



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam-Macam Proses

Beberapa uraian proses pembuatan Asam Adipat dikomersialkan sejak tahun 1940-an. Asam Adipat umumnya diproduksi dari Sikloheksana dan Fenol. Asam Adipat telah diproduksi secara komersial selama hampir 50 tahun, tidak mengherankan apabila terdapat banyak variasi dan perbaikan yang telah dilakukan pada proses dasar Sikloheksana. Berikut ini adalah beberapa proses pembuatan Asam Adipat:

1. Oksidasi Sikloheksana
2. Hidrogenasi Fenol
3. Oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol

II.1.1. Oksidasi Sikloheksana dari Kirk Othmer

Proses oksidasi Sikloheksana awalnya dipelopori oleh Du Pont pada tahun 1940-an. Proses ini juga disebut oksidasi katalis logam yang dapat dikerjakan oleh katalis yang dapat larut dalam Sikloheksana, umumnya Kobalt Naphtanate dan Kobalt Octoate. Kondisi operasi yang berlaku adalah pada suhu 150-175°C dan tekanan 800 – 1200 kPa. Udara diumpankan ke masing-masing dari serangkaian Reaktor Tangki Berpengaduk atau ke Reaktor Kolom. Konsentrasi katalis 0,3-3 ppm berdasarkan umpan dari Sikloheksana, biasanya dicampur dengan cara menyuntikkan ke dalam aliran umpan, tetapi ada juga yang membagi aliran katalis ke masing-masing reaktor seri. Konversi Sikloheksana menjadi produk teroksidasi adalah 3-8% mol.

II.1.2. Hidrogenasi Fenol dari Kirk Othmer

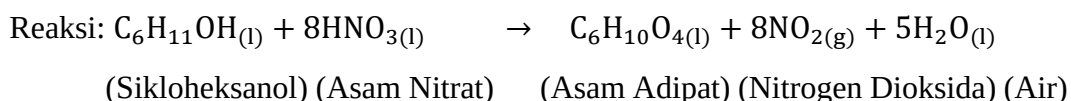
Fenol dapat dihidrogenasi untuk KA *yield* yang sangat tinggi, biasanya 97-99%. Hal tersebut bergantung pada kondisi operasi dan pilihan katalis. Pemurnian yang dilakukan cukup sederhana, yaitu hanya membuang sebagian kecil Fenol



bereaksi melalui pertukaran ion. Analisa ekonomi telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, menunjukkan hasil bahwa proses ini tidak dianjurkan karena biaya yang relatif tinggi. Kondisi operasi yang berlaku adalah pada suhu 140°C dan tekanan 400 kPa menggunakan nikel heterogen pada katalis silika.

II.1.3. Oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol dari Kirk Othmer

Proses ini dilakukan dengan oksidasi asam nitrat 40-60% dengan adanya katalis tembaga dan vanadium. Reaksi berlangsung dengan kecepatan tinggi dan cukup eksotermis. *Yield* Asam Adipat adalah 92-96%. KA bereaksi dalam reaktor dengan 45-55% asam nitrat yang mengandung katalis tembaga (0,1-0,5%) dan vanadium (0,02-0,1%). Reaksi terjadi pada suhu 60-90°C dan tekanan 0,1-0,3 Mpa (14-58 psi). Proses ini sangat eksotermis (6280 Kj/kg = 1500 kkal/kg), dan dapat keadaan autokatalitik pada suhu di atas sekitar 150°C. Kontrol dicapai dengan menetapkan KA sebagai *limiting reactant* dan Asam Nitrat sebagai *excess reactant*. Setelah bereaksi produk keluaran reaktor akan dilakukan proses kristalisasi, sentrifugasi, dan pengeringan



II.2. Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian beberapa macam proses di atas, maka dapat diketahui perbandingan masing-masing proses pembuatan Asam Adipat. Berikut ini adalah uraian-uraian pertimbangan dalam pemilihan proses yang akan digunakan:



Tabel II. 1. Seleksi Proses Pembuatan Asam Adipat

Parameter	Jenis Proses		
	Oksidasi Sikloheksana dengan Hidrogen Peroksida	Hidrogenasi Fenol	Oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol
Bahan Baku	Sikloheksana dan Hidrogen Peroksida	Fenol dan Asam Nitrat	Sikloheksanol dan Asam Nitrat
Yield (%)	77-87	97-99	92-96
Suhu Operasi (°C)	150-175	140	60-90
Katalis	Cobalt napthenate atau cobalt octoate	Nikel dan Silika	Tembaga dan Vanadium
Tekanan Operasi (atm)	8,82 – 17,76	3,95	0,99 – 2,96
Produk Samping	H ₂ O	NO ₂	NO ₂

Berdasarkan beberapa proses pembuatan Asam Adipat di atas, maka proses yang dipilih dalam pembuatan Asam Adipat adalah Oksidasi Sikloheksanol dan Asam Nitrat dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kondisi operasi yang dijalankan rendah dan lebih mudah dicapai, yaitu pada suhu 60-90°C dan tekanan 1 atm
2. Limbah yang dihasilkan (produk samping) ramah lingkungan
3. Menghasilkan *yield* yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 92-96%



II.3. Uraian Proses



Gambar II. 1. Blok Diagram Proses Pembuatan Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat dengan Proses Oksidasi

Proses pembuatan Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1) Persiapan Bahan Baku

Bahan baku Sikloheksanol 99% berbentuk cair dari tangki penyimpanan dialirkan menuju *heater* menggunakan pompa untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 60°C. Asam Nitrat 58% berbentuk cair dari tangki penyimpanan dialirkan menuju *heater* menggunakan pompa untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 60°C. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah proses selanjutnya.

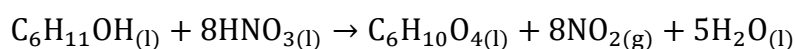
2) Proses Reaksi

Reaktor yang digunakan dalam produksi asam adipat dari sikloheksanol dan asam nitrat adalah *Fixed Bed Multitube Reactor* pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm, katalis yang dapat digunakan adalah vanadium dan tembaga (Smith, 1985). Pada produksi asam adipat ini dipilih katalis yaitu vanadium pentaoksida (V_2O_5), vanadium pentaoksida (V_2O_5) banyak dijadikan bahan katalis dalam berbagai proses kimia di industri (Rahmawati, 2024). adapun dasar pemilihan katalis vanadium ini adalah karena ketahanannya dalam suhu tinggi dan tetap aktif setelah perlakuan oksidatif berat (Zha, 2024). Vanadium merupakan logam lunak dengan struktur yang kuat dan tahan terhadap korosi. Senyawa-senyawa vanadium memiliki banyak manfaat di berbagai industri metalurgi, material, dan kimia (Rahmawati, 2024). walaupun lebih mahal namun katalis vanadium sebenarnya dapat mencapai umur efektif sampai 20 tahun (Aliwarga, 2018), menjadikannya lebih hemat secara biaya. Tanpa penggunaan katalis vanadium, yield produk tidak baik dan penggunaan katalis vanadium



bersamaan katalis tembaga, hanya memberikan sedikit efek terhadap yield yang terbentuk (Smith,1985).

Pada produksi asam adipat, bahan baku asam nitrat dan sikloheksanol dilewatkan di tube-tube dalam reaktor. Katalis vanadium pentaoksida (V_2O_5) diletakkan di dalam tube dan bahan baku dialirkan melalui celah-celah katalis. Saat umpan melalui celah-celah katalis, terjadi kontak langsung antara pereaktan dengan katalis, dengan reaksi yaitu:



Terjadi reaksi antara sikloheksanol dan asam nitrat sehingga menghasilkan produk utama asam adipat dan produk samping berupa nitrogen dioksida dan air. Reaksi bersifat eksotermis sehingga di dalam shell dialiri air pendingin untuk menjaga suhu operasi di reaktor. Reaktor beroperasi secara kontinu dengan konversi 96% (Kirk Othmer,1998).

3) Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk keluaran reaktor akan berupa gas dan *liquid*. Produk yang berupa gas dialirkan menuju *scrubber* untuk mengurangi kadar asam pada gas NO_2 dengan air sebagai absorben. Produk yang berupa cairan dialirkan menuju *evaporator* untuk menghilangkan kadar air dan memekatkan hasil reaksi. Larutan jenuh Asam Adipat dialirkan menuju *crystallizer* untuk membentuk produk Asam Adipat berbentuk kristal. Pembentukan kristal pada *crystallizer* dilakukan penambahan air pendingin yang dilakukan pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Kristal-kristal yang dihasilkan diumpankan menuju ke *centrifuge* untuk memisahkan Asam Adipat dari zat pengotor. Produk utama Asam Adipat dialirkan menuju *Rotary Dryer* menggunakan *Screw Conveyor*. Sedangkan, zat pengotor (*mother liquor*) dikembalikan ke *evaporator* untuk diproses kembali. Setelah itu, padatan Asam Adipat dipindahkan menuju *Ball Mill*. Pada *Ball Mill* dilakukan proses penghalusan dan penyeragaman ukuran



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat dengan Proses Oksidasi”

hingga berukuran 65 mesh. Kemudian, produk Asam Adipat dikemas dan disimpan di gudang penyimpanan sebelum didistribusikan ke pasaran.