



PRA RANCANGAN PABRIK “SIKLOHEKSANA DARI BENZENA DENGAN PROSES HIDROGENASI”

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

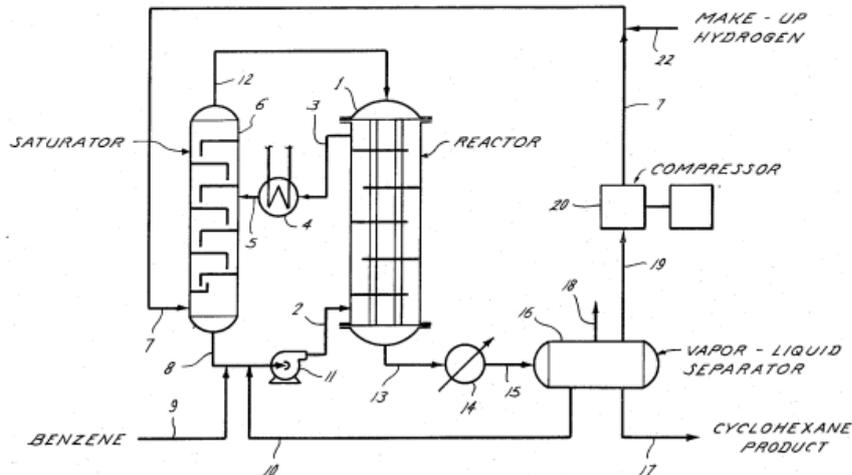
II.1 Jenis-Jenis Proses

Pada pembuatan sikloheksana dapat dilakukan melalui dua macam proses reaksi, diantaranya:

1. Proses Hidrogenasi Benzena
2. Proses Fraksinasi Minyak Mentah
3. Proses Reaksi Diels-Alder

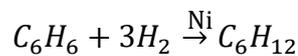
II.1.1 Proses Hidrogenasi Benzena

Suatu proses untuk menghidrogenasi benzena dalam fase gas dengan hidrogen untuk menghasilkan sikloheksana. Katalis yang digunakan adalah nikel dengan support carrier alumunium (nikel raney) dan menggunakan jenis reaktor fixed bed multitube. Suhu reaksi berjalan pada 150°C-250°C dalam tekanan 10-26 atm. Suhu reaktor harus dipertahankan dalam batas yang telah ditetapkan. Hal ini dilakukan untuk menghindari thermal cracking yang terjadi pada suhu diatas 250°C, reaksi samping lain dan tetapan kesetimbangan yang tidak diinginkan yang dapat mengurangi nilai konversi benzena. Karena reaksi berjalan secara eksotermis, maka diperlukan adanya pendinginan untuk menjaga kondisi operasi. Pada proses ini, didapatkan kemurnian sikloheksana dan efisiensi proses yang tinggi karena adanya recycle gas hidrogen serta gas buang yang sedikit sehingga lebih ekonomis.



Gambar II. 1 Proses Hidrogenasi Benzena

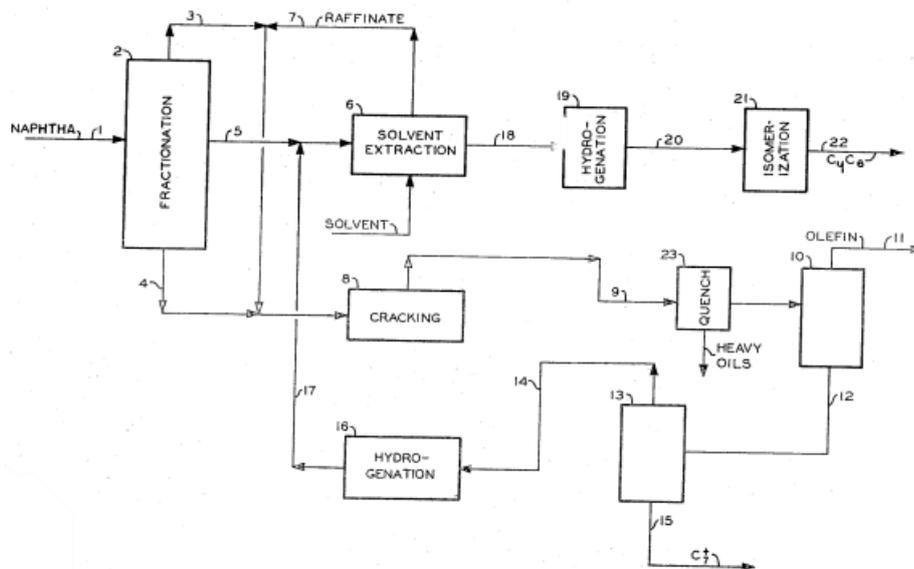
Reaksi berlangsung sebagai berikut:



Reaksi hidrogenasi berlangsung eksotermis dan berlangsung secara spontan karena tidak memerlukan energi aktivasi, sehingga diperlukan katalis agar reaksi dapat berlangsung dengan cepat. Katalis akan mengadsorpsi molekul reaktan secara kimiawi (Septiawati et al., 2010).

II.1.2 Proses Fraksinasi Minyak Mentah

Sikloheksana pertama kali diperoleh dari proses fraksinasi minyak mentah dengan kemurnian hanya 85%. Proses ini memanfaatkan minyak mentah atau crude oil sebagai bahan baku utama yang nantinya akan difraksinasi menggunakan distilasi fraksional. Didapatkan beberapa fraksi, yaitu fraksi ringan (C5 atau yang lebih ringan), fraksi menengah (benzena, metil siklopentana, dan sikloheksana), dan fraksi berat (C7 atau yang lebih berat). Pembuatan sikloheksana menggunakan proses ini mendapatkan hasil yang kemurniannya rendah dan apabila kemurniannya ditingkatkan, hasil yang didapatkan menjadi sedikit. Terlebih lagi impuritasnya juga yang lebih tinggi, sehingga proses jenis ini tidak digunakan pada skala industri.



Gambar II. 2 Proses Fraksinasi Minyak Mentah

(US Patent 3406217, 1968)

II.1.3 Proses Reaksi Diels-Alder

Sikloheksana dapat disintesis dari diena dan dienofil. Reaksi ini merupakan reaksi adisi, yaitu reaksi penambahan dua molekul atau gugus ke molekul yang sama. Reaksi ini dapat dilakukan dengan cara memanaskan diena dan dienofil pada suhu 50-150°C. Suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan laju reaksi yang lebih cepat, tetapi juga dapat meningkatkan pembentukan produk sampingan. Rendemen reaksi ini dapat mencapai 70%. Tekanan operasi reaksi Diels-Alder untuk membentuk produk sikloheksana biasanya berkisar antara 10-100 atm. Tekanan yang lebih tinggi akan menghasilkan laju reaksi yang lebih cepat, tetapi juga dapat meningkatkan pembentukan produk sampingan. Suhu dan tekanan operasi reaksi Diels-Alder untuk membentuk produk sikloheksana dapat bervariasi tergantung pada jenis diena dan dienofil yang digunakan, serta jenis katalis yang digunakan. Pada tekanan atmosfer normal (1 atm), reaksi Diels-Alder akan berlangsung sangat lambat dan menghasilkan rendemen yang rendah. Oleh karena itu, tekanan reaksi perlu ditingkatkan untuk mempercepat laju reaksi dan meningkatkan rendemen produk (US Patent 9115155B1, 2015).



PRA RANCANGAN PABRIK “SIKLOHEKSANA DARI BENZENA DENGAN PROSES HIDROGENASI”

II.2 Seleksi Proses

Pemilihan ketiga proses tersebut dilakukan berdasarkan perbandingan berbagai parameter meliputi bahan baku, ekonomi, kondisi operasi, teknik dan lingkungan. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Sikloheksana

Parameter	Proses Hidrogenasi	Proses Fraksinasi	Proses Diels-Alder
Bahan Baku	Benzena dan Hidrogen	Naptha	Diena dan Dienofil
Bahan Pengotor	Toluena	Fraksi berat minyak bumi	Air, alkohol, dan asam
Jenis Reaktor	Fixed Bed	Fixed Bed	CSTR
Temperatur (°C)	150-250	100-150	50-150
Tekanan (atm)	10-26	3,74-4,42	10-100
Konversi (%)	99	85	80-90

Berdasarkan uraian dan tabel di atas , maka proses yang dipilih adalah proses hidrogenasi, hal tersebut dikarenakan konversi yang dihasilkan hingga mencapai 99%. Selain itu, Proses Hidrogenasi Benzena memiliki hasil kemurnian produk yang tinggi. Proses Hidrogenasi juga dilakukan *recycle* hidrogen sehingga akan mempengaruhi *cost* dari proses produksi yang dimana akan menjadi lebih efisien.

II.3 Uraian Proses

Pada Pra Rancangan Pabrik ini, produksi sikloheksana (C_6H_{12}) dari Benzena (C_6H_6) dan Hidrogen (H_2) dengan menggunakan proses hidrogenasi dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemisahan produk

Uraian proses pada pembuatan sikloheksana adalah sebagai berikut :



PRA RANCANGAN PABRIK “SIKLOHEKSANA DARI BENZENA DENGAN PROSES HIDROGENASI”

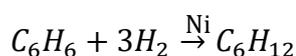
1. Persiapan bahan baku

Pada proses persiapan bahan baku, benzena (C_6H_6) diperoleh dari PT Pertamina RU IV Cilacap. Benzena yang dihasilkan di PT Pertamina RU IV Cilacap memiliki kemurnian 99,9% dan disimpan di tangki penyimpanan. Bahan baku benzena disimpan pada fase cair dengan suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Hidrogen (H_2) diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia yang disimpan di tangki bola bertekanan. Hidrogen yang dihasilkan di PT Air Liquide Indonesia memiliki kemurnian 99,75%. Bahan baku hidrogen dalam fase cair dengan suhu kritis $30^\circ C$ dan tekanan 35 atm. Benzena yang disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm akan dinaikkan tekanannya dengan Pompa hingga mencapai 2 atm. Kemudian benzena dinaikkan suhunya dengan vaporizer hingga suhunya mencapai $131^\circ C$. Pemanas yang digunakan untuk menguapkan benzena pada vaporizer adalah steam. Penguapan pada vaporizer dilakukan untuk mengubah benzena cair menjadi gas yang kemudian menuju compressor hingga mencapai tekanan 20 atm sehingga suhunya akan meningkat menjadi $235^\circ C$, kemudian akan diumpankan ke dalam static mixer.

Gas Hidrogen dengan suhu $30^\circ C$ dan tekanan 35 atm kemudian hidrogen akan dipanaskan dengan pre-heater untuk menaikkan suhunya hingga $235^\circ C$. Kemudian untuk menurunkan tekanannya dengan ekspansi valve hingga 20 atm. Gas hidrogen akan bercampur dengan gas benzena dan recycle gas hidrogen keluaran compressor dan pre-heater yang telah dinaikkan tekanannya menjadi 20 atm dan suhunya menjadi $235^\circ C$. Campuran gas benzena dan hidrogen lalu diumpankan ke dalam static mixer dan akan bercampur dengan gas benzena dari vaporizer dan kemudian akan diumpankan ke dalam reaktor.

2. Pembentukan produk

Reaksi yang terjadi dalam reaktor:



Bahan baku yang telah siap lalu dimasukkan ke dalam reaktor yang beroperasi secara isothermal dan adiabatik dimana reaksi dijaga pada suhu reaksi $235^\circ C$ dan tekanan 20 atm. Hal ini dilakukan untuk menghindari thermal cracking yang



PRA RANCANGAN PABRIK “SIKLOHEKSANA DARI BENZENA DENGAN PROSES HIDROGENASI”

terjadi pada suhu diatas 250°C , reaksi samping lain dan tetapan kesetimbangan yang tidak diinginkan yang dapat mengurangi nilai konversi benzena. Proses pembentukan produk sikloheksana menggunakan Reaktor Fixed Bed Multitube yang di dalamnya berisi katalis nikel raney. Gas benzena dan hidrogen dimasukkan secara bersamaan ke bagian tube reaktor, selanjutnya melewati katalis. Saat melewati katalis, bahan baku mengalami reaksi sehingga membentuk produk sikloheksana. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, sehingga akan melepaskan panas yang dapat menaikkan suhu dalam reaktor, tetapi reaktor berjalan secara isothermal sehingga suhu dijaga konstan pada suhu 235°C . Panas yang dihasilkan oleh reaksi ini diserap oleh media pendingin cooling water yang dialirkan di dalam shell. Konversi yang dicapai dalam pembentukan produk sikloheksana dengan proses hidrogenasi benzena sebesar 99% terhadap benzena.

3. Pemisahan produk

Produk keluaran dari reaktor berupa fase gas yang terdiri dari benzena, sikloheksana, dan hidrogen yang masih bertekanan dan suhu yang tinggi akan diturunkan tekanannya menggunakan expander, kemudian campuran produk keluaran dari reaktor tersebut akan dikondensasikan di dalam kondensor untuk merubah produk fase gas menjadi campuran gas-cair. Selanjutnya, dilakukan pemisahan produk berupa campuran gas-cair di dalam separator. Hasil atas separator yaitu gas hidrogen yang tidak terkondensasi akan di recycle untuk dicampur dengan umpan hidrogen. Sedangkan hasil bawah separator dilakukan pre-cooling sebelum produk sikloheksana dimasukkan dalam tangki penyimpanan produk untuk disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.