PRA PERANCANGAN PABRIK ANHIDRIDA ASETAT DARI ASAM ASETAT DENGAN MENGGUNAKAN PROSES KETENE KAPASITAS 22.000 TON/TAHUN

Mifta Aviatul Khotimah[1], Sulis Setiyo Rini[2], dan Dian Yanuarita Purwaningsih[3]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail: miftaavia@gmail.com, sulissetrini24@gmail.com

ABSTRACT

Acetic anhydride is a chemical compound in the form of a colourless liquid and has a purity level of 98 - 99% with the molecular formula ($(CH_3CO)_2O$). There are several uses for acid anhydride. Firstly, acid anhydride is used as a solvent for organic compounds, fungicides and bactericides. Secondly, it plays a role in the acetylation process. Thirdly acid anhydride is used as the manufacture of aspirin and acetyl morphine. Lastly acid anhydride is used in the cellulose acetate industry as a producer of acetate fibres, plastic fibre fabrics and coatings. Anhydride is also often used in the detergent industry, pharmaceutical industry, metal polishing industry, and perfume auxiliaries. In Indonesia, the need for acid anhydride can be met by importing from several countries. This can be used as an opportunity for the construction of anhydride acid plants in Indonesia to reduce imports and utilise existing resources in Indonesia. In addition, the number of unemployment can be reduced with the presence of an acid anhydride plant in Indonesia. Acetic anhydride can be made using the ketene process. The ketene process is reacting acetic acid and ketene gas using a bubble reactor. The output of the reactor is continued in the distillation process to purify the acetic anhydride product. This ketene process was chosen because the ketene process is favourable in terms of energy, economy, and products produced. From the economic calculation, the researcher obtained the result that the payback period was 2.9 years after the plant was established. The rate of return on capital is 35.12%, and the break-even point is 34.61%. Based on the economic analysis, the acetic anhydride plant with ketene process is feasible to be established.
***Kata Kunci** : Acetic acid, Ketene, Anhydride*

ABSTRAK

Asam anhidrida atau anhidrida asetat adalah senyawa kimia berbentuk cairan tak berwarna yang memiliki tingkat kemurnian 98 – 99% dengan rumus molekul yaitu ($(CH_3CO)_2O$). Kegunaan asam anhidrida sebagai pelarut senyawa organik, fungisida dan bakterisida, berperan dalam proses asetilasi, pembuatan aspirin dan acetylmorphine, digunakan pada industri selulosa asetat penghasil serat asetat, plastik serat kain dan lapisan. Anhidrida juga seringkali digunakan industri detergen, industri farmasi, industri *polishing* logam, bahan pembantu parfum. Kebutuhan asam anhidrid di Indonesia dapat dipenuhi dengan cara mengimpor dari beberapa negara. Hal ini dapat dijadikan peluang untuk pembangunan pabrik asam anhidrida di Indonesia untuk mengurangi impor dan memanfaatkan sumber daya yang ada di Indonesia. Selain itu, dengan ketersediaan jumlah tenaga kerja dapat membantu mengurangi jumlah pengangguran yang ada di Indonesia. Anhidrida asetat dapat dibuat menggunakan proses ketene yaitu dengan mereaksikan asam asetat dan gas ketene menggunakan reaktor bubble. Hasil keluaran dari reaktor dilanjutkan pada proses distilasi untuk memurnikan produk anhidrida asetat. Proses ketene ini dipilih karena menguntungkan baik dari segi energi, ekonomi, dan produk yang dihasilkan. Dari perhitungan ekonomi diperoleh bahwa lama pengembalian modal yaitu 2,9 tahun setelah pabrik didirikan. Laju pengembalian modal sebesar 35,12%, dan titik impas sebesar 34,61%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut maka pabrik Anhidrida asetat dengan proses ketene layak untuk didirikan.
Kata kunci : *Asam asetat, Ketene, Anhidrida*

PENDAHULUAN

Asam anhidrida atau anhidrida asetat adalah senyawa kimia berbentuk cairan tidak berwarna yang memiliki tingkat kemurnian 98 – 99% dengan rumus molekul yaitu ($(CH_3CO)_2O$), berat molekul 102,089 gram/mol, titik didih 139,5°C dan viskositas 0,971 cP pada suhu 15^{o}C. Cairan ini dapat larut dalam air pada suhu 20°C dan bereaksi dengan alkohol membentuk ester. Anhidrida seringkali digunakan pada produksi polimetilakrilamida, proses asetilasi dari selulosa, industri detergen, pelarut organik, industri farmasi, industri *polishing* logam, bahan pembantu parfum[1].

Asetat anhidrid merupakan anhidrat dari asam asetat yang memiliki struktur molekul simetris. Kegunaan asam asetat anhidrid sebagai pelarut senyawa organik, fungisida dan bakterisida, berperan dalam proses asetilasi, pembuatan aspirin dan pembuatan acetylmorphine. Industri yang paling banyak menggunakan

ISSN 2775-5630

asetat anhidrid yaitu industri selulosa asetat penghasil serat asetat, plastik serat kain dan lapisan [2] .Kebutuhan asam anhidrid di Indonesia dapat dipenuhi dengan cara mengimpor dari beberapa negara seperti Amerika Serikat, Jepang, dan Jerman. Data impor menunjukkan bahwa konsumsi anhidrida asetat di Indonesia sangat tinggi per tahunnya sebesar 2,04%. Berdasarkan data kebutuhan asam anhidrat di Indonesia maka perlu pembangunan pabrik asam anhidrida di Indonesia untuk mengurangi impor dan memnafaatkan sumber daya yang ada di Indonesia. Selain itu, dengan ketersediaan jumlah tenaga kerja dapat membantu mengurangi jumlah pengangguran yang ada di Indonesia. Asam anhidrida dapat diproses melalui tiga proses yaitu karbonilasi metil asetat, oksidasi asetaldehid, dan dehidrasi asam asetat.[3] Pada tugas akhir ini digunakan proses dehidrasi asam asetat atau proses ketene dengan pertimbangan tekanan yang digunakan tidak terlalu tinggi yaitu antara 15-20 kPa dan biaya investasi uang dibutuhkan lebih kecil.

TINJAUAN PUSTAKA

Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2030 dengan produksi secara kontinyu selama 1 tahun dengan 330 hari kerja. Dalam menentukan kapasitas produksi suatu pabrik, dibutuhkan data data berupa import, ekspor, produksi dan konsumsi di Indonesia.

Tabel 1 Data Pertumbuhan Impor Anhidrida Asetat di Indonesia[4]

Tahun	Impor (ton)	Laju Pertumbuhan (%)
2014	41037,316	-
2015	40859,264	-0,434%
2016	42229,269	3,353%
2017	44652,579	5,738%
2018	47699,840	6,824%
2019	45174,646	-5,294%
2019	82.504,592	-1,50
2020	83.863,946	1,25

Dari data kebutuhan anhidrida asetat di Indonesia, maka dapat diperkirakan kapasitas impor anhidrida asetat pada tahun 2030 adalah

$$M = P (1 + i)^{n}$$

Keterangan : M = Jumlah produk pada tahun akhir (ton)

P = Jumlah produk pada tahun pertama (ton)

i = Pertumbuhan rata-rata pertahun (%)

n = Selisih tahun yang diperhitungkan

Maka, kapasitas produksi pabrik dekstrin pada tahun 2030 adalah :

$$m1+m2+m3=m4+m5$$

dimana :
m1 = Jumlah impor dalam negeri (ton)
m2 = Jumlah produksi dalam negeri yang sudah ada (ton)
m3 = Jumlah produksi pabrik yang akan datang (ton)
m4 = Jumlah ekspor (ton)
m5 = Jumlah konsumsi dalam negeri (ton)

Untuk menghasilkan Anhidrida Asetat yang sesuai dengan kapasitas produksi dan kualitas yang diinginkan harus diseleksi dari berbagai proses yang ada. Ada tiga macam proses pembuatan Anhidrida Asetat yaitu:
1. Proses Oksidasi Asetaldehid
2. Proses Dehidrasi Asam Asetat (Ketene)
3. Proses Karbonilasi Metil Asetat

A. Proses Oksidasi Asetaldehid

Anhidrida asetat diperoleh secara langsung dari proses oksidasi fase cair dari asetaldehida. Asam asetat terbentuk dari oksigen dan asetaldehida yang bereaksi dalam kondisi yang sesuai, selanjutnya asam asetat yang terbentuk direaksi dengan asetaldehida pada reaksi kedua untuk membentuk anhidrida asetat dan air[1]. Katalis yang ditambahkan dalam reator sebanyak 2% katalis (berdasarkan berat asetaldehida), katalis yang digunakan adalah campuran kobalt asetat dan tembaga atau mangan asetat, untuk mencegah pembentukan asam asetat dalam jumlah yang besar.

B. Proses Dehidrasi Asam Asetat (Ketene)

Asetat anhidrat dihasilkan dalam dua langkah yaitu pertama, dekomposisi termal asam asetat untuk membentuk gas ketene dan uap air. Kedua, adalah reaksi gas ketene dengan asam asetat membentuk asetat anhidrat di scrubber. Pada proses pertama, asam asetat dipecah menjadi ketena dan uap air pada suhu 700-750°C dengan katalis asam fosfat. Tekanan dalam reaktor umumnya berkurang sehingga ketena bisa diisolasi sebelum bereaksi dengan asam asetat atau dengan air. Proses dekomposisi berlangsung di sebuah multicoil reaktor dengan gulungan yang terbuat dari baja paduan yang sangat tahan panas. Katalis yang digunakan yaitu Trietil fosfat. Begitu gas telah meninggalkan reaktor, amonia ditambahkan untuk mencegah ketena bereaksi dengan air atau dengan sisa asam asetat[1]. Uap keluar reaktor yang mengandung asetat anhidrat, asam asetat, ketena, dan air dikondensasi dimana asam asetat lemah (30%) dikondensasikan sebelum dapat bereaksi dengan ketena. Ketena yang terkondensasi diserap oleh asam asetat dalam scrubber untuk membentuk asetat anhidrat yang kemudian difraksinasi untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi, yang akan menghasilkan produk dengan kemurnian 90% dengan yield 85-89%[5].

C. Proses Karbonilasi Metil Asetat

Dengan selektivitas sebesar 97,5% dan konversi sebesar 42,8%[6]. Metil asetat dipanaskan dimasukan kedalam mixer dengan penambahan katalis. Kemudian metil asetat beserta katakis dimasukkan ke dalam reaktor dan gas karbon monoksida dikompresi masuk ke dalam reaktor. Karbon monoksida yang tidak bereaksi pada bagian atas reaktor direcycle kembali kedalam reaktor. Hasil liquid pada reaktor selanjutnya dipisahkan dari katalis dengan menggunakan flasher. Produk bagian atas yang dihasilkan pada flasher kemudian dilewatkan dalam adsorber sedangkan produk bagian bawah ditampung atau dapat direcycle. Produk yang telah keluar dari adsorber dimurnikan dalam kolom destilasi. Pada kolom destilasi pertama, hasil top product berupa metil asetat dan hasil bottom product kemudian didestilasi pada kolom destilasi kedua. Hasil kolom destilasi kedua pada top product berupa waste dan bottom product berupa asetat anhidrat. Hasil asetat anhidrat yang diperoleh yaitu dengan kemurnian 99%[7].

METODE

Metode yang penulis gunakan yaitu proses ketene dengan menggunakan pasam asetat karena tekanan yang digunakan tidak terlalu tinggi yaitu antara 15-20 kPa, biaya investasi uang dibutuhkan lebih kecil, *yield* yang diperoleh lebih besar yaitu antara 85%-89%, kemurnian yang didapat tinggi yaitu 99%.

Proses pembuatan anhidrida asetat dari asam asetat pada dasarnya dapat digolongkan menjadi empat proses utama, yaitu :

1. Proses persiapan bahan baku
2. Proses reaksi
3. Proses pemisahan dan pemurnian produk
4. Proses penanganan produk

Berikut merupakan uraian penjelasan yang lebih lengkap dari proses tersebut :

1. Proses persiapan bahan baku

Asam asetat dengan konsentrasi 99,5% dipompa dari tangka penyimpanan lalu dicampur di dalam mixer dengan katalis trietil phospat sebanyak 0,5% dari jumlah asam asetat. Hasil pencampuran dipompa menuju vaporizer untuk diubah fase dari liquid menjadi gas dengan suhu 118°C. Kemudian gas yang keluar dari vaporizer diturunkan tekanannya dari 1 atm menjadi 0,2 atm menggunakan ekspander dan dialirkan menuju reaktor furnace.

2. Proses reaksi

Di dalam reaktor furnace asam asetat dan katalis dengan fase gas dialirkan melalui tube dan terjadi reaksi pemecahan thermal asam asetat menjadi gas ketene dan uap air. Reaksi berlangsung pada suhu 700℃ dengan tekanan 20 kPa atau 0,2 atm (vakum). Untuk memvakumkan reaktor furnace yaitu dengan mengalirkan flue gas menuju jet ejector selanjutnya diubah fasenya dari gas menjadi liquid dengan menggunakan barometric condensor untuk dibuang sebagai limbah (*waste*). Reaksi yang terjadi di dalam furnace adalah

$$CH_3COOH_{(g)} \rightarrow CH_2{=}C{=}O_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

Gas keluar dari reaktor furnace yang masih bertekanan vakum, selanjutnya ditambahkan gas ammonia dan dikompresi hingga tekanannya menjadi 1 atm. Gas tersebut dialirkan menuju cooler untuk menurunkan suhu produk dari 700°C menjadi 300°C. Kemudian dialirkan menuju kondensor untuk mengubah fase menjadi liquid dan menurunkan suhu menjadi 80°C. Dari kondensor cairan dipisahkan secara cepat pada flash drum yang beroperasi dengan suhu 80°C dengan tekanan 1 atm. Produk bawah flash drum berupa liquida akan ditampung, sedangkan produk atas akan dialirkan sebagai umpan Reaktor Bubble. Umpan berupa gas masuk pada reactor bubble dengan suhu 80°C. Di dalam reaktor bubble terjadi reaksi antara gas ketene dengan menggunakan asam asetat cair dari tangki penyimpanan asam asetat yang telah dinaikkan suhunya menjadi 80°C dengan menggunakan heater. Reaktor beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi pada reaktor bubble adalah

$$CH_3COOH_{(l)} + CH_2{=}C{=}O_{(g)} \rightarrow (CH_3CO)_2O \quad \text{(Eksotermis)}$$

3. Proses pemurnian produk

Produk yang keluar dari reactor bubble terdiri dari asam asetat, air dan anhidrida asetat, dipompa dengan menggunakan pompa dan dipanaskan menggunakan heater hingga suhunya mencapai 127,782°C. Selanjutnya dimasukkan ke dalam kolom distilasi. Kolom distilasi ini berfungsi untuk memurnikan Anhidrida Asetat dari campurannya. Kemurnian produk anhidrida asetat yang keluar dari kolom destilasi sebesar 99,93%. Kondisi operasi kolom distilasi adalah 127,782°C dengan tekanan 1 atm (101,325 kPa).

4. Proses penanganan produk

Produk Anhidrida Asetat yang keluar dari bagian bawah kolom destilasi didinginkan suhunya melalui cooler menjadi 30°C. Kemudian dipompa dan ditampung dalam bin Anhidrida asetat. Anhidrida asetat dipacking menggunakan mesin pengemas dengan volume drum 10.000 L selanjutnya disimpan dalam gudang dan produk siap dipasarkan. Sedangkan distilat dari kolom destilasi didinginkan melalui cooler sampai suhu 30°C dan dialirkan menuju storage asam asetat dan dipacking, sehingga dapat dijual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kapasitas Produksi

Pabrik anhidrida asetat saat ini masih belum ada di Indonesia, maka tidak ada data ekspor ($m_4 = 0$), begitu juga dengan produksi dalam negeri dan data konsumsi dalam negeri. Dengan pertimbangan data impor dalam negeri, maka ditetapkan produksi pabrik anhidrida asetat yang akan dibuka pada tahun 2030 adalah 40% dari data impor dalam negeri sebesar 21746,60373 ton/tahun atau dibulatkan menjadi 22.000 ton/tahun.

Perhitungan Neraca Massa

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada pabrik anhidrida asetat ini dibutuhkan bahan baku antara lain asam asetat sebesar 3430,527 kg/jam, katalis trietil phospat 17,2 kg/jam, ammonia 18,91 kg/jam, dan menghasilkan produk jadi berupa anhidrida asetat sebanyak 2777,78 kg/jam dan produk samping asam asetat 951,99 kg/jam.

Perhitungan Utilitas

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Unit pendukung proses meliputi unit pengadaan dan pengolahan air, unit pengadaan tenaga listrik, dan unit pengadaan bahan bakar[8]. Unit pengolahan air

merupakan unit yang menyediakan semua kebutuhan air yang akan digunakan dalam proses di plant-plant yang ada. kualitas bahan baku (influent) terkontaminasi untuk mendapatkan perawatan kualitas air yang. Unit ini berfungsi untuk mengolah air dari diinginkan atau sesuai dengan standar mutu atau siap dikonsumsi. Air yang dihasilkan unit ini sesuai dengan kebutuhannya ada 4 macam yaitu :

Tabel 2. Kebutuhan Air

Kebutuhan	Jumlah (m^3/hari)
Air Sanitasi	38,00
Air Umpan Boiler	0,54
Air Pendingin	994,43
Air Proses	1193,31
Total	2226,28

Selain kebutuhan air, kebutuhan steam yaitu sebesar 8107, 47 kg/jam, kebutuhan listrik 1444,23 kW/jam, dan kebutuhan bahan bakar sebanyak 3749,94 L/hari.

Analisa Ekonomi

Berdasarkan perhitungan neraca ekonomi, didapatkan laju pengembalian modal (IRR) pabrik ini sebesar 35,12%, pada tingkat suku bunga per tahun 11%, dengan laju inflasi sebesar 2,28% per tahun. Sedangkan untuk waktu pengembalian modal (POT) adalah 2,91 tahun. Untuk memproduksi anhidrida asetat 22.000 ton/tahun, diperlukan biaya investasi total (TCI) sebesar Rp 287.022.992.999, biaya produksi (TPC) sebesar Rp 544.823.503.562 dan total penjualan (S) sebesar Rp. 703.749.494.664 dan didapatkan titik impas (BEP) sebesar 34,61%.

KESIMPULAN

Parameter keberhasilan suatu pabrik dapat dilihat dari cara pengolahan, proses, teknik industri, manajemen dan kelancaran pemasaran produk. Dalam pra perancangan pabrik anhidrida asetat dari asam asetat dengan proses ketene ini direncanakan didirikan di daerah Kawasan Industri Wijayakusuma, Semarang, Jawa Tengah dengan beroperasi semi kontinyu 24 jam perhari. Pabrik Anhidrida Asetat ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan karena untuk memenuhi kebutuhan pasar Indonesia dan dari aspek Analisa ekonomi pabrik yang memiliki nilai *Internal Rate of Return* (IRR) 35,12% pada suku bunga per tahun 11%. Selain itu, ditinjau dari besarnya titik impas (BEP) yaitu 34,61% dimana pada titik ini pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Ullman. 2012. Ulmann Encyclopedia of Industrial Chemistry. New York: Wiley VCH Verlag GmBH & Co. KgaA.*

[2] *Kusnarjo. 2010. Desain Pabrik Kimia. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

[3] G. A. Khambali and S. Ariwibowo, "Prarancangan Pabrik Asetat Anhidrat Dari Aseton Dan Asam Asetat Dengan Proses Dekomposisi Aseton Dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun," *J. Tugas Akhir Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 78-82, 2024.

[4] *Badan Pusat Statistik. 2020. Data Impor Anhydride Acetic, http://bps.go.id*.

[5] *Faith, Keyes. 1975. Industrial Chemical, 4th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.*

[6] *Othmer, Kirk. 1991. Encylopedia of Chemical Technology. 4st ed. New York: A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co*.

[7] Novitasari, D. N, dkk. 2020. "Pra Rencana Pabrik Asetat Anhidrida Dari Asam Asetat dengan Kapasitas Produksi 100.000 Ton/Tahun," *Skripsi, tidak diterbitkan*, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

[8] A. Wilda, "Desain Unit Utilitas Pada Prarancangan Pabrik Propilen Glikol Kapasitas 50.000 Ton/Tahun," Fakultas Tekik, Universitas Negeri Semarang, 2019.