

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri petrokimia merupakan sektor yang potensial sebagai motor penggerak ekonomi di kawasan ASEAN. Petrokimia berkontribusi pada perkembangan pasar dunia dengan pangsa mencapai 40% dari total konsumen produk industri lainnya. Industri petrokimia bergerak dalam pengolahan bahan bakar fosil atau mineral seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam untuk menghasilkan berbagai bahan kimia turunan. Keberadaan industri ini dalam jaringan rantai pasok dan proses manufaktur memainkan peran yang sangat penting terlebih di era revolusi industri. Berbagai produk kimia turunan dari batu bara, minyak bumi dan gas alam seperti metana, metanol, benzen, aniline, polietilen, polipropilen, poliester, pupuk, pestisida dan lain sebagainya merupakan produk yang dihasilkan oleh industri petrokimia. Selain itu petrokimia menawarkan berbagai alternatif untuk menciptakan bahan kimia substitusi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis, sehingga mampu memenuhi permintaan yang terus meningkat dengan pesat. Pertumbuhan penjualan produk petrokimia yang terus meningkat hingga 40% tiap tahunnya merepresentasikan posibilitas dan keuntungan yang besar untuk mendukung investasi dan penyerapan tenaga kerja di Indonesia.

Untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan beberapa tantangan harus dihadapi dalam prosesnya. Ketatnya kompetisi dan penetrasi pasar dunia menyebabkan industri dalam negeri kalah bersaing dan stagnan. Minimnya

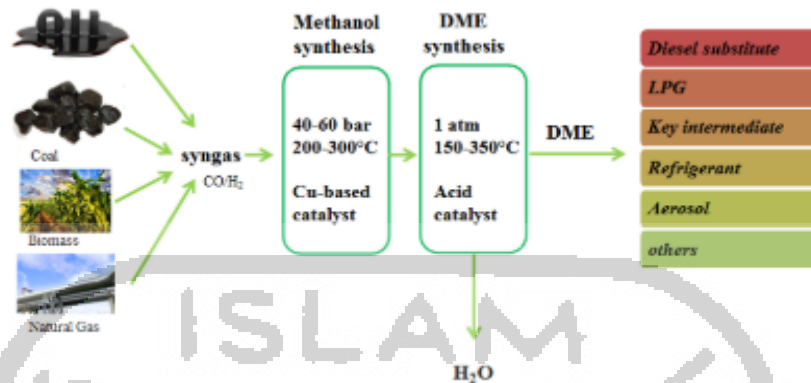
produksi dalam negeri memicu peningkatan angka impor produk dan lemahnya kemampuan industri domestik untuk memenuhi konsumsi dalam negeri yang semakin meningkat. Selain itu hampir sebagian besar bahan baku yang digunakan untuk sektor ini masih bertumpu pada utilisasi minyak bumi baik itu sebagai bahan bakar minyak ataupun LPG yang notabene masih diimpor dari luar negeri. Oleh karena itu pemerintah mulai mengembangkan salah satu produk turunan dari gas alam yang sangat bernilai yakni Dimetil Eter (DME) sebagai sumber energi alternatif untuk mensubstitusi atau bahkan menggantikan penggunaan bahan bakar minyak dan LPG di pasar yang jumlahnya semakin terbatas.

Sejak pemerintah mulai menerapkan kebijakan substitusi penggunaan minyak tanah ke LPG (*Liquid Natural Gas*) pada tahun 2007 hingga kini konsumsi LPG untuk kebutuhan rumah tangga semakin meningkat. Sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan penggunaan LPG pemerintah mulai mendorong penggunaan DME di masyarakat melalui sosialisasi dan pembaharuan teknologi proses untuk menunjang program diversifikasi energi ini.

Dimetil Eter merupakan senyawa eter dengan struktur paling sederhana jika dibandingkan dengan senyawa eter lainnya karena hanya terdiri dari ikatan C-H, dan ikatan C-O tanpa ikatan C-C. Pada suhu ruangan DME berada dalam fase gas yang tidak berwarna dengan bau khas eter dan bersifat polar sehingga dapat larut di dalam air maupun minyak. Senyawa DME memiliki sifat yang hampir serupa dengan LPG seperti viskositas, titik didih dan tekanannya. Selain itu DME merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan sebagai pengganti bahan bakar kendaraan seperti solar dan diesel yang sangat ramah

lingkungan. Senyawa ini tidak bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik dan tidak beracun. Emisi dari hasil pembakaran DME tidak menghasilkan asam belerang ( $\text{SO}_x$ ) dan asap, serta kadar  $\text{NO}_x$  dan CO yang sangat rendah. Dampak lingkungan yang dihasilkan dari pembakaran senyawa eter ini jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar minyak pada umumnya (Boedoyo, 2015).

Dimetil eter (DME) merupakan salah satu senyawa intermediet penting yang dapat dihasilkan melalui 2 metode yaitu sintesa langsung (*direct synthesis*) dan sintesa tidak langsung (*indirect synthesis*). Proses sintesa langsung pada pembuatan DME dapat dilakukan melalui dua reaksi berbeda yaitu sintesis metanol dari  $\text{CO}_2$  dan CO sebagai hasil reforming metana menjadi *syngas* ataupun dehidrogenasi metanol secara langsung. Jiang et al., (2018) menyatakan bahwa sintesis DME langsung dari *syngas* memberikan keuntungan lebih baik secara termodinamika maupun ekonomi jika dibandingkan dengan dehidrogenasi metanol. Berdasarkan hasil estimasi perhitungan yang dilakukan oleh Shikada et al., (1999) ongkos produksi DME langsung melalui gas alam 20% lebih ekonomis dengan *capital cost* yang dikeluarkan 14% lebih rendah dibandingkan dengan dehidrogenasi metanol. Pembentukan metanol sebagai produk samping hasil reaksi sintesis CO dan  $\text{CO}_2$  dapat memberikan nilai tambah terhadap pendapatan penjualan produk.



Gambar 1. 1 Skema proses pembentukan DME secara konvensional

Faktor penting lainnya dalam pertimbangan menggunakan proses sintesis DME dari gas alam ialah kemungkinan untuk menghasilkan jumlah DME dalam jumlah yang lebih banyak. Pada reaksi pembentukan *syngas* melalui oksidasi parsial gas metana, produk utama yang dihasilkan dari reaksi tersebut adalah CO dan H<sub>2</sub> dan sebagian lagi CO<sub>2</sub> dari reaksi *water shift gas* kedua senyawa ini dapat secara langsung disintesis untuk menghasilkan DME dengan konversi yang tinggi mencapai 97% sehingga tidak ada CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke udara sebagai hasil samping. Penggunaan katalis dwifungsi dalam reaksi pembentukan DME juga merupakan pertimbangan yang penting. Katalis ini dapat digunakan untuk mempercepat reaksi sintesis metanol baik dengan umpan CO ataupun CO<sub>2</sub> sehingga secara ekonomi lebih menarik dan menguntungkan. Metode ini lebih efektif karena CO<sub>2</sub> yang merupakan gas yang dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca karena sifatnya yang dapat dengan mudah memerangkap panas radiasi matahari dan menyebabkan suhu permukaan bumi meningkat. Teknologi ini juga dikenal dengan *Carbon Capture and Utilization* (CCU). Oleh sebab itu selain pertimbangan ketersediaan bahan baku, proses pembuatan DME melalui reaksi sintesis gas alam

lebih menguntungkan secara termodinamika, ekonomi maupun mekanisme sintesis, alternatif mekanisme sintesis menggunakan bahan baku gas alam sangat penting untuk dilakukan.

## 1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Gas alam merupakan salah satu sumber daya alam di Indonesia yang tersedia dalam jumlah yang sangat besar. Total cadangan gas terbukti sebesar 32811.94 *Billion Standard Cubic Feet of Gas* tercatat akan semakin bertambah dengan adanya sumur gas produksi baru yang beroperasi. Gas alam konvensional merupakan sumber bahan baku mentah dapat dikonversi menjadi syngas ( $\text{CO}/\text{H}_2/\text{CO}_2$ ) melalui *steam reforming*, *autothermal* ataupun oksidasi parsial dari senyawa hidrokarbon. Syngas yang berasal dari gas alam lebih lanjut dapat dimanfaatkan menjadi berbagai produk turunan seperti ammonia, perekat, pelarut, *methanol*/spritus, *formaldehyde*, asam asetat, *hydrazine*, *acrylonitrile*/fiber, *ammonium nitrate* (peledak/pupuk), DME, dan produk farmasi. Tabel 1.1 dan 1.2 memuat daftar badan usaha dalam dan luar negeri yang memproduksi syngas sebagai produk utama maupun produk lanjutan.

Selain gas bumi konvensional sumber bahan baku alternatif untuk menghasilkan *syngas* dapat berasal dari gas bumi non konvensional seperti *Coal Bed Methane* (CBM) dan gas serpih (*shale gas*). Gas alam non konvensional ini berpotensi sangat besar untuk dijadikan bahan baku produksi *syngas* dengan cadangan yang diperkirakan sebanyak 453 *Trillion Standard Cubic Feet of Gas* untuk CBM atau sekitar 6% dari total cadangan CBM di dunia dan 574 *Trillion Standard*

*Cubic Feet of Gas* untuk gas serpih (Kementrian ESDM, 2018). Batu bara sebagai salah satu sumber daya alam dengan cadangan yang besar dapat dimanfaatkan menjadi *syngas*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi mengatakan produksi batu bara nasional akan terus meningkat mencapai 648 juta ton pada tahun 2050 dengan total produksi sebanyak 79% pada tahun 2016.

Tabel 1. 1 Daftar badan usaha produksi *Syngas* di Indonesia beserta kapasitas produksinya

No	Nama Badan Usaha	Lokasi	Kapasitas Disain (Nm <sup>3</sup> /hari)
1.	PT. Pertamina (Cleanse Ethanol Project)	Kalimantan	8.820.000
2.	PT. Pupuk Kaltim	Bontang, Kalimantan Timur	8.785.000
3.	PT. Pupuk Sriwijaya	Palembang, Sumatera Selatan	2.750.000
4.	PT. Bukit Asam-PUSRI JV	Tanjung Enim, Sumatera Selatan	3.360.000
5.	OKI Gasification Unit	Sumatera Selatan	1.584.000

Tabel 1. 2 Daftar badan usaha produksi *syngas* di luar negeri beserta kapasitas produksinya

No	Nama Badan Usaha	Lokasi	Kapasitas Disain (Nm <sup>3</sup> /hari)
1.	Bintulu Middle Distillate Synthesis Plant	Bintulu, Serawak	7.552.000
2.	Hu-Chemical Bintulu Ammonia	Bintulu, Serawak	3.690.000
3.	Bintulu Ammonia Plant	Bintulu, Serawak	2.767.000
4.	Bintulu Hydrogen Plant	Bintulu, Serawak	1.390.000

(Sumber: *Global Syngas Technologies Council (GSTC)*)

### 1.3 Kapasitas Perancangan

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) terdapat 3 perusahaan produksi DME di Indonesia yang beroperasi. Pabrik DME di Tangerang dijalankan oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri dengan kapasitas 3.000 ton/tahun. Selain itu, PT. Pertamina melakukan kerjasama dengan PT Arrgue Mega Energie untuk membangun pabrik DME dengan kapasitas 840.000 ton/tahun untuk melakukan blending DME dengan LPG guna mengurangi impor LPG dalam memenuhi kebutuhan LPG Nasional sejak tahun 2012. Terakhir perusahaan multinasional asal Jerman Ferrostal AG akan membangun kilang Metanol dan Dimetil Eter (DME) di Tangguh Papua Barat dengan bahan baku berupa gas alam. Pabrik ini dibangun dengan kapasitas produksi metanol dan DME masing-masing 1 juta ton dan 200.000 ton setiap tahunnya. Produksi DME ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan domestik salah satunya menunjang program blending DME dengan LPG dan untuk kebutuhan ekspor ke luar negeri.

Penentuan kapasitas perancangan pabrik Dimetil Eter ini didasarkan pada peluang produksi LPG ditambah dengan kebutuhan impor DME untuk jangka waktu 6 tahun mendatang. Berikut adalah Tabel 1.3 yang menunjukkan volume impor, ekspor, konsumsi beserta produksi LPG di Indonesia.

Tabel 1. 3 Data volume impor, ekspor, konsumsi dan produksi LPG di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Impor (ton/th)</b>	<b>Ekspor (ton/th)</b>	<b>Konsumsi (ton/th)</b>	<b>Produksi (ton/th)</b>
<b>2008</b>	415.000	100.531	1.836.000	1.690.766
<b>2009</b>	917.171	88.463	2.861.000	2.125.218
<b>2010</b>	1.621.959	279	3.751.000	2.478.371
<b>2011</b>	1.991.774	76.566	4.347.000	2.285.439
<b>2012</b>	2.573.670	205	5.031.000	2.201.539
<b>2013</b>	3.299.808	286	5607..000	2.010.990
<b>2014</b>	3.604.009	483	6.093.000	2.379.128
<b>2015</b>	4.025.600	392	6.376.000	2.307.407
<b>2016</b>	4.475.929	580	6.642.000	2.241.567
<b>2017</b>	5.461.934	360	7.191.000	2.027.941
<b>2018</b>	5.566.572	434	7.563.000	2.027.263

Sumber: *Handbook of Energy and Economic Statistic Indonesia*,  
Kementerian ESDM, 2018

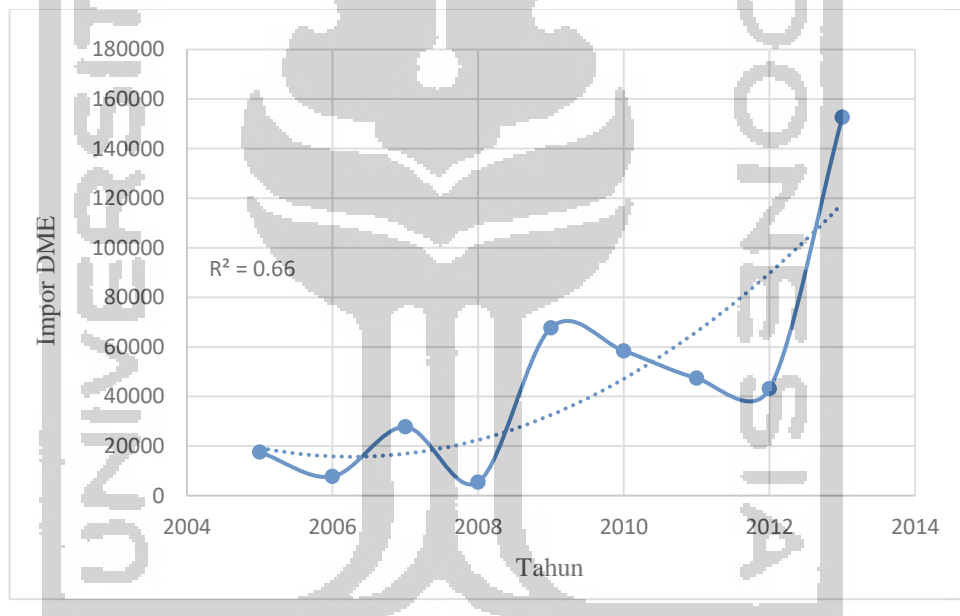
Mengacu pada data yang disajikan tabel di atas maka dapat ditentukan jumlah pasokan (*supply*) LPG yang merupakan total penjumlahan antara impor dan produksi LPG pada tahun 2026 yakni sebanyak 12.150.068 ton per tahun. Sementara itu 12.270.036 ton per tahun gas LPG yang merupakan total penjumlahan antara ekspor dan konsumsi LPG ialah banyaknya permintaan (*demand*) pada tahun 2026 mendatang. Proyeksi angka impor, ekspor, produksi dan konsumsi ditentukan melalui pendekatan persamaan regresi linier  $y = ax + b$ . Dari data tersebut dapat dihitung peluang kapasitas perancangan sebesar 60% dari selisih permintaan (*demand*) terhadap pasokan (*supply*) yakni sebesar 71.980,9691 ton/tahun.



Tabel 1. 4 Data kebutuhan impor Dimetil Eter Indonesia

Tahun	Vol. Impor (kg)
2005	17.550
2006	7.729
2007	27.740
2008	5.485
2009	67.727
2010	58.422
2011	47.419
2012	43.155
2013	152.685

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral



Gambar 1. 2 Kurva eksponensial kebutuhan impor DME

Dengan menggunakan perhitungan kurva eksponensial kebutuhan impor DME pada tahun 2026 memenuhi persamaan  $y = 2251x^2 - 9034865x + 9063180515$  Sehingga melalui persamaan tersebut dapat ditentukan kebutuhannya sebanyak 2.274.377 ton/tahun. Produksi DME dari pabrik ini akan memenuhi setidaknya 3% dari total kebutuhan pada tahun 2026. Dengan demikian kapasitas perancangan pabrik ini akan dibuat untuk memenuhi kebutuhan substitusi LPG

menjadi DME dan kebutuhan impor DME domestik sebanyak 75.000 ton DME/tahun.

#### 1.4 Tinjauan Pustaka

Dimetil eter (DME) merupakan senyawa kimia organik dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . DME dapat dengan mudah terbakar pada kondisi ruangan dan dapat berubah fase menjadi cair ketika mendapat tekanan lebih dari 0.5 MPa. Karena alasan ini, DME pada umumnya disimpan dalam keadaan cair. Selain itu bilangan *cetane* DME berada diantara 55-60, lebih tinggi 1-1.5 kali dibandingkan dengan bahan bakar diesel ataupun bensin (Prabowo, Yan, Syamsiro, & Setyobudi, 2017). Dengan karakteristik yang menarik tersebut, DME memiliki keunggulan berbeda jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar lainnya, yakni:

1. DME lebih mudah untuk diterima dan memasuki persaingan pasar bahan bakar minyak ataupun gas. Prospek pasar yang menjanjikan di masa depan menjadikan investor berani untuk menanamkan modalnya pada pabrik ini.
2. Potensi besar pemanfaatan DME disektor industri, transportasi maupun rumahan. DME digunakan sebagai bahan bakar pengganti LPG bahan bakar kompor, bahan bakar pembangkit listrik generator gas turbin, ataupun bahan bakar transportasi pada mesin diesel atau motor bakar (30% DME/70% LPG).
3. DME dikenal sebagai sumber energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan.

- Senyawa ini dapat dengan mudah disimpan dan ditangani, karena tidak menghasilkan senyawa peroksida yang mudah meledak
- Produk hasil pembakaran, seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon emisi pembakaran, konsentrasinya lebih sedikit jika dibandingkan emisi pembakaran gas alam karena DME hanya terdiri dari ikatan C-H dan C-O, tanpa ada ikatan C-C dan mengandung sekitar 35% O<sub>2</sub> di dalamnya.
- Bilangan cetane tinggi, DME merupakan alternatif yang sangat tepat untuk menciptakan bahan bakar tanpa emisi gas buang yang mengandung *particulate matter* (PM) dan tanpa gas beracun seperti NO<sub>x</sub> pada saat pembakaran
- Tekanan uap yang hampir sama seperti halnya LPG, sehingga dapat digunakan sebagai prasarana transportasi dan penyimpanan.
- DME dapat terdegradasi di atmosfer dan bukan merupakan gas rumah kaca.

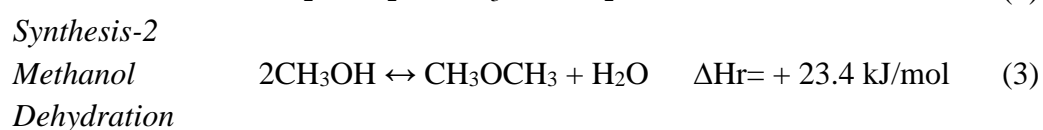
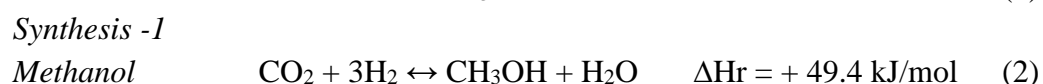
Tabel 1. 5 Karakteristik DME dan bahan bakar lainnya

Sifat	DME	Propana (LPG)	Metana (Gas alam)	BB Diesel
<b>Rumus kimia</b>	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	
<b>Titik Didih (°C)</b>	-25.1	-42.0	-161.5	180-370
<b>Densitas cairan (g/cm<sup>3</sup>, 20 °C)</b>	0.67	0.49	0.42	0.84
<b>Specific Gravity gas (vs udara)</b>	1.59	1.52	0.55	-
<b>Tekanan uap (MPa, 25 °C)</b>	0.61	0.93	-	-
<b>Bilangan Cetane</b>	55-60	5	0	40-55
<b>Explosion Limit</b>	3.4-17	2.1-9.4	5-15	0.6-6.5

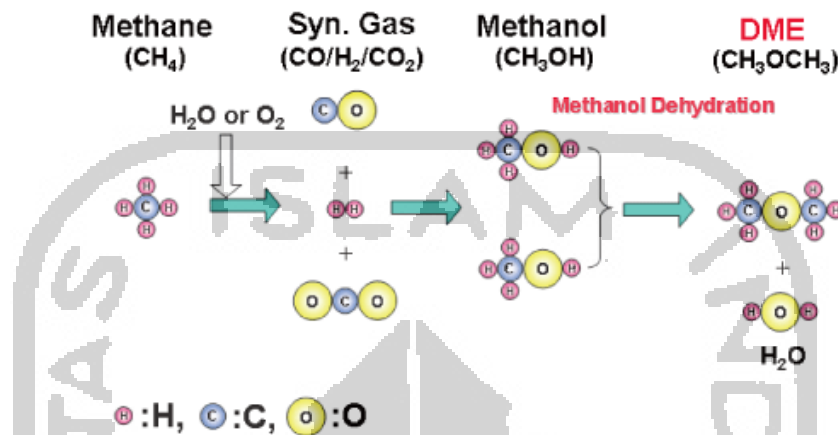
Dalam perkembangannya terdapat dua mekanisme proses yang dapat dilakukan untuk menghasilkan DME, yaitu *direct route* dan *indirect route*.

#### 1.4.1 *Indirect Route (Methanol Dehydration Process)*

Mekanisme proses pembuatan DME dengan *indirect route* atau biasa disebut dengan *Methanol Dehydration Process* merupakan mekanisme reaksi yang paling umum dan banyak digunakan di industri pada saat ini. Reaksi ini melibatkan tahapan reaksi yang berjalan melalui 2 langkah tahapan, yaitu: (1) tahapan sintesis metanol yang melibatkan katalis berbasis Kuprat (*Copper*), dan (2) tahapan reaksi dehidrogenasi atau penarikan molekul hidrogen (H<sub>2</sub>O) dari metanol dengan menggunakan katalis bersifat asam seperti HM, H-ZSM-5, HY, atau modifikasi Al-HM untuk menghasilkan senyawa DME. Reaksi yang terlibat adalah:

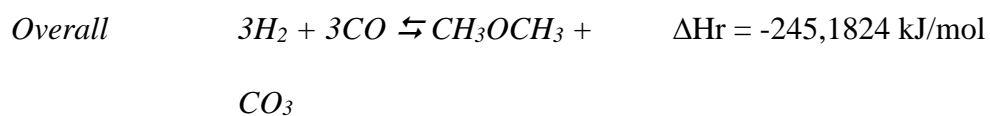
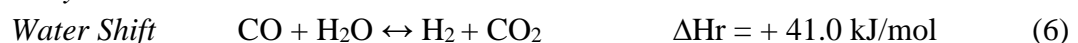
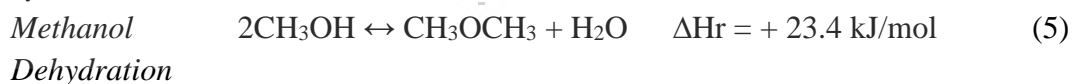


Kedua tahapan reaksi tersebut berlangsung dan dijalankan menggunakan 2 buah reaktor yang berbeda.



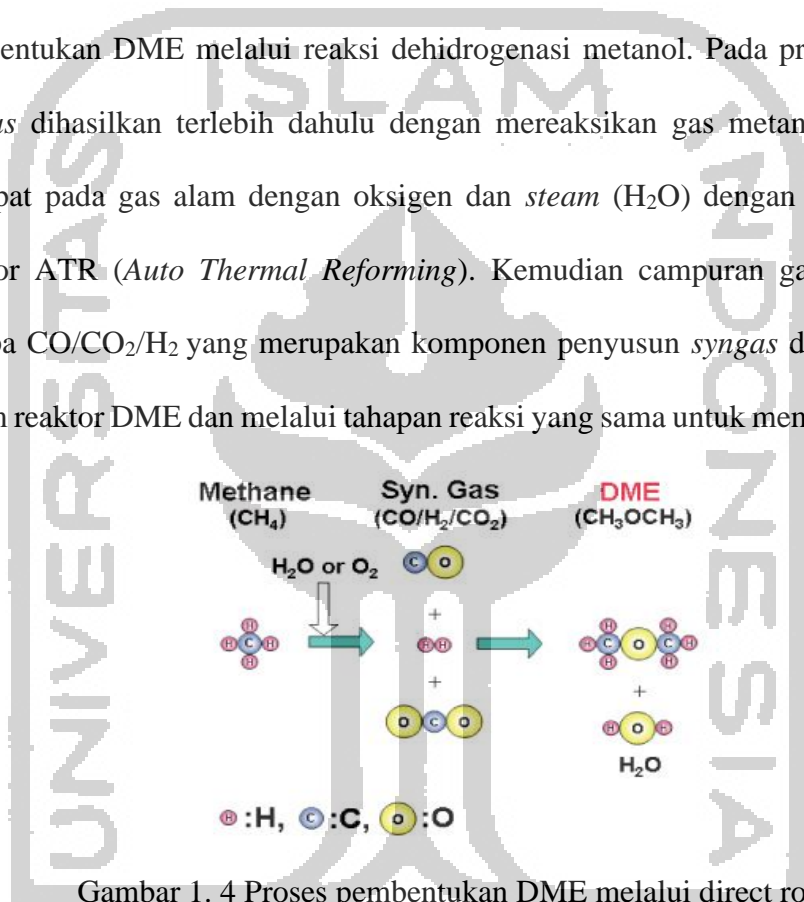
Gambar 1. 3 Proses pembentukan DME melalui indirect route

Selain itu dalam proses sintesis tidak langsung (*indirect*) dimetil eter melalui dehidrogenasi metanol dapat dilakukan dengan metode *direct contact* melibatkan katalis padat alumina. Proses kontak langsung merupakan mekanisme sintesis metanol yang banyak diaplikasikan di industri pembuatan dimetil eter. Metode ini dikenal dengan istilah Senderens. Metanol dikontakkan dengan katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) yang terdiri atas 10,12% silika. Reaksi dijalankan pada fase gas dan temperatur yang tinggi (250 °C – 400 °C). Secara teoritik sintesis senyawa eter dilakukan melalui dehidrasi senyawa golongan alcohol dengan reaksi:



### 1.4.2 Direct Route (Direct Synthesis Process)

*Direct synthesis process* merupakan proses pembentukan dimetil eter (DME) secara langsung dari gas alam melalui serangkaian tahapan reaksi. Pada prinsipnya proses *direct route* dan *indirect route* melibatkan mekanisme pembentukan DME melalui reaksi dehidrogenasi metanol. Pada proses langsung *syngas* dihasilkan terlebih dahulu dengan mereaksikan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang terdapat pada gas alam dengan oksigen dan *steam* ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dengan menggunakan reaktor ATR (*Auto Thermal Reforming*). Kemudian campuran gas hasil reaksi berupa  $\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2$  yang merupakan komponen penyusun *syngas* diumpankan ke dalam reaktor DME dan melalui tahapan reaksi yang sama untuk membentuk DME.



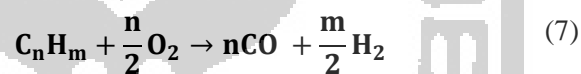
Gambar 1. 4 Proses pembentukan DME melalui direct route

Metode sintesis DME secara langsung (*direct route*) telah banyak dikembangkan dan digunakan dalam beberapa waktu terakhir. Secara termodinamika proses ini lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses konvensional. Reaksi ini hanya berlangsung melalui satu tahapan reaksi (*single stage*) dengan menggunakan reaktan bersama katalis dwifungsi. (*bi-functional catalyst*). Katalis yang digunakan merupakan perpaduan antara material berbasis *copper* dan asam,

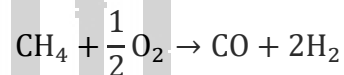
karena DME dihasilkan melalui dehidrogenasi metanol secara berurutan pada sisi asam yang terbentuk pada katalis berbasis *copper*. Katalis CuO-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> banyak dipilih untuk proses dehidrasi metanol dari CO/H<sub>2</sub> ataupun CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>. Hasil investigasi beberapa penelitian menunjukkan katalis dwifungsi ini memiliki nilai tambah seperti harga lebih terjangkau,, luas permukaan spesifik yang lebih tinggi, stabilitas termal dan mekanis yang lebih baik serta menghasilkan selektifitas pembentukan DME yang tinggi(Jiang et al., 2018). Sehingga penggunaan metode ini jauh lebih menguntungkan jika ditinjau secara keseluruhan.

Berikut adalah reaksi-reaksi yang terjadi pada proses *direct synthesis* DME:

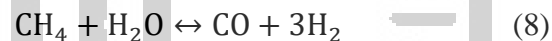
***Auto Thermal Reforming (ATR)***



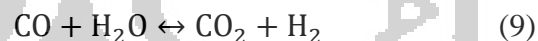
*Partial Oxidation*



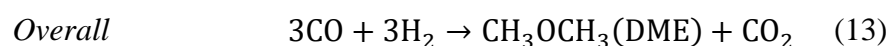
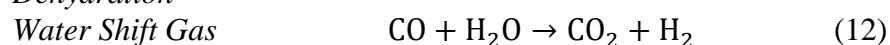
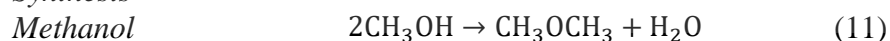
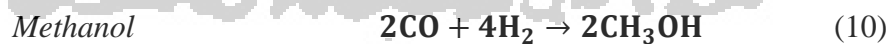
*Steam Reforming*



*Water Gas Shift*



**Reaktor DME:**



### 1.5 Pemilihan Proses

Secara umum terdapat dua cara yang digunakan untuk memproduksi dimetil eter (DME), yaitu *methanol dehydration process* (konvensional) dan *direct synthesis process* (konversi langsung). Proses yang dipilih dalam perancangan pabrik ini adalah metode *direct synthesis* atau melalui konversi langsung dari gas alam. Alasan pemilihan proses ini didasarkan pada pertimbangan aspek ekonomi, lingkungan, dan termodinamika proses. Estimasi ekonomi yang dilakukan oleh (Shikada et al.,1999) menunjukkan bahwa proses produksi DME dari gas alam jauh lebih ekonomis dan menguntungkan jika dibandingkan dengan proses tidak langsung dehidrasi metanol. (Jiang et al., 2018) juga mengemukakan bahwa secara termodinamika proses ini memberikan nilai tambah dengan konversi reaktan dan selektifitas reaksi yang tinggi. Berikut adalah Tabel 1.6 yang menunjukkan perbandingan proses pembuatan DME dengan metode konvensional dan metode sintesis langsung.



Tabel 1. 6 Perbandingan proses pembuatan DME

No.	Faktor Pembeding	Proses Pembuatan	
		Konvensional	Konversi Langsung
1	Bahan baku	Gas alam, <i>syn-gas</i> , metanol	Gas alam, <i>syn-gas</i>
2	Reaksi	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO} + 4\text{H}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$ $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
3	Proses	Pembentukan metanol dan DME terjadi di dalam reaktor yang berbeda	Pembentukan metanol dan DME terjadi di dalam reaktor yang sama
4	Jenis reaktor	<i>Fixed-bed reactor</i>	<i>Slurry-phase reactor, Fixed-bed reactor</i>
5	Konversi CO	59,25%	55-99,99%
6	Konversi CH <sub>3</sub> OH	43,5%	90-99%
7	Selektivitas DME	87%	99-99,9%
8	Katalis	Alumina	CuO, ZnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
9	Kondisi operasi	R-01 : 260°C ; 48,39 atm R-02 : 240°C ; 29,03 atm	260°C ; 30-50 atm
10	Produk samping	Air	Karbon dioksida