

# Pra Desain Pabrik Metanol dari Gas Alam

Pratama Tegar Parderio, Angga Dwi Dharmawan, Gede Wibawa, dan Annas Wiguno  
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
email: gwibawa@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Metanol merupakan suatu senyawa yang saat ini memiliki peran penting pada ekonomi global sebagai bahan baku yang banyak dibutuhkan di industri kimia. Pada tahun 2020, permintaan metanol global mencatatkan pertumbuhan yang positif yaitu mencapai 102,162 juta. Adapun di Indonesia, melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12 tahun 2015 yang menetapkan intensifikasi pemanfaatan Bahan Bakar Nabati sebagai bahan bakar lain juga turut membuka peluang besar untuk industri metanol dalam pemenuhan bahan bakunya. Pabrik ini direncanakan beroperasi dengan kapasitas produksi sebesar 850.000 ton/tahun *Methanol Grade AA* dan berlokasi di Teluk Bintuni, Papua Barat, yang didukung dengan program pemerintah yaitu pembangunan kawasan industri di Teluk Bintuni. Pabrik metanol direncanakan didirikan di atas lahan seluas 50 ha, mulai beroperasi pada tahun 2026 dengan masa konstruksi selama 2 tahun dan beroperasi selama 15 tahun. Adapun proses produksi metanol ini terbagi menjadi tiga tahapan utama yaitu proses produksi *syngas* dengan *combined reforming SMR-ATR*, proses sintesis metanol dengan licensor dari *Mitsubishi*, dan proses pemurnian produk metanol dengan sistem distilasi 2 tahap. Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi metanol ini antara lain gas alam, *steam*, dan oksigen. Modal yang digunakan diasumsikan berasal dari modal sendiri sebesar 20% dan modal dari pinjaman bank sebesar 80%. Pabrik metanol ini memerlukan nilai (*Capital Expenditures*) sebesar Rp 5.965.780.276.477 dan nilai OPEX (*Operating Expenditures*) sebesar Rp 4.663.728.797.936. Berdasarkan analisis ekonomi yang dilakukan, diperoleh BEP sebesar 38,26%, nilai NPV sebesar Rp 5.460.221.976.667. Selain itu, diperoleh nilai *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 15,2% dengan bunga bank sebesar 4,75%, dan *Pay Out Time (POT)* yang dibutuhkan adalah selama 5 tahun 5 bulan. Sehingga berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa Pabrik Metanol dari Gas Alam layak untuk didirikan.

**Kata Kunci**—Bintuni, Gas Alam, Metanol, Mitsubishi.

## I. PENDAHULUAN

**M**ETANOL merupakan suatu senyawa yang saat ini memiliki peran penting pada ekonomi global sebagai bahan baku yang banyak dibutuhkan di industri kimia yang digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, seperti pembuatan formaldehid, bahan perekat, bahan pengawet, dan bahan bakar. Pada pasar global, permintaan metanol terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data yang dihimpun dari MMSA, didapatkan pertumbuhan demand metanol berdasarkan kategori produk turunannya seperti asam asetat, formaldehid, MTBE, MMA, dan sebagainya sebagai berikut. Permintaan pasar metanol global terus bertumbuh dengan CAGR (*Compound Annually Growth Rate*) sebesar 5,2 %. Pada tahun 2019, *demand* metanol dunia memiliki jumlah sebesar 98,3 juta ton. Pada saat pandemi tahun 2020, permintaan metanol juga mencatatkan pertumbuhan yang positif menjadi sebesar 102,162 juta ton dan diperkirakan juga pada tahun 2021, permintaan metanol tetap akan meningkat hingga menyentuh angka 110,213 juta ton. Data ekspor dan impor metanol di Indonesia tertera pada Tabel 1.

Hal ini juga tidak berbeda jauh dengan Indonesia. Saat ini,

Tabel 1.  
Data ekspor dan impor metanol di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2011	275.947,0	476.837,0
2012	261.866,0	438.741,0
2013	341.455,0	486.817,0
2014	557.361,7	404.151,9
2015	219.413,8	422.884,2
2016	436.987,8	384.933,7
2017	350.026,1	335.007,9
2018	699.945,9	307.366,3
2019	773.651,4	292.694,3
2020	840.408,3	246.269,5

Tabel 2.  
Proyeksi *supply-demand* metanol di Indonesia

Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
660.000	5.500.000,00	162.550,5	5.102.550,48

Tabel 3.  
Spesifikasi Gas Alam Sebagai Bahan Baku Metanol

Komposisi	Nilai (%)		
	Teluk Bintuni	Kutai	Banyuasin
CH <sub>4</sub>	89	87,13	85,57
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5,73	3,56	4,11
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,21	1,85	2,59
C <sub>4+</sub>	0	0,93	1,08
N <sub>2</sub>	1,87	0,13	0
CO <sub>2</sub>	2,18	6,4	6,65

kebutuhan metanol meningkat seiring program pemerintah untuk produksi biodiesel guna mengurangi ketergantungan impor *gas oil*. Namun, produksi metanol di Indonesia masih hanya dipenuhi dari PT Kaltim Methanol Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun. Berdasarkan data tersebut, diproyeksikan nilai *supply-demand* metanol di Indonesia pada tahun 2026 sebagai berikut.

Pada tahun 2026, jumlah impor metanol diperkirakan sebesar 5.102.550,48 ton, sehingga dapat menjadi peluang pasar bagi industri metanol di Indonesia. Proyeksi *supply-demand* metanol di Indonesia tertera pada Tabel 2.

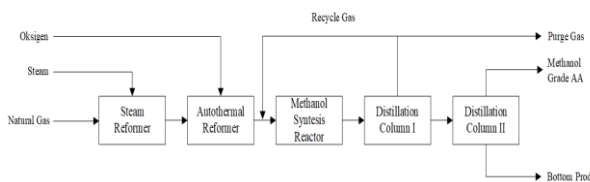
Kapasitas pabrik metanol yang akan dibangun ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek. Aspek pertama adalah kebijakan pemerintah melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12 tahun 2015 yang menetapkan intensifikasi pemanfaatan Bahan Bakar Nabati sebagai bahan bakar lain dengan metanol sendiri merupakan salah satu bahan bakunya. Melalui kebijakan ini kebutuhan metanol diperkirakan masih akan mengalami peningkatan hingga 5,5 juta ton pada tahun 2026 [1]. Aspek yang kedua adalah rencana pembangunan kawasan industri berbasis pupuk dan petrokimia di Teluk Bintuni. Aspek ketiga adalah bahan baku pembuatan metanol di Teluk Bintuni yang relatif melimpah dengan pemerintah memastikan alokasi gas sebesar 90 MMSCFD. Bersamaan dengan rencana pemerintah saat ini yang ingin mengurangi impor, sehingga ditentukan kapasitas pabrik metanol yang akan dibangun sebesar 850.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari kerja setiap tahunnya dengan bahan baku gas alam yang digunakan sebesar 70 MMSCFD. Spesifikasi Gas

Tabel 4. Spesifikasi Produk Methanol Grade AA

Parameter	Unit	Spesifikasi	
		Standar	Hasil Simulasi
Tekanan	bar	-	1,1
Suhu	°C	-	35
Fasa		Liquid	Liquid
Kemurnian	% wt	99,85 (Min)	99,94
Specific Gravity (20/20 °C)		0,792 - 0,793	0,7927
Kandungan Air	% wt	0,1 (Max)	0,06

Tabel 5. Perbandingan Teknologi Proses Reforming

Parameter	SMR	POx	ATR
Feed	Steam	Oksigen	Steam dan Oksigen
Reaksi	Endotermis	Eksotermis	Eksotermis
Tekanan operasi	20-40 bar	30-80 bar	30-50 bar
Temperatur operasi	800-1000°C	800-1500°C	927-1127°C
S module	3,0-6,0	1,0-1,5	1,0
H <sub>2</sub> /CO	2,8-3	1,6-2	1,6-2,5



Gambar 1. Blok Diagram Proses Produksi Metanol.

Alam sebagai bahan baku pembuatan metanol tertera pada Tabel 3.

Bahan baku gas alam akan diproses menjadi metanol dengan memenuhi standar *methanol grade AA* yang memiliki spesifikasi tertera pada Tabel 4.

Pemilihan lokasi dapat memiliki pengaruh yang besar dalam pembangunan suatu industri. Beberapa pertimbangan perlu dilakukan dari beberapa parameter. Salah satu yang paling penting, pabrik harus berlokasi dimana biaya untuk produksi dan distribusi memiliki jumlah yang minimum. Berapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik, yaitu Ketersediaan bahan baku, ketersediaan pasar, pasokan energi, iklim, fasilitas transportasi, ketersediaan air, ketersediaan tenaga kerja, legalitas suatu daerah, dan lain-lain [2]. Berdasarkan parameter tersebut didapatkan bahwa lokasi Teluk Bintuni merupakan lokasi paling strategis untuk dibangunnya pabrik Metanol dari Gas Alam.

## II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

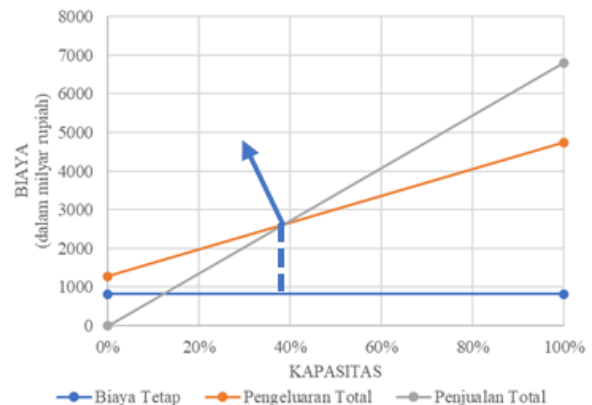
Saat ini, proses produksi metanol yang umum digunakan adalah melalui proses sintesis tidak langsung dengan bahan baku utamanya adalah gas alam. Secara garis besar, proses produksi industri metanol dari gas alam ini terbagi menjadi tiga tahapan utama yaitu produksi *syngas*, konversi *syngas* menjadi metanol (sintesis metanol), dan distilasi hasil keluaran dari reaktor metanol atau purifikasi produk metanolnya [3].

### A. Reformer

*Syngas* merupakan campuran gas yang terdiri dari H<sub>2</sub>, CO dan CO<sub>2</sub> dengan komposisi tertentu yang umumnya diproduksi oleh melalui proses reformasi gas alam atau bahan

Tabel 6. Perbandingan Teknologi Reaktor Sintesis Metanol

Parameter	Toyo	Lurgi	MGC/MHI
Tekanan (bar)	80-100	50-100	55-100
Temperatur (°C)	240-280	230-265	190-270
Tipe Reaktor	Adiabatis	Isotermal	Isotermal
Aliran	Radial	Aksial	Aksial
Jumlah Stage	1	1-2	1
Lokasi katalis	Shell-side	Tube-side	Double pipe
Pemasangan Katalis	Mudah	Sulit	Sulit
Pendinginan	Air (bagian tube)	Air (bagian shell)	Air (bagian shell)
Konversi per pass (%)	60	Single : 36 Double : 80	55-67
Yield metanol (% mol)	10	Single : 6-7 Double : 11	10-15
Kapasitas Produksi	5000 ton/hari	Single : 1500-2200 ton/hari Double : 5000-10000 ton/hari	5000 ton/hari
Katalis	Cu/ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu/ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu/ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>



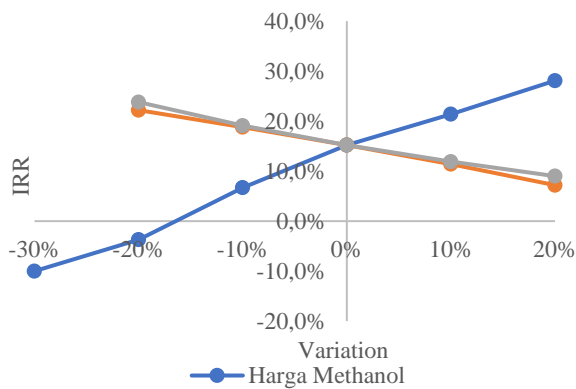
Gambar 2. Grafik Break Even Point.

berbasis karbon lainnya seperti minyak bumi, batubara, kokas minyak bumi, minyak berat, aspal atau biogas. Saat ini bahan baku *syngas* dari metana masih lebih disukai karena dengan teknologi produksi *syngas* yang sesuai didapatkan konsumsi energi, investasi modal (CAPEX) dan biaya operasi (OPEX) yang lebih rendah dari bahan baku lainnya. Selain itu, konsentrasi pengotor (seperti sulfur dan senyawa atau logam terhalogenasi) yang dihasilkan juga lebih rendah sehingga mengurangi masalah keracunan katalis [3].

Ada beberapa metode reformasi yang dapat dipilih untuk produksi *syngas* dari gas alam. Setiap opsi metode proses menawarkan komposisi rasio *syngas* yang berbeda yang dikarakterisasi oleh bilangan S sebagai berikut [4].

$$S = \frac{\text{mol H}_2 - \text{mol CO}_2}{\text{mol CO}_2 + \text{mol CO}} \quad (1)$$

Beberapa teknologi *reforming* yang telah dikembangkan antara lain *basic processes* meliputi *steam methane reforming*, *non-catalytic* and *catalytic partial oxidation*, *dry methane reforming* serta *combined and advanced processes* meliputi *autothermal reforming* dan *methane tri-reforming*. Dari beberapa proses tersebut, produksi *syngas* dengan *dry methane reforming* dan *methane tri-reforming* memiliki potensi yang menjanjikan terkait pengurangan emisi CO<sub>2</sub>. Namun, konsep produksi *syngas* kedua proses tersebut masih belum banyak dilaporkan untuk skala komersial terlebih lagi



Gambar 3. Grafik Sensitivitas IRR.

untuk industri metanol. Perbandingan teknologi proses reforming tertera pada Tabel 5.

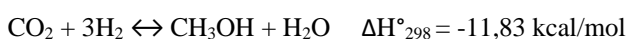
Produksi metanol dengan *syngas* yang memiliki nilai *S* sama atau sedikit lebih besar dari 2 menunjukkan keoptimalan untuk sebagian besar katalis komersial. Nilai *S* yang lebih besar dari 2 menunjukkan kelebihan hidrogen pada *syngas* sebagai *feed* sintesis metanol sedangkan nilai yang lebih rendah dari 2 menunjukkan *syngas* kekurangan hidrogen atau kelebihan karbon [4]. Dengan nilai *S* ketiga teknologi proses *reforming* pada Tabel 5, kombinasi teknologi reformasi yang berbeda berpotensi meningkatkan konversi dan juga efisiensi sistem secara keseluruhan.

Teknologi POx memiliki kelemahan dalam hal integrasi panas dan membutuhkan unit pemisahan udara yang besar untuk suplai oksigen. Teknologi SMR merupakan teknologi *reforming* paling umum di industry namun menghasilkan metanol dalam jumlah yang relatif kecil karena komposisi *syngas* yang kelebihan hidrogen. Sedangkan *syngas* yang dihasilkan ATR, hasil metanol dapat bervariasi tergantung pada operasi reformer [8].

Dari beberapa pertimbangan tersebut maka dalam proses produksi *syngas* pada pabrik metanol ini digunakan *reforming* dua tahap yaitu proses SMR dan dilanjutkan dengan proses ATR. Proses dua tahap reformasi ini didasarkan pada konversi metana yang masih kurang optimal yang terjadi dalam proses SMR dan upaya untuk mengurangi beban kerja dari SMR. Selain itu, dengan jumlah hidrogen berlebih dan aliran massa yang besar akan mengakibatkan nilai CAPEX yang besar untuk komponen di unit selanjutnya. Sehingga setelah *reformer* primer (SMR) akan dipasang unit *reformer* sekunder yaitu ATR. Dengan konfigurasi ini akan memberikan konversi metana yang maksimal dengan menyesuaikan rasio H<sub>2</sub>/CO-nya sehingga menghasilkan rasio *S* yang mendekati 2, sekaligus mengurangi beban energi SMR.

### B. Reaktor Metanol

Metanol biasanya disintesis dalam fase gas berkatalis heterogen dari gas yang mengandung kombinasi hidrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida. Sintesis metanol terjadi secara eksotermis menurut reaksi kimia berikut :



Kelebihan hidrogen bereaksi dengan karbon dioksida untuk menghasilkan CO dan CH<sub>3</sub>OH pada reaksi lebih lanjut:



Dengan reaksi yang berlangsung eksotermis (pengurangan mol karena reaksi berlangsung ke kanan), maka sintesis metanol lebih disukai beroperasi pada tekanan yang tinggi dan suhu yang rendah [5].

Saat ini terdapat dua jenis reaktor yang digunakan dalam sintesis metanol yaitu reaktor adiabatik dan isotermal. Penggunaan kedua reaktor tersebut berbeda sesuai dengan kondisi kerja. Sistem reaktor adiabatik umumnya terdiri dari serangkaian *fixed bed reactor* dengan penghilangan panas yang dioperasikan di hilir setiap reaktor. Reaktor jenis ini memiliki karakteristik yaitu biaya instalasi yang rendah dan kapasitas produksi yang tinggi. Namun, karena prosesnya adiabatik, suhu kesetimbangan yang tinggi mengakibatkan konversi yang sangat rendah untuk setiap siklus sehingga memerlukan rasio *recycle* yang tinggi, pengenceran reagen yang tinggi, dan volume katalis yang tinggi.

Reaktor isotermal merupakan reaktor dengan pendinginan kontinu oleh air atau gas. Reaktor ini pada dasarnya merupakan penukar panas, di mana pendinginan dicapai dengan sirkulasi air pada *tube bundle*. Sifat isotermal dari sistem ini memungkinkan diperolehnya konversi yang tinggi dan jumlah katalis yang rendah. Namun, untuk mencapai laju reaksi yang optimal, suhu harus berkisar kurang lebih 240–260°C, dengan rasio *recycle* yang tinggi. Biaya pemasangan pun jauh lebih tinggi daripada sistem adiabatik [6]. Beberapa teknologi reaktor yang digunakan dalam sintesis metanol antara lain *Imperial Chemical Industries (ICI) Reactor*, *Multistage Radial Flow (MRF-Z) Reactor*, *Lurgi*, dan *Mitsubishi Superconverter*. Dibandingkan dengan tiga reaktor lainnya, reaktor ICI dilaporkan memiliki konversi per pass yang relatif kecil yaitu sebesar 28,5% [7]. Data perbandingan teknologi reaktor tertera pada Tabel 6.

Pada unit sintesis methanol ini digunakan spesifikasi reaktor MGC/MHI Superconverter dengan pertimbangan yaitu tekanan dan temperatur operasi yang relatif rendah dan memiliki stabilitas termal dan mekanis yang baik. Selain itu, jumlah *recycle* yang diperlukan juga lebih rendah karena konversi per *pass* yang cukup tinggi yaitu 55-67 % dengan yield metanol pada aliran *outlet* 10-15% mol. Pada skala industri, reaktor MGC/MHI Superconverter sudah banyak digunakan pada pabrik metanol diantaranya di Niigata, Saudi Arabia, Venezuela, Brunei, Trinidad, dan Toba.

### C. Purifikasi Metanol

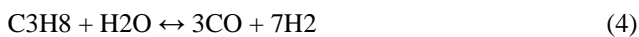
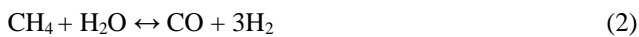
Jumlah *impurities* dan kualitas produk yang diinginkan memengaruhi sistem distilasi yang tepat untuk diterapkan. Dalam sistem satu kolom, fraksi ringan dipisahkan di kolom atas, sementara air dan fraksi yang berat lainnya dipisahkan sebagai produk bawah. Sistem satu kolom ini hanya mampu untuk menghasilkan metanol *fuel grade* atau *grade A*. Alternatif lain untuk mendapatkan produk *Methanol Grade AA* adalah dengan menggunakan pada sistem dua kolom terdiri dari *topping column* (kolom ekstraksi) dan *refining column*. Sistem ini merupakan solusi dalam penghematan biaya untuk pemurnian metanol mentah [8].

### D. Uraian Proses

Proses produksi methanol secara *overall* ditampilkan pada diagram blok di atas. Proses produksi terbagi menjadi tiga unit utama, yaitu Unit pertama merupakan unit *synthetic gas*

yang terdiri dari *steam reformer* dan *autothermal reformer*. Unit kedua merupakan unit sintesis metanol yang terdiri dari *methanol synthesis reactor* sebagai alat utamanya. Unit ketiga merupakan unit pemurnian metanol dengan alat utamanya merupakan kolom distilasi dengan luaran metanol dengan kualitas *Methanol Grade AA*. Proses produksi metanol memiliki diagram yang tertera pada Gambar 1.

Gas alam sejumlah 70 MMSCFD dengan temperatur 25°C yang telah bebas pengotor dialirkan ke kompresor G-111 untuk menaikkan tekanannya dari 15 bar menjadi 50 bar sesuai dengan operasi tekanan *steam reformer*. Gas alam kemudian dipanaskan hingga temperatur 300°C dengan media pemanas aliran *syngas* dari ATR. Gas alam kemudian digabung dengan aliran *steam* yang bertemperatur 265,1°C dan dipanaskan kembali pada area konvektif *steam reformer* hingga mencapai temperatur 650°C. Selanjutnya campuran gas alam dan *steam* dialirkan menuju *steam reformer* yang menggunakan katalis berbasis nikel (Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Proses dalam *steam reformer* berlangsung pada tekanan 50 bar dan temperatur *outlet*-nya adalah 900°C. Reaksi pembentukan *syngas* yang berlangsung di *steam reforming* adalah sebagai berikut.



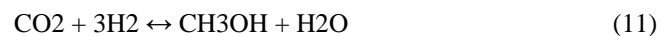
Gas yang keluar dari *steam reformer* selanjutnya dialirkan menuju *autothermal reformer* untuk lebih lanjut mengonversi metana yang masih bersisa menjadi *syngas* melalui reaksi *steam reforming* dan *partial oxidation*. Pada *reformer* ini digunakan katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan oksigen ditambahkan sebagai *feed* dengan reaksi yang berlangsung secara eksotermis sebagai berikut.



Produk *syngas* yang keluar dari ATR dengan temperatur 1104°C dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan gas alam pada *heat exchanger* E-112 dan selanjutnya untuk memanaskan *feed* oksigen sebelum masuk ke *autothermal reformer* pada *heat exchanger* E-122. *Syngas* kemudian digunakan sebagai media pemanas untuk membuat *steam* pada utilitas. Kemudian *syngas* diturunkan tekanannya pada *expander* menjadi 15 bar dan didinginkan menggunakan *cooling water* hingga suhunya mencapai 30°C untuk memisahkan H<sub>2</sub>O yang terkandung dalam *syngas* di dalam *separator* F-125. Penghilangan sebagian besar H<sub>2</sub>O ini bertujuan untuk menjaga reaksi sintesis metanol tidak bergeser ke kiri sehingga konversi metanol dapat berlangsung optimal.

Aliran *syngas* yang keluar dari *separator* kemudian digabungkan dengan aliran *recycle* dari reaktor metanol dan

dikompresi hingga tekanan 80 bar dengan menggunakan kompresor dua tahap. Selanjutnya aliran ini didinginkan dengan *cooling water* hingga temperatur 230°C kemudian masuk ke dalam reaktor sintesis metanol. Reaktor yang digunakan berupa reaktor isothermal dengan model *double pipe* pada bagian aliran *syngas* dan bagian *shell* yang mengalir aliran *boiler feed water* untuk menjaga temperatur reaktor tetap stabil sekaligus untuk produksi *steam*. Reaktor ini menggunakan katalis berbasis tembaga (Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang dimuat di antara *inner pipe* dan dengan reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut.



Selanjutnya hasil reaksi kemudian diturunkan tekanannya menjadi 30 bar dan didinginkan temperaturnya menjadi 35°C. Dalam keadaan ini sebagian besar metanol telah terkondensasikan. Selanjutnya aliran ini dialirkan menuju proses pemurnian produk metanol dengan menggunakan dua kolom distilasi.

*Crude Methanol* masuk distilasi kolom pertama untuk dipisahkan fraksi ringan (seperti *syngas*, sedikit metana, dan nitrogen) sebagai produk atas kolom, sedangkan campuran metanol dan air sebagai produk bawah kolom. Pada kolom ini digunakan kondensor dengan tekanan 14 bar dan *reboiler* dengan tekanan 15 bar. Produk atas kolom yang keluar dari kondensor kemudian menuju *reflux drum*. Fraksi ringan berupa vapor keluar *reflux drum* kemudian digunakan sebagai pendingin pada *heat exchanger* E-123. Sebagian besar aliran ini dialirkan sebagai *recycle* dan sebagian kecil lainnya dialirkan menuju *steam reformer* sebagai *purge gas* dengan rasionya terhadap aliran *recycle* adalah 1:4. Produk atas yang terkondensasikan dikembalikan lagi menuju kolom distilasi sebagai aliran *reflux*.

Aliran liquid keluaran *reboiler* yang mengandung metanol dan air kemudian dialirkan menuju kolom distilasi kedua. Pada distilasi kedua ini, digunakan tekanan kondensor yaitu 1,12 bar dan tekanan *reboiler* yaitu 1,8 bar. Distilasi ini digunakan untuk memisahkan produk metanol sebagai produk atas dalam fase *liquid*, sedangkan air keluar sebagai produk bawah kolom. Metanol dengan spesifikasi fraksi berat 99,85% (*dry basis*) yang keluar sebagai *top product* selanjutnya dialirkan menuju *methanol storage*.

### III. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

#### A. Neraca Massa

*Feed* yang digunakan pada pabrik metanol ini adalah gas alam sejumlah 70 MMSCFD atau 62.816 kg/jam dengan kebutuhan *steam* dan oksigen sebagai reaktan berturut-turut adalah 63.680 kg/jam dan 1600 kmol/jam atau 28.800 kg/jam. Berdasarkan perhitungan dengan kapasitas *feed* tersebut, didapatkan produk *Methanol Grade AA* sebesar 850.000 ton/tahun.

#### B. Neraca Energi

Pada pabrik metanol ini dibutuhkan utilitas bahan bakar *natural gas*, *steam*, air pendingin, dan listrik. *Natural gas* dibutuhkan sebagai bahan bakar untuk SMR dengan energi yang dibutuhkan adalah sebesar 540.015.035 kJ/jam. *Steam*

digunakan sebagai pemanas pada *reboiler* kedua distilasi dengan energi yang dibutuhkan adalah sebesar 257.264.241 kJ/jam. Air pendingin digunakan sebagai pendingin pada unit penukar panas dan *methanol reactor* dengan energi yang dipertukarkan adalah sebesar 1.194.932.572 kJ/jam. Listrik digunakan untuk menyuplai daya untuk unit kompresor dan pompa dengan daya yang dibutuhkan sebesar 58.655 kW.

#### IV. ANALISA EKONOMI

Analisa Ekonomi dilakukan untuk mempertimbangkan suatu lokasi yang akan didirikan. Berikut ini merupakan Analisis ekonomi Pada Pra-Desain Pabrik Metanol dari Gas Alam dan penilaian investasi dengan juga mempertimbangkan aspek sosial dan lingkungan.

##### A. Asumsi-asumsi

Analisa Ekonomi dilakukan dengan menggunakan metode *discounted cash flow*. Yaitu *cashflow* yang nilainya diproyeksikan dengan nilai *cashflow* saat ini. Asumsi yang digunakan pada evaluasi ini adalah sebagai berikut.

1. Modal yang digunakan adalah modal sendiri sebesar 20% dan modal dari pinjaman bank sebesar 80%.
2. Bunga bank peminjaman yang digunakan sebesar 4,75 %.
3. Laju inflasi yang diasumsikan terjadi di Indonesia adalah sebesar 3%.
4. Pembangunan pabrik dilakukan selama dua tahun dengan tahun pertama menggunakan 50% dari total modal sendiri dan 50% dari total modal pinjaman.
5. Pengembalian pinjaman dilakukan dengan kurun waktu 10 tahun.
6. Berdasarkan pertimbangan bahan baku dan prospek pasar dari metanol, umur pabrik diperkirakan selama 15 tahun.
7. Kapasitas produksi dari pabrik metanol pada tahun pertama sebesar 100%.
8. Pajak pendapatan yang digunakan sebesar 30%.

##### B. CAPEX dan OPEX

*Capital Expenditures* (CAPEX) merupakan biaya yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk digunakan dalam pembangunan awal pabrik, sedangkan *Operating Expenses* (OPEX) adalah pengeluaran yang dilakukan oleh perusahaan untuk menjalankan operasional perusahaan pada interval waktu tertentu.

##### 1) *Capital Expenditures* (CAPEX)

Pada perhitungan ini, CAPEX memiliki nilai yang sama dengan *Fixed Capital Investment* (FCI) yang didapatkan dengan perhitungan aset-aset utama yang dimiliki oleh perusahaan. Besar CAPEX pabrik metanol dari gas alam ini adalah sebesar Rp 5.965.780.276.477.

##### 2) *Operating Expenses* (OPEX)

Pada perhitungan OPEX nilainya sama dengan nilai dari *Total Production Cost* yang meliputi *Direct Production Cost*, *Fixed Cost*, *Plant Overhead Cost*, *General Expenses*, dan *Manufacturing Cost*. Nilai OPEX pabrik metanol dari gas alam ini adalah Rp 4.663.728.797.936.

##### C. Faktor Kelayakan Pendirian

Kelayakan pendirian pabrik metanol dari gas alam ini ditinjau dari beberapa faktor yaitu *Net Present Value* (NPV),

*Internal Rate of Return* (IRR), *Pay Out Time* (POT), *Break Even Point* (BEP), dan sensitivitas terhadap IRR.

##### 1) *Net Present Value* (NPV)

NPV adalah analisa yang membandingkan nilai investasi sekarang dengan nilai investasinya di masa yang mendatang. Digunakan *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) untuk menentukan nilai proyeksi *cash flow* pada masa sekarang. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai dari NPV sebesar Rp 5.460.221.976.667 dengan nilai WACC sebesar 5,38%. NPV yang bernilai positif menyatakan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

##### 2) *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR berdasarkan *discounted cash flow* merupakan perhitungan tingkat bunga dengan menyamakan present value dengan present value dari penerimaan kas bersih yang akan datang. Pada perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai *i* (*discounted factor*) sebesar 15,2 % yang mana angka tersebut lebih besar dari bunga bank sebesar 4,75%. Hal ini mengindikasikan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

##### 3) *Pay Out Time* (POT)

*Pay Out Time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal suatu pabrik. Dalam hal ini adalah arus kas masuk terakumulasi telah melebihi CAPEX. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan waktu pengembalian modal yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik ini, yaitu 5 tahun 5 bulan. Waktu pengembalian tersebut masih kurang dari setengah umur pabrik sehingga pabrik layak untuk didirikan.

##### 4) *Break Even Point* (BEP)

Perhitungan *Break Even Point* dilakukan untuk mengetahui kapasitas produksi pabrik dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai BEP sebesar 38,26% atau jumlah produksi sebesar 325.221,43 ton/tahun. Grafik BEP tertera pada Gambar 2.

##### 5) *Sensitivitas terhadap IRR*

Sensitivitas terhadap IRR digunakan untuk menganalisis perubahan-perubahan yang terjadi, misalnya perubahan harga bahan baku, harga produk, dan biaya pendirian pabrik. Berdasarkan grafik pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa perubahan biaya penjualan, bahan baku, dan pendirian pabrik berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan IRR.

#### V. KESIMPULAN

Analisa ekonomi dilakukan untuk mempertimbangkan mengenai kelayakan suatu pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan analisis ekonomi untuk memproduksi Metanol dari gas alam dengan kapasitas 850.000 ton/tahun, diperlukan biaya *Capital Expenditures* (CAPEX) yang digunakan dalam pembangunan pabrik dan berguna dalam jangka panjang sebesar Rp 5.965.780.276.477. Selain itu, diperlukan biaya *Operating Expenses* (OPEX) yang merupakan pengeluaran untuk operasional perusahaan, didapatkan nilai sebesar Rp 4.663.728.797.936. Proporsional pendanaan didapatkan dengan 20% dari modal sendiri dan 80% dari modal pinjaman dengan kurun waktu pinjaman selama 10 tahun. Harga penjualan metanol sebesar USD 550/ton. Estimasi umur pabrik ditentukan selama 15 tahun, dapat diketahui *Internal*

*Rate of Return (IRR)* sebesar 15,2%, *Pay Out Time (POT)* selama 5 tahun 5 bulan, dan *Break Even Point (BEP)* sebesar 38,26 % pada suku bunga bank sebesar 4,75% dan laju inflasi sebesar 3%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Pupuk Kaltim, *Laporan Tahunan 2020*. Bontang: PT. Pupuk Kalimantan Timur, 2020.
- [2] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, and R. E. West, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New Jersey: McGraw-Hill, 2003.
- [3] G. Bozzano and F. Manenti, "Efficient methanol synthesis: perspectives, technologies and optimization strategies," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 56, pp. 71--105, 2016.
- [4] L. G. Hernandez-Perez, A. S. Alsuhaibani, N. Radwan, and M. M. El-Halwagi, "Structural and operating optimization of the methanol process using a metaheuristic technique," *ACS Sustain.*, vol. 8, no. 8, pp. 3135--3150, 2020.
- [5] W. Cheng, *Methanol Production and Use Chemical Industries*. London: Crc Press, 1994.
- [6] F. Dalena, A. Senatore, A. Marino, A. Gordano, and M. Basile, "Methanol production and applications : an overview," *Methanol*, pp. 3--28, 2018.
- [7] H. Ben Amor and V. Halloin, "Methanol synthesis in a multifunctional reactor," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 54, no. 10, pp. 1419--1423, 1999.
- [8] T. Blumberg, "Comparative Evaluation of Methanol Production Processes Using Natural Gas," Technische: Universität Berlin, 2018.