

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi yang disertai dengan adanya kemajuan sektor industri, menuntut semua negara kearah industrialisasi. Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan di segala bidang. Sampai saat ini pembangunan sektor industri mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sektor industri kimia serta subsektor petrokimia, yaitu industri metanol, yang menempati peranan penting dalam industri hulu maupun hilir.

Adanya ketergantungan impor luar negeri masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Sehingga Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk industri kimia dari luar negeri. Untuk mengurangi ketergantungan impor tersebut perlu adanya inovasi, sehingga dapat menurunkan devisa negara. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan pendirian pabrik tersebut diharapkan dapat membuka kesempatan untuk alih teknologi, membuka lapangan kerja baru, menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk dari pabrik tersebut.

Ditinjau dari pertimbangan kegunaan, konsumsi dan ketersediaan bahan baku metanol maka dapat dikatakan bahwa industri metanol mempunyai prospek yang bagus di masa depan. Selain itu dengan berdirinya pabrik metanol yang baru di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Pendirian pabrik metanol merupakan hal yang sangat menjanjikan, hal ini dapat dilihat dari beberapa keuntungan yang didapatkan seperti : kebutuhan metanol yang sangat besar, sebab saat ini industri metanol di Indonesia hanya ada satu yaitu PT KMI (*Kaltim Methanol Industri*), harga produk yang menarik, harga bahan baku yang murah.

Atas pertimbangan tersebut, pembuatan pabrik metanol dengan bahan baku  $\text{CH}_4$  dan  $\text{O}_2$  merupakan langkah yang strategis dan menarik untuk dikaji lebih

lanjut. Selain dari sisi keuntungan yang menjanjikan, pembangunan pabrik metanol juga memiliki manfaat. Adapun manfaat dari produk metanol adalah sebagai berikut:

1. Metanol digunakan sebagai campuran utama untuk bahan bakar model radio kontrol, jalur kontrol, dan pesawat model.
2. Merupakan bahan baku dari produk dimetil eter, asam asetat dan lainnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Metanol merupakan bahan kimia dasar yang memiliki senyawa turunan yang digunakan sebagai bahan baku dari industri kimia lainnya seperti asam asetat sebagai salah satu bahan baku *polyethylene terephthalate* (PET), formaldehid sebagai bahan baku resin, dan *methylamines* sebagai bahan dasar petisida, surfaktan, dan detergen. Selain itu metanol juga digunakan dalam bahan bahan bakar, seperti sebagai bahan campuran langsung dengan bahan bakar cair, atau melalui pemrosesan menjadi olefin, *dimethyl eter* (DME), atau biodiesel. Kebutuhan metanol di Indonesia sangat bergantung pada impor dikarenakan di Indonesia hanya terdapat satu pabrik yang memproduksi metanol. Oleh karena itu diperlukan perencanaan pendirian pabrik metanol sehingga dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik metanol dari bahan baku metana dan oksigen.

## **1.3 Tujuan Perancangan**

Tujuan perancangan pabrik pembuatan metanol ini adalah menerapkan ilmu disiplin teknik kimia khususnya di bidang perancangan, proses, dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pendirian suatu pabrik metanol dari metana dan oksigen dengan proses oksidasi parsial secara langsung. Serta diharapkan dengan mendirikan pabrik metanol di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan metanol sehingga dapat mengurangi impor metanol dari luar negeri yang selama ini kebutuhan tersebut untuk memenuhinya pemerintah harus mendatangkan dari luar negeri seperti Jepang, Taiwan, Hongkong, Korea, China, Thailand, Singapura, Saudi Arabia dan Amerika Serikat.

#### 1.4 Manfaat

Pabrik pembuatan metanol dari metana dan oksigen bermanfaat sebagai informasi awal bagi para investor dalam pendirian pabrik metanol. Di samping itu juga untuk memanfaatkan sumber daya alam dan memberikan nilai ekonomis pada bahan baku agar menjadi produk yang lebih bermanfaat. Manfaat lain yang ingin dicapai dengan didirikannya pabrik ini adalah akan terbukanya lapangan pekerjaan dan memacu masyarakat untuk meningkatkan produksi dalam negeri dan akhirnya meningkatkan kesejahteraan.

#### 1.5 Batasan Masalah

Pembangunan rancangan pabrik metanol ini, dibatasi dengan bahan baku utama yaitu  $\text{CH}_4$  dan  $\text{O}_2$  menggunakan metode oksidasi parsial secara langsung. Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan *software Aspen Hysys*.

#### 1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi tingkat perhitungan teknik dan nilai keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik. Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut.

Saat ini produksi beberapa industri Indonesia menghasilkan produk metanol menggunakan teknologiurgi dengan kapasitas yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

**Tabel 1.1** Produksi Metanol di Indonesia

No	Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Kaltim <i>Methanol</i> Industri	660.000

**Sumber:** (Kaltim *Methanol* Industri, 2025)

PT. Kaltim *Methanol* Industri memproduksi metanol dengan kapasitas 660.000 ton/tahun, proses yang digunakan adalah proses lurgi. Produk PT. Kaltim Metanol Industri telah dipasarkan diberbagai tempat baik didalam negeri, maupun luar negeri sekitar 90% produk didistribusikan didalam negeri dan sisanya dipasarkan dan diekspor di luar negeri. Selain itu ada beberapa pabrik yang

memproduksi metanol yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu Bio MCN (Belanda). Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat kita lihat pada Tabel 1.2

**Tabel 1.2** Produksi Metanol di Berbagai Negara

No	Pabrik	Kapasitas (Ton/tahun)
1.	Bio MCN (Belanda)	1.000.000
2.	BASF (German)	480.000
3.	PT Kaltim Metanol Industry (INDONESIA)	660.000
4.	Air Product Pensacolla (USA)	180.000

**Sumber:** (*Methanol Institute*, 2025).

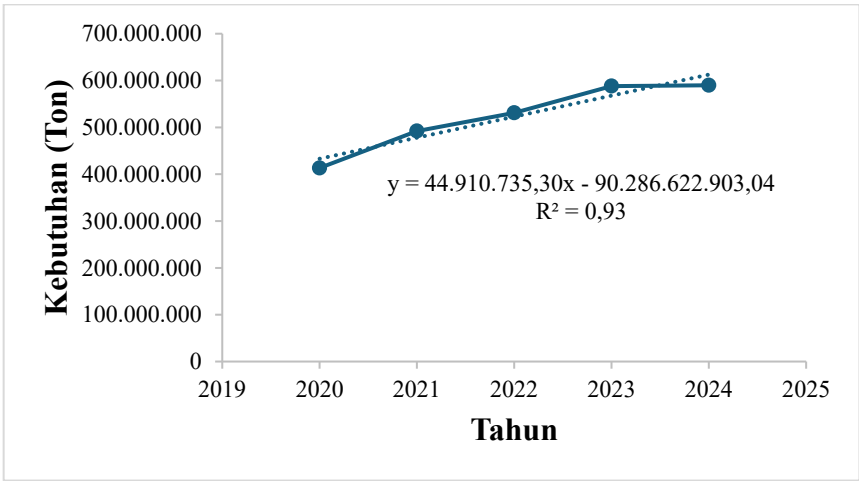
Kebutuhan impor metanol pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut :

**Tabel 1.3** Data Impor Metanol di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
1	2020	413.348,782
2	2021	492.067,944
3	2022	513.017,317
4	2023	588.097,789
5	2024	589.887,536

**Sumber :**(Badan Pusat Statistika, 2024)

Berdasarkan Tabel 1.3 diatas, jika ditampilkan melalui grafik data impor metanol tahun 2020 - 2024 di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut:



**Gambar 1.1** Grafik Data Impor Metanol di Indonesia

Dari Grafik 1.1 disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan metanol mengalami kenaikan tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan metanol pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku akan metanol. Untuk menghitung kebutuhan akan metanol pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan metanol dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a (x) + b.....(1.1)$$

dimana :

y = jumlah kebutuhan

x = tahun

a = 44.910.735,30

b = 90.286.622.903,04

maka kebutuhan metanol tahun 2034 dapat dihitung dan diperoleh hasil perhitungan ekstrapolasi kebutuhan metanol pada tahun 2034 yaitu:

$$y = 44.910.735,30 (x) - 90.286.622.903,04$$

$$y = 44.910.735,30 (2034) - 90.286.622.903,04$$

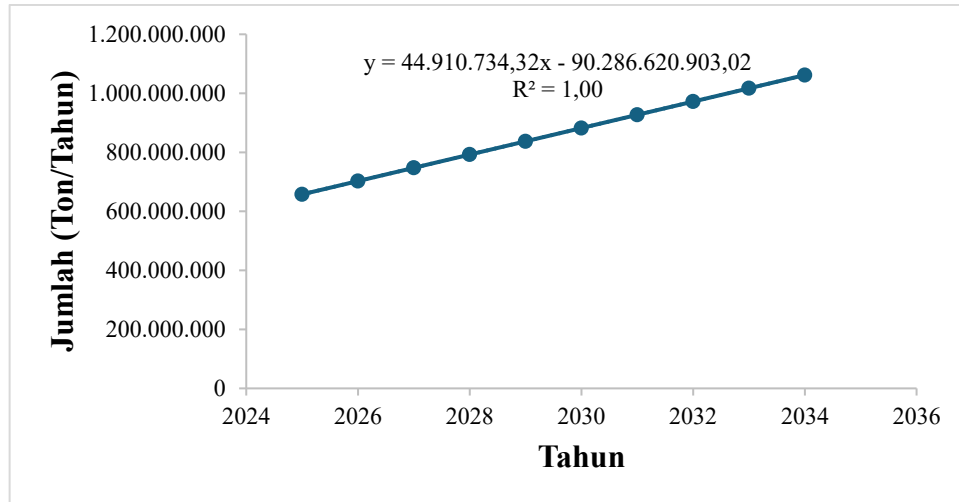
$$y = 1.061.812.697,16 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan metanol di Indonesia pada tahun 2034 adalah sebesar 400.000 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut:

**Tabel 1.4** Data Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
1	2025	657.616.079
2	2026	702.526.814
3	2027	747.437.550
4	2028	792.348.285
5	2029	837.259.020
6	2030	882.169.755
7	2031	927.080.491
8	2032	971.991.226
9	2033	1.016.901.961
10	2034	1.061.812.697

Grafik data kebutuhan metanol di Indonesia dari tahun 2025 – 2034 dapat dilihat pada Gambar 1.2



**Gambar 1.2** Grafik Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Metanol

Berdasarkan tabel 1.4 diatas dapat dilihat bahwa permintaan metanol semakin meningkat. Kebutuhan pada tahun 2034 dapat diperkirakan dengan cara ekstrapolasi hasilnya 1.061.812.697 Ton/Tahun. Kapasitas produksi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi} &= \text{Data Kebutuhan Produksi} - \text{kapasitas dalam negeri} \\
 &= 1.061.812,697 - 594.000 \\
 &= 467.812,697 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, metanol yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri.

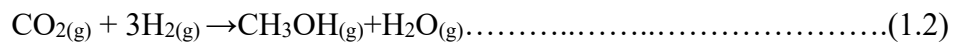
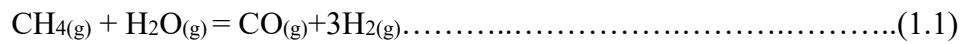
## 1.7 Pemilihan Proses

Proses pembuatan metanol ada beberapa jenis, yaitu dapat diuraikan sebagai berikut ini:

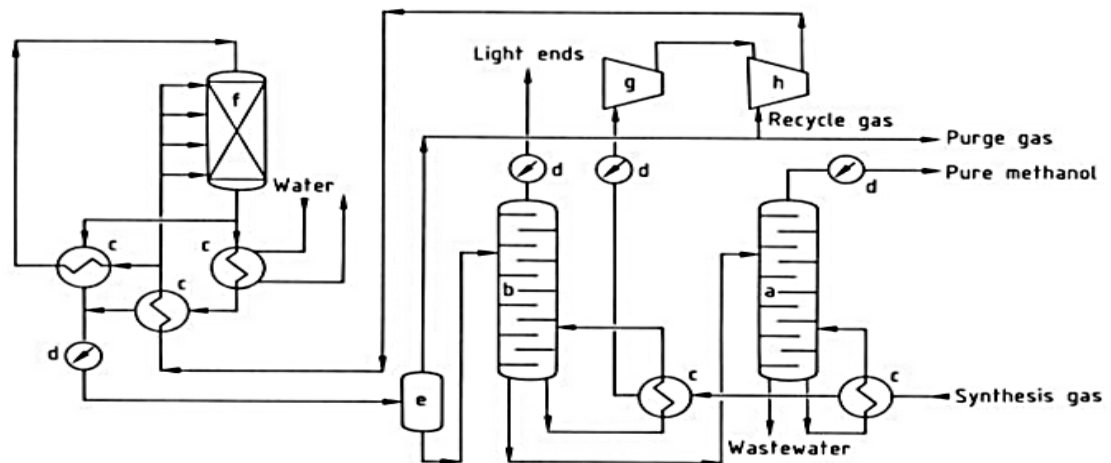
### 1.7.1 Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah dan Sedang – *Mitsubishi Gas Chemical (MGC)*

Pada proses sintesis metanol dengan teknologi MGC, sintesis metanol masih menggunakan katalis berbasis tembaga (Cu) dengan kondisi operasi reaktor pada kisaran suhu 200–280°C dan kisaran tekanan 50 – 150 atm dengan besar

konversi 36,6%. Pada awalnya perusahaan Jepang ini menggunakan tekanan 150 atm, namun kemudian dikembangkan untuk tekanan kurang dari 100 atm. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Proses MGC menggunakan reaktor dengan *double-walled tubes* dimana pada bagian anulus diisi dengan katalis. *Syngas* mengalir melalui pipa bagian dalam sedangkan pipa bagian luar dialiri oleh air pendingin (Ullmann, 2005). Proses MGC menggunakan hidrokarbon sebagai umpan. Umpan dihilangkan kandungan sulfurnya sebelum masuk ke *steam reformer* yang beroperasi pada 500°C. Arus keluar dari *steam reformer* bersuhu 800 – 850°C dan mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, dan hidrogen. Selanjutnya *syngas* yang dihasilkan dinaikkan tekanannya dengan kompresor sentrifugal dan dicampur dengan arus *recycle* sebelum diumpankan ke dalam reaktor (Lee, 1990). *Flowsheet* dasar proses *mitsubishi gas chemical* dapat dilihat pada Gambar 1.3 berikut.



**Gambar 1.3** Flowsheet *Mitsubishi Gas Chemical*

(Ullman, 2005)

Dengan analisis ekonomi awal pada proses ini adalah:

#### Bahan Baku

Metana  $= 0,016 \text{ kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}780,19/\text{kg}$   
 $= \text{Rp.}12,48$

Karbon dioksida  $= 0,04401\text{kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}15.073,87/\text{kg}$

$$= \text{Rp.663,40}$$

### Produk

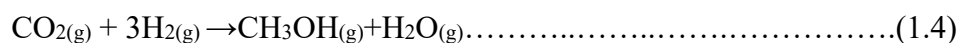
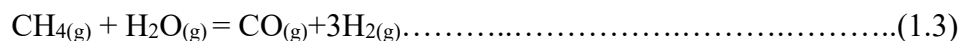
$$\begin{aligned} \text{Methanol} &= 0,032 \text{ kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.40.000} \\ &= \text{Rp.1.280} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Uji Ekonomi awal} &= \text{Produk} - \text{bahan baku} \\ &= \text{Rp. 1.280} - \text{Rp.663,40} \\ &= \text{Rp.616,6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \% \\ &= \frac{616,6}{663,40} \times 100 \% \\ &= 92,945\% \end{aligned}$$

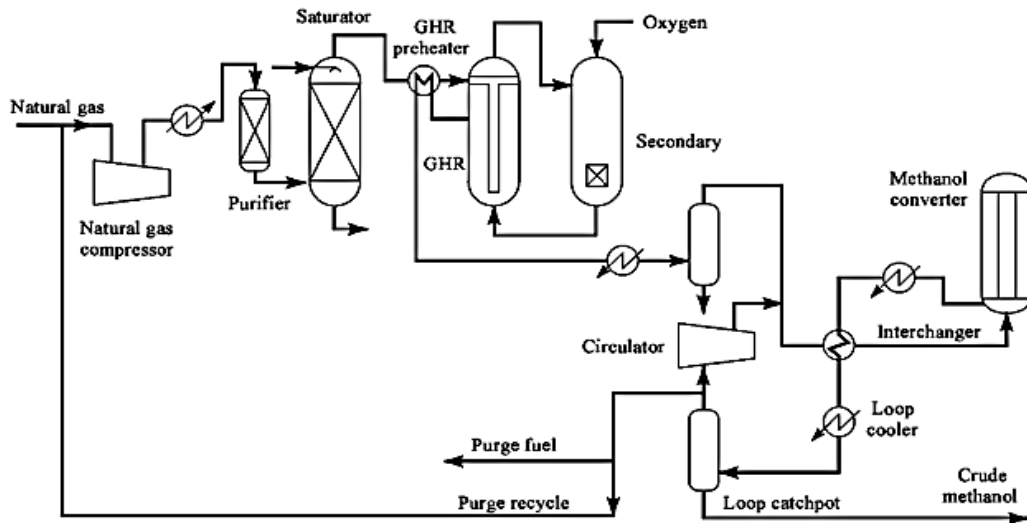
### 1.7.2 CPI Inventa

Pada proses ini *feed* hidrokarbon di desulfurisasi untuk mencegah keracunan katalis sintesa metanol, kemudian sintesa gas diperoleh secara oksidasi parsial tanpa katalis didalam sintesis gas generator yang beroperasi pada temperatur 1371 °C dan tekanan 30 atm. Kandungan CO<sub>2</sub> dalam sintesa gas pada reaktor *Plug Flow Reaktor* ditekan sampai 306-374 atm, temperatur reaksi berlangsung pada 332-379 °C, aliran gas kemudian masuk ke suatu *converter* yang berisi *tube-tube* katalis tembaga (Cu) dimana terjadi reaksi pembentukan metanol dengan konversi 20%. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Panas hasil reaksi pada sintesa gas yang masuk ke *converter* pada bagian luar *tube-tube* katalis. Gas hasil reaksi yang meninggalkan *converter* dimanfaatkan panasnya lewat *heat exchanger*. Selanjutnya gas ini didinginkan dengan *cooling water* dan masuk ke separator. Disini terjadi pemisahan antara fase gas yang tak terkondensasi dengan fase liquid. *Crude* metanol yang diperoleh

selanjutnya dipurifikasi dalam kolom destilasi (Kirk Othmer, 1997). *Flowsheet* dasar proses CPI Inventa dapat dilihat pada Gambar 1.4 berikut:



**Gambar 1.4** *Flowsheet* CPI Inventa

(Kirk Othmer, 1997)

Dengan analisis ekonomi awal pada proses ini adalah:

#### **Bahan Baku**

$$\begin{aligned}\text{Metana} &= 0,016 \text{ kg} \times 1 \text{ kmol} \times \text{Rp.}780,19/\text{kg} \\ &= \text{Rp.}12,48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Karbon dioksida} &= 0,04401 \text{ kg} \times 1 \text{ kmol} \times \text{Rp.}15.073,87/\text{kg} \\ &= \text{Rp.}663,40\end{aligned}$$

#### **Produk**

$$\begin{aligned}\text{Methanol} &= 0,032 \text{ kg/kmol} \times 1 \text{ kmol} \times \text{Rp.}40.000 \\ &= \text{Rp.}1.280\end{aligned}$$

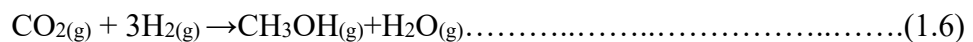
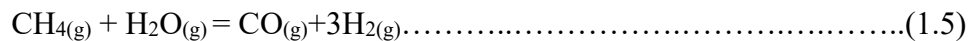
$$\begin{aligned}\text{Uji Ekonomi awal} &= \text{Produk} - \text{bahan baku} \\ &= \text{Rp. } 1.280 - \text{Rp.}663,40 \\ &= \text{Rp.}616,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \% \\ &= \frac{616,6}{663,40} \times 100 \%\end{aligned}$$

$$= 92,945\%$$

### 1.7.3 Lurgi Proses

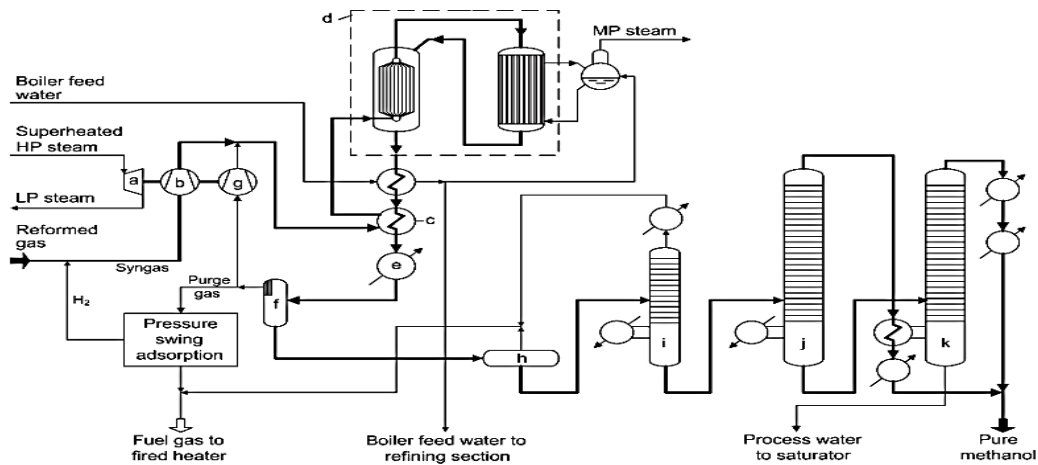
*Feed stock* gas alam terlebih dahulu didesulfurisasi dengan katalis zink oksida. Proses ini berlangsung pada temperatur 38°C. Gas alam yang telah bebas dari sulfur dialirkan ke *primary reformer* dimana pada reformer ini terjadi reaksi antara gas alam dengan *steam* sehingga menghasilkan campuran gas yang terdiri dari H<sub>2</sub>, CO dan CO<sub>2</sub>. Proses ini berlangsung pada temperatur 787-820 °C. gas Keluaran dari *primary reformer* masih mengandung metana sekitar 12,5% masuk ke *secondary reformer* untuk menyempurnakan reaksi reforming yang terjadi di *primary reformer* maka gas direaksikan dengan aliran udara yang mengandung oksigen dan nitrogen yang menghasilkan H<sub>2</sub>, CO dan CO<sub>2</sub>. Reaksi ini menghasilkan temperatur sebesar 1287 °C. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Gas sintesa keluaran dari *secondary reformer* didinginkan sampai temperatur 150 °C dan uap air yang terdapat dalam campuran gas dikondensasi sehingga temperatur campuran gas 21-38 °C. Selanjutnya sebelum gas sintesa dialirkan ke reaktor metanol, terlebih dahulu tekanan gas sintesa dinaikkan sampai 102 atm dari tekanan awal 34 atm dan dilanjutkan dengan pemanasan gas sintesa sampai temperatur 260 °C, kemudian campuran gas sintesa dialirkan ke reaktor *Plug Flow Reaktor* . Pada bagian ini terjadi reaksi antara CO dan H<sub>2</sub> serta CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> sehingga terbentuk metanol. Reaksi terjadi pada temperatur 260°C dan tekanan 102 atm, reaksi yang terjadi adalah eksotermis.

*Crude* metanol kemudian dipisahkan dari campuran gas yang tidak bereaksi dengan alat separator, dimana *crude* metanol ini terlebih dahulu didinginkan sampai temperatur 38 °C. Setelah terpisah, gas yang tidak bereaksi sebagian besar di *recycle* kembali ke feed untuk masuk ke reaktor dan sebagian lagi dibuang untuk mengontrol proses. Selanjutnya *crude* metanol ini didestilasi. (Kirk Othmer, 1997).

Flowsheet dasar prosesurgi dapat dilihat pada Gambar 1.5 berikut.



**Gambar 1.5** Flowsheet Lurgi Proses

(Ullman, 2005)

Dengan analisis ekonomi awal pada proses ini adalah:

### Bahan Baku

$$\begin{aligned}\text{Metana} &= 0,016 \text{ kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}780,19/\text{kg} \\ &= \text{Rp.}12,48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Karbon dioksida} &= 0,04401\text{kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}15.073,87/\text{kg} \\ &= \text{Rp.}663,40\end{aligned}$$

### Produk

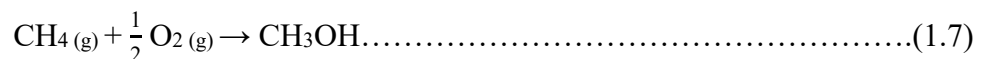
$$\begin{aligned}\text{Methanol} &= 0,032 \text{ kg/kmol} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}40.000 \\ &= \text{Rp.}1.280\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Ekonomi awal} &= \text{Produk} - \text{bahan baku} \\ &= \text{Rp. } 1.280 - \text{Rp.}663,40 \\ &= \text{Rp.}616,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \% \\ &= \frac{616,6}{663,40} \times 100 \% \\ &= 92,945\%\end{aligned}$$

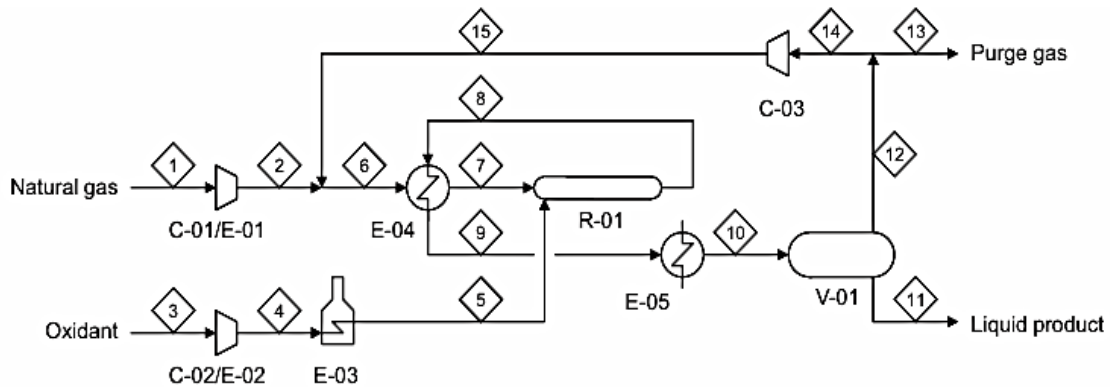
#### 1.7.4 Proses Oksidasi Parsial

Metanol juga dapat diproduksi melalui oksidasi parsial langsung metana menjadi metanol. Jika hidrokarbon yang lebih berat hadir seperti ini etana dan propana, reaksi akan berlangsung lebih mudah karena hidrokarbon yang berat akan lebih mudah dioksidasi. Selektif metana menjadi metanol dengan oksigen molekuler bersifat eksotermik. Pada proses oksidasi parsial metana secara langsung dalam fase gas menjadi metanol beroperasi pada tekanan tinggi 20 – 100 bar dan suhu berkisar antara 370 - 450°C telah dikenal selama lebih dari satu abad, dengan upaya eksperimen yang signifikan selama tahun 1980-an dan 1990-an, biasanya dengan oksigen 2-10 *volt* dan waktu tinggal beberapa detik dalam reaktor dengan menghasilkan 90% selektivitas metanol dan 15 % konversi metana tanpa adanya katalis. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Dengan menggunakan katalis heterogen pada tekanan sekitar 180 bar dengan gas alam dan O<sub>2</sub> dalam kisaran 4,1-12,0%. Katalis heterogen yang umum digunakan seperti CuMoO<sub>3</sub> (Tembaga Molibdenum Oksida), vanadium dan CuO (tembaga Oksida), dari ketiga jenis katalis tersebut katalis CuO memiliki harga yang lebih ekonomis dan memungkinkan tidak terbentuknya produk samping selain itu katalis CuO juga merupakan katalis yang efektif untuk meningkatkan hasil metanol. CuO terbentuk pada permukaan katalis tembaga, dan dipostulatkan bahwa oksigen dari CuO merupakan spesies pengoksidasi aktif untuk metana. Jejak sulfur dalam aliran reaksi secara signifikan menonaktifkan katalis tembaga. Keuntungan penggunaan katalis berbahan dasar tembaga pada oksidasi parsial metana menjadi metanol adalah kemampuannya untuk membentuk spesies aktif tanpa menggunakan suhu tinggi pada tahap oksidasi awal biasanya diperlukan untuk katalis besi dan tembaga. Konversi langsung CH<sub>4</sub> menjadi metanol dengan selektivitas tinggi 97% pada reaktor *Plug Flow Reaktor* dicapai dengan zeolit yang mengandung tembaga pada

suhu 200 °C. *Flowsheet* dasar proses oksidasi parsial metana dapat dilihat pada Gambar 1.6 berikut.



**Gambar 1.6** *Flowsheet* Proses Oksidasi Parsial

(Arno, 2015)

## 1.8 Perbandingan Proses

Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing masing proses dapat dilihat pada Table 1.5 sebagai berikut:

**Tabel 1.5** Perbandingan Proses Produksi Metanol

No	Spesifikasi	MGC	CPI Inventa	Lurgi	Oksidasi
1.	Tekanan (Bar)	50-150 atm	305-375 atm	102 atm	20-100 bar
2.	Suhu (°C)	200-280°C	330-380 °C	220-260°C	370-450°C
2.	Reaktor	<i>Double-walled</i>	<i>Plug Flow Reaktor</i>	<i>Plug Flow Reaktor</i>	<i>Plug Flow Reaktor</i>
3.	Katalis	Cu	Cu	ZnO	CuO
4.	Konversi (%)	36,6%	20%	40%	97%
5.	Ekonomi awal	Rp.616,6	Rp.616,6	Rp.616,6	Rp. 800

Berdasarkan beberapa proses tersebut maka dapat dibandingkan dari segi kondisi operasi yang digunakan berhubungan dengan proses pembuatan metanol tersebut, maka dipilih proses oksidasi parsial dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses oksidasi parsial dilakukan pada tekanan dan tekana rendah yaitu 1 atm dan 250° derajat.
2. Suhu proses ini lebih rendah disebabkan karena penggunaan katalis CuO.

3. Kemampuan katalis untuk membentuk spesies aktif tanpa menggunakan suhu tinggi pada tahap oksidasi
4. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi sebesar 97% dibandingkan dengan proses yang lain.
5. Penggunaan katalis CuO pada proses oksidasi mampu meningkatkan konversi produk.
6. Keuntungan tertinggi didapat dari proses oksidasi parsial sekitar Rp 627,52 berdasarkan analisa ekonomi awal.

## 1.9 Uraian Proses

Secara umum, proses pada industri kimia dapat disederhanakan menjadi 3 tahapan penting, secara berurutan yaitu, proses persiapan bahan baku/reaktan, proses sintesis reaktan, proses separasi produk dengan reaktan tersisa. Berikut dijelaskan deskripsi singkat masing – masing tahapan pada proses pembuatan metanol.

### 1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

#### a. Metana ( $\text{CH}_4$ )

Penyediaan bahan baku gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) PT Perusahaan Gas Negara (PGN) yang memiliki jaringan pipa transmisi gas terintegritas yang menghubungkan wilayah Aceh hingga Jawa Timur. Dengan komposisi gas sebagai berikut:

- |     |                              |           |
|-----|------------------------------|-----------|
| 1.  | $\text{CH}_4$                | : 70,74 % |
| 2.  | $\text{C}_2\text{H}_6$       | : 3,11%   |
| 3.  | $\text{C}_3\text{H}_8$       | : 0,98%   |
| 4.  | i- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | : 0,26%   |
| 5.  | n- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | : 0,28%   |
| 6.  | i- $\text{C}_5\text{H}_{12}$ | : 0,16%   |
| 7.  | n- $\text{C}_5\text{H}_{12}$ | : 0,11%   |
| 8.  | $\text{C}_6^+$               | : 0,10%   |
| 9.  | $\text{CO}_2$                | : 23,28%  |
| 10. | $\text{N}_2$                 | : 0,91%   |
| 11. | $\text{H}_2\text{O}$         | : 0,007%  |

Metana yang disuplai dengan suhu 27°C dan tekanan 34 kg/cm<sup>2</sup>g (33,34 bar) diturunkan tekanannya sampai 1 atm kemudian dialirkan ke Knock Drum-102 untuk memisahkan liquid seperti *Heavy Hidro Carbon* (HHC) dan air. Produk atas digunakan sebagai bahan baku reaktor sedangkan produk bawah dialirkan ke burning pit sebagai bahan bakar Boiler.

b. Oksigen

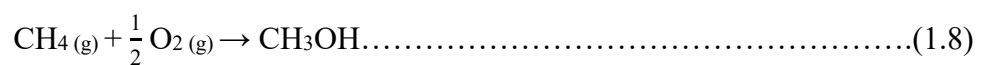
Oksigen murni yang didapat dari PT Pupuk Iskandar Muda dengan suhu 30 °C dan tekanan 10 bar.

### 1.9.2 Tahap Sintesis Produk

Gas metana (CH<sub>4</sub>) dengan tekanan 1 atm di alirkan menuju *knock out drum* (KOD-102) produk atas dialirkan ke menuju *Heat Exchanger* (HE-103) di *Heat Exchanger* (HE-103) suhu nya dinaikkan menjadi 200 °C. Sedangkan produk bawah menuju Boiler sebagai bakar. Menjadi 1 atm untuk kemudian dialirkan menuju *Heat Exchanger* (HE-103) di *Heat Exchanger* (HE-103) suhu nya dinaikkan menjadi 200 °C.

Oksigen (O<sub>2</sub>) dari PT Pupuk Iskandar Muda dengan tekanan 10 bar di turunkan tekanannya menjadi 1 atm menggunakan Valve (VLV-104) yang kemudian dialirkan ke Heater (H-105A) untuk dipanaskan hingga suhu 200°C.

Bahan baku dengan tekanan 1 atm dan suhu 200°C kemudian dialirkan ke Reaktor (R-201). Kedua bahan baku tersebut akan menghasilkan reaksi sebagai berikut:



Proses tersebut berlangsung pada suhu 250°C dan tekanan 1 atm sesuai dengan kondisi operasi dari reaktor dengan katalis CuO. Suhu keluaran reaktor menjadi 700 °C dan tekanan 1 atm, suhu yang dihasilkan mengalami peningkatan dari suhu masuk karena disebabkan reaksi berlangsung secara eksotermis, maka untuk menjaga suhu agar tidak terlalu tinggi maka dialirkan pendingin berupa air yang digunakan sebagai jaket. Hasil reaksi yang merupakan keluar dari reaktor berupa metanol, CH<sub>4</sub>, dan O<sub>2</sub> selanjutnya dialirkan menuju *Heat Exchanger* (HE-101) untuk diturunkan suhu menjadi 563 °C. Setelah suhu diturunkan produk dikompres dengan tekanan 1 atm menggunakan Kompresor (K-202) untuk dialirkan

menuju *Cooler* (CO-203A) untuk diturunkan suhunya menjadi 400 °C. keluaran dari *Cooler* (CO-203A) kemudian dialirkan Kembali ke *Cooler* (CO-203B) untuk diturunkan suhu nya menjadi 30 °C penurunan suhu dilakukan secara bertahap untuk menghindari terjadinya tumbukan di pipa. Untuk mencapai kondisi operasi pada separator keluaran dari *cooler* (CO-203B) dialirkan kembali menuju *cooler* (CO-203C) dengan metode *refrigerant* hingga mencapai suhu -30 °C.

### 1.9.3 Tahap Pemurnian Produk

Keluaran dari *Cooler* (CO-203C) kemudian dialirkan menuju separator (S-301) untuk dipisahkan antara CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, dan CH<sub>3</sub>OH berdasarkan perbedaan fase. Keluaran atas separator berupa O<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> *direcycle* kembali sebagai umpan reactor. Sebagai pengaman sedangkan keluaran bawah berupa metanol yang dapat digunakan sebagai produk utama. Metanol murni kemudian dipompa menggunakan Pompa (P-302) untuk dipanaskan menggunakan Heater (H-303B) hingga mencapai suhu ruang 30°C kemudian siap di alirkan menuju tangki penyimpanan metanol (T-301). Produk atas yang terdiri dari CH<sub>4</sub>, dan O<sub>2</sub> dipanas menggunakan Heater (H-204C) hingga mencapai suhu 200°C ke dengan tambahan valve (VLV-205B).

## 1.10 Tinjauan Termodinamika

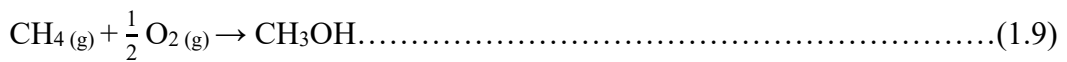
Tinjauan termodinamika berfungsi untuk penentuan sifat reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis. Selain itu tinjauan ini berfungsi untuk mengetahui kebutuhan panas yang nantinya dibutuhkan pada proses reaksi yang terjadi. Secara termodinamika reaksi dapat dilihat dari harga entalpi, energi *gibbs* dan konstanta kesetimbangannya. Diketahui pada temperatur 298 K. Nilai entalpi ditunjukkan pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Harga  $\Delta H^{\circ}_f$  masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f$ (kJ/mol)	$\Delta H^{\circ}_G$ (kJ/mol)
Metana (CH <sub>4</sub> )	-74,4953	-50,8
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0	0
Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	-200,899	-175,4

**Sumber :** (Yaws, 2008)

Reaksi proses oksidasi parsial metana sebagai berikut:



Perhitungan  $\Delta H^\circ$  reaksi:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{298} &= \sum \Delta H^\circ_f(\text{produk}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{reaktan}) \\ &= [-200,899] - [-74,495 + 0] \\ &= -126,403 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Harga  $\Delta H_{f,298K}$  bernilai negatif, maka reaksi pembentukan metanol dari metana dan oksigen adalah reaksi eksotermis. Hal ini dapat dijelaskan bahwa suhu reaksi melepaskan panas kelingkungan.

### 1.11 Perhitungan Ekonomi Awal

Berikut data perhitungan ekonomi awal industri metanol dapat dilihat pada Tabel 1.7 sebagai berikut:

**Tabel 1.7** Ekonomi Awal Industri Metanol

Parameter	Bahan baku		Produk
	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> OH
Berat Molekul	16 gr/mol	16 gr/mol	63,54 gr/mol
Harga/kg	Rp.780,19	Rp.10.000	Rp.24.000
Kebutuhan	= 1 Mol x 16 gr/mol = 0,016 kg	= 0,5 Mol x 16 gr/mol = 0,008kg	= 1 Mol x 32,04 gr/mol = 0,032 kg
Harga	Rp.780,19 x 0,016 kg =Rp.12,48	Rp.10.000x0,008 kg = Rp.80	Rp.25.000 x0,032 kg =Rp.800
Total	Rp.12,48 x Rp.80 =Rp.172,48		Rp.800
Ekonomi Awal	= Harga Produk - Harga Total Bahan Baku = Rp. 800-Rp.172,48 = Rp.627,52/kg		

**Sumber :** (*Chemanalyst dan Business Analytiq*, 2025)

#### Bahan Baku

$$\begin{aligned} \text{Metana} &= 0,016 \text{ kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.780,19/kg} \\ &= \text{Rp.12,48} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Oksigen} &= 0,008\text{kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.10.000/kg} \\ &= \text{Rp.80} \end{aligned}$$

**Produk**

$$\begin{aligned}\text{Methanol} &= 0,032 \text{ kg} \times 1 \text{ mol} \times \text{Rp.}25.000/\text{kg} \\ &= \text{Rp.}800\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Ekonomi awal} &= \text{Produk} - \text{bahan baku} \\ &= \text{Rp. } 800 - \text{Rp.}172,48 \\ &= \text{Rp. } 627,52\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \% \\ &= \frac{627,52}{172,48} \times 100 \% \\ &= 363,82 \%\end{aligned}$$

**1.12 Lokasi Pabrik**

Lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting dalam pendirian suatu pabrik untuk kelangsungan operasi pabrik. Banyak pertimbangan yang menjadi dasar dalam menentukan lokasi pabrik, misalnya kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan, letak pabrik dengan sumber bahan baku dan bahan pembantu, letak pabrik dengan pasar penunjang, transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial dan lain-lain. Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan harus menguntungkan. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Berdasarkan pertimbangan diatas, pabrik *Methanol* ini direncanakan akan didirikan di KEK Arun Lhokseumawe terletak di Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh dengan luas keseluruhan yaitu 61.600 m<sup>2</sup> dan dibentuk berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2017. Gambar peta Lokasi pabrik ditunjukan pada Gambar 1.7 sebagai berikut:



**Gambar 1.7** Peta lokasi pabrik Metanol

#### **1.12.1 Sumber Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan metanol yaitu metana dan oksigen. Penyediaan bahan baku gas metana ( $\text{CH}_4$ ) diperoleh dari PT Perusahaan Gas Negara (PGN) yang memiliki jaringan pipa transmisi gas terintegritas yang menghubungkan wilayah Aceh hingga Jawa Timur. Sedangkan untuk oksigen murni yang didapat dari PT Pupuk Iskandar Muda.

#### **1.12.2 Pemasaran Produk**

Pabrik Metanol terletak di wilayah Zona Industri Lhokseumawe (ZILS)  $\pm$  250 Km sebelah timur Banda Aceh, di Krueng Geukueh, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh, Indonesia. Untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan melalui jalan darat. Metanol yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri *detergent*, parfum, kosmetik, dan lain-lain. Disamping itu, dekatnya lokasi Di jalur lalu lintas kapal internasional, Selat Malaka, sehingga sangat strategis terhadap negara sasaran ekspor.

#### **1.12.3 Transportasi**

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat. Pendirian pabrik di Kawasan Lhokseumawe dilakukan dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi darat yang mudah dijangkau karena Lhokseumawe merupakan kawasan *industry* yang dimana dekat dengan pelabuhan Krueng Geukueh berada dalam jalur transportasi darat seperti jalan raya yang memadai, sehingga transportasi darat dari sumber bahan baku dan pasar tidak lagi menjadi

masalah. Dengan ketersediaan sarana tersebut akan menjamin kelangsungan produksi pabrik.

#### **1.12.4 Tenaga Kerja**

Kota Lhokseumawe adalah satu dari tiga kawasan industri utama di Aceh Utara yang merupakan daerah industri dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi, sehingga penyediaan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah disekitarnya, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik. Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

#### **1.12.5 Utilitas**

Utilitas dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Tenaga listrik tersebut didapat langsung dari Kawasan Ekonomi Khusus Arun. Pembangkit listrik utama untuk pabrik adalah menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Lokasi pabrik dekat dengan sungai, maka keperluan air (air proses, air pendingin/penghasil steam, perumahan dan lain-lain) dapat diperoleh dengan mudah. Pada saat pabrik beroperasi, untuk melayani kebutuhan kebutuhan air diseluruh pabrik, perkantoran dan perumahan diperoleh dari sungai Peusangan yang jaraknya sekitar 30 km dari lokasi pabrik. Luas daerah aliran sungai adalah 2.260 km<sup>2</sup> yang memiliki debit 2.505.600 Ton/hari. Sungai Peusangan sendiri sudah dimanfaatkan beberapa industri besar dikawasan aceh utara dengan rincian sebagai berikut:

1. PT Pupuk Iskandar Muda 20.000 Ton/Hari
2. PT Petra Arun Gas 20.500 Ton/hari
3. PLTA Peusangan 2.200.000 Ton/hari

Total kebutuhan air yang diambil dari Sungai Peusangan dari ketiga pabrik tersebut yaitu 2.240.500 Ton/hari. Kebutuhan Prarancangan Pabrik metanol dari oksigen dan gas metana adalah 4.900 Ton/hari. Maka jumlah air yang diambil untuk keperluan 4 pabrik sebesar 2.245.400 sehingga Sungai peusangan dikategorikan mencukupi.