

BAB II

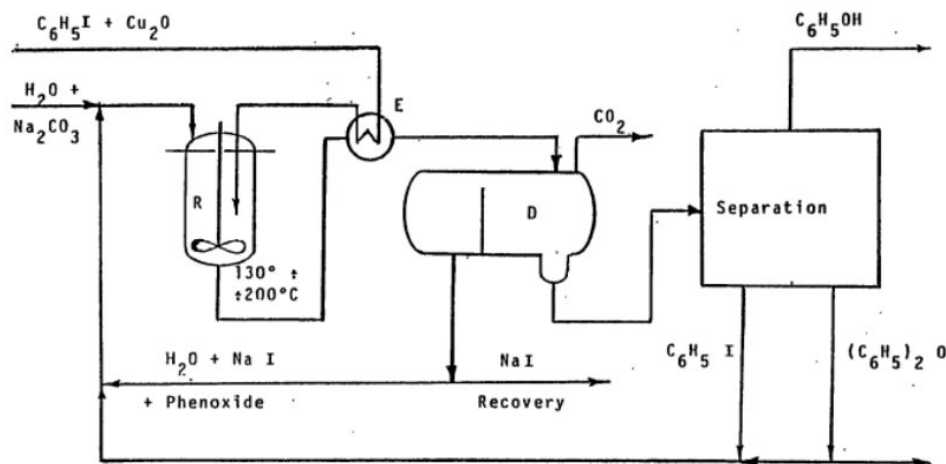
URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Jenis-Jenis Proses

Pada pembuatan Fenol dapat dilakukan melalui 3 macam proses reaksi, diantaranya:

1. Hidrolisis Iodobenzene
2. Hidrolisis Klorobenzene (*Dow Process*)
3. Proses Cumene

II.1.1 Proses Hidrolisis Iodobenzene



Gambar II. 1 Proses Hidrolisis Iodobenzene

Proses produksi fenol melalui reaksi hidrolisis senyawa iodobenzene dalam fase cair menggunakan katalis tembaga, khususnya Cu_2O , serta menggunakan basa seperti natrium karbonat atau bikarbonat sebagai akseptor. Reaksi berlangsung pada suhu antara $130-250^\circ C$ dan tekanan autogenous, dengan atau tanpa pelarut tambahan seperti toluena atau diphenyl ether. Proses ini menunjukkan efisiensi tinggi dengan selektivitas produk fenol mencapai 97%, menjadikannya sangat kompetitif. Keunggulan lainnya adalah kondisi operasi yang lebih ringan dibanding proses berbasis klorobenzena, sehingga mengurangi beban energi dan risiko korosi pada peralatan. Reaksi berlangsung secara homogen atau heterogen dalam media cair, tergantung pada formulasi sistem. Produk samping seperti diphenyl ether terbentuk dalam jumlah kecil dan dapat dikontrol melalui rasio pereaksi dan jenis



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK FENOL DARI IODOBENZENE DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES HIDROLISIS”

pelarut. Dengan efisiensi tinggi dan proses yang lebih bersih, teknologi ini potensial untuk diaplikasikan dalam produksi fenol skala industri modern (European Patent 0204271 B1).

II.1.2 Proses Hidrolisis Klorobenzene (*Dow Process*)

Proses produksi fenol melalui hidrolisis klorobenzena dengan menggunakan larutan natrium hidroksida 12–25% dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi. Reaksi dilakukan dalam reaktor tubular atau autoclave dengan suhu antara 350–420°C dan tekanan tinggi (meskipun tidak disebutkan secara eksplisit, biasanya >10 MPa), dengan waktu reaksi antara 30 menit hingga 1 jam. Proses ini menghasilkan fenol sebagai produk utama, namun juga membentuk produk samping seperti diphenyl ether, serta ortho- dan para-phenylphenols, tergantung pada kondisi reaksi. Yield produk samping phenylphenols bisa mencapai 14% dari fenol jika menggunakan kondisi basa pekat dan suhu tinggi. Peningkatan kekuatan basa dan suhu memperbesar rasio produk samping, dan juga memengaruhi distribusi isomer ortho dan para. Meskipun proses ini efisien, tantangan utamanya adalah kondisi operasional ekstrem yang memerlukan material reaktor tahan korosi dan pengendalian panas reaksi yang ketat. Metode ini menunjukkan pendekatan awal yang penting dalam kimia industri, tetapi saat ini telah banyak digantikan oleh metode yang lebih ramah lingkungan dan hemat energy (US Patent 1907246).

II.1.3 Proses Cumene

Fenol yang diperoleh dari proses cumene, dengan menghilangkan senyawa karbonil pengotor melalui hidrogenasi selektif. Pemurnian dilakukan dengan mengalirkan fenol mentah melalui katalis berbasis tembaga dan oksida logam lain (misalnya SiO_2 , ZnO , Cr_2O_3), di bawah tekanan hidrogen 1–10 MPa dan suhu 80–200°C. Senyawa karbonil seperti hydroxyacetone (HA) dan C-phenylpropionaldehyde (C-PPA) diubah menjadi alkohol yang lebih mudah dipisahkan secara distilasi. Proses ini penting untuk industri kimia lanjutan, terutama dalam produksi bisphenol A atau polikarbonat yang memerlukan fenol murni. Teknologi ini juga dapat diterapkan dalam sistem reaktor kontinu maupun batch, memberikan fleksibilitas operasional. Penggunaan katalis yang selektif



PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK FENOL DARI IODOBENZENE DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES HIDROLISIS”

membantu menekan pembentukan produk samping dan meningkatkan efisiensi pemisahan produk (US Patent 9029609 B2).

II.2 Pemilihan Proses Pembuatan Fenol

Tabel II. 1 Parameter Pemilihan Proses Fenol

Parameter	Hidrolisis Iodobenzene	Hidrolisis Klorobenzene (<i>Dow Process</i>)	Proses Cumene
Bahan Baku	Iodobenzene	Klorobenzene	Cumene
Katalis	Cu_2O	Tidak menggunakan katalis	Cu , CuO + SiO_2 , ZnO , dll
Suhu	130°C - 200°C	350°C - 420°C	80°C - 300°C
Konversi (%)	96	80	89-100
Selektivitas (%)	97,4	90	90

Pada pendirian pabrik fenol, dipilih proses hidrolisis iodobenzene dengan bahan baku iodobenzene. Beberapa pertimbangan pemilihan sebagai berikut:

1. Menggunakan kondisi operasi yang lebih ringan dari proses lainnya
2. Menghasilkan produk fenol dengan kualitas yang tinggi dan sedikit impuritas
3. Konversi dan selektivitas fenol yang dihasilkan lebih tinggi
4. Capital cost produksi lebih rendah dikarenakan menggunakan kondisi operasi yang lebih ringan dan lebih ramah lingkungan

II.3 Uraian Proses

Pada pra rencana pabrik fenol ini, dapat dibagi menjadi 2 tahap dengan pembagian berikut:

1. Tahap Preparasi Bahan Baku
2. Tahap Reaksi
3. Tahap Pemisahan

II.3.1 Tahap Preparasi Bahan Baku

Tahap preprasi bahan baku dilakukan pada bahan baku iodobenzene yang merupakan salah satu komponen utama dalam pembentukan fenol, dimana iodobenzene disimpan pada dalam tangki penyimpanan (F-120) dengan fase cair

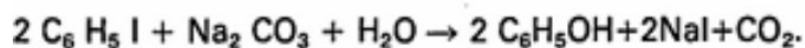


PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK FENOL DARI IODOBENZENE DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES HIDROLISIS”

pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan kedalam reactor, iodobenzene di *mixer* (M-150) dengan katalis yang telah disimpan di tangki penyimpanan (F-130). Selanjutnya hasil keluaran dari *mixer* (M-150) akan dialirkan dengan pompa (P-151) menuju *heater* (E-152) yang nantinya suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi reactor (R-210). Bahan baku lainnya yaitu natrium karbonat yang telah disimpan di tangki penyimpanan (F-110) dimasukan kedalam *mixer* (M-140) yang di transportasikan menggunakan *screw conveyor* (SC-111) dan *bucket elevator* (BC-112) dan hopper(Hop-113). Pada *mixer* (M-140) natrium karbonat akan dicampurkan dengan air proses lalu hasil dari pencampuran tersebut akan dialirkan menggunakan pompa (P-141) menuju *heater* (E-142) yang nantinya suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi reactor (R-210).

II.3.2 Tahap Reaksi

Proses produksi fenol dilakukan melalui reaksi antara iodobenzena dan natrium karbonat dengan bantuan katalis tembaga(II) oksida. Campuran reaktan dan katalis dimasukkan ke dalam sebuah reactor (R-210), di mana reaksi berlangsung pada suhu 160°C dan tekanan 7 atm. Reaksi ini bersifat eksoterm, sehingga melepaskan panas dari lingkungan sekitarnya agar tetap berlangsung secara optimal. Reaktor (R-210) dilengkapi dengan dengan Jaket pendingin guna proses reaksi yang terjadi menjadi lebih efisien dengan suhu yang dapat dikontrol. Selain itu, reactor (R-210) juga dilengkapi dengan sistem pengaduk guna memastikan homogenitas campuran dan efisiensi reaksi. Hasil dari proses ini menunjukkan tingkat konversi iodobenzena sebesar 96% dan selektivitas fenol yang dihasilkan sebesar 97,4%, menandakan efisiensi reaksi yang cukup tinggi dalam pembentukan fenol.



Gambar II. 2 Reaksi Pembentukan Fenol dari Iodobenzene dan Natrium Karbonat
(European Patent 0204271 B1).

II.3.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Hasil keluaran dari Reaktor (R-210) selanjutnya dialirkan menuju Cooler (E-212). Unit ini berfungsi untuk menurunkan suhu keluaran reaktor hingga mencapai 45°C, sehingga memudahkan proses pemisahan fasa pada tahap



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK FENOL DARI IODOBENZENE DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES HIDROLISIS”

selanjutnya. Setelah suhu turun, campuran hasil reaksi dialirkan menuju Decanter (H-310). Pada unit Decanter (H-310), campuran dipisahkan menjadi dua fasa, yaitu fasa organik dan fasa berat (heavy phase). Decanter ini dilengkapi dengan sistem ventilasi untuk mengeluarkan gas CO₂ yang terbentuk selama proses reaksi sebagai produk samping. Fasa berat yang mengandung sisa reaktan dan komponen tak diinginkan kemudian dialirkan menuju unit pengolahan limbah untuk diolah lebih lanjut sebelum dibuang agar memenuhi standar lingkungan. Sementara itu, fasa organik yang mengandung fenol sebagai komponen utama dipompa menggunakan Pompa (P-311) menuju Crystallizer (S-320). Di dalam unit ini, proses pendinginan berlangsung secara terkontrol sehingga fenol mengkristal dari campurannya. Slurry kristal yang terbentuk kemudian dialirkan menuju Centrifuge (H-330) untuk dilakukan proses pemisahan antara kristal padatan fenol dan cairan ibunya (mother liquor).

Padatan kristal fenol hasil pemisahan dari Centrifuge (H-330) kemudian dialirkan melalui Screw Conveyor (SC-332) menuju Bucket Elevator (BC-333) dan selanjutnya diteruskan ke Hopper (HOP-334). Dari hopper, produk padatan fenol disalurkan ke Tangki Penyimpanan Fenol (F-420) sebagai produk akhir.

Adapun cairan hasil pemisahan (filtrat) dari Centrifuge (H-330) dialirkan kembali ke bagian awal proses menggunakan Pompa (P-331) menuju Mixer (M-150) untuk dilakukan proses recycle, dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku dan meminimalkan kehilangan produk