

## PEMANFAATAN GAS SUAR BAKAR MENJADI *DIMETHYL ETHER* (DME)

### *(Gas Flare Utilization into Dimethyl Ether (DME))*

Paramitha Widiastuti, Lisna Rosmayati, dan Fiqi Ghifari

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”  
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan  
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail:[paramitaw@lemigas.esdm.go.id](mailto:paramitaw@lemigas.esdm.go.id); [lisnar@lemigas.esdm.go.id](mailto:lisnar@lemigas.esdm.go.id); [giffari@lemigas.esdm.go.id](mailto:giffari@lemigas.esdm.go.id)

Registrasi I tanggal 7 November 2018; Diterima setelah perbaikan tanggal 11 Desember 2018;  
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2018

#### ABSTRAK

Gas suar bakar merupakan gas yang dihasilkan oleh kegiatan eksplorasi dan produksi atau pengolahan minyak dan gas bumi yang dibakar karena tidak dapat ditangani oleh fasilitas produksi atau pengolahan yang tersedia sehingga belum dimanfaatkan. Data menunjukkan bahwa jumlah gas suar bakar di Indonesia tahun 2017 masih cukup besar yaitu 148 MMSCFD. Pemanfaatan gas suar bakar akan sangat menguntungkan dilihat secara materi dan dampaknya terhadap lingkungan, hanya saja sering terkendala oleh volume gas yang relative kecil dan tersebar, serta berlokasi jauh dari fasilitas infrastrukturnya. Opsi-opsi untuk pemanfaatan gas suar bakar perlu dikaji agar gas suar bakar menjadi suatu produk yang ekonomis dan dapat memberikan nilai tambah bagi industri migas. Salah satu opsi pemanfaatan gas suar bakar adalah pengolahan gas suar bakar menjadi *Dimethyl Ether* (DME). DME menarik untuk dikaji karena DME dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi pengganti LPG yang hingga saat ini masih banyak diimpor dari luar. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah simulasi perhitungan keekonomian pada beberapa lapangan yang memiliki gas suar bakar di beberapa wilayah Indonesia dengan menggunakan skema proses pemanfaatan gas suar bakar menjadi DME. Keluaran dari kajian ini adalah diketahuinya batas volume gas suar bakar yang layak untuk dikembangkan.

**Kata Kunci:** gas suar bakar, dimethyl ether (DME)

#### ABSTRACT

Flaring gas is a gas produced by exploration and production or processing of oil and natural gas that is burned because it cannot be handled by production or processing facilities that are available so that it has not been utilized. Data shows that the number of gas flaring in Indonesia in 2017 is still quite large, namely 148 MMSCFD. Utilization of gas flaring will be very beneficial in terms of material and its impact on the environment, but it is often constrained by relatively small and scattered gas volumes, and located far from its infrastructure facilities. Options for using gas flaring need to be assessed so that gas flaring could be an economical product and provide added value to the oil and gas industry. One option for using gas flaring is processing gas flaring into Dimethyl Ether (DME). DME is interesting to be studied because DME can be used as a substitute for LPG substitution fuel which is still imported. The method used in this study is a simulation of economic calculations in several fields that have gas flaring in several parts of Indonesia by using the scheme of the flare gas processing into DME. The output of this study is the identification of the volume limit for flaring gas that is feasible to be developed.

**Keywords:** flare gas, dimethyl ether (DME)

## I. PENDAHULUAN

Definisi gas suar bakar (*flare gas*) berdasarkan Permen ESDM No. 31/2012, Permen ESDM No. 6/2016 adalah gas yang dihasilkan oleh kegiatan eksplorasi dan produksi atau pengolahan minyak atau gas bumi yang dibakar karena tidak dapat ditangani oleh fasilitas produksi atau pengolahan yang tersedia sehingga belum dimanfaatkan (Peraturan Menteri ESDM No. 31 tahun 2012, Peraturan Menteri ESDM No. 6 tahun 2016).

Kegiatan eksplorasi dan pengolahan minyak dan gas bumi telah menimbulkan dampak terhadap lingkungan, yaitu kontribusi terhadap perubahan iklim melalui pembakaran di *flare stack* (World Bank 2000). Salah satu alasan pelepasan ke atmosfer dengan pembakaran adalah alasan keamanan (*safety*) yang merupakan bagian dari kegiatan dalam produksi minyak dan gas (OGP 2000). Gas suar bakar menjadi salah satu permasalahan yang berkontribusi dalam pencemaran lingkungan dengan emisi gas karbondioksida sehingga menimbulkan perubahan iklim ekstrim (efek rumah kaca) (Ismail & Umukoro 2012). Pembakaran gas sisa ini membuat karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) terlepas ke atmosfer yang dapat membahayakan lingkungan dan energi yang seharusnya masih berguna menjadi terbuang begitu saja. Konversi dari pembakaran menjadi pemanfaatan adalah pilihan yang menarik untuk mengurangi emisi.

Selain gas suar bakar merupakan sumber energi dengan dampak lingkungan yang besar, adanya gas suar menyebabkan hilangnya keekonomian. Pemanfaatan gas suar bakar menjadi produk lain tentunya akan menambah nilai gas suar. Saat ini kebutuhan energi dalam negeri untuk sektor rumah tangga dan industri demikian besar. Sampai saat ini pun Indonesia harus menutup kebutuhan bahan bakar gas dengan mengimpor *Liquefied Petroleum Gases* (LPG) dalam jumlah besar yaitu hampir 70% dari kebutuhan LPG domestic (Lemigas 2006). Dari kenyataan tersebut, maka dibutuhkan bahan bakar gas lain yang mampu mengatasi permasalahan tersebut.

Berdasarkan literatur dan hasil penelitian Anam, A., (2010), *Dimethyl Eter* (DME) memiliki karakteristik dan sifat fisika kimia yang mirip dengan propane dan butana yang merupakan komponen utama LPG (Anam 2010). *Dimethyl Eter* (DME) dapat dihasilkan dari sintesis gas alam. Atas dasar itulah maka gas suar bakar memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan menjadi produk *Dimethyl Eter*

(DME), sekaligus meminimalkan dampak polusi udara yang diakibatkan gas suar bakar (*flare gas*).

Berdasarkan data tahun 2017 dari Direktorat Jenderal Migas, jumlah gas suar bakar (*flare gas*) di Indonesia masih cukup besar yaitu sebesar 148 MMSCFD (*Millions Cubic Feet per Day*). Pemanfaatan gas suar bakar ini seringkali terkendala oleh volume gas yang relatif kecil dan menyebar serta jauh dari infrastruktur pipa transmisi atau distribusi. Pemanfaatan gas suar bakar dapat dilakukan dengan beberapa opsi teknologi. Opsi teknologi pemanfaatan gas suar diantaranya adalah dengan mengolah gas suar menjadi *Compressed Natural Gas* (CNG), *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), *Gas To Liquid* (GTL), ataupun Dimethyl Eter (DME) (Farina 2010). Pemanfaatan gas suar pada tulisan ini adalah menggunakan opsi teknologi DME. Karena karakteristiknya yang mirip dengan LPG, serta produknya yang liquid membuat DME mudah didistribusikan. Opsi ini juga dipilih karena tidak membutuhkan karakteristik komposisi tertentu dari gas suar untuk menjadikannya DME. Jika opsi teknologi LPG yang dipilih untuk pemanfaatan gas suar, harus memperhatikan komposisi dari gas suar yang hanya cocok apabila komposisi gas suar mengandung fraksi berat ( $\text{C}_3\text{-C}_4^+$ ) yang lebih besar. Sedangkan tidak banyak gas suar di Indonesia yang memiliki karakteristik komposisi tersebut.

Tulisan ini akan membahas pemanfaatan gas suar bakar menjadi produk DME melalui 2 (dua) tahapan proses yaitu sintesis metanol dan proses dehidrasi (penarikan molekul air). Dimetil eter (DME) adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ , dan merupakan eter yang paling sederhana. Dimetil eter berwujud gas yang tidak berwarna dan merupakan zat antara yang dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai macam produk turunan. Sejak tahun 1970-an hingga saat ini, dimetil eter paling banyak digunakan sebagai pendingin dalam kaleng aerosol, bahan bakar alternatif yang bersih untuk mesin diesel yang mampu mencapai kinerja tinggi dengan emisi rendah ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  dan partikulat) di pembakarannya. DME dapat diproduksi dari berbagai umpan seperti gas alam, batu bara atau biomassa; dan juga dapat diolah menjadi produk-produk berharga seperti hidrogen sebagai energi masa depan yang berkelanjutan (Gruber-Schmidt 2017).

Ruang lingkup makalah ini meliputi bagaimana gas suar bakar dapat dimanfaatkan menjadi produk DME dengan teknologi proses konvensional dan teknologi inovatif dalam desain reaktor dan katalis serta tinjauan ekonominya. Dimetil eter (DME)

merupakan senyawa yang termasuk dalam gugus ether dengan fasanya yang *liquid* dapat memudahkan distribusinya setelah diolah dari gas suar bakar. Selain itu, karakteristiknya yang mirip dengan LPG dapat menjadi energi alternative pengganti LPG di daerah sekitar gas suar bakar. Namun belum diketahui kelayakan pembangunan kilang DME skala kecil dengan *feedstock* dari gas suar bakar di Indonesia.

Tujuan dari kajian ini adalah diketahuinya batas volume gas suar bakar yang layak untuk dikembangkan secara ekonomi menjadi produk Dimethyl Eter (DME). Hingga saat ini, belum ada penelitian mengenai pemanfaatan gas suar bakar menjadi DME di Indonesia, sehingga belum diketahui secara ekonomis batas volume gas suar yang masih layak secara ekonomi untuk dikembangkan. Adapun lokasi gas suar bakar yang menjadi data dalam penelitian merupakan gas suar bakar yang tersebar di beberapa lapangan di Indonesia.

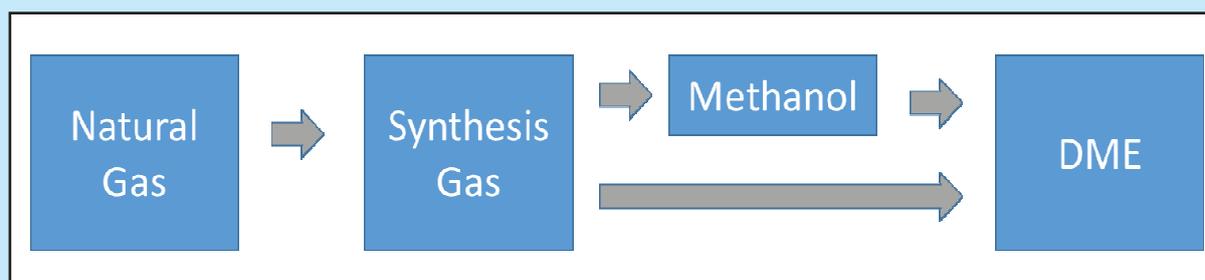
### Kajian Literatur

Pembakaran di *flare stack* merupakan pembakaran gas bumi yang diproduksi dalam operasi produksi minyak dan gas secara rutin (Akeredolu & Sonibare 2004). Flaring gas (ventilasi) juga merupakan pelepasan gas yang dikontrol ke atmosfer selama operasi produksi minyak dan gas (Stroscher 1996). Pembakaran gas flare berkontribusi terhadap perubahan iklim, yang memiliki implikasi serius bagi dunia (Christiansen & Haugland 2001). Emisi ini meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca (GHG) di atmosfer, yang pada gilirannya memberikan kontribusi terhadap pemanasan global (Orimoogunje et al. 2010). Dengan memanfaatkan gas suar bakar menjadi produk yang bisa dimanfaatkan, akan menurunkan tingkat emisi tersebut (Farina 2010). Sebelum dimanfaatkan, maka gas suar harus diolah, terutama menghilangkan komponen-komponen pengotornya. Gas suar bakar ini pada dasarnya adalah

gas bumi (*natural gas*). Gas bumi mengandung berbagai macam kontaminan yang harus dieliminasi sebelum gas tersebut di distribusikan sampai ke konsumen sesuai dengan batasan spesifikasi masing-masing komponen produk (Hart & Gnanendran 2009).

Proyek penggunaan atau pemanfaatan gas suar bakar tergantung pada volume (*cubic feet per day-CFD*), kualitas (komposisi gas) dan kandungan energi/*energy content* (BTU) dari gas suar bakar. Instalasi untuk memanfaatkan gas suar bakar (*Flare Gas Processing Facility*) terdiri atas peralatan untuk memisahkan kandungan air (*free water*) dari gas, peralatan untuk proses *sweetening* (yaitu menghilangkan  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ ), dan peralatan untuk proses pendinginan (*cooling & hydrocarbons extraction unit*). Instalasi ini akan memproses gas suar bakar (*flare gas*) menjadi *lean gas* (Sugiarto 2011). Pemanfaatan gas suar menjadi produk yang bernilai ekonomi otomatis akan menurunkan emisi karbondioksida secara lebih cepat (World Bank 2011).

Makalah ini akan menjelaskan pemanfaatan gas suar bakar menjadi produk Dimetil ether (DME) dengan teknologi proses konvensional dan teknologi inovatif dalam desain reaktor dan katalis serta tinjauan ekonominya. Dimetil ether (DME) diproduksi dalam dua tahap. *Pertama*, hidrokarbon dikonversikan ke gas sintesis, sebuah kombinasi dari karbon monoksida dan hidrogen. *Kedua*, gas sintesis tersebut kemudian dikonversikan ke DME, baik lewat methanol (proses konvensional) atau langsung dalam satu tahap saja. Berdasarkan pertimbangan akan sifatnya yang agak serupa dengan LPG dan biaya produksinya yang 20% lebih murah (Jakarta Globe 2009). DME memiliki prospek yang sangat baik untuk menggantikan LPG impor dan domestik, yang juga berarti dapat mengurangi beban subsidi Pemerintah. DME akan menjadi kandidat utama bahan bakar alternatif khususnya untuk *power plant* dan *automotif*. DME



Gambar 1  
Alur pengolahan gas bumi menjadi DME.

pun merupakan senyawa antara untuk produk kimia seperti *ethylene* dan lainnya (Ohno Y. et al. 2007).

Berikut adalah mekanisme pemanfaatan gas suar (gas bumi) yang diolah menjadi produk Dimethyl Eter (DME) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar baik untuk rumah tangga maupun industri.

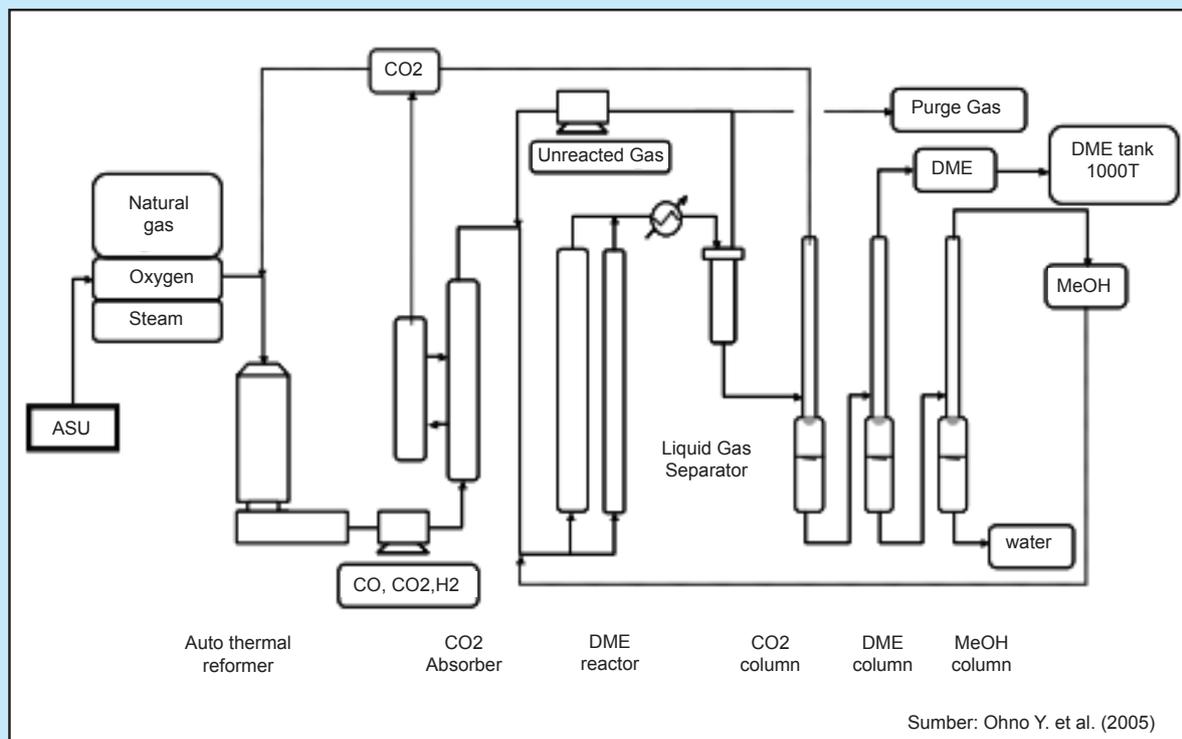
Dalam mekanisme ini, gas sintesis diubah menjadi dimetil eter (DME) dalam reaktor tunggal (Park & Jin 2014, Chen Wei-Hsin et al. 2012). Tiga reaksi terlibat dalam proses ini: sintesis metanol, dehidrasi metanol dan pergeseran gas air, yang membentuk jaringan reaksi yang menarik. Interaksi antara ketiga reaksi ini menghasilkan konversi syngas yang sangat baik atau produktivitas reaktor. Semakin tinggi konversi *syngas* atau produktivitas reaktor dalam sistem reaksi *syngas-to-DME*, dibandingkan dengan sistem reaksi *syngas-to-methanol*, disebut sebagai sinergi kimia. Sinergi ini menunjukkan ketergantungan yang kuat pada komposisi umpan reaktor. Untuk menunjukkan sejauh mana ketergantungan ini, simulasi dengan aktivitas yang disesuaikan untuk setiap reaksi dilakukan untuk mengungkapkan tingkat relatif setiap reaksi. Hasilnya menunjukkan bahwa reaksi dehidrasi air adalah yang paling cepat, yang praktis dikendalikan oleh keseimbangan. Baik sintesis

metanol dan reaksi dehidrasi metanol dikontrol secara kinetik.

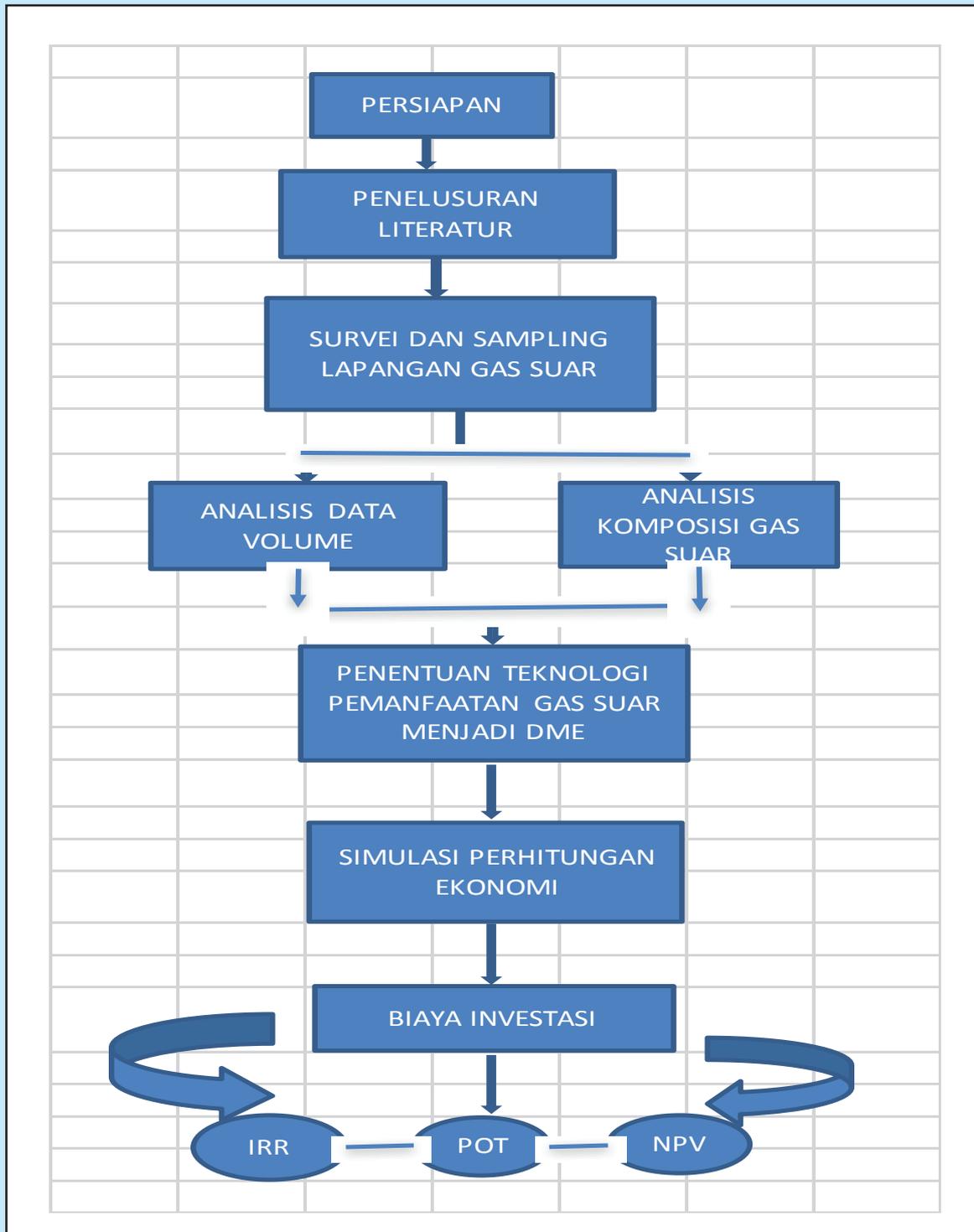
Untuk mekanisme pengolahan gas bumi menjadi dimetil eter (DME), gas bumi masuk ke reaktor *reforming*. Beberapa pilihan reaktor *reforming* diantaranya *steam methane reforming*, *autothermal reformer*, *pox* dll. Kemudian *syngas* (CO dan H<sub>2</sub>) masuk ke reaktor DME yang akan menghasilkan DME. Proses pemanfaatan gas menjadi DME diperlihatkan pada Gambar 2.

## II. BAHAN DAN METODE

Kerangka berpikir dalam penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan permasalahan yang ada dalam pemanfaatan gas suar bakar (*gas flare*), dampak yang ditimbulkan (Christoper et al. 2018), serta dikaitkan dengan kebijakan yang ada. Setiap tahapan dilakukan dengan selalu mempertimbangkan faktor keselamatan (*safety*) (Ismail & Fagbenle 2009) dan mengacu pada standar internasional, khususnya terkait sampling dan analisa komposisi gas suar bakarnya. Penentuan teknologi pemanfaatan gas suar menjadi DME juga dilihat dari komposisi gas suar, kebutuhan konsumen, lokasi konsumen dan keekonomiannya. Acuanya adalah Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tentang Pemanfaatan dan



**Gambar 2**  
Diagram alir proses pada kilang DME.



Gambar 3 Tahapan penelitian.

Harga Jual Gas Suar Pada Kegiatan Usaha Hulu Migas (Peraturan Menteri ESDM No. 32/2017). Secara skematis tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram Gambar 3.

Metode lain yang dilakukan pada penelitian ini adalah simulasi perhitungan keekonomian pada

beberapa lapangan yang memiliki gas suar bakar di Indonesia dengan menggunakan skema proses pemanfaatan gas suar bakar menjadi DME. Data-data yang telah dikumpulkan, dimasukkan ke dalam model keekonomian untuk selanjutnya dilakukan simulasi perhitungan keekonomian dan analisis.

Asumsi yang digunakan dalam simulasi perhitungan keekonomian adalah sebagai berikut:

- Nilai Tukar Rupiah terhadap kurs US\$ : Rp. 14.600/US\$
- *Hurdle Rate* : 15%
- *Equity* : 100%
- *Lifetime* Proyek : 5 tahun
- Tarif PPh : 25%
- Metode Depresiasi : *Straight Line*
- Harga Gas Suar : 0.35 US\$/MMBTU (Permen ESDM No.32 Tahun 2017)
- Harga DME : 450 US\$/Ton (Rata-rata tahun 2017)

### III. HASIL DAN DISKUSI

Data volume gas suar dikumpulkan dari beberapa lapangan di Indonesia setelah dilakukan kegiatan survey. Tabel berikut memperlihatkan volume gas suar dari beberapa lapangan tersebut.

Untuk perhitungan keekonomian, salah satu yang dihitung adalah biaya investasi. Sebagai referensi, biaya investasi untuk kilang DME berkapasitas 150 MMSCFD adalah US\$ 1.1 Miliar. Sehingga biaya untuk investasi kilang DME tiap lapangan akan dihitung dengan *sixthtenth rule*:

$$\text{Investasi Kilang A} = \left( \frac{\text{Kapasitas Kilang A}}{\text{Kapasitas Kilang B}} \right)^{0.65} \times \text{Investasi Kilang B} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1) di atas, kemudian dihitung biaya investasi kilang DME di tiap lapangan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Setelah biaya investasi kilang DME untuk setiap lapangan didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi keekonomian untuk menghitung beberapa indikator ekonomi, seperti nilai IRR (*Internal Rate Return*), POT (*Pay Out Time*) dan NPV (*Net Present Value*). Hasil yang didapat dari simulasi keekonomian adalah seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan tabel 3 di atas terlihat bahwa tidak ada gas suar bakar yang ekonomis untuk dikembangkan menjadi Dimetil eter (DME), oleh karenanya dilakukan simulasi sensitivitas pengurangan capex dengan mengasumsikan adanya keterlibatan pemerintah dalam pola Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU). Berikut

**Tabel 1**  
Volume gas suar  
dari beberapa lapangan di Indonesia

Nama Lapangan	Volume	
	MMSCFD	MMBTUD
A	0.8	800
B	0.7	700
C	9.27	9,270
D	9	9,000
E	1.2	1,200
F	1.2	1,200
G	2.29	2,290
H	1.4	1,400
I	2	2,000

**Tabel 2**  
Biaya investasi kilang DME tiap lapangan

Nama Lapangan	Biaya Investasi (CAPEX)
A	39,830,834
B	36,519,484
C	195,800,022
D	192,073,982
E	51,841,639
F	51,841,639
G	78,904,900
H	57,305,213
I	72,257,080

**Tabel 3**  
Hasil simulasi perhitungan keekonomian pada tiap lapangan

Nama Lapangan	Indikator Ekonomi		
	IRR	POT	NPV
A	-56%	0	(22,421.22)
B	-60%	0	(20,778.02)
C	-19%	0	(75,030.11)
D	-19%	0	(74,219.34)
E	-48%	0	(28,135.54)
F	-48%	0	(28,135.54)
G	-38%	0	(39,767.24)
H	-45%	0	(30,615.96)
I	-39%	0	(37,056.73)

**Tabel 4**  
**Hasil simulasi keekonomian dengan sensitivitas CAPEX**

Nama Lapangan	IRR			
	10% Capex	20% Capex	40% Capex	80% Capex
A	43%	9%	-17%	-44%
B	40%	8%	-19%	-46%
C	117%	53%	16%	-10%
D	116%	53%	16%	-11%
E	52%	15%	-11%	-38%
F	52%	15%	-11%	-38%
G	68%	25%	-2%	-29%
H	55%	17%	-9%	-36%
I	65%	23%	-4%	-31%

ini adalah tabel 4 yaitu hasil simulasi sensitivitas pengurangan capex terhadap IRR dari proyek.

Berdasarkan tabel 4 di atas diketahui bahwa keekonomian dari pemanfaatan gas suar menjadi DME akan ekonomis jika 80% biaya investasi ditanggung pemerintah. Volume gas suar menjadi parameter penting pada saat penentuan kapasitas kilang DME. Selain itu hasil simulasi keekonomian menunjukkan bahwa volume gas suar di atas 9 MMSCFD seperti pada lapangan C dan D menunjukkan nilai IRR yang besar, sedangkan batas volume gas suar untuk mendapatkan nilai IRR 15% adalah 1.2 MMScfd seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 di atas untuk lapangan E.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan gas suar bakar tergantung pada volume (*cubic feet per day*), kualitas dan kuantitas komposisi gas serta kandungan energy (*heating value*) dalam Brithis Thermal nit (BTU) dari gas suar bakar. Pemanfaatan gas suar bakar menjadi Dimetil ether (DME) pada rentang volume 0.8-9.27 tidak layak dikembangkan jika menggunakan skenario pembiayaan 100% dari swasta dilihat dari indikator ekonomi IRR (*Internal Rate Return*), POT (*Pay Out Time*) dan NPV (*Net Present Value*). Dengan menggunakan skenario pembiayaan sebagian dari anggaran pemerintah, pengembangan kilang DME dari gas suar bakar menjadi layak.

#### KEPUSTAKAAN

- Anam, A.**, 2010, "Campuran DME-LPG sebagai Bahan Bakar Gas Komplementer", Subbidang Konversi dan Pengendalian Polusi, Bidang Energi Fosil, B2TE, BPPT, Tangerang Selatan, Tangerang.
- A. C. Christiansen dan T. Haugland**, 2001, "Gas Flaring and Global Public Goods," FNI Report 20/2001, Fridtjof Nansen Institute (FNI), Lysaker. p34.
- A. Hart, N. Gnanendran**, 2009, "Cryogenic CO<sub>2</sub> Capture in Natural Gas", *Energy Procedia I* (2009) 697-706.
- Christopher D.Elvidge, Morgan D.Bazilian, et al.** (2018), "The Potential Role of Natural Gas Flaring in Meeting Green House Gas Mitigation Targets". *Energy Strategy Reviews, ELSEVIER, Volume 20, Pages 156-162.* 2018.
- Chen Wei-Hsin, Lin Bo-Jhih, Huang Men-Han.**, 2012, "One step synthesis of dimethyl ether from gas mixture containing CO<sub>2</sub> with high velocity". *Applied Energy.*98;92-101.
- F. A. Akeredolu dan J. A. Sonibare**, 2004, "A Review of the Usefulness of Gas Flares in Air Pollution Control," *Management of Enviromental Quality, Vol. 15, No. 6, pp. 574-583.*
- Gruber-Schmidt, Johann**, 2017, dimethyl Ether from Waste Gas Under Zero Emission Property. *Agricultural Research and Technology.*
- Hee-Woo Park, Jin-Kuk Ha**, 2014, "Kinetic Mechanism of DME Production Process using

- Syngas for Integrated Gasification Combined Cycle Power Plant”. *Korean J.Chem.Eng*,31 (12), 2130-2135.
- Jun,K.W., Lee,H.S.,** et al., 2002, “Catalytic Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether (DME) Over Solid-Acid Catalysts”. *Bulletin of The Korean Chemical Society*, 23 (6). 803-806.
- Jakarta Globe**, 24 Juni 2009.
- Lemigas**, 2006, “Kajian Pengembangan Teknologi LNG Mini Plant untuk Pemanfaatan Gas Suar Bakar dan Lapangan Gas Marjinal”. Lemigas.
- M. Strosher**, 1996, “Investigation of Flare Gas Emissions in Alberta,” Final Report, Environment Canada, Conservation and Protection, The Alberta Energy and Utilities Board and the Canadian Association of Petroleum Products, Environmental Technologies, Ottawa.
- M. F. Farina**, 2010, “Flare Gas Reduction: Recent Global Trends and Policy Considerations,” *GE Energy Global Strategy and Planning*.
- O.Saheed Ismail, G.Ezaina Umukoro**, 2012. “Global Impact of Gas Flaring, Energy and Power Engineering”, 2012,4,290-302. *Scientific Research*
- Ohno, Y., Yagi, H., Inoue, N., Okuyama, K., & Aoki, S.**, 2007, “Slurry phase DME direct synthesis technology -100 tons/day demonstration plant operation and scale up study-. *Natural Gas Conversion VIII*”, *Proceedings of the 8th Natural Gas Conversion Symposium*, 403–408.
- O. O. I. Orimoogunje, A. Ayanlade, T. A. Akinkuolie dan A. U. Odiong**, 2010, “Perception on Effect of Gas Flaring on the Environment,” *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, Vol. 2, No. 4, pp. 188-193. 2010.
- Peraturan Menteri ESDM No. 31** “Tentang Pelaksanaan Pembakaran Gas Suar Bakar (Flaring) pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi”. 2012.
- Peraturan Menteri ESDM No. 6** “Tentang Ketentuan dan Tata Cara Penetapan Alokasi dan Pemanfaatan serta Harga Gas Bumi”. 2016.
- Peraturan Menteri ESDM No. 32** “Tentang Pemanfaatan dan Harga Jual Gas Suar Pada Kegiatan Usaha Hulu Migas”. 2017.
- Rachmawan D.W.**, 2012, “Analisis Tekno Ekonomi Gas Suar Bakar pada Lapangan Minyak Oseil, Seram non blok Bula sebagai bahan bakar gas PLN”. *Fakultas Teknik Universitas-Indonesia*.
- Sugiarto**, 2011, “Pemanfaatan Gas Suar Bakar untuk Jaringan Gas Rumah Tangga”. *Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- The International Association of Oil & Gas Producers (OGP)**, “Flaring & Venting in the Oil & Gas Exploration & Production Industry: An Overview of Purpose, Quantities, Issues, Practices and Trends,” *Flaring and Venting Task Force Report*, Report No. 2.79/288, 2000.
- World Bank**, “Regulation of Associated Gas Flaring and Venting. A Global Overview and Lessons from International Experience,” *World Development Report*, Washington, 2000/2001.
- World Bank**, 2011, “Gas Flaring Reductions Avoid 30 Million Tons of Carbon Dioxide Emissions in 2010,” *World Bank Press Release*, Washington.