

BAB II

STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Dalam produksi vinil asetat terdapat perbedaan proses yang terletak dibahan baku yang dijadikan dalam produksi. Sehingga, prarancangan pabrik vinil asetat harus dilakukan seleksi proses untuk mencari proses yang lebih optimal dan menguntungkan.

2.1.1 Proses Berbasis Asam Asetat dan Acetylene

Pada proses berbasis acetylene ini terdapat perbedaan di fasanya, yaitu reaksi yang terjadi di fasa cair dan fasa gas. Untuk proses reaksi asam asetat dan acetylene didasarkan pada reaksi di bawah ini :

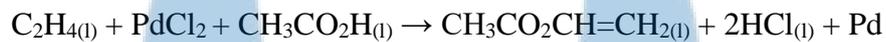


Pada fasa cair penambahan asam asetat ke acetylene di bawah katalis homogen menggunakan garam merkuri hanya relevan secara histori (Roscher, 2019), namun proses menggunakan reaksi asam asetat dan acetylene sudah tidak digunakan lagi dalam produksi vinil asetat sekarang, karena harga dari acetylene mahal sehingga dianggap kurang ekonomis (Dimian, 2008).

Produksi vinil asetat dari reaksi asam asetat dan acetylene fasa gas pertama kali dikembangkan oleh “Consortium für Elektrochemische Industrie” di Munich, proses ini dikembangkan lebih lanjut dan dipakai secara industri oleh Wacker Chemie di Burghausen. Hingga perkembangan berbasis etilena, produksi vinil asetat sebagian besar menggunakan proses berbasis acetylene fasa gas yang menggunakan katalis Zn(OAc)_2 yang diresapi pada arang (Roscher, 2019). Kondisi operasi pada fasa gas ini sekitar 170-250 oC dan tekanan sekitar 15-18 bar. Konversi dari acetylene per pass mencapai 60-70% dengan selectivity dari acetylene sebesar 93% dan asam asetat sebesar 99%. Kendala dalam pembuatan pabrik dengan proses ini terletak pada biaya dari acetylene yang tinggi dan masalah lingkungan atau keamanan yang terkait dengan pembuatan dan penggunaan acetylene. Yang membuat proses berbasis acetylene kurang menarik dibandingkan dengan proses berbasis etilena (Dimian, 2008).

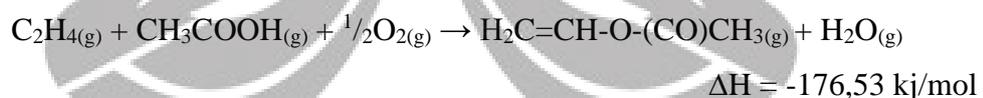
2.1.2 Proses Berbasis Asam Asetat dan etilena

Pada proses yang berbasis asam asetat ini juga terbagi menjadi 2 reaksi, yaitu reaksi pada fasa cair dan fasa gas. Reaksi yang terjadi pada fasa cair ini dikembangkan pada awal 1960an, sebagian besar proses ini mirip dengan proses Wacker-Hoechst untuk sintesis asetaldehida. Katalis yang digunakan pada proses ini, menggunakan katalis redoks PdCl₂/CuCl₂. Reaksi yang terjadi pada proses ini didasarkan pada reaksi di bawah ini :



Reaksi ini terjadi pada tekanan 30 - 40 bar dan pada temperature 110 - 130 °C. Namun proses yang mengandung klorida sangat korosif, oleh karena itu diperlukan bahan konstruksi yang sangat mahal dalam pembuatan pabriknya, sehingga secara ekonomi kurang menguntungkan (Roscher, 2019).

Untuk reaksi yang terjadi pada fasa gas sedikit terlambat dikembangkan dari proses cair, fasa gas dikembangkan pada tahun 1968. Pada fasa gas katalis yang dipakai berbasis Pd. Reaksi sekunder yang sangat tidak diinginkan adalah pembakaran etilena menjadi CO₂. Dengan menggunakan katalis Pd/Au modern, selektivitas yang didapatkan mencapai 94% berdasarkan etilena dan 98%-99% berdasarkan asam asetat (Roscher, 2019). Proses pada fasa gas ini didasarkan pada reaksi seperti berikut:



Dan reaksi sampingnya seperti berikut

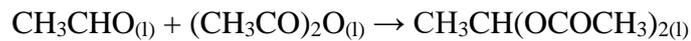


Reaksi yang terjadi pada fasa gas terjadi pada 150 - 160 °C dan tekanan 8 - 10 Bar dengan katalis heterogen yang mengandung paladium dengan masa pakai 1 - 2 tahun. Dalam prosesnya tidak terbentuk asam asetat, namun produk samping yang terbentuk berupa air, dan karbondioksida dan sedikit residu. Setelah tahun 1968, proses ini paling banyak digunakan bahkan sekitar 80% dari kapasitas dunia, karena harga dari bahan baku etilena yang murah.

2.1.3 Acetaldehyde and Acetic Anhydride

Dalam proses produksi vinil asetat ini terdapat 2 langkah dalam prosesnya, dimana Acetic Anhydride ditambahkan ke dalam Acetaldehyde dalam fasa cair

dengan menggunakan katalis FeCl₃ dan direaksikan dengan suhu 120-140 °C, menghasilkan ethylidene diacetate yang reaksinya seperti berikut (Dimian, 2008):



Yang kemudian ethylidene diacetate dipecah menjadi vinil asetat dan acetate acid dengan menggunakan katalis asam sulfonat dan direaksi di suhu 120 °C seperti berikut (Dimian, 2008) :



Proses ini dikembangkan pada tahun 1950-an, namun dengan cepat menjadi nonkompetitif dibandingkan dengan proses berbasis etilena dan acetylene (Roscher, 2019).

2.2 Pemilihan Proses

Dari beberapa proses yang ada dalam produksi vinil asetat dengan bahan baku yang berbeda seperti etilena, acetylene, dan reaksi antara acetaldehyde dan acetic anhydride. Maka dilakukan pemilihan proses berdasarkan beberapa faktor seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Perbandingan Proses Vinil Asetat

Process	Asam Asetat dan Acetylene	Asam Asetat, etilena, dan Oksigen	
		Liquid Phase	Gas Phase
Pressure (Bar)	15 – 18	30 – 40	8 - 10
Temperature (°C)	170 - 250	110 – 130	150 - 160
Catalyst	Zn(OAC) ₂	PdCl ₂ /CuCl ₂	Paladium dengan garam logam (Pd/Au)
Kemurnian	99,67%	99,9%	99,9%
Produk Samping	Tidak ada produk samping	HCl	CO ₂ dan H ₂ O
Korosi Bahan	Tidak bersifat korosif	Korosif	Tidak Bersifat Korosif

Process	Asam Asetat dan Acetylene	Asam Asetat, etilena, dan Oksigen	
		Liquid Phase	Gas Phase
Kekurangan	Harga bahan baku Acetylene mahal. Selain itu penggunaan acetylene sebagai bahan baku tidak stabil	Proses sudah tidak digunakan semenjak ada proses fasa gas serta memerlukan biaya yang tinggi untuk membuat pabrik dengan proses ini, Selain itu produk samping bersifat korosif	Harga untuk katalis paladium yang terbilang mahal
Keunggulan	Katalis yang dipakai murah dan mudah di dapatkan	Suhu operasi yang rendah daripada proses lainnya	Produk samping yang dihasilkan adalah air dan CO ₂ serta diperoleh kemurnian vinil asetat yang tinggi. Selain itu tekanan operasi juga tidak tinggi

Dari tabel di atas telah dijabarkan perbedaan setiap proses dan juga kekurangan serta kelebihan. Berdasarkan tabel 2.1 maka proses yang dipilih untuk pra rancangan pabrik vinil asetat adalah proses yang menggunakan bahan baku Asam Asetat, etilena, dan Oksigen dengan fasa gas. Pemilihan ini dikarenakan:

1. Harga bahan etilena yang murah
2. Kemurnian produk yang dihasilkan tinggi mencapai 99%
3. Produk samping berupa air dan CO₂
4. Bahan baku tidak korosif sehingga tidak memerlukan biaya mahal dalam konstruksi
5. Tekanan operasi yang tidak terlalu tinggi antara 8 - 10 bar

Proses produksi vinil asetat dari etilen, oksigen, dan asam asetat dengan fasa gas. Dalam prosesnya *Plug Flow Reactor* dan *Fluidizer Bed Reactor* telah dikembangkan, dengan *Plug Flow Reactor* yang dominan dalam pemakaian proses produksi.

2.3 Deskripsi Proses

2.3.1 Preparasi Bahan Baku

Bahan etilena yang didapatkan dari produsen akan langsung disimpan ke tangki penyimpanan etilena dengan kondisi steril agar tidak terkontaminasi oleh pengotor lain. Begitu pula pada bahan oksigen dan asam asetat akan disimpan pada tangki penyimpanannya masing-masing untuk menjaga kesterilan dan kondisi bahan.

Mula – mula etilena yang diterima sebagai bahan baku akan dipersiapkan kondisi operasinya terhadap reaktor dengan dialirkan menuju vaporizer (VP-101) untuk merubah merubah fase bahan baku etilena dari fase cair menjadi fase gas. Setelah itu aliran akan diarahkan menuju compressor (CP-101) untuk meningkatkan tekanannya dari tekanan normal menjadi 10 bar untuk menyesuaikan kondisi operasi reaktor. Begitu pula pada suplai gas oksigen murni, setelah suplai masuk maka akan langsung dialirkan menuju compressor (CP-101) untuk dinaikkan tekanannya menuju 10 bar. Untuk suplai asam asetat juga menyesuaikan kondisi operasi pada reaktor (R-101) yaitu menaikkan tekanannya dengan compressor (C-101) yang sebelumnya dipanaskan pada vaporizer (VP-101) untuk merubah fase bahan baku dari fase cair menjadi fase gas.

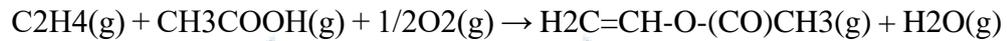
2.3.2 Reaksi

Reaksi pembentukan Vinil Asetat dilakukan dengan fase gas karena kemurnian yang dihasilkan lebih baik dan mengurangi permasalahan korosi pada saat proses jika dibandingkan dengan fase cair. Pembuatan produk menggunakan umpan berupa etilena 99,9%, oksigen murni, dan asam asetat 99,5%.

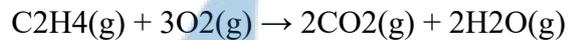
Reaktor (R-101) yang digunakan yaitu jenis reaktor plug flow reaktor dengan katalis palladium dan emas yang memiliki kondisi operasi pada tekanan 10

bar dan suhu 150°C dengan konversi etilena sebanyak 10%. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah sebagai berikut:

Reaksi 1:



Reaksi 2:



Produk keluaran dari reactor (R-101) adalah etilena, oksigen, karbondioksida, vinil asetat, air dan asam asetat. Produk dari reaktor tersebut kemudian didinginkan dengan Cooler (C-101) hingga temperature mencapai 33°C yang sebelumnya dialirkan terlebih dahulu melalui expander (E-101) sehingga tekanan pada produk akan turun dari 10 bar menjadi 9 bar. Setelah produk didinginkan maka produk akan memiliki 2 fase yaitu fase cair yang terdiri dari vinil asetat, asam asetat dan air serta fase gas yang terdiri dari etilena, oksigen dan karbon dioksida.

Kemudian produk dialirkan menuju kolom knock out drum (KOD-101) dengan kondisi operasi 9 bar dan temperatur 33°C untuk memisahkan fase cair dan fase gas pada produk. Dengan demikian produk atas dari kolom ini yaitu berupa fase gas, dan produk bawah berupa fase cair. Sebagian produk atas yang berupa fase gas akan dialirkan kembali menuju vaporizer (VP-101). Untuk sebagian produk atas lainnya akan langsung di purging ke udara. Purging dilakukan untuk menjaga konsentrasi karbondioksida dan gas inert lain agar tidak terakumulasi karena dapat menghambat terjadinya reaksi. Untuk produk bawah dari kolom knock out drum (KOD-101) akan di alirkan menuju heater (H-103) untuk dipanaskan hingga suhunya mencapai 112,31°C dan dialirkan langsung menuju kolom distilasi (MD-101).

2.3.3 Pemisahan Produk

Pada tahap pemisahan menggunakan kolom distilasi (MD-101) dengan kondisi operasi 1,3 bar dan temperature masuk 112,31°C, temperature kondensasi 98,99°C, dan temperature reboiler (RB-101) 123,96°C. Campuran vinil asetat, air dan asam asetat tidak bisa dimurnikan secara sempurna karena adanya titik azeotrop, sehingga pemisahannya pada kolom distilasi (MD-101) hanya sampai kemurnian vinil asetat dibawah titik azeotrop. Sehingga untuk memisahkan

campuran dari vinil asetat, air, dan asam asetat dibutuhkan pemisah lain untuk memurnikan produk vinil asetat.

Hasil produk dari kolom distilasi (MD-101) memiliki produk atas berupa campuran vinil asetat, air, dan sedikit asam asetat. Sedangkan pada produk bawah berupa asam asetat dan sedikit air. Produk asam asetat yang didapatkan dari produk bawah kolom distilasi (MD-101) akan digunakan kembali sebagai reaktan. Untuk produk atas dari kolom distilasi (MD-101) didinginkan menggunakan *kondensor* (K-101), kemudian dialirkan ke dalam *decanter* (D-101) untuk dipisahkan menggunakan prinsip perbedaan massa jenis komponen. Produk hasil keluaran decanter (D-101) merupakan vinil asetat dengan kemurnian hingga 99,9%.

2.3.4 Penyimpanan Produk

Hasil produk bawah yang telah masuk decanter (D-101) dari kolom distilasi (KOD-101) kemudian akan langsung didinginkan dengan bantuan cooler (C-102) agar suhunya menjadi rendah. Suhu yang diinginkan pada tahap cooling ditargetkan hingga mencapai suhu 40 C kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan produk (TP-104).

2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.4.1 Bahan Baku

Bahan baku utama dalam proses ini adalah etilena, Asam Asetat, dan Oksigen. Berikut adalah spesifikasi dari bahan baku utama dalam proses pembuatan vinil asetat :

1. Etilena

- Rumus Molekul : C_2H_4
- Berat Molekul : 28 g/mol
- Warna : Tidak Berwarna
- Densitas : 50,5679 g/cm³
- Viskositas : 0,0103 cP
- Titik Didih : -93,6 °C
- Titik Lebur : -169,18 °C
- Kemurnian : 99,99%
- Kelarutan : 0,131 g/L
- Harga : Rp 6.605,44/kg

2. Asam Asetat

- Rumus Molekul : CH_3COOH atau $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
- Berat Molekul : 60 g/mol
- Warna : cairan bening tak berwarna
- Densitas : 1,049 g/cm³
- Viskositas : 1,056 mPa/s (25°C)
- Titik Didih : 117,9 °C
- Titik Lebur : 16,6 °C
- Kemurnian : 99,5 %
- Kelarutan : 60,3 g/ml at 25 °C
- Harga : Rp 5.981,30/kg

3. Oksigen

- Rumus Molekul : O_2
- Berat Molekul : 32 g/mol
- Warna : Tidak Berwarna
- Densitas : 1,429 g/L (0 °C)
- Viskositas : 0,02075 cP
- Titik Didih : -182,96 °C
- Titik Lebur : -218,4 °C
- Kemurnian : 99,99%
- Kelarutan : 4,889 cm³/cm³ at 25 °C
- Harga : Rp 2.866,26/kg

2.4.2 Produk

Produk dari proses ini merupakan vinil asetat sebagai produk utama, serta terdapat juga produk samping berupa CO_2 dan Air. Berikut adalah spesifikasi dari produk utama dan produk samping :

1. Vinil asetat

- Rumus Molekul : $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ atau $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$
- Berat Molekul : 86 g/mol

- Warna : Tidak Berwarna
- Densitas : 0,93 (Water = 1)
- Viskositas : 0,43cPs (20 °C)
- Titik Didih : 72,7 °C
- Titik Lebur : -93,2 °C
- Kemurnian : 99,9%
- Kelarutan : Sedikit larut dalam air (20 g/L pada suhu 20 °C)
- Harga : 36.407,91/kg

2. CO₂

- Rumus Molekul : CO₂
- Berat Molekul : 44 g/mol
- Warna : Tidak bewarna
- Densitas : 1,98 g/L (gas)
- Viskositas : 0,07 cP (-78 °C)
- Titik Didih : -78 °C
- Titik Lebur : -57 °C

3. Air

- Rumus Molekul : H₂O
- Berat Molekul : 18 g/mol
- Warna : Tidak bewarna
- Densitas : 0,995 g/cm³ (25 °C)
- Viskositas : 0,89 cP (25 °C)
- Titik Didih : 100 °C
- Titik Lebur : 0 °C