

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Jumlah penduduk Indonesia yang merupakan salah satu negara berkembang dari tahun ke tahun mengalami pertumbuhan, sama seperti negara tetangga yaitu Malaysia juga mengalami pertumbuhan pesat. Dengan pertumbuhan pesat tersebut, mengakibatkan permasalahan sosial terutama dibidang energi dan ekonomi. Untuk bisa melepaskan diri dari keterpurukan ekonomi dan energi maka bangsa Indonesia harus Kembali bangkit mengejar ketertinggalan dengan memanfaatkan kekuatan dan potensi yang ada di Indonesia. Salah satu wujud kekuatan untuk membangkitkan Kembali bangsa Indonesia ini adalah dengan pembangunan di bidang industri (Jadmiko, C., 2019).

Pembangunan industri pada era sekarang mengalami hambatan akibat krisis ekonomi dan pandemi yang berdampak besar terhadap setiap industri di Indonesia. Padahal dengan berkembangnya industri di suatu negara menandakan bahwa negara itu mengalami kemajuan pesat dibidang teknologi. Sektor industri ditujukan untuk meningkatkan industri yang mengolah bahan mentah menjadi bahan baku dan bahan baku menjadi bahan jadi.

Salah satu industri kimia yang dapat membangun bangsa indonesia adalah industri akrilonitril, kebutuhan akrilonitril cukup banyak di Indonesia, tetapi masih banyak diperoleh dari luar negeri dengan cara impor dari berbagai negara, contohnya Jepang, China, Thailand dan Amerika Serikat. Karenanya, pendirian pabrik akrilonitril mempunyai prospek yang cukup baik untuk dikembangkan di Indonesia. Selain memenuhi kebutuhan dalam negeri, industri diharapkan dapat menjadi pengekspor dalam rangka memenuhi kebutuhan akrilonitril di dunia.

Akrilonitril merupakan cairan jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan larut dalam air. Nama lain dari Akrilonitril sendiri adalah *Cyanoethylene*, *Vinyl Cyanide* dan *Acrylon Carbacryl*. Akrilonitril di Indonesia digunakan sebagai resin, termoplastik, adiponitril, dan akrilamida. Pabrik akrilonitril termasuk pabrik beresiko tinggi. Hal ini dapat ditinjau dari bahan baku yang mudah terbakar. Proses

yang digunakan terjadi pada suhu tinggi yaitu 250-350 °C dan tekanan atmosfer yaitu 1 atm.

Kebutuhan akrilonitril di tahun 2016 kebawah meningkat, akan tetapi pada tahun 2017 hingga 2021 terjadi penurunan kebutuhan (Data Badan Pusat Statistik, 2022).

Berdasarkan data-data yang tertera, pabrik akrilonitril layak didirikan di Indonesia dengan alasan sebagai berikut:

1. Akrilonitril di Indonesia masih di Impor dari luar negeri dan belum ada pabrik nya di Indonesia
2. Terpenuhinya kebutuhan di dalam negeri
3. Menghemat dan meningkatkan devisa negara
4. Membuka lapangan kerja baru

Adapun lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap masa depan pabrik, lokasi yang baik akan memberikan dampak sebagai berikut:

1. Kemampuan melayani konsumen
2. Kemampuan untuk mendapatkan bahan baku yang cukup dan berkesinambungan
3. Kemudahan mendapatkan tenaga kerja yang diperlukan pabrik
4. Memperluas pabrik dimasa mendatang ditinjau dari segi keuntungan yang dicapai

## **I.2. Penentuan Kapasitas Pabrik**

Pabrik Akrilonitril direncanakan akan dibangun pada tahun 2026. Produk akrilonitril masih didapat dari luar negeri. Banyak pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam membangun sebuah pabrik, salah satunya adalah penentuan kapasitas pabrik. Kapasitas harus sesuai dengan kebutuhan pasar. Selain itu, perlu diperhatikan pertimbangan secara teknis dan ekonomi. Pertimbangan yang dapat dilakukan untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

### I.2.1. Data Ekspor Impor

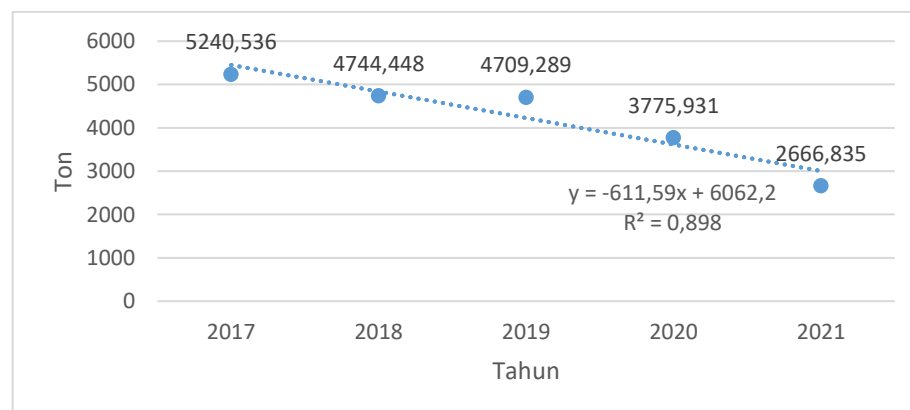
Data BPS Kebutuhan Impor dalam negeri dalam kurun waktu lima tahun dapat dilihat pada Tabel I.1.

Tabel I.1. Data Impor Akrilonitril di Indonesia

No.	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	2017	5240,536
2.	2018	4744,448
3.	2019	4709,289
4.	2020	3775,931
5.	2021	2666,835

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Konsumsi akrilonitril di Indonesia pada tahun 2017 hingga 2021 mengalami penurunan. Proyeksi yang turun tersebut didasarkan karena kondisi yang terjadi saat ini yaitu pandemi dan adanya krisis ekonomi. Namun demikian, konsumsi di Indonesia yang seiring tahun ke tahun menurun bukan merupakan akibat dari adanya pabrik yang tersedia di Indonesia, melainkan diakibatkan karena dalam 5 tahun terakhir, negara mengalami penurunan kebutuhan. Maka akan ada masanya negara akan sangat memerlukan produksi akrilonitril di Indonesia guna memenuhi kebutuhan produk. Dengan didirikannya Pabrik akrilonitril, maka akan memenuhi kebutuhan akrilonitril untuk industri di Indonesia. Kapasitas pabrik dari tahun ke tahunnya diambil dari data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) tentang data kebutuhan akrilonitril di Indonesia. Kebutuhan akrilonitril dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar I.1.:



Gambar I.1. Grafik Kebutuhan Akrilonitril di Indonesia

Dengan menggunakan persamaan linier pada grafik, akan diperoleh persamaan:

$$y = ax + b$$

dengan:  $y$  = Kebutuhan impor akrilonitril (ton/tahun)

$x$  = Tahun

$a$  = Gradien garis lurus

$b$  = Intersep

diperoleh persamaan garis lurus  $y = -611,59x + 6062,2$  ton/tahun. Dari persamaan tersebut diketahui bahwa kebutuhan akrilonitril di Indonesia pada tahun 2026 adalah :

$$y = -611,59x + 6062,2$$

$$y = -611,59(2026) + 6062,2$$

$$y = -1.233.019,14 \text{ ton/tahun}$$

Jika kebutuhan dalam negeri sudah terpenuhi, maka selanjutnya adalah kebutuhan luar negeri. Kebutuhan akrilonitril di berbagai negara asia dari tahun ke tahun dapat dilihat pada tabel I.2. dan tabel I.3.

Tabel I.2. Data Impor Akrilonitril di Negara Asia Tahun 2010-2014

Negara	Kebutuhan Impor Akrilonitril (ton/tahun)				
	2010	2011	2012	2013	2014
Korea Selatan	84,738	87,084	113,472	100,031	90,357
Malaysia	58,207	80,899	69,395	87,999	96,884
Total	142,99	167,983	182,867	188,03	187,241

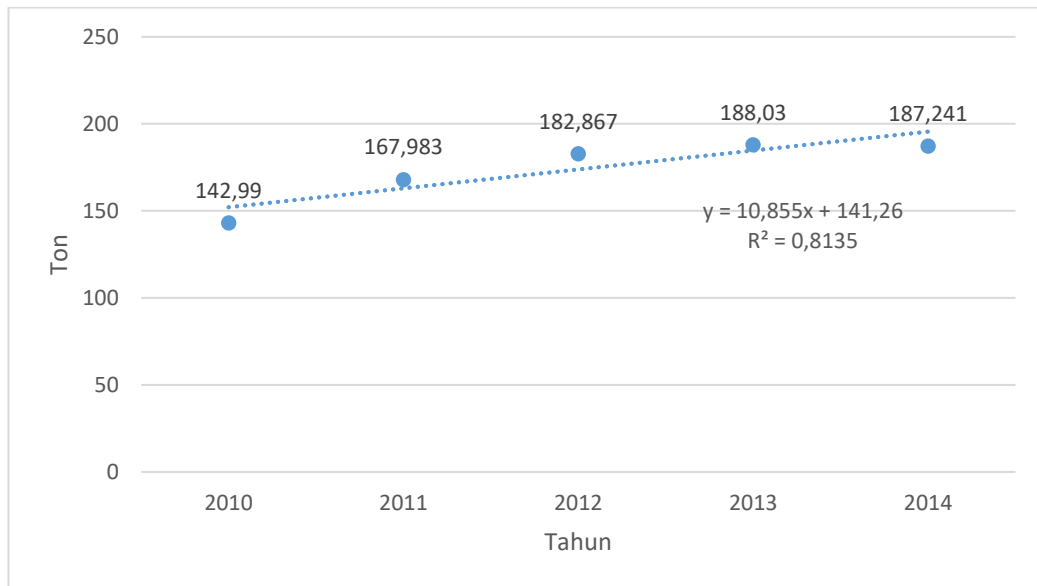
(ICIS, 2010-2014)

Tabel I.3. Data Impor Akrilonitril di Negara Asia Tahun 2007-2009

Negara	Kebutuhan Impor Akrilonitril (ton/tahun)		
	2007	2008	2009
Korea	97.151	81.951	59.462
Thailand	122.759	116.243	104.995
Jepang	25.702	30.402	3.960
Taiwan	117.060	119.726	71.589
Total	362.672	348.322	240.006

(Garmston, S., 2009)

Dari tabel diatas, maka akan didapatkan grafik kebutuhan impor akrilonitril di negara asia yang dapat dilihat pada gambar I.2. dan gambar I.3.:



Gambar I.2. Grafik Kebutuhan Acrilonitril di Negara Asia Tahun 2010-2014

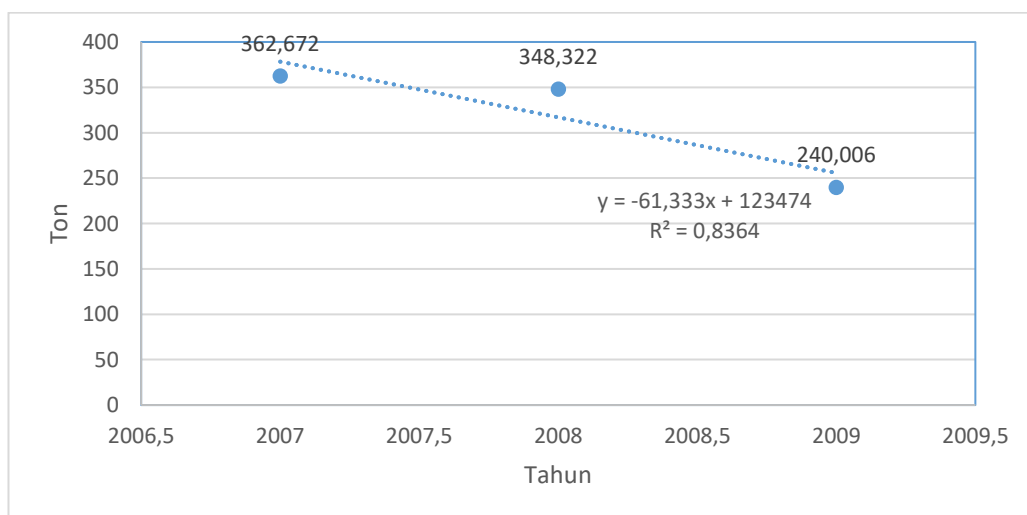
Dengan menggunakan persamaan linier pada gambar I.2., maka akan

diperoleh kebutuhan akrilonitril di negara asia pada tahun 2026, yaitu:

$$y = 10,855x + 141,26$$

$$y = 10,855 (2026) + 141,26$$

$$y = 22.133 \text{ ton/tahun}$$



Gambar I.3. Grafik Kebutuhan Acrilonitril di Negara Asia Tahun 2007-2009

Dengan menggunakan persamaan linier pada gambar I.3., maka akan

diperoleh kebutuhan akrilonitril di negara asia pada tahun 2026, yaitu:

$$y = -61,333x + 123474$$

$$y = -61,333 (2026) + 123474$$

$$y = -786,658 \text{ ton/tahun}$$

### I.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Untuk memenuhi kebutuhan akrilonitril, maka diperlukan kapasitas yang sesuai. Kapasitas pabrik yang direncanakan akan didirikan haruslah di atas kapasitas minimal dari pabrik yang sudah berdiri atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Adapun data kapasitas pabrik akrilonitril yang sudah ada di dunia tercantum dalam tabel I.4.

Tabel I.4. Data Pabrik di Luar Negeri dan Kapasitas Produksinya

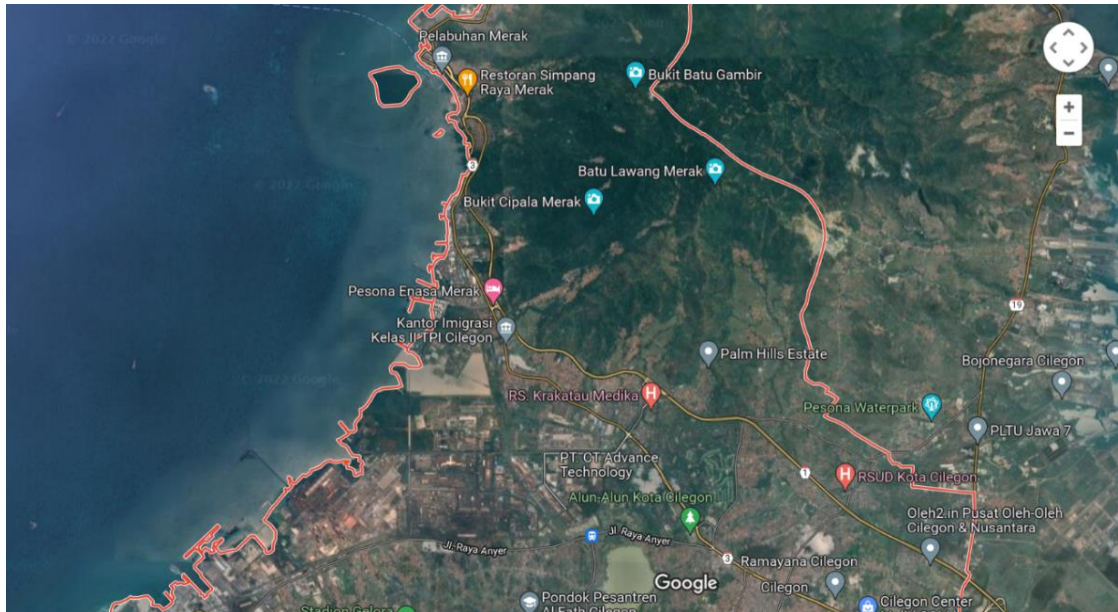
No.	Nama pabrik	Lokasi	Kapasitas
1.	Sumitomo Chemical	Niihama, Japan	60.000 ton/tahun
2.	Showa Denko	Kawasaki, Japan	60.000 ton/tahun
3.	Asahi Kasei	Kawasaki, Japan	150.000 ton /tahun
		Mizushima, Japan	350.000 ton/tahun
4.	Anqing Petrochemical	Anqing, China	80.000 ton / tahun
5.	Daqing Refining And Chemical	Daqing, China	80.000 ton/tahun
6.	Fushun Petrochemical	Fushun, China	90.000 ton/tahun
7.	Jihua Group	Jilin City, China	250.000 ton/tahun
8.	Acrilonitrila do Nordeste	Camacari, Brazil	90.000 ton/tahun
9.	DuPont	Beaumont, Texas, US	185.000 ton/tahun
10.	PetroChina Lanzhou Petrochemical	Lanzhou, China	35.000 ton/tahun

(ICIS, 2021)

Dari Tabel I.1. hingga tabel I.4, maka dapat diambil beberapa pertimbangan. Dengan pertimbangan antara lain tersedianya bahan baku, peningkatan kebutuhan akrilonitril di Indonesia, dan bertujuan meningkatkan devisa negara melalui impor dan ekspor, serta dengan adanya kapasitas pabrik yang sudah berdiri, maka ditentukan kapasitas produksi akrilonitril sebesar 35.000 ton/tahun.

### I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik menentukan langkah besar terhadap kesuksesannya suatu industri. Karenanya, perlu pertimbangan yang sangat baik, Adapun pertimbangan ini meliputi: ekonomi produksi industri, penyaluran bahan baku dan produk, selain itu tidak melupakan keamanan dan kenyamanan lingkungan hidup.



Gambar I.4. Pemilihan Lokasi Pabrik

#### I.3.1. Faktor Utama

##### 1. Pemasaran

Lokasi pabrik harus dekat dengan lokasi pemasaran, adapun hal hal yang harus diperhatikan yaitu sistem pasar yang digunakan, lokasi pemasaran produk dan Jarak pemasaran dari lokasi pabrik.

Pemilihan lokasi pemasaran di cilegon sudah tepat karena dekat dengan sarana ekspor.

##### 2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang didapat tidaklah mudah, karena didapat dari luar negeri yaitu china sehingga lokasi di cilegon merupakan pilihan tepat karena berdekatan dengan lokasi pemasaran.

##### 3. Utilitas

Meliputi penyediaan air serta listrik. Utilitas merupakan pelengkap yang sangat diperlukan karena air merupakan kebutuhan yang vital bagi suatu pabrik

karena air yang digunakan untuk keperluan makan, minum, mencuci, juga digunakan sebagai proses pendinginan. Listrik sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan mesin dan peralatan-peralatan dalam pabrik. Sehingga Cilegon sangat cocok karena dekat dengan pelabuhan Merak.

### **I.3.2. Faktor Khusus**

#### **1. Transportasi dan Telekomunikasi**

Dalam hal ini dipertimbangan dari segi kemudahan dan kelancarannya. Di Cilegon tersedia sarana transportasi yang cukup memadai baik melalui laut maupun darat, mengingat bahan baku etilen sianohidrin harus diimpor dari china, maka lokasi dekat dengan pelabuhan Merak sangat menguntungkan.

#### **2. Tenaga Kerja**

Kebutuhan tenaga kerja sangatlah berpengaruh pada kelancaran perusahaan. Adapun hal yang perlu diperhatikan adalah penghasilan tenaga kerja di lokasi pabrik, perkiraan tenaga kerja yang diinginkan dan pendidikan ataupun keahlian tenaga kerja yang tersedia sesuai bidangnya masing – masing.

#### **3. Limbah Pabrik**

Limbah dari pembuangan pabrik harus benar benar diperhatikan dengan cermat karna akan mempengaruhi hingga dampak terhadap masyarakat sekitar lokasi pabrik.

#### **4. Kebijakan Pemerintah**

Berdirinya suatu pabrik juga harus memperhatikan faktor kebijakan dari pemerintah perihal kebijaksanaan dalam mengembangkan industri dan peluang kerja serta hasilnya. Selain itu pemerintah telah merencanakan untuk menjadikan daerah cilegon sebagai salah satu pusat pengembangan industri.

### **I.4. Tinjauan Pustaka**

#### **1. Akrilonitril**

Akrilonitril merupakan senyawa organik dengan rumus kimia  $C_3H_3N$ . Senyawa ini berupa cairan tidak berwarna yang mudah menguap. Dari segi struktur molekul, senyawa ini terdiri dari gugus vinil yang terikat dengan sebuah nitril. Akrilonitril merupakan molekul tak jenuh dan bersifat polar serta larut pada



kebanyakan pelarut organik seperti benzena, aseton, toluena dan methanol (Kirk and Othmer, 2004).

## 2. Etilen Sianohidrin

Etilen sianohidrin merupakan cairan tidak berwarna hingga kuning-coklat dengan bau yang lemah. Etilen sianohidrin memiliki rumus kimia  $C_3H_5NO$  dan nama lain yaitu *3-Hydroxypropionitrile* (USCG, 1999).

Etilen sianohidrin digunakan sebagai pelarut untuk ester selulosa dan garam anorganik tertentu seperti intermediet organik untuk akrilat (Lewis, R.J., 1997).

### I.4.1. Dasar Reaksi

Pemisahan air pada etilen sianohidrin menghasilkan produk akrilonitril, reaksi yang terjadi sebagai berikut:

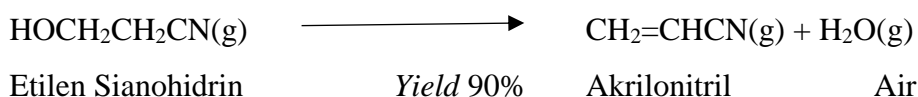


### I.4.2. Mekanisme Reaksi

Dalam memilih proses, perlu diketahui berbagai macam prosesnya, yaitu:

#### a. Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin

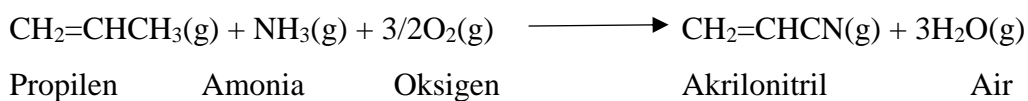
Melalui pemisahan air pada etilen sianohidrin maka didapatkan produk akrilonitril yang diinginkan, dapat dilihat pada reaksi berikut ini:



Reaksi berlangsung pada suhu  $250^\circ\text{C}$  -  $350^\circ\text{C}$ , tekanan atmosferis 1 atm. Katalisator yang dipakai di reaksi ini yaitu alumina aktif. *Yield* sebesar 90% (Keyes, 1975).

#### b. Proses Amoksidasi

Proses ini menggunakan udara secara katalitik, sehingga terjadi oksidasi Propilen dan Amoniak. Proses ini biasanya disebut proses amoksidasi. Adapun Reaksi pada proses amoksidasi adalah:



Proses berlangsung di suhu antara 400°C - 500°C dengan tekanan 0,5 - 2 atm. Katalis yang digunakan adalah *Bismuth-Molybdate*. Menghasilkan *yield* yaitu sebesar 70% (Keyes, 1975).

c. Reaksi Asetilen dan Hidrogen Sianida

Terjadinya proses ini terjadi ketika reaktor yang berisi asetilen yang dimasukkan katalis  $\text{CuCl}_2$ , ditambahkan langsung dengan hidrogen sianida ke dalam reaktor. Reaksi yang terjadi adalah:



Dengan cara mereaksikan antara Hidrogen Sianida dan Asetilen berlebih didapatkan perbandingan mol bahan baku 10:1 pada suhu 70°C dan tekanan atmosferis. Produk hasil dari reaktor mengandung akrilonitril, hidrogen sianida, serta vinil asetilen dalam jumlah sedikit (Kirk and Othmer, 2004).

#### I.4.3. Pemilihan Proses

Dari ketiga proses di atas proses yang paling menguntungkan dalam pembuatan akrilonitril adalah proses dehidrasi etilen sianohidrin. Hal ini dapat dilihat pada tabel I.5. berikut:

Tabel I.5. Pertimbangan Proses Pembuatan Akrilonitril

No.	Parameter (+/-)	Proses 1 Dehidrasi Etilen Sianohidrin	Proses 2 Amoksidasi	Proses 3 Reaksi Asetilen dan Hidrogen Sianida
1.	Bahan Baku	Etilen Sianohidrin (Impor) (-)	Amonia (Pasar Domestik) Propilen (Pasar Domestik namun relatif mahal) (+)	Asetilen (Pasar Domestik) Hidrogen Sianida (Impor) (+)
2.	Penyimpanan Bahan Baku	Tidak Perlu Penanganan Khusus (+)	Perlu Serangkaian Sistem Refrigerasi (-)	Perlu Penanganan Khusus (-)
3.	Kondisi Operasi	250 – 350 °C 1 atm (-)	400 – 500 °C 0,5 - 2 atm (-)	70 °C 1 atm (+)
4.	Katalis	Alumina Aktif (+)	<i>Bismuth-Molybdenum Oxide</i> (-)	Tembaga Klorida (-)

Tabel I.6. Lanjutan

5.	<i>Yield</i>	90% (+)	80% (-)	77% (-)
6.	Fase Reaksi	Gas dengan Katalis Padat (+)	Gas dengan Katalis Padat (+)	Gas dengan Katalis Cair (-)
7.	Hasil Samping	Tidak Ada (+)	Asetonitril, Hidrogen Sianida, Suksinat Nitril, uap air (-)	Vinil Asetilen, <i>Divinyl Acetylene</i> , Asetaldehida (-)
8.	Jenis Reaktor	<i>Fixed Bed Multitube</i> (+)	<i>Fluidized Bed</i> (-)	<i>Bubble Reaktor</i> (-)
9.	Total Skor	(+) = 6 (-) = 2	(+) = 2 (-) = 6	(+) = 2 (-) = 6

Dari tabel I.5. dapat diketahui bahwa proses yang lebih baik dan menguntungkan dalam pembuatan akrilonitril adalah proses Dehidrasi etilen sianohidrin. Sehingga, proses pembuatan akrilonitril dalam prarancangan pabrik ini dipilih proses Dehidrasi etilen sianohidrin, yaitu mereaksikan etilen sianohidrin dengan katalis alumina aktif.

Proses ini dipilih karena menghasilkan *yield* yang besar 90% dibandingkan dengan proses lain, serta beroperasi pada suhu yang cukup tinggi dan pada tekanan atmosferik yaitu pada suhu 250-350 °C dan tekanan 1 atm. Selain itu, dapat dilihat pada skor +/- bahwa proses pembuatan akrilonitril dengan dehidrasi etilen sianohidrin memiliki skor +6 dan -2 dibandingkan dengan proses yang lain yang hanya memiliki skor +2 dan -6.

Pada bahan baku, proses 1 minus karena impor dari luar negeri sedangkan proses 2 dan 3 bisa diambil di dalam negeri. Pada penyimpanan bahan baku, proses 1 plus sedangkan proses 2 dan 3 minus karena pada proses 1 tidak perlu penanganan khusus. Pada kondisi operasi, proses 1 dan 2 memiliki suhu yang tinggi dibandingkan proses 3, sehingga proses 3 plus. Pada katalis, proses 1 plus sedangkan proses 2 dan 3 minus, karena proses 1 memiliki katalis yang padat sehingga lebih sederhana dibandingkan katalis cair pada proses 3, karena katalis padat dapat dipakai berulang-ulang, selain itu katalis pada proses 1 lebih unggul dibanding proses 2 dan 3, yang mana proses 1 memiliki daya tahan terhadap korosi. Pada *yield*, proses 1 memiliki *yield* sebesar 90% dibanding proses 2 yang memiliki *yield* 80% dan proses 3 sebanyak 77%. Pada Fase Reaksi, proses 1 unggul karena

memiliki katalis padat dibanding proses 3. Pada hasil samping, proses 1 tidak ada hasil samping sehingga mendapat nilai plus dibanding proses 2 dan 3. Pada jenis reaktor, proses 1 memiliki keunggulan lebih dibandingkan proses 2 dan 3, karena jenis reaktor yang dipakai pada proses 1 lebih sederhana sehingga biaya pembuatan, operasional dan perawatan relatif murah.

#### I.4.4. Tinjauan Kinetika

Berdasarkan sumber pada situs badan non-regulator bagian administrasi teknologi dari departemen perdagangan Amerika Serikat, yaitu NIST atau memiliki kepanjangan *National Institute of Standards and Technology*, reaksi dehidrasi etilen sianohidrin masuk kategori orde 1. Jika dilihat segi kinetiknya, kecepatan reaksi akan bertambah cepat seiring naiknya temperatur. Berdasarkan persamaan Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

Dimana:

k = Konstanta kecepatan reaksi

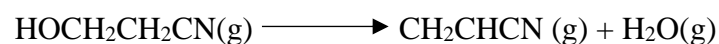
A = Faktor frekuensi tumbukan

E = Energi Aktivasi

R = Konstanta Gas (8,314472 J/mol.K)

T = Temperatur Operasi

Jenis reaksinya yaitu:



(*National Institute of Standards and Technology*)

Kecepatan reaksi tidak hanya dipengaruhi oleh suhu, tetapi besarnya energi aktivasi juga berpengaruh. Dengan adanya katalis, dapat menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan dalam reaksi. Dengan turunnya energi aktivasi, maka dapat menaikkan kecepatan reaksi. Maka digunakanlah katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang mempunyai *range* suhu 250-350 °C (Faith & Keyes, 1957).

Proses dehidrasi etilen sianohidrin menjadi akrilonitril dengan katalisator alumina mengikuti persamaan berikut:

$$r = C_A \sigma_A^2 \left( 8\pi RgT \frac{1}{MA} \right)^{1/2} e^{-E/RgT} C_A$$

Sehingga persamaan kecepatan reaksi pada orde 1 menjadi:

$$r = C_A \sigma^2_A \left(8\pi RgT \frac{1}{MA}\right)^{1/2} e^{-E/RgT} C_A$$

$$k = C_A \sigma^2_A \left(8\pi RgT \frac{1}{MA}\right)^{1/2} e^{-E/RgT}$$

$$r = k \cdot C_A$$

$$k = A^n \cdot e^{-Ea/RgT} \quad (\text{J.M. Smith, 1981})$$

#### I.4.5. Tinjauan Termodinamika

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endotermis, Adapun nilai  $\Delta H$  dan  $\Delta G$  reaksi (298,15 K atau 25 °C) serta kapasitas panas berbagai komponen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel I.7. Entalpi dan Energi Bebas Gibbs pada Suhu 25°C

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (J/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (J/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N	184.900	195.300
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	-98.300	-35.400
H <sub>2</sub> O	-241.800	-228.600

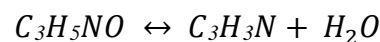
(Yaws, 1999)

Tabel I.8. Kapasitas Panas Fungsi Berbagai Suhu

Komponen	$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ J/mol K			
	A	B	C	D
C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N	33,362	5,8644x10-1	-1,8625x10-3	2,4958x10-6
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	104,867	6,5944x10-1	-1,6508x10-3	1,7649x10-6
H <sub>2</sub> O	92,053	-0.039953	-0,00021102	5,3469x10-07

(Yaws, 1999)

Reaksi dehidrasi etilen sianohidrin membentuk akrilonitril:



Suhu operasi = 523,15 K.

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ r} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= (184.900 + (-241.800)) - (-98.300) \text{ J/mol} \\ &= -56.900 - (-98.300) \text{ J/mol} \\ &= 41.400 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa  $\Delta H^{\circ r}$  bernilai 41.400 J/mol sehingga reaksi pembuatan akrilonitril bersifat endotermis (reaksi yang membutuhkan panas) sehingga nantinya diperlukan media pemanas:

$\Delta H_{523,15}$  pada suhu reaksi 250 °C (523,15 K) adalah :

$$\begin{aligned} dH &= C_p \cdot dT \\ \Delta H_{523,15} &= \int_{298,15K}^{523,15K} (\Delta n C_p) dT \\ \Delta H_{523,15} &= [\Sigma C_p \text{ produk} - \Sigma C_p \text{ reaktan}] dT \\ &= 29036,3088 \text{ J/mol} - 36174,6934 \text{ J/mol} \\ &= -7138,3846 \text{ J/mol} \\ \Delta H &= \Delta H_r^\circ + \Delta H_{523,15} \\ &= [41.400 + (-7138,3846)] \text{ J/mol} \\ &= 34261,6154 \text{ J/mol} \\ \Delta G_r^\circ &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (195.300 + (-228.600)) - (-35.400) \text{ J/mol} \\ &= -33.300 - (-35.4) \text{ J/mol} \\ &= 2.100 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil di atas,  $\Delta G_r^\circ$  bernilai 2.100 J/mol maka reaksi pembuatan akrilonitril dapat berlangsung.

Perhitungan untuk nilai K (298,15 K) adalah:

$$\begin{aligned} \Delta G_r^\circ &= -RT \ln K \\ \ln K &= \frac{\Delta G_r^\circ}{RT} \\ \ln K &= \frac{2.100 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298,15 \text{ K}} \\ K_{298,15} &= 2,333 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai  $K_{298,15}$  atau konstanta kesetimbangan pada keadaan standar, dapat dihitung nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada 523,15 K. Berdasarkan persamaan Van't Hoff dimana:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H_r^\circ}{RT^2}$$

Dengan  $\Delta H_r^\circ = 41.400 \text{ J/mol}$

$$\Delta G_r^\circ = 2.100 \text{ J/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

$$\ln \frac{K}{K_{298,15}} = -\frac{\Delta H_r^\circ}{R} \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$$

$$\ln \frac{K}{2,333} = -\frac{41.400 \frac{J}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol \cdot K}} \left[ \frac{1}{523,15 K} - \frac{1}{298,15 K} \right]$$

$$K_{523,15} = 3072,5191$$

Dengan:

$\Delta H_r^\circ$  = Entalpi reaksi pada 298,15 K, J/mol

$\Delta H_{523,15}$  = Entalpi reaksi pada 523,15 K, J/mol

$\Delta G_r^\circ$  = Energi Bebas Gibbs pada 298,15 K, J/mol

R = Konstanta Gas Ideal, J/mol.K

$K_{298,15}$  = Konstanta kesetimbangan reaksi pada 298,15 K

$K_{523,15}$  = Konstanta kesetimbangan reaksi pada 523,15 K

Dari perhitungan di atas, didapatkan harga  $K = 3072,5191$ . Karena harga  $K$  yang besar, maka reaksi tersebut adalah reaksi searah (irreversible) ke arah produk.

(Smith & Van Ness, 2005)