

**PRARANCANGAN PABRIK
TRIMETHYLETHYLENE DARI METHYLBUTENE**

Kapasitas 35.000 ton/tahun



Disusun oleh :

SUGIANTO

D 500 030 091

Pembimbing

- 1. Rois Fatoni, ST., M.Sc**
- 2. Hamid abdilah, ST.**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2008



BAB I

PEDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara yang berpotensi di sektor minyak dan gas bumi, sehingga minyak dan gas bumi dapat dijadikan komoditi penting untuk pemasukan devisa negara. Di samping itu minyak dan gas bumi dapat diproses lagi menjadi produk-produk baru yang lebih menguntungkan.

Salah satu modal untuk mencapai tujuan tersebut adalah kekuatan sumber daya alam dan sumber daya manusia. Berdasarkan modal utama tersebut, maka pengembangan industri diarahkan untuk pendalaman dan pematapan struktur industri yang dikaitkan dengan sektor ekonomi lain.

Pengembangan industri yang perlu mendapat perhatian pemerintah adalah pengembangan industri kimia dasar. Dengan berkembangnya industri ini akan membuka lapangan kerja baru bagi rakyat Indonesia sehingga dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat Indonesia.

Peningkatan kebutuhan harus diimbangi dengan peningkatan industri, oleh sebab itu pemerintah telah menggalakkan pembangunan di sektor industri terutama dalam bidang industri kimia dasar. Salah satu di antaranya adalah pendirian pabrik trimetiletilen.

Pendirian pabrik trimetiletilen diharapkan mampu merangsang berdirinya pabrik kimia yang lain dan mampu mensuplai kebutuhan dalam negeri. Trimetiletilen merupakan bahan kimia yang sangat dibutuhkan di dalam negeri dan untuk memperolehnya impor Amerika, dan Eropa Barat.

Keuntungan lain yang diperoleh :

1. Menurunnya jumlah impor trimetiletilen berarti menghemat devisa negara, dan dimungkinkan nanti mampu mengekspor trimetiletilen sehingga menambah devisa negara.
2. Sebagai pemasok bahan baku bagi industri-industri dalam negeri yang menggunakan trimetiletilen sebagai bahan bakunya.



3. Membuka lapangan kerja sehingga membantu mengatasi masalah pengangguran.
4. Meningkatkan kesejahteraan penduduk disekitar pabrik.
5. Merangsang dan membantu tumbuh berkembangnya industri yang menggunakan bahan dasar atau bahan pembantu trimetiletilen.

1.2 Kapasitas Perancangan Pabrik

Untuk menentukan kapasitas rancangan, sangat perlu mengetahui faktor-faktor sebagai berikut :

1. Kebutuhan Trimetiletilen di Indonesia
 - a. Berdasarkan data statistik dari biro statistik, kebutuhan akan trimetiletilen di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data Impor Trimetiletilen (Biro Pusat Statistik)

Tahun	Jumlah (kg)
1998	12.021.359
1999	19.001.983
2000	11.583.603
2001	9.122.768
2002	13.140.357
2003	8.486.815
2004	13.131.642

2. Skala Komersial

Saat ini pabrik yang telah memproduksi trimetiletilen berada di Amerika dan Eropa barat yaitu Kellog Co.,The M .W. yang mempunyai kapasitas rancangan sebesar 50.000 ton/tahun dan Arco Technology Inc. dengan kapasitas rancangan sebesar 15.000 ton/tahun (*Industrial Chemical Engineering Research and Development, 2002*). Dengan mempertimbangkan berbagai faktor di atas, serta desain orientasi ekspor di masa yang akan datang,



maka dipilih pabrik trimetiletilen dengan kapasitas produksi sebesar 35.000 ton/tahun.

3. Bahan Baku yang Tersedia

Bahan baku trimetiletilen yang berupa methylbutene diperoleh dari Pertamina UP II Dumai (Riau) dan Pertamina UP III Plaju (Palembang), Sumatera Selatan sehingga ketersediannya terjamin. Mengingat ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kebutuhan akan trimetiletilen yang sangat besar, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut.

Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi trimetiletilen, karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah metilbuten. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah :

- a. Bahan baku yang mudah didapat karena telah diproduksi di Indonesia.
- b. Bahan baku tersedia cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

Mengingat di Indonesia belum ada pabrik trimetiletilen maka harga dari bahan baku cukup murah.

1.3 Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu faktor yang penting dalam perancangan pabrik, karena sangat mempengaruhi kegiatan industri, baik didalam kegiatan produksi maupun distribusi produk untuk kelangsungan dari suatu industri baik produksi sekarang maupun untuk masa yang akan datang seperti, perluasan pabrik, daerah pemasaran produksi, perubahan bahan baku dan lain-lain, harus mendapat perhatian khusus dalam pendirian suatu pabrik. Hal ini diperlukan untuk memaksimalkan keuntungan suatu pabrik dengan meminimalisasi biaya produksi dan distribusi sehingga pabrik dapat berkembang.



Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik trimetiletilen adalah sebagai berikut :

1. Persediaan Bahan Baku

Tersedianya bahan baku utama pembuatan trimetiletilen yaitu metilbuten yang didapatkan dari Pertamina UP III Plaju.

2. Utilitas

Guna kelancaran operasional pabrik, perlu diperhatikan sarana pendukung kelangsungan produksi seperti, tersedianya air dan listrik.

3. Transportasi

Sarana transportasi dari atau ke lokasi pabrik sangat memungkinkan untuk terjadinya pengiriman bahan baku dan produk dengan lancar.

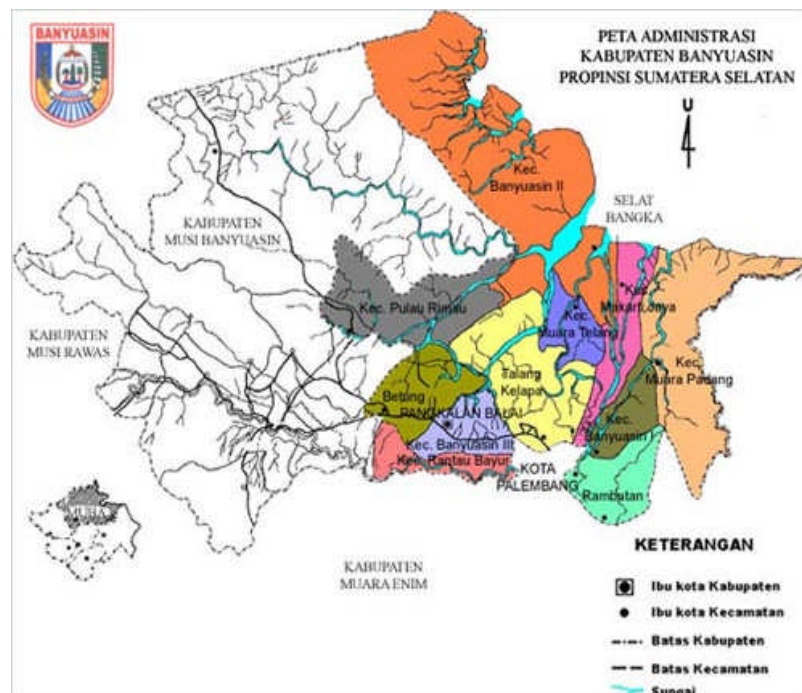
4. Iklim dan Letak Geografis

Keadaan iklim yang stabil, tidak pernah terjadi bencana alam sehingga memungkinkan pengoperasian pabrik. Selain itu, masih dimungkinkannya perluasan dan pengembangan.

5. Tenaga Kerja

Belum banyaknya industri dikawasan tersebut, sehingga ketersediaan tenaga kerja cukup banyak.

Berdasarkan pertimbangan tersebut diatas, maka dipilih lokasi pabrik di daerah Marina, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Kabupaten Banyuasin adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sumatra Selatan dengan suhu udara bervariasi 24 °C sampai 30°C dan tingkat kelembaban antara 73 sampai 84 persen.

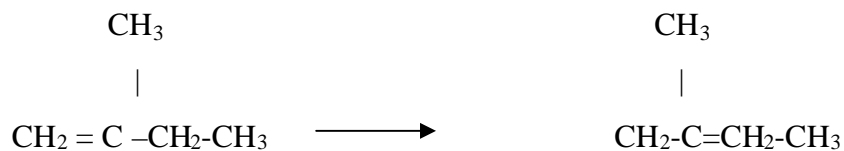


Gambar 1. Peta lokasi

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam Proses

Reaksi pembuatan trimetiletilen merupakan reaksi isomerisasi :



Beberapa proses pembuatan trimetiletilen yang telah digunakan adalah :

1. Proses fase Uap

Bahan Baku : uap butene
Kemurnian : 99,5 %
Katalis : nikel sulfida
Temperatur Operasi : 110⁰C
Tekanan Operasi : 11 atm

2. Proses fase Cair

Bahan baku : metilbutene
Kemurnian : 95 %



Katalis : asam sulfat

Temperatur Operasi : 32 °C

Tekanan Operasi : 4 atm

Dalam pembuatan trimetiletilen dipilih proses fase cair, karena proses ini mempunyai kelebihan di banding proses fase uap, antara lain :

1. Temperatur reaksi lebih rendah
2. Tekanan operasi lebih rendah
3. Katalis yang digunakan lebih murah
4. Biaya peralatan produksi yang lebih kecil

Untuk produksi trimetiletilen dari metilbuten sendiri terdiri dari dua pilihan proses:

1. Proses tanpa *Reycle*

Keuntungan:

- Biaya pemipaan dan pompa kecil karena tidak ada arus yang dikembalikan lagi ke proses
- Beban di reaktor kecil karena umpan masuk selalu *fresh* sehingga lebih mudah bereaksi
- Waktu reaksi lebih cepat karena impuritas dalam reaktor kecil

Kerugian:

- Karena reaksi bersifat *reversible* maka konversinya rendah sehingga kebutuhan bahan baku besar.
- *Working capital* lebih mahal
- Kurang aman dilingkungan karena limbah yang dibuang ke alam masih mengandung senyawa kimia dalam jumlah yang besar.

2. Proses dengan *Reycle*

Keuntungan:

- Biaya bahan baku lebih murah karena umpan yang belum terkonversi menjadi produk dikembalikan ke reaktor.
- Limbah lebih aman dibuang kelingkungan karena senyawa yang terbuang non air kecil.



- Biaya pengolahan limbah lebih murah

Kekurangan:

- Waktu reaksi lebih lama karena impuritas didalam reaktor lebih besar sehingga kecepatan reaksi lebih lambat
- Diperlukan penambahan alat untuk transportasi dan *pretreatment* sebelum ke reaktor sehingga diperlukan investasi lebih besar.
- Beban direaktor besar karena umpan adalah campuran dari *fresh feed* dan *reycle* yang mengandung lebih banyak impuritas

Berdasarkan dari simulasi yang dilakukan, pemilihan proses untuk produksi trimetiletilen dengan recycle juga ada dua pilihan, pilihan ini terletak pada sequence alat untuk proses separasi. Pilihan untuk sequence alat adalah sebagai berikut:

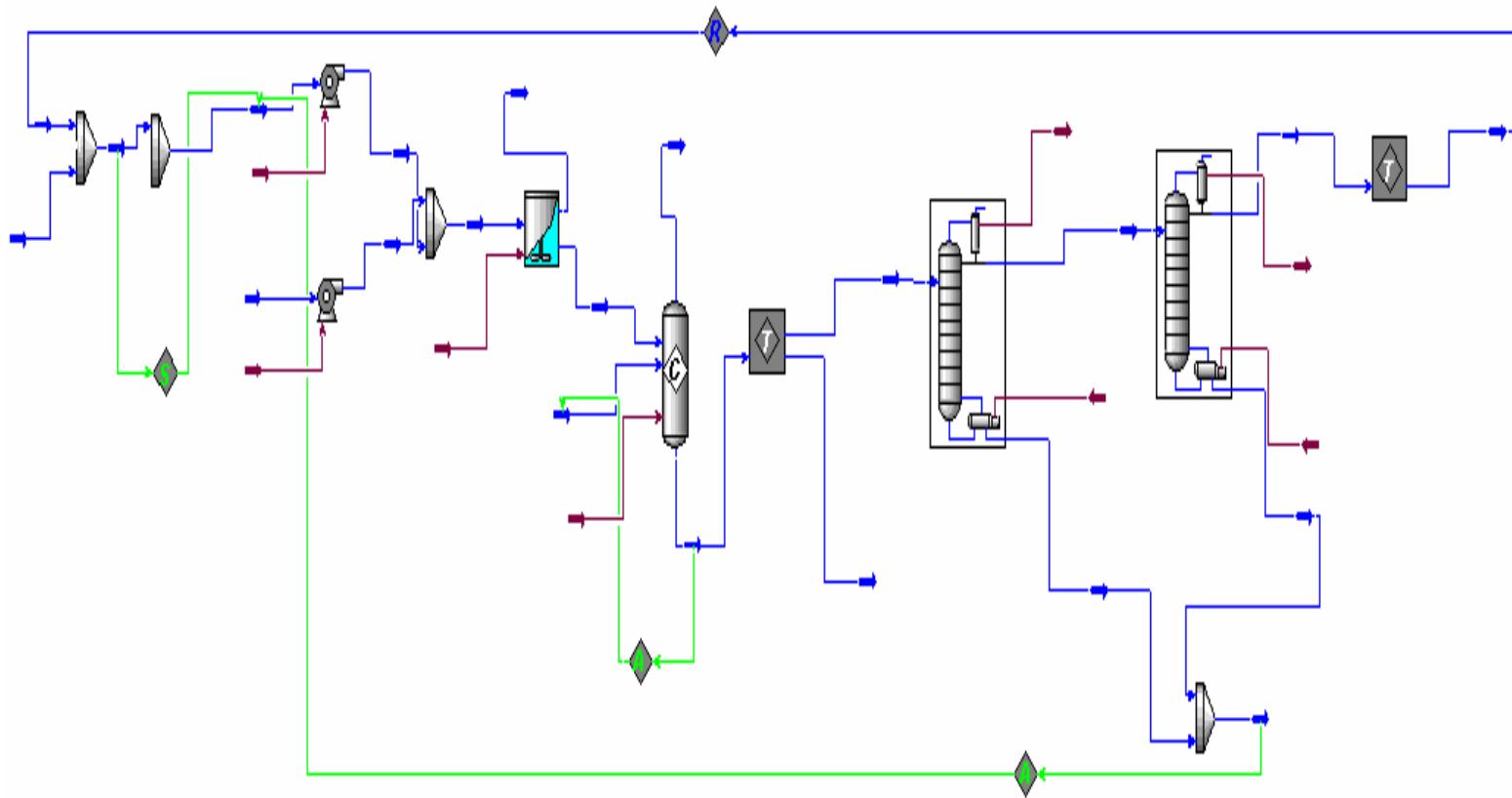
1. Separasi dengan 2 menara ditilasi

Keuntungan:

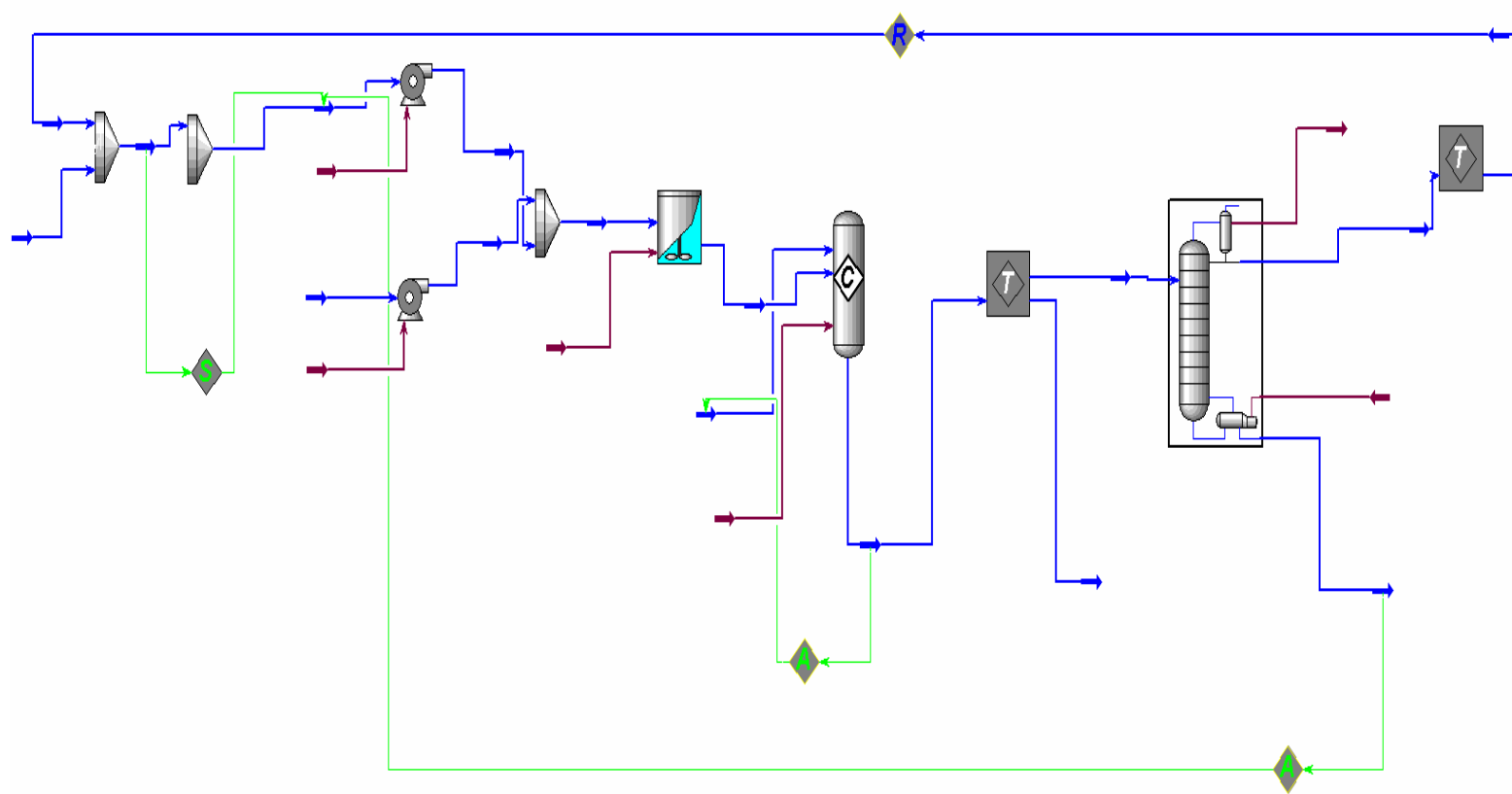
- Reaksi lebih cepat karena umpan yang dikembalikan impuritasnya lebih kecil.
- Dimensi alat lebih kecil terutama pada reaktor sehingga harga alat lebih murah
- *Pretreatment* untuk *reycle* lebih mudah lebih mudah karena kemurnian tinggi.

Kekurangan:

- Investasi lebih besar karena alat produksi lebih banyak jumlahnya
- Kebutuhan energi lebih besar terutama kebutuhan energi panas karena dipakai 2 menara distilasi.
- Keuntungan lebih kecil banyak biaya yang kurang efisien.



Gambar 2. Diagram Alir Proses dengan 2 menara distilasi



Gambar 3. Diagram Alir Proses dengan 1 menara distilasi



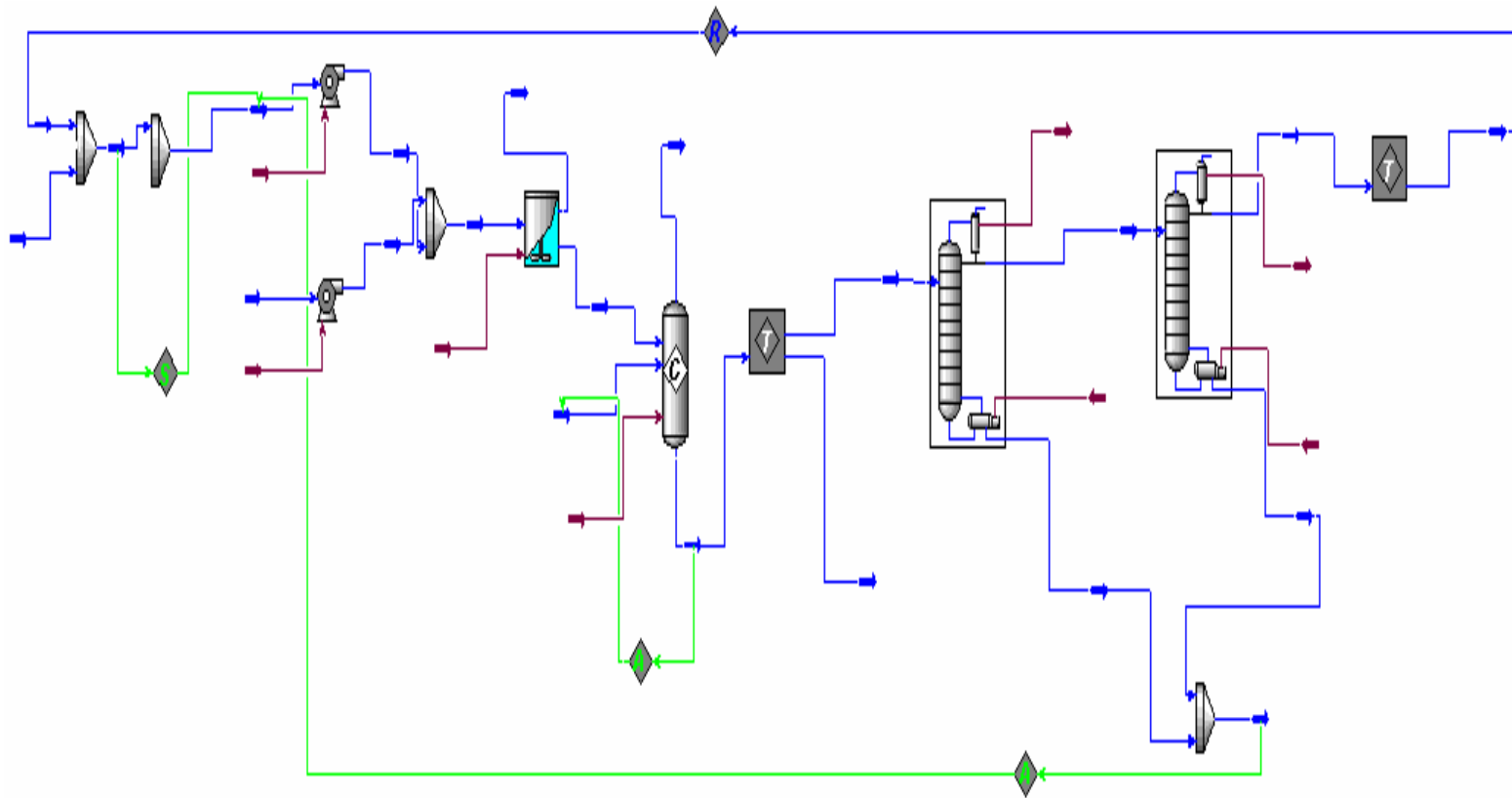
2. Separasi dengan 1 menara distilasi

Keuntungan:

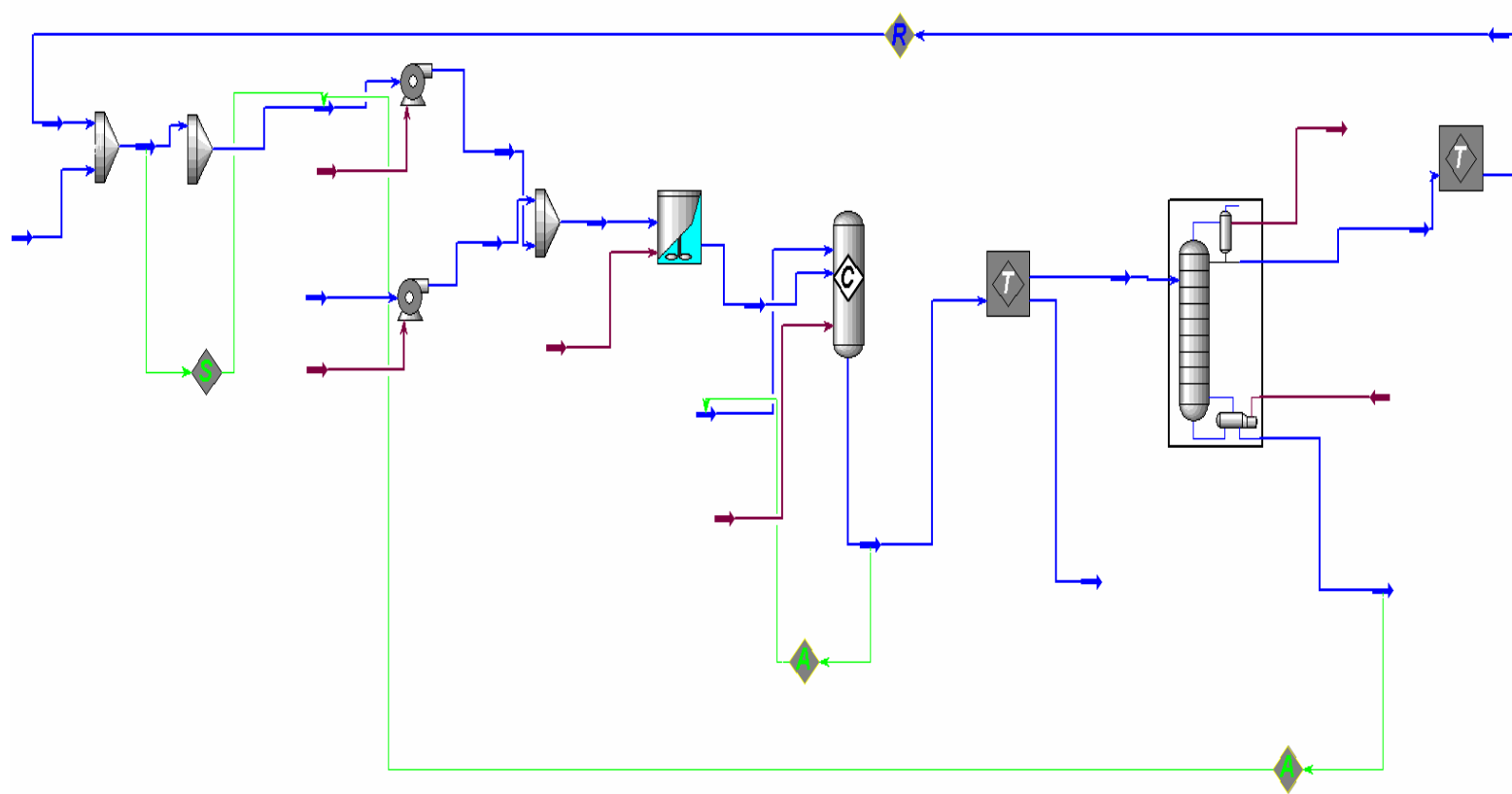
- Investasi lebih kecil karena alat yang dipakai sedikit
- Beban panas lebih kecil hanya 1 *reboiler*
- Keuntungan lebih besar
- Proses lebih lancar karena jumlah alat sedikit sehingga gangguan dapat segera ditangani

Kekurangan:

- *Pretreatment* lebih sulit dan mahal karena kemurnian produk rendah
- Waktu reaksi lama
- Dimensi alat lebih besar



Gambar 2. Diagram Alir Proses dengan 2 menara distilasi



Gambar 3. Diagram Alir Proses dengan 1 menara distilasi



Tabel 2. Hasil Simulasi pada Berbagai Macam Proses

Keterangan	Tanpa reycle	Reycle dengan 1 Menara Distilasi	Reycle dengan 2 Menara Distilasi
Volume Reaktor (m ³)	75	92	86
Volume Netralizer (m ³)	7	5	4,5
Jumlah Stage Md I & II	80, -	80, -	80, 65
Kebutuhan umpan segar (kg/h)	5540	4558	4558
Neraca panas Total (kj/h)	12.473.658,096	13.736.999,874	15.003.658,390
POT	11,48	3,307	3,460

Dari pertimbangan diatas dipilih proses dengan *reycle* dengan proses separasi menggunakan 1 menara distilasi. Karena dari segi ekonomi lebih menguntungkan, meskipun investasi lebih besar. Hal ini disebabkan biaya pembelian alat *reycle* lebih kecil dari penghematan pembelian bahan baku dalam kurun waktu sama *life time* alat serta kebutuhan energi dan jumlah pekerja lebih kecil sehingga keuntungannya maksimum.

1.4.2 Simulasi Prarancangan Pabrik Trimetiletilen

A. Sekilas tentang HYSYS

HYSYS adalah sebuah alat bantu yang ada dari sekian *tool-tool* yang disediakan dan dibuat oleh para ahli guna mempermudah pekerjaan pemodelan suatu alat atau proses yang kompleks. HYSYS dikeluarkan oleh Hyprotech, sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengadaan dan pembuatan *software*. Dengan HYSYS kita dapat membuat desain pabrik



beserta *troubleshootingnya* menggunakan model dinamis maupun *steady state*. Siklus hidup suatu pabrik barangkali dimulai dengan membangun model konseptual untuk menentukan kebutuhan peralatan dasar bagi suatu proses. Dipilih HYSYS karena program ini dapat memberikan hasil dari berbagai pilihan *package* pada satu lembar kerja dan juga pada HYSYS dilengkapi dengan *software* yang bersifat umum dan algoritma alat yang mungkin di HYSYS belum tersedia sehingga kebutuhan dari pemakai dapat maksimal.

B. Proses Simulasi dengan HYSYS 3.2

Pada simulasi dengan HYSYS 3.2 kondisi operasi umpan (*metilbuten*) dan katalis (H_2SO_4) dimasukkan pada *material stream* sampai menunjukkan warna hijau. Selanjutnya hubungkan *material stream* ke reaktor (CSTR), masukkan harga laju reaksinya dan set kondisi operasi di reaktor yaitu, suhu dan tekanan operasi. Asumsi volume cairan sebesar 80% dari volume reaktor. Lakukan *trial* volume reaktor amati konversi yang dihasilkan. Hentikan *trial* volume jika konversinya seperti yang kita inginkan. Selanjutnya adalah proses penetralan katalis menggunakan netralizer. Pada HYSYS tidak tersedia *tool* untuk netralizer maka didekati dengan menggunakan reaktor *conversion*. Dipilih reaktor *conversion* karena pada netraliser asam dinetralkan semua, dengan kata lain konversinya sebesar 100%. Kemudian garam yang terbentuk dari reaksi penetralan dipisahkan dengan menggunakan dekanter. Di HYSYS juga tidak ada *tool* yang mewakili dekanter, tetapi didekati dengan *Subflowset* yang didalamnya dimasukkan algoritma kerja dari dekanter. Air, garam dan impuritas lain sebagai hasil bawah dan selanjutnya di alirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) sedangkan metilbuten dan trimethylethylene sebagai produk samping dan diumpankan ke menara distilasi untuk ditingkatkan kemurniannya sampai yang kita inginkan. Dalam perancangan menara distilasi harus dicari kondisi optimumnya. Kondisi yang dicari seperti, jumlah *plate*, rasio refluks, *stage* masuk optimum, tekanan *reboiler*,



Tekanan kondensor, dan lain-lain. Selanjutnya data kondisi operasi yang optimum sebagai input untuk menara distilasi dengan *plate to plate*. Dipilih *plate to plate* karena kita dapat mengontrol keadaan pada tiap-tiap *plate* sehingga dapat menggambarkan kondisi sebenarnya. Untuk jumlah *plate* dirancang 80 *plate* umpan masuk pada *plate* ke 41 dan rasio refluks 19.7. diinginkan produk bawah mengandung trimetiletilen dengan kadar 95% berat dan laju alir sebesar 4419 kg/j. Semua produk atas direcycle kembali sebagai umpan ke reaktor. Dalam perancangan pabrik ini diasumsikan kondisinya *steady state* sehingga tidak terjadi kerugian pada massa dan panas.

C. Hasil Simulasi Dengan HYSYS

1. Kondisi Operasi Alat

a. Reaktor:

Suhu Operasi	: 32 °C
Tekanan Operasi	: 4 atm
Konversi	: 79,49 %
Volume	: 92 m ³
Pendingin	: air
Diameter	: 4,74 m
Tinggi	: 6,412 m
Bentuk	: silinder vertikal

b. Netralizer

Suhu Operasi	: 32 °C
Tekanan Operasi	: 1 atm
Volume	: 5 m ³
Diameter	: 1,619 m
Tinggi	: 2,429 m

c. Dekanter

Suhu Operasi	: 32 °C
Tekanan Operasi	: 1 atm



d. Menara distilasi

Suhu operasi	:32 °C
Tekanan Operasi	: 1 atm
Jumlah <i>plate</i>	: 80
Jenis <i>tray</i>	: <i>sieve</i>
Suhu atas	: 32 °C
Suhu bawah	: 46.05 °C
Diameter	: 1,7 m
<i>Pressure drop</i>	: 0,348 Kpa

2. Neraca Massa

Tabel 2. Neraca Massa Total Hasil Simulasi dengan HYSYS 3.2

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)		
	Arus1	Arus2	Arus3	Arus6	Arus8	Arus10
Methylbutene	4.329,250	-	-	-	134,161	948,906
1-pentane	23,577	-	-	22,236	4,545	17,691
Trans2-pentane	205,143	-	-	116,739	82,244	34,496
Trimetylethylen	-	-	-	-	4.198,05	123,725
H ₂ O	-	3,480	2,838	7,171	-	-
H ₂ SO ₄	-	2,320	-	-	-	-
NaOH	-	-	1,892	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	3,360	-	-
Total	4.557,975	5,800	4,731	149,505	4.419,00	1.124,818
	5.873,280			5.873,280		



3. Neraca Panas

Tabel 3. Neraca Panas Total Hasil Simulasi dengan HYSYS 3.2

No	Nama Arus	Masuk (kJ/h)	Keluar (kJ/h)
1	umpan		3.990.000,00
2	HE-01	28.089,90	
3	Katalis		74.140,00
4	HE-02	43,26	
5	Pendingin Reaktor		449.500,00
6	Pendingin Netralizer		58,83
7	Sludge		223.800,00
8	HE -04	2.160.000,00	
9	<i>Reboiler</i>	6.510.000,00	
10	Kondensor		8.530.000,00
11	<i>Cooler</i>		148,500,00
12	Produk		4.311.000,00

1.4.3 Kegunaan Produk

Trimetiletilen merupakan salah satu bahan kimia yang dapat digunakan diberbagai sektor kehidupan antara lain:

- Sebagai bahan baku pabrik isopropen
- Sebagai bahan baku dalam pembuatan karet sintesis
- Sebagai bahan baku pembuatan TAME, ETBE, MTBE.

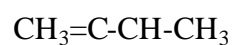
1.4.4 Sifat Fisika dan Kimia

Metilbuten

Rumus kimia:



|





Sifat fisis:

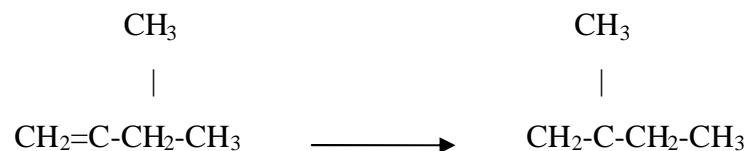
Berat Molekul	: 70,134
Titik Didih	: 31 °C
Titik Leleh	: -137 °C
Berat Jenis pada 25 °C	: 0,654 gr/cm ³
Kemurnian	: 95 % wt

(Perry and Green,1986)

Sifat kimia :

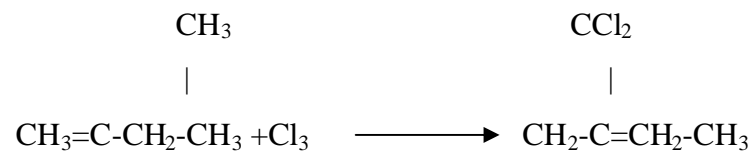
1. Metilbutene dapat terisomerisasi menjadi trimetiletilen dengan katalisator asam sulfat.

Reaksi :



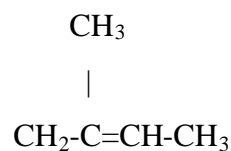
2. Metilbuten dapat terklorinasi menjadi *2-methyl dicloro 2-butene*.

Reaksi:



a. Trimetiletilen

Rumus Kimia:



Sifat fisis:

Berat Molekul	: 70,134
Titik Didih	: 39 °C
Titik Leleh	: -134 °C



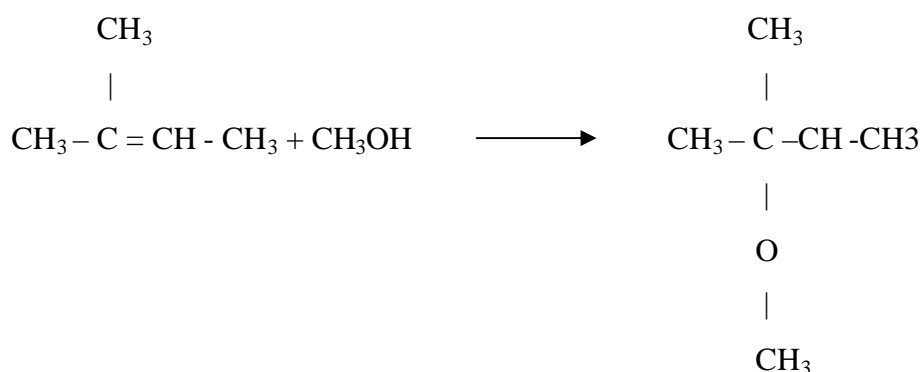
Berat Jenis pada 25⁰C : 0,666 gr/cm³

Kemurnian : 95 % wt

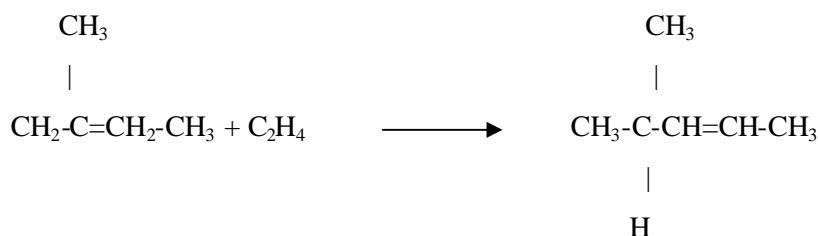
(Perry and Green, 1986)

Sifat kimia:

1. Trimetiletilen direaksikan dengan Methanol membentuk *Tert-Amyl Methyl Ether (TAME)*.



2. Trimetiletilen direaksikan dengan etana membentuk *4-Methyl 2-Pentene*.



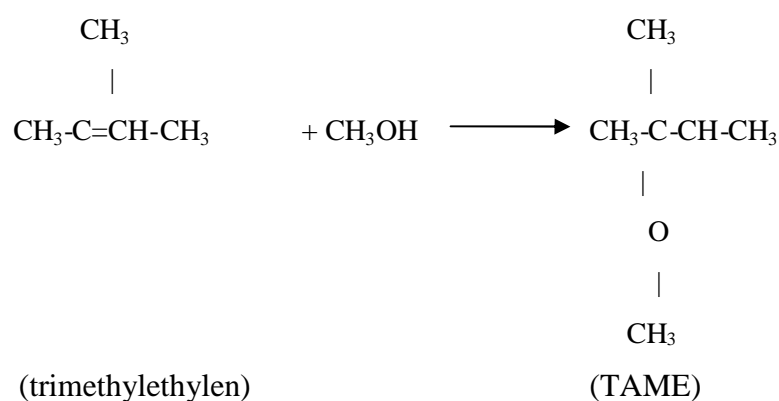
1.4.5 Tinjauan Proses

Isomerisasi adalah suatu proses perpindahan rantai karbon sehingga didapatkan rumus molekul yang sama tetapi rumus strukturnya berbeda. Proses isomerisasi ini dapat juga dilakukan pada olefin. Proses pembuatan trimetiletilen merupakan salah satu proses Isomerisasi *Olefin (ISOFIN)*.

Isomerisasi *Paraffin* dan *Naphta* merupakan reaksi orde satu, dapat balik, eksotermis dan menggunakan katalis. Dengan menggunakan katalis asam, proses isomerisasi menjadi lebih cepat dan sederhana di dalam perancangan pabrik. Dalam beberapa proses isomerisasi *paraffin*, biasanya menggunakan suhu antara 30-36 °C. Proses isomerisasi dalam skala komersial hanya dapat dilakukan untuk hidrokarbon yang mempunyai

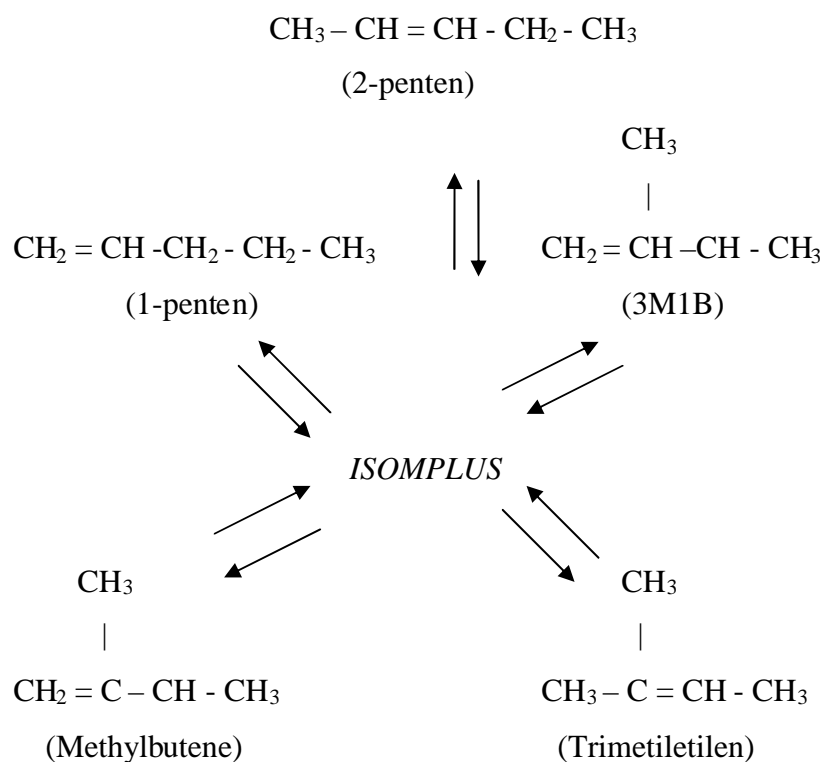
jumlah carbon sebanyak 5 dan 6 (C₅ dan C₆ paraffin). Hidrogenasi sederhana dari C₅ olefin dihasilkan dari campuran isopentan dan 1-pentane pada tekanan uap yang tinggi dan nilai oktan rendah untuk *gasolin*, konversi dari C₅ olefin menjadi TAME menghasilkan nilai oktan tinggi dan tekanan uap yang rendah, yaitu alkilasi dari C₅ olefin.

Gambar 1.1 Esterifikasi trimetiletilen



Produksi TAME dari C₅ olefin yang dikonversi menjadi reaksi trimetiletilen dengan isomerisasi.

Gambar 1.2 Sketsa Isomerisasi





Pada reaksi isomerisasi umumnya di dalam proses menggunakan temperatur yang rendah dan menggunakan fase cair, namun ada beberapa proses isomerisasi yang menggunakan fase gas, misalnya isomerisasi butene, pentan dan heksan. Tetapi untuk isomerisasi dalam fase gas menggunakan temperatur dan tekanan proses yang cukup tinggi. Dalam skala komersial C₅ dan C₆ *paraffin* dapat menaikkan angka oktan tinggi dengan titik didih yang lebih rendah. Partikel-partikel dalam *gasoline* yang mempunyai angka oktan yang tinggi diproduksi dengan *catalitik reforming*. Produk proses isomerisasi dapat langsung digunakan tanpa harus diolah lagi.

Proses pembuatan trimetiletilen dikembangkan pertama kali pada awal tahun 1966 sebagai bahan baku isopropen dan mulai dikenalkan secara komersial pada tahun 1968. reaksi isomerisasi trimetiletilen adalah reaksi *reversible*, orde satu, eksotermis, *isothermal* dan *non adiabatik*. Untuk itu katalis yang digunakan adalah asam sulfat.

Reaksi isomerisasi Metilbuten menjadi trimetiletilen adalah sebagai berikut :

