

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas alam merupakan salah satu sumber energi yang sangat melimpah. Pemanfaatan gas alam dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Secara garis besar pemanfaatan gas alam dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu gas alam sebagai bahan baku, gas alam sebagai bahan bakar dan gas alam sebagai komoditas energi untuk diekspor. Gas alam berperan sangat penting sebagai bahan baku industri petrokimia, pupuk, metanol dan turunannya. Begitu juga dengan pemanfaatan gas alam sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap, bahan bakar industri, bahan bakar kendaraan bermotor bahkan sampai bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga.

Indonesia merupakan negara dengan cadangan gas alam yang melimpah. Pemerintah Indonesia mendukung pengembangan industri pengolahan gas alam dan sumber energi lainnya. Perkembangan dalam industri di Indonesia sangat mempengaruhi peningkatan ekonomi negara lewat ekspor gas alam sehingga menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara eksportir gas alam terbesar di dunia. Hal ini menjadikan adanya perkembangan teknologi pengolahan gas alam sangat penting adanya di Indonesia agar kebutuhan gas alam sebagai bahan energi tidak perlu mengimpor dari negara lain.

Tabel 1. Proyeksi Kebutuhan Energi Indonesia

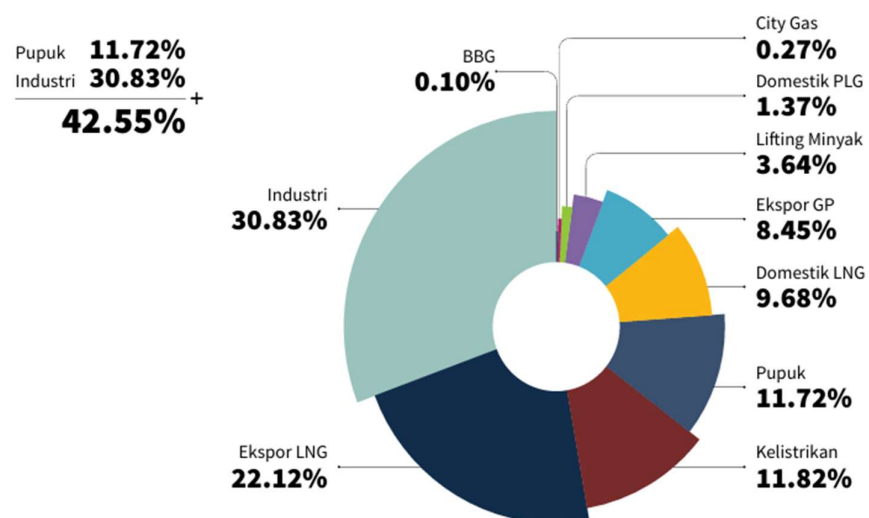
No	Jenis Energi	Tahun				
		2014	2015	2020	2025	2035
1	Listrik (GWh)	70.777	76.187	123.554	178.845	446.993
2	Gas (Milyar MBTU)	482.937	505.141	621.712	782.691	1.559.831
3	Batubara (ribu ton)	33.571	35.238	45.238	58.571	83.095

Tabel diatas menunjukkan proyeksi kebutuhan energi di Indonesia sampai tahun 2035 (Kementerian Perindustrian, 2015). Dapat diketahui bahwa kebutuhan gas alam terus meningkat hingga mencapai 1.559.831 MBTU pada tahun 2035. Hal ini dapat memberikan gambaran bahwa di tahun-tahun berikutnya Indonesia membutuhkan

pasokan energi gas alam yang sangat banyak. Gas alam menjadi sumber energi potensial yang bisa digunakan dengan cadangan gas alam yang cukup melimpah dan tersebar di seluruh Indonesia. Penyebaran cadangan gas bumi Indonesia ada pada tabel 2 (Kementerian ESDM, 2023) serta grafik jumlah pemanfaatan gas bumi di Indonesia ada pada gambar 1 (Kementerian ESDM, 2023).

Tabel 2. Penyebaran Cadangan Gas Bumi Indonesia

No	Wilayah	Jumlah Cadangan Gas Bumi (BSCF)
1	Aceh	339.3
2	Sumatera Utara	392.7
3	Sumatera Bagian Tengah	1,230.8
4	Natuna	1,700.3
5	Sumatera Bagian Selatan	7,066.8
6	Jawa Barat	1,332.8
7	Jawa Timur	4,514.0
8	Kalimantan	5,730.4
9	Sulawesi	5,250.0
10	Maluku	15,783.7
11	Papua	11,421.9



Gambar 1. Jumlah Pemanfaatan Gas Bumi di Indonesia

Liquefied Natural Gas (LNG) adalah cara pemanfaatan gas alam yang sangat efisien. LNG merupakan gas alam yang dicairkan melalui pendinginan pada temperatur -160 °C yang bertujuan untuk memurnikan kandungan gas alam sehingga bebas dari unsur pengikut dan hidrokarbon berat di dalamnya. Akibat adanya peningkatan kebutuhan energi gas alam pada proyeksi di atas maka LNG hadir sebagai solusi yang memudahkan dalam pengiriman gas alam dalam bentuk cair sehingga dapat meningkatkan nilai ekspor negara (Razak, 2013).

Berdasarkan Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035 (RIPIN) teknologi gasifikasi untuk kebutuhan produksi petrokimia menjadi acuan dalam pengembangan teknologi industri pada tahun 2025-2035, selain itu industri bahan kimia seperti etilena, propilena, butadiena dan xylene yang menggunakan bahan baku LNG termasuk ke dalam pengembangan industri prioritas nasional sampai tahun 2035. Keuntungan dari Investasi Hilir Migas Tahun 2022 menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan sehingga industri LNG bisa menghasilkan laba yang besar. Maka dari itu pendirian pabrik LNG layak untuk diterapkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri lainnya dan meningkatkan perekonomian negara.

1.2 Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas rancangan pabrik didasarkan pada data produksi, konsumsi, impor dan ekspor dari produksi LNG dari pabrik yang sudah berdiri sebelumnya. Selain itu data pertumbuhan produksi, konsumsi dan pertumbuhan pengadaan LNG di Indonesia juga diperlukan untuk mengetahui pertumbuhan industri LNG yang didapat dari Statistik Minyak dan Gas Bumi Tahun 2023.

Tabel 3. Jumlah Pertumbuhan Produksi LNG

No	Tahun	Jumlah (Juta Ton)	Pertumbuhan (%)
1	2019	16.435	-
2	2020	15.435	-0.06
3	2021	14.712	-0.04
4	2022	14.993	0.015
5	2023	16.053	7.06
Jumlah Pertumbuhan (%)			6.97
<i>i</i> (%)			1.74

Tabel 4. Jumlah Pertumbuhan Konsumsi Domestik LNG

No	Tahun	Jumlah (Juta Ton)	Pertumbuhan (%)
1	2019	42.354	-
2	2020	31.783	-0.24
3	2021	39.939	0.25
4	2022	40.231	0.007
5	2023	47.355	0.029
Jumlah Pertumbuhan (%)			0.046
<i>i</i> (%)			0.011

Tabel diatas menunjukkan jumlah produksi dan konsumsi LNG di Indonesia dengan *i* adalah rata-rata pertumbuhan tiap tahun. Diketahui produksi dan konsumsi LNG mengalami penurunan tetapi penurunan tersebut tidak berpengaruh besar serta LNG di Indonesia masih sangat dibutuhkan dengan konsumen terbesar dari sektor industri.

Penentuan kapasitas pabrik diawali dengan perhitungan proyeksi jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan, yaitu:

$$m = P(1 + i)^n$$

m = jumlah produk pada tahun yang dihitung

P = jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i = rata-rata pertumbuhan per tahun

n = selisih tahun

maka diketahui proyeksi jumlah produksi LNG pada tahun yang dihitung:

$$m = P(1 + i)^n$$

$$m = 16.053(1 + 1.74\%)^4$$

$$m = 17.199 \text{ Juta Ton}$$

serta diketahui proyeksi jumlah konsumsi LNG pada tahun yang dihitung:

$$m = P(1+i)^n$$

$$m = 47.355(1 + 0.011\%)^4$$

$$m = 47.375 \text{ Juta Ton}$$

Ketika jumlah proyeksi produksi dan konsumsi diketahui, maka peluang kapasitas dihitung dengan neraca massa peluang kapasitas:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

m_1 = jumlah impor

m_2 = jumlah produksi pabrik lama

m_3 = jumlah produksi pabrik baru

m_4 = jumlah ekspor

m_5 = jumlah konsumsi

Dengan jumlah impor tidak diketahui maka $m_1 = 0$ dan target kapasitas pabrik hanya untuk konsumsi domestik maka jumlah ekspor $m_4 = 0$. Didapatkan neraca massa peluang kapasitas pabrik baru yaitu:

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = 47.375 - 17.199$$

$$m_3 = 30.176 \text{ Juta Ton}$$

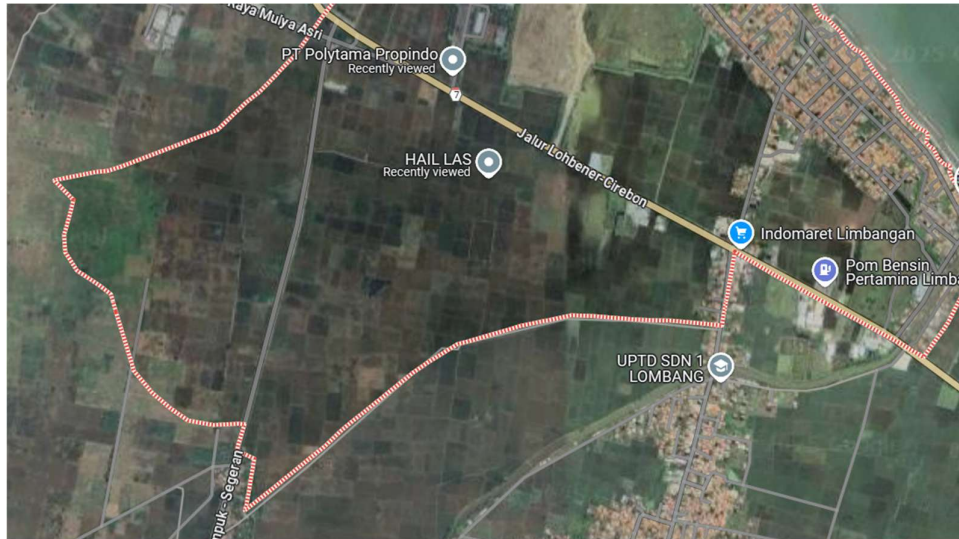
Target dari kapasitas pabrik baru ini adalah memenuhi 17% dari kebutuhan total LNG nasional sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pabrik LNG} &= 30.176 \text{ Juta Ton} \times 17\% \\ &= 5.129 \text{ Juta Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas maksimal pabrik LNG = 5 Juta Ton/Tahun

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi berdirinya pabrik adalah hal yang harus diperhatikan karena sangat mempengaruhi produksi yang berimbas pada keuntungan, kinerja dan lamanya pabrik beroperasi. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa faktor, antara lain sumber bahan baku, utilitas, transportasi dan distribusi, sosial ekonomi, ketersediaan tenaga kerja dan pemasaran.



Gambar 2. Rencana Lokasi Pabrik

Pabrik LNG ini akan didirikan di Zona Industri Limbangan, Kecamatan Juntinyuat, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Faktor pemilihan tempat tersebut antara lain:

a. Bahan Baku

Bahan baku didapatkan dari sumur eksplorasi *Jatibarang Field* bekerja sama dengan PT. Pertamina Hulu Energi Region II Jawa. Sumur eksplorasi ini menghasilkan gas alam sebesar 4.4 MMSCFD. Untuk bahan baku gas alam tambahan didapatkan dari *pipeline* Perusahaan Gas Negara (PGN) sektor Semarang-Cirebon yang saat ini sedang di tahap pengerjaan. Jalur pipa ini berfungsi untuk menyalurkan pasokan gas alam di Jawa Timur agar digunakan untuk industri di Jawa Barat.

b. Utilitas

Utilitas seperti pengadaan listrik dan sumber air bagi pabrik harus disesuaikan dengan kebutuhan sehingga bisa mendukung proses produksi. *Procurement* listrik untuk pabrik LNG ini didapatkan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan gardu listrik terdekat berkapasitas 150 kV yang mencukupi kebutuhan pabrik. Lokasi pabrik juga dekat dengan sungai dan pantai yang berjarak sekitar 2.6 kilometer sehingga kebutuhan air dapat dijangkau dengan mudah.

c. Transportasi dan Distribusi

Sarana kebutuhan transportasi sangat menunjang proses distribusi dari bahan baku hingga produk pabrik. Desa Limbangan adalah desa yang dilewati jalan Lohbener-Cirebon yang merupakan Jalan Nasional 7 atau dikenal juga dengan jalan Pantura, lokasi pabrik juga berada di pinggir jalan alternatif Tinumpuk-Segeran yang

menghubungkan pabrik dengan lokasi sumur eksplorasi gas alam Jatibarang *Field* serta Jalan Nasional 1 yang mengarah ke jalan tol Cikopo-Palimanan (Cipali).

Untuk distribusi produk dapat melalui jalur laut dan melalui jalur darat. Distribusi melalui jalur laut dengan membangun *jetty site* di wilayah pesisir yang dapat digunakan untuk kapal LNG *carrier* sehingga jangkauan distribusi hingga luar pulau. Distribusi melalui jalur darat dapat menggunakan kendaraan *carrier* seperti truk kontainer dan tronton untuk memenuhi kebutuhan LNG di Jawa Barat dan sekitarnya.

d. Sosial Ekonomi

Keadaan sosial ekonomi erat kaitannya dengan pekerjaan penduduk. Penduduk wilayah Indramayu dan sekitarnya umumnya bekerja sebagai petani dan nelayan bagi masyarakat di pesisir pantai. Namun pekerjaan tersebut sangat bergantung pada keadaan cuaca sehingga pendapatan masyarakat tidak menentu.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja pabrik LNG ini merupakan warga Indramayu dan sekitarnya, serta untuk tenaga ahli dicari dari perguruan tinggi di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Pembangunan pabrik ini diharapkan bisa meningkatkan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat dengan membuka lapangan kerja yang sesuai dengan kebijakan pemerintah setempat.

f. Pemasaran

Pabrik LNG ini ditujukan untuk pasokan gas alam untuk industri di Jawa Barat. Target pasar pabrik ini adalah industri dengan bahan baku LNG di Jawa Barat seperti PT. Polytama Propindo dengan produksi etilena dan propilena. Pabrik ini merupakan satu-satunya pabrik pengolahan gas alam menjadi LNG di Jawa Barat.

1.4 Tinjauan Proses

Pengolahan gas alam perlu dilakukan untuk menghasilkan spesifikasi produk yang sesuai dengan persyaratan baku mutu. *Feed gas* merupakan kunci dari produksi LNG sehingga diperlukan beberapa proses pengolahan agar produk sesuai dengan keinginan. Pemilihan proses didasarkan pada komposisi *feed gas* dan spesifikasi produk.

1.4.1 *Dehydration Unit*

Dehydration unit merupakan unit proses yang cukup penting dalam produksi LNG. Tujuan dari unit ini adalah menghilangkan kadar air dan *dew point* air sehingga ketika gas alam didinginkan uap air tidak menyumbat peralatan proses serta tidak

menyebabkan korosi pada pipa karena kondensasi uap air. Proses yang sering digunakan dalam industri yaitu absorpsi dan adsorpsi.

Absorpsi adalah proses kontak antara *feed gas* dengan *liquid* yang menyerap uap air. Syarat pelarut yang digunakan adalah memiliki afinitas tinggi terhadap air, volalitas rendah, viskositas rendah, *thermal stability* yang baik, serta tidak menimbulkan korosi. Jenis pelarut yang bisa digunakan adalah *Ethylene glycol* (EG), *Diethylene glycol* (DEG), *Triethylene glycol* (TEG), *Tetraethylene glycol* (TREG), dan *propylene glycol*. TEG adalah pelarut yang paling sering digunakan.

Adsorpsi adalah proses kontak antara *feed gas* dengan adsorban yang berupa padatan. *Feed gas* dilewatkan *bed adsorber* melalui bagian atas kolom kemudian melalui *dust filter* dan keluar menjadi *dry gas* atau *feed gas* tanpa kandungan uap air di dalamnya. Regenerasi pada proses ini dilakukan dengan memansakan kolom *bed adsorber* sehingga uap air menguap kemudian dilakukan pendinginan. Perbedaan antara metode absorpsi dan adsorpsi pada tabel 5 (Prastyo & Casarus, 2020).

Tabel 5. Karakteristik Proses Absorpsi dan Adsorpsi

Kondisi	Absorpsi	Adsorpsi
Batas Maksimal Air	10 ppm	< 10 ppm
Jenis Pelarut	Cair	Padat
Korosi	Cenderung Korosi	Tidak
<i>Foaming</i>	Tinggi	Tidak
Contoh	EG, DEG, TEG, TREG	Alumina, Silika Gel, <i>Molecular Sieve</i>

1.4.2 *Fractionation Unit*

Fractionation unit merupakan unit separasi yang bertujuan untuk memisahkan campuran *feed gas* menjadi komposisi sesuai kebutuhan seperti *methane* sebagai bahan baku utama LNG, *fuel gas* sebagai bahan baku boiler, *ethane* dan *propane* sebagai *refrigerant*, *propane* dan *buthane* sebagai bahan baku LPG, dan *hydrocarbon condensat* yang diolah lagi menjadi CO₂ cair *bypass* (Yuan et al., 2020)

1.4.3 *Liquefaction Unit*

Liquefaction unit adalah unit proses untuk mengubah fase gas menjadi fase cair dengan cara pendinginan sehingga memudahkan distribusi dan memaksimalkan penyimpanan produk dengan bantuan *refrigerant*. Beberapa proses *liquefaction* antara lain *C₃MR*, *Cascade*, *Single Mixed Refrigeration*, *N₂ Expansion*, dan *Dual Mixed Refrigeration* (Akinsipe et al., 2020).

Propane Pre-Cooled Mixed Refrigeration (C₃MR) adalah proses pendinginan gas alam menggunakan *methane*, *ethane*, *propane*, atau nitrogen dengan alat *Main Cryogenic Heat Exchanger*. Proses ini dimiliki dengan lisensi oleh *Air Product & Chemical. Inc (APCI)*.

Optimized Cascade Process atau dikenal dengan *Cascade* adalah proses pendinginan gas alam menggunakan *methane*, *ethane*, atau *propane* dengan lisensi dimiliki oleh *Conoco Phillips*. Proses ini menggunakan alat *Cascade Heat Exchanger*.

Single Mixed Refrigerant adalah proses pendinginan menggunakan *methane*, *ethane*, *propane*, isopentana, atau nitrogen. Proses ini menggunakan alat *Plate Fin Heat Exchanger* dengan lisensi yang dimiliki oleh *Black & Veatch PRICO*.

Dual Mixed Refrigerant adalah proses pendinginan dengan *ethane*, *methane*, *propane*, *buthane*, atau nitrogen. Proses ini dimiliki dengan lisensi oleh *Axens Liquefin* menggunakan alat *Plate Fin Heat Exchanger* (Vikse et al., 2018). *Dual Mixed Refrigerant* menggunakan *pre-cooling treatment* dengan *Warm Mixed Refrigerant (WMR)* serta menggunakan *cooling treatment* dengan *Cold Mixed Refrigerant (CMR)* (Al-Ghifari et al., 2024).

N₂ Expansion adalah proses pendinginan dengan nitrogen menggunakan alat *Turbo Expander* dan dimiliki lisensi *Constain Gas Oil*.