

# PRARANCANGAN PABRIK METIL TERSIER BUTIL ETER (MTBE) DARI METANOL DAN ISOBUTILENA KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN

Nouval Wizzdan Pratama<sup>1</sup>, Lintang Nurdea Ahyurint<sup>1,\*</sup>, Kharisma Auralia Az Zakaria<sup>1</sup>  
Boy Arief Fachri<sup>1</sup>, Zuhriah Mumtazah<sup>1</sup>, Ditta Kharisma Yolanda Putri<sup>1</sup>, Istiqomah Rahmawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Uniiiversitas Jember Jl. Kalimantan No. 37,  
Jember Jawa Timur, 68121

\*E-mail: [nouvalwizzdan19@gmail.com](mailto:nouvalwizzdan19@gmail.com)

## Abstrak

*Metil Tersier Butil Eter (MTBE) terbuat dari metanol dan isobutilena dengan bantuan katalis amberlyst-15. Pabrik Metil Tersier Butil Eter (MTBE) dengan kapasitas produksi 105.000 ton/tahun akan didirikan di kariangau Balikpapan Barat, Balikpapan, Kalimantan Timur dengan waktu produksi 330 hari/tahun. Proses produksi terdiri dari persiapan bahan baku, sintesis MTBE, dan pemurnian. Proses sintesis MTBE dilakukan menggunakan bantuan reaktor tangki berpengaduk dengan kondisi operasi suhu operasi 60°C dan tekanan 15 atm. Proses pemurnian MTBE dilakukan menggunakan bantuan Flash drum dan gas separator untuk mendapat kemurnian MTBE sampai 96%. Utilitas pendukung proses meliputi kebutuhan air 50.816,60 m<sup>3</sup>/hari, kebutuhan steam 15,47 m<sup>3</sup>/jam, air pendingin sebesar 2100,79 m<sup>3</sup>/jam, kebutuhan brine 250,59 m<sup>3</sup>/jam, kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN sebesar 132,64 kWh dan generator set sebesar 1.427,70 kWh, serta bahan bakar berupa solar dengan total kebutuhan 1231,07 lb/jam.. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 266 orang yang terdiri dari karyawan shift dan non shift. Berdasarkan evaluasi ekonomi, Annual Cash Flow (ACF) sebesar 29%, Pay Out Time (POT) sebesar 4,03 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 41%.*

**Kata kunci :** MTBE, Metanol, Isobutilena, Reaktor Tangki Berpengaduk

## 1. Pendahuluan

Pentingnya MTBE dan kebutuhan yang terus mengalami peningkatan memberikan potensi untuk didirikannya pabrik MTBE baru di Indonesia. Seiring perkembangan waktu terus terjadi peningkatan terhadap jumlah kebutuhan manusia terhadap kendaraan bermotor setiap tahunnya. Menurut Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) terus terjadi peningkatan kebutuhan bensin (pertalite) per tahun dari 2018 – 2022 terus meningkat berturut-turut dari 14,5 juta kL, 17,7 juta kL, 19,4 juta kL, 18,1 juta kL hingga 23 juta kL pada 2022 (K. ESDM, 2022).

Senyawa adiktif sebagai octane booster yang dipakai yaitu Metil Tersier Butil Eter (MTBE) dan Tetra Etil Lead (TEL). Penggunaan TEL menghasilkan timbal (Pb) dengan sifat neurotoksik dan karsinogenik telah dibatasi pada beberapa negara. Bilangan oktan MTBE 116-118 RON (Research Octane Number). MTBE menambah kandungan oksigen sehingga mengurangi kerusakan ozon oleh global warming. Bilangan oktan bahan bakar di indonesia seperti pertalite (90) dan pertamax (92) masih menghasilkan emisi gas buang CO yang besar (A. S. G, 2019).

MTBE terbuat dari metanol dan isobutilena dengan bantuan katalis amberlyst-15. Metanol memiliki rumus kimia CH<sub>3</sub>OH dengan gugus

alkohol alifatik. Gugus hidroksil mempengaruhi reaktivitas ditandai dengan dapat memecah ikatan C–O atau ikatan O–H yang terlihat pada substitusi gugus –H dan –OH. Isobutilena memiliki rumus kimia CH<sub>2</sub>=C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan berat molekul 56,107 g/mol. Katalis amberlyst-15 umumnya digunakan pada reaksi esterifikasi dan dapat digunakan untuk mensintesis senyawa MTBE. Berdirinya pabrik MTBE yang baru diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan MTBE Indonesia dengan tujuan menurunkan jumlah impor, menambah devisa dengan ekspor produk, serta mensejahterakan ekonomi masyarakat melalui terciptanya lapangan kerja baru (Chandra asri, 2020).

Kapasitas produksi pabrik dapat ditentukan dengan menganalisis ekspor, impor, produksi, dan konsumsi pasar dari tahun ke tahun sehingga didapatkan peluang kapasitas tersebut. Berdasarkan perkembangan kebutuhan senyawa tersebut, maka dapat diprediksi kebutuhan untuk tahun-tahun ke depannya. Pemilihan kapasitas produksi digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam mengetahui perhitungan kebutuhan dari metil tersier butil eter (Kusnarjo, 2010). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1. Data Metil Tersier Butil Eter di Indonesia (www.data.un.org, 2022)

Tahun	Impor (kg/tahun)	Impor (ton/tahun)	Kenaikan (%)
2013	6.369.68	6.369,68	-
2014	6.865.37	6.865,37	7,78
2015	7.754.12	7.754,12	12,95
2016	9.003.47	9.003,47	16,11
2017	8.914.80	8.914,80	-0,98
2018	13.073.02	13.073,0	46,64
		2	
	Rata – rata		16,50

Pabrik Metil Tersier Butil Eter ini direncanakan dapat memenuhi 30% dari total kebutuhan impor negara-negara tersebut. Hal ini untuk menghindari adanya risiko produk sulit terjual karena negara pengekspor lain yang menimbulkan persaingan perdagangan. Kualitas MTBE yang diekspor dengan kemurnian MTBE 96,04% dengan impurities metanol sebesar 3,96% (Kusnarjo, 2010). Metode perhitungan secara discounted akan digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan pasar pada tahun 2027. Persamaan 1.1 adalah sebagai berikut (Kusnarjo, 2010).

$$m = P(1+i)^n \quad (1.1)$$

dimana,

$m$  = total kebutuhan impor luar negeri tahun 2024 (ton/tahun)

$P$  = total nilai impor luar negeri tahun 2018 (ton/tahun)

$i$  = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

$n$  = selisih tahun yang diperhitungkan (2018 sampai 2027).

Pabrik Metil Tersier Butil Eter yang akan direncanakan berproduksi pada 2027 ini menggunakan persamaan 1.2 (Kusnarjo, 2010). dalam perhitungan kapasitas pabrik karena mempertimbangkan beberapa aspek.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (2.2)$$

dimana,

$m_1$  = nilai impor tahun 2027 (ton/tahun)

$m_2$  = produksi pabrik dalam negeri tahun 2027 (ton/tahun)

$m_3$  = kapasitas pabrik yang akan berproduksi pada tahun 2027 (ton/tahun)

$m_4$  = jumlah ekspor tahun 2027 (ton/tahun)

$m_5$  = jumlah konsumsi dalam negeri tahun 2027 (ton/tahun)

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas pabrik MTBE mempertimbangkan ketersediaan MTBE dan analisis pasar menggunakan persamaan (Kusnarjo, 2010), maka pabrik MTBE yang direncanakan berproduksi pada 2027 memiliki kapasitas 105.000 ton/tahun

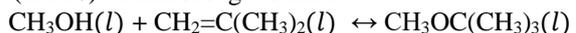
## 2. Uraian Proses

### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

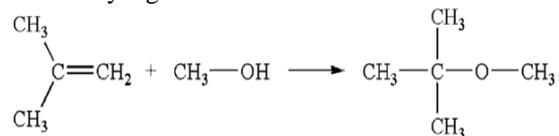
Metanol dan isobutilena disimpan dalam tangki F-115 dan F-118 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm untuk menjaga kondisi fasa dari kedua bahan sebelum direaksikan pada reaktor. Saat isobutilena dan metanol mulai dialirkan menuju reaktor, kondisi operasi dari isobutilena dan metanol di sesuaikan dengan kondisi operasi dalam reaktor. Reaktor memiliki kondisi operasi suhu 60°C dengan tekanan 15 atm. Tekanan dan suhu bahan baku dinaikkan dengan bantuan kompresor (G-119), pompa (L-117) dan heater (H-116a, H-116b) sampai sesuai dengan kondisi operasi reaktor. Pada perubahan tekanan isobutilena terjadi perubahan fasa dari gas menjadi cair karena tekanan yang berubah drastis.

### 2. Tahap Sintesis MTBE

Reaksi pembentukan MTBE terjadi di *Continuous flow stirred-tank reactor* CSTR (R-110). Kedua bahan baku diumpankan ke reaktor (R-110) dengan perbandingan metanol dan isobutilena yaitu 2:1, kemudian ditambahkan katalis padat berupa *amberlyst 15*. Katalis ini berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berjalan cepat namun tidak mengubah kesetimbangan reaksi. Ketiga komponen diaduk dalam reaktor (R-110) dengan suhu 60°C, tekanan 15 atm dan kecepatan pengadukan 495,985 rpm (Sefti, 2022). Reaksi yang terjadi di dalam reaktor (R-110) adalah sebagai berikut:



Reaksi dalam reaktor menghasilkan panas, sehingga reaksi ini terjadi yaitu eksotermis (Farihin, 2022). Hasil keluaran dari reaksi ini berupa MTBE dan sisa dari metanol, air, isobutilena, i-butana, dan n-butana yang tidak bereaksi.



Gambar 1. Reaksi Antara Metanol dengan Isobutilena

### 3. Tahap Pemisahan

#### a. Tahap Pemisahan 1

Tahap pemisahan pertama terjadi pada *flash drum* (D-210) yaitu pemisahan fasa gas dan cair. Produk keluaran dari reaktor berupa MTBE, sisa dari metanol, air, isobutilena, i-butana, dan n-butana yang tidak bereaksi dialirkan menuju *flash drum* (D-210). Tekanan keluaran reaktor dinaikkan dengan bantuan valve, sedangkan suhu keluaran reaktor dinaikkan dengan bantuan dan heater (E-211) sampai sesuai dengan kondisi operasi *flash drum* (D-210) yaitu 99,3°C dan 4 atm. Pada *flash drum* (D-210) terjadi perubahan fasa campuran isobutilena, Metanol, Air, dan MTBE dari cair menjadi gas karena perubahan tekanan yang drastis,



sehingga terjadi pemisahan gas dan cair. Hasil atas pemisahan berupa campuran gas isobutilena, Metanol, Air, dan MTBE dilanjutkan ke proses pemisahan pada gas separator (H-220) untuk memisahkan campuran gas isobutilena. Hasil bawah berupa produk MTBE, metanol dan air. Hasil bawah ini di tampung ke dalam tangki penyimpanan utilitas.

#### b. Tahap Pemisahan 2

Tahap pemisahan kedua terjadi pada gas separator (H-220) untuk memisahkan produk MTBE, metanol, air dengan campuran gas isobutilena. Produk atas keluaran dari *flash drum* (D-210) di alirkan menuju kondensor (E-221) untuk dikondensasi kemudian diteruskan ke gas separator (H-220) dengan kondisi operasi suhu 50°C tekanan 4 atm. Produk atas dari proses ini berupa campuran gas isobutilena yang kemudian di teruskan ke tangki penyimpanan gas pada unit utilitas. Sedangkan produk bawah dari proses ini berupa MTBE, Metanol dan Air. Untuk mendapatkan MTBE lebih murni perlu dilakukan proses pemisahan kembali, untuk memisahkan antara MTBE dengan Metanol air. Proses pemisahan dilakukan menggunakan *flash drum* (D-230).

#### c. Tahap Pemisahan 3

Tahap pemisahan ketiga terjadi pada *flash drum* (D-230) untuk memisahkan produk MTBE dengan metanol, air. Sebelum masuk ke *flash drum* (D-230) produk keluaran gas separator (H-220) di panaskan dahulu menggunakan *heater* (E-231) agar mencapai kondisi operasi *flash drum* (D-230) yaitu 56°C. Produk bawah pada proses ini adalah metanol dan air yang kemudian di teruskan ke tangki penyimpanan pada unit utilitas. Sedangkan produk atas proses ini adalah MTBE dengan kemurnian 96% dan metanol. Sebelum di masukkan ke dalam tangki penyimpanan, produk keluaran *flash drum* (D-230) ini di alirkan ke kondensor (E-232) untuk dikondensasi kemudian di masukkan ke dalam tangki penyimpanan (F-234).

### 3. Utilitas

Utilitas merupakan unit pendukung proses produksi agar proses dapat berjalan dengan baik dan berkesinambungan. Berdasarkan kebutuhannya, unit utilitas pabrik Metil Tersier Butil Eter (MTBE) terdiri atas :

1. Unit Penyimpanan
2. Unit Pengolahan Air
3. Unit Penyediaan Steam
4. Unit Penyediaan Air Pendingin
5. Unit Penyediaan Listrik
6. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyimpanan untuk menampung sisa dari proses yang tidak dipakai yaitu produk bawah *flash drum* D-210, produk atas gas separator H-220, dan produk bawah *flash drum* D-230. Total kebutuhan air sebesar 50.816,60 m<sup>3</sup>/hari. Total

kebutuhan steam sebesar 15,47 m<sup>3</sup>/jam. Total kebutuhan air pendingin sebesar 2100,79 m<sup>3</sup>/jam. Total kebutuhan pendingin *brine* sebesar 250,59 m<sup>3</sup>/jam. Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi dari PLN sebesar 132,64 kWh dan generator set sebesar 1.427,70 kWh. Bahan bakar berupa solar dengan total kebutuhan 1231,07 lb/jam.

### 4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pada pabrik MTBE dilakukan guna mengetahui kelayakan didirikannya pabrik. Dasar perhitungan dari analisis ekonomi sebagai berikut. Aspek yang digunakan sebagai pertimbangan kelayakan berasal dari (Peters, M. S. dan K. D. Timmerhaus, 1991) yaitu:

1. *Annual Cash Flow* (ACF)
2. Waktu Pengembalian Modal
3. *Pay Out Time* (POT)
4. *Rate of Return* (ROR)
5. *Break Event Point* (BEP)

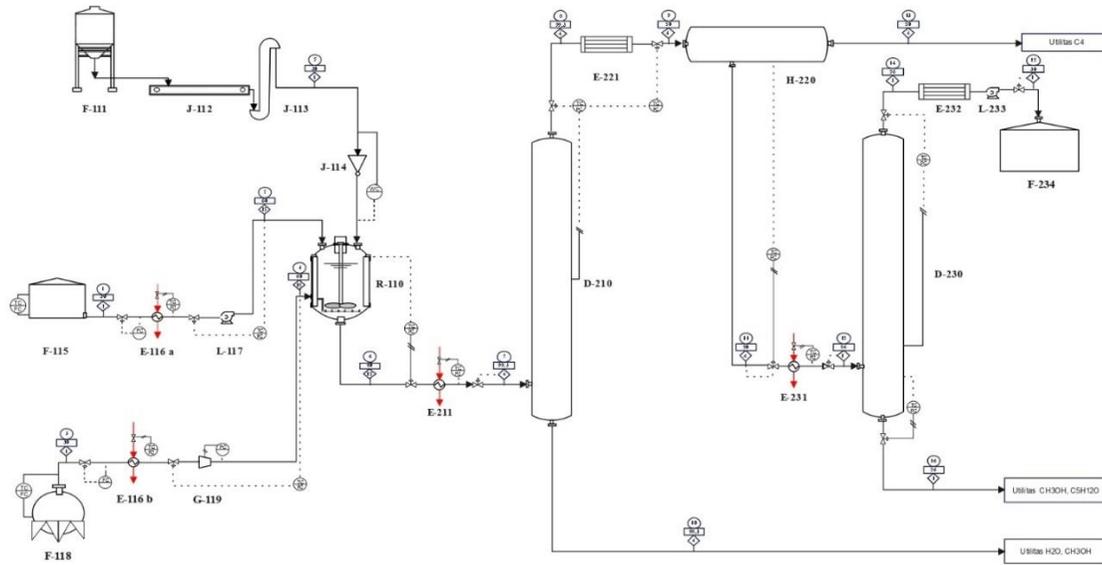
Hasil evaluasi kelayakan pabrik MTBE ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi Ekonomi

Parameter	Nilai	Kesimpulan
<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	29%	ACF > (10%), pabrik layak didirikan
Waktu pengembalian modal	4 tahun	Pengembalian modal < 5 tahun (5 tahun), pabrik layak didirikan
<i>Pay Out Time</i> (POT)	4,03 tahun	POT < 5 Tahun, layak didirikan
<i>Rate of Return</i> (ROR)	20%	ROR > bunga bank (10%), pabrik layak didirikan
<i>Break Event Point</i> (BEP)	41%	Pada rentang 40-50%, pabrik layak didirikan



**PRA RANCANGAN PABRIK METIL TERSIER BUTIL ETER (MTBE) DARI METANOL DAN ISOBUTILENA KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN			
F-111	Silo Amberlyst	E-232	Kondensor
J-112	Troughed Belt Conveyor	L-233	Pompa
J-113	Bucket Elevator	F-234	Tangki MTBE
J-114	Hopper		
F-115	Tangki Metanol		
E-116 a	Heater		
L-117	Pompa		
F-118	Tangki Isobutilena		
E-116 b	Heater		
G-119	Kompresor		
R-110	Reaktor		
E-211	Heater		
D-210	Flash Drum		
E-221	Kondensor		
H-220	Gas Separator		
E-231	Heater		
D-230	Flash Drum		
SIMBOL			
	Transmitter Suhu		Nomor Arus
	Kontrol Suhu		Suhu
	Transmitter Tekanan		Tekanan
	Kontrol Tekanan		Pipa
	Transmitter Level		Sensor
	Kontrol Level		

Komponen	Nomer Aliran															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Isobutilena			10471.1926	10471.1926		209.423851	209.423851	209.423851	209.423851				209.423851			
Butana			5.24083712	5.24083712		5.24083712	5.24083712	5.24083712	5.24083712				5.24083712			
Metanol						6098.8585	6098.8585	1864.79076	1864.79076	4234.06774	1864.79076	1864.79076		524.433257	524.433257	1340.3575
Air						60.0931963	60.0931963	36.4327503	36.4327503	23.660446	36.4327503	36.4327503				36.4327503
MTBE								16121.4563	16121.4563							3388.3138
Amberlyst -15								24625.4603								

Neraca Energi	Nama alat dan Kode																				
	Heater	E-116a	Heater	E-116b	Reaktor	R-110	Heater	E-211	Flas Drum	D-210	Kondensor	E-221	G Separator	H-220	Heater	E-231	Flash Drum	D-230	Kondensor	E-232	
Panas Masuk	1477201372,3		3272702518,1		205056675270,5		28388246985,2		23501209800,1		19682697386,7		6924718022,2		9275462868,7		8633314406,1		5882397797,3		
Panas Kehar	1477201372,3		3272702518,2		205056675270,6		28388246985,3		23501209800,2		19682697386,8		6924718022,3		9275462868,8		8633314406,2		5882397797,4		


**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

**DIAGRAM ALIR PROSES**  
**PRARANCANGAN PABRIK METIL TERSIER BUTIL ETER**  
**(MTBE) DARI METANOL DAN ISO BUTILENA**  
**KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN**

**DISUSUN OLEH:**  
 Nuval Wizzadan Pratama (201916401044)  
 Lintang Nurda Ahryuliat (201916401061)  
 Kharisma Anralla Az Zakaria (201916401100)

**DOSEN PEMBIMBING UTAMA:**  
 Ir. Boy Arief Fachri, S.T, M.T, Ph.D., IPM.

**DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA:**  
 Zuhria Mumtazah, S.Si., M.Si.

Gambar 2. Process Flow Diagram Pabrik MTBE



## 5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian proses dan hasil perhitungan pabrik MTBE diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik metil tersier butil eter (MTBE) direncanakan didirikan di Kariangau Balikpapan Barat, Balikpapan, Kalimantan Timur dengan luas lahan 100.000 m<sup>2</sup> dan kapasitas 105.000 ton/tahun.
2. Pabrik berupa badan usaha perseroan terbatas yang beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan tenaga kerja sebanyak 266 orang.
3. Bahan baku berupa metanol dari dalam negeri dan isobutilena diimpor dari Cina dengan perbandingan 2:1, serta katalis amberlyst-15 dari dalam negeri.
4. Evaluasi ekonomi diperoleh:
  - *Annual cash flow* (ACF) : 29%
  - Waktu pengembalian modal : 4 tahun
  - *Pay out time* (POT) : 4,03 tahun
  - *Rate of return* (ROR) : 20%
  - *Break event point* (BEP) : 41%
5. Berdasarkan evaluasi ekonomi disimpulkan pabrik metil tersier butil eter (MTBE) dari metanol dan isobutilena dengan kapasitas produksi 105.000 ton/tahun ini layak didirikan.

## Daftar Pustaka

A. S. G, 2019. "Isobutilena Kapasitas : 300 . 000 Ton Per Tahun Diajukan Oleh ;," Universitas

Katolik Widya Mandala Surabaya.

Chandra asri, "Pabrik MTBE dan B1 Chandra Asri Telah Mulai Beroperasi Untuk Pasok Kebutuhan Dalam Negeri," 2020. [https://www.chandra-asri.com/files/attachments/press\\_releases/2020/Press\\_Release-Chandra\\_Asri\\_Operasikan\\_Pabrik\\_MTBE\\_B1.pdf](https://www.chandra-asri.com/files/attachments/press_releases/2020/Press_Release-Chandra_Asri_Operasikan_Pabrik_MTBE_B1.pdf)

D. I. Sefti, 2022. "Prarancangan Pabrik N-Butil Asetat Dari Butanol Dan Asam Asetat Dengan Katalis Amberlyst-15 Menggunakan Proses Esterifikasi Fischer Kapasitas 50.000 Ton/Tahun," Sekolah Vokasi Semarang.

F. D. . M. farihin Putri, 2022. "Prarancangan Pabrik Metil Tersier Butil Eter dari Metanol dan Isobutilena Kapasitas 70.000 Ton/Tahun," Universitas Sebelas Maret Surakarta.

K. ESDM, 2022. "Konsumsi Peralite Capai 23 Juta KL, Paling Banyak Digunakan Masyarakat," <https://migas.esdm.go.id/post/read/konsumsi-pertalite-capai-23-juta-kl-paling-banyak-digunakan-masyarakat> (accessed Oct. 11, 2023).

Kusnarjo, *Desain Pabrik Kimia*. 2010.

Peters, M. S. dan K. D. Timmerhaus, 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, Fourth Edition. Mc Graw-Hill Book Co: New York.

