



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Dengan meningkatnya industri kimia, maka kebutuhan unsur-unsur penunjang industri juga meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang.

Kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang industri di Indonesia masih banyak didatangkan dari luar negeri. Jika bahan baku dan penunjang ini bisa dihasilkan sendiri di dalam negeri, tentunya dapat menghemat pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor, dan juga dapat meningkatkan penguasaan teknologi.

Cumene merupakan salah satu bahan kimia yang pengadaannya masih didatangkan dari luar negeri, karena Indonesia belum mempunyai industri yang memproduksi *cumene*. (Digital Information Service, 2010)

Berdasarkan Data Badan Pusat Statistik, pada tahun 2009 Indonesia mengimpor *cumene* sebesar 2.851.382 kg seharga USD 2.469.071 untuk kebutuhan dalam negeri, dengan melihat data tabel impor *Cumene* Indonesia di bawah terlihat bahwa, kebutuhan *cumene* di Indonesia cenderung tetap pada kisaran 2,9 ribu ton pertahun dengan harga yang terus meningkat pada tahun ke tahun, walaupun pengadaannya masih tergantung dari harga, contohnya pada tahun 2007 dengan harga USD 155 per kilogram *cumene*, impor Indonesia hanya 1 kg, apabila di Indonesia telah berdiri sebuah Pabrik *cumene*, mungkin kejadian ini tidak akan terjadi lagi, dan Industri derivative dari *cumene* dapat lebih meningkatkan produksinya tanpa harus menghiraukan harga dan ongkos Impor *cumene* dari luar negeri.

Hal diatas dapat menjadi pertimbangan yang cukup untuk mengkaji lebih dalam gagasan pendirian suatu pabrik *cumene* di Indonesia sebagai investasi untuk masa depan.

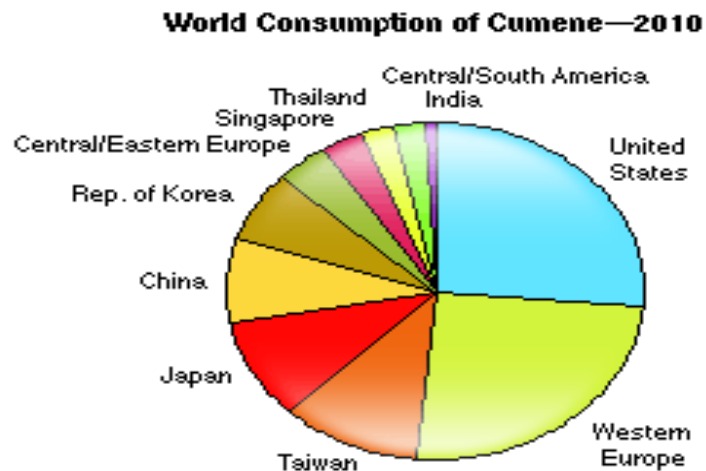


Tabel 1.1. Impor *cumene* Indonesia

Tahun Impor	Berat (kg)	Nominal (US\$)
1999	3.046.752	1.323.149
2000	2.642.373	1.796.094
2001	998.046	577.669
2002	2.991.441	1.648.551
2003	2.932.169	1.923.567
2004	2.979.601	2.889.471
2005	2.969.535	3.186.201
2006	1.982.926	2.331.737
2007	1	155
2008	2.785.305	4.224.331
2009	2.851.382	2.469.071

(Badan Pusat Statistik, 2010)

Selain Indonesia, kebutuhan *cumene* sangat dibutuhkan negara-negara lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1. serta pertumbuhannya akan meningkat tiap tahunnya sekitar 4,5% dari kebutuhan total dunia. Hal ini bisa dijadikan pertimbangan untuk didirikannya pabrik *cumene* di Indonesia. Sebagai alasan pendukung, pemerintah memasukan daftar *cumene* sebagai bahan potensial yang layak untuk diproduksi berkapasitas besar di Indonesia.



Gambar.1.1. konsumsi cumene terbesar di dunia (HIS chemical)



1.2 Perumusan Masalah

Bagaimanakah memenuhi kebutuhan cumene di Indonesia dan beberapa negara lainya dengan metode pengolahan ulang limbah *Diisopropyl benzene (DIPB)*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari rancangan pabrik *cumene* dari *propylene* dan *benzene* adalah untuk memaksimalkan kapasiatas produk *cumene* dengan mengolah kembali DIPB

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat di ambil dari pra rancangan ini adalah tersedianya informasi mengenai pabrik *cumene* dari *propylene* dan *benzene* sebagai *intermediet* sehingga menjadi referensi untuk pendirian suatu pabrik *cumene*.

1.5 Dasar Penetapan Kapasitas

- Produksi *cumene* diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri yang masih didapatkan dari impor.
- Disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku di dalam negeri, yaitu *propylene* dari PT. Chandra Asri di Cilegon dengan kapasitas terpasang 218.700 ton/tahun dan *benzene* dari kilang paraxylene di Cilacap dengan kapasitas 128.000 ton/tahun, sehingga ada keterkaitan positif antar industri dalam negeri.
- Kapasitas pabrik berada di atas kapasitas minimal pabrik *cumene* yang mampu memberikan keuntungan.



1.6 Dasar Penetapan Lokasi

Pabrik *cumene* ini akan didirikan di kawasan industri Merak Banten, berdasarkan pertimbangan kemudahan transportasi produk dengan tersedianya fasilitas pelabuhan, faktor akses bahan baku yang dekat, peluang perluasan pabrik, kebijakan pemerintah, pajak, dan situasi sosial yang mendukung.

1.7 Tinjauan Pusataka

1.7.1. Macam-macam Proses

Cumene adalah bahan kimia murni yang dibuat dari *propylene* dan *benzene*. Nama lain dari *cumene* adalah *isopropylbenzene*, *cumol*, *isopropylbenzol* dan *2-phenylpropane*. Proses dasar pembuatan *cumene* adalah propylalkylation dari *benzene* pada fase cair dengan menggunakan katalis asam sulfat. Karena kompleksnya reaksi penetralan dan banyaknya langkah recycle, maka proses ini jarang digunakan. Selanjutnya seiring dengan perkembangan jaman, proses pembuatan *cumene* berkembang menjadi beberapa proses diantaranya :

a. Metode Terdahulu

1. Proses Alumunium khloride

Pada proses ini reaksi pembentukan *cumene* berlangsung pada fase cair dengan menggunakan katalis alumunium khloride.

2. Proses Catskill

Proses Catskill mengkombinasikan reaksi katalitik dan distilasi dengan menggunakan katalis zeolit

3. Proses Mobil / Badger

Proses ini merupakan reaksi katalitik fase cair dengan menggunakan katalis zeolit serta menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi, yield tinggi dengan biaya operasi yang rendah.



4. Proses Phosporic Acid Catalitic

Proses ini dikembangkan oleh Universal Oils Products (UOP), merupakan reaksi katalitik yang berlangsung pada fase gas dengan menggunakan katalis asam fosfat kiseguhr.

Dari beberapa proses pembuatan cumene diatas, proses Phosporic Acid Catalitic merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam industri. (Vaith & Keyes, 1965)

b. Metode Terbaru

Metode *Q-Max process* dapat dikatakan metode terbaru dari pembuatan *cumene* dengan skala besar. Hal ini dikarenakan keunggulan katalisnya yang dapat diregenerasi serta hasil samping limbahnya dapat diolah kembali. Metode *Q-Max process* menggunakan bahan berfase gas dengan tekanan 25 atm pada suhu 350°C. Kedua reaktor yang digunakan adalah *fixed bed multitube*, dengan reaktor pertama berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi alkilasi antara *propylene* dan *benzene* dengan hasil produknya adalah *cumene* sedangkan reaktor yang kedua sebagai tempat terjadinya reaksi transalkilasi antara DIPB(sebagai limbah) dengan benzene dengan hasil produknya *cumene* ringan. Dari reaktor pertama, produk masuk ke depropanizer kemudian hasil atas *depropanizer* masuk ke reaktor kedua bersama dengan hasil bawah dari kolom destilasi kedua. Hasil produk dari reaktor kedua dan hasil bawah *depropanizer* digabungkan kemudian dipisahkan ke kolom destilasi kesatu. Hasil atas kolom destilasi di *recycle* kembali, sedangkan hasil bawah kolom destilasi kesatu dipisahkan kembali di dalam kolom destilasi kedua. (UOP LLC,2006)

c. Dasar Pemilihan Proses

Proses yang dipilih sebagai perancangan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Konversi yield tinggi dengan artian kuantitas produk lebih banyak dibandingkan dengan proses lainnya
2. Kemurnian cumene dapat mencapai 99,9 %



3. Katalis yang digunakan dapat diregenerasi kembali. Sehingga secara ekonomi lebih hemat dibandingkan proses lainnya

1.7.2. Sifat Fisis dan Sifat Kimia Bahan

a. Sifat Fisis Bahan

a.1 Data Pokok

Tabel 1.2. Data pokok bahan baku dan produk

no	Komponen	Tc (K)	Pc (Pa)	Vc (m ³ /kmol)	MW	NBP (K)	Formula
1	Propylene	364.76	4612310	0.181	42.080	225.43	C ₃ H ₆
2	Propane	369.82	4249570	0.153	44.100	231.10	C ₃ H ₈
3	Benzene	562.05	4895000	0.210	78.110	353.24	C ₆ H ₆
4	Toluene	591.79	4108000	0.264	92.140	383.78	C ₇ H ₈
5	Cumene	631.00	3209000	0.434	120.190	425.56	C ₉ H ₁₂
6	DIPB	689.00	2450040	0.598	162.290	483.65	C ₁₂ H ₁₈

Keterangan:

Tc = Suhu Kritis

Pc = Tekanan Kritis

Vc = Volum Kritis

MW = Berat Molekul

NBP = Titik didih

a.2 Data Antoine

Tabel 1.3 Data antoin bahan baku dan produk

$$\ln P^0 = a + \frac{b}{(T+c)} + d * \ln(T) + e * T^f \quad \text{dalam Aspen Hysis 7.2}$$

no	Komponen	a	b	c	d	e	f
1	propylene	58.352	-3591.08	0.000	-7.109	0.000	2.000
2	propane	52.379	-3490.55	0.000	-6.109	0.000	2.000
3	benzene	169.650	-10314.80	0.000	-23.590	0.000	2.000
4	toluene	76.451	-6995.00	0.000	-9.164	0.000	2.000
5	cumene	136.712	-9687.70	0.000	-19.305	0.018	1.000
6	DIPB	82.743	-9529.51	0.000	-9.555	0.000	2.000



a.3 Densitas

Tabel 1.4 Densitas bahan baku dan produk fase cair

$$\rho = \frac{A}{B \left(1 + \left(1 - \frac{T}{C} \right)^D \right)} \quad T \text{ dalam K dan densitas dalam kg/m}^3$$

No	Komponen	A	B	C	D
1	propylene	1.5245	0.27517	364.76	0.30246
2	propane	1.3937	0.27744	369.82	0.287
3	benzene	1.0259	0.26666	562.05	0.28394
4	toluene	0.8792	0.27136	591.75	0.29241
5	cumene	0.58711	0.25583	631	0.28498
6	DIPB	0.42768	0.25774	689	0.2857

Dalam fase gas

T dalam K dan densitas dalam kg/m³

$$\rho = \frac{BM_{camp} \times P}{(Z \times R \times T)}$$

Keterangan :

Z = factor kompresi

R = tetapan yang bernilai 0,082 atm.m³/kmol.K

P = tekanan (atm)

BM = Berat Molekul

ρ = Densitas

a.4 Viskositas

Tabel 1.5 Viskositas bahan baku dan produk fase cair

$$\mu = \exp \left[A + \frac{B}{T} + C * \ln(T) + D * T^E \right] \quad T \text{ dalam K dan viskositas dalam pa-s}$$

No	Komponen	A	B	C	D	E
1	propylene	-44.83	1337.00	5.67		
2	propane	-15.77	618.23	0.86	-1.80E-13	5
3	benzene	7.51	294.68	-2.79		
4	toluene	-226.08	6805.70	37.54	-6.09E-02	1
5	cumene	-22.99	1807.90	2.06		
6	DIPB	-11.13	1224.80	-0.02		



Tabel 1.6 Viskositas bahan baku dan produk fase gas

$$Y = \frac{A \cdot T^B}{\left(1 + \frac{C}{T} + \frac{D}{T^2}\right)} \quad T \text{ dalam K dan viskositas dalam pa-s}$$

No	Komponen	A	B	C	D
1	propylene	8.79E-06	0.23	800.00	1.20E+04
2	propane	2.21E-06	0.38	405.00	
3	benzene	3.13E-08	0.97	7.90	
4	toluene	8.73E-07	0.49	323.79	
5	cumene	3.37E-07	0.61	221.17	
6	DIPB	8.05E-07	0.48	392.06	

a.5 Kapasitas Panas

Tabel 1.7 Kapasitas panas bahan baku dan produk fase cair

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 + E \cdot T^4 \quad T \text{ dalam K dan } C_p \text{ dalam J/mol.K}$$

No	Komponen	A	B	C	D	E
1	propylene	105800	-234.35	0.76		
2	propane	122200	-994.30	9.08	-0.03	4.74E-05
3	benzene	129440	-169.50	0.65		
4	toluene	140140	-152.30	0.70		
5	cumene	61723	494.81			
6	DIPB	109600	608.40			

Tabel 1.8 Kapasitas panas bahan baku dan produk fase gas

$$C_p = A + B \left[\frac{(C/T)}{\sinh(C/T)} \right]^2 + D \left[\frac{(E/T)}{\cosh(E/T)} \right]^2 \quad T \text{ dalam K dan } C_p \text{ dalam J/mol.K}$$

No	Komponen	A	B	C	D	E
1	propylene	41300	152500	1352.00	74400	5.8E+02
2	propane	44000	193800	1369.00	98000	5.8E+02
3	benzene	44767	230850	1479.20	168360	6.8E+02
4	toluene	58140	286300	1440.60	189800	-6.5E+02
5	cumene	108100	379320	1750.50	300270	7.9E+02
6	DIPB	157150	534060	1666.50	394600	7.6E+02



a.6 Konduktivitas Panas

Tabel 1.9 Konduktivitas panas bahan baku dan produk fase cair

$$k = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 + E \cdot T^4 \quad T \text{ dalam K dan } k \text{ dalam W/m.K}$$

No	Komponen	A	B	C	D	E
1	propylene	0.23	-0.00042			
2	propane	0.35	-0.00124	1.2E-06		
3	benzene	0.23	-0.00031			
4	toluene	0.20	-0.00024			
5	cumene	0.19	-0.00021			
6	DIPB	0.17	-0.00018			

Tabel 1.10 Konduktivitas panas bahan baku dan produk fase gas

$$k = \frac{A \cdot T^B}{\left(1 + \frac{C}{T} + \frac{D}{T^2}\right)} \quad T \text{ dalam K dan konduktivitas dalam W/m.K}$$

No	Komponen	A	B	C	D
1	propylene	0.00	1.2928	312.4	
2	propane	0.00	1.1696	4.98E+02	
3	benzene	0.00	1.3117	491	
4	toluene	0.00	1.2694	537	
5	cumene	0.00	1.8369	-449.46	112760
6	DIPB	0.31	-0.06924	-303.6	1.92E+06

a.7 Panas Pembentuk (ΔH_f)

Tabel 1.11 Panas Pembentukan bahan baku dan produk fase cair

Komponen	Hf (KJ/kmol)
Propylene	20430.0
Propane	-103900.0
Benzene	82980.0
Toluene	50030.0
Cumene	3940.0
DIPB	-76510.0



a.8 Panas Laten (ΔH_λ)

Tabel 1.12 Panas Laten bahan baku dan produk fase cair

Komponen	H_λ (KJ/kmol)
<i>Propylene</i>	18491.97
<i>Propane</i>	18799.61
<i>Benzene</i>	30803.63
<i>Toluene</i>	33364.64
<i>Cumene</i>	37248.40
<i>DIPB</i>	42924.17

a.9 Katalis QZ000/2001

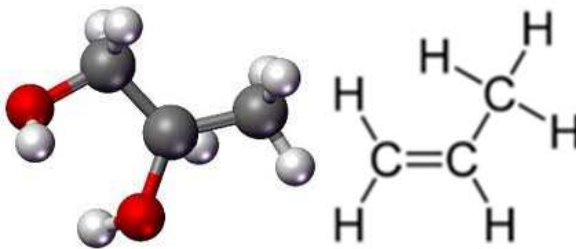
Tabel 1.13 Sifat Fisis Katalis

Data	Terukur
<i>Shape</i>	Sphere
<i>Nominal Diameter(mm)</i>	2,2
<i>ABD, kg/m³</i>	645
<i>Metal</i>	no precious metals

b. Sifat Kimia Bahan

b.1 Propylene

Sifat kimia yang khas dari propylene adalah satu ikatan rangkap dan atom hidrogen pada rumus bangun propylene seperti tampak pada Gambar 1.2. :



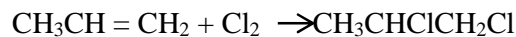
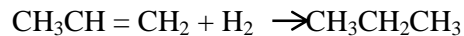
Gambar 1.2. struktur propylene

Atom-atom hidrogen yang terikat pada atom karbon ini adalah hidrogen asiklis ikatan rangkap yang ada pada propylene terdiri dari satu



ikatan sigma (σ) yang terbentuk dari *overlapping* dua orbital sp^2 dan satu ikatan phi (π) yang terbentuk diatas dan dibawah ruang antar dua karbon dengan sisi dua orbital ikatan phi (π) bertanggung jawab untuk beberapa reaksi dengan senyawa ini. Ikatan π berperan sebagai sumber elektron untuk reaksi elektrofilik.

Contoh sederhana adalah reaksi adisi dan hidrogen atau suatu halogen.

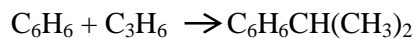


Beberapa reaksi propylene diantaranya adalah :

1. Alkilasi

Reaksi alkalisasi terhadap *benzene* oleh *propylene* dengan adanya katalis $AlCl_3$ akan menghasilkan suatu alkil *benzene*.

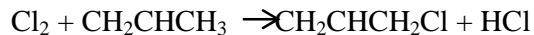
Reaksi :



2. Khlorinasi

Alkil klorida dapat dibuat dengan cara khlorinasi dan nonkatalitik terhadap *propylene* fase gas pada suhu 500oC dalam reaktor adiabatik. Prinsip reaksi ini terdiri dari substitusi sebuah atomkhlorinasi terhadap atom hidrogen pada *propylene*.

Reaksi :



3. Oksidasi

Propylene dapat dioksidasi menjadi akrolein dengan adanya katalis CuO . Umpan masuk reaktor dengan komposisi 20% volume propylene, 20% volume udara dan 60% volume steam dengan waktu kontak satu detik. Pengambilan produk akrolein adalah dengan *quench scrubbing* effluent reaktor menggunakan campuran air dan *propylene*



b.2 Benzene

Menurut Friedrich August Kekule, keenam atom karbon pada benzene tersusun secara siklik membentuk segienam beraturan dengan sudut ikatan masing-masing 120° . Ikatan antara atom karbon adalah ikatan rangkap dua dan tunggal bergantian (terkonjugasi). Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



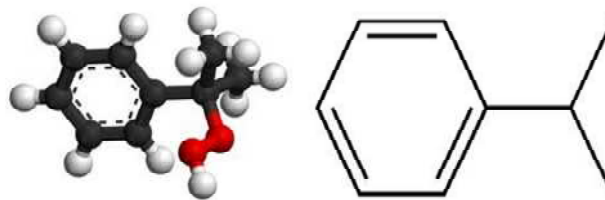
Gamba 1.3 struktur *benzene*

Teori resonansi dapat menerangkan mengapa *benzene* sukar mengalami reaksi adisi. Sebab, ikatan rangkap dua karbon-karbon dalam benzene terdelokalisasi dan membentuk cincin yang kuat terhadap reaksi kimia sehingga tidak mudah diganggu. Pada suhu kamar, *benzene* berwujud cair dengan bau yang khas, tidak berwarna, bersifat racun, dan mudah terbakar .

Reaksi yang terjadi pada *benzene* meliputi : *sulfonasi*, *clorinasi*, *nitrasi* dan *hidrogenasi* dll.

b.3 Cumene

Cumene memiliki struktur pada gambar 1.4. sebagai berikut:



Gamba 1.4. struktur *cumene*



Bersifat karsinogenik (racun), merupakan senyawa nonpolar, tetapi mudah terbakar dengan menghasilkan banyak gejala. Lebih mudah mengalami reaksi substitusi dari pada adisi

1.7.3. Kegunaan Produk

Cumene adalah nama umum untuk *isopropylbenzene*, merupakan senyawa organik yang merupakan hidrokarbon aromatik. *cumene* adalah cairan tidak berwarna, mudah terbakar, dan memiliki titik didih 152°C. Hampir semua *cumene* yang dihasilkan sebagai senyawa murni pada skala industri dikonversi menjadi *cumene* hidroperoksida, yang merupakan *intermediate* dalam sintesis bahan kimia industri penting lainnya seperti *fenol* dan *aseton*.

Disamping itu *cumene* merupakan bahan utama pembuatan *fenol* dan *aseton*. *Cumene* juga merupakan produk menengah yang mempunyai peranan penting dalam menghasilkan produk industri lain seperti : *nylon*, *polycarbonate*, *epoxy*, dan lain-lain. (USU, 2011)