



## BAB II

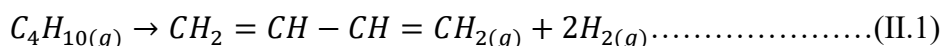
### URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

#### II.1 Macam - Macam Proses

Terdapat berbagai macam proses yang dapat dilakukan untuk memproduksi 1,3 butadiena. Beberapa cara diantaranya yaitu proses *Haundry Catadiene (Houdry)*, proses *Philips (OXD)*, proses Dehidrogenasi Oksidatif dan Proses Dehidrogenasi ethanol :

1. Proses *Haundry Catadine (Houdry)*

*Haundry Catadine (Houdry)* dikembangkan oleh Eugene Houdry pada tahun 1930. Proses ini mengubah butana menjadi butadiena melalui reaksi dehidrogenasi katalitik. Pada prosesnya hidrokarbon diubah menjadi butadiena melalui proses penghilangan hidrogen dengan menggunakan katalis berbasis oksida logam, seperti oksida kromium ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang didukung oleh alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Reaksi ini berlangsung pada suhu tinggi, sekitar  $600\text{--}650^\circ\text{C}$ , dan pada tekanan rendah hingga atmosferik. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed-bed multitube*, yang terdiri dari tabung-tabung panjang yang berisi katalis. Proses ini beroperasi secara siklik, dimulai dengan langkah dehidrogenasi untuk menghasilkan butadiena dan hidrogen, diikuti dengan regenerasi katalis menggunakan aliran udara panas untuk membakar karbon yang terdeposit selama reaksi. Langkah selanjutnya adalah pemurnian butadiena menggunakan distilasi. Konversi yang didapat dapat berkisar 40-60%. Reaksi yang digunakan :



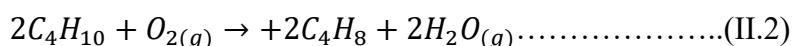
(Gary, 2016)

2. Proses *Philips*

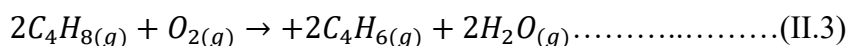
Pada proses ini butana mengalami reaksi oksidasi dehidrogenasi dengan memanfaatkan oksigen sebagai agen pengoksidasi dan katalis seperti bismuth-molibdat ( $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$ ) sebagai agen hidrogenasi. Proses ini berlangsung pada suhu operasi sekitar  $400\text{--}500^\circ\text{C}$  dan tekanan rendah



hingga atmosferik. Reaktor yang digunakan biasanya adalah *fixed-bed multitube*, dirancang untuk menangani panas dari reaksi *eksoterm* yang dihasilkan. Oksigen yang digunakan sebagai bahan baku pengoksidasi dicampur dalam proporsi tertentu untuk mencegah terjadinya reaksi pembakaran penuh, yang dapat menghasilkan karbon dioksida dan air sebagai produk sampingan yang tidak diinginkan. Reaksi utama dalam proses ini yaitu :



Reaksi tersebut dapat mengonversi sebesar 90% dengan bantuan katalis chromia alumina. Reaksi kedua :

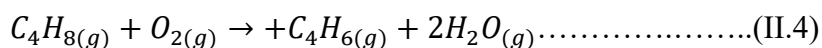


Konversi dari reaksi tersebut sebesar 30%. Setelah reaksi *butadiena* dipisahkan dan dimurnikan dengan alat destilasi dengan produk *top* berupa *butadiena* dan produk *bottom* berupa air.

(Wibowo, 2012)

### 3. Proses Dehidrogenasi Oksidatif

Proses dehidrogenasi oksidatif adalah salah satu proses pembuatan 1,3 butadiena dengan dehidrogenasi butana yang di jalankan dengan reaktor fixed bed multitube dengan kondisi operasi 1 atm dan temperatur 500-600°C. Katalis yang biasa digunakan adalah katalis alumina chromium dan zincferrit. Dalam prosesnya butena (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>) dapat mengalami dehidrogenasi oksidatif untuk membentuk butadiene (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) . Berikut merupakan reaksi inti dehidrogenasi oksidatif:



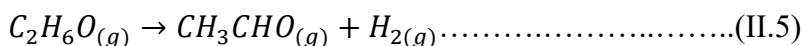
Konversi yang dihasilkan dari reaksi sekitar 90-95% dan memiliki selektivitas butadiena sekitar 87-89% (US Patent : 10532963)



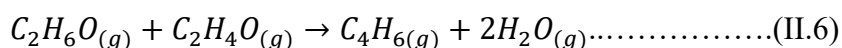
#### 4. Proses Dehidrogenasi Ethanol

Proses ini merupakan salah satu proses pembuatan 1,3 butadiena dengan bahan baku terbarukan yaitu ethanol. Pembuatan 1,3 butadiena pada proses ini dibagi menjadi 2 tahap :

- 1) Dehidrogenasi ethanol menjadi asetaldehida Reaksi :



- 2) Proses reaksi antara ethanol dan asetaldehid Reaksi :



Tahap pertama dimulai dengan etanol konsentrasi 95% yang masuk ke dalam vaporizer untuk menghasilkan uap etanol. Uap tersebut kemudian dialirkan ke reaktor 1, tempat berlangsungnya reaksi dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid menggunakan katalis padat. Selanjutnya asetaldehid tersebut direaksikan dengan kelebihan etanol dari reaksi sebelumnya dalam reaktor 2. Rasio etanol terhadap asetaldehid yang masuk ke reaktor 2 adalah 3:1. Reaktor ini menggunakan katalis tantalum-silika ( $SiO_2$ ) yang mengandung 2% tantalum pentoksida ( $Ta_2O_5$ ) dalam bentuk silika gel. Proses berlangsung pada tekanan atmosferis dan suhu  $325^\circ C$ . Konversi reaksi yang terjadi pada reaksi 1 sebesar 70% dan konversi reaksi yang terjadi pada reaksi 2 sebesar 50% (US Patent : 2022/0259120A1)

## II.2 Seleksi Proses

Terdapat beberapa proses pembuatan 1,3 butadiena. Berikut merupakan perbandingan antara ke empat proses tersebut :

Tabel II. 1 Seleksi Proses Pembuatan 1,3 Butadiena

| Proses        | Bahan Baku | Katalis                  | Kondisi Operasi                  | Konversi | Kelebihan                 | Kekurangan                     |
|---------------|------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|--------------------------------|
| Proses Houdry | Butana     | Katalis berbasis kromium | Suhu 600-650°C, tekanan atmosfer | 40-60%   | Konversi dan selektivitas | Suhu tinggi meningkatkan biaya |



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “PABRIK 1,3 BUTADIENA DARI *ETHYL ALCOHOL* DENGAN PROSES DEHIDROGENASI”

|                                 |          |                                                                 |                                            |                                            |                                                                                     |                                                                                                                                              |
|---------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |          | oksida<br>(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )                     |                                            |                                            | tinggi,<br>cocok untuk<br>skala besar                                               | energi, katalis<br>mengandung<br>logam berat<br>(Gary, 2016).                                                                                |
| Proses<br>Philips               | Butana   | Katalis<br>berbasis<br>molibdenum oksida<br>(MoO <sub>3</sub> ) | Suhu 540-<br>600°C,<br>tekanan<br>atmosfer | 55%                                        | Selektivitas<br>tinggi,<br>efisien<br>dalam<br>memproduksi butadiena<br>dari butena | Memerlukan<br>bahan baku<br>tertentu,<br>katalis mahal<br>(Wibowo,<br>2012).                                                                 |
| Dehidro-<br>genasi<br>Oksidatif | 1-Butena | Katalis<br>berbasis<br>besi atau<br>molibdenum                  | Suhu 400-<br>500°C,<br>tekanan<br>atmosfer | 50-60%                                     | Energi<br>reaksi<br>eksotermik<br>mengurangi<br>konsumsi<br>energi<br>eksternal     | Proses<br>kompleks,<br>memerlukan<br>kontrol<br>oksidasi<br>untuk<br>mencegah<br>pembentukan<br>CO <sub>2</sub><br>(US Patent :<br>10532963) |
| Dehidro-<br>genasi<br>Etanol    | Etanol   | Katalis<br>padat<br>(chromium<br>alumina<br>dan                 | Suhu 325°C,<br>tekanan<br>atmosfer         | 70%<br>(Reaksi<br>1), 50%<br>(Reaksi<br>2) | Proses<br>sederhana,<br>bahan baku<br>murah dan<br>berlimpah,                       | Hasil yang<br>relatif rendah,<br>memerlukan<br>recycle agar                                                                                  |



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “PABRIK 1,3 BUTADIENA DARI *ETHYL ALCOHOL* DENGAN PROSES DEHIDROGENASI”

|  |  |                 |  |  |                  |                                                        |
|--|--|-----------------|--|--|------------------|--------------------------------------------------------|
|  |  | tantala-silika) |  |  | ramah lingkungan | mendapatkan yield tinggi (US Patent : 2022/025912 0A1) |
|--|--|-----------------|--|--|------------------|--------------------------------------------------------|

Melalui perbandingan dari tabel diatas , kami memilih proses pembuatan 1,3 butadiena dengan proses dehidrogenasi ethanol menggunakan bahan baku ethanol. Berikut merupakan beberapa pertimbangan kami :

1) Ketersediaan Bahan Baku

Ethanol merupakan bahan baku melimpah dan murah dibandingkan dengan dengan bahan baku butena dan butana yang diambil dari minyak bumi.

2) Kondisi Operasi Lebih Rendah

Suhu dan tekanan yang digunakan pada proses dehidrogenasi ethanol lebih rendah dari pada proses yang lain. Kondisi tersebut dapat mengurangi biaya konsumsi energi

3) Efisiensi Cukup Tinggi

Konversi yang lebih tinggi dari proses yang lain yaitu untuk reaksi 1 sebesar 70% dan unruk reaksi 2 sebesar 50%.

## II.3 Deskripsi Proses

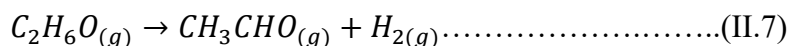
### II.3.1 Persiapan Bahan Baku

Ethanol 95 % disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu 30°C pada tekanan 2 atm. Dialirkan dengan pompa sampai ke dalam vaporizer untuk mengubah fase ethanol dan air menjadi fase gas pada suhu 84°C. Setelah vaporizer bahan menuju heat exchanger untuk dipanaskan hingga suhu 325°C. Setelah dipanaskan ehanol dan air dipisah menjadi 2 jalur, jalur pertama diumpankan menuju reaktor dehidrogenasi dan jalur kedua *bypass* menuju reaktor converter.

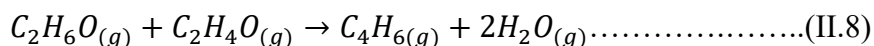


### II.3.2 Pembentukan Produk

Pada reaktor pertama terjadi proses dhidrogenasi ethanol dan air menjadi asetaldehida fase gas dengan kondisi operasi reactor 1,1 atm dan suhu 325°C. Konversi pada reaktor dehidrogenasi mencapai 70%. Reaksi yang terjadi dalam reaktor dehidrogenasi adalah :



Hasil dari reaktor dehidrogenasi berupa air, ethanol, asetaldehida dan hidrogen dialirkan menuju reaktor konverter untuk mengkonversi menjadi 1,3 butadiena. Kondisi operasi pada reaktor konversi adalah pada tekanan 1,1 atm dan suhu 325°C. Konversi dari reaktor yaitu sebesar 50%. Reaksi yang terjadi dalam reator converter adalah :



Kedua reaktor menggunakan *fixed bed multitube* dengan reaksi yang bersifat eksotermis sehingga diperlukan pendingin *downterm* untuk mempertahankan kondisi operasi pada reaktor. Keluaran reaktor dialirkan menuju *cooler* (E-311) untuk didinginkan menjadi 150°C, kemudian di kompres dengan *compressor* (G-312) untuk menaikkan tekanan menjadi 5 atm dan didinginkan kembali dengan kondensor sampai suhu 84°C .kondisi tersebut merupakan kondisi *bulbing point* yang dibutuhkan untuk masuk distilasi.

### II.3.2 Pemisahan Produk

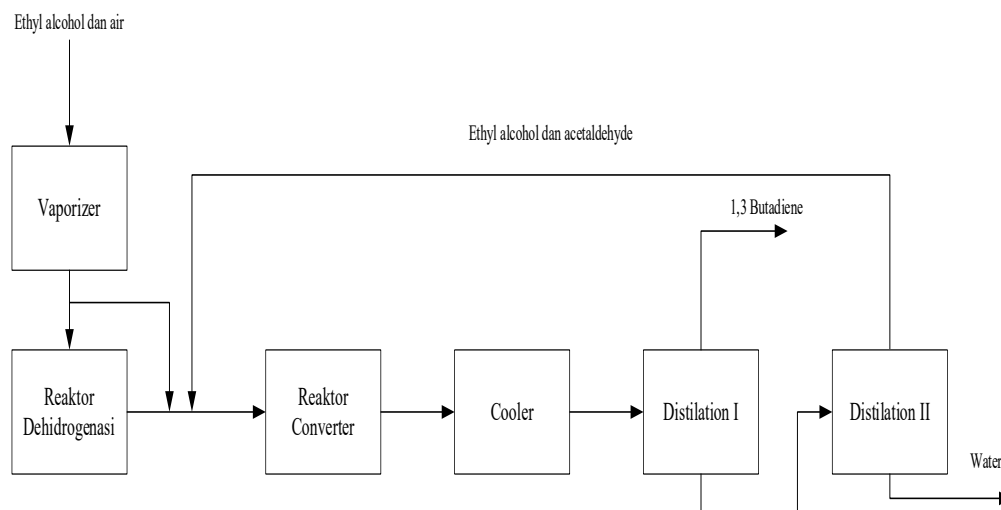
Setelah keluar dari kondensor bahan akan di pisahkan dengan separator (H-420), yaitu untuk memisahkan 1,3 Butadiena dan H<sub>2</sub>, di mana produk atas merupakan H<sub>2</sub> dalam fase gas dan produk bawah 1,3 Butadiena dalam fase cair.. Produk bawah yaitu 1,3 Butadiena kemudian dimurnikan dengan menara distilasi 1 (D-410). Produk bawah berupa asetldehida, ethanol dan air, sedangkan produk atas (distilat) merupakan gas 1,3 butadiena. Kondisi operasi pada distilasi pertama yaitu pada 4 atm dengan suhu *reboiler* 97°C dan kondensor distilat 30°C .

Produk bawah distilasi 1 yang mengandung ethanol, asetaldehida dan air diumpankan menuju distilasi-2 untuk memisahkan ethanol dan asetaldehida dengan



air, umpan masuk pada tekanan 4 atm dan suhu 97°C (titik *bulbing point*). Kondisi operasi pada distilasi kedua yaitu pada 4 atm dengan suhu *reboiler* 144°C dan suhu kondensor 104°C. produk atas (distilat) berupa gas kemudian diumpankan pada (G-515) untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm dan masuk heater (E-517) untuk menaikkan suhu menjadi 325°C. Produk distilat tersebut akan diumpankan kembali pada aliran masuk reaktor konverter untuk di *recycle*. Sedangkan produk bawah distilasi kedua berupa air yang akan diumpankan pada UPL (Unit Pengolahan Limbah).

#### II.4 Blok Diagram Proses



Gambar II. 1 Flowsheet Dasar 1,3 Butadiena dengan Proses Dehidrogenasi  
(Sumber : US Patent : 2022/0259120A1)