

BAB I

LATAR BELAKANG

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang industri di Indonesia yang sedang berkembang, beragam industri terus menerus melakukan inovasi dan perkembangan salah satunya industri kimia. Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia mengalami peningkatan. Saat ini Indonesia masih banyak bergantung kepada negara lain dalam pemenuhan kebutuhan bahan baku maupun bahan antara dalam industri kimia salah satunya Metil Tersier Butil Eter (MTBE). Terutama di sektor kendaraan bermotor, kebutuhan bensin sebagai bahan bakar meningkat, baik dari segi jumlah maupun dari kualitasnya. Untuk meningkatkan kualitas bensin ditambahkan suatu zat yaitu zat aditif. Zat aditif yang telah dipakai yaitu Tetra Etil Lead (TEL) dan Metil Tersier Butil Eter (MTBE). Di beberapa negara maju penggunaan TEL sudah mulai dibatasi. Hal ini disebabkan TEL mengandung timbal yang dapat menimbulkan pencemaran udara. Oleh karena itu, akan lebih baik digunakan zat aditif yang tidak mengandung timbal yaitu MTBE (Felder et al., 2016).

MTBE adalah senyawa eter yang terdiri dari gugus metil dan butil tersier dengan rumus molekul $C_5H_{12}O$. Menurut Taniguchi & Johnson, 1979 MTBE digunakan sebagai peningkat bilangan oktan karena angka oktan yang dimiliki oleh MTBE cukup tinggi yaitu 116 - 118 *Research Octane Number* (RON). Menurut Dartnell & K, 1978 MTBE memiliki berat jenis sebesar $0,7405 \text{ g/cm}^3$ setara dengan bensin yang berkisar pada $0,72\text{-}0,76 \text{ g/cm}^3$. Tekanan uap reid dari MTBE berkisar antara 4,7 sehingga 7,8 psi sangat cocok untuk bensin di Indonesia yang berkisar antara 7 sampai 9 psi. Hal ini berarti penggunaan MTBE membuat produksi bahan bakar menjadi lebih efektif dengan menghasilkan keluaran bahan bakar menjadi 2,6 sampai 4 % tanpa meningkatkan volume minyak mentah yang diproses (Meyers, 2003). Sampai saat ini, pengadaan MTBE masih didatangkan dari luar negeri seperti Cina, Amerika, Jerman dan Korea. Hal ini dikarenakan produksi MTBE di Indonesia masih sangat kurang. Oleh karena itu pendirian pabrik pembuatan MTBE

ini sangat mendukung perkembangan sektor perindustrian Indonesia dengan memicu berdirinya industri baru yang menggunakan metil tersier butil eter sebagai bahan baku yang telah tersedia di dalam negeri dengan harga yang lebih murah. Sehingga meningkatkan devisa negara terhadap produksi senyawa kimia metil tersier butil eter. Selain pada sektor industri MTBE bisa di gunakan pada bidang medis seperti penggunaan obat penghilang rasa sakit atau bius.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada prarancangan pabrik MTBE yaitu:

1. Apakah dengan proses snamprogetti dari metanol dan isobutilen dapat menghasilkan produk MTBE berkapasitas 85.000 ton/tahun?
2. Apakah pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan?

1.3. Tujuan Prarancangan Pabrik

Adapun tujuan pada prarancangan pabrik MTBE yaitu:

1. Untuk menganalisis proses yang digunakan dengan menghasilkan MTBE dengan kapasitas 85.000 ton/tahun.
2. Untuk menganalisis kelayakan pendirian pabrik MTBE.

1.4. Manfaat Prarancangan Pabrik

Berdasarkan tujuan dan tujuan pada prarancangan pabrik MTBE maka manfaat yang diperoleh yaitu:

1. Memberi gambaran informasi rancangan pabrik pembuatan MTBE dari metanol dan isobutilen dengan proses snamprogetti dengan kapasitas 85.000 ton/tahun.
2. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan MTBE dan memberikan kesempatan bagi industri-industri lain yang menggunakan MTBE.
3. Dapat menganalisis kelayakan pabrik tersebut.

1.5. Batasan Masalah

Pada penyusunan pabrik MTBE ini, penyusun membatasi pada *flowsheet* dan *Autodesk Fusion 360*.

1.6. Pemilihan Proses Produksi

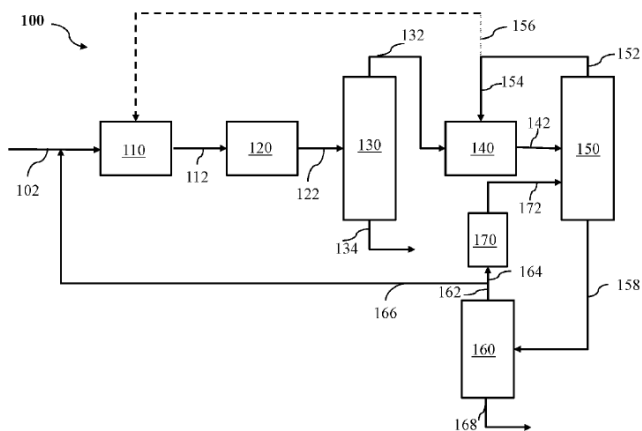
Untuk memproduksi pembuatan MTBE terdapat 3 jenis proses yaitu:

1.6.1. Proses UOP/Hulls

A. Uraian Proses

Proses pembentukan MTBE terdiri dari beberapa unit diantaranya unit dehidrogenasi (110), Reaktor (120), kolom fraksinasi MTBE (130), unit kolom alkilasi (140), kolom de-isobutanizer (150), kolom butanizer (160), unit isomerase (170). Hidrokarbon yang merupakan umpan pada aliran 102 yang terdiri dari hidrokarbon C_4 dapat dilewatkan ke unit dehidrogenasi untuk menghasilkan dehidrogen yang terdiri dari olefin C_4 . Umpan hidrokarbon yang mengandung berat 10 wt % n-butane dan 30 % isobutane dan 40% isobutylene. Dan pada umpan aliran 166 yang merupakan hasil atas dan *recycle* menuju unit dehidrogenasi. Hasil sisa dari dehidrogenasi pada aliran 112 dapat ditarik dari unit dehidrogenasi 110. Kemudian pada aliran 112 di tambahkan dengan methanol menuju reaktor CSTR dengan kondisi operasi reaktor yaitu suhu $65^{\circ}C$, tekanan 6 atm. Hasil dari reaktor di alirkan pada lairan 122 yang dimasukkan ke kolom fraksinasi untuk memisahkan MTBE beserta bahan-bahan yang tidak bereaksi.

Pada kolom fraksinasi hasil bawah merupakan produk MTBE dan hasil atas yaitu metanol beserta turunan dari isobutylene. Pada hasil atas di bawa ke alkilasi unit untuk di lakukan *feed treating* untuk menghasilkan bahan baku kembali yaitu isobutylene. Selanjutnya masuk ke deisobunaizer kolom dimana isobutylene akan mengalir pada aliran 158 dan beberapa bahan sisa di masukkan ke alkilasi unit untuk mendapatkan isobutylene yang lebih banyak lagi. Kemudian pada aliran 158 yang merupakan isobutylene dialirkan menuju butanizer, hasil dari butanizer yang mana aliran 168 yang merupakan limbah dan 164 di alirkan Kembali ke unit isomerase dan di masukkan ke kolom de-butanizer. Untuk diagram proses nya dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 1.1 Uraian Proses UOP/Hulls

B. Analisa Ekonomi

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Harga Bahan Baku

No	Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga /kg
1.	Metanol (CH ₃ OH)	32,04	Rp. 3.444 ^{**}
2.	Isobutylene (C ₄ H ₈)	56,106	Rp. 4.746 [*]
3.	MTBE (C ₅ H ₁₂ O)	88,15	Rp. 79.856 [*]
4.	Katalis resin penukar ion Bayer K-2631	225	Rp. 2.164 ^{***}

Sumber: ^{*}ICIS Pricing (Independent Chemical Information Service), ^{**}Methanol Institute Pricing, ^{***}Indiamart Pricing Indion.

• Harga Bahan Baku

- a. Metanol

$$= \text{Harga} \times \text{BM}$$

$$= \text{Rp. } 3.444/\text{kg} \times 32,04 \text{ kg/kmol}$$

$$= \text{Rp. } 110.345,76 \text{ /kmol}$$
- b. Isobutylene

$$= \text{Harga} \times \text{BM}$$

$$= \text{Rp. } 4.746 \text{ /kg} \times 56,106 \text{ kg/kmol}$$

$$= \text{Rp. } 266.279,07 \text{ /kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Resin Indion Bayer K-2631} &= \text{Harga} \times \text{BM} \\
 &= \text{Rp. } 2.164/\text{kg} \times 395 \text{ kg/kmol} \\
 &= \text{Rp. } 854.780 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Bahan Baku} &= \text{Rp. } 110.345,76 \text{ /kmol} + \text{Rp. } 266.279,07 \text{ /kmol} \\
 &+ \text{Rp. } 854.780 \text{ /kmol} \\
 &= \text{Rp. } 1.231.279,07 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

- **Harga Produk**

$$\begin{aligned}
 \text{MTBE} &= \text{Harga} \times \text{BM} \\
 &= \text{Rp. } 79.856,-/\text{kg} \times 88,15 \text{ kg/kmol} \\
 &= \text{Rp. } 7.039.306,4 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

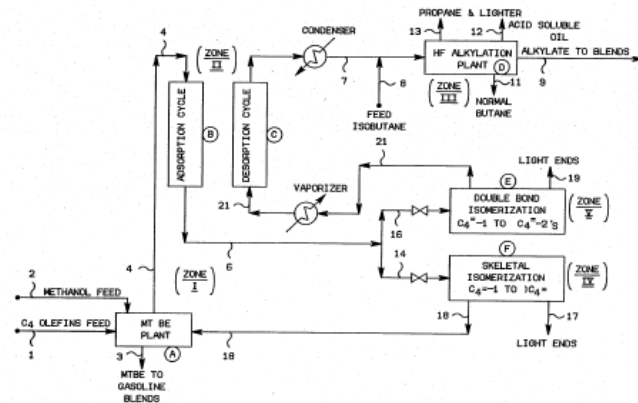
$$\begin{aligned}
 \text{Total keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= \text{Rp. } 7.039.306,4 \text{ /kmol} - \text{Rp. } 1.231.279,07 \text{ /kmol} \\
 &= \text{Rp. } 5.808.027,33 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

1.6.2. Proses Phillips

A. Uraian Proses

Pada proses proses ini methanol dan C_4 *olefins* masuk ke MTBE plant *zone* I yang mana pada plant tersebut terjadi pembentukan MTBE. Dimana mana hasil aliran 3 akan dibawa ke *gasoline blend* yang berupa MTBE serta bahan sisanya akan dibawa ke proses pemisahan. Pada proses ini Reaktor CSTR dan kolom pemisah *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Pada proses pembentukan MTBE kondisi proses operasi yaitu suhu 70°C , tekanan 6 atm. Hasil diatas akan dimasukkan ke *zone* II pada aliran 4 yang kemudian akan masuk ke adsorpsi agar methanol terserap dan selanjutnya dibawa ke proses isomerase pada *zone* V dan *zone* IV. Pada *skeletal isomerization* akan mengeluarkan $C_4 = 1$ yang akan menjadi limbah dan pada aliran 18 sebagai bahan baku yang di *recycle* sebagai bahan baku utama. Pada proses *double bond isomerization* dimana disini pada unit ini yang

kaya akan propane dan lainnya akan di bawa ke unit desorpsi dan sebelum masuk ke unit *HF Alkylation Plant* akan di tambah umpan isobutana sebagai bahan pembantu dan hasil dari unit tersebut akan berupa bahan yang kaya akan alkalinya.



Gambar 1.2 Uraian Proses Phillips

B. Analisa Ekonomi

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Harga Bahan Baku

No	Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga /kg
1.	Metanol (CH_3OH)	32,04	Rp. 3.444**
2.	Isobutylene (C_4H_8)	56,106	Rp. 4.746 *
3.	MTBE ($\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$)	88,15	Rp. 79.856*
4.	Katalis resin penukar ion Indion 225 Na	225	Rp. 2.567***

Sumber: *ICIS Pricing (Independent Chemical Information Service), **Methanol Institute Pricing, ***Indiamart Pricing Indion

• Harga Bahan Baku

- Metanol

$$= \text{Harga} \times \text{BM}$$

$$= \text{Rp. } 3.444/\text{kg} \times 32,04 \text{ kg/kmol}$$

$$= \text{Rp. } 110.345,76 \text{ /kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Isobutylene} &= \text{Harga} \times \text{BM} \\
 &= \text{Rp. } 4.746 \text{ /kg} \times 56,106 \text{ kg/kmol} \\
 &= \text{Rp. } 266.279,07 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Resin Indion 225 Na} &= \text{Harga} \times \text{BM} \\
 &= \text{Rp. } 2.567 \text{ /kg} \times 225 \text{ kg/kmol} \\
 &= \text{Rp. } 577.575 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Bahan Baku} &= \text{Rp. } 110.345,76 \text{ /kmol} + \text{Rp. } 266.279,07 \text{ /kmol} \\
 &+ \text{Rp. } 577.575 \text{ /kmol} \\
 &= \text{Rp. } 954.199,84 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

- **Harga Produk**

$$\begin{aligned}
 \text{MTBE} &= \text{Harga} \times \text{BM} \\
 &= \text{Rp. } 79.856,-/\text{kg} \times 88,15 \text{ kg/kmol} \\
 &= \text{Rp. } 7.039.306,4 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

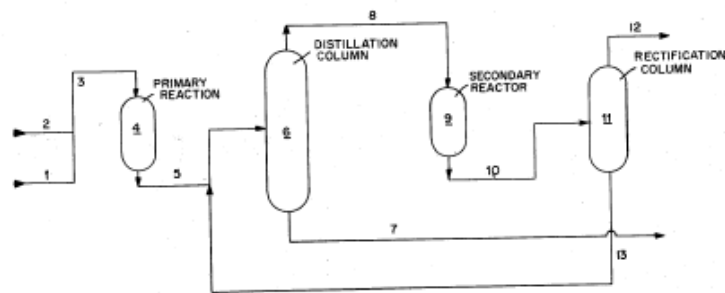
$$\begin{aligned}
 \text{Total keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= \text{Rp. } 7.039.306,4 \text{ /kmol} - \text{Rp. } 954.199,84 \text{ /kmol} \\
 &= \text{Rp. } 6.085.106,52 \text{ /kmol}
 \end{aligned}$$

1.6.3. Proses Snamprogetti

A. Uraian Proses

Pada proses ini dimana bahan baku berupa metanol dan isobutylene pada umpan 1 dan 2 diumpankan dan disatukan pada *mixer* dan didalamnya berupa disatukan di dalam pipa dan menjadi aliran umpan 3 yang mana dimasukkan ke reaktor pertama dimana dalam reaktor yang di gunakan yaitu reaktor *fixed bed multitube* hasil dari reaktor dibawa ke menara distilasi, selanjutnya dari menara distilasi hasil bawah merupakan produk yaitu MTBE dan produk atas merupakan bahan yang reaktan berlebih yang merupakan methanol dan isobutylene di bawa

kemenara distilasi selanjutnya untuk mendapatkan konversi serta produk yang lebih baik dimana pada reaktor pertama konversinya tidak mencapai 98% akan tetapi dengan bantuan reaktor kedua konversi tersebut tercapai. Selanjutnya hasil dari reaktor kedua dimasukkan ke menara *reactification* yang mana produk atas merupakan produk MTBE dan bawah merupakan sisa yang hasil bawah merupakan sisa dan di bawa kembali menuju menara distilasi dan reaktor kedua.



Gambar 1.3 Uraian Proses Snaprogetti

B. Analisa Ekonomi

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Harga Bahan Baku

No	Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga /kg
1.	Metanol (CH_3OH)	32,04	Rp. 3.444,-**
2.	Isobutylene (C_4H_8)	56,106	Rp. 4.746,-*
3.	MTBE ($\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$)	88,15	Rp. 79.856,-*
4.	Amberlyst-15	314,4	Rp. 1.680,-*

Sumber: *ICIS Pricing (Independent Chemical Information Service), **Methanol Institute Pricing

• Harga Bahan Baku

- Metanol = $\text{Harga} \times \text{BM}$
= $\text{Rp. 3.444/kg} \times 32,04 \text{ kg/kmol}$
= $\text{Rp. 110.345,76 /kmol}$

b. Isobutylene = Harga \times BM
 = Rp. 4.746 /kg \times 56,106 kg/kmol
 = Rp. 266.279,07 /kmol

c. Amberlyst-15 = Harga \times BM
 = Rp. 1.680 /kg \times 314,4 kg/kmol
 = Rp. 528.192 /kmol

Total Harga Bahan = Rp. 110.345,76 /kmol + Rp. 266.279,07 /kmol
 + Rp. 528.192 /kmol
 = Rp. 904.816,83 /kmol

• **Harga Produk**

a. MTBE = Harga \times BM
 = Rp. 79.856,-/kg \times 88,15 kg/kmol
 = Rp. 7.039.306,4 /kmol

Total keuntungan = Harga produk – Harga bahan baku
 = Rp. 7.039.306,4 /kmol - Rp. 904.816,83 /kmol
 = Rp. 6.134.489,57 /kmol

1.7. Pemilihan Proses

Perbandingan Proses pada Pembuatan MTBE dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses pada Pembuatan MTBE

Proses	Proses Phillips	Proses UOP/HULLS	Proses Snamprogetti
Bahan Baku	Metanol dan Isobutylene	Metanol dan Isobutylene	Metanol dan Isobutylene
Kondisi proses	Suhu 70 ⁰ C, tekanan 6 atm	Suhu 65 ⁰ C, tekanan 6 atm	Suhu 70 ⁰ C, tekanan 5 atm

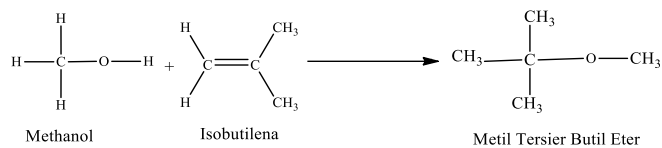
Reaksi	$C_4H_8 + CH_3OH \rightarrow C_5H_{12}O$	$C_4H_8 + CH_3OH \rightarrow C_5H_{12}O$	$C_4H_8 + CH_3OH \rightarrow C_5H_{12}O$
Alat Proses	Reaktor CSTR dan kolom pemisah <i>Pressure Swing Adsorption</i> (PSA).	Reaktor CSTR dan kolom absorpsi	Reaktor <i>Fixed Bed Multi tube</i> dan kolom destilasi
Katalis	Resin penukar ion Indion 225Na	Resin penukar ion Bayer K-2631	Amberlyst-15
Konversi	92%	96%	98,5%
<i>Residence time</i>	40 – 124 menit	50,02 menit	21,48 menit
Kelebihan dan kekurangan	1. Katalis mahal 2. Proses rumit 3. Proses pemisahan tidak sempurna	1. Katalis mahal 2. Proses rumit 3. Proses pemisahan sempurna	1. Katalis Murah 2. Proses sederhana 3. Proses pemisahan sempurna
Keuntungan per Kg	Rp. 6.085.106,52	Rp. 115.703,47	Rp. 6.134.489,57

Berdasarkan beberapa proses tersebut maka dapat dibandingkan dari segi bahan baku maupun kondisi operasi yang digunakan berhubungan dengan proses pembuatan MTBE tersebut, maka dipilih proses MTBE dengan proses *snamprogetti* menggunakan katalis asam, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kondisi operasi yang rendah dan kemurniannya lebih tinggi
2. Bahan baku yang murah dan mudah didapat

1.8. Uraian Proses

Proses produksi metil tersier butil eter yang digunakan pada pabrik yang akan dibangun menggunakan metode *snamprogetti*. Proses produksi terdiri dari empat tahap, yaitu tahap *feed treating*, tahap sintesa, tahap pemisahan, dan tahap purifikasi. Berikut merupakan reaksi pembentukan MTBE:



Gambar 1.4 Reaksi Pembentukan MTBE

Pada tahapan *feed treating* bahan baku pertama berupa isobutylene diperoleh dari PT. Pertamina Hulu Kalimantan Timur dengan kemurnian 99,9% disimpan dalam fasa cair di Tangki (T-001) pada suhu 30°C dan tekanan 4 atm. Bahan baku kedua berupa metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri dengan kemurnian 99,5% disimpan dalam fasa cair di Tangki (T-002) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya methanol dan isobutylene akan di pompa pada (P-001) dan (P-002) hingga tekanan operasi sebesar 5 atm. Kemudian masing-masing bahan dipanaskan pada *heater* (E-001) dan (HE-02) hingga suhu operasi 70 °C. Lalu bahan dialirkan melalui pipa untuk disatukan pada *mixer* (MIX-01) agar mudah dialirkan menuju reaktor (R-001). Pada tahapan sintesa reaksi berlangsung secara eksotermis, non-isothermal, dan adiabatik. Pada reaksi eksotermis, reaktor dioperasikan pada suhu 70 °C dengan tekanan 5 atm. Sehingga pada reaksi tersebut, konversi optimum yang bisa dicapai adalah 98.5 % dengan bantuan katalis Amberlyst-15. Hasil reaksi berupa MTBE, metanol *excess*, dan sedikit impuritis berupa i-butane dan n-butane keluar dari reaktor (R-001). Produk keluaran reaktor sebagai umpan menara distilasi 1 (MD-001) guna memisahkan MTBE, metanol dengan impuritis berupa i-butane dan n-butane. Hasil atas menara distilasi 1 berupa i-butane dan n-butane yang tersisa dikondensasi dalam *condenser* 1 (CD-001) sampai suhu 307,75 K (34,75°C). Dari *condenser* 1, cairan di pompa ke *accumulator* 1 (ACC-01) dimana sebagian direfluks dan sisanya akan ditampung pada kolam limbah. Untuk hasil bawah (*bottom distillate*) berupa MTBE dan metanol.

Selanjutnya dilakukan tahap purifikasi, dimana hasil bawah (*bottom distillate*) dari distilasi berupa MTBE dan methanol dialirkan menuju menara distilasi 2 (MD-002) guna memisahkan MTBE dengan methanol. Hasil atas menara distilasi 2 berupa MTBE dikondensasi dalam *condenser* 2 (CD-02) sampai suhu 318 K (45°C). Dari *condenser* 2, cairan di pompa ke *accumulator* 2 (ACC-

02) dimana MTBE sebagian direfluks. Sedangkan sisanya dialirkan ke dalam tangki penyimpanan (T-003) sebagai produk. Sementara hasil bawah berupa metanol lalu didinginkan dahulu didalam *cooler* (E-03) hingga suhu 70°C kemudian di *recycle* menuju *mixer* (MIX-01) sebagai umpan yang akan direaksikan kembali bersama bahan lainnya menuju reaktor (R-01). Proses diagram dapat dilihat pada lampiran gambar.

1.9. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan guna mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan (ΔH°_f) pada $P = 1,01$ dan $T = 298,15$ °K. Pada Proses pembentukan Metil Tersier Butil Eter terjadi reaksi sebagai berikut:

Ditinjau dari segi termodinamika dengan harga-harga ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu 25°C (298,15 °K) dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Harga ΔH°_f Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
CH ₃ OH	-201,17
C ₄ H ₈	-16,90
C ₅ H ₁₂ O	-292,88

Sumber: Yaws, 1999

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Delta H_R (298,15 \text{ K}) &= \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan} \\
 &= (\Delta H^\circ_f \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{ CH}_3\text{OH} + \Delta H^\circ_f \text{ C}_4\text{H}_8) \\
 &= (-292,88) - (-201,17 + (-16,90)) \\
 &= -292,88 + 184,27 \\
 &= -108,61 \text{ kJ/mol, (karena } \Delta H_R (298,15 \text{ K}) \text{ bernilai negatif, maka reaksi} \\
 &\quad \text{bersifat eksotermis).}
 \end{aligned}$$

Ditinjau dari segi termodinamika dengan harga-harga ΔS°_f masing-masing komponen pada suhu 25°C (298,15 °K) dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Harga $\Delta^\circ S_R$ Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔS°_f (kJ/mol)
CH ₃ OH	-129,66
C ₄ H ₈	-251,451
C ₅ H ₁₂ O	-561,597

Sumber: Yaws, 1999

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Delta S_R (298,15 \text{ K}) &= \Sigma \Delta S^\circ_f \text{ Produk} - \Sigma \Delta S^\circ_f \text{ Reaktan} \\
 &= (\Delta S^\circ_f \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}) - (\Delta S^\circ_f \text{CH}_3\text{OH} + \Delta S^\circ_f \text{C}_4\text{H}_8) \\
 &= (-561,597) - (-251,451 + (-129,66)) \\
 &= (-561,597) - (-381,117) \\
 &= -180,49 \text{ j/mol K (karena } \Delta S_R (298,15 \text{ K}) \text{ bernilai negatif, maka reaksi bersifat spontan).}
 \end{aligned}$$

Sifat reaksi kimia yang bersifat *reversible* dan *irreversible* dapat di ketahui dari harga konstanta kesetimbangan. Data energi bebas Gibbs pada 298,15 K dapat di lihat pada tabel 1.7.

Tabel 1.7 Harga ΔG°_f Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔG°_f (kJ/mol)
CH ₃ OH	-162,51
C ₄ H ₈	58,07
C ₅ H ₁₂ O	-125,44

Sumber: Yaws, 1999

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Delta G_R (298,15 \text{ K}) &= \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan} \\
 &= (\Delta G^\circ_f \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}) - (\Delta G^\circ_f \text{CH}_3\text{OH} + \Delta G^\circ_f \text{C}_4\text{H}_8) \\
 &= (-125,44) - (-162,51 + 58,07) \\
 &= (-125,44) + 104,44 \\
 &= -21,00 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi eterifikasi isobutilen dengan methanol menghasilkan MTBE bersifat spontan (*irreversible*) pada suhu rendah membentuk reaksi pada suhu 298,15 K, karena $\Delta G_R < 0$

1.10. Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

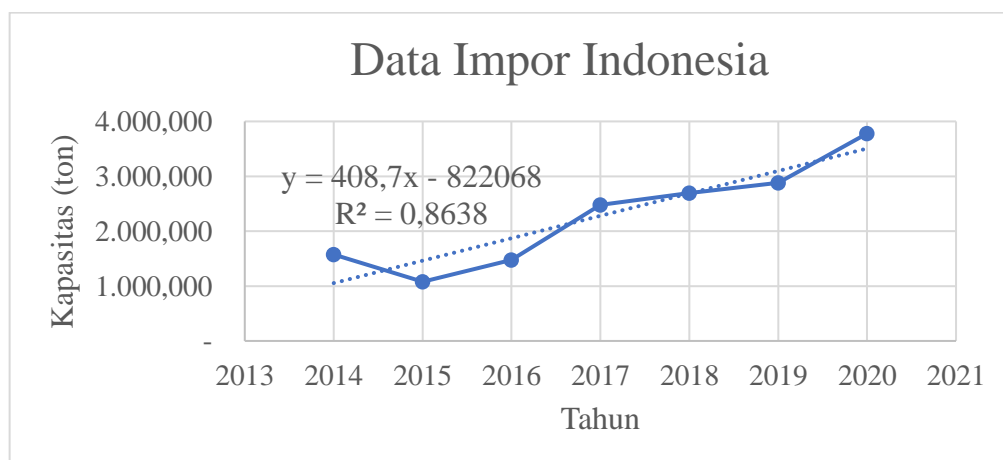
Kebutuhan MTBE di Indonesia dari tahun ke tahun diperkirakan akan terus meningkat. Hal ini dikarenakan melonjaknya kebutuhan bahan bakar dalam negeri sehingga produksi MTBE sebagai bahan aditif pada bahan bakar bensin sangat di perlukan. Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh dari badan pusat statistik mengenai impor MTBE di Indonesia dari tahun 2014-2020 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.8 Data Impor MTBE di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton)
2014	1.573,129
2015	1.078,867
2016	1.472,893
2017	2.480,933
2018	2.692,710
2019	2.881,209
2020	3.779,497

Sumber: BPS Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, 2020

Berdasarkan Tabel 1.4 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan MTBE pada tahun 2026 seperti pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Grafik kebutuhan impor MTBE di indonesia

Dari gambar 1.6 disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan MTBE terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan MTBE pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan MTBE. Untuk menghitung kebutuhan akan MTBE pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan MTBE dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a (x) + b \dots\dots\dots(1.1)$$

Maka:

$$y = 408,7 (x) - 822068$$

$$y = 408,7 (2024) - 822068$$

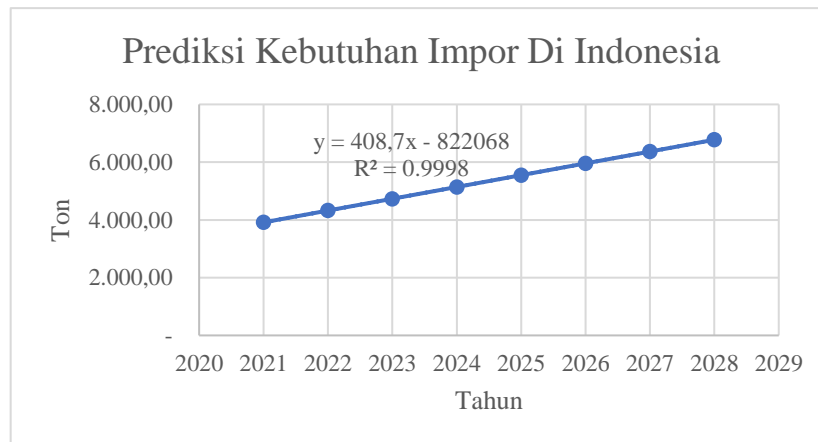
$$y = 5.140,80$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan MTBE di Indonesia pada tahun 2024 adalah sebesar 5.140,80 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Ekstrapolasi Kebutuhan MTBE di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton)
2021	3.914,70
2022	4.323,40
2023	4.732,10
2024	5.140,80
2025	5.549,50
2026	5.958,20
2027	6.366,90
2028	6.775,60
2029	7.184,30
...	...
2048	56.440,32

Prediksi kebutuhan didapat dari hasil ekstrapolasi menggunakan persamaan $y = ax + b$. Berikut data-data impor MTBE setiap tahun dapat dilakukan prediksi untuk kebutuhan pada masa yang akan datang yang dinyatakan dalam Gambar 1.7.



Gambar 1.7 Grafik kebutuhan impor MTBE di indonesia

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik MTBE yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kebutuhan MTBE di beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data Kebutuhan MTBE di Beberapa Negara

Negara	Kebutuhan Impor MTBE (Ton/Tahun)					
	2014	2016	2018	2020	2022	2024
Australia	169,678	178,890	200,459	222,028	229,181	509,350
Bangladesh	40.788,6	50.789,4	60.790,2	70.791,0	80.791,8	120.809,6
Brunei	8.928,934	8.523,98	8.119,040	7.714,093	7.309,146	6.911,720
Fiji	7.714,093	7.309,146	6.904,199	6.499,252	8.119,040	10.973,890
Filipina	47.331,193	60.332,573	66.809,335	73.286,097	92.812,096	516.299,200
Hongkong	74.050,097	78.145,098	85.798,074	73.451,050	89.244,110	99.746,890
India	12.632,094	12.632,094	37.020,754	51.409,414	61.409,414	68.009,678
Kamboja	127.561,372	55.179,044	78.971,885	90.264,725	99.384,571	18.789,456
Korea Utara	9.795,738	9.678,890	9.562,042	9.445,194	9.328,347	10.782,650
Malaysia	151.600,240	76.472,216	51.429,542	26.386,867	126.557,565	149.749,543
Taiwan	64.362,024	39.101,345	89.622,703	40.144,062	140.144,062	149.346,890
Thailand	77.294,507	51.815,823	102.773,191	53.730,559	153.730,559	167.892,890
Total						1.319.821,757

Sumber: <https://mcgroup.co.uk/researches/methyl-tertiary-butyl-ether-mtbe>

Dari Tabel 1.10 diperoleh total kebutuhan impor MTBE dari ke-12 negara tersebut pada tahun 2020 semakin meningkat. Sehingga dengan mengekstrapolasi kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2024 kebutuhan akan meningkat hingga 1.319.821,757 ton/tahun.

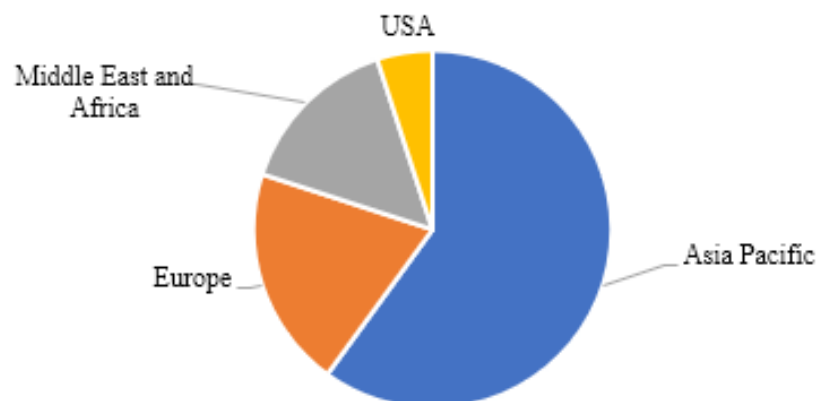
Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi MTBE yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu SHELL berlokasi di Pernis, Netherlands dengan jumlah 160.000 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu Hungarian Oil and Gas berlokasi di Szazhalombatta, Hungary dengan jumlah 55.000 ton/tahun. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat kita lihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Kapasitas Pabrik MTBE di Luar Negeri

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton)
1.	CAROM	Onesti, Romania	100.000
2.	SHELL & DEA Oil	Wesseling, Germany	65.000
3.	Fortum Oil and Gas	Porvoo, Finland	115.000
4.	Hungarian Oil and Gas	Szazhalombatta, Hungary	55.000
5.	Ceska Rafinerska	Kralupy, Czech Republic	90.000
6.	Esso Petroleum	Fawley, UK	125.000
7.	NetherlandsRefining	Rotterdam,the Netherlands	100.000
8.	SHELL	Pernis, Netherlands	160.000

Sumber: *ICIS Pricing (Independent Chemical Information Service)*

Kebutuhan MTBE di dunia dapat dilihat pada Gambar 1.8 (CEIC: *Global Economic Data, Indicators, Chart and Forecasts*).



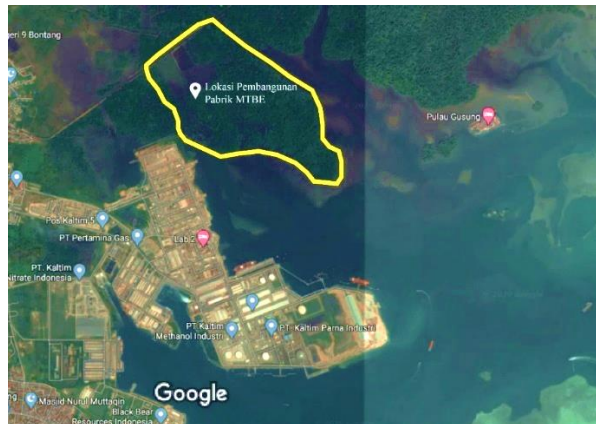
Gambar 1.8 Globe Chart Kebutuhan MTBE di dunia

Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari beberapa negara maka pabrik MTBE direncanakan pembangunan pada tahun 2024 dan beroperasi pada tahun 2026 dengan kapasitas 85.000 ton/tahun. Dimana produk MTBE ini di ekspor sebesar 10% yaitu 816,78 ton/tahun dan untuk kebutuhan dalam negeri sebesar 60% yaitu 84.805,41 ton/tahun dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri sebesar 60% yaitu 84.805,41 ton/tahun dari globe chart kebutuhan MTBE (CEIC: Global Economic Data, Indicators, Chart and Forecasts).
2. Dapat membuka kesempatan berdirinya industri-industri baru dengan menggunakan MTBE sebagai bahan baku.
3. Menghemat devisa negara dengan mengurangi impor sekaligus dapat melakukan ekspor ke luar negeri terutama pada daerah Asia pasifik seperti Malaysia, Thailand, Filipina dan kamboja sebesar 6% yaitu 5.070,32 ton/tahun dari kapasitas produksi. Kemudian 4% yaitu 5.380,22 ton/tahun dari kapasitas produksi akan ke ekspor ke negara Eropa (CEIC: *Global Economic Data, Indicators, Chart and Forecasts*).

1.11. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik secara geografis dapat berpengaruh terhadap kelangsungan dan perkembangan pabrik tersebut. Untuk itu, pemilihan lokasi pabrik perlu dipertimbangkan agar memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya bagi perusahaan. Pabrik MTBE ini direncanakan berdiri di daerah yang dapat dipilih yaitu Kalimantan Timur, maka lokasi pabrik MTBE ditetapkan di Bontang Utara, Provinsi Kalimantan Timur dengan luas lokasi yaitu 1280 ha. Pada lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.9.



Gambar 1.8 Kebutuhan MTBE di dunia

Bontang Utara dipilih sebagai lokasi pabrik berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1.11.1. Faktor Utama

Faktor utama meliputi faktor yang sangat berpengaruh dalam pemilihan lokasi atau tempat pemilihan pabrik. Adapun faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan operasi pabrik. Bahan baku metanol disediakan oleh PT. Kaltim Methanol Industri dengan kapasitas 660.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku isobutilen disediakan oleh PT. Pertamina Hulu Kalimantan Timur dengan kapasitas 150.000 Barrel/hari. Dengan demikian bahan baku cukup tersedia dan mudah diperoleh.

2. Utilitas

Bontang Utara merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia, sehingga penyediaan utilitas seperti bahan bakar dan listrik dapat dengan mudah terpenuhi dan tidak mengalami kesulitan. Sedangkan air untuk proses produksi maupun karyawan diperoleh dari sungai bontang.

3. Transportasi

Bontang Timur merupakan daerah yang mudah dijangkau karena telah ada sarana transportasi darat yang cukup memadai. Sehingga untuk transportasi

pemenuhan bahan baku maupun pemasaran produk dapat dengan mudah dilaksanakan.

4. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja tingkat rendah, menengah maupun tenaga ahli tidak sulit diperoleh, mengingat lokasi pabrik berada di kawasan yang memungkinkan didatangkan dari pulau Jawa, Sumatera yang selalu memiliki tenaga kerja berlebih setiap waktu. Diharapkan juga dengan adanya pabrik ini, dapat mengurangi pengangguran di Indonesia.

5. Pemasaran Produk

Didukung oleh sarana transportasi yang memadai, distribusi atau pemasaran produk di pulau Jawa, Sumatera dan luar pulau Jawa cukup baik.

6. Kemasyarakatan

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri, sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan cepat dan mudah.

1.11.2. Faktor Pendukung

Adapun faktor pendukung yang perlu diperhatikan dalam pembangunan pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Perizinan dan kebijaksanaan Pemerintah

Pendirian pabrik merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengembangan industri dan pemerataan kesempatan kerja.

2. Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik haruslah memperhitungkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun ke depan (jangka panjang), karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

3. Kondisi Iklim

Kondisi alam (iklim) dari suatu area yang akan dibangun pabrik haruslah mendukung, dalam arti kondisinya tidak terlalu mengganggu jalannya operasi pabrik.

4. Pembuangan Limbah

Penanganan masalah limbah akan diproses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

5. Korosifitas

Lokasi kawasan Bontang Timur berada tepat di tepi laut sehingga korosifitas yang utamanya disebabkan oleh air laut begitu berpengaruh. Oleh karena itu perancangan alat pada pendirian pabrik MTBE menggunakan bahan yang memiliki relativitas korosifn\ yang rendah.

6. Perawatan

Pabrik mempunyai bengkel perawatan sendiri (*Maintenance Office*), apabila tidak dapat dilakukan sendiri di bontang terdapat bengkel yang dapat menangani peralatan-peralatan besar.

1.12. Analisa Ekonomi Awal

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Harga Bahan Baku

No	Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga /kg
1.	Metanol	32,04	Rp. 3.444 ^{**}
2.	Isobutylene	56,106	Rp. 4.746 [*]
3.	MTBE	88,15	Rp. 15.282 [*]
4.	Amberlyst-15	314,4	Rp. 1.680 [*]

Sumber: ^{*}ICIS Pricing (*Independent Chemical Information Service*), ^{**}Methanol Institute Pricing

1.12.1. Harga Bahan Baku

a. Metanol = Harga \times BM
= Rp. 3.444/kg \times 32,04 kg/kmol
= Rp. 110.345,76 /kmol

b. Isobutylene = Harga \times BM
= Rp. 4.746 /kg \times 56,106 kg/kmol
= Rp. 266.279,07 /kmol

c. Amberlyst-15 = Harga \times BM
= Rp. 1.680 /kg \times 314,4 kg/kmol
= Rp. 528.192 /kmol

Total Harga Bahan = Rp. 110.345,76 /kmol + Rp. 266.279,07 /kmol +
Rp. 528.192 /kmol
= Rp. 904.816,83 /kmol

1.12.2. Harga Produk

a. MTBE = Harga \times BM
= Rp. 79.856,-/kg \times 88,15 kg/kmol
= Rp. 7.039.306,4 /kmol

Total keuntungan = Harga produk – Harga bahan baku
= Rp. 7.039.306,4 /kmol - Rp. 904.816,83 /kmol
= Rp. 6.134.489,57 /kmol