

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Isopropyle benzene merupakan bahan kimia organik yang termasuk dalam golongan aromatik hidrokarbon. Bahan ini mulai diminati orang selama Perang Dunia II berlangsung, karena *isopropyle benzene* dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam *gasoline* yaitu untuk menaikkan bilangan oktan.

Disamping itu *isopropyle benzene* merupakan bahan utama pembuatan phenol dan aceton. Produk akhir dari *isopropyle benzene* dan *derivativenya* menghasilkan antara lain : *fibers, tires, lube oil additive, surfactants, rubber and plastic antioxidants, plywood adhesives, glass fiber insulation, molding compounds, laminates, appliances, glazing, lighting, signs, all nature of polycarbonate products, solvents, brake fluids, acrylic sheets, cosmetics, drugs, cellophane, polyurethanes*, dan bahan - bahan *explosives*.

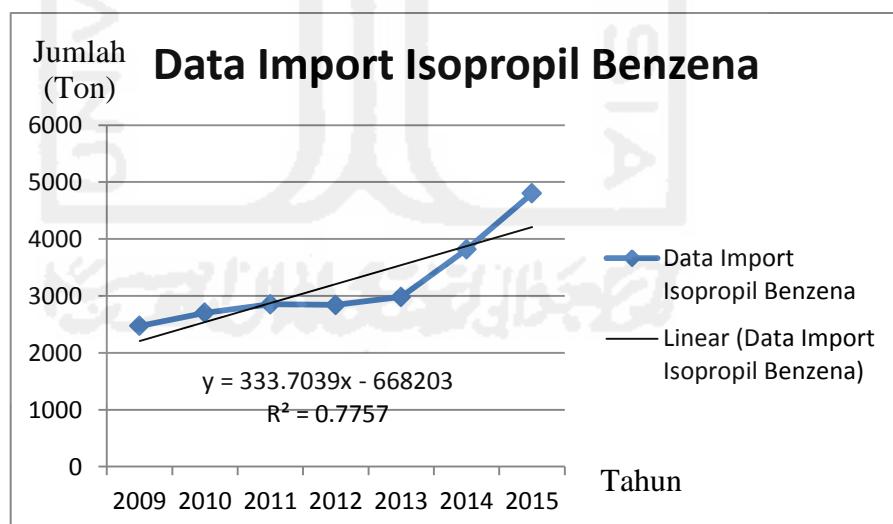
Dengan memperhatikan hal – hal tersebut diatas serta belum mencukupinya kebutuhan *isopropyle benzene* dalam negeri, maka pendirian Pabrik *isopropyle benzene* di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

Sedangkan kebutuhan indonesia saat ini dapat ditunjukan pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Kebutuhan *isopropyle benzene*

Tahun	Jumlah (ton)
2009	2472,3
2010	2704,29
2011	2851,38
2012	2840,2
2013	2981,7
2014	3816,45
2015	4801,99

Dari tabel tersebut dibuat suatu regresi linear dengan menggunakan program Ms. Exel



Gambar 1.1 Kurva hubungan antara tahun dan kebutuhan Cumene

Dari grafik diatas berlaku suatu persamaan regresi linear, yaitu

$$Y = a + bx$$

Dimana $a = 333,704$

$$b = -668203$$

$x = \text{tahun}$

$y = \text{kebutuhan produk pada tahun } x \text{ (ton/tahun)}$

maka :

$$y = a + bx$$

$$y = 333,704 + -668203x$$

$$y = 333,704x - 668203 \dots \dots \dots \text{persamaan (1.1)}$$

Prediksi kebutuhan isoprofil benzen pada tahun 2021 dihitung dengan persamaan

(1.1) sebagai berikut :

$$Y = 333,704x - 668203$$

$$= (333,704 * 2021) - 668203$$

$$= 6213,0939 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.2. kapasitas pabrik isopropil benzen di dunia tahun 2008-2014

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Dow chemical	Midland, A.S	7000
Shell	Houston, A.S	9000
Petroleos mexicanos	Mexico	30000
Gulf	Montreal, Canada	60000
Bp.chemical	Grangemouth, Inggris	95000
Mitsubishi	Kashima, Japan	110000
Phone progil	P.du roussilon	130000
Gulf	Europort, Belanda	150000
Saras	Sardinia, Italia	180000
Gulf	Philadelphia, A.S	200000
Montedison	Priolo, Italia	220000
Maxus energy corp.	Venezuela	280000
Celanese	Bishop, A.S.	290000

(Mc.ketta, J. J., and William, A. Cunningham, 2008)

Atas dasar pertimbangan kapasitas produksi di dunia dan prediksi kebutuhan di indonesia pada tahun 2021, maka kami menyimpulkan produksi dari praprancangan kami sebesar 11.000 ton/tahun. Dimana kebutuhan untuk dalam negeri sendiri sebesar 6.300 ton/tahun, dan sisa nya akan di export ke luar

Indonesia khusus nya negara bagian Asia Tenggara.Berikut data kebutuhan *Cumene* setiap negara di Asia Tenggara :

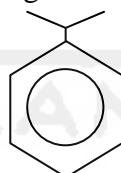
Tabel 1.3 Data kebutuhan *Cumene* Di Asia Tenggara

Negara	Jumlah (ton)
Malaysia	1.005,67
Singapura	300,54
Myanmar	315,64
Vietnam	980,76
Philippines	500,39
Thailand	1.560,38
Kamboja	-
Brunei Darussalam	-
Cambodia	-

(Mimin R & Sutyo,2004)

TINJAUAN PUSTAKA

isopropyle benzene adalah bahan kimia murni yang dibuat dari propilena dan benzena. Nama lain dari *isopropyle benzene* adalah *cumene*, *cumol*, *isopropylbenzol* dan *2-phenylpropane*(Kirk and Othmer, 1999). Rumus bangun *isopropyle benzene* digambarkan sebagai berikut (wikipedia 2010) :



Gambar 1.2 Rumus bangun *isopropyle benzene*

Proses dasar pembuatan *isopropyle benzene* adalah *propylalkylation* dari benzena pada fase cair dengan menggunakan katalis asam sulfat. Karena kompleksnya reaksi penetralan dan banyaknya langkah *recycle*, maka proses ini jarang digunakan(Kirk and Othmer, 1999). Selanjutnya seiring dengan perkembangan jaman, proses pembuatan *isopropyle benzene* berkembang menjadi beberapa proses diantaranya:

- Proses *Alumunium chloride*

Pada proses ini reaksi pembentukan *isopropyle benzene* berlangsung pada fase cair dengan menggunakan katalis alumunium khloride. Katalis ini membutuhkan HCL *anhydrous* untuk regenerasi sehingga perlu reaktor yang tahan terhadap asam. Selain itu, limbah yang dihasilkan pun bersifat korosif sehingga dibutuhkan pengolahan yang cukup mahal (Gimpel, et.al, 1999).

Kelebihan dari metoda ini ialah proses berjalan pada tekanan atmosferik. Sedangkan kekuranggan nya ialah penggunaan alat yang anti korosif

sehingga lebih mahal. Selain itu, biaya pengolahan limbah yang bersifat korosif cukup mahal.

- Proses *Catskill*

Proses *Catskill* mengkombinasikan reaksi katalitik dan distilasi dengan menggunakan katalis zeolit. Kelebihan dari metoda ini ialah penggunaan katalis yang relative lebih murah dibanding metoda yang lain. Akan tetapi, konversi dan kemurnian yang diperoleh sangat rendah.

- 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. Dalam proses ini memiliki kendala dalam mendapatkan katalis *zeolit (MCM-22)*. (Anonim, 2011).

- Proses *Phosphoric Acid Catalytic*

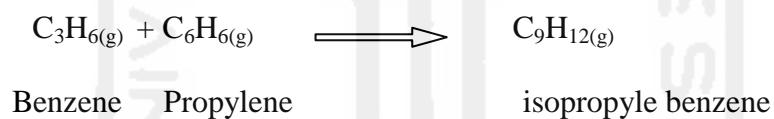
Dalam proses ini UOP menggunakan Asam Fosfor Padat *kiseguhr (Solid Phosphoric Acid / SPA)* sebagai katalis. Reaktor *Alkilasi* yang digunakan adalah jenis *fixed bed* dengan kondisi operasi suhu 350°C dan tekanan 25 atm. Hasil reaksi dialirkan ke *separator* untuk memisahkan *propane* dari *isopropyle benzene*, *diisopropyl benzene*, dan *benzene*. Cairan dari *separator* dialirkan ke menara distilasi. Di menara distilasi, umpan yang terdiri dari *benzene*, *isopropyle benzene*, dan *diisopropyl benzene* dipisahkan. Pada bagian atas menara distilasi akan keluar *benzene* dan sebagian kecil *isopropyle benzene*, dan *diisopropyl benzene*. Aliran pada bagian atas menara distilasi selanjutnya dikembalikan untuk bersama-sama

dengan fresh benzene masuk reaktor alkilasi.Untuk aliran bawahnya yang sebagian besar terdiri dari isopropyle benzene selanjutnya dialirkan ke tangki penyimpanan produk(Faith & Keyes, 1954)

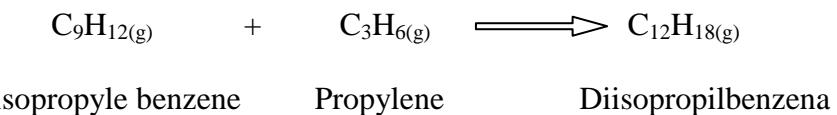
Dari beberapa proses pembuatan isopropyle benzene diatas, proses *Phosphoric Acid Catalitic* merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam industri. Karena metode ini sangat effisien dikarenakan biaya proses yang relative murah dan katalis mudah didapat. Proses ini juga berlangsung dalam fasa gas, sehingga gas buang dapat dipakai kembali menjadi bahan bakar (fuel gass).

Reaksi pembentukan isopropyle benzene dari benzena dan propilen dengan proses *phosphoric acid catalitic* adalah sebagai berikut :

Reaksi utama



Reaksi samping



Supaya reaksi berlangsung dengan baik ,maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Temperatur.

Reaksi pembentukan isopropyle benzene berlangsung pada suhu $> 200^{\circ}\text{C}$. Suhu operasi yang dipilih adalah 350°C , karena pada suhu ini diperoleh konversi propylene yang optimum yaitu 95 %. (Mimin R & Sutoyo 2004). Suhu reaksi dibatasi hanya sampai suhu 360°C , karena pada suhu 360°C katalis asam phosphat *kieselguhrakan* rusak.

2. Tekanan.

Tekanan operasi berlangsung dari 13 atm – 34 atm. Untuk skala komersial dipilih tekanan 25 atm, karena untuk selektivitas yang sama, jika dipilih tekanan yang lebih besar, akan didapatkan keuntungan yang sedikit. Dan selektivitas yang diperoleh tetap sama dengan tekanan operasi 25 atm. (E.L. Kugler, 1995)

3. Mekanisme Reaksi

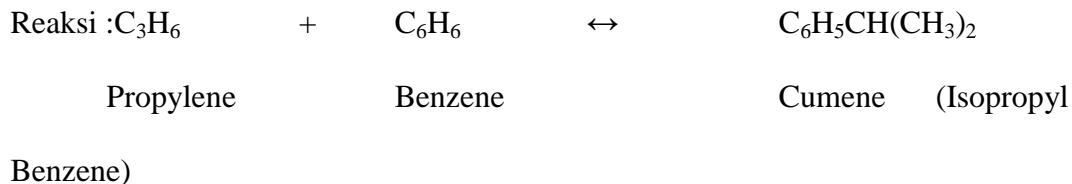
Tahap-tahap dalam reaksi katalis heterogen :

1. Transfer massa (difusi) reaksi (misal : species A) dari “bulk fluid” ke interface yaitu batas antara fluida dengan permukaan padatan (external diffusion).

2. Jika katalisator porous maka terjadi difusi reaktan dari mulut pori ke dalam pori-pori katalis.
3. Adsorpsi reaktan A pada puncak aktif (situs aktif) di permukaan katalisator.
4. Reaksi pada permukaan katalis (missal : $A \rightarrow B$)
5. Desorpsi produk (missal B) dari permukaan katalis.
6. Difusi hasil dari permukaan katalis atau jika berpori, ke mulut pori pada bagian luar katalisator.
7. Transfer massa (difusi) hasil dari bagian luar katalis ke “bulk fluid”.

Kecepatan reaksi katalis ditentukan oleh langkah 3,4, dan 5 karena langkah-langkah tersebut pada tahap-tahap dalam reaksi katalis heterogen merupakan tahapan-tahapan yang paling lambat sehingga sangat menentukan kecepatan reaksi katalis. Sedangkan langkah 1,2,6, dan 7 dapat diabaikan karena memiliki tahanan yang sangat kecil.

Mekanisme reaksi pada reaksi pembentukan Isopropil Benzen dari Propilen dengan Benzen.



➤ Adsorpsi

Supaya reaksi tersebut dapat berlangsung, salah satu atau keduanya harus di-adsorpsi.

- Adsorpsi gas Propylene (P) :



$$r_{AD} = k_A P_p C_v - k_{-A} C_{P,S}$$

$$r_{AD} = k_A (P_p C_v - \frac{C_{P,S}}{K_A})$$

- Adsorpsi gas Benzene (B) :



$$r_{AD} = k_B P_B C_v - k_{-B} C_{B,S}$$

$$r_{AD} = k_B (P_B C_v - \frac{C_{B,S}}{K_B})$$

Ket :

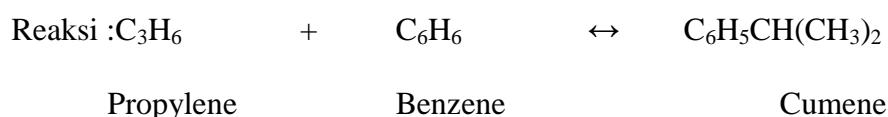
P : Propylene

B : Benzene

S : Surface

➤ Reaksi Permukaan

Mekanisme tergantung sifat reaksi



Mekanisme yang mungkin terjadi :

1. P teradsorpsi + B fase gas \leftrightarrow C teradsorpsi
2. P teradsorpsi + B terdsorpsi \leftrightarrow C teradsorpsi
3. P fase gas + B teradsorpsi \leftrightarrow C teradsorpsi

Jika ditinjau dari kemungkinan 1 dan 2, maka :

- Reaksi permukaan untuk kemungkinan 1 :



$$r_S = k_S C_{\text{P.S}} P_B - k_S C_{\text{C.S}}$$

$$r_S = k_S (C_{\text{P.S}} P_B - \frac{C_{\text{C.S}}}{K_S})$$

- Reaksi permukaan untuk kemungkinan 2 :

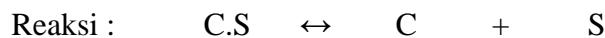


$$r_S = k_S C_{\text{P.S}} C_{\text{B.S}} - k_S C_{\text{C.S}} C_v$$

$$r_S = k_S (C_{\text{P.S}} C_{\text{B.S}} - \frac{C_{\text{C.S}} C_v}{K_S})$$

➤ Desorpsi hasil (Produk)

Desorpsi Cumene (*Isopropyl Benzene*)



$$r_D = k_D C_{\text{C.S}} - k_D P_C C_v$$

$$r_D = k_D (C_{\text{C.S}} - \frac{P_C C_v}{K_D})$$

Menentukan persamaan kecepatan reaksi katalis

- Adsorpsi

Persamaan kecepatan reaksi katalis untuk Adsorpsi :

$$r_{AD} = k_A (P_P C_v - \frac{C_P S}{K_A})$$

pada kondisi operasi steady-state

$$r_{AD} = r_S = r_D$$

$$r_S = k_S (C_{P,S} P_B - \frac{C_C S}{K_S})$$

$$\frac{r_S}{k_S} \approx 0$$

$$C_{P,S} = \frac{C_C S}{K_S P_B}$$

$$r_D = k_D (C_{C,S} - \frac{P_C C_V}{K_D})$$

$$\frac{r_D}{k_D} \approx 0$$

$$C_{C,S} = \frac{P_C C_V}{K_D}, \text{ sehingga } C_{P,S} = \frac{P_C C_V}{K_D K_S P_B}$$

$$r_{AD} = k_A (P_P C_v - \frac{C_P S}{K_A})$$

$$r_{AD} = k_A (P_P C_v - \frac{P_C C_V}{K_A K_D K_S P_B}) \text{ dimana : } K_A \cdot K_D \cdot K_S = K_e$$

$$r_{AD} = k_A (P_P - \frac{P_C}{K_e P_B}) C_V$$

$$C_t = C_v + C_{P,S} + C_{C,S} + C_{I,S}$$

$$C_t = C_v + \frac{P_C C_V}{K_D K_S P_B} + \frac{P_C C_V}{K_D} + P_I K_I C_v$$

$$C_V = \frac{C_t}{\frac{P_C}{K_D K_S P_B} + \frac{P_C}{K_D} + P_I K_I + 1}$$

$$r_{AD} = \frac{CtkA (PP - \frac{Pc}{Ke PB})}{1 + \frac{Pc}{KD KS PB} + \frac{Pc}{KD} + PI KI}$$

- Reaksi Permukaan

Persamaan kecepatan reaksi katalis untuk Reaksi Permukaan :

$$r_S = k_S (C_{P,S} P_B - \frac{C_{C,S}}{K_S})$$

$$C_{P,S} = K_A P_P C_v$$

$$\frac{rD}{kD} \approx 0 \quad , \text{ maka } C_{C,S} = \frac{Pc Cv}{KD}$$

$$r_S = k_S (P_P K_A P_B - \frac{Pc}{KD KS}) C_v$$

$$r_S = k_S K_A (P_P P_B - \frac{Pc}{Ke}) C_v$$

$$C_t = C_v + C_{C,S} + C_{P,S} + C_{I,S}$$

$$C_t = C_v + \frac{Pc Cv}{KD} + K_A P_P C_v + P_I K_I C_v$$

$$C_v = \frac{C_t}{1 + \frac{Pc}{KD} + K_A P_P + P_I K_I}$$

$$r_S = \frac{k_S K_A C_t (P_P P_B - \frac{Pc}{Ke})}{1 + \frac{Pc}{KD} + K_A P_P + P_I K_I}$$

- Desorpsi

Persamaan kecepatan reaksi katalis untuk Desorpsi :

$$r_D = k_D (C_{C,S} - \frac{Pc Cv}{KD})$$

$$\frac{rs}{ks} \approx 0 \quad , \text{ diperoleh } C_{C,S} = C_{P,S} P_B K_S$$

$$\frac{rAD}{kA} \approx 0 \quad , \text{ diperoleh } C_{P,S} = K_A P_P C_v$$

$$C_{C,S} = K_A P_P C_v P_B K_S$$

$$r_D = k_D (K_A P_P C_v P_B K_S - \frac{P_P C_v}{K_D})$$

$$r_D = k_D K_A K_S (P_P P_B - \frac{P_C}{K_e}) C_v$$

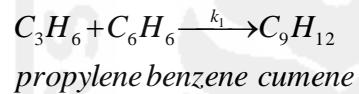
$$C_t = C_{P,S} + C_{C,S} + C_{I,S} + C_v$$

$$C_t = K_A P_P C_v + K_A P_p P_B K_S C_v + K_I P_I C_v + C_v$$

$$C_v = \frac{C_t}{1 + K_A P_P C_v + K_A K_S P_P P_B + K_I P_I}$$

$$r_D = \frac{k_D C_t K_A K_S \left(P_P P_B - \frac{P_C}{K_e} \right)}{1 + K_A P_P C_v + K_A K_S P_P P_B + K_I P_I}$$

4. Tinjauan Kinetika (Nilai K)



$$r_i = k_i c_p c_b \text{ mole/g catsec}$$

$$k_1 = 3.74 \times 10^4 \exp\left(\frac{-7390}{T}\right)$$

$$= 2,638E-01 \text{ cm}^3 / \text{mol.s}$$

[Chem. Eng. Sci., 51, 2189 (1996)]

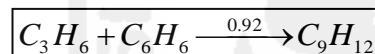
5. Tinjauan Termodinamika

Tabel 1.4 Data kapasitas panas masing - masing komponen

Formula	A	B	C	D	E
propilene	31,2980	0,0724	1,9481E-04	-2,1582E-07	6,2974E-11
propana	28,2770	0,1160	1,9597E-04	-2,3271E-07	6,8669E-11
benzene	-31,3680	0,4746	-3,1137E-04	8,5237E-08	-5,0524E-12
toluene	-24,0970	0,5219	-2,9827E-04	6,1220E-08	1,2576E-12
cumene	10,1490	0,5114	-1,7703E-05	-2,2612E-07	8,8002E-11
DIPB	-70,1770	1,2283	-9,8495E-04	4,2208E-07	-7,6005E-11

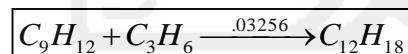
Tabel 1.5 Data ΔH masing – masing komponen

Komponen	ΔHf (kJ/mol)	ΔHf (kJ/kmol)	ΔH(J/mol)	ΔH(kJ/kmol)
Propilene	20,42	20420	28448,1938	28448,1938
Propana	-103,85	-103850	33569,00979	33569,0098
Benzene	82,93	82930	41434,60859	41434,6086
Toluene	50	50000	51070,87134	51070,8713
Cumene	3,93	3930	72102,45825	72102,4583
DIPB	-77,6	-77600	103995,8694	103995,8694
Total	-24,17		330621,0111	330621,011



- $\Delta HR = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$

$$= -23215,9134 \text{ kcal/kmol}$$



- $\Delta HR = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$

$$= -23527,47333 \text{ kcal/kmol}$$

- $\Delta HR_{\text{Total}} = -46743,38672 \text{ kcal/kmol}$