

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN
PABRIK ISOBUTYLENE DARI TBA
KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN



Oleh ;
SUTARNI
D 500 980 051

Dosen Pembimbing
1. Ir. H. A. M. Fuadi, M.T
2. Agung Sugiharto, S.T

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2006

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pabrik

Pertumbuhan industri kimia di Indonesia dewasa ini berkembang dengan pesat. Hal ini menimbulkan kondisi dimana industri tidak hanya dituntut untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun lebih jauh berorientasi *ekspor* keluar negeri. Salah satu industri yang mempunyai prospek bagus adalah isobutylene.

Isobutylene termasuk mono-olefinisomer dari butylene, 1-butene, cis-2-butene dan trans-2-butene. Isobutylene atau 2-methyl propene merupakan produk didalam refining petroleum atau proses petrokimia.

Dua proses yang mula-mula secara komersial menghasilkan isobutylene atau *catalytic/thermal cracking* dan *steam cracking*. *Catalytic cracking* tujuan utamanya untuk meningkatkan kualitas fraksi hidrokarbon titik didih menjadi hight octane gasoline, sedangkan *steam cracking* merubah hidrokarbon dari LNG sampai fraksi berat petroleum untuk dijadikan *light olefin*.(Kirk Othmer, 1968).

Isobutylene merupakan *raw material* yang penting untuk digunakan secara luas dalam berbagai industri kimia, seperti tercantum pada tabel berikut ini:

Tabel 1.1. Penggunaan isobutylene di dunia

Penggunaan	% Produksi
Alkilate gasoline	43
Polimer gasoline	2
<i>Straight fuel use</i>	28
MTBE	10
Di/triisobutylene	2
<i>Butyl rubber</i>	6
Polybutene	4
Isoprepene	3
Bahan kimia tertentu	2

(Ulman, 1989)

Karena permintaan isobutylene yang semakin meningkat, maka sekitar tahun 1960 pertama kalinya isobutylene dibuat secara komersial dengan proses dehidrogenasi dari isobutana dengan menggunakan proses *coastal*. Pabrik ini didirikan pertama di Cerpus Christi, Texas dengan kapasitas 150.000 ton/tahun. (Kirk Othmer, 1968).

Dari data statistik diketahui bahwa dari tahun ketahun kebutuhan isobutylene terus meningkat, hal ini ditandai dengan *import* isobutylene yang terus meningkat. Berikut ini data import isobutylene dari tahun 1994 – 2002.

Tabel 1.2. Kebutuhan isobutylene di indonesia (Ref. BPS)

Tahun	Kg
1994	796.654
1995	1098.332
1996	1.276.354
1997	1.668.987
1998	1.986.346
1999	2.174.078
2000	2.278.108
2001	4.269.157
2002	5.389.621

Melihat data-data diatas maka penggunaan isobutylene terdapat kenaikan sebesar +35 % setiap tahunnya. Dengan adanya permintaan isobutylene yang terus meningkat di dalam negeri dan luar negeri maka pendirian pabrik isobutylene di Indonesia sangat penting.

Secara ekonomi, pendirian pabrik isobutylene sangat menguntungkan karena selisih harga produk dan bahan baku cukup besar. Hal ini dapat dilihat dari harga isobutylene dibandingkan dengan harga Tert Butyl Alkohol (TBA). Berikut ini data *export-import* dari BPS.

Tabel 1.3. Perbandingan harga produk dan bahan baku

Material	Harga US\$/Kg
Isobutylene	0,86
Tert-butyl alkohol	0,33

1.2. Kapasitas Perancangan

Dengan melihat latar belakang yang ada maka dipilih kapasitas produksi sebesar 75.000 ton/tahun. Kapasitas ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik isobutylene yang sudah beroperasi memiliki kapasitas 15.000 ton/tahun sampai dengan 500.000 ton/tahun. Karena masih dalam range pabrik yang telah beroperasi, maka kapasitas 75.000 ton/tahun dirasa masih bisa memberi keuntungan.
2. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan mengalami kenaikan sekitar 38 % pertahun.
3. Kebutuhan isobutylene sebesar 75.000 ton/tahun diperkirakan akan tercapai pada tahun 2005, apabila kapasitas 75.000 ton/tahun terjadi kelebihan produksi maka bisa diekspor ke luar negeri sehingga dapat menambah devisa negara.
4. Secara ekonomis, pendirian pabrik isobutylene ini menguntungkan karena selisih harga produk dan bahan baku cukup besar.

1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan suatu pabrik. Beberapa pertimbangan yang harus dilakukan untuk menentukan lokasi pabrik agar mendapatkan keuntungan baik dari segi teknis maupun ekonomis.

Pabrik isobutylene ini direncanakan akan didirikan di Cilacap, adapun dasar-dasar pertimbangannya adalah sebagai berikut:

1. Pengadaan bahan baku

Di Indonesia belum ada pabrik TBA sehingga perlu *import* dari dalam negeri, maka lokasi pabrik harus dekat dengan pelabuhan. Di Cilacap telah ada pelabuhan laut Tanjung Intan yang cukup besar, sehingga memudahkan transportasi bahan baku maupun hasil produksi yang akan diekspor.

2. Pemasaran produk

Di sekitar daerah tersebut telah banyak berdiri pabrik-pabrik sehingga menjamin pemasaran hasil industri, karena sebagian industri tersebut membutuhkan bahan baku isobutylene.

3. Sarana transportasi

Sarana transportasi di Cilacap cukup baik karena dekat dengan pelabuhan, sehingga proses pengapalan dan pemasaran barang untuk *ekspor-import* menjadi lebih cepat dan efisien. Selain itu juga tersedia fasilitas jalan raya yang cukup memadai.

4. Utilitas

Fasilitas berupa utilitas merupakan salah satu faktor yang sangat penting di dalam mengoperasikan suatu pabrik. Fasilitas pendukung berupa air dapat mengambil/mensuplai dari laut, sungai, membuat bendungan sendiri atau membuat sumur bor sendiri sehingga kebutuhan air cukup memadai. Kebutuhan akan listrik bisa mensuplai dari PLN/generator. Kebutuhan utilitas yang lain sudah tersedia, karena pabrik terletak di Cilacap yang merupakan kawasan industri sehingga fasilitas utilitas tidak menjadi persoalan.

5. Tenaga kerja

Kawasan industri Cilacap terletak di daerah Jawa yang lengkap dengan lembaga pendidikan formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didipatkan.

6. Lahan

Faktor ini berkaitan dengan pengembangan pabrik lebih lanjut. Cilacap merupakan kawasan industri, jadi lahan di daerah tersebut sudah disiapkan untuk pendirian atau pengembangan suatu pabrik baru yang mengolah produk ini untuk penyediaan bahan bakunya, sehingga untuk kemungkinan pengembangan pabrik dimasa depan tidak menjadi persoalan.

7. Kebijakan pemerintah

Pendirian pabrik perlu mempertimbangkan faktor kepentingan pemerintah yang terkait didalamnya. Kebijakan pengembangan industri berkaitan

dengan pemerataan kesempatan kerja hasil-hasil pembangunan. Hal ini sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah untuk pemerataan pembangunan diseluruh wilayah Indonesia. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut, tepat kiranya pemilihan kawasan industri di Cilacap sebagai lokasi dari pabrik isobutylene yang didirikannya.

8. Perijinan

Karena dekat dengan banyak industri lainnya, maka perijinan, perpajakan, administrasi dan lain sebagainya menjadi mudah.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Alasan Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan isobutylene:

1. Proses *Catofin*

Proses ini merupakan proses dehidrogenasi katalitik dari bahan baku isobutana dalam fase gas. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah chromium. Kondisi operasi reaktor pada *range* 537,8 - 676,7 °C dan tekanan 5 - 20 in Hg. Kondisi ini dimaksudkan untuk menghindari deaktivasi dari katalis. Proses ini hanya menghasilkan produk isobutylene dengan konversi overall sebesar 55% - 60% dan selektivitas sebesar 92 mol%.

Reaksi dehidrogenasi katalitik berlangsung dalam reaktor *Fixed Bed* yang disusun secara paralel dan bersifat endotemis. Gas produk reaksi

dikondensasikan setelah itu dipisahkan fraksi uap dan cairnya kedalam flash drum. Uap keluar dari *flash drum* dimasukkan kedalam absorber.

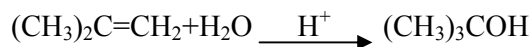
2. Proses *Thermal Cracking*

Pada proses ini isobutylene dalam campuran direaksikan dengan methanol/ethanol menjadi MTBE, kemudian MTBE dimasukkan ke dalam *cracking reaktor* untuk menguraikan kembali MTBE menjadi isobutylene dan methanol. Pemisahan methanol dan isobutylene dilakukan dengan menyerap kandungan methanol dengan memakai air, kemudian cairan hasil bawah di absorber dengan jalan didistilasi untuk mendapatkan methanol dengan kemurnian yang diinginkan. Gas yang keluar dari menara distilasi, didapatkan produk dengan kadar 99%.

3. Proses Ekstraksi dengan Asam Sulfat

pada proses ini menggunakan bahan baku butylene, yang dikontakkan dengan konsentrasi asam sulfat sebesar 45 - 65%. Reaksi ini berlangsung dalam reaktor 2 *stage*. Ekstrak yang mengandung TBA oligomer di*flash*kan untuk dihilangkan impuritas hidrogennya, kemudian dimasukkan ke dalam *stripper* regenerasi untuk mendapatkan isobutylene. TBA yang tidak dapat bereaksi direcycle, sedangkan oligomernya dicracking untuk mendapatkan monomer. Produk isobutylene yang diperoleh dengan kemurnian 75%. Konversi butylene menjadi isobutylene dengan proses ekstrak ini sebesar 65 - 70%.

Pada konsentrasi rendah reaksi hidrolisis yang terjadi adalah:



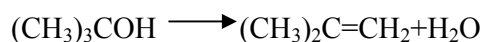
pada konsentrasi tinggi cenderung menghasilkan anorganik hydrosulfat:



4. Proses Texaco

pada proses Texaco ini bahan baku yang digunakan adalah TBA. Dimana TBA didehidrasi ke dalam faktor *fixed bed* yang berlangsung dalam fase gas, dimana di dalamnya berisi katalis Harshaw/Filtrol Al 3945 E Alumina. Kondisi operasinya adalah pada *range* suhu 204 - 343 °C dengan *range* tekanan 2,4 - 8,5 atm.

Reaksi:



Setelah didehidrasi di dalam reaktor, maka gas yang keluar dari reaktor diumpankan kedalam menara distilasi. Di dalam menara distilasi tujuannya untuk memisahkan antara isobutylene dengan air. Uap hasil dari menara distilasi kemudian dikondensasikan di kondenser, setelah itu ditampung dan selanjutnya dipompa kedalam tangki penyimpan produk (isobutylene). Sedangkan air hasil dari menara distilasi dialirkan ke UPL (unit pengolahan limbah). Konversi yang dapat dicapai pada proses ini cukup tinggi yaitu 99,7%. (Kirk Othmer, 1968)

Proses yang dipilih dalam prarancangan pabrik isobutylene ini adalah proses Texaco (proses dehidrasi TBA). Konversi yang diperoleh

dari proses ini cukup tinggi yaitu 99,7%, sehingga proses ini lebih menguntungkan dari proses yang lain. Selain itu proses pemisahan produk dan residu yang berupa air lebih sederhana, sehingga apabila suhuetetap dijaga tidak melebihi 343 °C maka tidak menghasilkan reaksi samping.

1.4.2. Kegunaan Produk

Dalam industri kimia isobutylene mempunyai banyak kegunaan, tergantung dari kemurniannya. Kegunaan tersebut antara lain:

- Isobutylene dengan kemurnian > 99%
Dipakai pada pembuatan butyl rubber, poly isobutylene, tert butyl phenol, tert butyl amine, tert butyl mercaptan, methalil chloride, pivalic acid dan methacrylonitile.
- Isobutylene dengan kemurnian > 90%
Digunakan pada pembuatan methacrilic acid dan isoprene.
- Isobutylene dengan kemurnian > 50%
Dipakai untuk pembuatan MTBE, poly butene, diisobutylene dan C₅ alkohol.

1.4.3. Sifat Fisis dan Sifat Kimia

1.4.3.1. Bahan Baku

A. Sifat Fisis Tertiary Butyl Alkohol

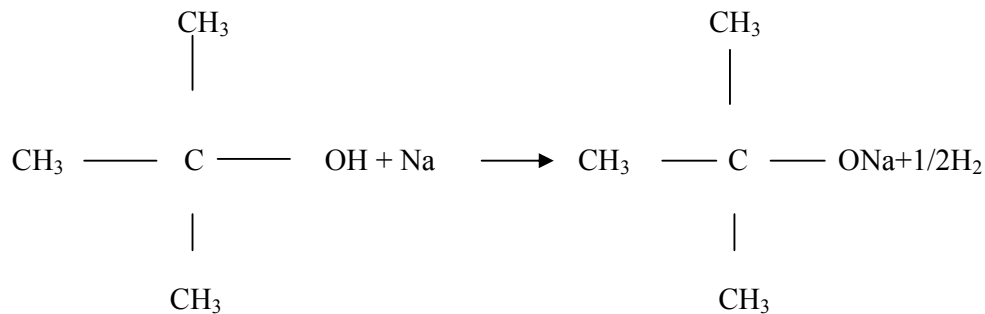
- | | |
|-----------------|-----------|
| ▪ Berat Molekul | : 74,123 |
| ▪ Titik didih | : 82,5 °C |
| ▪ Titik leleh | : 25,5 °C |

▪ Temperatur kritis	: 233,2 °C
▪ Tekanan kritis	: 39,2 atm
▪ Volume kritis	: 0,275 m ³ /kg mol
▪ Density cair	: 786,7 kg/m ³
▪ Viskositas	: 1,77 Cp
▪ Energi gibbs (298 K)	: -42,5144 Kkal/gmol
▪ Panas penguapan	: 9975,12 Kkal/Kgmol
▪ Spesifik gravity, cair (26°C)	: 0,779
▪ Flash point	: 11,11 °C

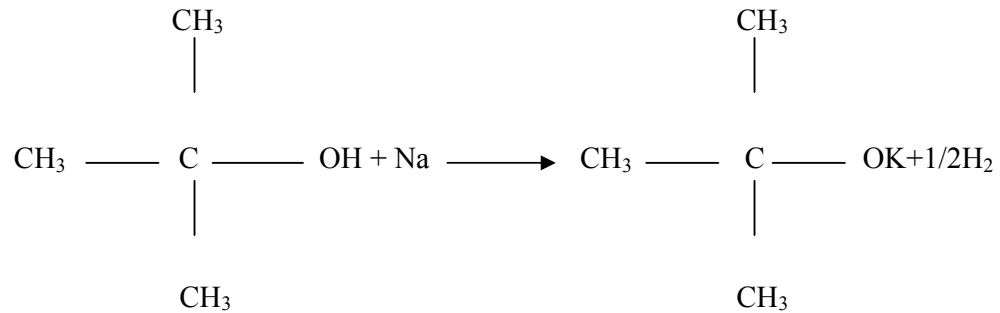
(Sherwood, 1991)

B. Sifat Kimia Tertiary Butyl Alkohol

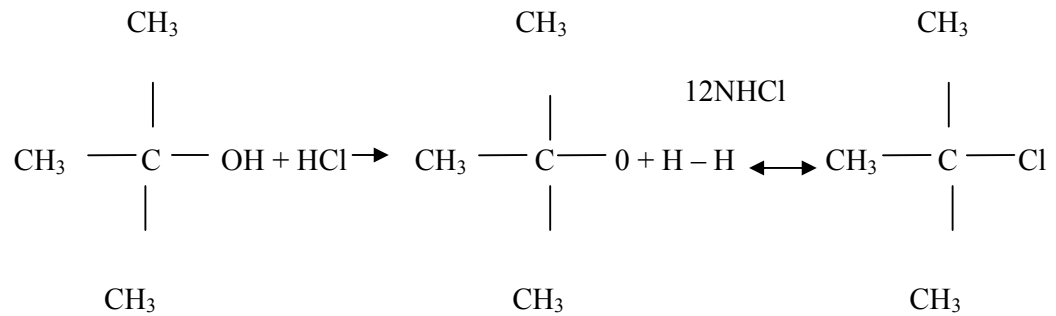
1. TBA dapat bereaksi dengan logam alkali, akan membentuk garam alkali okside. Dengan logam natrium akan membentuk natrium okside dan bila direaksikan dengan potasium akan membentuk potasium okside.



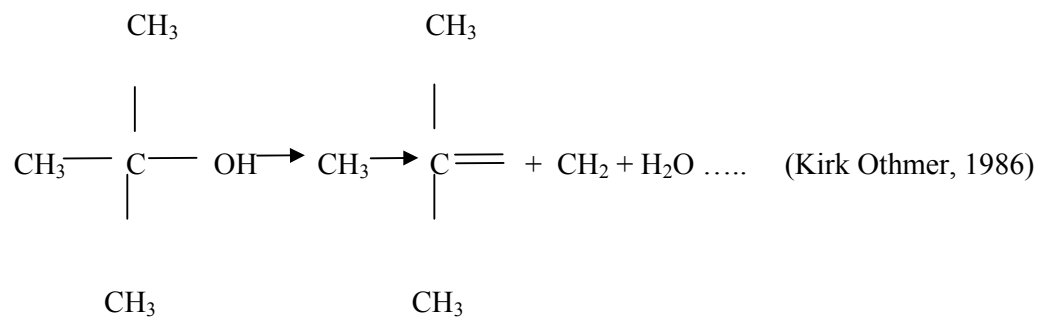
Jika direaksikan dengan Pontasium:



2. TBA direaksikan dengan halogen halida akan membentuk senyawa alkyl halida



3. TBA direaksikan dengan halogen halida akan membentuk isobutylene



1.4.3.2. Sifat Fisis dan Kimia Produk

1.4.3.2.1. Isobutylene

A. Sifat Fisis Isobutylene

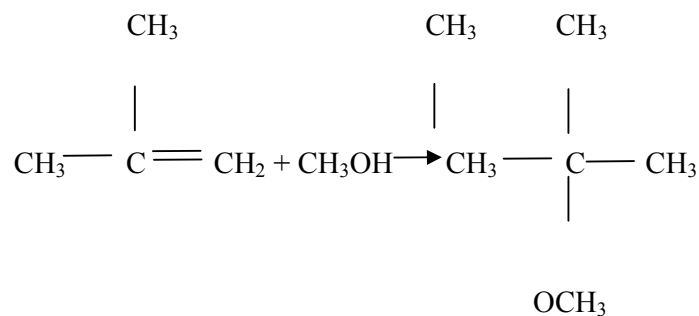
Berat molekul	: 56,108
Titik didih	: -6,9 °C
Temperatur kritis	: 144,9 °C
Tekanan kritis	: 39,5 atm
Volume kritis	: 0,239 m ³ /kgmol
Density, cair	: 587,9 Kg/m ³
Viskositas	: 0,1355 Cp
Energi gibbs (298 K)	: 13,88 Kkal/gmol
Panas penguapan/ ΔH_v	: 5089 Kkal/kgmol
Compresibilitas kritis	: 0,275
Konduktifitas Thermal (298,15 K)	: 0,0158 W/m.K
Indeks bias (25 ⁰ C)	: 1,3926
Ignition temperature	: 465 °C
Compresibilitas kritis	: 0,275

(Sherwood,1991)

B. Sifat Kimia Isobutylene

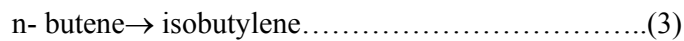
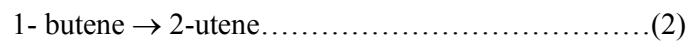
1. Reaksi Etherifikasi

Merupakan reaksi adisi oleh alkohol terhadap isobutylene dengan menggunakan katalis asam. Reaksi ini akan menghasilkan alkyl buthil ether, sebagaimana contoh reaksi pembentukan MTBE.



2. Reaksi Isomerisasi

Dengan naiknya temperatur, maka reaksi tersebut dapat terjadi sebagai berikut:



Isomerisasi cis menjadi trans (pers.1) terjadi pada temperatur normal.

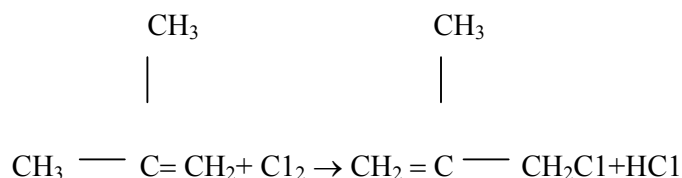
Sedangkan (pers.3) terjadi pada temperatur 450⁰ C dengan jumlah katalis yang besar seperti oksida logam , zeolid, asam Bronsted dan asam Lewis.

3. Reaksi Oligomerisasi

Oligomerisasi dari isobutylene terjadi dengan mengekstrasikan isobutylene dari campuran butene yang menggunakan 65-75 % berat asam sulfat dan dipanaskan sampai 100 °C. Hasil Oligomerisasi isobutylene adalah 2,3,4 trimetyl pentene.

4. Reaksi Chlorinasi

Adanya chlorine akan bereaksi dengan isobutylene menghasilkan methyl alil chloride yang merupakan bahan kimia intermediet.



5. Reaksi ritter

Tert- butyl amine merupakan bahan kimia intermediet pada pembuatan lubricating oil additivis dan miscellaneow chemical . Reaksi yang terjadi mula-mula isobutylene direaksikan dengan asam sulfat, kemudian dengan HCN menjadi tert- butyl amine. Reaksi ini dikenal dengan nama reaksi ritter .
(Ulman's, 1989)

1.4.3.2.2. Air (H₂O)

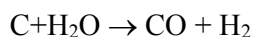
A. Sifat Fisis Air

▪ Berat Molekul	: 18,015
▪ Titik didih (1 atm)	: 100 °C
▪ Titik leleh (1 atm)	: 0,00 °C
▪ Temperatur kritis	: 374,3 °C
▪ Tekanan kritis	: 217,6 atm
▪ Density, cair	: 1000 Kg/m ³
▪ Viskositas	: 0,8278 Cp
▪ Energi gibbs (298 K)	: -56,1002 Kkal/gmol
▪ Panas penguapan/ /ΔH _v	: 9717 Kkal/Kgmol
▪ Indeks bias	: 1,333

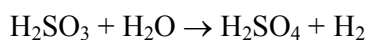
(Sherwood, 1991)

B. Sifat kimia Air

1. Air merupakan reagen penghidrolisa pada proses hidrolisa, apabila air bereaksi dengan oksigen nitrat akan menghasilkan asam nitrat.
2. Air bereaksi dengan carbon maka menghasilkan carbon monooksida.



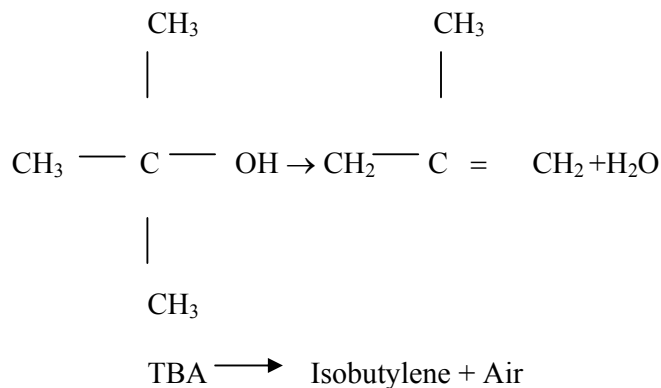
3. Asam sulfit direaksikan dengan air akan membentuk asam sulfat



1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Reaksi dehidrasi TBA untuk memproduksi Isobutylene ini menggunakan reaktor fixed bed katalitik dalam fase homogen yaitu fase gas, dimana didalamnya berisi katalis Harshaw/Filtrol A1 3945 E Alumina type gamma. Pemakaian katalis ini dimaksudkan untuk mempercepat terjadinya reaksi dengan menurunkan energi aktivasi reaksi. Dari literatur diketahui bahwa besarnya energi aktivasi untuk reaksi dehidrasi TBA adalah sebesar 19,8 Kkal/gmol pada tekanan 2,4 atm.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



ΔH reaksi = 20.100 Btu/lbmol, ΔH positif sehingga reaksi bersifat endothermis, maka membutuhkan panas sebelum *feed* direaksikan. Setelah TBA bereaksi didalam reaktor, dimana kondisi operasinya pada range temperatur 204 - 343 °C dan tekanan 2,4 - 8,5 atm., maka gas yang keluar dari reaktor diumpankan ke menara distilasi. Didalam menara distilasi tujuannya untuk memisahkan antara isobutylene dengan air. Uap hasil dari menara distilasi kemudian dikondensasikan di kondenser, setelah itu ditampung dan selanjutnya dipompa ke dalam tangki

penyimpanan produk (isobutylene). Sedangkan air hasil dari menara distilasi dialirkan ke UPL (Unit Pengolahan Limbah).

Reaksi Dehidrasi TBA akan berlangsung baik pada temperatur yang tinggi dan tekanan yang rendah serta adanya katalis. Hal ini disebabkan bila temperatur reaksi lebih rendah dari 204 °C maka kerja katalis akan lambat, sehingga pada waktu yang sama akan dihasilkan konversi yang kecil. Sedangkan bila temperatur terlalu tinggi (> 343 °C) akan menyebabkan oligomer (di- dan tri-isobutylene) dan juga akan menyebabkan “deaktivasi katalis” sehingga dengan terjadinya deaktivasi yang sangat cepat akan menyebabkan selektifitas kecil sekali. Oleh sebab itu untuk menjaga kondisi operasi tersebut memerlukan temperatur kontrol untuk menghindari terjadinya reaksi samping.

Pada reaksi dehidrasi TBA ini konversi yang dapat dihasilkan adalah 99,7%. Reaksi samping tidak akan terjadi bila kondisi operasi dijaga tetap pada *range* suhu 204 – 343 °C dan tekanan 2,4 - 8,5 atm. (HP, Feb, 1992).