

# Pra Desain Pabrik *Substitute Natural Gas* (SNG) dari *Low Rank Coal*

Asti Permatasari, Muhammad Faris Al Nafi, 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**— *Substitute Natural Gas* (SNG) merupakan campuran gas hidrokarbon dengan sifat mirip seperti gas alam yang dapat diproduksi dari gasifikasi dengan bahan baku berupa batubara atau biomassa. Gasifikasi adalah proses perubahan bahan baku padat menjadi gas. Dengan mengubah bahan baku padat menjadi gas, maka material yang tidak diinginkan yang terkandung di dalam bahan baku tersebut seperti senyawa sulfur, karbon dioksida dan abu dapat dihilangkan dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat dihasilkan gas bersih yang disebut dengan *syngas*. *Syngas* yang memiliki kandungan utama CO dan H<sub>2</sub> kemudian dikonversi menjadi SNG yang berupa metana (CH<sub>4</sub>) melalui proses metanasi sehingga menghasilkan produk utama berupa CH<sub>4</sub>. SNG merupakan suatu bahan bakar baru yang dapat digunakan industri untuk menggantikan gas alam. Permintaan gas alam masa mendatang diperkirakan akan tumbuh cukup pesat terkait dengan upaya industri untuk beralih ke gas untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM. Gas alam dan minyak bumi sebagai salah satu sumber daya alam memiliki manfaat yang sangat banyak dalam menunjang berbagai sektor kehidupan manusia. Banyaknya manfaat dari sumber daya alam gas alam menyebabkan banyaknya kebutuhan akan gas alam di dunia, dimana kebutuhan tersebut terus bertambah setiap tahunnya. Padahal gas alam yang selama ini banyak dimanfaatkan berbagai sektor di Indonesia sifatnya tidak terbarukan (*non renewable*) serta cadangannya diperkirakan akan menurun. Pemerintah harus menggalakkan pengembangan sumber *energy alternative* pengganti gas alam dan minyak bumi sesuai dengan Peraturan Presiden nomor 5 tahun 2006. Salah satu energi potensial yang dapat menggantikannya adalah SNG dari batubara. Indonesia memiliki cadangan batubara dalam jumlah yang sangat banyak. Wilayah Indonesia diketahui memiliki potensi endapan batubara yang sangat luas. Data dari Pusat Sumber Daya Geologi (2006) menyebutkan bahwa wilayah Sumatera Selatan memiliki jumlah cadangan batubara kualitas rendah dan sedang yang sangat banyak, yaitu masing-masing sebesar 2.426,00 juta ton dan 186,00 juta ton. Maka dari itu, pabrik SNG dari *low rank coal* ini akan didirikan di Kecamatan Ilir Timur, Sumatera Selatan. Rencananya pabrik ini akan didirikan pada tahun 2016 dan siap beroperasi pada tahun 2018. Diperkirakan konsumsi gas alam pada tahun 2018 sebesar 906.599,3 MMSCF sehingga pendirian pabrik yang baru diharapkan dapat menggantikan kebutuhan gas alam sebesar 4% di Indonesia, yaitu sebanyak 36.295,502 MMSCF per tahun atau sebesar 109.986 MMSCFD. Proses pembuatan SNG dari *low rank coal* terdiri dari empat proses utama, yaitu *coal preparation*, gasifikasi, *gas cleaning*, dan metanasi. Dari analisa perhitungan ekonomi didapat Investasi 823.947.924 USD, IRR sebesar 13,12%, POT selama 5 tahun, dan BEP sebesar 68,55%.

**Kata Kunci**— SNG, batubara, metanasi

## I. PENDAHULUAN

Gas alam menjadi salah satu sumber daya alam yang mempunyai manfaat sangat banyak dalam menunjang berbagai sektor kehidupan manusia. Banyaknya manfaat dari sumber daya alam gas alam menyebabkan banyaknya kebutuhan akan gas alam di dunia, dimana kebutuhan tersebut terus bertambah setiap tahunnya. Selama ini ketergantungan terhadap gas alam sangat besar. Pasokan dan harga gas alam menjadi masalah saat ini. Oleh karena itu perlu untuk mencari sumber energi lain yang potensial sebagai pengganti yang nantinya dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi dan gas alam. Salah satu jenis energi yang potensial adalah *Substitute Natural Gas* (SNG) dari batubara.

SNG dapat diperoleh dari batubara yang telah melalui proses gasifikasi menjadi *syngas*. Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat menjadi gas. Berbeda dengan pembakaran, proses gasifikasi adalah proses pemecahan rantai karbon ke bentuk unsur atau senyawa kimia lain. Proses gasifikasi memerlukan sedikit oksigen dan seringkali digunakan *steam* untuk proses pembakaran [1]. Dengan mengubah batubara menjadi gas, maka material yang tidak diinginkan yang terkandung dalam batubara seperti senyawa sulfur, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan abu dapat dihilangkan dari gas dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat dihasilkan gas bersih yang dikenal dengan sebutan *syngas*. *Syngas* yang memiliki kandungan utama berupa CO dan H<sub>2</sub> kemudian dikonversi menjadi SNG yang berupa metana (CH<sub>4</sub>) melalui proses metanasi. Pada proses ini terjadi beberapa reaksi dengan reaktan karbon monoksida dan bereaksi dengan hidrogen sehingga menghasilkan produk utama berupa CH<sub>4</sub> dan produk samping berupa air.

Jumlah cadangan batubara yang cukup banyak di Indonesia membuat industri penggunaan batubara sangat berpotensi. Batubara sebagai salah satu sumber energi jumlahnya sangat besar, *World Energy Council* memperkirakan cadangan batubara dunia terbukti mencapai 847.488 juta ton pada akhir 2007 yang tersebar di lebih dari 50 negara. Di Indonesia sendiri menurut kementerian ESDM, sumber daya batubara nasional sebesar 119,5 miliar ton dan cadangan sebesar 28,97 miliar ton pada tahun 2012 dengan mutu yang sangat bervariasi baik dilihat dari jenis (komposisi kimia, maseral dan sifat fisik) maupun peringkatnya yaitu *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Namun dari jumlah batubara tersebut sebagian besar merupakan batubara bermutu menengah dan bermutu rendah yaitu *lignite* sebesar 28,94%, *sub-bituminous* sebesar 61,61%, *bituminous* sebesar 7,77% dan sisanya sebesar

1,49% adalah *anthracite* yang dihimpun oleh Pusat Daya geologi tahun 2012. Jenis batubara yang akan digunakan untuk membuat SNG adalah *lignite* atau *low rank coal*, yang memiliki kalori rendah yaitu < 5.100 kal/g [2].

Salah satu pemanfaatan batubara adalah dapat dijadikan *Substitute Natural Gas* (SNG). SNG merupakan campuran gas yang sebagian besar kandungannya berupa metana sehingga dapat menggantikan fungsi gas alam, antara lain sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Gas/Uap, bahan bakar industri ringan, menengah dan berat, bahan bakar kendaraan bermotor (BBG/NGV), gas kota untuk kebutuhan rumah tangga, dan sebagainya. Industri-industri dan pembangkit listrik di Indonesia sangat mengandalkan gas alam baik sebagai bahan baku maupun sumber energi. Namun, keterbatasan sumber daya dan mahalnya gas alam menjadi masalah saat ini. Salah satu upaya mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan SNG sebagai pengganti gas alam.

Pabrik ini berlokasi di Kecamatan Iir Timur II dengan bahan baku yang diperoleh dari PT Bukit Asam Tanjung Enim dengan cadangan batubara mendekati 2 miliar ton. Kapasitas pabrik ini adalah 36295,502 MMSCF per tahun atau sebesar 109,986 MMSCFD. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat menggantikan kebutuhan gas alam sebesar 4% di Indonesia

Tabel 1 Spesifikasi Produk

<i>Gross Calorific Value</i>	31.6 – 38.7	MJ/mn <sup>3</sup>
<i>Wobbe – Index</i>	43.4 – 44.4	MJ/mn <sup>3</sup>
<i>Maximum Liquid Hydrocarbons</i>	5	mg/mn <sup>3</sup> below – 3°C@any P
<i>Solid Hydrocarbons</i>	<i>Technically free</i>	
<i>Aromatic Hydrocarbons</i>	0.1 (or even 0.025)	mol.%
<i>Water Dew Point</i>	-8	°C@70bar
<i>Total Sulphur Content</i>	< 20	mg/mn <sup>3</sup>
<i>H<sub>2</sub>S + COS</i>	< 5	mg/mn <sup>3</sup>
<i>Sulphur content caused by alkylthiols (mercaptans)</i>	< 6	mg/mn <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	< 3	mol.%
O <sub>2</sub>	< 0.0005 (or even nil)	mol.%
Hg	< 0.015	mg/mn <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> CO Cl F	<i>The gas shall not contain other elements or impurities (such as, but not limited to, methanol, gas and odorants) in such extent that the gas entering GTS's facilities at the delivery point cannot be transported, stored or marketed in the Netherlands without incurring additional costs for quality adjustment</i>	

II. URAIAN PROSES

Secara garis besar proses di pabrik SNG ini terdiri dari 4 unit. Unit yang pertama adalah unit *coal preparation* yang berfungsi untuk *reduce* ukuran batubara. Batubara dengan kualitas rendah harus direduce terlebih dahulu ukurannya sebelum masuk ke tahap gasifikasi karena pada gasifier batubara harus berukuran 6-50 mm [1]. Batubara berukuran 2,5 in dari open yard coal dibawa menuju ke hammer mill untuk *reduce* ukurannya menjadi 6-50 mm

hingga menjadi pulverized coal. Setelah itu *pulverized coal* dimasukkan ke dalam *screen* untuk memisahkan ukuran *low rank coal* yang *on spec* dengan ukuran yang *over spec*. *Low rank coal* dengan ukuran yang tidak diinginkan (*over spec*) akan *direct cycle* kembali menggunakan *bucket elevator* dan *belt conveyor* menuju *hammer mill*. Sedangkan batubara yang sudah sesuai ukurannya dibawa menuju *bin pulverized coal* untuk ditampung yang selanjutnya dibawa menuju reaktor gasifikasi menggunakan *screw conveyor*.

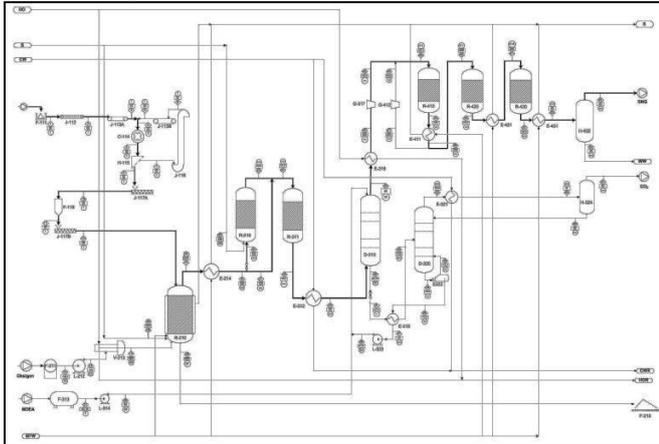
Unit yang kedua adalah unit gasifikasi yang berfungsi mengubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas, namun oksigen yang dibutuhkan lebih sedikit daripada proses pembakaran. Pada pabrik SNG ini gasifikasi dilakukan dengan *feed low rank coal* maka pada gasifikasi batubara ini digunakan *gasifier* tipe *moving/ fixed bed gasifier* [3]. batubara yang berasal dari *bin pulverized coal* masuk ke dalam *gasifier* yang di lengkapi dengan *lock hopper* untuk menaikkan tekanan *pulverized coal* dari tekanan atmosfer (1 bar) menjadi 30 bar. Kenaikan tekanan ini bertujuan untuk mengatur tekanan operasi dari *gasifier*. Selanjutnya *pulverized coal* masuk ke dalam *gasifier*. Oksidator berupa O<sub>2</sub> dan *steam* dimasukkan melalui bagian bawah *gasifier* kemudian berkontak dengan batubara seiring oksidator tersebut bergerak ke atas. Pada *gasifier* terjadi berbagai macam reaksi yang dibagi menjadi tiga zona yaitu zona devolatilisasi, zona pembakaran, dan zona gasifikasi. Karbon yang tidak bereaksi pada zona gasifikasi dan semua ash turun sebagai slag di bagian *bottom* dan dibawa menuju *open yard slag*. Sedangkan *syngas* yang keluar dari *gasifier* akan dialirkan menuju tahap pemurnian *syngas* dari senyawa sulfur dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) [1]-[3].

Unit yang ketiga adalah *gas cleaning* yang berfungsi untuk memurnikan *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi. Hal ini dilakukan supaya *syngas* memenuhi standar untuk diproses lebih lanjut untuk dijadikan SNG. Senyawa impuritis seperti H<sub>2</sub>S, COS, dan CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan merusak katalis sehingga perlu dimurnikan terlebih dahulu. Senyawa COS yang terdapat dalam *syngas* dikonversi menjadi H<sub>2</sub>S dengan cara direaksikan dengan H<sub>2</sub>O dalam reaktor COS hidrolisis dengan katalis alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Pengkonversian bertujuan karena absorbent yang digunakan untuk mengabsorb lebih selektif terhadap H<sub>2</sub>S daripada COS. Selanjutnya *syngas* diumpankan menuju kolom absorber untuk dikontakkan dengan larutan MDEA untuk memisahkan gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. *Rich amine* kemudian keluar menuju *stripper* untuk meregenerasi kembali pelarut MDEA. Sedangkan *syngas* yang keluar dari absorber dialirkan menuju *gas pipeline*. Untuk melakukan regenerasi pelarut, larutan MDEA kaya CO<sub>2</sub> (*rich-amine*) keluar dari kolom absorber diumpankan ke dalam *stripper*. Kolom *stripper* beroperasi dengan *total reflux* dan *patrial reboiler*. *Clean amine* keluar dari *bottom reboiler* dan selanjutnya dipompa menuju ke absorber. Sedangkan aliran dari *condenser* yang mengandung CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dibawa menuju *separator*.

Unit yang terakhir adalah unit metanasi yang berfungsi mengkonversi *syngas* menjadi SNG. Pada proses metanasi, campuran gas yang berupa CO dan H<sub>2</sub> akan masuk pada reaktor *fixed-bed* dengan menggunakan katalis berupa nikel (Ni) dari vendor Haldor-Topsoe. Reaksi metanasi berlangsung pada tiga reaktor yang dipasang secara seri. Produk yang keluar dari reaktor tiga masih terdapat kandungan H<sub>2</sub>O yang besar sehingga perlu dilakukan pemisahan. Pemisahan H<sub>2</sub>O dari produk dilakukan dengan

bantuan dari separator. Produk SNG yang bersih dari H<sub>2</sub>O kemudian akan masuk ke dalam kompresor dan disimpan dalam tangki peyimpan [5].

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



Gambar 1. Process Flow Diagram

- [3] Adanez. J., Labiano. F.G, "Modeling of Moving-Bed Coal Gasifiers", *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 29 (1990), pp. 2079-2088.
- [4] Chandel. Munish and Williams. Eric, *Synthetic Natural Gas (SNG): Technology, Environmental Implications, and Economics*, Durham: Duke University (2009).
- [5] *From coal to clean energy*, Haldor Topsoe, Denmark (2011)
- [6] Ludwig. E, "Design for Chemical and Petrochemical Plants", Gull Publishing Houston, Texas (1947).
- [7] Kidnay. A and Parrish. W., "Fundamental of Natural Gas Processing", London (2006).
- [8] Vilbrandt. D, "Chemical Engineering Plant Design", 4<sup>th</sup> edition McGraw Hill Book Company (1959)
- [9] Himmelblau. D, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", International Edition (2003).
- [10] Van Ness. S, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 4<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company (1967).
- [11] 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).

### III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik SNG dari *low rank coal* ini dimana kapasitas *feed* sebesar 5.256.000 ton/tahun dan produk yang dihasilkan adalah SNG sebesar 904.528,578 ton/tahun,[6]-[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 99,067 MUSD. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 13,12% dan BEP sebesar 68,55% dimana pengembalian modalnya selama 5 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun. Berikut ini adalah Gambar 4 tentang parameter sensitifitas dari pabrik SNG ini [11].

### V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 13.12% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun, NPV 10 tahun sebesar 99,067 MUSD dimana pengembalian modalnya selama 5 tahun maka pabrik *Cluster LNG* ini layak didirikan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng dan Ir. Winarsih atas bimbingan dan saran yang telah diberikan selama ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Higman. Christopher., Maarten van der Burgt, *Gasification 2<sup>nd</sup> edition*, Oxford: Gulf Professional Publishing (2008).
- [2] *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia*, Pusdatin ESDM, Jakarta (2012).