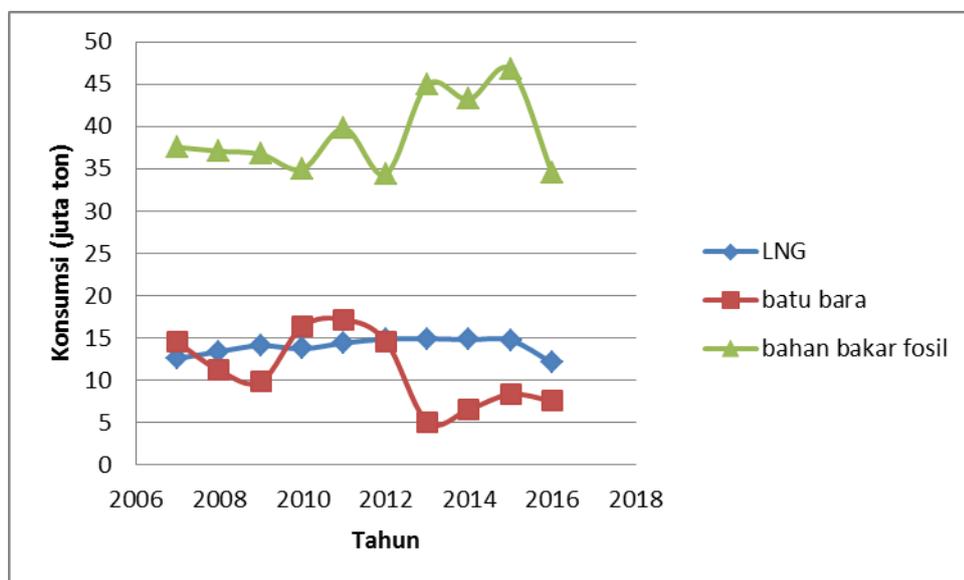


BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi merupakan salah satu permasalahan dunia. Kebutuhan energi terus meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan industri. Pada tahun 2018, sekretaris jenderal kementerian perindustrian menargetkan pertumbuhan industri sebesar 5,67 %. (Kemenperin, 2018) Bahan bakar fosil, batu bara, dan gas alam menjadi sumber energi dunia terbesar. Penggunaan bahan bakar fosil batu bara, dan gas alam di Indonesia tertera pada grafik I.1. Namun, sumber energi tersebut merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan energi non-terbarukan secara terus menerus akan menurunkan ketahanan energi sehingga mengakibatkan krisis energi. Semakin tinggi penggunaan energi maka semakin tinggi pula harga dari sumber daya alam tersebut. Maka dikembangkanlah metode alternatif untuk menghasilkan sumber energi tersebut, salah satunya *Synthetic Natural Gas* (SNG).



Gambar I.1. Grafik Penggunaan LNG, batu bara, dan bahan bakar fosil di Indonesia (Departemen Sumber Energi dan Mineral Republik Indonesia, 2017)

SNG merupakan bahan bakar gas yang dapat dihasilkan dari bahan bakar fosil, seperti : batu bara, minyak serpih, dan bio-fuel . SNG juga dapat dihasilkan melalui reaksi antara hidrogen dan karbon dioksida melalui reaksi sabatier. Pada reaksi sabatier, hidrogen bereaksi dengan karbon dioksida pada suhu 300-400°C dan tekanan dengan bantuan katalis nikel menghasilkan metana dan air. Reaksi sabatier pada tekanan atmosfer dapat terjadi pada suhu 420°C Hidrogen didapat melalui eletrolisis air menggunakan energi listrik (Veselovskaya, 2017). Karbon dioksida didapatkan dari pembuangan *flue gas* melalui proses *direct air capture* (DAC) (Luis, 2016). Metode DAC menggunakan prinsip absorpsi, karbon dioksida akan terserap ke dalam absorben. Absorbat yang digunakan adalah kalium karbonat dengan konsentrasi 25% (%wt), kimia anorganik ini akan bereaksi dengan karbon dioksida dan uap air di udara membentuk kalium bikarbonat (Veselovskaya, 2017).

I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Hidrogen

Hidrogen merupakan bahan baku pertama untuk memproduksi SNG. Gas hidrogen merupakan molekul yang terbentuk dari ikatan kovalen unsur hidrogen. Sifat fisika hidrogen ditunjukkan pada tabel I.1.

Tabel I.1. Sifat Fisika Hidrogen (Perry, 2008)

Sifat Fisika	Keterangan
Rumus molekul	H ₂
Berat Molekul	2,02 g/mol
Warna	Tidak berwarna
Bentuk	Gas
Titik didih	-252,7°C
Viskositas uap (13,95 K)	6,517.10 ⁻⁷ Pa.s
Viskositas uap (3000 K)	4,33.10 ⁻⁵ Pa.s

Salah satu cara menghasilkan gas hidrogen adalah dengan elektrolisa air. Pada elektrolisa arus tegangan rendah dihantarkan oleh air, sehingga

membentuk gas oksigen di anoda dan gas hidrogen di katoda. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Kruse, 2002) :



Gas hidrogen akan terbakar pada konsentrasi 4% di udara bebas (Carcassi, 2005) dengan entalpi pembakaran sebesar -286 kJ/mol.

I.2.2. Karbon Dioksida

Karbon dioksida merupakan salah satu bahan baku dalam produksi SNG. Zat ini merupakan ikatan dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon. Bentuk molekulnya linear dan sentrosymmetris dengan panjang ikatan 116,3 pm (Greenwood, 1997). Karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan dari hasil respirasi makhluk hidup, hasil pembakaran bahan bakar fosil, dan hasil proses geotermal (Whorf, 2005). Rumus bangun karbon dioksida ditunjukkan pada gambar I.1. dan sifat fisika karbon dioksida pada tabel I.2.

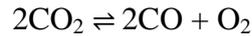


Gambar I.2. Rumus Bangun Karbon Dioksida

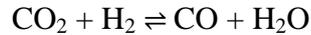
Tabel I.2. Sifat Fisika Karbon Dioksida (Perry, 2008)

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus molekul	CO ₂
Berat Molekul	44,01 g/mol
Warna	Tidak berwarna
Bentuk	Gas
Titik didih	-78,5°C (menyublim)
Viskositas uap (194,67 K)	9,749.10 ⁻⁶ Pa.s
Viskositas uap (1500 K)	5,203.10 ⁻⁵ Pa.s

Karbon dioksida sangat stabil pada suhu lingkungan, namun saat dipanaskan hingga suhu 1700°C terjadi reaksi pembentukan karbon monoksida. Keadaan ini dipengaruhi oleh persentase cahaya ultraviolet dan *electrical discharge*. Reaksinya sebagai berikut (Finn, 2012):



Pada umumnya karbon dioksida bereaksi dengan hidrogen membentuk karbon monoksida dan air, dengan reaksi sebagai berikut (Finn, 2012) :

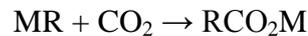


Karbon dioksida melarut dalam air, membentuk asam karbonat yang merupakan asam lemah. Reaksinya berlangsung secara ireversibel sebagai berikut :



Karbon dioksida tidak seluruhnya melarut dalam air, kelarutan ini tergantung pada keasaman air. Berdasarkan plot Bjerrum, pada air pH >6,5 terbentuk bikarbonat (HCO_3^-) lebih dari 50% dan lebih dari 95% pada air laut. Pada air dengan pH >10,4 terbentuk karbonat (CO_3^{2-}) lebih dari 50% (Jolly 1984).

Karbon dioksida merupakan elektrofil lemah, dimana hidroksida yang berperan sebagai nukleofil. Pada reaksi kompleks karbon dioksida logam, karbon dioksida bertindak sebagai ligan yang dapat memfasilitasi konversi karbon dioksida menjadi senyawa kimia yang lainnya. Reaksinya sebagai berikut (Aresta, 2010) :



Dimana M : lithium atau magnesium bromida dan R : alkil

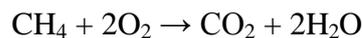
I.2.3. Metana

Metana merupakan produk yang akan dihasilkan. Metana merupakan struktur alkana yang paling sederhana dan senyawa utama dalam gas alam. Molekulnya berbentuk tetrahedral dengan empat ikatan C-H.

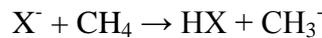
Tabel I.3. Sifat Fisika Metana (Perry, 2008)

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus molekul	CH ₄
Berat Molekul	16,05 g/mol
Bentuk	Gas
<i>Specific gravity</i>	0,415 ⁻¹⁶⁴
Titik didih	-161,4°C
Viskositas (90,69 K)	2,063.10 ⁻⁴ Pa.s
Viskositas (188 K)	2,263.10 ⁻⁵ Pa.s

Reaksi kimia utama yang terjadi pada metana adalah pembakaran dan halogenasi. Entalpi pembakaran metana sebesar 55,5 MJ/kg, pembakaran yang terjadi pada metana terjadi dalam beberapa langkah dan disingkat sebagai berikut:

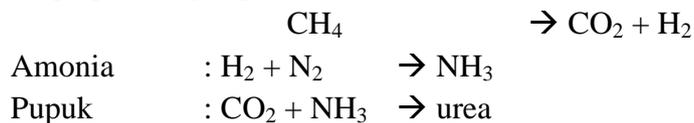


Metana dapat bereaksi dengan semua unsur halogen dengan reaksi (March, 1968) :



Dimana X : unsur halogen

Beberapa produk yang dihasilkan dari metana :



I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

SNG merupakan sumber energi alternatif untuk gas alam. Baik SNG maupun gas alam sebagian besar mengandung metana, gas metana banyak digunakan sebagai bahan bakar baik di rumah, perusahaan, maupun pabrik. Maka SNG dapat digunakan sebagai substitusi gas alam, berikut beberapa kegunaan gas alam (Neiva, 2010) :

1. Bahan bakar pembangkit listrik
2. Bahan bakar industri (industri kaca, karet, keramik, kertas, kimia, logam, makanan, tekstil, dsb)
3. Bahan bakar kendaraan bermotor (BBG/NGV)

4. Bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga
5. Bahan baku pembuatan senyawa lain (metanol dan ammonia)

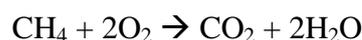
Pada umumnya SNG yang didapatkan mengandalkan batu bara. Namun ketersediaan batu bara mulai menipis seiring berjalannya waktu, persediaan yang semakin sedikit mengakibatkan harga yang meningkat. Panas pembakaran yang dihasilkan SNG sebesar 891 kJ/mol (Atkins,2010), jumlah panas ini memang lebih kecil dibandingkan dengan hidrokarbon lainnya. Namun jika dibandingkan dengan berat molekulnya maka akan menghasilkan panas per satuan massa yang lebih besar. Di beberapa kota gas metana didistribusikan ke rumah-rumah sebagai bahan bakar untuk memasak, biasanya berasal dari biogas (Chandel, 2009).

Keunggulan SNG adalah kemiripannya dengan gas alam, sehingga sifat-sifat gas alam dapat diadopsi sebagai sifat SNG. Keunggulan lainnya yaitu SNG sebagai sumber energi alternatif membantu mengatasi permasalahan kebutuhan energi dunia dan dapat disimpan secara efisien. Selain itu, hasil pembakaran dari SNG berupa karbon dioksida memiliki jumlah yang sama dengan jumlah karbon dioksida sebagai reaktan dalam produksi. Sehingga dapat dikatakan tidak menghasilkan gas emisi yang turut menyumbang gas rumah kaca (Wouter, 2014).

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar

I.4.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dalam pembuatan SNG adalah karbon dioksida dan hidrogen. Karbon dioksida diperoleh dengan metode *direct air capture* (DAC), sehingga mengandalkan kadar karbon dioksida dari pembuangan *fuel gas* (Veselovskaya, 2017). Reaksi pembakaran metana dengan oksigen menghasilkan karbon dioksida dan air. Reaksinya sebagai berikut :



Berdasarkan reaksi diatas dapat diketahui bahwa 1 mol metana yang digunakan menghasilkan 1 mol karbon dioksida yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan SNG. Pabrik akan mendapat *fuel gas* dari pembuangan gas pembakaran yang dihasilkan oleh PLTU (Mahandri,2010).

Bahan baku berikutnya yaitu hidrogen didapat dari hasil hidrolisa air. Air didapat dari laut lalu melalui proses pemurnian dari mineral-mineral dengan *reverse osmosis* sehingga didapatkan molekul H₂O murni.

1.4.2. Analisa Pasar

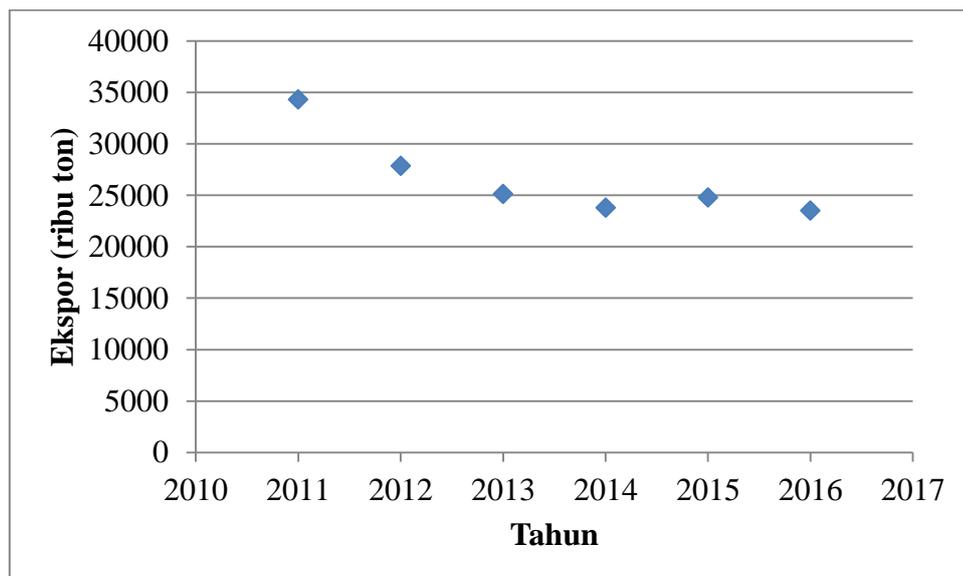
1.4.2.1. Ekspor Liquid Natural Gas

Berikut ini merupakan data ekspor LNG di Indonesia pada tahun 2012 sampai 2016 disajikan dalam tabel I.4

Tabel I.4 Ekspor LNG di Indonesia Tahun 2011-2016 (BPS,2016)

Tahun	Berat (ribu ton)
2011	34302,9
2012	27843,3
2013	25110,4
2014	23786,2
2015	24784,8
2016	23505,2

Berdasarkan Tabel I.4 Data ekspor LNG di Indonesia dari tahun 2012 sampai 2016 dapat disajikan dalam Gambar I.2.



Gambar I.3. Grafik Data Ekspor LNG per Tahun

Dari Gambar I.3. dapat diperoleh hubungan antara tahun dan jumlah ekspor LNG yang dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y = -1842,52x + 3736469,487$$

Dimana : Y = jumlah ekspor LNG

X = tahun ekspor LNG

Data ekspor LNG di Indonesia pada tahun 2023 dapat dicari dengan persamaan regresi linear yang diperoleh. Ekspor pada tahun 2023 didasarkan pada perhitungan berikut :

$$y = -1842,52x + 3736469,487$$

$$y = (-1842,52 \times 2023) + 3736469,487$$

$$y = 9051,527 \text{ ribu ton} = 9 \text{ juta ton}$$

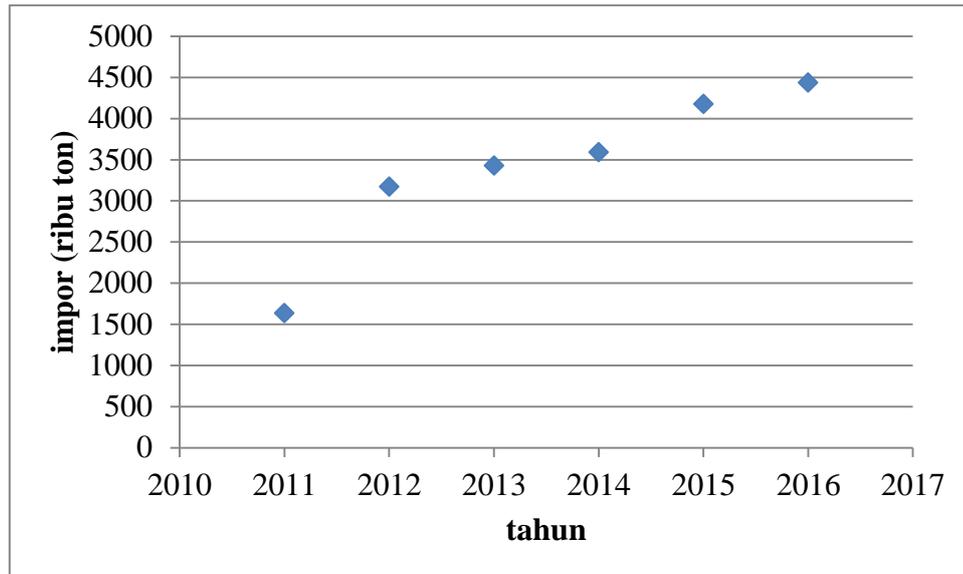
1.4.2.2. Impor Liquid Natural Gas

Berikut ini merupakan data impor LNG di Indonesia pada tahun 2009 sampai 2016 disajikan dalam tabel I.5

Tabel I.5 Impor LNG di Indonesia Tahun 2009-2016 (BPS,2016)

Tahun	Berat (ribu ton)
2011	1633,9
2012	3170,4
2013	3425,9
2014	3589,9
2015	4176,8
2016	4435,2

Berdasarkan Tabel I.5 Data ekspor LNG di Indonesia dari tahun 2011 sampai 2016 dapat disajikan dalam Gambar I.4.



Gambar I.4. Grafik Data Impor LNG per Tahun

Dari Gambar I.4. dapat diperoleh hubungan antara tahun dan jumlah impor LNG yang dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y = 491,13x - 985494$$

Dimana : Y = jumlah impor LNG

X = tahun impor LNG

Data impor LNG di Indonesia pada tahun 2023 dapat dicari dengan persamaan regresi linear yang diperoleh. Impor pada tahun 2023 didasarkan pada perhitungan berikut :

$$y = 491,13x - 985494$$

$$y = (491,13 \times 2023) - 985494$$

$$y = 8061,99 \text{ ribu ton} = 8 \text{ juta ton}$$

1.4.2.3. Produksi Liquid Natural Gas

Pada beberapa tahun yang akan datang, cadangan gas bumi di Indonesia akan terus berkurang mengakibatkan harga yang terus meningkat. Pada tahun 2015 terdapat 4 kilang terbesar, yaitu : di Arun, Bontang Kalimantan Timur, Tangguh di Papua Barat, dan Donggi Senoro Sulawesi Tengah (ESDM, 2014). Gas alam yang berasal dari kilang tersebut kemudian diolah oleh beberapa industri dengan kapasitas per tahunnya sebagai berikut :

Tabel I.6 Kapasitas Produksi LNG di Indonesia (Departemen Sumber Energi dan Mineral Republik Indonesia, 2017)

Tahun	Kapasitas (juta ton)
2007	27,0137
2008	28,0439
2009	29,8303
2010	32,0769
2011	31,0986
2012	30,8309
2013	32,0999
2014	32,2473

Dari Tabel I.6 dapat diperoleh hubungan antara tahun dan jumlah produksi LNG yang dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y = 0,7017x - 1380,2645$$

Dimana : Y = jumlah produksi LNG

X = tahun produksi LNG

Data produksi LNG di Indonesia pada tahun 2023 dapat dicari dengan persamaan regresi linear yang diperoleh. Produksi pada tahun 2023 didasarkan pada perhitungan berikut :

$$y = 0,7017x - 1380,2645$$

$$y = (0,7017 \times 2023) - 1380,2645$$

$$y = 39,2746 \text{ juta ton}$$

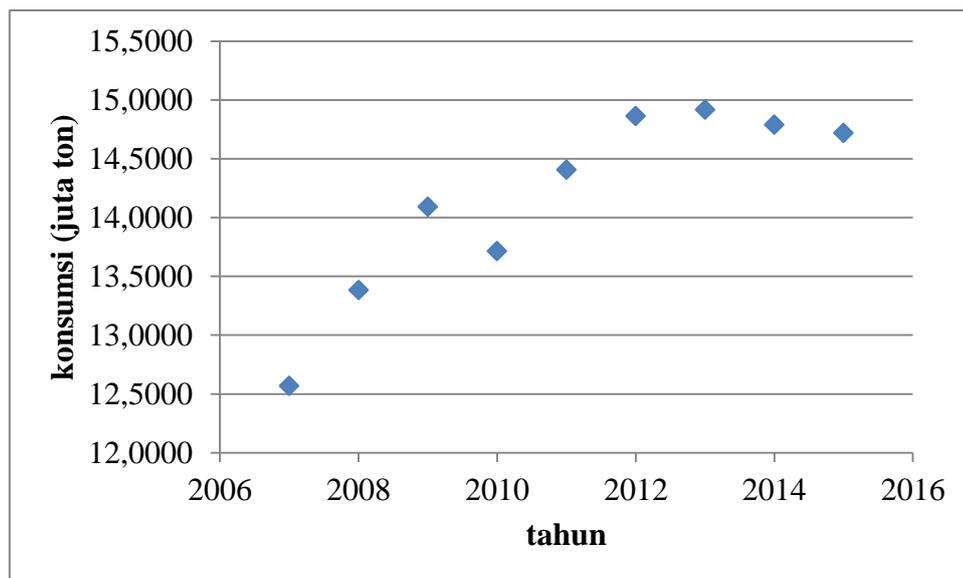
1.4.2.4. Konsumsi Liquid Natural Gas

Berikut ini merupakan data konsumsi LNG di Indonesia. Konsumsi yang dimaksudkan yaitu untuk : industro, rumah tangga, transportasi, perdagangan, dan lainnya. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dihitung jumlah kebutuhan energi pada tahun 2023, tertera pada tabel I.7 berikut.

Tabel I.7. Konsumsi LNG per Tahun (Departemen Sumber Energi dan Mineral Republik Indonesia, 2017)

Tahun	Berat (juta ton)
2007	12,5690
2008	13,3818
2009	14,0916
2010	13,7134
2011	14,4061
2012	14,8624
2013	14,9165
2014	14,7903
2015	14,7201

Berdasarkan Tabel I.7 Data konsumsi LNG di Indonesia dari tahun 2007 sampai 2015 dapat disajikan dalam Gambar I.5.



Gambar I.5. Grafik Data Konsumsi LNG per Tahun

Dari Tabel I.7 dapat diperoleh hubungan antara tahun dan jumlah konsumsi LNG yang dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$y = 0,2605x - 509,65$$

Dimana : Y = jumlah konsumsi LNG

X = tahun konsumsi LNG

Data konsumsi LNG di Indonesia pada tahun 2023 dapat dicari dengan persamaan regresi linear yang diperoleh. Konsumsi pada tahun 2023 didasarkan pada perhitungan berikut :

$$y = 0,2605x - 509,65$$

$$y = (0,2605 \times 2023) - 509,65$$

$$y = 17,3415 \text{ juta ton}$$

1.4.2.5. Perhitungan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi dari pabrik pembuatan SNG yang akan didirikan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut :

$$\text{Impor} = 8 \text{ juta ton/tahun}$$

$$\text{Ekspor} = 9 \text{ juta ton/tahun}$$

$$\text{Konsumsi} = 17,3415 \text{ juta ton/tahun}$$

$$\text{Produksi} = 39,2746 \text{ juta ton/tahun}$$

$$\text{Kebutuhan pasar} = (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - \text{Impor}$$

$$\text{Kebutuhan pasar LNG pada 2023} = (9 + 17,3415) - 8 \text{ juta ton/tahun}$$

$$= 18,3415 \text{ juta ton/tahun}$$

Ditinjau dari produksi LNG sebesar 39,2746 juta ton/tahun masih memenuhi kebutuhan LNG sebesar 18,3415 juta ton/tahun. Cadangan gas bumi di Indonesia pada tahun 1995 sebesar 1500 juta ton. Lalu pada tahun 2005 mengalami kenaikan sebesar 23% dengan cadangan sebesar 1.850 juta ton. Kemudian pada tahun 2015 cadangan LNG mengalami kenaikan sebesar 8% yaitu sebesar 2000 juta ton. Namun, cadangan LNG di bumi akan terus menurun mengingat LNG merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Tentu saja kenaikan persentase tersebut akan berada pada titik 0. Cadangan LNG yang selama ini digunakan akan terus berkurang kemudian habis. Hal ini akan berakibat pada harga LNG di masa yang akan datang. Pendirian pabrik SNG di Indonesia hingga saat ini masih dalam tahap rencana. Pabrik SNG yang telah didirikan berada di Cina dengan proses gasifikasi batu bara dengan kapasitas produksi pada tabel 1.8. berikut :

Tabel 1.8. Pabrik dan Kapasitas Produksi SNG di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Juta ton/ tahun
Great Plains Synfuels Plant	USA	1,1322
CPIC/Shandong Xinwen Mining Group	China	4,44
Datang energy hemicals Corp.	China	2,96
Datang group/ Beijing Gas Group/Tianjing Jinneng	China	2,96
Datang international power generation.Co, Ltd.	China	2,96
Huineng Coal Chemical Co., Ltd.	China	1,48
Senhua Group Co., Ltd.	China	1,48
CPIC	China	0,37
China Huaneng Group	China	0,962
Yili Xintian Coal Chemical Co., Ltd.	China	1,48
China Guodian Corporation	China	1,48
Qinghua group	China	0,962
Shandong Tinanlong Group	China	0,962
China Huadian Corporation	China	2,96
Xinjiang Guanghui Group	China	2,96
CNOOC, Datong Coal Mine Group Company	China	2,96

Daftar pabrik pada tabel 1.8 merupakan pabrik SNG dengan berbahan baku batu bara. Sedangkan batu bara sendiri juga merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Produksi batu bara sendiri indonesia hanya sebesar 241,1 juta ton/tahun. Angka ini kecil dibandingkan Amerika dan Cina yaitu sebesar 455,2 dan 1827 juta ton/ tahun (BP Statistical Review of World Energy, 2016). Penentuan kapasitas pabrik SNG disesuaikan dengan kapasitas pabrik yang paling kecil yang ada di dunia yaitu sebesar 50.000 ton/tahun. Hal ini dimaksudkan untuk ketersediaan bahan baku dan ketersediaan alat yang digunakan.