

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Korlantas Polri per 29 Agustus 2024, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 164.136.793 unit. Dari jumlah tersebut, sepeda motor mendominasi dengan 137.350.299 unit (83,6%), diikuti oleh mobil penumpang sebanyak 20.122.177 unit (12,2%) yang menjadikan kebutuhan bensin sebagai bahan bakar kendaraan bermotor juga semakin meningkat. Bensin memiliki beberapa jenis, di antaranya *pertamax racing*, *pertamax turbo*, *pertamax*, *pertalite* dan *premium*. Meningkatnya kebutuhan bahan bakar tersebut perlu diikuti dengan perkembangan dan peningkatan kualitas bahan bakar minyak sebagai pendukung dalam perkembangan kendaraan bermotor tersebut.

Salah satu cara efektif yaitu dengan penambahan zat aditif untuk menaikkan angka oktan bahan bakar tersebut. Penambahan zat aditif dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin kendaraan karena cepat aus. Pada umumnya zat aditif yang digunakan yaitu *Tetraethyl Lead* (TEL) dan *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE). Akan tetapi, di beberapa negara maju penggunaan TEL sudah mulai dibatasi. TEL dinilai mengandung timbal yang dapat menimbulkan pencemaran udara dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia. Beberapa senyawa alternatif non-logam, misalnya metanol, etanol, anilin dan eter pada dewasa ini dikembangkan untuk menggantikan TEL sebagai bahan aditif. Salah satu diantara senyawa tersebut adalah *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE), $\text{CH}_3\text{OC}_4\text{H}_9$ sebagai senyawa organik yang tidak mengandung logam dan tidak membentuk senyawa peroksida yang berbahaya bagi lingkungan (Philip Kristanto, 2002).

Kapasitas produksi MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*) telah mengalami pertumbuhan yang stabil. Hal ini disebabkan oleh permintaan MTBE yang tinggi sebagai bahan penambah angka oktan pada bensin. Angka oktan yang lebih tinggi pada bensin dapat meningkatkan performa mesin kendaraan dan mengurangi knocking (ketukan mesin). Karena fungsinya yang penting tersebut, MTBE umumnya dijual dengan harga yang lebih tinggi dibandingkan bensin biasa. Kisaran harganya biasanya sekitar 120% hingga 160% dari harga bensin standar. Perbedaan harga ini mencerminkan nilai tambah MTBE dalam meningkatkan kualitas bahan bakar serta

biaya produksinya yang lebih kompleks dibandingkan bensin konvensional (Steyermark, 1984). Oleh karena itu, dengan penambahan MTBE dapat meningkatkan nilai oktan / *Research Octan Number* (RON) dari gasolin karena MTBE memiliki nilai oktan yang tinggi. Untuk memperoleh performa mesin yang tinggi diperlukan ratio kompresi mesin yang tinggi, modifikasi katup mesin dan sistem asupan bahan bakar, atau menggunakan bahan bakar dengan kalor pemanasan yang tinggi selain nilai oktan yang tinggi (Topgül, 2015).

Di Indonesia kebutuhan senyawa MTBE masih sangat bergantung pada produk impor dari negara lain seperti China, Amerika Serikat, Korea Selatan dan Jerman. Sehingga pendirian pabrik MTBE dinilai sangat diperlukan untuk menekan angka impor MTBE dari luar negeri dan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kemudian apabila memungkinkan MTBE produksi dalam negeri dapat di ekspor keluar negeri untuk menambah keuangan negara serta meningkatkan peran serta Indonesia dalam dunia industri berskala internasional.

Bahkan hingga tahun 2024 telah tercatat bahwa kebutuhan akan MTBE di Indonesia mencapai sebesar 31.549,012 ton/tahun dan merupakan impor terbesar yang pernah dilakukan Indonesia. Dari data ini dapat kita lihat bahwasanya prospek pasar MTBE di Indonesia akan sangat baik kedepannya. Hal ini juga menunjukkan bahwa tingginya jumlah kebutuhan dan konsumsi MTBE di Indonesia sebagai bahan aditif. Oleh karena itu, dengan berdirinya pabrik MTBE di Indonesia akan sangat menguntungkan karena dapat mengurangi jumlah impor Indonesia dan dapat di ekspor ke berbagai negara di sekitar Indonesia sehingga akan meningkatkan pendapatan negara melalui devisa.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan MTBE di Indonesia terus meningkat untuk mendukung industri bahan bakar, namun negara masih bergantung pada impor untuk memenuhi permintaan tersebut. Oleh karena itu, perlu dirancang pabrik MTBE dengan kapasitas 100.000 ton per tahun untuk mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan nilai ekonomi dan menambah devisa negara melalui ekspor. Pabrik ini akan menggunakan metanol dan isobutilena sebagai bahan baku dengan proses Snamprogetti (*Single Stage Process*).

1.3 Tujuan Pra Rancangan

Prarancangan pabrik pembuatan MTBE ini bertujuan untuk mengaplikasikan ilmu Teknik Kimia khususnya dibidang perancangan, analisis proses dan operasi gambaran kelayakan prarancangan pabrik pembuatan MTBE. Selain itu, tujuan prarancangan pabrik pembuatan MTBE bertujuan untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor MTBE, yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri bahan bakar, serta memenuhi permintaan pasar domestik yang terus berkembang.

1.4 Manfaat Pra Rancangan

Manfaat dari prarancangan pabrik pembuatan MTBE ini adalah tersedianya informasi mengenai pabrik MTBE dari metanol dan isobutilena sebagai bahan baku sehingga dapat menjadi referensi untuk pendirian pabrik MTBE, dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan semakin meningkat, dapat menghemat anggaran devisa Negara karena laju impor dapat ditekan dan dapat membuka lapangan kerja baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran.

1.5 Batasan masalah

Prarancangan pabrik ini secara analisis hanya difokuskan pada pembuatan:

1. Pabrik MTBE dari metanol dan isobutilena dengan proses Snamprogetti (*Single Stage Process*)
2. Penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik kimia ini adalah fokus pada hasil neraca massa, neraca energi, pembuatan *flowsheet* pada kondisi *steady state*, pemasangan alat faktor, spesifikasi peralatan, unit utilitas dan faktor ekonomi.

1.6 Penentuan Kapasitas Prarancangan Pabrik

Adapun Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis. Sejatinya pabrik yang akan didirikan memiliki kapasitas produksi yang optimal sehingga dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal dengan biaya yang minimal. Tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor

lainnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas pabrik yaitu data kebutuhan MTBE di Indonesia yang akan diuraikan berikut ini.

1.6.1 Kapasitas Produksi *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh hingga saat ini tahun 2025, di Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi *Methyl Tertiary Butyl Ether*, yaitu pada Perusahaan PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk. PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk memproduksi dimetil eter dengan data desain sebesar 128.000 ton/tahun (PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, 2024).

1.6.2 Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Dunia

Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) digunakan sebagai penambah zat aditif untuk menaikkan angka oktan bahan bakar. Penambahan zat aditif dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin kendaraan karena cepat aus. Negara-negara yang memiliki kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di dunia dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Negara Kebutuhan MTBE Terbesar di Dunia

No	Negara
1.	Cina
2.	Jepang
3.	Belgia
4.	Amerika
5.	Brazil
6.	Indonesia

Sumber : (UN Data, 2024)

Untuk mengetahui berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang dibutuhkan oleh tiap negara yang terdapat pada tabel 1.1, maka dilakukan pencarian data kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di setiap Negara.

1. Kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina

Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Cina dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan meningkatkan nilai ekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan.

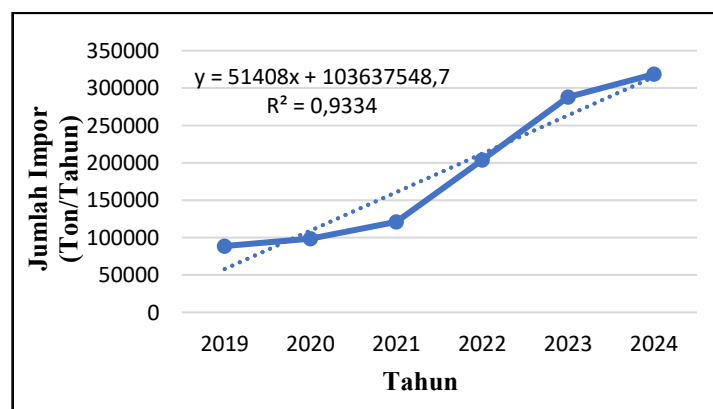
Adapun kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Cina didapat pada tahun 2019 - 2024 dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina

Tahun	Jumlah Impor
2019	88.738,044
2020	98.658,442
2021	121.222,324
2022	203.806,198
2023	287.896,957
2024	318.532

Sumber : (UN Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 1.2 data kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di negara Cina dari tahun 2019-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahunnya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina masih banyak bergantung pada *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor negara Cina pada tahun 2028, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2019-2024, kenaikan data impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor di Cina

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 51408x + 103637548,7$. Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 51408x +$

103637548,7 dimana y adalah kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina

Tahun	Jumlah Impor (Tahun)
2025	463.651,3
2026	515.059,3
2027	566.467,3
2028	617.875,3
2029	669.283,3
2030	720.691,3

Dapat dilihat pada Tabel 1.3 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Cina setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Cina pada tahun 2028 mencapai 617.875,3 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* ke negara Cina, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan di ekspor ke Cina dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang ekspor = 617.875,3 - 318.532

Peluang ekspor = 299.343,3 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun 2028 mencapai 299.343,3 Ton ke negara Cina.

2. Kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang

Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Jepang dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan meningkatkan nilai ekspor *Methyl Tertiary Butyl*

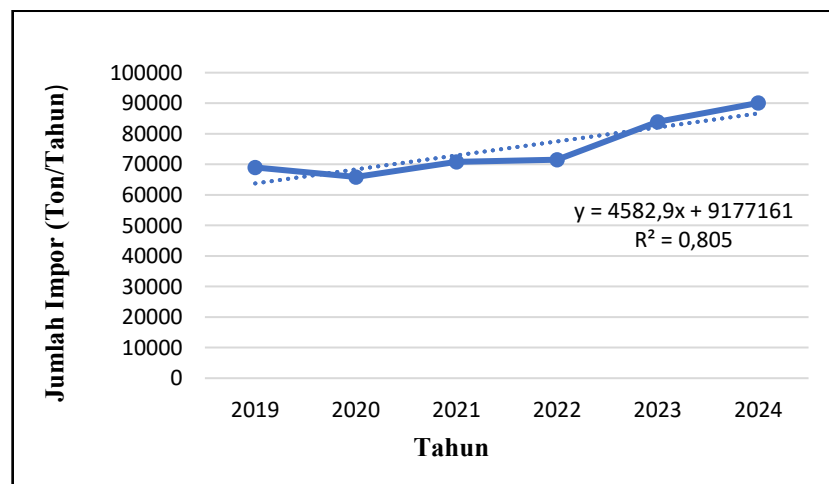
Ether di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Jepang didapat pada tahun 2019 - 2024 dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang

Tahun	Jumlah Impor
2019	68.984,347
2020	65.863,228
2021	70.839,301
2022	71.493,617
2023	83.939,301
2024	90.088,2

Sumber : (UN Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 1.4 data kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di negara Jepang dari tahun 2019-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang masih banyak bergantung pada *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor negara Jepang pada tahun 2028, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2019-2024, kenaikan data impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Impor di Jepang

Berdasarkan Gambar 1.2 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 4582,9x + 9177161$. Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 4582,9x + 9177161$ dimana y adalah kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang dapat dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang

Tahun	Jumlah Impor (Tahun)
2025	103.211,5
2026	107.794,4
2027	112.377,3
2028	116.960,2
2029	121.543,1
2030	126.126

Dapat dilihat pada Tabel 1.5 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Jepang setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Jepang pada tahun 2028 mencapai 116.960,2 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* ke negara Jepang, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan di ekspor ke Jepang dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang ekspor = 116.960,2 - 90.088,2

Peluang ekspor = 26.872 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun 2028 mencapai 26.872 Ton ke negara Jepang.

3. Kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil

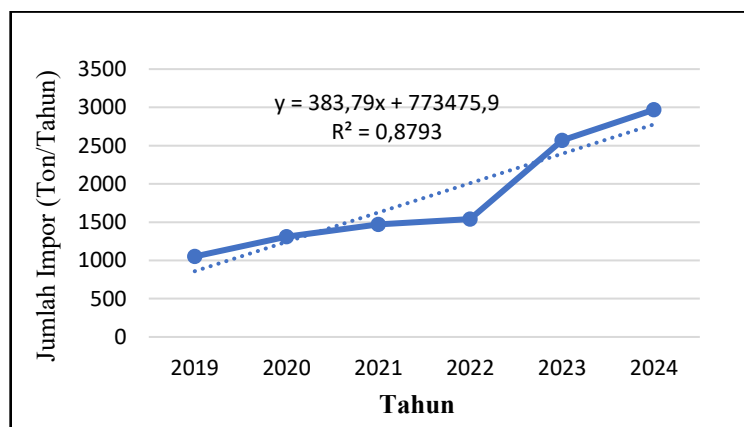
Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Brazil dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan meningkatkan nilai ekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Brazil didapat pada tahun 2019 - 2024 dapat dilihat pada tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil

Tahun	Jumlah Impor
2019	1.051,617
2020	1.310,251
2021	1.469,693
2022	1.540,567
2023	2.568
2024	2.969

Sumber : (UN Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 1.6 data kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di negara Brazil dari tahun 2019-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil masih banyak bergantung pada *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor negara Brazil pada tahun 2028, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2019-2024, kenaikan data impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor di Brazil

Berdasarkan Gambar 1.3 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 383,79x + 773475,9$. Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 383,79x + 773475,9$ dimana y adalah kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil dapat dilihat pada tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika

Tahun	Jumlah Impor (Tahun)
2025	3.698,85
2026	4.082,64
2027	4.466,43
2028	4.850,22
2029	5.234,01
2030	5.617,8

Dapat dilihat pada Tabel 1.7 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Brazil setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Brazil pada tahun 2028 mencapai 4.850,22 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* ke negara Brazil, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan di ekspor ke Brazil dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang ekspor = 4.850 - 2.969

Peluang ekspor = 1.881 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun 2028 mencapai 1.881 Ton ke negara Brazil.

4. Kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika

Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Amerika dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan meningkatkan nilai ekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Amerika didapat pada tahun 2019 - 2024 dapat dilihat pada tabel 1.8.

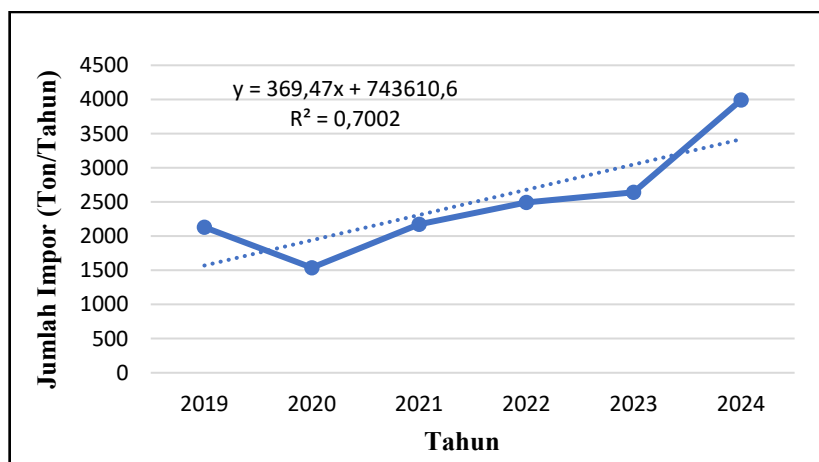
Tabel 1.8 Data Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika

Tahun	Jumlah Impor
2019	2.129,574
2020	1.538
2021	2.172
2022	2.493
2023	2.640
2024	3.990,72

Sumber : (UN Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 1.8 data kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di negara Amerika dari tahun 2019-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika masih banyak bergantung pada *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor negara Amerika pada tahun 2028, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan

impor pada tahun 2019-2024, kenaikan data impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor di Amerika

Berdasarkan Gambar 1.4 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 369,47x + 743610,6$. Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 369,47x + 743610,6$ dimana y adalah kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika dapat dilihat pada tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika

Tahun	Jumlah Impor (Tahun)
2025	4.566,15
2026	4.935,62
2027	5.305,09
2028	5.674,56
2029	6.044,03
2030	6.413,5

Dapat dilihat pada Tabel 1.9 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Amerika setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Amerika pada tahun 2028 mencapai 5.674,56 ton, untuk mengetahui peluang mengeksport *Methyl Tertiary Butyl Ether* ke negara Amerika, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl*

Ether yang akan di ekspor ke Amerika dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang ekspor = 5.674,5600 – 3.990,7200

Peluang ekspor = 3.035 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun 2028 mencapai 3.035 Ton ke negara Amerika.

5. Kebutuhan Impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia

Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Belgia dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan meningkatkan nilai ekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada negara Belgia didapat pada tahun 2019 - 2024 dapat dilihat pada tabel 1.10.

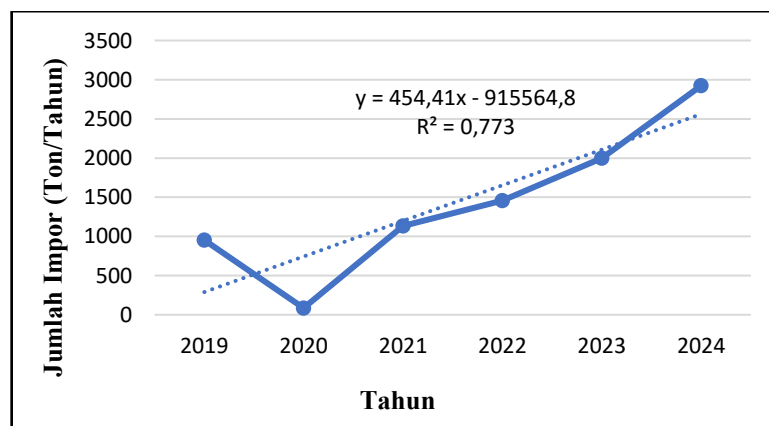
Tabel 1.10 Data Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia

Tahun	Jumlah Impor
2019	954,709
2020	86,026
2021	1.134,443
2022	1.456,418
2023	1.998,43
2024	2.923,713

Sumber : (UN Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 1.10 data kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di negara Belgia dari tahun 2019-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia masih banyak bergantung pada *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* impor

negara Belgia pada tahun 2028, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2019-2024, kenaikan data impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.5.



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor di Belgia

Berdasarkan Gambar 1.5 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 454,41x - 915564,8$. Kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 454,41x - 915564,8$ dimana y adalah kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia dapat dilihat pada tabel 1.11.

Tabel 1.11 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia

Tahun	Jumlah Impor (Tahun)
2025	4.615,45
2026	5.069,86
2027	5.524,27
2028	5.978,68
2029	6.433,09
2030	6.887,5

Dapat dilihat pada Tabel 1.11 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor *Methyl Tertiary Butyl Ether* di Belgia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Belgia pada tahun 2028 mencapai 5.978,68 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* ke negara

Belgia, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* yang akan di ekspor ke Belgia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang ekspor = 5.978,68 - 2.923,713

Peluang ekspor = 3.054,967 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* pada tahun 2028 mencapai 3.054,967 Ton ke negara Belgia. Berdasarkan data kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di dunia yang telah di dapat, maka peluang ekspor ke luar negeri dapat dihitung dengan menjumlahkan total peluang ekspor sebagai berikut :

Peluang ekspor Luar negeri = Peluang Ekspor Cina + Peluang Ekspor Jepang +
Peluang Ekspor Brazil + Peluang Ekspor Amerika +
Peluang Ekspor Belgia

Peluang ekspor Luar negeri = 299.343,3 + 26.872 + 3.054,967 + 1.881,136 + 3.035

Peluang ekspor Luar negeri = 334.186,233 Ton

Dari perhitungan peluang ekspor, maka pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang total untuk memenuhi kebutuhan *Methyl Tertiary Butyl Ether* di luar negeri dengan mengekspor *Methyl Tertiary Butyl Ether* sebanyak 334.186,233 ton.

1.6.3 Data Kebutuhan MTBE di Indonesia

Produksi MTBE di Indonesia tidak sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia, namun di produksi juga untuk meningkatkan nilai ekspor. Adapun data Kebutuhan MTBE di Indonesia tercantum pada Tabel 1.12.

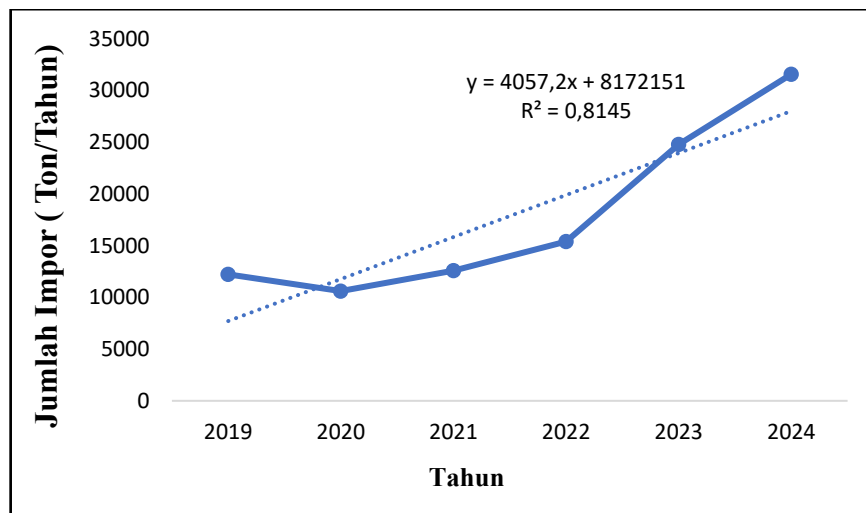
Tabel 1.12 Kebutuhan Impor MTBE di Indonesia

Tahun	Jumlah Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
2019	12.207,749
2020	10.602,944
2021	12.581,481

2022	15.387,508
2023	24.766,614
2024	31.549,012

Sumber: (UN data, 2024)

Adapun grafik kebutuhan MTBE di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari UN data pada tahun 2024 dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Grafik Impor MTBE di Indonesia

Pada 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 seiring dengan pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku akan MTBE. Untuk menghitung kebutuhan akan MTBE pada tahun berikutnya menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan MTBE dapat diketahui dengan persamaan:

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

$$y = 4057,2$$

$$y = 4057,2(2028) - 8172151$$

$$y = 55.850,6$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan MTBE di Indonesia pada tahun 2028 adalah sebesar 55.850,6 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Data Ekstrapolasi Kebutuhan MTBE di Indonesia

Tahun	Jumlah Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
2025	43.679
2026	47.736,2
2027	51.793,4
2028	55.850,6
2029	59.907,8
2030	63.965

Dapat dilihat pada Tabel 1.13 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor MTBE di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Indonesia pada tahun 2028 mencapai 55.850,6 Ton, untuk mengetahui peluang kebutuhan MTBE di Indonesia, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan MTBE yang akan mencukupi di Indonesia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang kebutuhan = Kebutuhan Impor pada tahun 2028 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang kebutuhan = 55.850,6 - 31.549,012

Peluang kebutuhan = 24.301,6 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mencukupi MTBE di Indonesia pada tahun 2028 mencapai 24.301,6 Ton. Sementara itu produksi MTBE di Indonesia hanya dilakukan oleh PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk dengan kapasitas 128.000 Ton/Tahun. Sedangkan kebutuhan MTBE di luar negeri yang telah dihitung kebutuhannya sebesar 334.186,233Ton/Tahun.

Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi MTBE yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu *Saudi Basic Industrial* dengan jumlah 700.000 ton/tahun, sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu *Mitsui Chemicals* dengan jumlah 50.000 ton/tahun. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara luar dapat kita lihat pada tabel 1.14

Tabel 1.14 Kapasitas Perusahaan MTBE di Luar Negeri

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Saudi Basic Industrial	700.000
Petro China Company Limited	675.000
Enterprise Products Partners	530.000
Oxeno (LANXESS)	60.000
Mitsui Chemicals	50.000

(Sumber : ICIS,2021)

Untuk membantu memenuhi kebutuhan MTBE dalam negeri dan luar negeri, maka diambil kapasitas pra-rancangan pabrik sebesar 100.000 Ton/Tahun dengan mencakup MTBE di Indonesia tidak lebih dari peluang kebutuhan MTBE di Indonesia yaitu diambil 10% atau 10.000 Ton. Sedangkan MTBE yang akan di ekspor untuk mencukupi kebutuhan di luar negeri dapat dilihat pada tabel 1.15.

Tabel 1.15 Peluang Ekspor MTBE di Luar Negeri

NO	Negara	Peluang Ekspor (Ton)	Jumlah Ekspor (Ton)	Ekspor (%)
1	China	299.343,3	84.000	40
2	Jepang	26.872	5000	25
3	Belgia	3.054,967	600	15
4	Brazil	1.881,136	200	5
5	Amerika Serikat	3.035	200	5
Jumlah		334.186,233	90.000	90

Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari dalam negeri dan luar negeri, maka MTBE (*Methyl Tert-Butyl Ether*) direncanakan akan beroperasi pada tahun 2028 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Dimana produk MTBE ini sebanyak 10% akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia sedangkan 90% lagi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri yaitu China, Jepang, Belgia, Brazil dan Amerika Serikat. Kapasitas perancangan pabrik MTBE ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan MTBE (*Methyl Tert-Butyl Ether*) dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun dan menambah devisa negara untuk ekspor ke luar negeri.
2. Ketersediaan bahan baku dalam negeri yang mencukupi untuk kapasitas produksi tersebut diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri sebagai pemasok metanol dan PT Petrokimia Butadiene Indonesia sebagai penyedia isobutilena.
3. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan MTBE (*Methyl Tert-Butyl Ether*) sebagai bahan baku dan dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
4. Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri sehingga dapat menambah devisa negara.

1.7 Pemilihan Proses

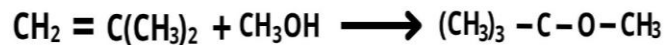
Secara umum, ada tiga macam proses yang digunakan pada pembuatan MTBE dalam skala metanol maupun laboratorium, yaitu Proses *UOP/Hulls*, Proses *Two-stage Oxeno* dan Proses *Snamprogetti*. Berikut masing-masing penjelasan dari 3 proses tersebut :

1.7.1 Proses UOP/Hulls

A. Uraian Proses

Proses *UOP/Hulls* dikembangkan oleh perusahaan *Chemische Werke Hulls* dan dikenal sebagai salah satu metode komersial dalam produksi MTBE. Proses ini mirip dengan proses *Phillips* dalam hal penggunaan bahan baku, yaitu isobutilena dan metanol. Reaksi berlangsung di dalam kedua reaktor adiabatik dengan yang mengandung katalis Resin ion Bayer K-2631. Reaktor kedua menyelesaikan reaksi isoolefin menjadi eter dengan konversi 99%. Pendinginan antar reaktor diperlukan untuk memaksimalkan pendekatan kesetimbangan pada reaktor kedua. Suhu reaksi yang digunakan dalam proses ini adalah 70°C, dengan tekanan operasi sebesar 6 atm.

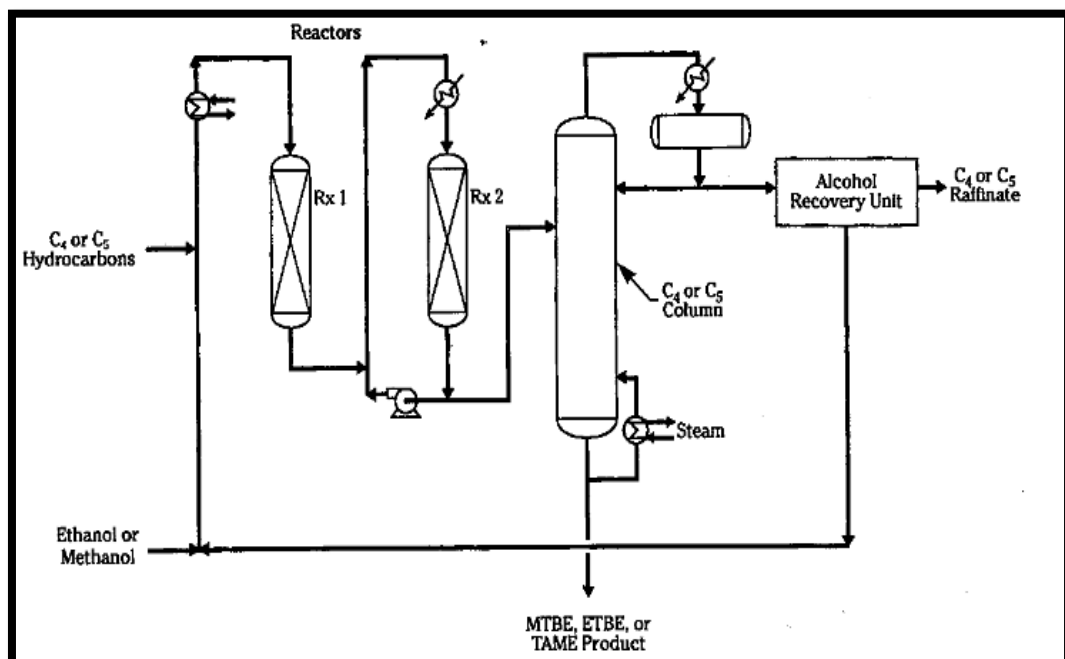
Setelah reaksi, produk MTBE dipisahkan dari sisa metanol menggunakan kolom distilasi. Sisa metanol yang belum bereaksi dipulihkan menggunakan metode ekstraksi, metanol dipisahkan dari isobutilena menggunakan air dalam kolom ekstraksi, lalu dipulihkan melalui distilasi dan dikembalikan ke reaktor. Metanol kemudian dipisahkan dari air melalui proses distilasi, di mana air yang telah digunakan dalam ekstraksi dikembalikan ke sistem pemulihan, sementara metanol yang telah dipisahkan digunakan kembali dalam proses reaksi. Proses ini sangat efektif dalam memaksimalkan penggunaan bahan baku melalui pemulihan metanol yang tidak bereaksi (*Handbook Of Petroleum Refining Processes Second Edition*, 1996).



Reaksi : **Isobutylene** **Methanol** **MTBE** 1.1

(Sumber: *Handbook Of Petroleum Refining Processes Second Edition*, 1996)

Adapun *flowsheet* dasar dari reaksi pembentukan MTBE proses UOP/Hulls dengan terdapat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Flow sheet dasar pembuatan MTBE Proses UOP/Hulls

(Sumber: *Handbook Of Petroleum Refining Processes Second Edition*, 1996)

B. Analisa Ekonomi

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan pada Tabel 1.16

Tabel 1.16 Harga Bahan Baku

No.	Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga/Kg
1.	Isobutilena	56,10	110.955
2.	Metanol	32,04	75.000
3.	MTBE	88,15	224.000
4.	Katalis resin Penukar ion Bayer K-2631	225	15.064

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

• Harga Bahan Baku

a. Isobutilena

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 56,10 \text{ gr/mol} = 56,10 \text{ gr} \\
 &= 0,0561 \text{ kg} \times \text{Rp } 110.955/\text{Kg} = \text{Rp } 6.225
 \end{aligned}$$

b. Metanol

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 32,04 \text{ gr/mol} = 32,04 \text{ gr} \\
 &= 0,03202 \text{ kg} \times \text{Rp } 75.000/\text{Kg} = \text{Rp } 2.401,5
 \end{aligned}$$

c. Katalis resin Penukar ion Bayer K-2631

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 225 \text{ gr/mol} = 225 \text{ gr} \\
 &= 0,225 \text{ kg} \times \text{Rp } 15.064/\text{kg} = \text{Rp } 3.389
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Bahan} &= \text{Rp } 6.225 + \text{Rp } 2.401,5 + \text{Rp } 3.389 \\
 &= \text{Rp } 12.015,5
 \end{aligned}$$

• Harga Produk

a. MTBE

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 88,15 \text{ gr/mol} = 88,15 \text{ gr} \\
 &= 0,08815 \text{ Kg} \times \text{Rp } 224.000/\text{kg} = \text{Rp } 19.745,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= \text{Rp } 19.745,6 - \text{Rp } 12.015,5 \\
 &= \text{Rp } 7.730
 \end{aligned}$$

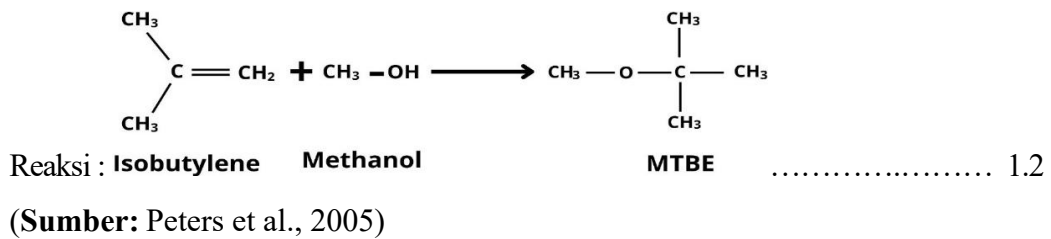
1.7.2 Proses *Two-stage Oxeno*

A. Uraian Proses

Proses produksi MTBE dalam metode *Two-stage Oxeno* MTBE melibatkan dua tahap utama yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi konversi dan kemurnian produk. Tahap pertama dimulai dengan reaksi antara bahan baku isobutilena dan metanol dalam reaktor multitubular. Dalam proses *Two-Stage Oxeno* MTBE, konversi isobutena dilakukan secara bertahap melalui dua reaktor utama dan dilengkapi dengan tahap distilasi katalitik untuk memastikan efisiensi maksimum. Pada reaktor pertama, yang dirancang sebagai reaktor multitubular, konversi isobutena mencapai sekitar 85%. Reaksi berlangsung menggunakan katalis resin ion asam dalam fase cair, dengan pengelolaan panas reaksi secara metanol untuk menjaga stabilitas operasional. Selanjutnya, campuran reaksi yang keluar dari reaktor pertama dialirkan ke reaktor kedua, berfungsi untuk meningkatkan konversi isobutena hingga sekitar 95–97%.

Proses *Two-Stage Oxeno* MTBE menggunakan katalis resin ion asam makropori. Katalis ini merupakan jenis katalis padat yang sangat efektif untuk reaksi antara isobutilena dan metanol. Resin ini memiliki sifat asam yang memungkinkan reaksi berlangsung dengan selektivitas tinggi terhadap pembentukan MTBE, serta stabilitas yang baik pada kondisi operasional tekanan 1,0–1,5 Mpa dan suhu 50–90 °C.

Paada tahap kedua, sisa isobutilena yang tidak bereaksi diumpankan ke reaktor adiabatik untuk konversi lebih lanjut. Campuran hasil reaksi kemudian diproses dalam menara distilasi katalitik, yang berfungsi sebagai reaktor dan pemisah, menghilangkan metanol kesetimbangan reaksi. Produk MTBE segera dipisahkan, memungkinkan reaksi berlanjut hingga kemurniannya sekitar 99%. Setelah distilasi, metanol yang tersisa dipisahkan dan dikembalikan ke reaktor, mengurangi kehilangan bahan baku dan meningkatkan efisiensi proses (Peters et al., 2005)



$$= 1 \text{ Mol} \times 56,10 \text{ gr/mol} = 56,10 \text{ gr}$$

$$= 0,0561 \text{ kg} \times \text{Rp } 110.955/\text{Kg} = \text{Rp } 6.225$$

b. Metanol

$$= 1 \text{ Mol} \times \text{BM}$$

$$= 1 \text{ Mol} \times 32,04 \text{ gr/mol} = 32,04 \text{ gr}$$

$$= 0,03202 \text{ kg} \times \text{Rp } 75.000/\text{Kg} = \text{Rp } 2.401,5$$

c. Resin Ionik Asam Makropori

$$= 1 \text{ Mol} \times \text{BM}$$

$$= 1 \text{ Mol} \times 228 \text{ gr/mol} = 228 \text{ gr}$$

$$= 0,228 \text{ kg} \times \text{Rp } 12.650/\text{kg} = \text{Rp } 2.884$$

$$\text{Total Harga Bahan} = \text{Rp } 6.225 + \text{Rp } 2.401,5 + \text{Rp } 2.884$$

$$= \text{Rp } 11.510,5$$

• Harga Produk

b. MTBE

$$= 1 \text{ Mol} \times \text{BM}$$

$$= 1 \text{ Mol} \times 88,15 \text{ gr/mol} = 88,15 \text{ gr}$$

$$= 0,08815 \text{ Kg} \times \text{Rp } 224.000/\text{kg} = \text{Rp } 19.745,6$$

$$\text{Total keuntungan} = \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku}$$

$$= \text{Rp } 19.745,6 - \text{Rp } 11.510,5$$

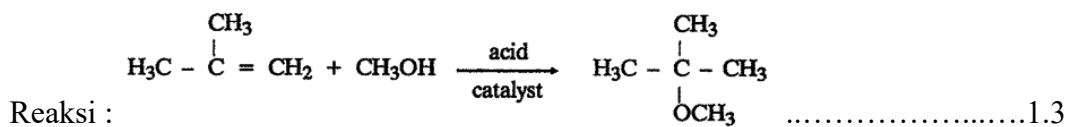
$$= \text{Rp } 8.235$$

1.7.3 Proses Snamprogetti

A. Uraian Proses

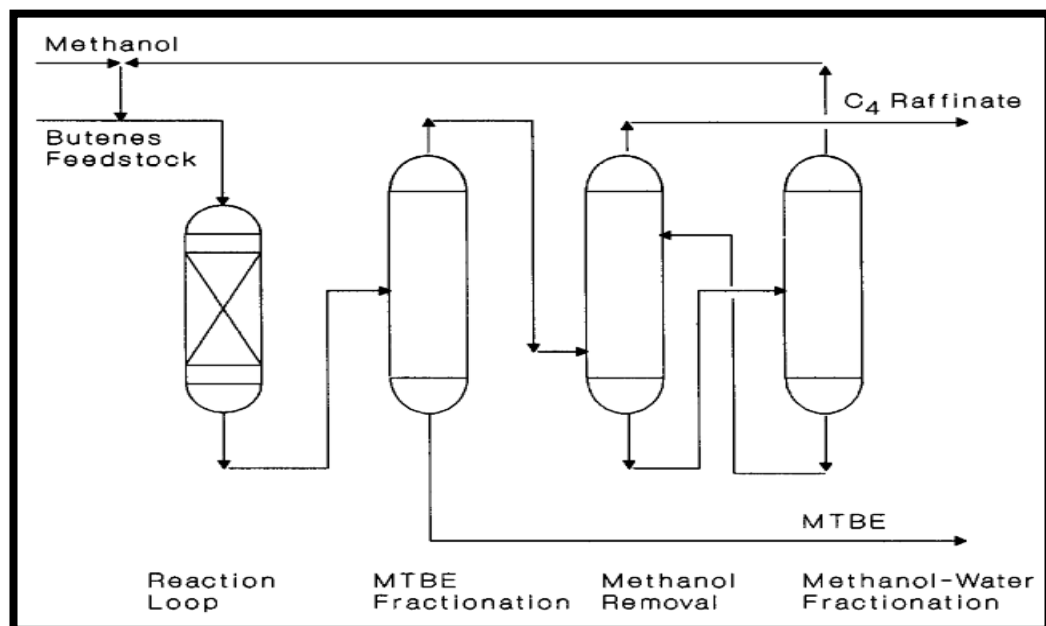
Proses Snamprogetti adalah metode produksi MTBE yang dipelopori oleh perusahaan Snamprogetti. Proses ini menggunakan isobutilena sebagai bahan baku, yang direaksikan dengan metanol dalam reaktor multitubular pada suhu 30-100°C dan tekanan 5-10 atm. Proses ini menghasilkan konversi yang tinggi, yaitu sekitar 95-99%, menggunakan katalis *Amberlyst-15*. Katalis *Amberlyst-15* merupakan resin penukar ion dengan gugus sulfonat yang bersifat asam kuat, katalis *Amberlyst-15* umumnya digunakan pada reaksi esterifikasi dan dapat digunakan untuk mensintesis senyawa MTBE menjadikannya salah satu metode yang paling efisien dalam produksi MTBE.

Produk yang dihasilkan dari reaktor kemudian dipisahkan melalui distilasi, di mana MTBE yang telah terbentuk dipisahkan dari metanol yang tidak bereaksi. Pemurnian lebih lanjut dilakukan dengan kolom absorpsi untuk memisahkan metanol sisa dari produk MTBE. Kolom absorpsi dipilih karena mampu secara efektif memisahkan metanol berdasarkan perbedaan kelarutan dan interaksi kimia dengan pelarut yang digunakan. Selanjutnya produk dimurnikan kembali menggunakan distilasi untuk menghilangkan air yang tersisa setelah absorpsi. Selain itu, proses ini menghasilkan produk MTBE dengan kemurnian hingga 99%. (Hatchings, Nicolaides dan Scurrrell, 1992)



(Sumber: Hatchings, Nicolaides dan Scurrrell, 1992)

Adapun *flowsheet* dasar dari rekasi pembentukan MTBE proses Snamprogetti dengan terdapat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 *Flow sheet* dasar pembuatan MTBE Proses Snamprogetti

(Sumber: Hatchings, Nicolaides dan Scurrrell, 1992)

B. Analisa Ekonomi

Berikut ini merupakan rincian tentang harga bahan baku yang digunakan dari produk dihasilkan pada Tabel 1.18.

Tabel 1.18 Harga Bahan Baku

Bahan	Berat Molekul (gr/mol)	Harga (Rp/kg)
Isobutilena	56,10	99.755
Metanol	32,04	75.000
MTBE	88,15	224.000
<i>Amberlyst-15</i>	314,4	6.447

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

- Harga Bahan Baku**

- a. Isobutylene

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 56,10 \text{ gr/mol} = 56,10 \text{ gr} \\
 &= 0,0561 \text{ kg} \times \text{Rp } 110.955/\text{Kg} = \text{Rp } 6.225
 \end{aligned}$$

- b. Metanol

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 32,04 \text{ gr/Mol} = 32,04 \text{ gr} \\
 &= 0,03202 \text{ kg} \times \text{Rp } 75.000/\text{Kg} = \text{Rp } 2.401,5
 \end{aligned}$$

- c. *Amberlyst-15*

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 314,4 \text{ gr/Mol} = 314,4 \text{ gr} \\
 &= 0,314 \text{ Kg} \times \text{Rp } 10.047/\text{Kg} = \text{Rp } 3.159
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Bahan} &= \text{Rp } 6.225 + \text{Rp } 2.401,5 + \text{Rp } 3.159 \\
 &= \text{Rp } 10.216
 \end{aligned}$$

- Harga Produk**

- a. MTBE

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ Mol} \times \text{BM} \\
 &= 1 \text{ Mol} \times 88,15 \text{ gr/mol} = 88,15 \text{ gr} \\
 &= 0,08815 \text{ Kg} \times \text{Rp } 224.000/\text{kg} = \text{Rp } 19.745,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= \text{Rp } 19.745,6 - \text{Rp } 11.785,5 \\
 &= \text{Rp } 7.960
 \end{aligned}$$

1.8 Tabel Kelebihan dan Kekurangan Proses

Adapun kelebihan dan kekurangan setiap proses dapat dilihat pada Tabel 1.19.

Tabel 1.19 Kelebihan dan Kekurangan Setiap Proses

Parameter	Macam-Macam Proses		
	<i>UOP/Hulls</i>	<i>Two-stage Oxeno</i>	<i>Snamprogetti</i>
Bahan baku Utama	isobutilena dan Metanol	Isobutilena dan Metanol	Isobutilena dan Metanol
-Katalis	Resin ion Bayer K-2631	Resin Ionik Asam Makropori	<i>Amberlyst 15</i>
-Reaktor	Reaktor adiabatik	Tahap pertama: multitubular Tahap kedua: adiabatik	Reaktor Multitubular
-Tahapan Proses	Dua tahap	Dua tahap	Satu tahap
-Sifat Katalis	Asam kuat (<i>ion exchange resin</i>)	Asam kuat (sulfonat)	Asam kuat (<i>Amberlyst 15</i>)
Kondisi Operasi -Tekanan (atm) -Suhu (°C)	5–12 50–90	10–15 50–90	5–10 30–100
Produk Utama	MTBE dengan kemurnian >99%	MTBE dengan kemurnian >99%	MTBE dengan kemurnian >99%
Produk Sampling	Metanol dan Air	Metanol	Metanol dan Air
Konversi (%)	>99%	85–97%	95–99%

Berdasarkan uraian-uraian tersebut dapat dilihat proses yang dipilih pada pabrik ini adalah proses *snamprogetti* karena diantara ketiga proses tersebut, Pemilihan proses *Snamprogetti* untuk produksi MTBE didorong oleh beberapa alasan utama yang menjadikannya pilihan yang efisien dan terjangkau. Proses ini relatif sederhana, menggunakan satu reaktor dengan katalis *Amberlyst 15*, yang menghasilkan biaya investasi dan operasional yang lebih rendah dibandingkan

dengan proses yang lebih kompleks seperti *Two-Stage Oxeno* atau *UOP/Hüls*. Selain itu, proses ini dapat mencapai konversi isobutilena hingga 95–99% dengan kemurnian MTBE lebih dari 99%, cukup efisien untuk umpan berkualitas tinggi seperti FCC-C4 (*Fluid Catalytic Cracking-C4*). Keandalan teknologi ini, yang telah digunakan secara luas dan terbukti handal dalam aplikasi komersial, serta umur panjang katalis yang mencapai lebih dari dua tahun, menjadikannya pilihan yang aman dan ekonomis. Proses Snamprogetti sangat cocok bagi pabrik yang mengutamakan efisiensi biaya dan kemudahan operasional, sambil tetap mempertahankan konversi yang memadai.

1.9 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditunjukkan untuk 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 (MTBE) terjadi reaksi sebagai berikut:

Ditinjau dari segi termodinamika dengan harga-harga ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu $25^\circ\text{C}(298,15\text{ K})$ dapat dilihat pada Tabel 1.20.

Tabel 1.20 Harga ΔH°_f Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
CH_3OH	-201,17
C_4H_8	-16,90
$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	-292,88

(Sumber : Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{R}}(298,15\text{ K}) &= \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan} \\
 &= (\Delta H^\circ_f \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{ CH}_3\text{OH} + \Delta H^\circ_f \text{ C}_4\text{H}_8) \\
 &= (-292,88) - (-201,17 + (-16,90)) \\
 &= -292,88 - (-218,07) \\
 &= -74,81 \text{ kJ/mol, (karena } \Delta H_{\text{R}}(298,15\text{ K}) \text{ bernilai negatif, maka reaksi} \\
 &\quad \text{bersifat eksotermis).}
 \end{aligned}$$

Ditinjau dari segi termodinamika dengan harga-harga ΔS°_f masing-masing komponen pada suhu 25°C (298,15 K) dapat dilihat pada Tabel 1.21.

Tabel 1.21 Harga ΔS°_f 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)

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

Sifat reaksi kimia yang bersifat spontan dan tidak spontan dapat diketahui dari harga konstanta keseimbangan. Data energi bebas Gibbs pada 298,15 K dapat dilihat pada Tabel 1.22.

Tabel 1.22 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)

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

Reaksi adisi nukleofilik dengan katalis asam, di mana isobutilena (alkena) bereaksi dengan metanol untuk membentuk eter. isobutilena dengan metanol

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

1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Dalam perencanaan suatu pabrik, penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Oleh karena itu, pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Lokasi geografis dari suatu pabrik akan sangat berpengaruh pada kegiatan pabrik baik penyediaan bahan baku, proses produksi dan distribusi produk yang akan berpengaruh pada kelangsungan hidup dan perkembangan pabrik. Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal terpenting dalam pendirian pabrik karena lokasi pendirian pabrik akan berpengaruh terhadap ekonomi pabrik tersebut. Setelah mempelajari dan menimbang beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik, maka ditetapkan lokasi pabrik MTBE tersebut di Kaltim Industrial Estate (KIE) daerah Bontang, Kalimantan Timur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik ini antara lain meliputi:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Metil Tersier Butil Eter (MTBE) adalah metanol dan isobutilen. Metanol yang digunakan berasal dari PT. Kaltim Metanol Industri yang mempunyai kapasitas sebesar 660.000 ton/tahun. Besarnya kapasitas produksi metanol di Indonesia mampu memenuhi kebutuhan metanol yang diperlukan untuk memproduksi MTBE. Serta Isobutilena berasal dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk sebesar 40.500 ton/tahun dan PT Petrokimia Butadiene Indonesia 137.000 ton/tahun.

2. Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran

Pabrik Metil Tersier Butil Eter memiliki tujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam dan sisanya untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Bontang merupakan daerah strategis yang relatif dekat dengan industri-industri yang sangat berkembang, sehingga produk Metil Tersier Butil Eter tidak akan mengalami kesulitan dalam pemasarannya.

Hal lain yang mendukung adalah karena letak pabrik yang dekat dengan pelabuhan sehingga mempermudah transportasi antar pulau dalam negeri, maupun luar negeri.

3. Transportasi

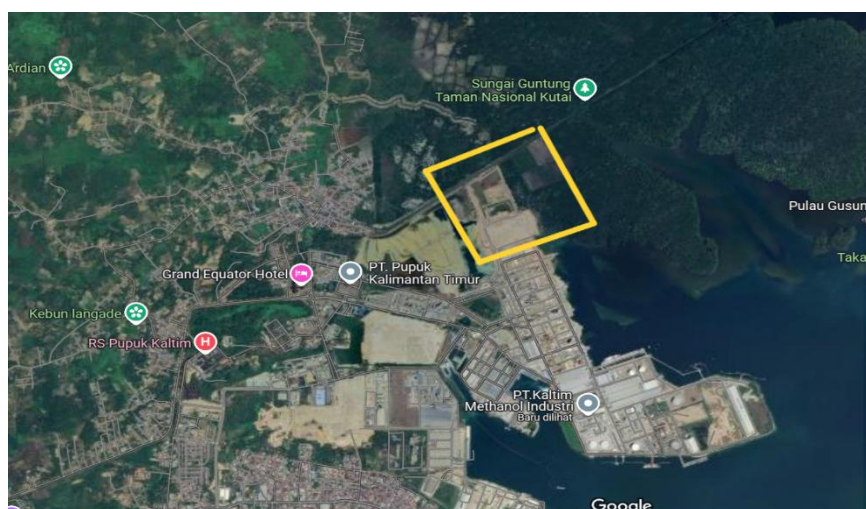
Sarana transportasi mempunyai peranan penting untuk mendistribusikan bahan baku maupun produk. Bahan baku metanol diperoleh melalui jalur pipa sedangkan bahan baku isobutilena dan produk MTBE didistribusikan melalui jalur laut menggunakan kapal.

4. Utilitas

Pertimbangan lain dalam pemilihan lokasi pabrik adalah utilitas, yang mana lokasi pabrik harus berdekatan dengan sumber air, tenaga listrik dan bahan bakar. Untuk memenuhi kebutuhan air diambil dari Sungai Guntung Taman Nasional Kutai di kawasan Kalimantan Timur kemudian diolah di Unit Utilitas. Kebutuhan listrik diperoleh dari PT Kaltim Daya Mandiri (KDM), Bontang. Serta, kebutuhan bahan bakar diperoleh dari PT. Pertamina, Bontang.

5. Iklim dan Lingkungan

Kondisi iklim dan cuaca di daerah Bontang umumnya baik, tidak terjadi gempa, angin topan, dan suhu lingkungan rata-rata 27,5 - 35°C. Adapun peta lokasi rencana pendirian pabrik MTBE, dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.9 Lokasi Pembangunan Pabrik MTBE

6. Tenaga Kerja

Bontang merupakan kota industri di Kalimantan Timur dengan tenaga kerja yang didukung oleh lembaga pendidikan formal dan non-formal. Kota ini memiliki tingkat pengangguran terbuka 8,71%, lebih tinggi dibandingkan kota lain di Kaltim, namun terus menurun berkat pelatihan tenaga kerja. Industri utama di Bontang, seperti PT Pupuk Kaltim dan PT Badak LNG, menciptakan kebutuhan tenaga kerja terampil, terutama di bidang kimia dan teknik. Untuk pendirian pabrik MTBE, Bontang memiliki keunggulan dalam ketersediaan tenaga kerja industri, infrastruktur pendukung, serta akses ke sumber daya dan fasilitas pelabuhan yang strategis, menjadikannya lokasi yang potensial.