

# Regasification of LNG (*Liquefied Natural Gas*)

Muhammad Rum Pandu Nuswantara, Wiryawan Priharnanto, 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**— LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan ketidakmurnian dan hidrokarbon berat dan kemudian dikondensasi menjadi cairan pada tekanan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar  $-160^{\circ}$  Celcius. LNG ditransportasi menggunakan kendaraan yang dirancang khusus dan ditaruh dalam tangki yang juga dirancang khusus. LNG memiliki isi sekitar 1/600 dari gas alam pada suhu dan tekanan standar, membuatnya lebih hemat untuk ditransportasi jarak jauh di mana jalur pipa tidak ada. Ketika memindahkan gas alam dengan jalur pipa tidak memungkinkan atau tidak ekonomis, dia dapat ditransportasi oleh suatu kapal pengangkut untuk LNG. Gas alam dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik PLTG dan PLTU. Dari data ESDM cadangan gas alam tersebut dapat dikatakan bahwa potensi gas alam Indonesia sangatlah besar, karena pada data tahun 2012 ditjen migas tersebut, cadangan gas alam yang masih tersimpan dan tersebar di Indonesia masih sangat besar, dengan potensial sebesar 47.35 TSCF (Trillion Square Cubic Feet). Potensi tersebut adalah total dari seluruh potensi yang tersebar di Indonesia sebesar 150.70 TSCF. Pabrik Terminal Regasifikasi LNG direncanakan dibangun pada tahun 2014 dengan target siap beroperasi pada tahun 2016. Pabrik ini berlokasi di Celukan Bawang Bali dengan terdapat 3 PLTG yang membutuhkan distribusi LNG yaitu PLTG Gilimanuk, Pemaron, dan Pesanggaran. Kapasitas pabrik ini adalah 100 MMSCFD. Pabrik ini akan memenuhi kebutuhan pembangkit listrik untuk daerah Bali. Rangkaian proses pabrik ini adalah unit *Regasification*. Analisa ekonomi dari pabrik ini adalah investasi sebesar 371,66 MUSD, IRR sebesar 38,6%, POT selama 2,71 tahun, BEP sebesar 49,6% dan NPV 10 tahun sebesar 1011,82 MUSD.

**Kata Kunci**— *Regasification*, gas alam, LNG.

## I. PENDAHULUAN

**R**egasifikasi merupakan suatu proses perubahan fase gas alam yang dilakukan untuk memudahkan transportasi gas alam, fase yang berubah yaitu gas alam yang telah dikondensasikan dengan suhu sebesar sekitar  $-161^{\circ}\text{C}$  sehingga gas alam berbentuk cair dan dikembalikan lagi menjadi Natural gas (fase gas), proses ini dilakukan hanya untuk mengirim LNG ke konsumen dengan jarak yang jauh dari pabrik pengolahan LNG, sehingga apabila konsumen gas alam tersebut berjarak tidak jauh dari pabrik pengolahan LNG maka sistem transportasi yang digunakan hanya dengan memakai pipa gas alam dan langsung dikirim kepada konsumen – konsumen.

Dalam pemasarannya LNG digunakan dalam fasa cair, dan di distribusikan dengan menggunakan *floating storage*.

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki cadangan gas bumi dan minyak yang besar dengan nilai gas bumi dan minyak telah terbukti sebesar 103,35 TCF, potensial sebesar 47,35 TCF, dan total 150,70 TCF data berdasarkan ESDM 2012. Gas alam yang ada di Indonesia menunjukkan suatu hal yang positif dan berpotensi tinggi. Hal tersebut dikarenakan Indonesia merupakan negara dengan cadangan gas alam yang besar. Sampai saat ini gas alam yang berasal di Indonesia diolah menjadi produk LNG (*liquefied natural gas*) dan juga LPG (*Liquefied petroleum gas*). Dua produk tersebut merupakan bahan bakar utama untuk perindustrian dan juga rumah tangga, selain itu juga sebagai bahan baku untuk industri petrokimia, Sedangkan sisa dari pencairan gas alam ini yang berupa kondensat yang berupa mirip minyak mentah (*crude oil*) dengan kualitas yang baik. Terdapat tiga sumber kilang gas alam terbesar di Indonesia Ketiga tempat tersebut adalah Arun, Bontang, dan Tangguh.

Penggunaan gas alam di dunia sebagai energi alternatif terus meningkat dari tahun ke tahun, Namun faktanya tidak semua daerah mempunyai sumber gas alam yang banyak sehingga beberapa daerah tersebut tidak mendapatkan suplai gas alam yang mencukupi, untuk memecahkan masalah itu beberapa perusahaan membuat saluran pipa – pipa gas dan kendaraan truk pengangkut LNG untuk menyuplai gas alam ke daerah daerah yang tidak memiliki cadangan gas alam, namun untuk menyuplai gas alam pada daerah jarak jauh dan melewati laut maka penggunaan system transportasi menggunakan pipa gas dan truk menjadi tidak efektif karena menelan biaya yang jauh lebih besar, oleh karena itu digunakan lah *floating storage* LNG sebagai transportasi kapal laut pengangkut LNG lalu diberikan modifikasi berupa tambahan unit regasifikasi pada bagian depan kapal. Pada umumnya regasifikasi dilakukan pada terminal *On-shore* namun Pada akhir ini banyak berkembang teknologi Regasifikasi yang dikembangkan seperti pembuatan unit regasifikasi diatas kapal sehingga dapat mempermudah memasok gas alam ke berbagai daerah daerah yang tidak memiliki sumber daya gas alam yang besar dan dapat dengan mudah mengimpor LNG tanpa harus membangun terminal LNG di Negara lain yang dimana perizinan membangun terminal LNG *onshore* tidak mudah. [1].

Penggunaan gas alam di dunia sebagai energi alternatif terus meningkat dari tahun ke tahun, Namun faktanya tidak semua daerah mempunyai sumber gas alam yang banyak sehingga beberapa daerah tersebut tidak mendapatkan suplai gas alam yang mencukupi, untuk memecahkan masalah itu beberapa perusahaan membuat saluran pipa – pipa gas dan kendaraan truk pengangkut LNG untuk menyuplai gas alam ke daerah daerah yang tidak memiliki cadangan gas alam, namun untuk menyuplai gas alam pada daerah jarak jauh dan melewati laut maka penggunaan system transportasi menggunakan pipa gas dan truk menjadi tidak efektif karena menelan biaya yang jauh lebih besar, oleh karena itu digunakan lah *floating storage* LNG sebagai transportasi kapal laut pengangkut LNG lalu diberikan modifikasi berupa tambahan unit regasifikasi pada bagian depan kapal. Penambahan unit regasifikasi untuk memudahkan proses regasifikasi gas alam sehingga tidak perlu membangun terminal regasifikasi dimana akan menelan biaya yang jauh lebih besar dan tidak perlu membuat perizinan dalam membangun terminal regasifikasi, lalu proses selanjutnya FSRU hanya menyambung ke pipa bawah laut melalui *turret* dan langsung di distribusikan ke konsumen - konsumen.

Transportasi LNG dapat juga menggunakan truk-truk dan kapal-kapal pengangkut LNG dari terminal suplai LNG menuju terminal penerima LNG. Terminal suplai LNG merupakan tempat pencairan gas alam yang disuplai dari sumur-sumur produksi gas alam melalui jaringan pipa. Terminal penerima LNG di Bali sebagai tempat penyimpanan dan regasifikasi LNG merupakan salah satu proses rantai transportasi LNG. Sebuah *Floating storage unit*, adalah kapal jenis sistem tangki terapung yang digunakan oleh industri gas lepas pantai dan dirancang untuk mengambil semua gas yang dihasilkan dari *platform* atau LNG plant dekatnya, mengalirkan, dan menyimpannya sampai gas dapat diturunkan & dialirkan ke sebuah *regasification plant* di *land base*, kapasitas tangki *floating storage unit* ini berkisar antara 20.000 m<sup>3</sup> hingga 210.000 m<sup>3</sup> [2]. Dalam pendesainan peletakan terminal LNG harus mempertimbangkan infrastruktur lingkungan sekitar terutama pertimbangan mengenai jalur pelayaran LNG *carrier* yang dipergunakan sebagai alat transportasi yaitu dengan melihat ukuran dari kapal LNG *carrier* tersebut. Terminal penerima LNG memiliki beberapa fasilitas diantaranya adalah tangki penyimpanan LNG, unit regasifikasi, (BOG), suplai power atau energi, unit perlengkapan untuk kapal sandar ketika unloading, dan fasilitas lain yang mendukung sistem pada terminal LNG.

Pada umumnya regasifikasi LNG dilakukan *off-shore* maupun *on-shore* namun pada masing-masing metode terdapat kekurangan dan kelebihan nya, seperti pada *off-shore* memiliki kekurangan seperti kapasitas regasifikasi yang kecil namun keuntungan dari *off-shore* tidak perlu melakukan pembebasan tanah sehingga dapat berpindah-pindah, pada *on-shore* kekurangannya biaya yang dikeluarkan untuk membangun terminal regasifikasi lebih besar disbanding *off-shore* namun kelebihan dari regasifikasi *on-shore* yaitu dapat menghasilkan produk dengan kapasitas yang jauh lebih besar.

Tabel 1  
Perbandingan *on-shore* dengan *off-shore*

	On-shore	Off-shore GBS	Off-shore FSRU
Development stage	Operational	Start-up	Design
Potentiality (Nm <sup>3</sup> /y)	3.5*10 <sup>9</sup>	7.6*10 <sup>9</sup>	3.7*10 <sup>9</sup>
Storage size (m <sup>3</sup> )	2x 50,000	2x 125,000	4x 35,000
Storage tank technology	Double containment	Self-supporting prismatic	Kvaerner/Moss-Rosenberg
Vaporizer technology	SCV (Submerged Combustion Vap.)	ORV (Open Rack Vaporizers)	IFV (Intermediate Fluid Vaporizers)

Desain terminal penerima LNG didasarkan pada jumlah kebutuhan untuk mensuplai ketiga pembangkit yang akan mensuplai kebutuhan listrik di Bali. Kebutuhan perhari ini digunakan untuk menentukan besarnya tangki penyimpanan beserta fasilitas lainnya. Besarnya kebutuhan pompa dan *vaporizer* sebagai unit regasifikasi dilakukan dengan melihat jumlah LNG yang digaskan untuk mensuplai ketiga pembangkit tersebut.

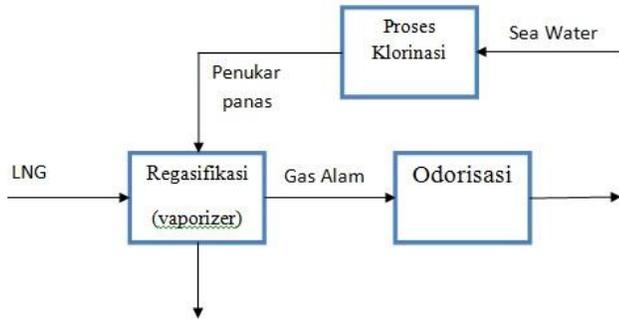
Pada pabrik regasifikasi ini akan menyuplai gas alam yang akan di distribusikan ke PLTG yang ada di daerah celukan bawang yaitu PLTG pamaron dan PLTG gilimanuk karena celukan bawang berada di antara gilimanuk dan pamaron sehingga PLTG ini dapat memakai gas alam sebagai bahan bakar dan dapat mengurangi pemakaian solar (HSD). PLTG Pamaron membutuhkan 26 MMSCFD, Gilimanuk 16 MMSCFD, Pesanggaran 32,4 MMSCFD. Total kapasitas gas alam yang dibutuhkan untuk mensuplai gas alam ke PLTG yang ada di bali sebesar 74,4 MMSCFD. Kapasitas pabrik ini adalah 100 MMSCFD. PLTG Pamaron dapat menghasilkan listrik sebesar 120 MW, Gilimanuk 130 MW, Pesanggaran 157,8 MW, total kapasitas listrik PLTG yang ada di bali dapat menghasilkan 407,8 MW dimana total kebutuhan listrik di bali sebesar 547,8 MW, sehingga apabila PLTG Pamaron, Pesanggaran, dan Gilimanuk digunakan dapat membantu 74,4% kapasitas listrik di bali [3]. Berikut ini adalah Tabel 2 spesifikasi produk dan feed dari regasifikasi LNG ini.

Tabel 2  
Spesifikasi Feed dan Produk

Aliran	Spesifikasi	
Masuk	Tekanan	1,13 bar
	Suhu	-161°C
	CH <sub>4</sub>	0,95 % mol
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,04 % mol
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0005 % mol
	Nitrogen	0,004 % mol
	Dimethyl sulphide	0 % mol
	Tert-butyl-mercaptan	0 % mol
Keluar	Tekanan	10 bar
	Suhu	65,32°C
	CH <sub>4</sub>	0,94 % mol
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,04 % mol
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0005 % mol
	Nitrogen	0,004 % mol
	Dimethyl sulphide	0,005 % mol
	Tert-butyl-mercaptan	0,005 % mol

II. URAIAN PROSES

Pada proses regasifikasi LNG, digunakan *vaporizer* untuk membentuk LNG dari fase *liquid* ke fase *gas*. Sedangkan air laut digunakan sebagai penukar panas dalam alat *vaporizer*, dimana air laut diklorinasi terlebih dahulu untuk mencegah adanya mikroorganisme yang terdapat dalam air laut yang dapat menyebabkan kerak dalam pipa. Setelah itu LNG yang sudah diubah dalam bentuk gas dijalankan proses odorisasi, sebagai salah satu cara untuk meningkatkan keamanan apabila terdapat kebocoran gas alam [4].



Gambar 1. Proses Regasifikasi LNG

Secara umum terminal regasifikasi yang umum digunakan hingga saat ini bekisar pada 2 jenis *vaporizer* saja, yaitu *open rack vaporizer* dan *submerged combustion vaporized*. Pemilihan dari jenis *vaporizer* yang digunakan sendiri didasarkan dari lokasi regasifikasi, efisiensi, dan juga kondisi lingkungan.

Unit regasifikasi yang didirikan berdasarkan pertimbangan yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa unit yang akan didirikan dengan cara *on-shore* dengan daerah Celukan Bawang Bali sebagai tempat pendiriannya. Dengan pendirian secara *on-shore* ini maka terdapat beberapa pilihan dalam metode regasifikasi yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya. Terdapat beberapa macam metode regasifikasi yang ada hingga saat ini.

Terdapat beberapa macam metode regasifikasi yang ada hingga saat ini seperti *Open Rack Vaporizer*, *Submerged Combustion Vaporizer*, *Ambient Air Vaporizer*, *Intermediate Fluid Vaporizer*, dan *Shell and Tube Vaporizer* [5]. Semua metode tersebut dapat dijalankan dalam unit regasifikasi *on-shore*. Metode *open rack vaporizer* (ORV) dan *Submerged combustion vaporizer* (SCV) merupakan metode yang paling umum dalam unit regasifikasi yang ada. Akan tetapi masih terdapat beberapa pilihan metode regasifikasi yang tersedia untuk proses regasifikasi LNG.

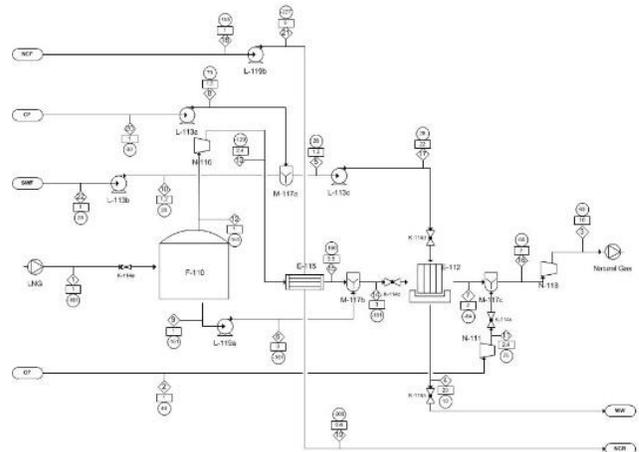
Tabel 3

Kekurangan dan Kelebihan Metode Regasifikasi

Jenis Regasifikasi	Kekurangan	Kelebihan
ORV	-Tidak bisa digunakan bila temperatur air laut dibawah 5°C	-Memiliki biaya operasional yang rendah
SCV	-Vendor untuk alat ini terbatas	-Tidak sensitive terhadap iklim
AAV	- Memiliki emisi	- Biaya operasi rendah
IFV	- Biaya operasional mahal	- Efisiensi perpindahan panas tinggi
STV	- Membutuhkan heater tambahan	- tidak membutuhkan tempat luas

Terminal penerima LNG biasanya terletak di dekat laut terbuka untuk kemudahan akses ke *floating storage* LNG, dan juga dekat dengan air laut yang merupakan sumber panas untuk regasifikasi. Air laut merupakan sumber yang tersedia sangat banyak dan juga biaya rendah dalam penggunaannya. Salah satu hal yang membuat penggunaan air laut dilarang yaitu apabila didirikan di daerah sensitif terhadap lingkungan yang mengkhawatirkan tentang dampak negatif pada kehidupan laut karena kandungan kimia, dan juga masalah debit air laut yang digunakan. Dan pabrik regasifikasi LNG ini didirikan di daerah industry celukan bawang, dan berada di pesisir pantai yang memadai *floating storage* LNG dapat berlabuh dan *unloading* LNG ke unit regasifikasinya [6]. Untuk memudahkan seleksi metode regasifikasi yang akan digunakan maka dibutuhkan suatu perbandingan kelebihan dan kekurangan dari metode-metode regasifikasi yang dapat dijalankan di pabrik *on-shore*.

Berikut ini adalah gambar 2 yang menunjukkan *flowsheet* proses dari pabrik ini [7].



Gambar 2 Process Flow Diagram

### III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik regasifikasi LNG ini dimana kapasitas *feed* sebesar 100 MMSCFD atau 2001,36 ton/day dan produk yang dihasilkan antara lain Gas alam sebesar 101 MMSCFD atau 2092,56 ton/day [8]-[9].

### IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *Total Cost Investment* pabrik ini sebesar 371,66 MUSD dengan bunga 12% per tahun dan NPV 10 tahun sebesar 1011,82 MUSD. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 38,6% dan BEP sebesar 49,6% dimana pengembalian modalnya selama 2,71 tahun. Masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun. Berikut ini adalah Gambar 4 tentang parameter sensitifitas dari pabrik Regasifikasi LNG ini [10].

### V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 38,6% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun, NPV 10 tahun sebesar 1011,82 MUSD dimana pengembalian modalnya selama 2,71 tahun maka pabrik Regasifikasi LNG ini layak didirikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Alessandro, P. Nicola, L. Gabriele, dan C. Valerio, "LNG regasification terminal: comparing the inherent safety performance of innovative technologies," Dipartimento di Ingegneria Chimica, Universita degli Studi di Bologna, dan Universita degli Studi di Pisa, Pisa dan Bologna, Italy (2007)
- [2] Suprpto, "*Badak Books LNG Ships and Transportation*," *Pertamina 1<sup>st</sup> Edition*.
- [3] A. Ketut, "Keputusan atribut jamak untuk pemilihan lokasi FSRU : Studi kasus suplai LNG dari ladang tangguh ke bali, ". *Jurnal teknik industry* (2008)
- [4] H. Kawamoto, "*Natural Gas Regasification Technology*," U.S. Coast Guard Office of Operating and Environmental Standards, Deepwater Ports Standards Division (2008)
- [5] A. Randeep. "*Technology Evaluation and Cold Energy Utilititation*," Queensland University of Technology, Australia (2012)
- [6] E. Brian, W. Steve, W. Barbara, ", *Study Focus on Six LNG Regasification Systems*," *LNG Journal* (2006) 21-22.
- [7] U. Gael, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*," John Wiley & Sons, Canada (1984)
- [8] Himmelblau, D. 2003. "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering". *International Edition*.
- [9] Van Ness, S. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics," *4<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company* (1967)
- [10] K. Timmerhaus, and Ronald, E.W, "Plant Design and Economics for Chemical Engineering," *5<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company* (2003)