

II. DESKRIPSI PROSES

A. Jenis-Jenis Proses

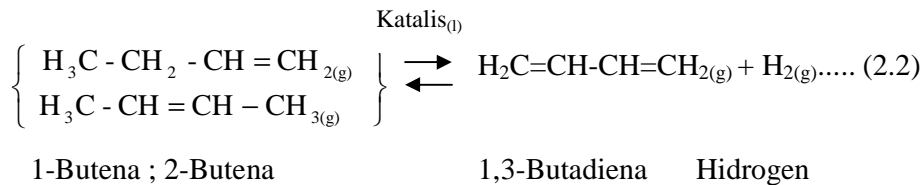
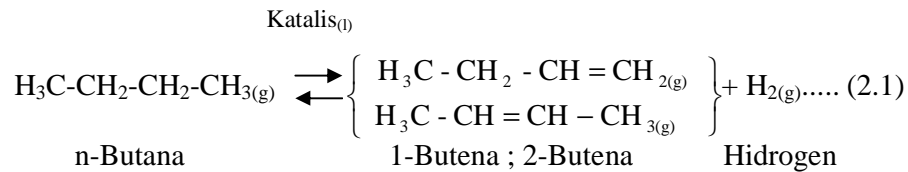
1-Butena atau butilen dengan rumus molekul C_4H_8 merupakan senyawa berbentuk gas yang larut dalam senyawa hidrokarbon, alkohol, eter tetapi tidak larut dalam air, tidak berwarna, serta mudah terbakar dengan aroma yang khas. Beberapa proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan 1-Butene, yaitu sebagai berikut :

1. Dehidrogenasi n-Butana

Dalam proses ini, 1-Butena diperoleh dari dehidrogenasi Butana, dimana diperlukan kondisi temperatur dan tekanan operasi yang tinggi serta membutuhkan banyak tahapan untuk menghasilkan 1-Butena dengan kemurnian yang tinggi.

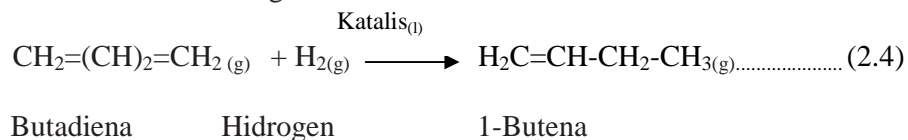
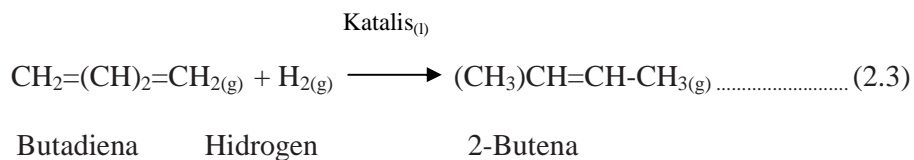
Pada proses ini, umpan mengandung 99% n-Butana dan 1 % isobutana (w/w) didehidrogenasi pada kondisi adiabatik dengan menggunakan reaktor *fixed bed*, pada temperatur sekitar 500-700°C dan tekanan sekitar 0,1-2 atm. Katalis yang digunakan berupa chromia-alumina. Produk reaksi terdiri dari isobutana, isobutena, n-Butana, 1-Butena, 2-Butena, dan 1,3-Butadiena yang kemudian diumpankan ke unit hidrogenasi.

Proses yang terjadi pada unit dehidrogenasi merupakan reaksi endotermis dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Di unit hidrogenasi, 1,3-Butadiena dihidrogenasi dengan menggunakan gas hidrogen yang dihasilkan dari unit dehidrogenasi menjadi 1-Butena dan 2-Butena dan sejumlah kecil 1-Butena terkonversi kembali menjadi n-Butana. Reaksi hidrogenasi ini terjadi pada fase liquid dengan menggunakan platinum atau palladium sebagai katalis pada temperatur ruang dan tekanan 1-10 atm.

Proses yang terjadi pada unit hidrogenasi berdasarkan reaksi dibawah ini:



Kemudian produk hasil hidrogenasi dikirim ke menara distilasi yang bekerja pada tekanan 1-10 atm, dimana 1-Butena dihasilkan sebagai produk atas bersama dengan isobutana dan isobutena. Fraksi bawah yang sebagian besar berupa n-Butana dan 2-Butena serta sebagian kecil fraksi

C₅+ di fraksinasi menghasilkan produk atas berupa n-Butana dan 2-Butena yang *directcycle* ke unit dehidrogenasi, dan produk bawah berupa fraksi C₅+ yang dipisahkan sebagai *liquid reject* untuk digunakan sebagai bahan bakar.

Pemisahan isobutena dari 1-Butena dilakukan dengan cara mengkonversi isobutena menjadi *methyl tertiary butyl ether* (MTBE) melalui reaksi dengan senyawa metanol dalam fase liquid menggunakan katalis resin sintetik pada temperatur ruang. Selanjutnya dilakukan distilasi untuk memisahkan MTBE sebagai produk bawah serta campuran 1-Butena dan isobutana sebagai produk atas. Pada proses ini konversi total *overall* terhadap etilen sebesar 92 % dan yield 1-Butena yang diperoleh yaitu 60%. Untuk menghasilkan 1-Butena dengan kemurnian yang tinggi (99%), maka dilakukan distilasi kembali pada tekanan 3-10 atm, dimana isobutana akan terpisah sebagai produk atas dan *directcycle* ke unit dehidrogenasi (US. Patent no.4.558.168).

2 . Dimerisasi Etilen

Proses dimerisasi etilen (Alphabutol) merupakan proses baru yang dikembangkan oleh *Institut Francais du Petrole* (IFP). Proses ini terdiri dari 4 bagian antara lain reaktor, injeksi *co-catalyst*, penghilangan katalis (*catalyst removal*) dan distilasi. Pada proses ini etilen didimerisasi dalam reaktor pada fase *liquid* membentuk 1-Butena dengan konversi total terhadap etilen sebesar 95,7 % dan yield 1-Butena yang diperoleh yaitu 69,6 %. Dalam reaksi ini digunakan sistem katalis dengan aktivitas dan selektivitas yang tinggi.

Keluaran reaktor berupa gas produk dipisahkan menggunakan menara distilasi, dengan sebelumnya produk yang terbawa larutan katalis di pisahkan oleh *flash drum*. Bahan baku Etilen yang tidak bereaksi di *recycle* kembali menuju reaktor, sedangkan 1-Butene di murnikan lebih lanjut dengan menara distilasi untuk dipisahkan dari produk yang dihasilkan pada reaksi samping, sehingga diperoleh 1-Butena dengan kemurnian tinggi.

Katalisator yang dapat dipakai untuk dimerisasi Etilen adalah senyawa Nikel, Cobalt, dan Titanat. Katalisator Ni dan Co mempunyai selektivitas yang rendah karena dapat menghasilkan campuran dari 1-Butena, *cis* 2-Butena, *trans* 2-Butena, heksena bahkan oktana. Oleh karena itu dipakai senyawa titanium sebagai katalisator yang terbaik.

Katalisator titanium ini harus ditambah senyawa lain yaitu senyawa organoaluminium membentuk katalis kompleks organometalik untuk menaikkan aktivitas katalis, menaikkan laju dimerisasi etilen dan selektivitas proses. Senyawa organoaluminium yang dapat digunakan mempunyai rumus kimia AlR^2_3 dengan R^2 adalah gugus alkil dengan 1 sampai 6 atom karbon.

Katalisator ini dilarutkan dalam pelarut organik, yaitu dalam senyawa aromatik (benzena, toluena), senyawa alipatik (heptana, heksena, oktana, heksana) dan senyawa heteroatom, antara lain : ester, ether (Al-Sa'doun, 1993).

Proses yang terjadi merupakan reaksi eksotermis dengan reaksi kimia yang terjadi adalah :

Proses yang dipilih untuk memproduksi 1-Butena adalah proses dimerisasi Etilen (Alphabutol). Pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan proses ini didasarkan pada :

- a. Kemudahan memperoleh bahan baku.
- b. Biaya bahan baku lebih rendah.
- c. Proses pemurnian produk yang lebih sedikit sehingga tidak memerlukan biaya tambahan untuk menghasilkan 1-Butena dengan kemurnian yang tinggi.
- d. Konversi dan *yield* yang diperoleh lebih besar.
- e. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis sehingga tidak membutuhkan suplai energi.

C. Uraian Proses

Umpan bahan baku Etilen cair diperoleh dari PT.Chandra Asri yang dialirkan melalui pipa menuju unit proses pabrik 1-Butena dengan tekanan 33 atm dan temperatur 30°C. Sebelum bereaksi di dalam reaktor (R-01) umpan Etilen dikondisikan pada tekanan 8 atm dan temperatur 67°C oleh *Expander Valve* (EV-01) dan *Heater* (HT-02) sehingga Etilen berubah fase menjadi gas kemudian dicampur dengan Etilen arus *recycle* dari menara distilasi (DC-01) pada temperatur dan tekanan yang sama sebelum masuk reaktor (R-01).

Tekanan gas masuk reaktor (R-01) adalah 8 atm, temperatur 67 °C yaitu pada kisaran *bubble point* campuran dalam reaktor (Ali and Alhumaizi, 2000). Gas Etilen bereaksi dimerisasi dalam reaktor gelembung dengan katalis Ti/Al (organometalik) yang dilarutkan dalam pelarut cair n-Heptana sehingga terjadi

reaksi katalitik pada fase cair menghasilkan 1-Butena dan sejumlah kecil produk samping. Produk keluar pada temperatur 67°C tekanan 8 atm sesuai tekanan sistem dalam reaktor (R-01). Cairan keluaran bawah reaktor (R-01) diturunkan tekanannya melalui *Expander Valve* (EV-03) menjadi 1 atm dan temperatur dinaikkan menjadi $91,2^{\circ}\text{C}$ oleh *Heater* (HT-04), kemudian masuk ke *Flash Drum* (FD-01) untuk memisahkan hasil gas 1-Butena yang terbentuk dengan pelarut. Etilen dan 1-Butena serta sebagian kecil hasil samping dan pelarut n-heptana akan terpisah menjadi fraksi atas dan sisanya terpisah menjadi fraksi bawah. Hasil cairan kemudian diadsorpsi oleh adsorber (AD-01) untuk memisahkan olefin (*impurities*) dari pelarut yang kemudian *direcycle* kembali dalam reaktor (R-01), sedangkan *impurities* yang dihasilkan dari reaksi samping dibakar dalam incinerator.

Hasil uap selanjutnya masuk ke kompresor (CP-01) 2 *stage* untuk menaikkan tekanannya menjadi 8 atm. Temperatur keluar *stage-2* kompresor (CP-01) adalah $122,9^{\circ}\text{C}$ lalu temperatur diturunkan oleh *Cooler* (CO-01) menjadi 67°C sehingga sama dengan tekanan dan temperatur gas keluar reaktor (R-01). Sebelum dimurnikan dalam menara distilasi (DC-01) keluaran atas gas *Flash Drum* (FD-01) dicampurkan dengan keluaran atas gas dari reaktor (R-01) yang bersama kemudian masuk ke kompresor (CP-02) satu *stage* untuk dinaikkan tekanannya menjadi 19 atm, temperatur $109,7^{\circ}\text{C}$. Sebelum diumpankan ke menara distilasi (DC-01) temperatur disesuaikan pada kondisi cair jenuh pada $72,9^{\circ}\text{C}$ dalam *Cooler* (CO-02). Hasil atas menara distilasi (DC-01) berupa Etilen yang tidak bereaksi dikembalikan sebagai Etilen

recycle ke reaktor (R-01) dengan sebelumnya dikondisikan pada tekanan 8 atm oleh *Expander Valve* (EV-02) dan temperatur 67°C oleh *Heater* (HT-03). Hasil bawah menara distilasi (DC-01) diturunkan tekananya melalui *Expander Valve* (EV-04) menjadi 4 atm, dan penurunan temperatur menjadi 37,2°C dalam *Cooler* (CO-02) sehingga berada pada kondisi cair jenuh, kemudian diumpankan ke menara distilasi (DC-02). Hasil atas menara distilasi (DC-02) berupa 1-Butena sebagai hasil utama, sedangkan hasil bawah menara distilasi (DC-02) *direcycle* ke dalam reaktor (R-01) sebagai pelarut katalis berupa n-Heptana dan sebagian kecil hasil samping reaksi yang terlebih dahulu diadsorpsi dalam *adsorber* (AD-01) untuk memisahkan n-Heptana dari hasil samping reaksi berupa *impurities* olefin yang kemudian dibakar dalam *incinerator* sedangkan n-Heptana diumpankan kembali dalam reaktor (R-01).