol, dan H_2O sebesar 0,01% mol. Suhu *feed* dari pabrik ini sebesar 28°C dan tekanannya 25 bar. Pabrik *Cluster LNG* ini memenuhi kebutuhan LNG untuk PLN wilayah Jawa Timur, Bali dan Lombok sebesar 6,79 MTPA dimana produksi LNG pabrik ini sebesar 0,13 MTPA sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memenuhi 1,14% kebutuhan LNG PLN untuk Jawa Timur, Bali, dan Lombok. Berikut ini adalah Tabel 1 spesifikasi produk dari pabrik *Cluster LNG* ini.

Tabel 2
Spesifikasi Produk

		Specifications
LNG	Target HHV	1087 btu/scf
	CO_2 content	less than 50 ppmv
	H_2S content	less than 4 ppmv
	Total sulfur	less than 35 mg/Nm ³
	Nitrogen	less than 1.0 mol %
	C_4^+ content	less than 2.0 mol %
	C_5^+ content	less than 0.1 mol %
LPG	Vapor pressure	under 1430 kPa (at 37.8 OC)
	C_5^+ content	less than 2 vol %
Condensate	Reid Vapor pressure	under 10 psia

II. URAIAN PROSES

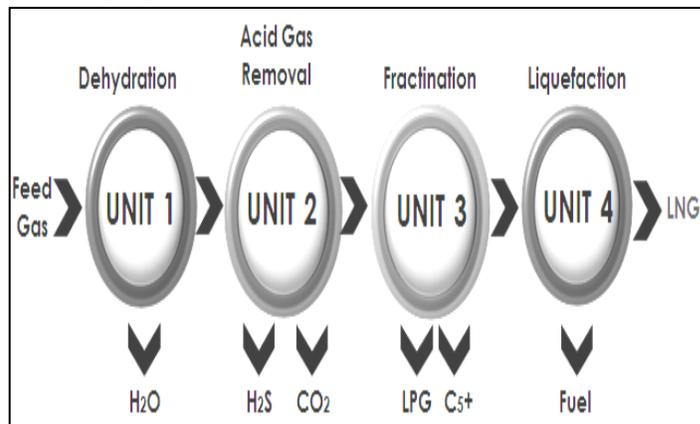
Secara garis besar proses di pabrik *cluster LNG* ini terdiri dari 4 unit. Unit yang pertama adalah unit *dehydration* yang berfungsi untuk menghilangkan kadar H_2O pada *feed gas*, agar tidak terjadi pembekuan H_2O selama proses pendinginan. Pada unit *dehydration* ini dipilih proses *adsorption* dengan *adsorbent molecular sieve 3A*. Proses *adsorption* dipilih pada unit *dehydration* dikarenakan dengan proses ini H_2O dapat hilang hingga batas max yakni kurang dari 1 ppm, hal ini sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan, proses ini tidak mengadsorp hidrokarbon, proses ini mudah diregenerasi

dan proses ini cocok untuk mengikat H_2O yang memiliki ukuran partikel 0,28 nm (2,8 Å).

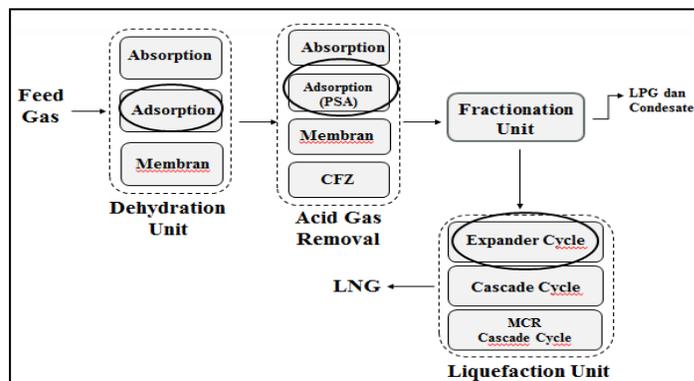
Unit yang kedua adalah unit *acid gas removal* yang berfungsi untuk menghilangkan CO_2 dan H_2S menggunakan *Pressure Swing Adsorption*. Metode *pressure swing adsorption* ini cocok untuk pabrik dengan kapasitas kecil, *allowable* untuk kadar H_2S yang tinggi dan dapat mengikat CO_2 dan H_2S juga. Pada proses ini, melibatkan dua *molecular sieve* sebagai adsorban yaitu zeolit *molecular sieve 13X* dan carbon *molecular sieve 3K*. Kedua *molecular sieve* tersebut berfungsi untuk menyerap pengotor-pengotor yang terikat bersama *feed gas*. Zeolit berfungsi untuk mengadsorp CO_2 dan H_2S . Carbon berfungsi untuk mengadsorp N_2 .

Unit yang ketiga adalah *fractionation* unit yang berfungsi untuk memisahkan fraksi ringan dengan fraksi berat dari gas alam berdasarkan titik didih komponennya yaitu LNG dan LPG. *Plant* ini dibagi menjadi 2 unit yaitu *LNG Distillation Column* dan *LPG Distillation Column*. Pada pabrik ini kami menggunakan propane *pre-cooled mixed refrigerant* sebagai pendinginnya karena LNG adalah cairan *cryogenic* yang berarti temperatur rendah, umumnya di bawah -100°F dan juga proses ini biaya operasinya lebih murah dibandingkan dengan pendingin nitrogen [5].

Unit yang terakhir adalah unit *liquefaction* yang berfungsi untuk mencairkan LNG sehingga mencapai temperatur -161°C . Proses yang digunakan adalah *expander cycle* dengan *refrigerant* nitrogen. Proses ini peralatannya lebih sederhana dan sesuai untuk skala yang kecil serta lebih aman. Berikut ini adalah Gambar 1 dan Gambar 2 yang menjelaskan keseluruhan proses [6]-[7].

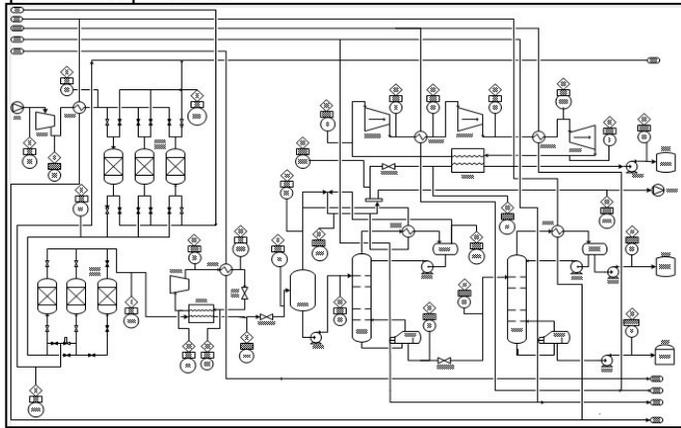


Gambar 1. Proses Pabrik *Cluster LNG*



Gambar 2. Seleksi Proses

Berikut ini adalah gambar 3 yang menunjukkan *flowsheet* proses dari pabrik ini



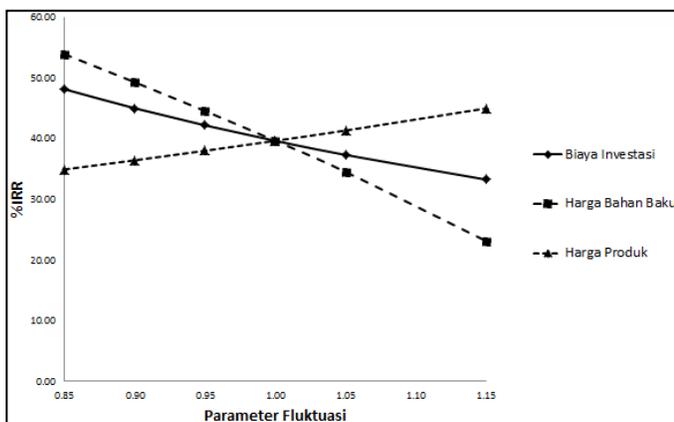
Gambar 3. Process Flow Diagram

III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik *cluster* LNG ini dimana kapasitas *feed* sebesar 20 MMSCFD atau 523,99 ton/day dan produk yang dihasilkan antara lain LNG sebesar 285,13 ton/day, LPG sebesar 82,38 ton/day, *condensate* sebesar 192,79 bbl/day [8]-[9].

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *Total Cost Investment* pabrik ini sebesar 60 MUSD dengan bunga 12% per tahun dan NPV 10 tahun sebesar 63,904 MUSD. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 39,67% dan BEP sebesar 18% dimana pengembalian modalnya selama 2,4 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 4 tentang parameter sensitifitas dari pabrik *Cluster* LNG ini [10].



Gambar 4. Parameter Sensitifitas

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 39,67% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun, NPV 10 tahun sebesar 63,904 MUSD dimana pengembalian modalnya selama 2,4 tahun maka pabrik *Cluster* LNG ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ITS-DSME. 2010. "Process Description for Indonesia Gas Data". *Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co.Ltd.*
- [2] Suprpto, Y. 2007. "LNG and The World of Energy". *Pertamina 1st Edition.*
- [3] ITS-DSME. 2010. "Conceptual Design of LNG Top Side Process". *Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co.Ltd.*
- [4] Ludwig, E. 1947. "Design for Chemical and Petrochemical Plants". *Gull Publishing Houston-Texas.*
- [5] Van Winkle, M. 1967. "Distillation". *McGraw Hill Book Company.*
- [6] Kidnay, A and Parrish, W. 2006. "Fundamental of Natural Gas Processing". *London.*
- [7] Vilbrandt, D. 1959. "Chemical Engineering Plant Design". *4th edition McGraw Hill Book Company.*
- [8] Himmelblau, D. 2003. "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering". *International Edition.*
- [9] Van Ness, S. 1967. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics". *4th International Edition McGraw Hill Book Company.*
- [10] Klaus, D.Timmerhaus and Ronald, E.W. 2003. "Plant Design and Economics for Chemical Engineering". *5th International Edition McGraw Hill Book Company.*