

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Vinil asetat (VAM) memiliki rumus kimia $\text{CH}_2=\text{CHOOCCH}_3$ merupakan cairan tidak berwarna dan mudah terbakar yang memiliki bau yang awalnya tidak terlalu menyengat namun dapat dengan cepat menjadi tajam dan dapat mengiritasi^[1]. Vinil asetat memiliki berat molekul 86,09 g/mol dan titik didih sebesar 117,87 °C pada 101,3 kPa^[2]. Vinil asetat yang dijual di pasaran memiliki kemurnian tinggi sebesar 99,89%^[3]. Vinil asetat dapat digunakan untuk pembuatan kopolimer polivinil asetat. Homo polivinil asetat dan kopolimer polivinil asetat ditemukan sebagai komponen dalam pelapis, cat dan sealant, serta pengikat. Ada tiga macam proses untuk memproduksi vinil asetat yaitu, penambahan asam asetat ke asetilena, penambahan asam asetat ke asetaldehida, dan proses yang terakhir reaksi etilena dengan asam asetat dan oksigen. Proses yang pertama dan kedua sudah tidak digunakan lagi di industri. Asetilena yang mahal sebagian besar telah digantikan oleh alternatif lain yang lebih murah, yaitu etilena^[4].

Vinil asetat dari asam asetat dan etilena dengan proses oksidasi diproduksi dengan cara asam asetat terlebih dahulu diuapkan dengan melewati aliran etilen melalui evaporator pada suhu 120°C. Setelah campuran asam asetat dan etilen dipanaskan, oksigen dicampur dengan aliran gas sebelum memasuki reaktor. Tipe reaktor yang digunakan adalah reaktor tipe tabung dengan katalis yang terletak di dalam tabung. Katalis yang digunakan adalah *Palladium Chloride*. Suhu reaktor sekitar 175 – 200°C dengan tekanan 70 – 140 psi (485 – 965 kPa). Produk *liquid* dipisahkan dengan distilasi azeotrope, produknya adalah vinil asetat, air, asam asetat sebagai impurities. Asam asetat dikembalikan ke reaktor. Konversi vinil asetat yang diperoleh dengan metode ini adalah 91 – 95%^[5].

Berdasarkan data statistik bahwa rata – rata laju pertumbuhan impor vinil asetat di Indonesia sebesar 3,37% per tahun. Negara pengimpor terbesar vinil asetat ke Indonesia yaitu China, Jerman, Korea Selatan dan Singapura^[6]. Melihat meningkatnya permintaan akan vinil asetat, maka peluang keberhasilan untuk mengembangkan produksi vinil asetat cukup besar. Dengan memproduksi vinil asetat di pasar dalam negeri, diharapkan dapat

memenuhi permintaan vinil asetat di Indonesia dan dapat mendorong pengembangan industri terkait penggunaan vinil asetat serta meningkatkan nilai ekspor ke luar negeri.

Berdasarkan faktor – faktor diatas maka pabrik vinil asetat sangat tepat untuk didirikan di Indonesia, karena di Indonesia masih belum memiliki pabrik vinil asetat. Produksi vinil asetat memiliki peran penting dalam perkembangan industri yaitu dapat digunakan bahan baku produk lain, sehingga ketersediaannya sangat dibutuhkan.

1.2. Sejarah Perkembangan Industri

Proses pertama pembuatan vinil asetat dengan menambahkan asam asetat dan asetilena yang dikembangkan di Munich, Jerman oleh Consortium f. Industri Elektrokimia. Kemudian dikembangkan lebih lanjut dan digunakan dalam skala industri oleh Wacker Chemie di Burghausen. Sampai tahun 1965, hampir semua vinil asetat diproduksi dengan proses fase gas asetilena^[4].

Pada tahun 1953 sampai 1970 *Celanese Corporation of America* mengembangkan proses vinil asetat dari asam asetat dan asetaldehida. Sedangkan di Meksiko pabrik dengan skala kecil (*CelMex*) tetap beroperasi hingga tahun 1991. Kemudian proses asam asetat dan asetaldehida digantikan dengan proses fase gas etilena^[4].

Saat ini 80% kapasitas vinil asetat dunia menggunakan proses fase gas etilena. Terdapat dua varian pengembangan proses fase gas etilana, yaitu yang pertama dikembangkan oleh *National Distillers Products*, Amerika Serikat dan secara mandiri dikembangkan oleh Bayer bekerja sama dengan Knapsack dan Hoechst, Jerman. Sebagian besar pabrik menggunakan proses yang dikembangkan oleh Bayer-Hoechst^[4].

1.3. Kegunaan Produk

Vinil asetat digunakan terutama untuk produksi polivinil asetat (PVAc). Berikut beberapa aplikasi penggunaan vinil asetat :

- Penggunaan perekat poli(vinil asetat) dalam pengepakan dan pengeleman kayu
- Cat dibuat dari poli(vinil asetat) dan kopolimernya membentuk film yang fleksibel dan tahan lama dengan daya rekat yang baik
- Emulsi dan resin poli(vinil asetat) digunakan sebagai pengikat dalam pelapis kertas dan karton
- Penggunaan kopolimer vinil asetat sebagai bahan pengikat kain non-tenun
- Poli(vinil) asetat pertama kali digunakan dalam beton pada tahun 1940-an sebagai polimer termoplastik untuk memperkuat matriks beton^[1].

1.4. Sifat Fisika, Kimia dan Termodinamika Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Bahan Baku Utama

A. Asam Asetat^[1]

Sifat fisika

- Rumus molekul : CH₃COOH
- Massa molekul : 60,06 g/mol
- Bau : tajam
- Bentuk : cairan
- Densitas : 1049,55 kg/m³ (20°C)
- Tekanan kritis : 4,53 MPa
- Temperatur kritis : 592,71 K
- Titik beku : 16,635°C
- Titik didih : 117,87 (101,3 kPa)
- Viskositas : 11,83 cp (20°C)
- Warna : tidak berwarna
- Komposisi : asam asetat 98% dengan impurities air 2%

Sifat kimia

- Asam asetat bereaksi dengan etilena dan oksigen dengan katalis palladium klorida membentuk vinil asetat



Sifat Termodinamika

- ΔH_v pada titik didih : 394,5 J/g
- Panas spesifik : 5,029 J/g.K (124°C)
- Entalpi pembentukan pada 25°C
 - a. Liquid : -484,50 kJ/mol
 - b. Gas : -432,25 kJ/mol
- Entropi pada 25°C
 - a. Liquid : 159,8 J/mol.K
 - b. Gas : 282,5 J/mol.K

B. Etilena^[1]

Sifat fisika

- Rumus molekul : C₂H₄

- Massa molekul : 28,0536 g/mol
- Bau : sedikit berbau manis
- Bentuk : gas
- Densitas : 20,27 mol/L
- Tekanan kritis : 5040,8 kPa
- Temperatur kritis : 9,194°C
- Titik beku : -169,15°C
- Titik didih : -103,71°C
- Viskositas : 0,161 cp
- Warna : tidak berwarna
- Komposisi : etilena 99,5% dengan impurities etana 0,2% dan metana 0,3%

Sifat kimia

- Etilena bereaksi dengan asam asetat dan oksigen menggunakan katalis palladium klorida membentuk vinil asetat



Sifat termodinamika

- Panas laten penguapan : 13,548 kJ/mol
- Panas spesifik : 67,4 J/mol.K

1.4.2. Bahan Baku Pembantu

A. Oksigen^[1]

Sifat Fisika

- Rumus molekul : O₂
- Massa molekul : 32 g/mol
- Bau : tidak berbau
- Bentuk : gas
- Densitas : 1,327 g/L (21°C)
- Tekanan kritis : 5,043 MPa
- Temperatur kritis : 154,581 K
- Titik didih : 90,188 K (101,3 kPa)
- Warna : tidak berwarna
- Komposisi : oksigen 21% dengan impurities nitrogen 79%

Sifat Kimia

- Oksigen mengoksidasi asam asetat dan etilena menjadi vinil asetat dan air



Sifat Termodinamika

- Kapasitas panas
 - a. Pada 25°C : 29,40 J/mol.K
 - b. Pada 26°C : 1,396 J/mol.K

B. Palladium Klorida^[7]

Sifat Fisika

- Rumus molekul : PdCl₂
- Massa molekul : 177,33 g/mol
- Bentuk : padat
- Densitas : 12,023 g/cm³ (25°C)
- Titik lebur : 500°C
- Warna : coklat

Sifat Kimia

- Digunakan sebagai katalis pada pembuatan vinil asetat dari Etilen, asam asetat dan oksigen.

**1.4.3. Produk Utama****A. Vinil Asetat^[1]**

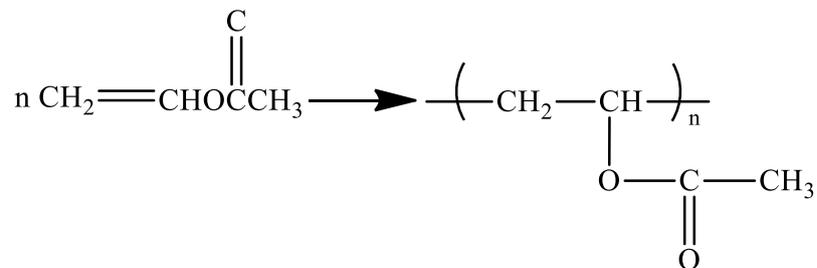
Sifat fisika

- Rumus molekul : CH₂=CHOOCCH₃
- Massa molekul : 86,09 g/mol
- Bau : tidak enak, berbau manis dalam jumlah kecil
- Bentuk : cairan
- Densitas : 0,934 g/cm³ (25°C)
- Tekanan kritis : 3950 kPa
- Temperatur kritis : 246°C
- Titik beku : -92,8°C
- Titik didih : 72,7°C (101,3 kPa)

- Viskositas : 0,43 cps (20°C)
- Warna : bening dan tidak berwarna
- Komposisi : vinil asetat 99,89% dengan impurities air 0,11%

Sifat kimia

- Reaksi kimia yang paling penting dari vinil asetat adalah polimerisasi radikal bebas. Reaksi polimerisasi monomer vinil asetat akan membentuk polivinil asetat (PVAc)



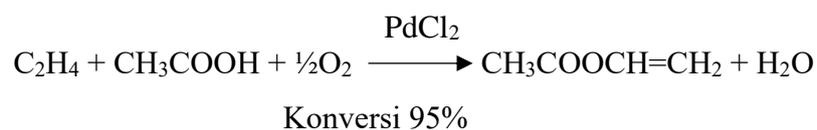
Sifat Termodinamika

- Panas pembakaran : -495 kcal/mol (25°C)
- Panas pembentukan : -349,4 kJ/mol (liquid pada 25°C)
- Panas penguapan : 87,6 cal/g (1 atm)
- Panas spesifik : 0,46 cal/g°C (liquid pada 25°C)

1.5. Analisis Pasar

1.5.1. Analisa Ekonomi

Pemasaran produk vinil asetat untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah terpenuhi maka dapat dipasarkan ke luar negeri (ekspor). Maka untuk mengetahui analisa pasar perlu mengetahui potensi produk terhadap pasar.



Tabel 1.1. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk^[3]

No	Bahan	Berat Molekul	Harga (\$/kg)
1.	C ₂ H ₄	28,05	1,7
2.	CH ₃ COOH	60,06	0,8
3.	O ₂	32	-
4.	CH ₃ COOCH=CH ₂	86,09	2,3

5.	H ₂ O	18,015	-
----	------------------	--------	---

Tabel 1.2. Analisa Kebutuhan dan Hasil Reaksi Pada Vinil Asetat

Reaksi	Komponen				
	C ₂ H ₄	CH ₃ COOH	½O ₂	CH ₃ COOCH=CH ₂	H ₂ O
1	-1	-1	-1/2	+0.95	+0.95
Total	-1	-1	-1/2	+0.95	+0.95

Economic Potential = produk – reaktan^[8]

$$\begin{aligned}
 &= \{0,95 \times 86,09 \times \$2,3\} - \{(-1 \times 28,05 \times \$1,7) + (-1 \times 60,06 \times \$0,8)\} \\
 &= 188,1067 + 95,733 \\
 &= \$ 283,8397 / \text{kmol CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2
 \end{aligned}$$

Kurs dollar per tanggal 5 Juli 2023 \$1 = Rp. 15,010.0-. Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa pabrik Vinil Asetat menguntungkan dan dapat didirikan pada tahun 2027.

1.5.2. Menentukan Kapasitas Produksi

Dalam mendirikan suatu pabrik diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi yang sesuai dengan permintaan. Jumlah ini dapat mengatasi permintaan kebutuhan vinil asetat dalam negeri dan juga kebutuhan dunia. Perkiraan kapasitas produksi dapat ditentukan menurut nilai konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan industri dalam kurun waktu berikutnya.

Direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2027. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dari tahun 2017 – 2022, sehingga perkiraan penggunaan vinil asetat pada tahun 2027 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M = P (1 + i)^n \text{ [8]}$$

Dimana :

M = jumlah impor pada tahun 2028 (ton/tahun)

P = jumlah impor pada tahun 2022

i = rata – rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = jangka waktu pabrik berdiri (2022 – 2027) = 5 tahun

Tabel 1.3. Data Impor Vinil Asetat di Indonesia Periode Tahun 2017 – 2022^[6]

No.	Tahun	Jumlah (kg)	Jumlah (ton)	Pertumbuhan
1	2017	41.813.478,00	41.813,478	-
2	2018	43.086.085,50	43.086,086	3,04%

3	2019	44.627.618,00	44.627,618	3,58%
4	2020	45.509.980,00	45.509,980	1,98%
5	2021	47.533.373,00	47.533,373	4,45%
6	2022	49.345.093,00	49.345,093	3,81%
Rata – rata				3,37%

Dari data kebutuhan vinil asetat di Indonesia, maka dapat diperkerikan kapasitas impor vinil asetat pada tahun 2028 adalah

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

$$M = 49.345,093 (1 + 0,0337)^5$$

$$M = 58.239,3545 \text{ ton/tahun}$$

Pada umumnya kegiatan ekspor dapat memperbesar kinerja dari suatu pabrik, dimana pada umumnya asumsi ekspor pendirian pabrik 40 – 60%. Oleh karena itu pendirian pabrik ini dapat diambil asumsi ekspor sebesar 40% dari kapasitas pabrik baru untuk menaikkan devisa negara, sehingga kebutuhan impor dapat diminimalisir, maka $M_{\text{ekspor}} = 0,4 M$

Dari hasil diatas dapat dihitung kapasitas vinil asetat pada tahun 2027 yang ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut

$$\text{Kapasitas pabrik baru (M)} = M_{\text{ekspor}} + M_{\text{impor}}$$

$$M = 0,4 M + 58.239,3545$$

$$0,6 M = 58.239,3545$$

$$M = 97.065,5908 \text{ ton/tahun}$$

$$M = 100.000 \text{ ton/tahun}$$

Dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku dan permintaan ekspor yang besar, maka dapat diambil untuk kapasitas produksi pada tahun 2027 adalah 100.000 ton/tahun.

1.6. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik, maka dalam menentukan tempat berdirinya perlu didasarkan pada faktor utama dan faktor khusus sehingga lokasi pabrik diharapkan dapat menguntungkan baik dari segi teknis maupun segi ekonominya. Faktor utama meliputi penyediaan bahan baku, pemasaran, serta utilitas. Sedangkan faktor khusus meliputi tenaga kerja, transportasi, pembuangan limbah pabrik dan peraturan perundang – undangan.

Rencana pembangunan pabrik Vinil Asetat akan didirikan di daerah Anyar, Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Banten. Ada dua faktor pemilihan lokasi pabrik Vinil Asetat yaitu:

a. Faktor utama

- Bahan baku

Bahan baku utama untuk memproduksi Vinil Asetat adalah Etilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Banten dan Asam asetat yang diperoleh dari PT. Indo Acidatama Jawa Tengah. Dengan mendekatkan lokasi pabrik dengan salah satu sumber bahan baku yaitu etilena dan bahan baku asam asetat dikirim menggunakan jalur darat ataupun melalui Pelabuhan Paku Anyer yang berlokasi di Serang, Banten.

- Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik, karena semakin dekatnya lokasi pabrik dengan konsumen akan memudahkan konsumen untuk mendapatkan produk. Selain itu dekatnya lokasi produsen dengan konsumen dapat memotong biaya transportasi.

- Utilitas

Utilitas yang terdiri dari air, listrik, dan bahan bakar merupakan faktor yang penting karena akan berhubungan dengan kelancaran produksi. Kebutuhan air berasal dari Air Kawasan PT. Krakatau Tirta Industri sehingga kelancaran produksi dapat tetap terjamin. Sumber listrik bisa diperoleh dari PLN dan sebagai cadangan digunakan tenaga generator yang harus siap setiap saat bila diperlukan karena adanya gangguan listrik PLN. Bahan bakar digunakan untuk menggerakkan generator dan alat yang menghasilkan panas, seperti boiler.

b. Faktor khusus

- Tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan faktor yang berperan penting untuk kelangsungan produksi dalam industri. Tenaga kerja dapat direkrut dari masyarakat di sekitar pabrik atau masyarakat dari luar kota. Sedangkan tenaga kerja profesional didapat dari lulusan universitas maupun perguruan tinggi yang berdekatan dengan lokasi pabrik.

- Transportasi

Pembelian bahan baku maupun penjualan produk dapat melalui jalur laut, udara, maupun darat. Lokasi pabrik Vinil Asetat merupakan daerah yang dekat dengan

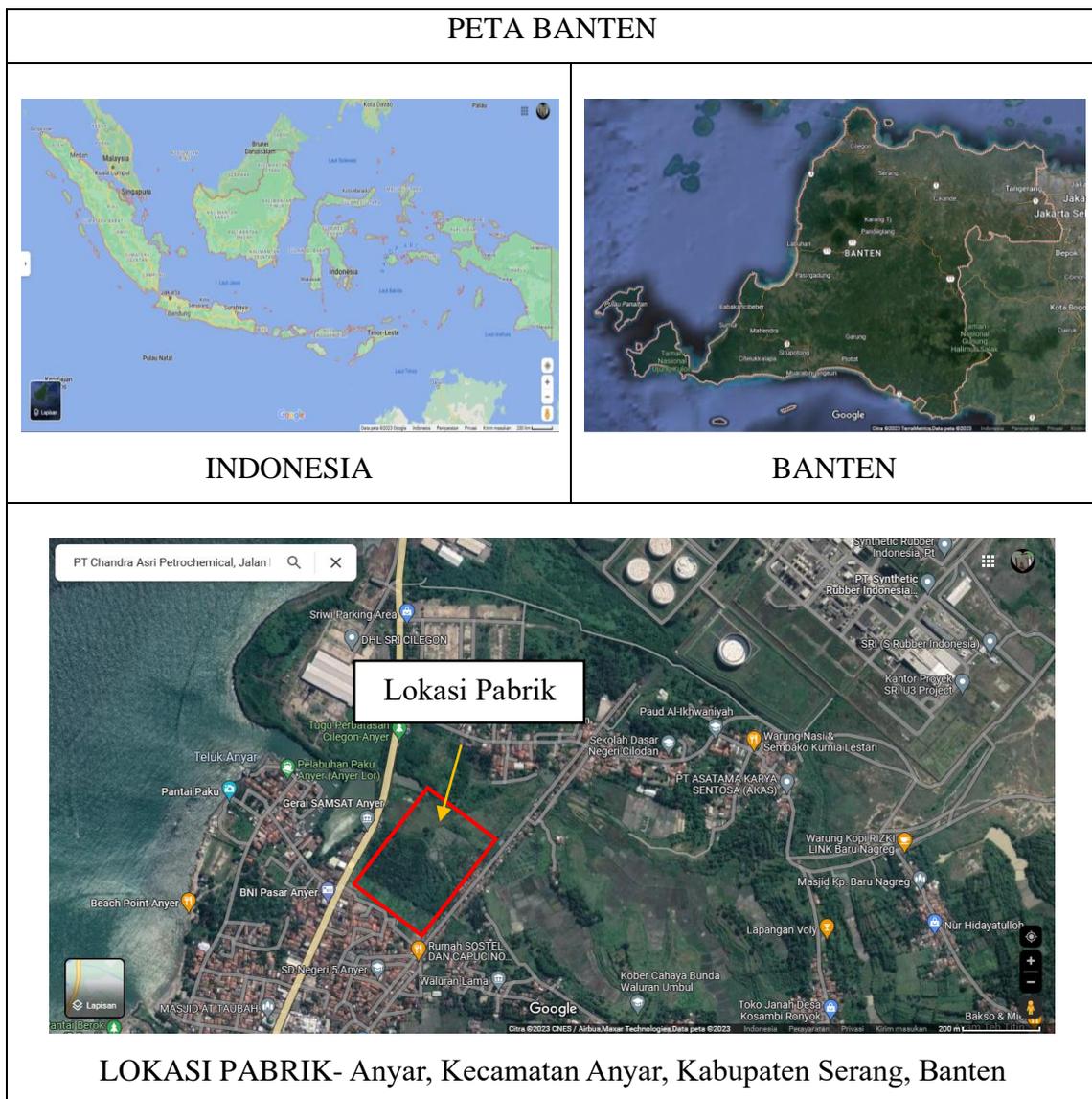
Pelabuhan Paku Anyer, Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, Gerbang Tol Merak, sehingga memudahkan proses transportasi produk.

- Pembuangan limbah

Pembuangan limbah pabrik perlu diperhatikan dengan baik karena akan berkaitan dengan upaya pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik. Limbah yang diperoleh akan diolah oleh pihak ketiga.

- Kebijakan pemerintah dan peraturan perundang – undangan

Kebijakan pemerintah yang menguntungkan tentu saja akan menciptakan suasana kerja yang kondusif. Adapun aspek umum yang diatur undang – undang adalah jam kerja maksimum, upah minimum, dan kondisi lingkungan kerja.



Gambar 1.1. Lokasi Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat