

PRARANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA MELALUI PROSES OKSIDASI DENGAN KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN

Namira Humaira^{1*}, Nahlia Husna Izzati¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan
*Corresponding Author: humaira.namira@gmail.com

Abstrak

Asam adipat adalah produk *intermediate* yang sering digunakan industri-industri di Indonesia, misalnya adalah industri tekstil dan plastik, dan industri-industri itu akan mengalami peningkatan produksi setiap tahunnya. Asam adipat juga dimanfaatkan oleh industri pembuatan *nylon*, dan bahan pembuat plastik terutama *polyvinyl*, komponen *polyurethane*, *food acidulant*, *esterlubes*, dan deterjen. Sehingga peluang perkembangan industri asam adipat di Indonesia cukup tinggi, maka perlu direncanakan prarancangan pabrik kimia dengan produk asam adipat. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk asam adipat sebesar 13.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2024. Bahan baku utama yang diperlukan adalah sikloheksena dan hidrogen peroksida dengan bantuan katalis asam sulfat, asam fosfat, dan asam tungstat. Pabrik direncanakan akan didirikan di Cikampek, Jawa Barat.

Reaksi pembentukan asam adipat berlangsung secara eksotermis pada suhu 73°C dan tekanan 1 atm dalam *continuous stirred tank reactor* (CSTR). Di dalam reaktor terjadi reaksi pembentukan asam adipat serta reaksi dekomposisi hidrogen peroksida. Hasil keluaran reaktor kemudian diproses lebih lanjut untuk mendapatkan asam adipat berbentuk kristal putih. Kristal asam adipat diperoleh dari proses kristalisasi menggunakan *crystallizer* pada suhu 30°C.

Pemasaran asam adipat diutamakan untuk konsumsi dalam negeri dan juga dipasarkan keluar negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift and non shift* dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 130 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil *Total Capital Investment* (TCI) adalah sebesar Rp 489.212.398.778,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 873.009.629.606,-. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 34% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 22%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,26 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 3,10 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 44,38% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,90%. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik asam adipat dengan kapasitas 13.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: asam adipat, sikloheksena, hidrogen peroksida, asam fosfat, asam sulfat, asam tungstat, *continuous stirred tank reactor*, *crystallizer*.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang, dimana sektor pembangunan di bidang industri, khususnya industri kimia merupakan salah satu aspek penting untuk dapat bersaing dengan negara-negara di dunia. Perkembangan industri kimia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dengan meningkatnya industri kimia, maka kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang juga akan semakin meningkat. Semakin meningkatnya kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang menyebabkan diperlukannya impor bahan tersebut dari luar negeri.

Untuk mengurangi kebutuhan impor Indonesia, maka didirikanlah pabrik kimia sebagai penyedia bahan baku dan bahan penunjang. Salah satu industri yang layak untuk didirikan di Indonesia adalah pabrik asam adipat.

Asam adipat ($C_6H_{10}O_4$) dengan nama IUPAC *hexanedionic acid* atau dengan nama lain *1,4-butane dicarboxylic acid* adalah kristal padat berwarna putih yang sebagian besar digunakan sebagai monomer untuk memproduksi *nylon-66*. Asam adipat merupakan produk *intermediet* yang banyak



digunakan industri-industri di Indonesia, misalnya adalah industri tekstil dan plastik. Industri-industri itu akan mengalami peningkatan produksi setiap tahunnya. Asam adipat juga dimanfaatkan oleh industri pembuatan *nylon*, dan bahan pembuat plastik terutama *polyvinyl*, komponen *polyurethane*, *food acidulant*, *esterlubes*, dan deterjen

Adapun perusahaan yang memproduksi *acrylamide* di dunia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Kapasitas Produksi Asam Adipat

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Shandong Haili Chemical	Jiangsu, China	300.000
2	China Henan Shenma	Henan, China	250.000
3	Shandong Haili Chemical	Shandong, China	225.000
4	Chongqing Huaifon	Chongqing, China	160.000
5	Asehi Kasei	Miyazaki Pref, Japan	120.000
6	Shanxi Yangmei Fengxi	Shanxi, China	70.000
7	Sumitomo Chemical	Ehime Pref. Japan	5.000

Kebutuhan asam adipat di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut masih diimpor dari luar negeri. Data impor dan pertumbuhan asam adipat dari tahun 2013 hingga 2017 dapat dilihat di Tabel 2 sebagai berikut (comtrade.un.org/data/):

Tabel 2 Data Pertumbuhan Impor Asam Adipat

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2013	4.049,057	-
2	2014	4.214,708	4,09
3	2015	4.625,618	9,75
4	2016	5.661,490	22,39
5	2017	6.929,572	22,40
Rata-rata			14,65

Dari data-data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan asam adipat pada tahun 2024 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Peter and Timmerhaus, 1991):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data asam adipat pada tahun 2013 sampai 2017 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik asam adipat yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 18.000 ton/tahun. Kapasitas produksi asam adipat yang akan didirikan yaitu sebesar 13.000 ton/tahun untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik asam adipat di seluruh dunia pada Tabel 2. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di seluruh dunia.

2. Deskripsi Proses

Asam adipat dapat dibuat dengan berbagai macam proses diantaranya proses oksidasi sikloheksanon dengan asam nitrat, oksidasi sikloheksana dengan hidrogen peroksida dan oksidasi phenol dengan asam nitrat.

Tabel 3 Seleksi Proses

No	Parameter	Oksidasi Sikloheksanon dengan Asam Nitrat	Oksidasi Sikloheksena dengan Hidrogen Peroksida	Oksidasi Phenol dengan Asam Nitrat
1	Bahan Baku	Sikloheksanon dan Asam Nitrat	Sikloheksena dan Hidrogen Peroksida	Phenol dan Asam nitrat
2	Katalis	Amonium Metavanadat	Asam tungstat, Asam fosfat dan Asam sulfat	Nikel-Silika
3	Kondisi Operasi	P : 51,436-73,48 psi T : 60-90°C	P : 14,7 psi T : 73°C	P : 58 psi T : 140°C
4	Konversi	92%	94,7%	92%
5	Yield	80-85%	94,7%	97%
6	Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis
7	Hasil Samping	Gas NO _x dalam jumlah besar (33%)	Air	Gas NO _x dalam jumlah besar (33%)
8	Kemurnian Produk	99,8%	99%	95%

Dengan mempertimbangkan beberapa aspek diatas, maka dipilih proses pembuatan asam adipat dari oksidasi sikloheksena dengan hidrogen peroksida dengan pertimbangan:

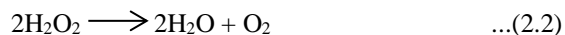
1. Katalis yang digunakan harganya lebih murah.
2. Kondisi operasi yang menggunakan tekanan operasi yang rendah yaitu 14,7 psi.
3. Hasil samping produk ramah lingkungan.



Produk asam adipat ($C_6H_{10}O_4$) menggunakan bahan baku utama berupa hidrogen peroksida 30% (H_2O_2) dan sikloheksena (C_6H_{10}) serta katalis asam tungstat (H_2WO_4), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam fosfat (H_3PO_4). Perbandingan mol antara $C_6H_{10} : H_2O_2 : H_2WO_4 : H_2SO_4 : H_3PO_4$ sebesar 50 : 220 : 1 : 1,04 : 0,56 (Wen et al., 2012). Semua bahan baku disimpan di dalam tangki penyimpanan. Proses pertama yaitu memanaskan katalis cair asam sulfat dan asam fosfat menggunakan *heater* (E-122) dan (E-132) hingga suhu $73^\circ C$. Katalis cair yang sudah dipanaskan dicampur dengan katalis asam tungstat di dalam *mixer* (M-140) hingga homogen. Hasil pencampuran *mixer* (M-140) kemudian diumpankan menuju reaktor (R-210) menggunakan *belt conveyor* (J-141) dan *bucket elevator* (J-142) dengan penambahan bahan baku hidrogen peroksida serta sikloheksena yang sebelumnya telah dipanaskan menggunakan *heater* (E-152) dan (E-162) hingga suhu $73^\circ C$. Reaktor yang digunakan sebanyak 4 buah disusun secara seri. Konversi pada masing-masing reaktor adalah sebesar 45% untuk reaktor I (R-210), 70% untuk reaktor II (R-220), 85% untuk reaktor III (R-230) dan 94,7% untuk reaktor IV (R-240). Di dalam reaktor terjadi 2 reaksi paralel, dimana reaksi yang pertama adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis dan berlangsung pada suhu $73^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Selain reaksi utama, terdapat reaksi dekomposisi pada H_2O_2 sebagai berikut:



Reaksi ini menggunakan *continuous stirred tank reactor*. Konversi total sebesar 94,7% dengan kemurnian sebesar 99,69%.

Arus keluaran reaktor IV (R-240) kemudian diumpankan menuju *centrifuge* (H-310) untuk memisahkan asam adipat beserta *impurities*nya dengan katalis. Katalis yang telah dipisahkan diumpankan kembali menuju *mixer* (M-140) untuk digunakan kembali pada proses selanjutnya. Setelah pemisahan katalis selesai, produk asam adipat dan *impurities*nya kemudian dipompa ke *vaporizer* (V-320) untuk memisahkan sikloheksena dan sebagian besar air dengan asam adipat dengan sedikit kandungan air. *Vaporizer* beroperasi pada suhu $101,0710^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Hasil atas *vaporizer* (V-320) yang berupa sikloheksena dan sebagian besar air dikondensasikan menggunakan kondensor (E-321) dan diarahkan ke UPL untuk dikelola lebih

lanjut. Hasil bawah *vaporizer* (V-320) yang merupakan campuran asam adipat dan sedikit air diumpankan menuju *crystallizer* (X-410) untuk dikristalkan menjadi kristal asam adipat dengan cara menurunkan suhunya menjadi $30^\circ C$ menggunakan air pendingin *brine water*. Selanjutnya kristal asam adipat diumpankan ke *ball mill* (C-420) untuk mengurangi ukuran butiran kristal asam adipat menjadi 100 mesh. Asam adipat yang telah dihaluskan kemudian diumpankan ke *screen* (H-421) untuk memisahkan asam adipat *off-spec* dengan asam adipat berukuran 100 mesh. Asam adipat yang tidak sesuai ukurannya (*off-spec*) di *recycle* kembali menuju *ball mill* (C-420) hingga ukurannya sesuai. Asam adipat yang telah berukuran 100 mesh kemudian diangkut menuju gudang asam adipat (F-510) menggunakan *belt conveyor* (J-423).

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik asam adipat diperoleh dari sungai Citarum yang lokasinya tidak jauh dari pabrik. Tenaga listrik yang dibutuhkan diperoleh dari PT PLN dan generator sebagai cadangan apabila terjadi pemadaman dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik asam adipat dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Acrylamide*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	11.661,5607 kg/jam
Air	15355,1030 kg/jam
Listrik	253,6440 kW
Bahan Bakar	311,5487 liter/jam
Limbah	5291,2446 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

Analisis Ekonomi digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik asam adipat dapat dilihat pada tabel berikut:

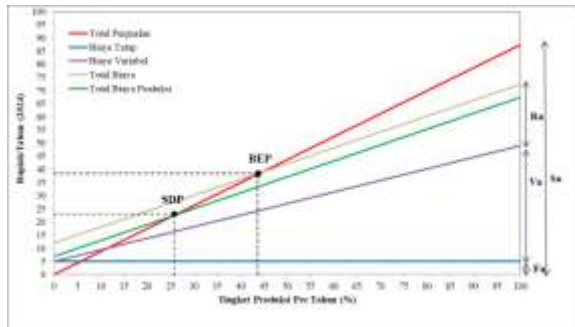
Tabel 5. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	22%	Min. 11%	Layak
POT	3,10 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	44,38%	40-60%	Layak
SDP	25,90%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah keuntungan yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point* (BEP) adalah titik



impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah penentuan aktivitas produksi suatu pabrik harus dihentikan karena akan lebih menguntungkan untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa) dibandingkan pabrik harus berproduksi. Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik asam adipat dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Kapasitas rancangan pabrik asam adipat direncanakan akan sebesar 13.000 ton/tahun dengan bentuk hukum perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan organisasi yang direncanakan yaitu *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 130 orang. Terletak di Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 27.339 m². Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 22%, POT sebesar 3,10 tahun, BEP sebesar 44,38% dan SDP sebesar 25,90%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik asam adipat ini dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik dan layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- COMTRADE.UN.ORG/DATA/.
- KIRK & OTHMER 1991. *Encyclopedia of Chemical Technology*, New York, The Inter Science Encyclopedia Inc.
- PETER, M. S. & TIMMERHAUS, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, New York, McGraw-Hill, Inc.
- WEN, Y., WANG, X., WEI, H., LI, B., JIN, P. & LI, L. 2012. A large-scale continuous-flow process for the production of adipic acid via catalytic oxidation of cyclohexene with H₂O₂. *The Royal Society of Chemistry*, 2868-2875.
- YAWS, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*, New York, McGraw-Hill.



