

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam industri kimia di Indonesia saat ini terus mengalami peningkatan, baik proses industri yang dapat menghasilkan produk jadi maupun proses industri antara. Salah satu diantaranya adalah vinil asetat. Kebutuhan vinil asetat ini dari tahun ke tahun terus meningkat.

Vinil Asetat adalah senyawa kimia, dan produk antara (*intermediate product*) yang dipakai dalam pembuatan *polyvinyl acetate*, vinil asetat *copolymer*, *polyvinyl alcohol* dan *vinyl chloride*. Vinil asetat dalam bentuk polimer ini sangat luas kegunaannya antara lain dalam industri pembuatan cat, *adhesive*, pelapis, lem, *film*, tinta, ekstil dan industri kertas. Sedangkan bentuk dari kapolimernya misalnya dengan *acrylonitrile* dipakai untuk industri *acrylic fibers* (Othmer, 1992).

Kebutuhan vinil asetat naik rata-rata 15 % pertahun, pengguna terbesar dalam industri vinil asetat adalah industri perekat, industri tekstil dan cat yang banyak terdapat di Indonesia. Sampai saat ini kebutuhan vinil asetat masih dipenuhi dari impor karena pabrik vinil asetat belum ada di Indonesia. Impor bahan kimia yang berupa vinil asetat ini berasal dari Amerika Serikat, Jepang, dan Taiwan (Indochemical, 1988).

Dalam perkembangan tersebut pemerintah dapat membuka peluang bagi *investor* untuk mendirikan pabrik ini, seperti yang ditegaskan pemerintah dalam skala prioritas yang dikeluarkan BKPM tahun 1987 (Indochemical, 1988).

Dengan berdirinya pabrik vinil asetat akan mencukupi kebutuhan vinil asetat dalam negeri, dan dapat memanfaatkan bahan baku yang tersedia, serta dapat menambah devisa negara dengan mengekspor hasilnya.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari perancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan vinil asetat yang ada di Indonesia dan dunia, karena produk vinil asetat ini banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan *intermediate* pada pabrik kimia, maka dalam perancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi vinil asetat dari etilena, asam asetat dan oksigen.

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari prarancangan pabrik vinil asetat ini adalah :

1. Dapat memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan vinil asetat sebagai bahan baku.
2. Dapat meningkatkan jumlah produksi vinil asetat yang ada di dalam negeri.
3. Dapat mengurangi impor vinil asetat sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi.
4. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.
5. Membuka kesempatan kerja dengan menciptakan lapangan kerja baru.

1.3 Analisa Pasar

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi suatu penunjang penting dalam proses produksi, untuk pemasok bahan baku bagi produksi Vinil Asetat adalah sebagai berikut:

1. PT. Chandra Asri Cilegon untuk pemasok Ethylene
2. PT. Celanese Chemical Co.Ltd Cina Pemasok Asmat Asetat
3. PT. Air Liquide Cilegon Pemasok Oksigen

1.3.2 Kebutuhan Produk

Kebutuhan vinil asetat ini dapat diperkirakan bisa meningkat dalam industri sebagai kegunaan bahan baku produksi polimer, seperti *poly vinyl*

acetate yang secara luas banyak digunakan untuk menghasilkan barang-barang plastik sintetis. Dimana vinil asetat ini menjadi bahan baku pokok yang dapat menunjang produksi industri tersebut. Kebutuhan vinil asetat ini pun lebih banyak digunakan untuk ke luar negeri Sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan vinil asetat negara kita masih mengimpor dari beberapa negara seperti Jepang, Amerika Serikat, Prancis, Singapura, dan Jerman.

Berikut merupakan data perkembangan vinil asetat di Negara lain ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.1 Kebutuhan Vinil Asetat di Negara lain

Negara	Impor (kg/tahun)
Jepang	737,836
Prancis	22,740,730
Singapura	47,738,933
Jerman	189,554,109

(United Nation, 2017)

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Di dalam menentukan kapasitas produksi yang akan didirikan ada berbagai faktor yang harus dipertimbangkan, diantaranya yaitu : Jumlah konsumsi produk (kebutuhan dalam negeri), kebutuhan impor, kapasitas pabrik, dan pasokan bahan baku yang akan digunakan. Semua diperhitungkan karena akan mempengaruhi biaya pengeluaran untuk bahan baku dan energi produksi serta pemasukan hasil dari penjualan produknya.

Tabel 1.2 Data Pabrik Vinil Asetat yang sudah Berdiri

Negara	Perusahaan	kapasitas (Ton/Tahun)
Amerika Serikat	CELANESE	285.000
Kanada	CELANESE	86.000
Meksiko	CELANESE	100.000

Amaerika Serikat	DU PONT	260.000
Amaerika Serikat	UNION CARBIDE	325.000
Inggris	BP AMOCO	250.000
Jepang	SHOWA DENKO	120.000

(Olsen, 2001)

Pabrik vinil asetat direncanakan akan didirikan pada tahun 2024, dengan adanya pertimbangan terhadap peluang dari kebutuhan Negara lain berdasarkan data yang tersedia pada Table 1.1, maka kapasitas yang akan direncanakan pada pabrik vinil Acetate sebagai berikut :

Table 1.3 Data Ekspor Impor Vinil Asetat di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)	Total (ton/tahun)
2013	11658,19	2536,32	14194,51
2014	12852,258	2085,597	14937,86
2015	19404,814	1246,676	20651,49
2016	31535,302	1293,872	32829,17
2017	41414,354	624,85	42039,2
2018	45740,443	417,22	46157,66

(Nation, 2017)

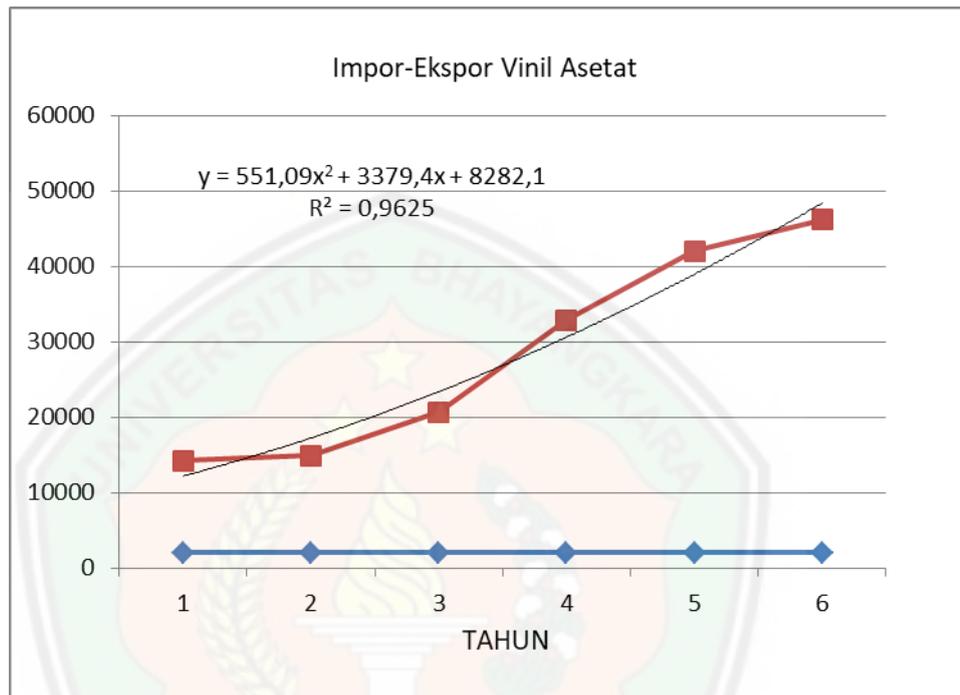
Untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi pabrik vinil asetat dapat menggunakan table 1.4 sebagai berikut :

Tabel 1.4 Data X dan Y

Tahun	X	Y
2013	1	14194,51
2014	2	14937,86
2015	3	20651,49
2016	4	32829,17
2017	5	42039,2
2018	6	46157,66

Total	21,00	170809,9
-------	-------	----------

Dengan perhitungan analisa regresi didapatkan metode yang tepat adalah Analisa Regresi Polinomial Order 2 dimana R^2 mendekati 1, dengan grafik sebagai berikut :



Grafik 1.1 Grafik Regresi polinomial

Dari hasil grafik diatas kebutuhan vinil asetat per tahun dapat diperoleh persamaan polinomial sebagai berikut :

$$y = 551,09 x^2 + 3379,4 x + 8282,1$$

$$x = 12$$

$$y = 551,09 (12^2) + 3379,4 (12) + 8282,1$$

$$y = 79.356,96 + 40.552,8 + 8282,1$$

$$y = 128.191,86 \text{ ton}$$

Dengan hasil persamaan polinomial Pabrik vinil asetat ini akan didirikan pada tahun 2024 dengan kebutuhan vinil asetat tersebut sekitar 128.000 ton per tahun.

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat sangat penting dalam perancangan suatu pabrik. Lokasi yang tepat dapat memiliki pengaruh yang besar terhadap keberhasilan pabrik tersebut baik dalam segi teknis maupun ekonomis. Pabrik vinil asetat direncanakan akan didirikan di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten. Pemilihan ini dimaksudkan untuk mendapatkan keuntungan secara teknis maupun ekonomis. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik :



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik

1. Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku adalah faktor yang penting dalam menunjang proses produksi. Sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan yang cukup besar. Untuk mengurangi biaya penyediaan bahan baku dipilihlah lokasi pabrik berdekatan dengan pabrik yang memproduksi bahan baku. etilena (C_2H_4) disuplai dari PT Chandra Asri Petrochemical Center (PT CAPC), yang terletak di desa Sugih, Cilegon. Asam asetat diperoleh dengan cara impor dari Celanese Chemical Co., Ltd, yang

terletak di Nanjing, China. Sedangkan oksigen diperoleh dari PT Air Liquide, Cilegon.

2. Transportasi

Sarana transportasi sangat penting untuk proses penyediaan bahan baku. Transportasi bahan baku menuju Cilegon cukup mudah karena adanya fasilitas jalan tol selain itu juga cukup dekat dengan pelabuhan sehingga arus transportasi juga lancar.

3. Pemasaran produk

Letak kawasan yang strategis sangat memudahkan untuk komoditi ekspor maupun pengiriman ke pabrik-pabrik di Indonesia yang membutuhkan vinil asetat. Mengingat bahan yang diproduksi merupakan bahan antara, yang merupakan bahan baku polimer, maka Cilegon dirasa merupakan tempat yang strategis.

4. Tenaga Kerja

Kawasan ini merupakan salah satu kawasan yang sedang berkembang pesat, sehingga tidak ada kesulitan untuk mendapatkan tenaga kerja. Tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat diambil dari lulusan Universitas/Institut di seluruh Indonesia, untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil dari daerah sekitar. Hal ini juga dapat mengurangi jumlah pengangguran yang ada.

5. Lingkungan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan Industri sehingga akan memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

6. Ketersediaan Lahan

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik kedepannya.

1.6 Tinjauan Pustaka

1.6.1 Vinil Asetat

Vinil Asetat adalah cairan bening dapat larut (miscible) secara perlahan dalam air. Vinil asetat merupakan bahan kimia antara yang dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan polivinil asetat, vinil asetat kopolimer, polivinil alkohol, dan vinil klorida.

Vinil asetat adalah senyawa kimia dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ dan merupakan monomer dari polivinil asetat. Nama sistematis dari senyawa ini adalah 1-asetoksietilena atau etilen asetat.

1.6.2 Kegunaan Vinil Asetat

Kegunaan vinil asetat dalam industri kimia:

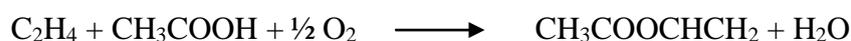
1. Merupakan produk antara untuk pembuatan polivinil asetat dan kopolimer vinil asetat serta polivinil alkohol.
2. Merupakan bahan pendukung dalam pembuatan cat, adhesive, dan industri kertas serta tekstil.
3. Bentuk kopolimernya dengan *acrylonitrile* dipakai untuk industry acrylic fiber. (Othmer, 1992)

1.6.3 Tinjauan Termodinamika

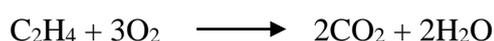
Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (*endotermis*) atau melepaskan panas (*eksotermis*), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$ serta Energi Gibbs nya (ΔG°) dari masing-masing komponen :

Berikut adalah reaksi yang terjadi dalam pembentukan Vinil asetat monomer, berikut dengan hasil sampingnya :

Reaksi Utama :



Reaksi Samping :



Harga ΔH_f° 298 Reaksi dan ΔG° 298 Reaksi masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.5 Data ΔH_f° dan ΔG° Masing-masing Komponen

BAHAN BAKU	ΔH°_f 298 (KJ/mol)	ΔG°_f 298 (KJ/mol)
Etilen (C ₂ H ₄)	52,3	68,12
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	-434,84	-376,69
VAM (CH ₃ COOCHCH ₂)	-315,7	-228,97
Karbondioksida (CO ₂)	-393,5	-243
Water (H ₂ O)	-241,8	-228,6
Oksigen (O ₂)	0	0

(“Perry’s chemical engineers’ handbook,” 2008)

Reaksi 1 (Utama)

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f &= (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Produk}) - (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Reaktan}) \\ \Delta H^{\circ}_f &= (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Vinil Asetat} + \Delta H^{\circ}_f \text{ Air}) - (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Etilen} \\ &\quad + \Delta H^{\circ}_f \text{ Asam Asetat}) \\ \Delta H^{\circ}_f &= ((-315,7 - 241,8) - (52,3 - 434,84)) \\ &= (-557,5) - (-382,54) \\ &= -174,96 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapat bahwa harga ΔH°_f pada Reaksi 1 (Utama) bernilai negatif, sehingga dapat diketahui bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi yang dapat menghasilkan panas (eksotermis), dengan nilai yang cukup tinggi yaitu -174,96 KJ/mol yang dapat diartikan bahwa reaksi menghasilkan panas yang cukup besar.

Energi Bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara Spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai ΔG° adalah negatif maka reaksi dapat berjalan, jika bernilai positif maka reaksi tidak dapat berjalan, sedangkan jika ΔG° adalah nol maka reaksi bersifat spontan. Berikut adalah perhitungan nilai ΔG° (Energi Gibbs):

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ Produk} - \Delta G^\circ \text{ Reaktan} \\
\Delta G^\circ &= (\Delta G^\circ_f \text{ Vinil Asetat} + \Delta G^\circ_f \text{ Air}) - (\Delta G^\circ_f \text{ Etilen} + \\
&\quad \Delta G^\circ_f \text{ Asam Asetat}) \\
\Delta G^\circ &= (-228,97 - 228,6) - (68,12 - 376,69) \\
&= (-457,57) - (-308,57) \\
&= -149 \text{ KJ/mol}
\end{aligned}$$

Perhitungan harga Konstanta Kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

$$K = e^{-\Delta G/RT}$$

Dimana :

ΔG° = Energi bebas Gibbs standar, (kJ/mol)

R = Tetapan gas ideal, (0,008314 kJ/mol. K)

T = Temperatur, K

K = Konstanta Kesetimbangan

(S. K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada keadaan standar, P = 1 atm dan T = 298 K adalah sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298k)} = -R.T. \ln K_{298k}$$

$$\ln K_{298k} = \left[-\frac{\Delta G^\circ_{298k}}{RT} \right] = \left[-\frac{-149}{0,008314 \times 298} \right] = 60,14$$

$$\ln \frac{K_{423k}}{K_{298k}} = \left[-\frac{\Delta H^\circ_{298k}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_{423}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\ln K_{423k} - \ln K_{298k} = \left[\frac{-174,96}{0,008314} \right] \left[\frac{1}{423} - \frac{1}{298} \right] = 20,87$$

$$\ln K_{423k} - 60,14 = 20,87$$

$$\ln K_{423k} = 20,87 + 60,14$$

$$\ln K_{423k} = 81,01$$

$$K_{423k} = \ln 81,01$$

$$K_{423k} = 1,5212 \times 10^{35}$$

Karena nilai K sangat besar maka dapat disimpulkan reaksi berjalan.

Reaksi 2 (Samping) :



$$\Delta H^{\circ}_f = (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Produk}) - (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H^{\circ}_f = (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Carbondioxide} + \Delta H^{\circ}_f \text{ Air}) - (n. \Delta H^{\circ}_f \text{ Etilen} + \Delta H^{\circ}_f \text{ Oksigen})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f &= ((2 \times -393,5) + (2 \times -241,8)) - (52,3 + 0) \\ &= ((-787 + (-483,6)) - (52,3)) \\ &= (-1270,6) - (52,3) \\ &= -1322,9 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapat bahwa harga ΔH°_f pada Reaksi 2 (samping) bernilai negatif, sehingga dapat diketahui bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi yang dapat menghasilkan panas (eksotermis), dengan nilai yang cukup tinggi yaitu -1322,9 KJ/mol yang dapat diartikan bahwa reaksi menghasilkan panas yang cukup besar.

ΔG° (Energi Gibbs):

$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ} \text{ Produk} - \Delta G^{\circ} \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ} = (\Delta G^{\circ}_f \text{ Carbondioxide} + \Delta G^{\circ}_f \text{ Air}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{ Etilen} + \Delta G^{\circ}_f \text{ Oksigen})$$

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ} &= ((2 \times -243) + (2 \times -228,6)) - (68,12 + 0) \\ &= ((-486 + (-457,2)) - (-382,54)) \end{aligned}$$

$$= (-943,2) - (68,12)$$

$$= -1011,32 \text{ KJ/mol}$$

Perhitungan harga Konstanta Kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

$$K = e^{-\Delta G/RT}$$

$$\Delta G^\circ_{(298k)} = - R \cdot T \cdot \ln K_{298k}$$

$$\ln K_{298k} = \left[-\frac{\Delta G^\circ_{298k}}{RT} \right] = \left[-\frac{-1011,32}{0,008314 \times 298} \right] = 408,19$$

$$\ln \frac{K_{423k}}{K_{298k}} = \left[-\frac{\Delta H^\circ_{298k}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_{423}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\ln K_{423k} - \ln K_{298k} = \left[\frac{-1322,9}{0,008314} \right] \left[\frac{1}{423} - \frac{1}{298} \right] = 157,79$$

$$\ln K_{423k} - 408,19 = 157,79$$

$$\ln K_{423k} = 157,79 + 408,19$$

$$\ln K_{423k} = 565,98$$

$$K_{423k} = \ln 565,98 \quad K_{423k} = 6,3 \times 10^{245}$$

Karena nilai K sangat besar maka dapat disimpulkan reaksi dari perhitungan diatas harga $K > 1$ sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan, diasumsikan bahwa reaksi bersifat *irreversible*.

1.6.4 Tinjauan Kinetika

Pada pembentukan reaksi vinil asetat dari asam asetat, etilena dan Oksigen dengan katalis Palladium adalah reaksi heterogen pada fase gas (pereaktan) dan fase padat (katalis). Dalam persamaan kecepatan reaksi pembentukan vinil asetat dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan Reaksi 1 (Utama)} = r_{VA} = k_1 \cdot P_{Et}^\alpha \cdot P_{Ox}^\beta$$

$$\text{Kecepatan Reaksi 2 (Samping)} = r_{CO} = k_2 \cdot P_{Et}^\alpha \cdot P_{Ox}^\beta$$

Keterangan :

P_{Et} = Tekanan Parsial dari Etilena

P_{Ox} = Tekanan Parsial dari Oksigen

Nilai k_1 dapat dihitung dengan rumus dengan rumus sebagai berikut:

$$k_1 = A_1 \cdot \exp(-E_1/RT)$$

Pada reaksi 2 (samping) nilai k_2 dihitung dengan rumus seperti diatas.

Nilai dari energi aktivasi A, E, α , β dapat dilihat pada dibawah ini :

Tabel 1.6 Data energi aktivasi

Reaksi	α	B	A(molVA/liter-cat/s)	E
Utama	0,36	0,20	$2,65 \times 10^{-4}$	15
Samping	-0,31	0,82	$2,25 \times 10^{-4}$	21

(Alexandre C. Dimian and Costin Sorin Bildea, 2008)

Reaksi 1 (Utama)

$$k_1 = A_1 \cdot \exp(-E_1/RT)$$

$$k_1 = \ln(0,000265)(-15/0,008314 \times T_{Operasi})$$

$$k_1 = -8,235 (-15/3,517)$$

$$k_1 = -8,235 (-4,265)$$

$$k_1 = 35.122$$

Dari perhitungan diatas nilai k_1 untuk reaksi 1 (Utama) yang didapat

35.122

Reaksi 2 (Samping)

$$k_2 = A_2 \cdot \exp(-E_2/RT)$$

$$k_2 = \ln(0,000225)(-21/0,008314 \times T_{Operasi})$$

$$k_2 = -8,399 (-21/3,517)$$

$$k_2 = -8,399 (-5,971)$$

$$k_2 = 50.122$$

Dari perhitungan diatas nilai k_2 untuk reaksi 2 (Samping) yang didapat 50.122.

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Reaksi 1 (Utama)} = r_{VA} &= k_1 \cdot P_{Et}^\alpha \cdot P_{Ox}^\beta \\ &= r_{VA} = 35.122 \times (-251^{0,35}) \times (-552^{0,18}) \\ &= r_{VA} = 629.827 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kecepatan reaksi untuk reaksi 1 (Utama) untuk Vinil Asetat yang didapat 629.827

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Reaksi 2 (Samping)} = r_{VA} &= k_2 \cdot P_{Et}^\alpha \cdot P_{Ox}^\beta \\ &= r_{VA} = 50,122 \times (-251^{0,35}) \times (-552^{0,18}) \\ &= r_{VA} = 10.237.454 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kecepatan reaksi untuk reaksi 2 (Samping) untuk Karbondioksida yang didapat 10.237.454

(Alexandre C. Dimian and Costin Sorin Bildea, 2008)

1.7 Proses Pembuatan Vinil Asetat

Vinil Asetat Monomer (VAM) adalah cairan bening yang dapat larut secara perlahan dalam air, selain itu VAM merupakan cairan yang mudah terbakar. Pada jumlah yang sedikit memiliki bau manis seperti buah, namun pada level lebih tinggi memiliki bau yang menyengat dan dapat menyebabkan iritasi. Vinil asetat merupakan bahan kimia antara yang dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan polivinil asetat, vinil asetat kopolimer, polivinil alkohol, dan vinil klorida. Secara komersial Vinil Asetat dapat di produksi melalui tiga metode yaitu: Proses Dasar

Asetilen, Proses Dasar Etilen, Proses Dasar Asetaldehid dan Asetat Anhidrat.

1.7.1 Proses Dasar Asetilen

Reaksi yang terjadi adalah:



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

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 yiedls 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).

1.7.2 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

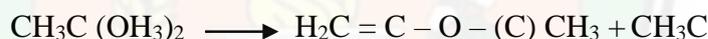
tidak diinginkan adalah pembakaran etilena sehingga membentuk CO₂. Penggunaan katalis Pd/Au diperoleh selektivitas sebesar 94% berdasarkan etilena dan 98-99% berdasarkan asam asetat. Reaksi fasa gas dijalankan dengan proses kontinyu dengan suhu operasi 150°C, tekanan 5–10 atm. Reaksi pada fasa gas ini lebih disukai karena yield yang lebih baik dan masalah korosi yang kecil (Alexandre C. Dimian and Costin Sorin Bildea, 2008). Secara keseluruhan, yield yang diperoleh sebesar 90% berdasarkan pada etilena dan 95% berdasarkan asam asetat.

1.7.3 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 FeCl₃ sebagai katalis.



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



Dari ketiga proses diatas, maka dapat dibandingkan dalam tabel berikut :

Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Vinil Asetat

Kondisi operasi	Proses dasar asetilen		Proses dasar etilen, asam asetat, dan Oksigen		proses dasar asetaldehid – Asam asetat anhidrit
	Fasa cair	Fasa gas	Fasa cair	Fasa gas	
Suhu operasi (°C)	180°C-210°C	70°C	120°C - 180°C	140°C - 160°C	120°C-140°C
Tekanan operasi (atm)	1-1,3 atm	1 atm	5 atm	8-10 atm	3 atm
Konversi produk (%)	60-70 %	60-70%	Kurang tinggi	93%	-

Selektivitas (%)	90 %	89%	-	94 %	-
Katalis	HgSO ₄	Zn-asetat	PdCl ₂ /CuCl ₂	Pd	FeCl ₃
Reaktor	<i>batch</i>	<i>Bed</i> (kontinyu)	<i>Fixed bed</i>	<i>Fixed bed mutitube</i>	-
Biaya	mahal	Mahal	murah		Mahal

Dari tabel perbandingan diatas, maka dipilih metode etilen karena selain karena selektivitas yang cukup tinggi, juga biaya cost yang dibutuhkan tidak terlalu besar dibanding dengan metode lainnya.

1.8 Uraian Proses Produksi

pada proses produksi Vinil Asetat dari Etilen, Asam Asetat, dan oksigen, dibagi menjadi 3 bagian , yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap pemurnian bahan baku

1.8.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan Vinil Asetat adalah Asam Asetat (CH₃COOH) dan Etilen (C₂H₄), dengan bahan baku tambahan yaitu Oksigen (O₂). Pada tahap awal dilakukan proses pengubahan fase pada Asam asetat dari fase cair menjadi asam asetat fase uap menggunakan vaporizer, setelah keluar dari vaporizer melalui pipa dan bercampur dengan aliran etilena dan oksigen, Pada pencampuran ini konsentrasi oksigen dikontrol dengan mengatur aliran oksigen tidak boleh melebihi 8% mol konsentrasi oksigen untuk menghindari resiko terjadinya ledakan, kemudian ketiga bahan baku tersebut dipanaskan dengan heater sampai suhu 150°C untuk menyesuaikan kondisi dalam reaktor.

1.8.2 Tahap Reaksi

Pada tahap reaksi pembentukan vinil asetat dilakukan dengan fase gas. Proses reaksi pencampuran bahan baku terjadi didalam reaktor dengan bantuan katalis. Reaktor yang digunakan adalah fixed bed multitube. Reaktor beroperasi pada suhu 150°C dengan tekanan 10 atm dan katalis yang digunakan adalah palladium. Produk yang keluar dari reaktor adalah asam asetat, etilena, oksigen, air, vinil asetat, dan karbondoksida.

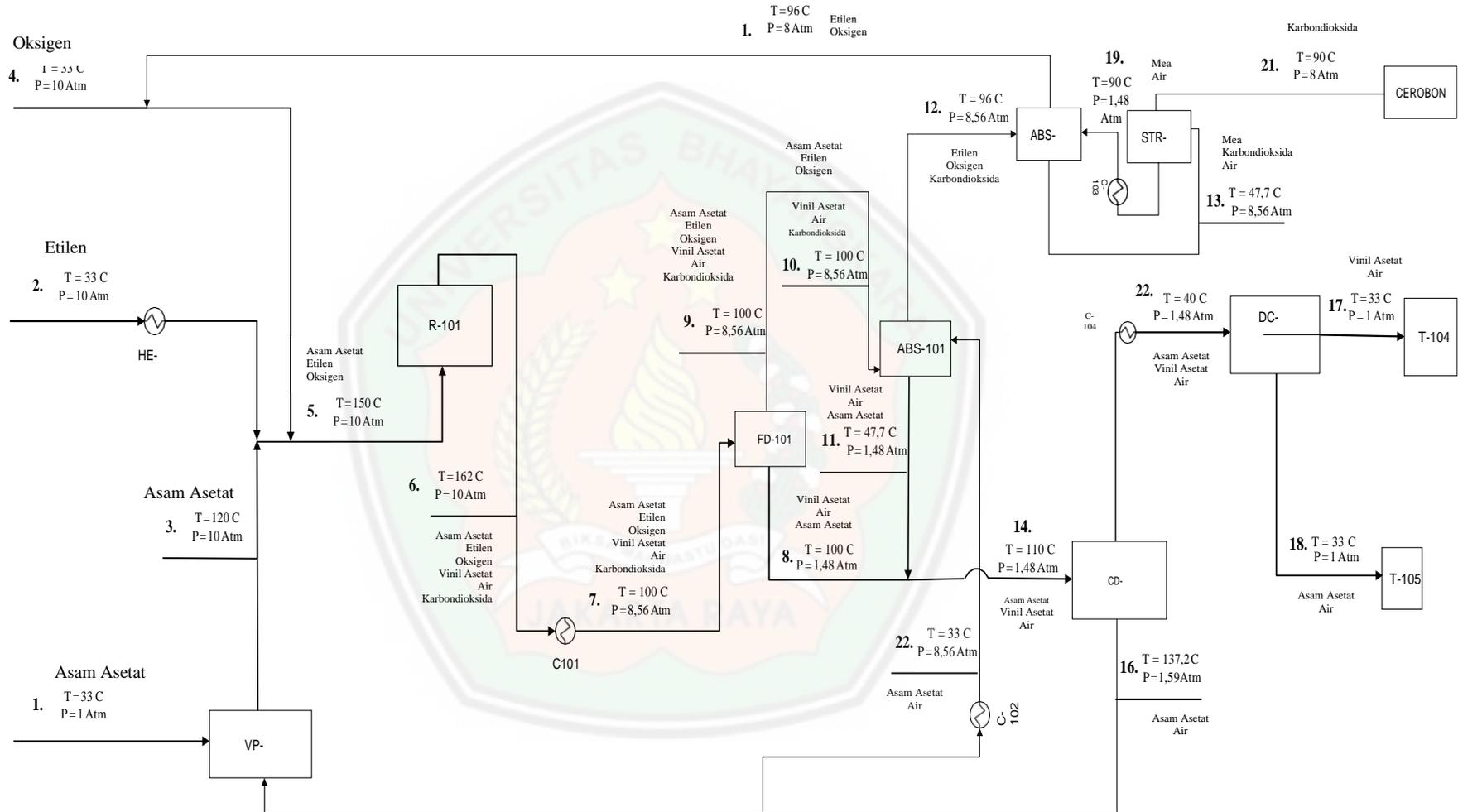
1.8.3 Tahap Pemisahan Produk

Pada tahap pemisahan, produk yang keluar dari reaktor didinginkan menggunakan cooler sampai suhu 100°C. Setelah itu, produk diumpakan ke dalam separator untuk memisahkan vinil asetat mentah, air dan asam asetat dari gas etilen, sedikit vinil asetat yang tidak terkondensasi, oksigen, dan karbondioksida. Gas yang dipisahkan oleh flask drum kemudian diumpakan kedalam absorber. Vinil asetat yang tidak terkondensasi diserap dengan asam asetat yang diumpakan dari atas absorber. Campuran asam asetat dan vinil asetat keluar melalui bagian bawah absorber dan bercampur dengan aliran vinil asetat mentah dari flask drum. Aliran gas etilen, oksigen dan karbondioksida keluar melalui bagian atas absorber untuk dilakukan pelucutan pada karbondioksida dari mea, kemudian etilen dan oksigen dialirkan kembali kedalam aliran gas etilena dan oksigen.

1.8.4 Tahap Pemurnian Produk

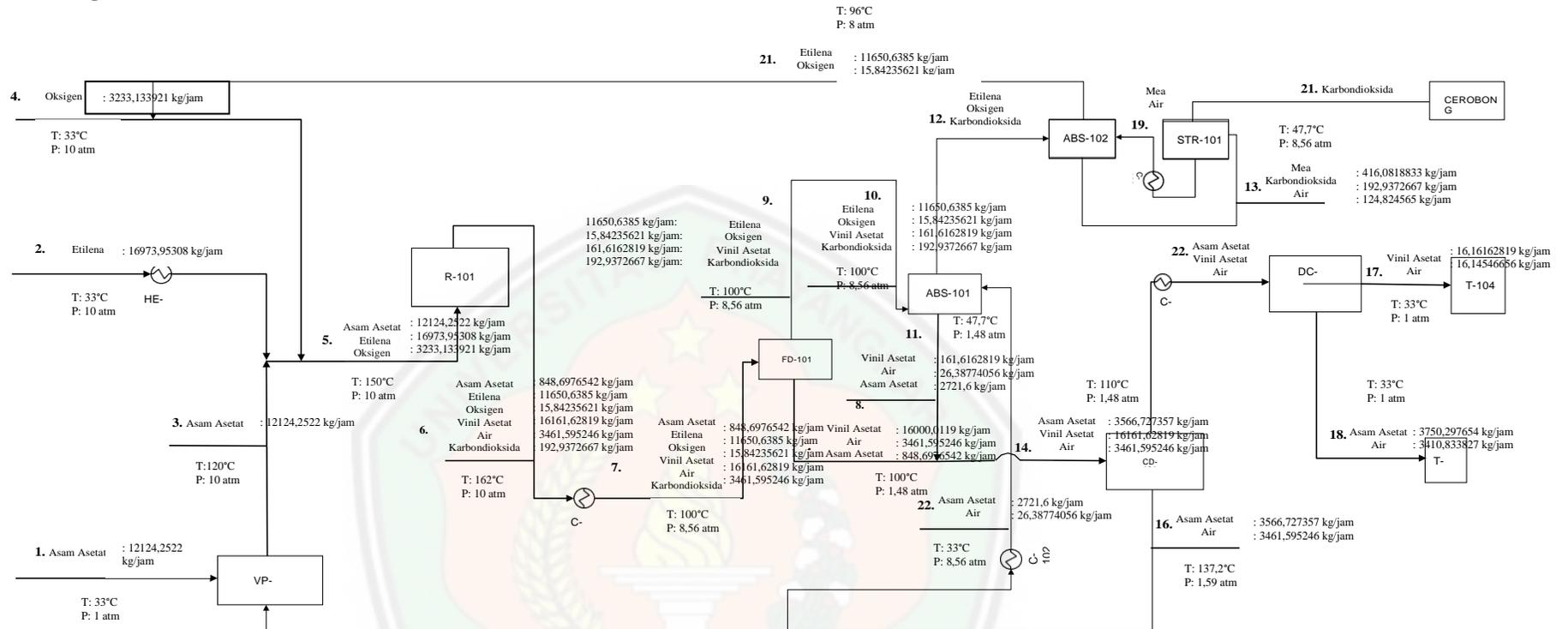
Pada proses pemurnian aliran vinil asetat mentah intermediate diumpakan kedalam kolom destilasi campuran vinil asetat dan air keluar melalui bagian atas kolom destilasi, dan asam asetat yang tidak bereaksi keluar melalui bagian bawah kolom destilasi. Vinil asetat dan air didinginkan menggunakan kondensor dan diumpakan ke dalam dekanter untuk memisahkan vinil asetat dan air yang masing-masing akan dialirkan kedalam tangki penyimpanan.

1.9 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 1.2 Diagram alir kualitatif

1.10 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 1.3 Diagram Alir Kuantitatif

1.11 Spesifikasi Bahan Baku

1.11.1 Etilen (C₂H₄)

Etilen merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh dengan rumus kimia CH₂ = CH₂. Dengan adanya ikatan rangkap ini, molekul etilen menjadi aktif, dapat mengalami adisi, polimerisasi maupun oksidasi untuk berubah menjadi senyawa lain dan turunannya. Pada umumnya etilen digunakan sebagai bahan polimer, fiber, resin, anti *freeze* dan surfaktan. Etilen dalam temperature kamar berbentuk gas, tidak berwarna, berbau harum, dan larut dalam etil alkohol, eter, aseton maupun benzene.

Sifat Fisika :

1. Rumus Molekul : C₂H₄
2. Wujud : Gas
3. Berat Molekul : 28,054 Kg/Kgmol
4. Densitas cairan : 20,27 mol/L
5. Densitas gas : 7,635 mol/L
6. Titik Didih (1 atm) : -103,71°C
7. Titik beku (1 atm) : -169,15°C
8. Tekanan Kritis : 5040,8 kPa
9. Suhu Kritis : 9,194°C
10. Viskositas Cairan : 0,1611 cP

Data termodinamika :

1. ΔH_f° (pada 25 °C) : 52,5 kJ/mol
2. ΔG_f° (pada 25 °C) : 68,26 kJ/mol
3. Entropi Pembentukan Standar : 219,28 J/mol.K
4. Standar Kapasitas Panas : 42,86 J/mol.K

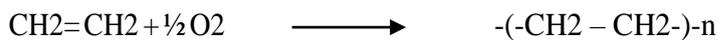
(Kirk-Othmer, 1998)

Sifat Kimia :

1. Polimerisasi

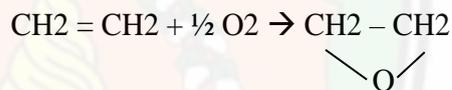
Etilen dapat dipolimerisasi dengan cara memutuskan ikatan rangkapnya dan bergabung dengan molekul etilen yang lain membentuk molekul yang lebih besar (polimer) pada tekanan dan temperatur tertentu dan dapat pula menggunakan katalis. Molekul yang terbentuk terdiri dari 1000 sampai 6 juta atau lebih molekul etilen. Untuk memproduksi polyetilen digunakan etilen dengan tingkat kemurnian tinggi.

Reaksi :



2. Oksidasi

Etilen dapat dioksidasi menghasilkan senyawa-senyawa etilen oksida atau etilen glikol yang banyak digunakan sebagai anti *freeze*. Etilen fase uap dioksidasi dengan udara atau oksigen dengan katalisator perak oksida pada suhu 200-300°C dan tekanan 1-3 MPa. Reaksi yang terjadi :



Etilen dapat juga dioksidasi menghasilkan vinil asetat dengan katalis palladium, alumina atau alumina silica pada temperatur 175-200°C dan tekanan 0,4-1 MPa, dengan reaksi :



3. Hidrohalogenasi

Etil klorida terbentuk dari reaksi antara etilen dengan HCl menggunakan katalis AlCl₃ atau FeCl₃ pada tekanan 300-500 kPa dengan temperatur 30-90°C untuk fase cair dan 130-250°C untuk fase gas,

4. Hidrogenasi

Etilen dapat dihidrogenasi secara langsung dengan katalis nikel pada temperatur 300°C. Reaksi yang terjadi :

$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2$ Atau dapat dihidrogenasi secara langsung dengan menggunakan katalis platina atau palladium pada suhu kamar.

(Kirk & Othmer, vol. 9, 1994)

1.11.2 Asam Asetat (CH_3COOH)

Asam asetat merupakan cairan tidak berwarna dengan bau yang sangat menyengat. Mudah larut dalam air maupun pelarut organik lainnya,

(Celanese China)

Sifat fisik :

11. Rumus molekul : CH_3COOH
12. Berat molekul : 60,05 gr/mol
13. Titik didih : $111,1^\circ\text{C}$
14. Wujud : Cair
15. Titik leleh : $16,7^\circ\text{C}$
16. Kemurnian : 99,85 %
17. Impuritas : H_2O (0,15 %)
18. Kelarutan : terlarut sempurna dalam air

Data Termodinamika :

1. ΔH_f° (pada 25°C) : -434,84 kJ/mol
2. ΔG_f° (pada 25°C) : -376,69 kJ/mol

Sifat kimia :

1. Esterifikasi

Hampir 93 % asam asetat digunakan untuk memproduksi ester asetat, reaksi esterifikasi atau olefin, baik dengan asam asetat dalam bentuk cair maupun gas. Dengan reaksi:



2. Dehidrasi

Reaksi dehidrasi sangat penting untuk sintesa selulosa asetat dengan

rayon Reaksi :



3. Klorinasi

Reaksi klorinasi merupakan reaksi antara asam asetat anhidrid dengan gas klor dengan menggunakan katalis asetil klorida pada titik didih campuran. Reaksi ini akan menghasilkan monoklor asam asetat sebagai hasil samping. Reaksi :



4. Adisi

Asam asetat ditambahkan dengan asetilen membentuk vinyl asetat

Reaksi :



(Othmer, 1992)

1.11.3 Oksigen

Sifat fisik :

19. Rumus molekul : O₂
20. Berat molekul : 32,0 gr/mol
21. Titik didih : -183,0°C
22. Wujud : Gas
23. Kemurnian : 100 %
24. Impuritas : -
25. Kelarutan : terlarut sempurna dalam air

(Air Liquide)

Sifat kimia :

Bereaksi hampir dengan semua zat, apabila reaksi melibatkan panas disebut reaksi pembakaran. Merupakan penyusun udara bersama nitrogen.

1.11.4 karbondioksida

Sifat fisik :

- 26. Rumus molekul : CO₂
- 27. Berat molekul : 44,01 gr/mol
- 28. Wujud : Gas
- 29. Titik didih : -56,6°C
- 30. Titik leleh : -78,5C

(Air Liquide)

Sifat Termodinamika :

- 1. ΔH_f° (pada 25 °C) : -393,5 kJ/mol
- 2. ΔG_f° (pada 25 °C) : -243 kJ/mol

Sifat kimia :

Stabil pada suhu normal, di dalam air akan membentuk asam karbonat (H₂CO₃). Bereaksi membentuk carbon monoksida (CO) pada suhu diatas 1700°C dengan reaksi :



Karbon dioksida bereaksi dengan ammonia pada stage pertama pada proses produksi urea menghasilkan ammonium karbonat dengan reaksi :



(Othmer, 1992)

1.12 Spesifikasi Produk

1.12.1 Vinil Asetat Monomer

Berupa cairan tidak berwarna dengan bau yang khas. Sifat fisik :

- 31. Rumus molekul : C₂H₃O₄
- 32. Berat molekul : 86,09 gr/mol
- 33. Titik didih : 72,3°C
- 34. Titik leleh : < -60°C

35. Kemurnian : 99,9 %
 36. Impuritas : H₂O (0,1%)
 37. Kelarutan : terlarut dalam asam asetat, dan sedikit air
 (“Perry’s chemical engineers’ handbook,” 2008)

Sifat Termodinamika :

1. ΔH_f° (pada 25 °C) : -315,7 kJ/mol
 2. ΔG_f° (pada 25 °C) : -228,97 kJ/mol

Sifat kimia :

1. Polimerisasi

Merupakan reaksi terpenting pada vinyl asetat sebagai monomer, salah satunya adalah pembentukan *polyvinyl* asetat. Reaksi :



2. Hidrolisa

Vinil asetat terhidrolisa dengan katalis asam atau basamembentuk *vinyl alcohol* tidak stabil, kemudian membentuk asetaldehid. Reaksi :



3. Halogenasi

Penambahan chloride dan bromide pada vinyl asetat akan membentuk 1,2 dikloro etil asetat yang dapat didistilasi tanpa terdekomposisi dalam kondisi vakum.

4. Hidrogenasi

Asam asetat dan ethylidene diasetat akan terbentuk jika hydrogen ditambahkan pada vinyl asetat pada suhu 82°C dengan adanya 10% platinum, sedangkan pada 53°C dengan 5% platinum akan menghasilkan etil asetat

5. Hidroalkilasi katalitik

Hydrogen peroksida akan bereaksi dengan vinil asetat pada 0°C, dengan menggunakan katalis osmium tetra oksida menghasilkan glikoaldehid dengan yield 50%. Reaksi:



1.12.2 Air

Air tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa

Sifat fisik :

1. Rumus molekul : H₂O
2. Berat molekul : 18,015 gr/mol
3. Titik didih : 100°C
4. Titik leleh : 0°C
5. Tekanan Kritis (Bar) : 220,64
6. Suhu Kritis (K) : 401

(Alexandre C. Dimian and Costin Sorin Bildea, 2008)

Sifat Termodinamika :

38. ΔH_f° (pada 25 °C) : -241,8kJ/mol
39. ΔG_f° (pada 25 °C) : -228,6kJ/mol