

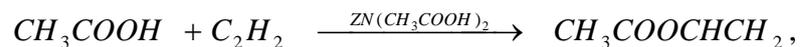
II. PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

2.1 Jenis-jenis bahan baku dan proses

Proses pembuatan VAM dapat dibuat dengan dua proses, yaitu proses asetilen dan proses etilen.

1. Proses Dasar Asetilen

Reaksi yang terjadi adalah :



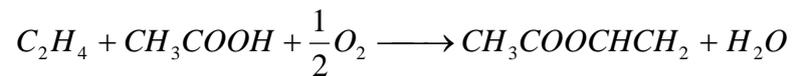
$$H_R = -22.18 \text{ kcal/mol}$$

Kondisi operasi terjadi pada fasa gas .Reaksi dijalankan dalam reaktor *bed* (kontinyu) dengan katalisator Zn-asetat yang diendapkan dalam karbon aktif. Kondisi operasi pada suhu 170°C – 250°C pada tekanan 115 -122 kPa dengan perbandingan asetilen : asam asetat = 4 : 1. Konversi asetilena adalah 60-70 % dengan yiels asetilena 93 % dan asam asetat 99 %.

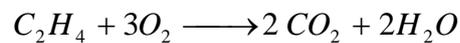
Selain terjadi pada fasa gas, proses produksi VAM dengan asetilen juga dapat dilakukan pada fasa cair. Reaksi dijalankan dalam reaktor *batch* dengan menggunakan katalisator HgSO₄ pada suhu 70°C dan tekanan atmosferis. Reaksi tidak memberikan keuntungan yang besar karena hasil vinil asetat kecil. Proses ini tidak dipakai secara komersial (Kirk Othmer, 1983).

2. Proses Dasar Etilen

Etilen direaksikan dengan asam asetat dan oksigen baik dalam fasa gas maupun fasa cair. Reaksi yang terjadi adalah :



Dengan reaksi samping



Cara ini mendominasi pembuatan vinil asetat saat ini. Sebelumnya reaksi dilakukan pada fasa cair, berlangsung pada temperatur 110 – 130 °C pada tekanan 30 – 40 bar dengan menggunakan katalis redoks PdCl₂/CuCl₂. Namun pada proses ini, tingginya korosi yang terjadi menjadi masalah. Sedangkan proses modern yang saat ini banyak digunakan terjadi pada fasa gas dengan katalis Pd. Reaksi samping yang tidak diinginkan adalah pembakaran etilena sehingga membentuk CO₂. Penggunaan katalis Pd/Au diperoleh selektivitas sebesar 94% berdasarkan etilena dan 98-99% berdasarkan asam asetat.

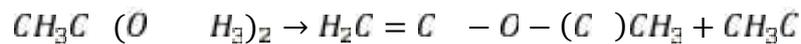
Reaksi fasa gas dijalankan dengan proses kontinu dengan suhu operasi 150 °C, tekanan 5 – 10 atm. Reaksi pada fasa gas ini lebih disukai karena yield yang lebih baik dan masalah korosi yang kecil (Dimian dan Bildea,2008). Secara keseluruhan, yield yang diperoleh sebesar 90% berdasarkan pada etilena dan 95% berdasarkan asam asetat.

3. Proses Dasar Asetaldehid dan Asetat Anhidrat

Pada proses ini berlangsung dua tahap. Tahap pertama, asetaldehid dan asetat anhidrat membentuk etilidena diasetat dalam fasa cair pada suhu 120-140°C dengan FeCl_3 sebagai katalis.



Tahap kedua, produk antara didekomposisi pada suhu 120°C dengan katalis asam.



Sebagai catatan bahwa kesempurnaan proses ini tergantung pada pembaharuan bahan baku.

Tabel 2.1 perbandingan antara proses pembuatan vinil asetat

	Proses dasar asetilen		Proses dasar etilen		Proses dasar asetaldehid -Asam asetat anhidrit
	Fasa cair	Fasa gas	Fasa cair	Fasa gas	
Kondisi operasi	180°C-210°C 1-1,3 atm	70°C 1 atm	120°C-180°C 5 atm	140°C-160°C 8-10 atm	120°C-140°C 3 atm
Asal bahan baku	Asetilen (DN), Asam asetat(DN)	Asetilen (DN), Asam asetat(DN)	Etilen (DN), Asam asetat(DN)	Etilen (DN), Asam asetat(DN)	Asetaldehid (DN), Asam asetat anhidrit (DN)
yield	90-99%	10-30%	40%	95-99%	40-50%
benefit	$7,91924 \times 10^{11}$	$7,91924 \times 10^{11}$	9,038106165	$9,038106165 \times$	-

			x 10 ¹¹	10 ¹¹	
Sifat bahan baku	korosif	korosif	Kurang korosif	Kurang korosif	korosif
H ^o _f	H	H	H	H	H = -16,620
G ^o _f	= -11,03x10 ⁻⁷	= -11,03x10 ⁻⁷	= -17,6424	= -17,6424	x10 ⁻⁷
	G	G =-	x10 ⁻⁷	x10 ⁻⁷	G =-13,310
	= -5,098x10 ⁻⁷	5,098x10 ⁻⁷	G =-15,033	G =-15,033	x10 ⁻⁷
			x10 ⁻⁷	x10 ⁻⁷	

Sumber: Kirk Othmer, 1983, vol 21; Dimian, 2008.

Tabel 2.2 Data kinetika reaksi pada proses etilen untuk memproduksi vinil asetat

reaction	-r _A
$C_2H_4 + CH_3COOH + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{Z-Pd/Au} CH_3COOCHCH_2 + H_2O$	$-r_A = \frac{0,1 e^{-\left(\frac{3}{T}\right)} P_c P_e P_a (1+1,7 P_w)}{(1+0,5 P_c (1+1,7 P_w))(1+0,6 P_a)}$
$C_2H_4 + 3O_2 \xrightarrow{Z-Pd/Au} 2CO_2 + 2H_2O$	$-r_A = \frac{1,9 e^{-\left(\frac{3}{T}\right)} P_c (1+0,6 P_w)}{(1+0,7 P_c (1+0,6 P_w))}$

Sumber : Nakamura and Yasui, 1970; Samanos et al, 1971.

Keterangan:

- P_o = Tekanan parsial oksigen (psia)
P_e = Tekanan parsial etilen (psia)
P_a = Tekanan parsial asam asetat (psia)
P_w = Tekanan parsial air (psia)
T = Temperatur (K)

2.2 Pemilihan Bahan Baku dan Proses

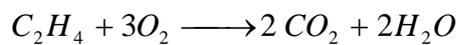
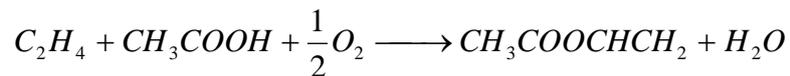
Pada pra perancangan pabrik Vinyl Acetat Monomer (VAM) ini digunakan proses dasar etilena dalam fasa gas dengan katalis Pd/Au. Adapun alasan yang

1. Penggunaan katalis Pd/Au dapat mengurangi reaksi samping yang cukup tinggi dan tidak diinginkan saat proses pembakaran etilena yang menghasilkan CO₂. Selain itu, dengan katalis diperoleh selektivitas sebesar 94% berdasarkan etilena dan 98-99% berdasarkan asam asetat.
2. Reaksi fasa gas dapat mengurangi masalah korosi.
3. Berdasarkan bahan baku etilena 20% lebih murah dibandingkan asetilen.

2.3 Deskripsi proses

Reaksi pembentukan VAM dapat dilakukan dengan fasa cair atau fasa gas. Namun, reaksi fasa gas lebih baik daripada fasa cair, karena yield yang dihasilkan lebih baik dan mengurangi permasalahan korosi pada saat proses. Pembuatan VAM menggunakan umpan berupa etilena 99,8% , oksigen murni, dan asam asetat 99,9%. Gas etilen yang digunakan disuplai langsung dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk. melalui pipa menuju ke pabrik untuk di naikkan tekanannya dalam kompresor CP-102 dari tekanan normal menjadi 10 bar. Setelah itu gas etilen tersebut dipanaskan di dalam pemanas HT-102. Begitu juga dengan gas oksigen murni dari PT. Air Liquide Indonesia disuplai langsung melalui pipa menuju kompresor CP-101 untuk dinaikkan tekanannya menjadi 10 bar lalu dipanaskan dalam pemanas HT-101. Sedangkan asam asetat pada tangki penampungan (TP-101) diumpankan pada vaporizer (VP-101) untuk mengubah

fasa bahan baku menjadi fasa gas. Kemudian dinaikkan tekanannya di kompresor CP-103, setelah itu dipanaskan dalam HT-103. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan kondisi operasi pada reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor plug flow dengan katalis palladium yang beroperasi pada tekanan 10 bar dan suhu 150°C dengan konversi etilen 10 % .



Produk keluaran reaktor adalah etilena, oksigen, karbondioksida, VAM, air dan asam asetat. Kemudian didinginkan dengan Cooler hingga temperatur 60°C. Produk tersebut dialirkan melalui Ekspander untuk menurunkan tekanan dari 10 bar menjadi 1,01 bar. Setelah didinginkan produk terdiri dari 2 fasa yaitu fasa gas yang terdiri dari etilena, oksigen, dan karbondioksida dan fasa cair terdiri dari VAM, asam asetat dan air. Kemudian dialirkan ke kolom *knock out drum* pada tekanan 1,01 bar dan temperatur 60°C untuk memisahkan fasa cair dan fasa gas. Produk atas kolom ini adalah fasa gas, sedangkan produk bawahnya fasa cair. Sebagian besar produk atas di *recycle* ke dalam reaktor namun sebelumnya tekanannya akan dinaikkan kembali menjadi 10 bar untuk menyesuaikan tekanan operasinya, sedangkan sebagian lagi akan di *purging* ke udara . Hal ini dilakukan untuk menjaga konsentrasi karbondioksida dan gas inert lain agar tidak terakumulasi karena dapat menghambat reaksi.. Produk bawah kolom knock out drum diumpankan ke *heater* HT-201 untuk dipanaskan hingga 99°C. Setelah itu keluaran heater dialirkan ke kolom distilasi DC-201 pada 1,01 bar dengan

temperatur masuk 99°C , temperatur kondensasinya 82°C , dan temperatur pada reboiler 112°C rasio refluxnya 1,15. Campuran VAM/air/asam asetat tidak bisa dimurnikan secara sempurna karena adanya titik azeotrop, sehingga pemisahan pada kolom distilasi hanya sampai kemurnian VAM dibawah titik azeotrop. Sehingga, dibutuhkan pemisah lain untuk memurnikan VAM dalam hal ini digunakan metode adsorpsi. Produk atas merupakan campuran VAM, air, dan sedikit asam asetat. Sedangkan produk bawah merupakan asam asetat dengan sedikit air. Asam asetat yang diperoleh dari sebagian produk bawah kolom distilasi dimasukkan ke kolom dehidrasi DH-202 untuk dikurangi kadar airnya, setelah itu digunakan kembali sebagai reaktan. Produk atas kolom distilasi dimurnikan lagi pada kolom dehidrasi DH-201 sehingga mencapai kemurnian yang diinginkan 99,9%b VAM. Kemudian produk tersebut didinginkan dengan cooler CO-202 hingga 40°C kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan produk TP-201.