

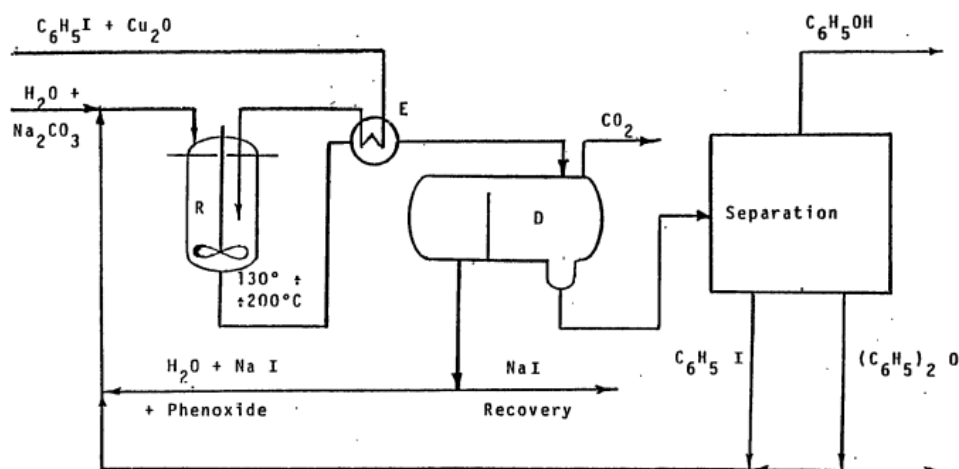
BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Berikut macam-macam proses pembuatan Fenol diantaranya :

II.1.1 Proses Hidrolisis Iodobenzene



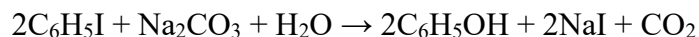
Gambar II.1 Proses Hidrolisis Iodobenzene

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 $130\text{--}250^\circ C$ dan tekanan autogenous, dengan atau tanpa pelarut tambahan seperti toluena atau diphenyl ether. Proses ini menunjukkan efisiensi tinggi dengan selektivitas produk fenol mencapai 99%, 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 pelarut. Dengan efisiensi tinggi dan proses yang lebih bersih, teknologi ini potensial



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

untuk diaplikasikan dalam produksi fenol skala industri modern. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(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

Proses 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



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

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 kontinyu maupun batch, memberikan fleksibilitas operasional. Penggunaan katalis yang selektif membantu menekan pembentukan produk samping dan meningkatkan efisiensi pemisahan produk (US Patent 9029609 B2).

II.2 Seleksi Proses

Tabel II. 1 Seleksi Pemilihan Proses Fenol

Parameter	Hidrolisis Iodobezene	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 (%)	99,6	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.



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

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 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan kedalam reactor, Iodobenzene dicampurkan dengan katalis yang telah disimpan pada Gudang penyimpanan (F-130) di Mixing Tank-1 (M-150). Selanjutnya hasil keluaran dari Mixing Tank-1 (M-150) akan dialirkan dengan pompa (L-151) menuju Heater-2 (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 Mixing Tank-2 (M-140) yang di transportasikan menggunakan screw conveyor-1 (J-111) dan bucket elevator (J-112). Pada Mixing Tank-2 (M-140) Natrium Karbonat akan dicampurkan dengan air proses lalu hasil dari pencampuran tersebut akan dialirkan menggunakan pompa (L-141) menuju Heater-1 (E-142) yang nantinya suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi reactor (R-210).

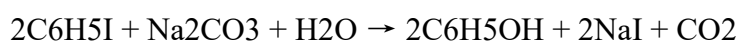
II.3.2 Tahap Reaksi

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,



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

sehingga memerlukan jaket pendingin yang nantinya akan membuat suhu pada Reaktor (R-210) menjadi stabil. Reaktor (R-210) dilengkapi dengan pemanas guna proses reaksi yang terjadi menjadi lebih efisien dengan suhu yang dapat dikontrol. Selain itu, reaktor (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 99,6%, menandakan efisiensi reaksi yang cukup tinggi dalam pembentukan fenol. Reaksi yang terjadi dalam Reaktor (R-210) yaitu :



(European Patent 0204271 B1).

II.3.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Hasil keluaran dari reaktor (R-210) selanjutnya dialirkan menuju *cooler-1* (E-211) untuk menurunkan suhu keluaran dari reaktor (R-210) menjadi 45°C dan selanjutnya akan dimasukkan kedalam *Dekanter Centrifuge* (H-310) untuk memisahkan produk keluaran dari reaktor berdasarkan densitas, kelarutan dalam air, fasa dari masing-masing komponen serta memisahkan katalis. Produk keluaran *Dekanter Dekanter Centrifuge* (H-310) berupa *Heavy Phase* berupa fasa aqueous akan dialirkan ke unit pengolahan limbah berserta dengan katalis yang dipisahkan. *Dekanter Centrifuge* (H-310) dilengkapi dengan ventilasi untuk membuang gas CO₂ yang nantinya akan ditampung di tangkap penyimpanan CO₂ dan dijual sebagai produk samping. Produk utama berupa fasa organik (*Light Phase*) akan dialirkan menggunakan pompa (L-311) menuju *Crystallizer* (S-320) yang Dimana fenol akan dijadikan kristal berdasarkan sifat bahan dari fenol itu sendiri yaitu membentuk fasa padat jika dibawah titik lelehnya. Selanjutnya hasil produk keluaran *Crystallizer* (S-320) akan dilanjutkan pada proses pemisahan kristal fenol dari *mother liquor* pada alat *Centrifuge* (H-330). Pada alat *Centrifuge* (H-330) hasil fenol kristal akan transport menuju Gudang penyimpanan fenol (F-420) menggunakan *Screw Conveyor-3* (J-332) dan *Bucket Elevator-3* (J-333). *Mother liquor* yang mengandung banyak bahan baku iodobenzene akan di *Recycle* menuju alat *Mixing*



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

Tank-2 (M-150) bersama dengan bahan baku Iodobenzene dari Tangki Penyimpanan Iodobenzene (F-120).