BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidang industri merupakan bagian dari pendukung perekonomian dan pembangunan di setiap negara, untuk menciptakan perekonomian yang stabil maka dibutuhkan pengembangan di bidang industri yang kokoh dan berkelanjutan. Perkembangan industri terkait erat dengan meningkatnya kebutuhan bahan baku setiap tahunnya. Vinil asetat monomer (VAM) merupakan satu dari sekian banyak bahan baku yang dibutuhkan bidang industri saat ini, maka permintaan akan bahan baku VAM terhadap impor semakin meningkat pula.

VAM merupakan bahan baku industri kimia yang hingga saat ini masih belum dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri (Kemenperin, 2016), karena di Indonesia belum tersedia perusahaan yang memproduksi vinil asetat.

Penggunaan vinil asetat yang utama saat ini adalah sebagai bahan baku untuk membuat polimer, pelapis, eat, film, tekstil dan produk – produk akhir lainnya. Penggunaan vinil asetat yang paling banyak digunakan adalah untuk pembuatan polimer, seperti polyvinil asetat, polyvinil alkohol, polyvinil butyral, etilen vinil alkohol, vinil klorida-vinil asetat kopolimer, dan sebagainya. Berdasarkan data impor Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2009-2015, kebutuhan vinil asetat di Indonesia adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Kebutuhan Nasional Vinyl Asetat Monomer

Tahun	Kebutuhan Nasional (ton)
2009	37.194
2010	42.004
2011	40.518
2012	49.626
2013	49.236

Tahun	Kebutuhan Nasional (ton)
2014	45.375
2015	45.465

Sumber: BPS, 2016

Produksi vinil asetat hingga tahun 1970, dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan proses asetilen, proses asetaldehid dan proses etilen. Akan tetapi, setelah adanya penelitian dan pengembangan proses, dari ketiga proses tersebut, sekarang ini proses etilen lebih banyak digunakan karena efisiensi proses yang lebih baik

Pendirian pabrik vinil asetat di Indonesia akan mengurangi permintaan impor dan menghemat devisa Negara Indonesia dan diharapkan dapat memacu pertumbuhan industri yang menggunakan vinil asetat sebagai salah satu bahan baku utama, serta dapat meningkatkan pengembangan sumber daya manusia.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Etilena

Etilen adalah senyawa yang paling sederhana dari senyawa organik termasuk dalam golongan alkena yang mengandung ikatan ganda karbon-karbon, serta merupakan bahan baku utama untuk industri petrokimia. Etilen kebanyakan tersedia dalam kemurnian yang tinggi dan harga yang murah.

Berikut ini merupakan sifat fisika dan kimia dari etilena:

a. Sifat fisika:

Pemerian : Gas jernih tidak berwarna

• Berat Molekul : 28,05

• Titik Didih Normal : 162,42 ⁰K

• Titik Lebur : 104 ⁰K

• Temperatur Kritik : 282,34 ⁰K

• Tekanan Kritik : 50,41 Bar

• Volume Kritik : 131,1 cm³/mol

• Densitas cair : $577 \text{ kg/m}^3 (-110^{\circ}\text{C})$

• Panas Penguapan :13,553 kJ/mol

• Konsentrasi : 99,9%

b. Sifat kimia:

 Polimerisasi Etilen dapat dipolimerisasikan dengan cara memutuskan ikatan rangkapnya dan bergabung dengan molekul etilen yang membentuk molekul yang lebih besar pada tekanan dan suhu tertentu

$$n (CH_2=CH_2) \rightarrow (-CH_2-CH_2-)n$$

• Oksidasi Etilen dapat dioksidasi sehingga akan menghasilkan senyawasenyawa etilen oksida, etilendioksida, etilen glikol.

$$CH_2 = CH_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow C_2H_4O$$

Etilen dapat juga dioksidasi oleh asam asetat dan oksigen menghasilkan vinil asetat dengan katalis paladium, alumina-silika pada temperatur 175 -200°C dan tekanan 0,4-1 Mpa.

$$CH_2=CH_2+CH_3COOH+\frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2C=CHOCOCH_3+H_2O$$

• Alkilasi Etilen dapat dialkilasi dengan katalis tertentu, misalnya alkilasi fiedel-craft, mereaksikan etilen dengan benzena untuk menghasilkan produk etilbenzen dengan katalis AlCl₃ pada suhu 400°C.

$$CH_2=CH_2+C_6H_6 \rightarrow C_6H_5C_2H_5$$

 Klorinasi Etilen dapat diklorinasi oleh klorin menjadi dikloro etan dan dengan klorinasi lanjutan akan terbentuk trikloroetan.

$$CH_2=CH_2+Cl_2 \rightarrow ClCH_2CH_2Cl$$

atau

$$ClCH_2CH_2Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2ClCHCl_2 + HCl$$

• Oligomerisasi Etilen dapat dioligomerisasi, misalnya menjadi Linear Alfa Olefini (LAO), C₁₀-C₁₄ dengan rantai lurus dan alifatik

alkohol. Reaksi dijalankan pada suhu 80-120°C dengan tekanan 20 Mpa.

$$Al(C_2H_5)_3 + n C_2H_4 \rightarrow AlR_1R_2R_3$$

 Hidrogenasi Etilen dapat dihidrogenisasi secara langsung dengan katalis nikel pada suhu 300°C.

$$C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6$$

Atau direaksikan dengan katalis platina atau paladium pada suhu kamar.

• Adisi Etilen klorohidrin terbentuk melalui reaksi adisi antara etilen dengan asam hipoklorit pada suhu 20 - 30°C dan tekanan 2,5 atm.

$$HOCl + C_2H_4 \rightarrow CH_2OHCH_2Cl$$

(Aspendix.2016f, Aspendix.2016g dan Aspendix.2016h)

1.2.2 Asam Asetat

Asam asetat adalah asam lemah yang lebih dikenal karena menjadi asam yang utama dalam asam cuka, dengan rumus struktur CH₃COOH disebut juga dengan nama asam etanoat merupakan bahan kimia organik, yang memiliki rasa asam dan baunya yang menyengat. Berikut merupakan sifat fisika dan kimia asam asetat :

a. Sifat fisika:

• Pemerian : Cairan jernih tidak berwarna

• Berat Molekul : 60,05

• Titik Didih Normal : 391,04 ⁰K

• Titik Lebur : 289,93 ⁰K

• Temperatur Kritik : 594,45 ⁰K

• Tekanan Kritik : 57,90 Bar

• Volume Kritik : 171,0 Bar

• Densitas : $1049.2 (20) \text{ kg/m}^3(^{\circ}\text{C})$

• Panas Penguapan : 23,7 kJ/mol

• Konsentrasi : 99,5 %

b. Sifat kimia:

• Dengan alkohol terjadi reaksi esterifikasi

$$2CH_3$$
-OH + CH_3COOH CH_3COOCH_3 + H_2O

• Pembentukan garam keasaman

$$2CH_3COOH + Zn (CH_3COO)2Zn_2 + H^+$$

Konversi ke ester

Konversi ke klorida-klorida asam

$$CH_3COOH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3COCl + H_3PO_3$$

• Substitusi dari alkil/aril group

Pembentukan ester

1.2.3. Oksigen

Oksigen memainkan peran dalam hasil reaksi samping setelah pembentukan Vinil Asetat Monomer.

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia oksigen:

a. Sifat Fisika:

Pemerian : Gas tidak berwarna

• Berat Molekul : 60,05

Titik Didih Normal : 391,04 °K
 Titik Lebur : 289,93 °K
 Temperatur Kritik : 594,45 °K
 Tekanan Kritik : 57,90 Bar

• Volume Kritik : 171,0 Bar

• Densitas : $1049,2 (20) \text{ kg/m}^3(^{\circ}\text{C})$

• Panas Penguapan : 23,7 kJ/mol

• Konsentrasi : 99,0 %

b. Sifat kimia:

• Reaksi pengikatan dengan ion Hidrogen

$$H^{+}_{(g)} + 0.5O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$$

• Perkaratan logam, seperti besi

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

• Pembakaran gas alam

$$(CH_4)CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

Oksidasi glukosa dalam tubuh

$$C_6H_{12}O_{6(1)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(1)}$$

(Aspendix 2016i)

1.2.4 Vinil Asetat Monomer

Vinil Asetat Monomer (VAM) adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH₃COOCH=CH₂ dan merupakan monomer dari polivinil asetat. Nama sistematis dari senyawa ini adalah 1-asetoksietilena atau etenil asetat. (Aspendix, 2016d)

Berikut ini merupakan sifat fisika dan kimia vinil asetat :

a. Sifat fisika:

• Pemerian : Cairan jernih tidak berwarna

• Berat Molekul : 86,09

• Titik Didih Normal : 345,95 ⁰K

• Titik Lebur : 180,35 ⁰K

• Temperatur Kritik : 519,15 ⁰K

• Tekanan Kritik : 40,3 Bar

• Volume Kritik : 270 cm³/mol

• Densitas cair : $934 \text{ kg/m}^3 (20^{\circ}\text{C})$

• Konsentrasi : 99,9%

b. Sifat kimia salah satu pembentukan:

• Dapat bereaksi dengan H₂O₂ (inisiator) membentuk polymer

$$CH_3COOC_2H_3$$
 Inisiator $CH_3COOC_2H_3$ $PVAc$

- Dapat bereaksi dengan NaOH membentuk etanol
 CH₃COOC₂H₃ + NaOH → C₂H₅OH + CH₃COONa
- Mudah menguap, tidak beracun, dapat larut dalam air dan tidak higroskopis

(Aspendix 2016a, Aspendix 2016b dan Aspendix 2016c)

1.2.5 Pemilihan Proses

Tiga cara untuk memproduksi vinil asetat yang dilakukan pada saat ini adalah sebagai berikut:

a. Asam Asetat dan Asetilena

Proses ini didasarkan atas reaksi:

HC=CH + CH₃COOH
$$\longrightarrow$$
 H₂C=CH-O-(CO)CH₃
dengan $\triangle H$ = -118 kJ/mol

Kondisi operasi pada fasa gas dimana suhu yang digunakan adalah 170 - 250 °C pada tekanan 115-122 kPa dengan perbandingan asetilen : asam asetat = 4:1 dan katalis Zn(OAc) yang diendapkan dalam karbon aktif. Konversi asetilena adalah 60-70 % dengan yield asetilena 93 % dan asam asetat 99 %. Tingginya harga asetilena dan masalah keamanan membuat proses ini kurang efektif dan kurang efesien pada saat ini. (Krik Othmer, 1983)

b. Asetaldehid dan Asetat anhidrat

Proses ini berlangsung dalam dua tahap. Pertama asetaldehid dan asetat anhidrat membentuk etilidena diasetat dalam fasa cair pada suhu 120-140°C dengan FeCl₃ sebagai katalis:

$$CH_3CHO + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CH_3CH(OCOCH_3)_2$$

Pada tahap kedua, produk antara didekomposisi pada 120 °C dengan katalis asam:

CH₃CH(OCOCH₃)₂ → H2C=CH-O-(CO)CH₃ + CH₃COOH Sebagai catatan bahwa kesempurnaan proses ini bergantung pada pembaharuan bahan baku. (Krik Othmer, 1983)

c. Asam Asetat, Etilena, dan Oksigen

Cara ini menurut Krik Othmer (Krik Othmer, 1983) merupakan cara yang efektif dan efesien dalam pembuatan vinil asetat pada saat ini. Pada teknologi sebelumnya, reaksi dilakukan dalam fasa cair pada suhu 110-130 °C dan tekanan 30-40 bar dengan menggunakan katalis redoks PdCl₂ atau CuCl₂, tetapi tingginya korosi menjadi masalah, maka proses di sini dijalankan dalam fasa gas namun menghasilkan reaksi samping yang cukup tinggi dan tidak diinginkan yaitu pada pembakaran etilena yang menghasilkan CO₂ sehingga dibutuhkan katalis Pd. Dengan katalis Pd selektivitas dapat diperoleh konversi pembentukan 90 - 95% VAM. Proses ini didasarkan atas reaksi:

$$C_2H_4 + CH_3COOH + 0.5 O_2 \longrightarrow C_2H_3OOCCH_3 + H_2O$$

Dengan hasil samping:

$$C_2H_4 + 3 O_2 \longrightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$$

Reaksi fasa gas lebih efesien karena yield yang lebih baik dan masalah korosi yang sedikit (Dimian dan Bildea, 2008). Penggunaan etilena sebagai pengganti asetilena untuk memproduksi vinil asetat monomer memberikan pengurangan 20 % dalam biaya bahan baku (Erbil, 2000). Karena beberapa alasan tersebut maka proses Asam asetat, etilen dan oksigen inilah yang dipilih dalam perancangan pabrik VAM ini.

1.3 Kegunaan Produk

VAM merupakan senyawa kimia yang digunakan dalam pembuatan berbagai macam produk-produk industri, beberapa Vinil Asetat Monomer dapat dibentuk menjadi polimer yang memiliki fungsinya masing-masing, contohnya:

- Polivinil asetat digunakan untuk memproduksi cat, bahan perekat, dan lapisan untuk bahan lunak
- Polivinil alkohol digunakan untuk memproduksi bahan perekat
- Polivinil asetat digunakan untuk memproduksi isolasi untuk kawat magnet
- Etilena vinil asetat kopolimer digunakan untuk memproduksi bahan perekat, pelapis, dan isolasi, dll.

VAM merupakan bahan baku utama untuk pembuatan polivinil asetat (PVAc) dan polivinil alkohol (PVOH atau PVA). Hampir 80 persen dari total keseluruhan VAM yang diproduksi diseluruh dunia digunakan untuk membuat kedua bahan kimia tersebut. VAM juga digunakan untuk membuat polivinil butirat (PVB), etilena-vinil asetat (EVA) kopolimer, dan resin etilena vinil alkohol (EVOH) (Aspendix, 2016e).

Secara umum penggunaan vinil asetat adalah polivinil asetat (termasuk polivinil alkohol (PVA), 27 %), 82 %; Etilena Vinil Asetat (EVA), 8 %; Etilena Vinil Alkohol, 6 %; Vinil Klorida/Vinil Asetat Kopolimer, 1% dan campuran, 3% (Aspendix, 2016f).

1.4 Kapasitas Prarancangan

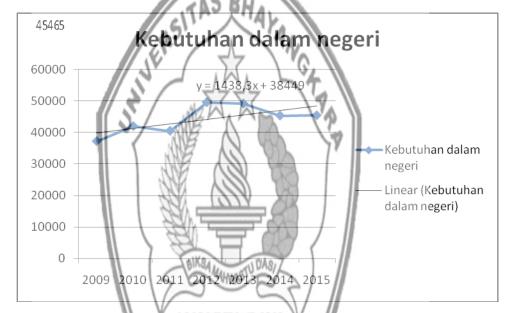
Hasil perhitungan kapasitas pada proses pembuatan vinil asetat dengan kapasitas produksi 55.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 1.2 Kebutuhan Nasional Vinil Asetat

Tahun	Kebutuhan Nasional (ton)
2009	37.194
2010	42.004

Tahun	Kebutuhan Nasional (ton)
2011	40.518
2012	49.626
2013	49.236
2014	45.375
2015	45.465

(BPS, 2016)



Grafik 1.1 Least Square Kebutuhan dalam negeri

Diperoleh regresi linear:

$$y = 1438,3x + 38449$$

Oleh karena itu prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2020 adalah 55.708 ton dan dapat dibulatkan menjadi 55.000 ton. Berdasarkan data BPS 2015, sampai saat ini belum ada perusahaan dalam negeri yang memproduksi vinil asetat dan hanya mengandalkan impor.

1.5 Pemilihan lokasi

Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Peters, 2004)

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

a. Bahan baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar. Bahan baku pabrik yaitu etilen (C₂H₄) disuplai dari PT. Chandra Asri Petrochemical berlokasi di Cilegon yang memiliki kapasitas produksi sebesar 850.000 ton per tahun (kemenperin, 2016) meningkat 43% pada tahun 2016 dari sebelumnya 600.000 ton per tahun dan asam asetat didapat dari PT Acidatama dengan kapasitas 32.000 ton per tahun (kemenperin, 2016) yang berlokasi di jl. Raya Solo Sragen, Jawa Tengah. Sedangkan, katalis Paladium didapat dari Health Chemical Co. Ltd. (Ex. China).

b. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat laut, maupun udara. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini merupakan kawasan industri yang telah memiliki sarana transportasi yang lengkap. Transportasi darat dilakukan melalui jalan tol dan dapat juga dengan menggunakan kereta api barang. Transportasi laut dapat dilaksanakan melalui Pelabuhan Ciwandan dan Pelabuhan Bojonegara. Transportasi udara dapat dilaksanakan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta dan Bandara di Tangerang.

c. Pemasaran

Kebutuhan akan vinil asetat terus menunjukan peningkatan dari tahun ke tahun, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan produk-produk yang menggunakan vinil asetat sebagai bahan bakunya, khususnya kebutuhan dalam negeri. Lokasi pendirian pabrik dekat dengan pelabuhan Ciwandan sehingga produk dapat dipasarkan ke berbagai pulau di Indonesia. Selain itu, vinil asetat ini dapat dijual ke perusahaan domestik yang membutuhkannya seperti pabrik-pabrik pembuatan polivinil asetat, pabrik pembuatan cat dan pabrik lainnya yang menggunakan vinil asetat sebagai bahan bakunya.

d. Kebutuhan air

Air yang dibutuhkan dalam proses diperoleh dari air tanahyang ada di sekitar pabrik untuk proses, sarana utilitas dan kebutuhan domestik. Dan apabila tidak mencukupi dapat menggunakan air dari pabrik penyedia air PT. Krakatau Tirta indonesia yang letaknya dekat dengan lokasi pabrik vinil asetat.

e. Kebutuhan tenaga listrik dan bahan bakar

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Pembangkit listrik utama untuk pabrik adalah menggunakan generator *diesel* yang bahan bakarnya diperoleh dari PT Pertamina Banten. Selain itu, kebutuhan tenaga listrik juga dapat diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Banten.

f. Tenaga kerja

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Di daerah ini tersedia tenaga kerja terdidik maupun yang tidak terdidik serta tenaga kerja yang terlatih maupun tidak terlatih.

g. Biaya tanah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.

h. Kondisi iklim dan cuaca

Seperti daerah lain di Indonesia, maka iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil. Pada tengah tahun pertama mengalami musim kemarau dan tengah tahun berikutnya mengalami musim hujan. Walaupun demikian perbedaan suhu yang terjadi relatif kecil, sehingga tidak akan mempengaruhi proses.

i. Kemungkinan perluasan dan ekspansi

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan di sekeliling lahan tersebut belum banyak berdiri pabrik serta tidak mengganggu pemukiman penduduk.

j. Sosial masyarakat

Sikap masyarakat dapat mendukung pendirian pabrik pembuatan vinil asetat karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka Pabrik Pembuatan vinil asetat ini direncanakan berlokasi di daerah Kawasan Industri Panca Puri di Jln. Raya Anyer Desa Ciwandan, Kotamadya Cilegon, Propinsi Banten

1.6 Kinetika Reaksi

Reaksi Pembentukan Vinil Asetat Monomer (VAM) secara stokiometri dijabarkan sebagai berikut :

$$C_2H_4 + CH_3COOH + 0.5 O_2 \longrightarrow C_2H_3OOCCH_3 + H_2O$$

Dari reksi pembentukan Vinil Asetat monomer dapat dituliskan laju diferensial yaitu :

$$r_{VAM} = \frac{-d [C_2H_4]}{d[C_2H_3COOCH_3]} = \frac{-d [CH_3COOH]}{d[C_2H_3COOCH_3]} = \frac{-d [O_2]}{d[C_2H_3COOCH_3]}$$

$$= \frac{-d \left[C_2H_4\right] \left[CH_3COOH\right] \left[O_2\right]^{0.5}}{d\left[C_2H_3COOCH_3\right]}$$

$$-r_{VAM} = \frac{d \left[C_A\right] \left[C_B\right]}{dt}$$

$$- r_{VAM} = k [C_A] [C_B]$$

Maka orde reaksi pembentukan Vinil Asetat Monomer adalah reaksi orde dua. Dengan menggunakan data termodinamika energi bebas gibbs maka harga konstatnta kesetimbangan dapat dievaluasi sebagaimana ditunjukan dalam perhitungan berikut:

Tabel 1.3 Harga ΔG^0 masing-masing komponen

No	Komponen Δ	$G^{0}_{f^{298}}$ (KJ/mol)
1	Etilen	61,44
2	Asam Asetat	-379,00
3	Oksigen	0,00
4	VAM	-335,00

(Perry's Ed. 7th, 1997)

Total
$$\Delta G^0 = \sum \Delta G^0_{f(produk)} - \sum \Delta G^0_{f(reaktan)}$$

= -335,00 KJ/mol - (61,44 + (-379,00) + 0,00) KJ/mol
= -17,44 KJ/mol
= -17440 I/mol

Diperoleh nilai ΔG^0 negatif sehingga reaksi berjalan spontan. Reaksi pembentukan VAM merupakan reaksi *irreversible* dan eksoterm (Jurnal Contreras, J.P., 2008)

Harga ΔH^0_f masing-masing komponen pada temperatur 298 K adalah sebagai berikut

Tabel 1.4 Harga ΔH^0 masing-masing komponen

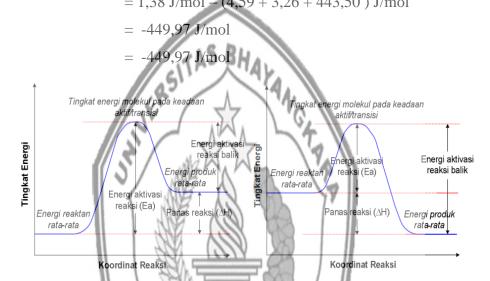
No	Komponen	ΔH ⁰ _{f298}	ΔH⁰ _{f298}
1	Etilen	28,547 cal/g	4,59 J/mol

Lanjutan tabel 1.4

2	Asam Asetat	46,68 cal/g	3,26 J/mol
3	Oksigen	106 cal/mol	443,50 J/mol
4	VAM	28 cal/g	1,38 J/mol

(Perry's Ed. 7th, 1997)

Total
$$\Delta H^0$$
 = $\Sigma \Delta H^0_{f(produk)}$ - $\Sigma \Delta H^0_{f(reaktan)}$
= 1,38 J/mol - (4,59 + 3,26 + 443,50) J/mol
= -449,97 J/mol



(Kasus reaksi endotermik)

(Kasus reaksi eksotermik)

Grafik 1.1 perbedaan antara reaksi endotermik dan eksotermik

Karena nilai *∆H*⁰ menunjukan nilai negatif sehingga reaksi merupakan reaksi eksotermik.

Untuk nilai k (konstanta laju reaksi) dapat ditentukan pada emperature operasi (T = 150°C = 423 K) dengan menggunakan rumus dari Hukum Arrhenius:

$$k = Ae^{-Ea/RT}$$

Dimana:

k = Konstanta laju reaksi

= Faktor frekuensi A

= Energi Aktivasi (J/mol) Ea

R = Tetapan gas ideal = 8.314 J/mol-K T = Temperatur(K)

Diketahui:

A = $5,13 \times 10^{-4}$

 $E_a = 176,1464 \text{ KJ/mol} = 176.146,4 \text{ J/mol}$

R = 8.314 J/mol-K

 $T = 150^{\circ}C = 423 \text{ K}$

(Contreras, J.P., 2008)

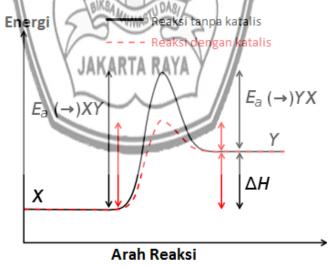
Maka:

$$k = Ae^{-\text{Ea/RT}}$$

= 5,13 x 10⁻⁴ $e^{-176.146,4 \text{ J/mol/} (8.314 \text{ J/mol-K} . 423 \text{ K})}$
= 2,90 x 10²³

Harga k pada kondisi 150^{0} C memberikan nilai positif, sehingga pembentukan produk dapat berjalan optimum.

Katalis diperlukan dalam reaksi pembentukan VAM karena nilai Energi Aktifasi (Ea) yang sangat besar (Jurnal Contretas J.P, 2008). Nilai Energi aktifasi yang sangat besar akan membutuhkan pengkondisian energi dalam reaktor yang besar pula sehingga diperlukan katalis untuk menurunkan energi aktifasi.



Grafik 1.2 Grafik pengaruh penambahan katalis