

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Infrastruktur di Indonesia sangat gencar-gencarnya melaksanakan pembangunan agar dapat memajukan segala aspek terhadap kebutuhan masyarakat. Salah satu ekspansi yang sangat memungkinkan melakukan kemajuan terhadap perekonomian negara adalah dengan adanya pembangunan di salah satu sektor perindustrian.

Industri kimia yang sangat menjanjikan sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yaitu pabrik fenol. Fenol adalah bahan kimia yang tidak berwarna dengan bau khas, selain itu fenol dikenal dengan asam karbolat atau benzenol. Istilah nama lain fenol adalah asam *phenic*. Fenol memiliki rumus kimia C_6H_5OH atau asam karbolat atau benzenol adalah zat yang tidak berwarna serta memiliki bau khas. Fenol memiliki nama lain yang disebut asam *phenic*, dan memiliki gugus hidroksil berantai (-OH) yang melekat pada cincin fenil. Aroma fenol yang khas inilah yang membuatnya menjadi bahan kimia aromatis. (Kirk & Othmer, 1996).

Pada Perang Dunia I, F. Rouge melakukan percobaan pada tahun 1834 tentang produksi fenol menggunakan tar batubara sebagai bahan baku. Karena fenol digunakan sebagai fumigator desinfektan (pembunuh kuman) dan sebagai pengawet kayu, penggunaannya sangat dibatasi. Karena digunakan sebagai fumigator desinfektan (pembunuh kuman) dan sebagai pengawet kayu, fenol memiliki aplikasi yang sangat terbatas. (Othmer, 1962).

Banyak metode lain yang juga telah dikembangkan dalam sintesis fenol, beberapa diantaranya adalah klorinasi benzena fase cair yang diikuti dengan hidrolisis fase uap menggunakan suhu tinggi. Metode sintesis pertama dikembangkan untuk memproduksi dengan sulfonasi benzena dan hidrolisis sulfonat. Namun, tidak ada solusi yang dikembangkan yang bekerja dengan baik karena sejumlah masalah, seperti biaya bahan baku yang relatif mahal dan

relevansi risiko korosi yang umumnya rendah dalam skala luas.(Mc Ketta, 1987).

Seiring berjalannya waktu semakin banyak permintaan terhadap kebutuhan fenol di dalam negeri ini salah satunya sebagai penggunaan bahan baku pada industri kimia lainnya. Namun juga beberapa aspek-aspek yang harus dipertimbangkan sehingga dapat mengurangi ketergantungan industri kimia sehingga salah satunya tujuan agar dapat mengurangi anggaran negara serta menumbuhkan peningkatan pabrik didalam negeri yang dibuat dengan berbahan produk fenol.

Konsumsi fenol yang semakin meningkat dengan bertambahnya industri di dunia, khususnya industri resin sintesik, tekstil, bahan perekat, kosmetik, obat-obatan dan lain lain. Akan tetapi dari semua penggunaan fenol yang paling utama adalah dalam industri *fenolic resin*. Permintaan dunia akan fenol semakin lama semakin meningkat. Pada saat ini penjualan fenol mencapai 10,7 juta ton/tahun. Sebagai contoh beberapa negara di asia timur seperti Jepang, Korea Selatan dan Taiwan mengkonsumsi sekitar 35% dari kebutuhan dunia dan Amerika Serikat mengkonsumsi sekitar 30% dari kebutuhan dunia. Diperkirakan setiap tahunnya kebutuhan dunia akan fenol bertambah sekitar 4,5% tiap tahunnya.

Di indonesia, senyawa fenol memiliki prospek kerja yang baik untuk dikembangkan. Hal ini ditinjau dari potensi kebutuhan industri lain terhadap senyawa ini. Namun hingga saat ini sektor tersebut belum dikembangkan walaupun permintaannya cenderung meningkat. Dengan belum tergarapnya sektor ini, maka ketergantungan Indonesia terhadap senyawa fenol yang selama ini sebagian besar dipenuhi dengan cara mengimpor.

Tujuan lain dari prarancangan pabrik pembuatan fenol ini adalah untuk memenuhi kebutuhan fenol dalam negeri yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk tujuan ekspor. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan dan memicu peningkatan produktivitas rakyat yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

I.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik dapat dilakukan dengan melihat berapa kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, data ekspor dan impor, dan jumlah perusahaan yang telah didirikan baik secara lokal maupun internasional. Datatersebut dapat dilihat dari berbagai sumber salah satunya yaitu *website* Biro Pusat Badan Statistik. Dapat diketahui dari data tersebut maka penentuan untuk kapasitas produksi fenol dengan peluang kapasitas yang akan direncanakan untuk pendirian pabrik fenol pada tahun 2024-2028 sebagai berikut.

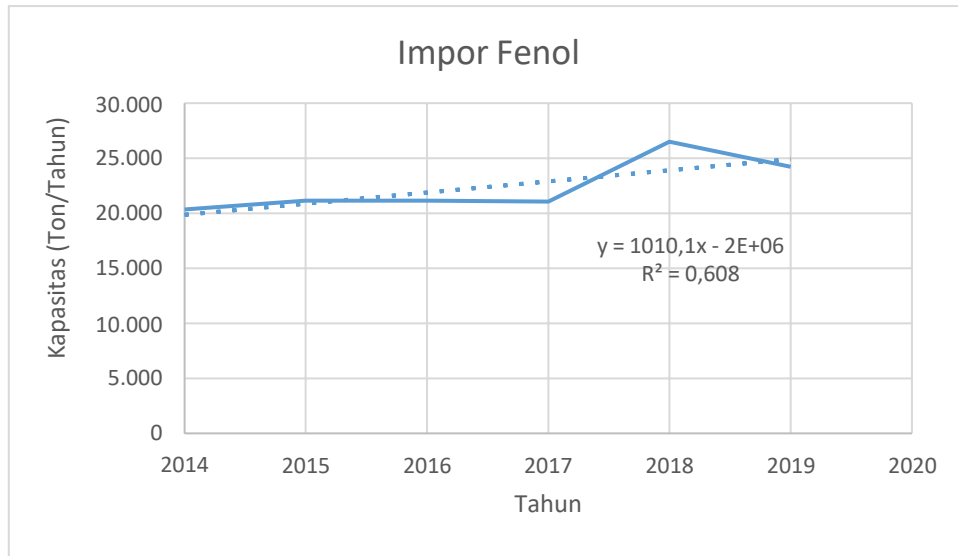
I.2.1 Data Ekspor Impor

Berdasarkan informasi impor dari Biro Pusat Statistik di Indonesia untuk tahun 2014-2019

Tabel 1. 1 Impor Produk di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	2014	20.337
2.	2015	21.134
3.	2016	21.125
4.	2017	21.037
5.	2018	26.492
6	2019	24.210

(*Sumber Biro Pusat Statistik 2023)



Gambar 1. 1 Impor kebutuhan produk Indonesia

Berdasarkan data kebutuhan di Indonesia pada data yang sudah di plotkan pada Gambar 1.1 Maka kolerasi hubungan antara plot dapat dibuat dengan persamaan *Linear* dirumuskan sebagai berikut:

$y=ax+b$ dimana:

$y=$ Jumlah kebutuhan impor fenol + (ton/tahun)

$x=$ Periode kebutuhan (tahun)

Berdasarkan data tabel 1.1 maka hubungan antara jumlah kebutuhan impor dengan periode yang dibutuhkan dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$y = 1010,1x - 2E+06$$

Pabrik akan didirikan pada tahun 2028, maka didapatkan persamaan:

$$y = 1010,1x - 2E+06$$

$$y = 1010,1 (2028) - 2E+06$$

$$y = 48488,8 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, kebutuhan fenol pada tahun 2028 diperkirakan sebesar 48480,8ton/tahun.

1.2.2 Data Konsumsi

Fenol banyak dimanfaatkan untuk pembuatan Bisphenol- A 30% fenolic 43% Kaprolaktan 15%, dan Anilin 7% dari fenol. Maka data konsumsi fenol terdapat pada tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2 Data Konsumsi Fenol di Indonesia

No	Nama Pabrik	Produk	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1	PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	<i>Bishpenol-A</i>	Tangerang Banten	12.000
2	PT. Phodia	<i>Bishphenol-A</i>	Jakarta Selatan	20.000
Total				32.000
Total Kebutuhan: 30% Fenol				9.600
1	PT. Indopherin Jaya	<i>Resin Fenolic</i>	Purbolinggo, Jawa Timur	10.428
2	PT. Dynea Mugi Indonesia	<i>Resin Fenolic</i>	Medan, Sumatera Utara	10.000
3	PT. Intan Wijaya	<i>Resin Fenolic</i>	Bajarmasin, Kalimantan Selatan	71.600
4	PT.Susel Proma Permai	<i>Resin Fenolic</i>	Palembang, Sumatera Selatan	14.000
5	PT. Superin Utama Adhesive	<i>Resinn Fenolic</i>	Medan, Sumatera Utara	12.000
6	PT. Binajaya Rodakarya	<i>Resin Fenolic</i>	Slipi, Jakarta Barat	12.000
7	PT. Perawang Perkasa Industri	<i>Resin Fenolic</i>	Pekanbaru, Riau	21.000
8	PT. Lakosta Indah	<i>Resin Fenolic</i>	Samarinda, Kalimantan Timur	40.000
9	PT. Korindo Abadi	<i>Resin Fenolic</i>	Tanjung Pinang, Riau	40.000
10	PT. Mustika	<i>Resin Fenolic</i>	Sampit, Kalimantan Tengah	22.200
11	PT. Continental Solvido	<i>Resin Fenolic</i>	Grogol, Cilegon Banten	14.500
12	PT. Duta Pertiwi Nusantara	<i>Resin Fenolic</i>	Pontianak, Kalimantan Barat	18.000
13	PT. Arjuna Utama Kimia	<i>Resin Fenolic</i>	Surabaya, Jawa Timur	43.000
14	PT. Sabak Indah	<i>Resin Fenolic</i>	Jambi	60.000

Total				388.728
Total Kebutuhan Resin Fenolic 43% dari Fenol				167.153
1	PT. Inti Everspring Indonesia	Anilin	Banten	1.700
2	PT. Clariant Indonesia	Anilin	Tangerang, Banten	21.927
3	T. Dystar Colour Indonesia	Anilin	Cilegon, Banten	3.000
4	PT. Multikimia Intipelangi	Anilin	Bekasi, Jawa Barat	500
Total				27.127
Total Kebutuhan:7% dari Fenol				1.899

I.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Tabel 1. 3 Pabrik fenol yang sudah berdiri di dunia

No	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT. Metropolitan <i>Phenol</i> Pratama	Serang, Banten	40.000
2	PT. Lambang Tri Usaha	Cibitung, Bekasi, Jawa Barat	45.000
3	PT. Batu Penggal <i>Chemical</i> Industri	Samarinda, Kalimantan Timur	35.000
4	PT. Bumi Banjar Utama Sakti	Barito kuala, Kalimantan Selatan	5.250
5	<i>Blue Island Phenol</i>	Blue Island, Illinois	45.000
6	<i>INEOS Phenol</i>	Theodore, Alabama	540.000
7	<i>Emerald Kalama Chemical</i>	Kalama, Washington	35.000
8	<i>Dakota Gasification</i>	Beulah, North Dakota	16.000

(*Sumber : <http://daftarperusahaanindonesia.com/>)

Berdasarkan Tabel I.2 seperti dapat dilihat bahwasannya pabrik fenol dari data impor fenol dan data pabrik yang sudah berdiri baik dari Indonesia dan luar negeri dengan kapasitas mencapai 16.000 ton/tahun -sampai 540.000 ton/tahun. Sehingga dapat diperkirakan dari grafik *linear* sebesar 48488,8 ton/tahun. Selain itu, kebutuhan konsumsi fenol di dalam negeri mencapai 178.652 ton/tahun dengan jumlah kapasitas pabrik fenol yang berdiri di dalam negeri mencapai 125.250 ton/tahun sehingga ada peluang untuk mendirikan pabrik fenol agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan grafik *linear* dan data konsumsi fenol dibuatlah perancangan pabrik dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun dengan mempertimbangkan kebutuhan fenol yang meningkat setiap tahunnya.

I.2.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pada saat pemilihan lokasi suatu pabrik, penting untuk mempertimbangkan sejumlah faktor yang menjadi patokan keberhasilan dan kelangsungan proses industri pabrik, termasuk produksi dan kontribusi. Maka dari itu, beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk pemilihan lokasi pabrik diantaranya yaitu biaya produksi, biaya akomodasi agar pengeluaran yang dikeluarkan sedikit sehingga memberikan keuntungan bagi pabrik. Selain itu, ketika mencari fasilitas termasuk persediaan bahan baku, kemudahan akses transportasi, kemudahan pengoperasian pabrik, pendistribusian pabrik, utilitas, kondisi cuaca, kebijakan pemerintah, dan sumber daya manusia. Berdasarkan uraian yang telah disampaikan di atas, maka pendirian lokasi pabrik kimia fenol direncanakan didirikan di kawasan industri yaitu di daerah Cilegon Provinsi Banten. Berikut ini adalah beberapa faktor yang diperhitungkan ketika membangun pendirian pabrik kimia fenol ini.

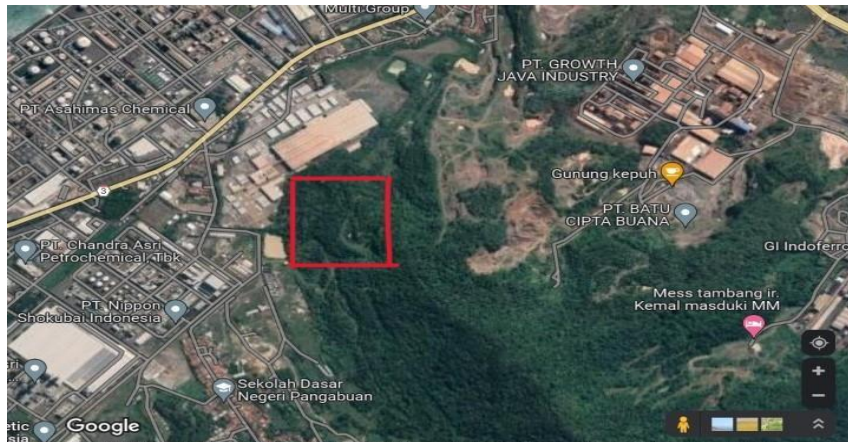
1. Persiapan Bahan Baku

Dalam sebuah pabrik, bahan baku adalah sesuatu yang harus diperhitungkan sejak awal proses produksi. Bahan baku termasuk faktor penting untuk memilih letak lebih awal ketika sejumlah besar bahan

digunakan, karena dapat mengurangi biaya pengiriman atau pengiriman bahan baku di dekat lokasi. Bahan baku utama fenol didatangkan dari PT. *Haihang Industry Company* berlokasi di China dalam bentuk *Cumene Hydrogen Peroxide* dengan kapasitas produksi tahunan sebesar 360.000 ton (www.haihangchem.com). Katalis H_2SO_4 didapatkan dari PT. *Indonesian Acid Industry* yang berlokasi di Jakarta Timur dengan kapasitas produksi tahunan sebesar 82.500 ton (www.indoacid.com).

Bahan pembantu untuk *neutralizer* berupa natrium hidroksida dari PT. Nusa Indah Megah di Surabaya fasilitas transportasi bahan baku yang diperoleh dari sekitar pabrik dapat disalurkan dengan pembuatan pipa penghubung antar pabrik yang didirikan dengan pabrik pemasok bahan baku, sedangkan untuk bahanyang diimpor dapat disalurkan atau diperoleh dengan transportasi kapal.

Pengaruh komponen distribusi di lingkungan pabrik meliputi pasokan bahanbaku, bahan bakar dan bahan penolong serta pemasaran produk. Untuk mempermudah pengangkutan bahan baku, bahan pembantu dan produk akhir, letaknya harus dekat dengan kendaraan besar. Untuk membantu penyebaran produksi, Banten memiliki pelabuhan yang cukup besar, yaitu pelabuhan Merak, dan infrastruktur transportasi darat yang sangat baik. Infrastruktur jalan dan pelabuhan Merak sangat membantu untuk mencapai tujuan ini. Selain itu, ada jalan antar provinsi yang terpelihara dengan baik, jalan tol yang menghubungkan setiap provinsi di pulau jawa, dan pelabuhan yang telah melihat banyak kapal besar bersandar. Oleh karena itu, diharapkan hubungan antar daerah tidak terhambat dan tidak perlu dibangun jalan khusus.dapat memperlancar distribusi hasil produksi. Fasilitas jalan dan pelabuhan di Merak mendukung untuk kepentingan tersebut.



Gambar 1. 2 Wilayah Banten

(Sumber: [Peta Wilayah | BPK Perwakilan Provinsi Banten https://banten.bpk.go.id](https://banten.bpk.go.id))

Berdasarkan Gambar I.2 dapat dilihat bahwa daerah Cilegon Banten dekat dengan jalan tol dan memerlukan waktu sekitar 37 menit dengan jarak tempuh 23,3 km lewat Jl. Tol Trans-Jawa untuk menuju ke pelabuhan Merak dan 25 menit dengan jarak tempuh 12,3 km lewat Jl. Raya Anyer untuk menuju pelabuhan Ciwandan.

2. Utilitas

Supaya produksi dapat berjalan dengan lancar, pemeliharaan peralatan seperti air dan listrik harus diperhatikan. Kawasan Cilegon, Banten merupakan kawasan industri yang dirancang untuk memenuhi keperluan pasokan bahan baku. Jumlah air yang dibutuhkan berasal dari sungai di DAS Cidanau dengan kapasitas 2000 l/s dan dapat diperoleh dari pembangkit PT. Krakatau Tirta berkapasitas 63.072.000 m³ (63.072.000 ton per tahun). Generator dan PLN di daerah tersebut dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk BBM bisa didapat dari Pertamina.

3. Tenaga kerja mudah diperoleh

Tempat ini memiliki pekerja lumayan cukup, baik yang berkualitas tinggi, sedang dan terampil. Ketersediaan pekerja terampil sangat penting untuk pengoperasian untuk mesin-mesin dalam produksi, pemasaran dan manajemen.

Dapat mempekerjakan tenaga kerja dari wilayah atau kota-kota sekitarnya.

4. Lingkup Masyarakat ramah dan cepat adaptasi

Letak Cilegon Banten sudah menjadi wilayah perindustrian oleh Pemerintah. Bahkan jika pabrik didirikan di daerah ini, tidak ada masalah lingkungan atau adaptasi orang-orang di sekitar lokasi pabrik.

5. Kondisi Iklim

Cilegon beriklim tropis. Suhu rata-rata antara 22°C-33°C, dengan curah hujan tertinggi pada bulan-bulan dengan curah hujan paling banyak adalah Desember-Februari dan curah hujan terendah pada bulan Juli-September. Salah satu kawasan industri di Indonesia yang mampu mengendalikan dan mengatasi dampak lingkungan adalah Cilegon.

6. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah sangat baik, terutama untuk sektor wilayah Cilegon. Kebijakan untuk pembangunan industri telah berhasil menciptakan lingkungan yang kondusif untuk investasi di daerah tersebut dan juga menyeimbangkan antara kesempatan kerja dan hasil pembangunan. Peraturan daerah Kota Cilegon tentang rencana Tata Ruang Wilayah Kota Cilegon 2010-2030 memuat peraturan kebijakan tersebut dalam BAB I, Pasal 1.

7. Pemasaran Produk

Fenol yang dihasilkan sebagian besar adalah produksi *bisphenol-A* yang berada di Banten dan Jakarta Selatan, untuk produksi anilin di PT. Lautan Luas, Surabaya, Jawa Timur, dan untuk pembuatan resin *phenolic* di PT. *Intanwijaya Internasional Tbk* yang berada di Kalimantan. Sedangkan sisanya dijual ke luar negeri.

I.3 Tinjauan Pustaka

Fenol memiliki nama lain asam karbolat atau benzenol merupakan senyawa kimia organik berwujud kristal yang tidak berwarna dan memiliki aroma yang unik. Senyawa organik ini memiliki rumus molekul C_6H_5OH dengan cincin aromatik di salah satu atau lebih gugus hidroksil (-OH). Fenol diproduksi melalui oksidasi parsial benzena atau asam benzoat dengan proses *cumene* atau

dengan proses *Rasching*.

Pada abad ke 19 Bayer dan Monsato pertama kali memproduksi fenol dengan proses reaksi benzena sulfonat menggunakan NaOH. Karena tingginya bahan baku serta minimnya produk fenol yang didapatkan maka proses tersebut sudah lama tidak digunakan. Saat ini, proses yang mendominasi produk fenol yaitu dengan proses kumena hidroperoksida.

Fenol mempunyai berat molekul sebesar 94,11 g/mol, campuran komponen fenol mempunyai gugus hidroksil lebih dari satu yang berikatan dengan cincin *aromatic*. Pada *temperature* ruangan sifat fisik fenol berwujud kristal putih dan semakin akan berubah warna menjadi warna merah muda ketika terkena dengan paparan sinar matahari. Fenol memiliki kelarutannya sukar di dalam air sekitar suhu 0-65⁰C namun, dengan suhu diatas 65,3⁰C fenol terlarut dalam airdengan sempurna. Pelarut organik seperti benzene, eter, alkohol sangat larut dengan fenol (Krik & Othmer, 1996).

I.3.1 Dasar Reaksi

Dasar reaksi *cumene hydroperoxide* untuk membentuk fenol dan aseton adalah reaksi eksotermik. *Cumene hydroperoxide* yang terdekomposisi. Reaksi penguraian *cumene hydroperoxide* seperti :



a. Dasar Reaksi Proses Toluena- Asam Benzoat

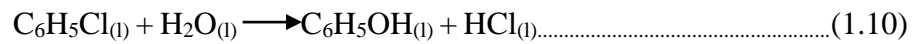
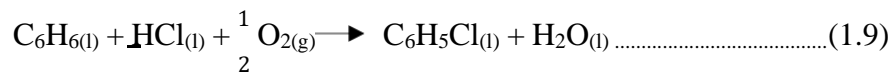
Ada tiga rekasi penting memproduksi *phenol* menggunakan metode toluena-benzoat.



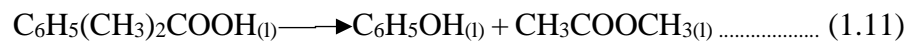
b. Dasar Reaksi Proses Sulfonasi Benzena



c. Klorinasi Benzena (Proses *Rasching*)



d. Dekomposisi *Cumene Hydroperoxide*



I.3.2 Tinjauan Proses

Proses pembuatan pada umumnya terdapat 4 jenis, yaitu :

a. Proses Toluena – Asam Benzoat

Reaksi pertama adalah mengoksidasi toluena dengan katalis kobalt asetat pada *temperatur* 121-1770°C. Reaktor beroperasi pada tekanan 2 atmosfer dengan konsentrasi katalis 0,1-0,3% berat. Reaksi kedua adalah proses oksidasi asam benzoat ke *phenol* benzoat menggunakan katalis udara dan cupri benzoat. Reaktor beroperasi temperatur 234°C dan 1,5 atmosfer. Tahap ketiga dari proses ini melibatkan produksi fenol dengan toluena-asam benzoat menggunakan uap fenil benzoat. Proses ini dilakukan pada *temperatur* hingga 200°C dan tekanan atmosferis. Waktu tinggal reaktor yaitu 8 jam pada tekanan atmosfer. Yield proses *phenol* yang didapat terhadap asam benzoat yaitu 88% (Mc Ketta, 1987; Krik dan Othmer, 1969).

b. Sulfonasi Benzena

Metode ini merupakan metode yang pernah digunakan lagi sejak 1987. Proses ini membutuhkan 4 langkah, meliputi proses sulfonasi garam benzena dengan asam sulfat, menetralkan asam benzen sulfonat, transfer Na ke dalam cairan NaOH dan proses pembentukan fenol. Selama proses ini, benzena dilarutkan hingga 100% asam solfurik menghasilkan benzena sulfonat dalam suhu 65-100°C. Apabila natrium sulfit ditambahkan, asam benzena sulfonat yang telah dihasilkan akan dinetralkan dan diubah menjadi garam natrium. Fungsi garam natrium dipisahkan dengan memasukkannya ke bawah permukaan natrium hidroksida pada suhu yang sudah dikompres antara 3000°C dan 3200°C. Hal ini menghasilkan larutan

natrium fenol yang terkonsentrasi dengan sulfur dioksida dan sejumlah kecil fenol yang bebas dari asam sulfat. Selulosa dibuat dari produk yang dihasilkan dari proses pemurnian natrium. Tenaga kerja dan biaya mahal selama fase fusi dan ekstraksi proses tersebut (Tyaman, 1996).

Metode ini kurang menguntungkan untuk digunakan pada volume yang besar karena hanya digunakan untuk produksi berkapasitas rendah.

c. Klorinasi Benzena (Proses *Rasching*)

Khone-Poulenc menggunakan katalis berbasis besi dan tembaga klorida untuk mengklorinasi benzena pada tahun 1932 dengan mereaksikan asam klorida dengan udara. Pada suhu antara 200-260°C, benzena diklorinasi untuk menghasilkan klorobenzena. Kemudian kloro benzena dimasukkan ke dalam oven dan akan berlangsung proses hidrolisis kloro benzena pada suhu 480°C dengan menggunakan katalis SiO₂ dan akan membentuk rendaman fenol pada benzena yang bisa mencapai 90%

(Krik & Otmer, 1996).

d. Dekomposisi *Cumene Hydroperoxide*

Metode produksi fenol yang paling banyak digunakan adalah metode yang menggunakan kumena sebagai bahan baku. Berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan, metode ini menghasilkan lebih dari 97% fenol yang diproduksi di seluruh dunia pada tahun 2008. Dengan menggunakan asam sulfat, kumena hidroperoksida dibuat dengan metode ini dan terurai dengan cepat menjadi fenol dan aseton.

Pada proses ini reaksi memecahkan kumena hidroperoksida menjadi fenol dan aseton berlangsung pada suhu optimal 80°C pada tekanan 1 atm dengan yield proses sebesar 98%. Reaksi dilakukan dalam suasana asam dengan menggunakan asam sulfat yang berperan sebagai katalis dengan konversi 100% (Xuan Dai, et. al., 2019).

I.3.3 Pemilihan Proses

Berdasarkan dari proses pembuatan fenol diatas maka didapatkan perbandingan sebagai berikut :

Tabel 1. 4 Pertimbangan Pemilihan Proses

No.	Kondisi	<i>Cumene Hydroperoxide</i>	Oksidasi Toluena	Sulfonasi Benzena	Kloro Benzena (Proses <i>Rasching</i>)
1	Suhu Reaktor (°C)	50-120(****)	121-234(***)	150-380(**)	200-480(*)
2	Tekanan (atm)	1(****)	1-2(****)	1(****)	1(****)
3	Jenis Reaktor	RATB(****)	Bubble Column(****)	RATB(****)	Fixed Bed(****)
4	Yield Proses	98%(****)	88%(**)	88%(**)	90%(****)
5	Bahan Baku & Katalis	<i>Cumene Hydroperoxide</i> & H ₂ SO ₄	Toluena & Cobalt Benzonic	Benzena, Natrium Sulfit, H ₂ SO ₄ , Soda Kaustik	Benzena, HCl & FeCl ₃
6	Fase Reaksi	Cair-Cair(****)	Cair-gas(****)	Cair-Cair(****)	Cair-Cair(****)
7	Harga Bahan Baku Utama	1,000/kg(****)	1,2\$/kg(***)	1,600\$/kg	1,600\$/kg
				0,2800\$ /kg	5,00 \$/kg
				0,010 \$/kg	(**)
				0,5460\$/kg	
			(**)		
8	Harga Katalis	0,010 \$/kg (****)	2,27 \$/kg (*)	-	0,35\$/kg (****)
9	Sifat BahanBaku	Korosif(*)	Korosif(*)	Korosif(*)	Korosif(*)

Keterangan:

****= Sangat baik

*** = Baik

** = Cukup

* = Kurang Baik

Berdasarkan dari beberapa proses pembuatan fenol diatas maka dapat disimpulkan bahwa proses dari dekomposisi *cumene hydroperoxide* memiliki jumlah nilai yang lebih besar dari 3 proses diatas. Hal ini dikarenakan bahwa:

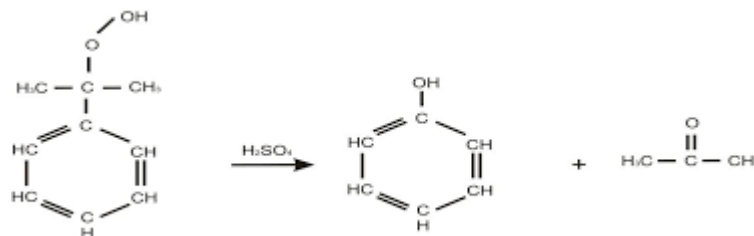
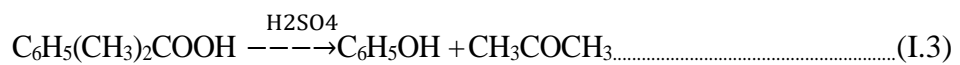
- a. Dari segi potensi ekonomi dan keuntungan, keunggulan utama adalah hasil yang memiliki harga eceran relatif tinggi.
- b. Berdasarkan harga bahan baku *cumene hydroperoxide* merupakan bahan baku yang paling murah.
- c. Kondisi operasi tidak begitu berbahaya karena suhu reaksi adalah 80 °C pada tekanan operasi 1 atm.
- d. Yield proses yang dihasilkan sebesar 98%.
- e. Katalis yang digunakan mudah didapat dan relatif lebih murah.
- f. Proses lebih mudah dan ekonomis karena bisa menggunakan reaktor RATB dan hanya menggunakan satu reaktor.

I.3.4 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika diperlukan untuk memastikan nilai laju reaksi sehingga dapat digunakan dalam desain reaktor. Konsentrasi reaktan memiliki dampak yang signifikan terhadap laju reaksi kimia oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi reaktan yang digunakan, semakin tinggi pula laju reaksinya. Nilai konstanta laju reaksi (k) mempengaruhi laju reaksi. Rasio laju reaksi terhadap konsentrasi reaktan dikenal sebagai konstanta laju reaksi (Fogler, 1992).

Reaksi dekomposisi *cumene hydroperoxide* menjadi fenol dan aseton dapat dilihat pada Gambar I.3 sebagai berikut (Xuan Dai, et. al., 2019) :

Reaksi yang terjadi :



Gambar 1. 3 Dekomposisi Cumene Hydroperoxide

Kondisi operasi (Xuan Dai, et. al., 2019) :

1. Tekanan : 1 atm
2. Suhu : 80 °C
3. *Yield* : 98%

Kondisi ini diambil karena tekanan dan suhu tersebut merupakan kondisi untuk mencapai konversi maksimum yaitu 100% untuk menghasilkan produk fenol (Xuan Dai, et. al., 2019).

Ditinjau dari kinetiknya, reaksi dekomposisi *cumene hydroperoxide* membentuk fenol dalam reaksi orde 1 (Pellegrini, L & Bonomi, 2003).

Reaksi penguraian *cumene hydroperoxide* berlangsung pada suhu 80°C selama 204 detik pada tekanan 1 atm dengan katalis asam sulfat 0,026 dan konversi 100% (Xuan Dai, et. al., 2019).

Persamaan kecepatan reaksi atau kinetika:

Persamaan perancangan:

$$t = C_{ao} \int_0^{x_a} \frac{\partial X_a}{-r_a}$$

Persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_a = kC_a$$

Stoikiometri:

$$C_a = C_{ao} (1 - X_a)$$

Dari ketiga persamaan diatas maka didapatkan persamaan:

$$t = C_{ao} \int_0^{x_a} \frac{\partial X_a}{kC_{ao}(1 - X_a)}$$

$$t = \int_0^{x_a} \frac{\partial X_a}{k(1 - X_a)}$$

$$t = \frac{1}{k} [-\ln (1 - X_a)]$$

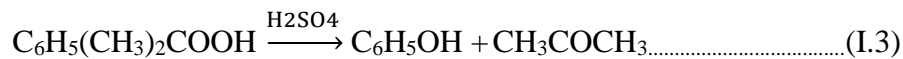
$$k = \frac{1}{t} [-\ln (1 - X_a)]$$

Dari data diatas dapat diketahui : $t = 204 \text{ detik} = 0,0567 \text{ jam}$, $X_a = 98\%$ sehingga tetapan kecepatan reaksi (k) dapat dihitung sebesar:

$$k = \frac{1}{0,0567} [-\ln (1 - 0,98)]$$

$$k = 68,9951 / \text{jam}$$

Tujuannya adalah untuk menentukan apakah reaksi tinjauan termodinamika bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan kalor secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan menghitung suhu formasi normal (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Reaksi yang terjadi adalah:



Komponen	Komponen	ΔH_f° (kJ/gmol)	ΔG° (kJ/gmol)
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	-96,4	-32,5
Aseton	CH_3COCH	-217,1	-152,6
CHP	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_3)_2\text{COOH}$	-78,4	96

Dari sudut reaksi, yaitu dengan menghitung nilai normal energi bebas Gibbs (ΔG°) dan suhu reaksi pembentukan standar (ΔH_f°). Nilai ΔH_f° dan ΔG° seperti ini :

$$\begin{aligned} \Delta H_R^\circ &= \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= [(1 \text{ gmol} \times (-217,1 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-96,4 \text{ kJ/gmol}))] - \\ &\quad (1 \text{ gmol} \times (-78,4 \text{ kJ/gmol})) \\ &= -235,10 \text{ kJ} \\ \Delta G^\circ &= \Sigma \Delta G^\circ \text{ produk} - \Sigma \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\ &= [(1 \text{ gmol} \times (-152,6 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-32,5 \text{ kJ/gmol}))] - \\ &\quad (1 \text{ gmol} \times 96 \text{ kJ/gmol}) \\ &= -281,1 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Proses produksi fenol (ΔH_R°) dari kumena hidroperoksida merupakan reaksi eksotermis, yang dapat terjadi tanpa membutuhkan energi yang besar karena $\Delta G^\circ < 0$ sehingga tidak ada energi panas berlebih yang dibutuhkan (konsumsi daya yang rendah). Hal ini didukung oleh nilai ΔG° sebesar -281,1 kJ.

Hitung konstanta kesetimbangan pada temperatur 25 °C (298 K)

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \text{ (Smith, 2001)}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\Delta G^\circ = \frac{\Delta G^\circ}{-RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-281,1 \times 10^3 \text{ j/mol}}{8,314 \text{ j/mol} \cdot \text{k} \times 298 \text{ k}}$$

$$K_{298} = 2,054$$

$$\ln \frac{K_{T_{operasi}}}{k_{298}} = \frac{\Delta H_{298k}}{R} \cdot \left[\frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K_{60}}{2,054} = \frac{209666}{8,314} \cdot \left[\frac{1}{60} - \frac{1}{298} \right]$$

$$K = 6,0902$$

Karena harga konstanta kesetimbangan *relative* besar atau $K > 1$ maka reaksi berjalan searah, yaitu ke kanan (*irreversible*).