

## BAB II

### STUDI KELAYAKAN AWAL

#### 2.1 Seleksi Proses

Pada proses pembuatan *cumene*, ada beberapa metode yang digunakan antara lain metode UOP, Alkilasi Friedl Craft dan UOP Q-Max.

##### 2.1.1 Metode UOP

Metode UOP merupakan salah satu metode produksi *cumene* yang dikembangkan oleh *Universal Oil Products* (UOP) pada tahun 1940 yang merupakan reaksi katalitik pada fase gas dengan menggunakan katalis SPA (*Solid Phosphoric Acid*) (Cavani, 1993). Meskipun SPA merupakan katalis yang layak untuk sintesis *cumene*, namun katalis tersebut memiliki beberapa kekurangan dibandingkan metode lainnya yaitu dalam produksinya *yield* dari produk *cumene* cukup rendah yakni hanya sebesar 95% akibat oligomerisasi propilena dan pembentukan produk samping *heavy by product*. Selain itu, proses ini membutuhkan rasio umpan molar benzena : propilena (B : P) yang relatif tinggi yakni secara berturut-turut sebesar 7 : 1 untuk mendapatkan *cumene* dengan kemurnian yang baik. Terakhir, katalis yang digunakan pada metode ini juga tidak dapat diregenerasi sehingga harus dibuang dan menyebabkan masalah lingkungan yang berbahaya (Cavani, 1993).

##### 2.1.2 Metode Alkilasi Friedl Craft

Proses produksi *cumene* dengan menggunakan alkilasi Friedl Craft merupakan metode pertama dan dulunya cukup populer di dalam perindustrian *cumene* (Pathak, 2011). Beberapa keunggulan yang menjadi daya tarik dalam pengaplikasian metode Friedl Craft yakni proses ini berlangsung pada fase cair dan beroperasi di dalam suhu dan tekanan yang cukup rendah. Di dalam proses ini, digunakan katalis homogen yakni  $AlCl_3$  namun dalam proses tersebut diperlukan proses dengan tahapan-tahapan yang cukup rumit dan banyak untuk mampu menghasilkan *cumene* dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Selain itu, kelemahan lain yang menjadi penyebab proses ini jarang digunakan lagi adalah katalis  $AlCl_3$

yang digunakan memiliki sifat korosif sehingga menyebabkan umur peralatan tidak dapat bertahan lama dan juga sangat membahayakan lingkungan sehingga proses ini sudah banyak ditinggalkan (Grandreviewresearch, 2017).

### 2.1.3 Metode UOP Q-MAX

Metode UOP Q-Max merupakan teknologi baru dalam produksi *cumene* yang dikembangkan oleh UOP sebagai bentuk keterbarukan dari metode UOP sebelumnya dengan menggunakan katalis zeolit beta yang sangat selektif, kuat dan stabil yakni katalis QZ2000. Metode Q-Max memberikan kualitas produk *cumene* yang sangat baik, dalam hal ini mampu menghasilkan *cumene* dengan tingkat kemurnian yang cukup tinggi sebesar 99.97 wt-% dan hasil *yield cumene* yang diperoleh dapat mencapai 99.7 wt-%. Katalis yang digunakan dalam metode Q-Max mampu beroperasi dengan jumlah benzena yang rendah, memerlukan *capital cost* yang rendah, dan hampir tidak menghasilkan limbah dalam proses produksinya. Selain itu, katalis ini bersifat tidak korosif dan dapat diregenerasi berbeda dengan katalis SPA pada metode UOP yang tidak dapat diregenerasi sehingga katalis dengan metode UOP Q-Max mampu menghindari masalah perawatan dan pembuangan katalis yang signifikan ke lingkungan (Meyers, 2005).

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Produksi *Cumene*

Parameter	Metode		
	Friedel-Craft (Chudinova, 2015)	UOP (Cavani, 1993)	UOP Q-Max (Meyers, 2005)
Kondisi Operasi Reaktor (T,P)	Suhu 135°C dan tekanan 4 atm	Suhu 200-260 °C dan tekanan 29,6-39,5 atm	Suhu 257°C dan tekanan 29,21 atm
Katalis	AlCl <sub>3</sub>	SPA (Solid Phosporic Acid)	QZ2000
Yield Reaktor	77%	81,7 – 89,9%	85-95%
Kemurnian	98%	99%	99,96 – 99,97%
Fase	Cair	Gas	Gas
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kondisi operasi rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kemurnian tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yield dan kemurnian yang dihasilkan tinggi</li> <li>Proses pemisahan tidak rumit</li> <li>Proses tidak menghasilkan limbah</li> <li>Katalis memiliki lifetime yang panjang dan dapat diregenerasi</li> <li>Metode terbaru yang saat ini paling populer digunakan</li> </ul>

<p>Kekurangan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yield dan kemurnian yang dihasilkan rendah</li> <li>• Katalis bersifat korosif</li> <li>• Proses pemisahan membutuhkan banyak alat dan cukup rumit</li> <li>• Katalis tidak dapat digunakan berulang kali</li> <li>• Proses menghasilkan limbah yang dapat membahayakan lingkungan</li> <li>• Metode ini sudah jarang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yield yang dihasilkan rendah</li> <li>• Katalis bersifat korosif</li> <li>• Katalis tidak dapat digunakan berulang kali</li> <li>• Kondisi operasi tinggi</li> <li>• Metode ini sudah jarang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondisi operasi tinggi.</li> </ul>
-------------------	--	---	---

#### 2.1.4 Pemilihan Proses

Pemilihan proses didasarkan pada keuntungan dari tiap proses dalam produksi *cumene*. Dalam pemilihan proses ini, proses yang dipilih didasarkan pada keunggulan yang dimiliki dan keterbaruan proses. Maka dari itu, proses yang dipilih yaitu metode UOP Q-Max dengan beberapa pertimbangan :

- *Yield* produk *cumene* yang tinggi yakni mencapai 99.7%
- Kemurnian produk tinggi mencapai 99.96 hingga 99.97 %
- Proses pemisahan dan pemurnian yang tidak rumit
- Bahan baku berupa benzena dan propilen yang dapat *direcycle* untuk meningkatkan produk.
- Untuk menghasilkan tingkat kemurnian yang tinggi, rasio benzena dan propilena yang dibutuhkan cukup rendah (1 : 1).

- Untuk memperoleh jumlah *cumene* yang lebih tinggi, produk samping hasil reaksi berupa DIPB (diisopropil benzena) dapat direaksikan sehingga, efisiensi limbah cukup baik.
- Katalis QZ2000 memiliki *lifetime* yang panjang, tidak bersifat korosif dan dapat diregenerasi.

Adapun tingkat kemurnian *cumene* yang dihasilkan dengan metode UOP Q-Max saat ini sangat memenuhi kebutuhan konsumen *cumene*. Oleh sebab itu, saat ini sejumlah besar produsen *cumene* sedang mempersiapkan peralihan teknologi *cumene* yakni menggunakan katalis berbasis zeolit beta (QZ2000) dengan menggunakan metode UOP Q-Max dibandingkan katalis SPA (Icis.com, 1996). Selain itu, pemilihan UOP Q-Max saat ini menjadi populer dikarenakan dalam proses produksinya mampu menghasilkan *cumene* dengan kemurnian yang tinggi hanya dengan menggunakan benzena dan propilena dengan kebutuhan rasio yang sangat rendah sehingga mampu menghemat *capital cost* yang dikeluarkan pabrik (UOP.Honeywell.com, 2020). Selain itu, jika dibandingkan dengan penggunaan katalis SPA pada metode UOP, metode UOP Q-Max mampu menghasilkan yield 4-5% lebih besar untuk biaya produksi yang lebih rendah (UOP, 2006).

## 2.2 Deskripsi Proses

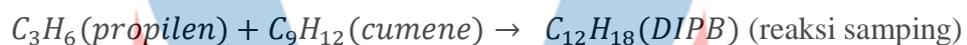
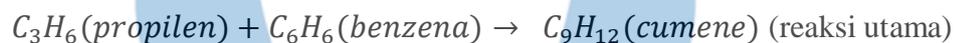
### 2.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini bahan baku berupa benzena dari tangki penyimpanan divaporasi terlebih dahulu agar fasenya menjadi vapor. Kemudian, benzena dan propilena dicampur melewati sebuah pipa dan dinaikkan tekanannya menjadi 29.2 atm, kemudian suhunya dinaikkan menggunakan *heater* menjadi 257°C sebelum masuk kedalam reaktor alkilasi.

### 2.2.2 Proses Alkilasi

Pada tahap ini campuran benzena dan propilena direaksikan pada suhu 257°C dan tekanan 29.2 atm. Adapun reaktor yang digunakan adalah *multitube fix bed reactor* dengan menggunakan katalis QZ2000. Selain itu, pemilihan reaktor *fixed bed* juga merupakan pemilihan yang tepat mengingat fase yang berlangsung gas dan katalis yang digunakan heterogen. Ditambah lagi, katalis QZ2000 memiliki

*lifetime* yang cukup panjang yakni mencapai 5 tahun tanpa regenerasi (UOP, 2006). Adapun pemilihan *multitube* pada reaktor dipilih agar pengendalian suhu lebih mudah terutama untuk mengalirkan fluida pemanas (*steam*) karena reaksi terjadi secara endotermis sehingga dibutuhkan luas perpindahan panas yang luas agar kontak dengan pemanas berlangsung optimal. Dalam reaktor, terjadi dua reaksi yang terjadi yaitu reaksi utama yakni reaksi pembentukan *cumene* dan reaksi samping berupa reaksi pembentukan DIPB. Reaksi tersebut dapat dilihat di bawah ini,



### 2.2.3 Flash Drum 1

Gas keluaran dari reaktor alkilasi selanjutnya diturunkan suhunya dari 257°C menjadi 40°C dan setelah diturunkan suhunya campuran gas tersebut diturunkan tekanannya, dari 29.2 atm menjadi 0.1 atm. Campuran tersebut di umpankan masuk ke dalam *flash drum* 1. Di dalam *flash drum* 1 hasil yang berupa fase gas diumpankan ke tangki bahan bakar, sedangkan fase cairnya diumpankan ke menara distilasi benzena.

### 2.2.4 Menara Distilasi Benzena

Pada menara distilasi ini akan menerima umpan dari unit flash drum 1. Selanjutnya, terjadi proses pemisahan menjadi produk distilat dan *bottom*. Produk distilat pada suhu 79°C dan tekanan 2.04 atm yang sebagian besar berupa benzena *direcycle* untuk masuk kembali bersama keluaran vaporizer benzena. Sedangkan pada produk *bottom* pada suhu 194°C dan tekanan 2.5 atm yang mayoritas berupa *cumene* dan DIPB akan masuk ke dalam kolom distilasi *cumene*.

### 2.2.5 Menara Distilasi Cumene

Menara distilasi *cumene* akan menerima umpan dari unit menara distilasi benzena. Selanjutnya, terjadi proses pemisahan menjadi produk distilat dan *bottom*. Produk distilat pada suhu 181°C dan tekanan 2,04 atm yang kemudian dikondensasi dan hasilnya disimpan dalam tangki penyimpanan *cumene*. Sementara di bagian *bottom* pada suhu 297°C dan tekanan 2,5 atm akan tersisa DIPB yang akan dialirkan ke dalam *flash drum* 2.

## 2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.3.1 Spesifikasi Bahan Baku

#### 1. Propilena

Nama Kimia	: Propilena
Rumus Molekul	: $C_3H_6$
Berat Molekul	: 42,08 g/mol
Titik Didih (1 atm)	: -48 °C
Titik Lebur (1 atm)	: 185 °C
Densitas	: 0,51 kg/m <sup>3</sup>
Wujud	: Gas
Warna	: Tidak Berwarna
Kemurnian	: $\geq 99,4\%$
Impurities	: $\leq 0,6\%$
Harga	: Rp 13.000/kg
Pemasok	: Chandra Asri Petrochemical

(Chandra Asri Petrochemical, 2019)

#### 2. Benzena

Nama Kimia	: Benzena
Nama Lain	: Benzol <i>Phenyl hydride</i> Cyclohexatriene
Rumus Molekul	: $C_6H_6$
Berat Molekul	: 78,11 g/mol
Titik Didih (1 atm)	: 80,1 °C
Titik Lebur (1 atm)	: 5,5 °C
Densitas	: 876 kg/m <sup>3</sup>
Wujud (25°C, 1 atm)	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Kemurnian	: 99,95%
Impurities	: Toluene 0,05%
Harga	: Rp 5200/kg
Pemasok	: Kilang Paraxylene

### 2.3.2 Spesifikasi Produk

#### 1. *Cumene*

Nama Kimia	: <i>Isopropylbenzena</i>
Nama Lain	: <i>Cumene</i>
Rumus Molekul	: $C_9H_{12}$
Berat Molekul	: 120,19 g/mol
Titik Didih	: 152,5 °C
Titik Lebur	: -96,9 °C
Densitas pada 25 C	: 860 kg/m <sup>3</sup>
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Kemurnian	: >99,97%

(Perry, 1997 dan Meyers, A. Robert 2005)

#### 2. DIPB

DIPB atau diisopropylbenzena merupakan produk samping dari produksi *cumene*.

Berikut spesifikasi DIPB.

Nama Kimia	: <i>Diisopropylbenzena</i>
Rumus Molekul	: $C_{12}H_{18}$
Berat Molekul	: 162, 27 g/mol
Titik Didih (1 atm)	: 210,3 °C
Titik Lebur (1 atm)	: - 17 °C
Densitas pada 20 C	: 856,8 kg/m <sup>3</sup>
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna

(PubChem, 2017)

### 2.3.3 Kegunaan Produk

Produk *cumene* saat ini telah banyak diaplikasikan pada industri. Beberapa kegunaan *cumene* antara lain :

- [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)
- Zat aditif dalam minyak mentah dan bahan bakar. Penambahan *cumene* ke dalam minyak mentah dan bahan bakar pada konsentrasi tertentu mampu menaikkan bilangan oktan. Konsentrasi *cumene* rata-rata dalam bensin dan solar premium masing-masing sebesar 0,3% volume dan 0,86% berat. Sedangkan kandungan *cumene* dalam minyak mentah umumnya berkisar antara 0,1-1% (Herman, 2020)
  - Bahan baku dalam pembuatan fenol dan aseton. Sekitar 90% hasil produksi *cumene* digunakan sebagai bahan baku fenol dan aseton (Chudinova et al,2015).

#### 2.3.4 Spesifikasi Bahan Penunjang

##### 1. Katalisator QZ2000

Katalisator	: QZ-2000 ( <i>zeolite</i> )
Bentuk	: <i>extrudate</i>
Diameter	: 1,6 mm
Densitas	: 550 kg/m <sup>3</sup>
Logam	: Tidak terdapat logam mulia

(UOP, 2006)