



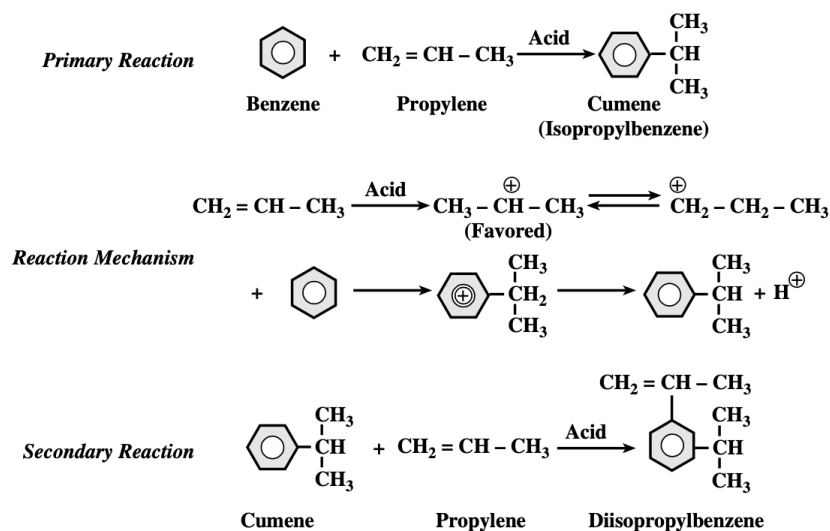
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Proses

2.1.1 Reaksi Alkilasi Proses Pembuatan Cumene

Sintesis kumena dari benzena dan propilena merupakan modifikasi alkilasi Friedel-Crafts, yang dapat dilakukan dengan menggunakan katalis asam yang berbeda. Kimia dasar alkilasi dan mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 2.1. Reaksi pembuatan cumene termasuk kedalam reaksi alkilasi dengan jenis reaksi katalis alkilasi hidrokarbon. Proses dimana adanya penambahan atom hidrogen kedalam cincin benzena akibat adanya proses elektrofilik alkilasi hidrokarbon (penambahan atom hidrogen dengan muatan positif) sehingga cincin aromatik benzena akan hilang dan digantikan muatan positif oleh gugus alkil (propil). Olefin (propil) membentuk zat antara ion karbonium (molekul organik dengan muatan positif yang terletak pada atom karbon), yang menyerang cincin benzena dalam substitusi elektrofilik (reaksi kimia di mana suatu elektrofil menggantikan sebuah gugus fungsional dalam suatu senyawa). Penambahan ikatan rangkap olefin berada pada karbon tengah propilena. Penambahan gugus isopropil pada cincin benzena akan mengaktifkan cincin tersebut menuju alkilasi lebih lanjut, menghasilkan diisopropil-benzena (DIPB) (Meyers, 2005).



Gambar 2.1 Reaksi proses pembentukan cumene



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

2.1.2 Jenis - jenis metode dalam Proses Pembuatan Cumene

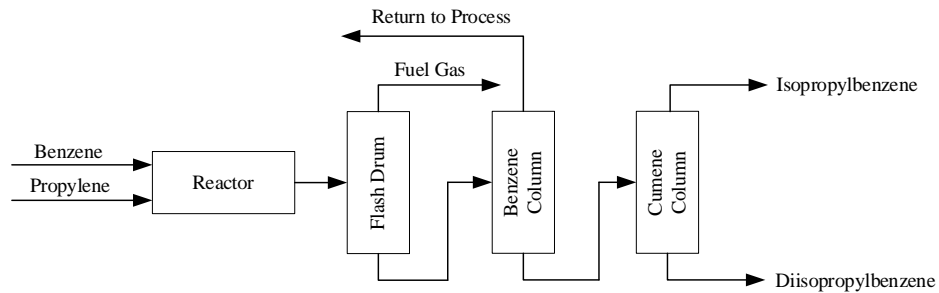
Pada tahun 1989, sekitar 95% permintaan cumene digunakan sebagai menengah untuk produksi fenol dan aseton. Saat ini, hampir semua cumene digunakan untuk produksifenol dan aseton dengan hanya persentase kecil digunakan untuk produksi a-methylstyrene. Terbatas jumlah unit cumene tetap menggunakan fixed-bed, asam fosfat padat (SPA) yang didukung kieselguhr proses katalis yang dikembangkan oleh UOP dan sistem katalis homogen $AlCl_3$.

1. Metode Solid Phosphoric Acid Catalyst (SPA)

Cumene dibuat melalui alkilasi benzena dengan propilen dengan adanya katalis asam fosfat padat dalam proses yang berkelanjutan dengan mereaksikan benzena cair dan propilen cair dalam rasio molar antara 4:1 hingga 16:1, hingga reaksi cair yang terdiri dari benzene dan cumene yang mengandung katalis, sedangkan suhu dan komposisi tersebut beroperasi pada suhu 170-280°C dan dalam fase cair. Peningkatan suhu dari saluran masuk ke saluran keluar zona reaksi alkilasi sekitar 20 hingga 40°C. tipikal tanpa pendinginan, dan pada proses saat ini, peningkatan atau penurunan suhu serupa diinginkan, dan dicapai dengan meningkatkan laju aliran efluen yang disirkulasikan secara sesuai. Tekanan yang digunakan dalam proses operasi ini yaitu 20-45 atm. Kelebihan benzena juga berfungsi mengurangi pembentukan oligomer propilen. Dalam proses yang dijelaskan, sifat reaksi yang digunakan yaitu secara eksotermal dengan konversi propilena lebih tinggi dari sekitar 60%. Hasil keseluruhan cumene untuk proses berbahan dasar benzena dan propilena ini biasanya 94–96% berat tanpa transalkilasi. Secara umum, sulit untuk membenarkan penambahan bagian transalkilasi ke dalam proses SPA berdasarkan peningkatan hasil tambahan yang relatif rendah.



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI



Gambar 2.2 Metode Solid Phosphoric Acid Catalyst (SPA)

(US. Patent : 4,324,941, 1982)

2. Metode Aluminium chloride

Proses AlCl_3 lebih banyak digunakan secara ekstensif untuk produksi etilbenzena (EB) daripada untuk produksi cumene. Hasil keseluruhan kumena untuk proses ini bisa mencapai 99% berat berbahan dasar benzena dan 98% berat berbahan dasar propilena. Benzena murni maupun daur ulang, dan propilena dicampur dalam zona reaksi alkilasi dengan katalis AlCl_3 dan hidrogen klorida pada suhu kurang dari 135°C dan tekanan kurang dari 0,4 MPa (50 psig). Efluen dari zona alkilasi dikombinasikan dengan poliisopropilbenzena daur ulang dan diumpankan ke zona transalkilasi (konversi diisopropilbenzen menjadi propilbenzen yang direaksikan kembali dengan benzena melalui reaksi transfer gugus alkil dari satu senyawa organik kepada senyawa organik yang lain). juga menggunakan katalis AlCl_3 , dimana poliisopropilbenzena ditransalkilasi menjadi kumena. Katalis asam kuat dipisahkan dari fase organik dengan mencuci limbah reaktor dengan air dan kaustik. Bagian distilasi dirancang untuk memperoleh kembali produk kumena dengan kemurnian tinggi. Proses yang lebih baik untuk memproduksi kumena dan/atau disopropilbenzena yang, dalam kombinasinya, terdiri dari tahap pertama yaitu reaksi alkilasi dari mereaksikan benzena dengan propilena dengan adanya katalis kompleks aluminium klorida cair, konsentrasi aluminium klorida dalam sistem pada 0,05 hingga 0,15 mol/liter (US Patent 4,347,393 1982).



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

2.1.3 Katalis Proses Pembuatan Cumene

Katalis adalah senyawa atau zat yang dapat menaikkan kecepatan reaksi kimia dimana senyawa atau zat tersebut tidak ikut bereaksi secara permanen. Katalis SPA dihasilkan dari campuran 60 % wt Phosphoric Acid (sebagai P_2O_5) dengan 40 % wt Silica Oxide (SiO_2) yang terbentuk secara alami yang dinamakan Diatomaceous Earth (Kieslguhr, Infusorial Earth), berupa kristal silika phosphate dan bentuk amorf dari asam fosfor, dimana dalam pencampuran ini dikontrol temperatur dan kelembabannya dengan cara proses kalsinasi didalam tungku yang berputar menjadi bentuk extruded atau silinder.

Bagian yang aktif atau bagian asam yang ada dalam katalis SPA dinamakan Free P_2O_5 (Asam Fosfor Bebas) yaitu jumlah asam yang keluar dari katalis pada saat butir atau kelompok katalis dijatuhkan dalam air dingin, kemudian air tersebut di test secara analitik dengan cara titrasi untuk menentukan kandungan asam. Jumlah asam fosfor yang aktif tergantung pada kandungan moisture dalam katalis, disamping itu keaktifan katalis ditentukan juga oleh struktur pori katalis. Bila tingkat hidrasi Free P_2O_5 rendah karena katalis dikeringkan dibawah tingkat hidrasi pabrik, maka pertama-tama aktifitas akan naik dan selanjutnya akan menurun sejalan dengan berkurangnya kandungan asam. umur katalis ditentukan oleh kemampuan mencapai konversi yang diinginkan dan naiknya pressure drop reaktor yang diperbolehkan. Keunggulan dari katalis SPA yaitu memiliki aktivitas tinggi, selektivitas yang tinggi, serta ketahanan air yang baik. Produktivitas dari katalis ini yaitu mampu mengkonversi propilen 90-95%.

Beberapa faktor yang menurunkan keaktifan katalis:

1. Penumpukan coke dalam katalis, Karena terbentuknya heavy polimer yang menutupi bagian sisi yang aktif dari katalis.
2. Perubahan bentuk katalis, Kurangnya aliran distribusi dalam reaktor karena tingginya pressure drop, sehingga keaktifan katalis yang digunakan menjadi rendah dan berubah bentuk karena panas yang tinggi.



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

3. Kurang tepatnya hidrasi katalis, Tingkat hidrasi katalis yang kurang atau berlebihan akan menurunkan keaktifan, dimana secara dramatis perubahan level.

(Mulyani, 2021)

2.2 Seleksi Proses

Tabel 2.1 Seleksi Proses Pembuatan Cumene

Parameter	Metode	
	Solid Phosphoric Acid (SAP) Catalyst (US Patent 4,324,941, 1982)	Aluminium chloride (US Patent 4,347,393 1982)
Kondisi Operasi Reaktor (T,P)	Tekanan 20-45 atm, Suhu 149-260°C	Tekanan 20 atm, Suhu 80 - 135°C
Jumlah Reaktor	1	2
Katalis	SPA (Solid Phosphoric Acid)	AlCl ₃
Jenis Proses	Alkilasi	Alkilasi dan transalkilasi
Konversi	94-96%	77%
Kemurnian	99%	98%
Fase	Cair	Cair
Kekurangan	Kondisi operasi tinggi	Katalis lebih korosif terhadap lingkungan
Kelebihan	Katalis mudah didapat dan harganya lebih murah	Kondisi operasi rendah

Pemilihan proses didasarkan pada keuntungan dari tiap proses dalam produksi cumene. Dalam pemilihan proses ini, proses yang dipilih didasarkan pada keunggulan yang dimiliki dan lebih banyak digunakan dalam industri. Maka dari itu, proses yang dipilih yaitu dengan menggunakan metode Solid Phosphoric Acid Catalyst (SAP) dengan beberapa pertimbangan :

- Konversi produk cumene yang tinggi yakni mencapai 94-96%.
- Kemurnian produk tinggi mencapai 99%.



PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

- Proses pemisahan dan pemurnian yang sederhana.
- Bahan baku berupa benzena yang dapat direcycle untuk meningkatkan produk.
- Katalis yang mudah didapat.
- Proses Reaksi alkilasi menggunakan satu reactor

2.3 Uraian Proses

2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku ini bertujuan untuk mengkondisikan keadaan bahan baku benzena dan propilena sehingga siap untuk diumpungkan ke dalam reaktor. Pada tahap ini bahan baku Benzena disimpan dalam tangki penampung benzena dalam fase cair, pada kondisi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya benzena dinaikkan suhunya menggunakan heater hingga 200°C dan dinaikkan tekanannya dengan menggunakan pompa. Bahan baku propilena disimpan dalam tangki penampung dalam bentuk fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 15 atm. Selanjutnya propilena dinaikkan suhunya menggunakan heater hingga 200°C dan dinaikkan tekanannya dengan menggunakan pompa. Kemudian propilena dan benzena yang sudah dinaikkan suhu dan tekanannya akan melewati pipa dan masuk ke dalam reaktor alkilasi.

2.3.2 Tahap Reaksi (Proses alkilasi)

Pada tahap ini campuran benzena dan propilena direaksikan pada suhu 220°C dan tekanan 35 atm. Reaktor yang digunakan yaitu Fixed bed Reactor dengan menggunakan katalis Solid Phosphoric Acid (SAP). Selain itu, pemilihan Fixed bed Reactor juga merupakan pemilihan yang tepat mengingat fase yang berlangsung cair dan katalis yang digunakan padat. Cairan benzena dan propilena dicampur dalam reaktor dengan perbandingan umpan benzena : propilena = 6 : 1 untuk menghasilkan konversi produk yang tinggi. Reaksi berlangsung pada tekanan 35 atm dan suhu 220°C. Reaksi benzena dengan propilena membentuk cumene berlangsung secara eksotermis. Untuk tujuan pendinginan dengan menyerap panas

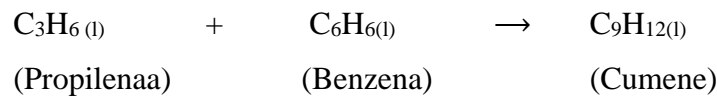


PRA PERANCANGAN PABRIK PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI

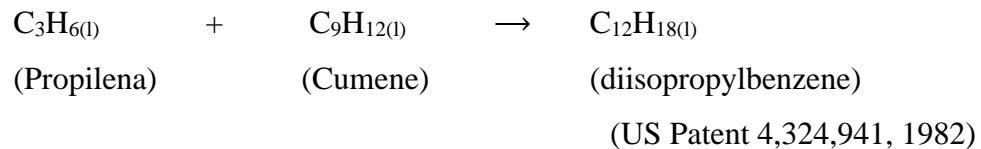
hasil reaksi ini digunakan jaket pendingin reaktor sehingga mampu memberikan transfer panas yang baik.

Dalam reaktor, terjadi dua reaksi yang terjadi yaitu reaksi utama yakni reaksi pembentukan cumene dan reaksi samping berupa reaksi pembentukan DIPB (diisopropylbenzene). Konversi propilena 95% menjadi produk utama dan 5% menjadi produk samping. Reaksi tersebut dapat dilihat di bawah ini :

1. Reaksi Utama



2. Reaksi Samping



2.3.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Produk keluaran dari reaktor terdiri dari cairan sebelum diumpankan ke dalam separator flash drum akan diturunkan suhunya menjadi 90°C kemudian tekanannya di turunkan menggunakan expansive valve menjadi 1,3 atm. Flash drum beroperasi dengan tekanan 1,3 atm dan suhu 85°C. Di dalam separator hasil yang berupa fase gas menuju ke tangki bahan bakar, sedangkan fase cairnya diumpankan ke menara distilasi. Hasil atas separator merupakan propilena, propana, dan sedikit benzene, toluene, cumene, dan DIPB yang ikut menguap akibat terjadinya penurunan tekanan, sedangkan hasil bawah berupa benzena, toluene, cumene, dan DIPB. Hasil bawah separator terjaga pada suhu bubble point dari campuran sebagai umpan masuk dalam menara distilasi untuk memisahkan benzena dan produk.

Menara distilasi akan menerima umpan dari unit separator. Selanjutnya, terjadi proses pemisahan menjadi produk distilat dan bottom. Produk distilat terdiri dari benzene dan toluene yang kemudian dikondensasi dan hasilnya akan di recycle menuju reaktor. Kemudian tekanan produk hasil recycle dari Menara distilasi di naikkan suhunya menjadi 200°C dengan menggunakan heater dan di naikkan tekanannya menggunakan pompa sebelum masuk kedalam reaktor. Sementara di



**PRA PERANCANGAN PABRIK
PABRIK CUMENE (ISOPROPIL BENZENE) DARI PROPILENA
DAN BENZENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ALKILASI**

bagian bottom akan tersisa cumene dan sedikit benzene, toluene, dan DIPB. Hasil bawah menara distilasi merupakan produk Cumene dengan kemurnian 99% kemudian di simpan dalam Tangki penampung cumene