

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pada era industrialisasi ini perkembangan industri terjadi kemajuan yang sangat pesat baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dengan adanya perkembangan tersebut, kebutuhan akan bahan baku untuk industri-industri kimia dan sumber tenaga kerja juga mengalami peningkatan yang sangat pesat. *Phenyl Cyanide* dan senyawa turunnya adalah salah satu contoh bahan baku untuk industri yang diperlukan.

Permintaan pasar global pada tahun 2018 adalah 92.244,62 ton/tahun dan pertumbuhan permintaan pasar global sebesar 20 % sampai tahun 2022. Sedangkan di Indonesia sendiri, pada tahun 2022 diperkirakan sejumlah 52.159,63 ton dan tahun 2023 diperkirakan sejumlah 25.807,53 ton. *Phenyl Cyanide* itu sendiri banyak digunakan dalam berbagai industri. Dengan didirikannya pabrik *Phenyl Cyanide* dengan kapasitas 200.000 ton/tahun di tahun 2028 diharapkan dapat memenuhi kebutuhan anilin di Indonesia dan sebagian di ekspor ke luar negeri. Disamping itu, dengan didirikannya pabrik *Phenyl Cyanide* dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan dapat memicu berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan bahan baku *Phenyl Cyanide*.

Phenyl Cyanide dengan rumus kimia C_7H_5N merupakan senyawa organik aromatik. Senyawa ini diperoleh dari proses *Ammoxidation* dari toluena dan amonia. *Phenyl Cyanide* mempunyai berbagai kegunaan dalam industri kimia yang saling berkesinambungan dengan industri lain yang cukup luas. *Phenyl Cyanide* sebagai bahan sintesis benzoguanin yang merupakan deri melamin, sebagai bahan pendukung pada pembuatan *protective coating* dan *molding resin*, sebagai *separating agent* dalam naphthalene dan alkyl naphthalene dari campuran senyawa non-aromatik melalui destilasi azeotrope. Selain itu *Phenyl Cyanide* memiliki fungsi zat aditif pada pembasuhan plat-plat

nikel, bahan bakar jet, pemutih kain katun, pengeringan serat *acrylic* dan pemisahan titanium *tetrachloride* serta *Vanadium-Titanium-Oxide* oxyhloride dari *silicon tetrachloride*. (Kirk & Othmer, 1981).

I.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pertimbangan kesediaan bahan baku menjadi faktor lain dalam penentuan kapasitas pabrik. Dimana bahan baku untuk pembuatan *Phenyl Cyanide* adalah toluena dan amonia . Toluena akan diperoleh dari PT Trans Pacific Petrochemical indotama, Tuban, Jawa Timur. Sedangkan bahan baku amonia akan diperoleh dari PT. Pupuk Kujang, Karawang, Jawa Barat. Penentuan kapasitas pabrik *Phenyl Cyanide* berdasarkan analisa *suplai* (penyediaan) dan *demand* (permintaan).

I.3 Data Ekspor Impor

a) Impor

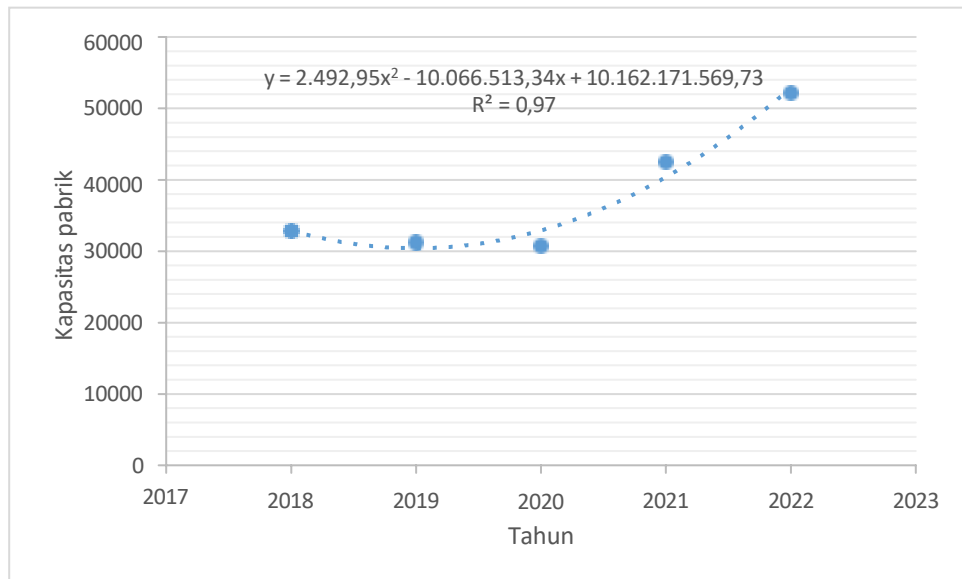
Kapasitas Dengan melihat data impor di Indonesia peningkatan kebutuhan *Phenyl Cyanide* di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya data ini dapat dilihat dari Badan Pusat Statistik (Bps.go.id 2023) dari tahun 2018-2022 yang disajikan di Tabel I.1. berikut ini:

Tabel I. 1 Impor Produk di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun	Peningkatan kebutuhan
2018	32,838	-
2019	31,213	0,1734
2020	30,706	0,1648
2021	42,469	0,1621
2022	52,159	0,2242
	189,385	0,2754

(Bps.go.id 2023)

Peningkatan kebutuhan *Phenyl Cyanide* dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar I.1 dibawah ini.



Gambar I . 1 Grafik Kebutuhan *Phenyl Cyanide* di Indonesia menggunakan garis regresi polynomial

Berdasarkan grafik di atas, kita mempunyai persamaan garis: $y = 2.492,95x^2 - 10.066.513,34x + 10.162.171.569,73$ dimana y adalah klaim dan x adalah tahun. Dari persamaan tersebut terlihat bahwa kebutuhan impor *Phenyl Cyanide* Indonesia pada tahun 2028 adalah sebagai berikut:

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = 2.492,95x^2 - 10.066.513,34x + 10.162.171.569,73$$

$$y = 2.492,95 (2028)^2 - 10.066.513,34(2028) + 10.162.171.569,73$$

$$Y = 204.050,069 \text{ Ton/tahun}$$

Berdasarkan pertimbangan di atas dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2028 maka kapasitas pabrik *Phenyl Cyanide* yang direncanakan sebesar 200.000 ton/tahun.

b) Ekspor

Sampai saat ini belum ada pabrik produksi *Phenyl Cyanide* yang berdiri di Indonesia.

I.4 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Hal itu didasarkan pada kapasitas pabrik yang ada saat ini, baik di Indonesia maupun di luar negeri, selain kapasitas pabrik yang minim. Hal ini agar industri yang sudah dibangun sudah dapat memanfaatkan analisis ekonomi yang memperhitungkan kapasitas produksi. Pertimbangan pabrik-pabrik yang telah berdiri dapat dilihat pada Tabel I.2 dibawah ini.

Tabel I. 2 Kapasitas Global *Phenyl Cyanide*

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
China	Zhangjiagang Huasheng Chemical Co., Ltd	5.000
China	Wuhan Youji Xinkang Chemical Co., Ltd	5.000
India	Anami Organics	20.000
Jepang	Nippon Shokubai	50.000
China	Haihang Industry Co., Ltd	960.000
China	Qindao Jinyu Cemecal Co.,Ltd	960.000

(Kirk&Othmer,1981,<https://haihangchem.com/products/benzonitrile-cas-100-47-0/>, www.jinnengchem.com/en/index.asp)

Berdasarkan keadaan belum ada pabrik dalam negeri dan tidak ada ekspor produk *Phenyl Cyanide* , maka peluang mendirikan pabrik adalah untuk substitusi impor agar ketergantungan produk *Phenyl Cyanide*

keluar negeri menjadi berkurang. Kapasitas produksi *Phenyl Cyanide* yang akan didirikan diambil 200.000 ton/tahun yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan substitusi impor, kemudian sisanya akan diekspor ke negara tetangga. Kapasitas tersebut masuk dalam kriteria kapasitas ekonomis, hal ini berdasarkan pabrik yang telah berdiri dan beroperasi di Wuhan Youji Xinkang Chemical Co., Ltd dan Zhangjiagang Huasheng Chemical Co., Ltd, di China dengan kapasitas 5.000 ton/tahun dan Qindao Jinyu Cemecal Co.,Ltd dan Haihang Industry Co., Ltd di China, dengan kapasitas 960.000 ton/tahun.

Kapasitas suatu pabrik memberikan keuntungan apabila didirikan pada kapasitas minimum menurut *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (Mc.Ketta 1954). Pada data dibawah ini diperoleh kapasitas minimum pada pabrik *Phenyl Cyanide* sebesar 5.000 ton/tahun. Pabrik yang akan didirikan harus melebihi kapasitas minimum atau kapasitas pabrik yang sedang berjalan.

I.5 Lokasi Pabrik

Bahan baku pembuatan *Phenyl Cyanide* adalah toluena dan amonia . Toluena akan diperoleh dari PT. TPPI, Tuban, Jawa Timur. Sedangkan bahan baku amonia akan diperoleh dari PT. Pupuk Kujang, Karawang, Jawa Barat. Adanya peningkatan impor dan berkembangnya industri kimia di Indonesia, dirasakan cukup penting dan layak untuk merancang dan mendirikan pabrik *Phenyl Cyanide* di Indonesia. Keuntungan mendirikan pabrik *Phenyl Cyanide* di Indonesia adalah :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, serta dapat menghemat devisa Negara.
2. Dapat memacu pertumbuhan industri-industri hilir, khususnya yang menggunakan *Phenyl Cyanide* sebagai bahan baku maupun bahan tambahan.
3. Menciptakan lapangan kerja baru, sehingga diharapkan dapat

meningkatkan taraf kehidupan rakyat.

4. Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan hidup suatu pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Secara umum faktor yang mempengaruhi lokasi pabrik adalah :
 - a. Faktor primer
 1. Ketersediaan bahan baku
 2. Dekat dengan pasar
 3. Adanya sarana transportasi yang baik
 4. Tersedianya tenaga kerja yang murah
 5. Kebutuhan utilitas
 - b. Faktor sekunder
 1. Komunikasi
 2. Iklim yang mendukung
 3. Kebijakan pemerintah

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka dipilih lokasi di daerah Karawang, Jawa Barat karena :



Gambar I . 2 Peta rencana lokasi pabrik *phenyl cyanide*

1. Penyediaan bahan baku Bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian pabrik karena pabrik akan beroperasi atau tidak sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku. Pabrik

Phenyl Cyanide akan didirikan di daerah Karawang, Jawa Barat karena letaknya berdekatan dengan sumber bahan baku, yaitu amonia akan diperoleh dari PT. Pupuk Kujang, Karawang, Jawa Barat dengan produksi 580.050 ton/tahun(pupuk-kujang.co.id), sehingga biaya pengangkutan serta dana untuk investasi fasilitas penyimpanan serta inventori bahan baku dapat dikurangi. Sedangkan untuk bahan baku Toluena akan diperoleh dari PT. TPPI, Tuban, Jawa Timur dengan produksi 100.000 ton/Tahun (cci-indonesia.com).

2. Pemasaran Karawang relatif dekat dengan industri- industri karena merupakan kota yang industrinya sangat berkembang sehingga produk *Phenyl Cyanide* tidak akan mengalami kesulitan untuk didistribusikan ke konsumen yaitu pabrik-pabrik pemakai *Phenyl Cyanide* sebagai bahan baku, sehingga kebutuhan lokal dapat tercukupi dan dana investasi penyimpanan produk dapat dikurangi.
3. Transportasi Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama bagi tersedianya bahan baku maupun pemasaran produk. Fasilitas transportasi yang dimiliki Karawang adalah meliputi transportasi darat (jalan raya dan jalur kereta api Surabaya-Jakarta). Sehingga diharapkan sirkulasi pasokan bahan baku dan pemasaran hasil produk baik untuk dalam negeri maupun luar negeri dapat berjalan lancar.
4. Tenaga kerja Faktor tenaga kerja merupakan hal yang penting dalam industri kimia. Tenaga kerja dapat dipenuhi dari sumber daya manusia yang ditinjau dari dari aspek pendidikan, ketrampilan, tanggung jawab yang dipunyai, dan lain-lain. Dengan didirikannya pabrik *Phenyl Cyanide* ini akan berdampak terbukanya lapangan pekerjaan baru di Karawang baik untuk tenaga kerja ahli atau tidak. Ini berarti pengangguran dapat dikurangi serta pemerataan kesempatan kerja dan kekuatan ekonomi indonesia akan lebih mudah.
5. Utilitas Pabrik *Phenyl Cyanide* ini cukup banyak memerlukan air

yaitu sebagai proses dalam produksi, juga kebutuhan air untuk rumah tangga, air minum, air perkantoran, dan lain-lain. Untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari sungai Citarum. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina dan untuk listrik didapat dari PLN dan penyediaan generator sebagai cadangan.

6. Komunikasi Komunikasi merupakan salah satu faktor yang penting dalam kemajuan suatu industri. Di Karawang fasilitas telepon sangatlah mudah didapat sehingga tidak menghambat arus komunikasi.
7. Iklim, Iklim yang terdapat pada lokasi pabrik juga akan memengaruhi aktifitas dan proses yang ada. Jika iklim terlalu panas akan mengakibatkan pendingin yang diperlukan akan lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan biaya perlindungan khusus terhadap alat-alat proses. Karawang merupakan daerah yang memiliki iklim kering dengan curah hujan tinggi, serta memiliki suhu relatif panas. Dari data di atas disimpulkan bahwa Karawang sesuai jika didirikan industri *Phenyl Cyanide*.
8. Kebijakan pemerintah Kebijakan pemerintah dalam pemerataan penduduk di Indonesia serta pemerataan tingkat kemajuan ekonomi dapat didukung perwujudannya salah satunya dengan mendirikan pabrik *Phenyl Cyanide* di Karawang bertolak pada hal tersebut maka pendirian pabrik ini sangat didukung oleh pemerintah sehingga fasilitas seperti perijinan pendirian pabrik dan lain-lain akan dipermudah. Selain itu industri *Phenyl Cyanide* tidak termasuk kedalam daftar industri yang tertutup terhadap penanam modal atau yang lebih dikenal sebagai Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam paket kebijakan pemerintah 4 Juni 1996.

I.6 Tinjauan Pustaka

I.1.1 Dasar Reaksi

Metode pembuatan *Phenyl Cyanide* dari Toluena dan Amonia merupakan reaksi eksotermis yang terjadi didalam reaktor dalam fase gas. Toluena dan Amonia direaksikan pada reaktor *fix bed multitube*.

Reaksi yang terjadi:



Kriteria pengoperasian meliputi tekanan 1 atm dan rentang suhu yang diizinkan antara 360°C hingga 407°C. *Phenyl Cyanide* akan mulai terbentuk saat Toluena fase uap. (Maki, Takao & Takeda, Kazou. 2000).

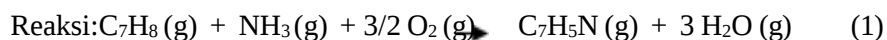
I.1.2 Macam Proses

Proses pembuatan *Phenyl Cyanide* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

a. *Ammoxidation* Toluena

Proses *Ammoxidation* merupakan salah satu pembuatan *Phenyl cyanide*. terbentuknya reaksi *Phenyl Cyanide* dan karbon dioksida menunjukkan orde pertama terhadap tekanan parsial hidrokarbon. Suhu yang digunakan pada proses *Ammoxidation* sekitar 360 °C – 407 °C dan tekanan yang digunakan 1 atm, Rasio amonia terhadap tolueanaa adalah 8 : 6 : 1 dimana 1 itu tolueanaa, 6 untuk amonia dan 8 adalah udara dengan waktu kontak 2,4 s Dengan selektivitas 80 %.

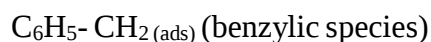
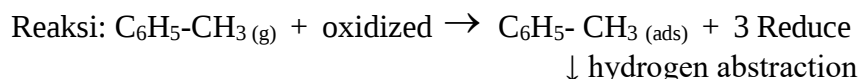
Pengaruh suhu terhadap konversi dan hasil yield 85% pada suhu 360 °C – 407 °C. Sekali lagi, terlihat bahwa produk *Phenyl Cyanide* stabil bahkan pada suhu tinggi; hasil berkurang hanya pada suhu di mana pembakaran amonia menjadi sangat tinggi sehingga pasokan NH₃ yang diperlukan untuk memperoleh nitril sebagian kurang. Di dalam kondisi ini pembakaran tolueanaa atau sejenisnya perantara mengarah pada pembentukan CO dan CO₂ oleh reaksi yang sangat eksotermik.

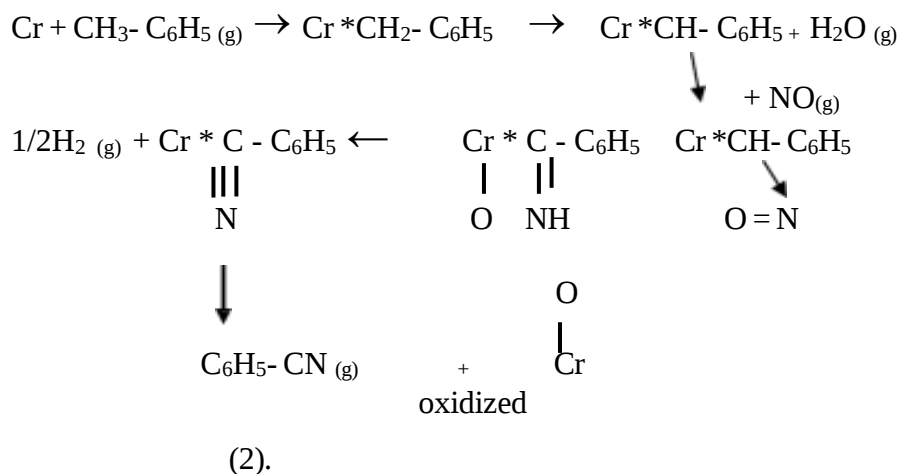
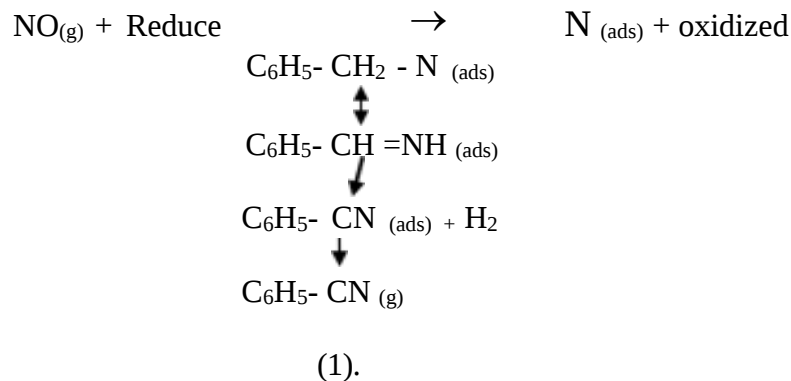


Reaksi *Ammonoxidation* toluena menjadi *Phenyl Cyanide* melalui katalis *Vanadium-Titanium-Oxide* dipelajari dengan menggunakan reaktor tubular-flow. Reaktor jenis ini dicirikan oleh penurunan tekanan yang sangat rendah di sepanjang lapisan katalitik dan masalah difusi fisik yang dapat diabaikan; hal ini memungkinkan kinetika dipelajari dalam kondisi integral, karena kondisi isothermal yang tinggi diperoleh pada arah aksial dan radial.

b. Nitroksidasi Katalitik Toluena

Proses Kedua proses Nitroksidasi katalitik toluena menjadi *Phenyl Cyanide* pada katalis aerogel kromia-alumina. Nitroksidasi toluena dipelajari pada suhu tinggi kisaran suhu 400-460 °C dan tekanan yang digunakan 0,0132 – 0,132 atm. Kromia murni adalah tidak aktif untuk sintesis *Phenyl Cyanide*. Ketika alumina ditambahkan ke kromia, reaksi katalitik menghasilkan *Phenyl Cyanide* dengan selektivitas sangat tinggi (97%). Itu peran menguntungkan alumina ketika ditambahkan ke kromia, terkait dengan stabilisasi keduanya terkoordinasi rendah Ion Cr^{3+} dan ion Cr^{5+} yang sangat teroksidasi. Ketika nitroksidasi toluena dilakukan pada suhu yang relatif rendah serupa dengan yang digunakan oksidasi parsial toluena, $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$ aerogel katalis tidak aktif membentuk *Phenyl Cyanide*. Kelihatannya bahwa disosiasi nitrogen monoksida memerlukan tingkat yang energi lebih tinggi yang dibutuhkan untuk disosiasi O_2 . Data kinetik diinterpretasikan dalam bentuk redoks mekanisme serupa dengan yang beroperasi untuk sebagian oksidasi toluena pada kromia yang didukung pada alumina, nitroksidasi toluena melalui $\text{NiO--Al}_2\text{O}_3$ atau nitroksidasi parafin pada $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$.





Pengembangan katalis jenis baru khususnya oksida campuran untuk oksidasi rantai samping selektif, *nitrooksidasi hidrokarbon* aromatik perlu mengoptimalkan kondisi persiapan dan penggunaan. Produksi benzaldehyde dari toluena pada model reaksi yang untuk studi kinetik dan untuk meningkatkan metode guna merancang kondisi optimal. Sintesis katalitik aldehida dan nitril melalui oxidation dan nitrooksidasi hidrokarbon aromatik pada $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ aerogel. (Younes, M.K. & Ghorbel, A, 1999)

I.1.3 Pemilihan Proses

Pemilihan proses pembuatan *Phenyl Cyanide* dari toluena dan amonia dengan reaksi *Amoxidation* dapat dilihat pada Tabel I.3. dibawah ini.

Tabel I. 3 Proses pembuatan *Phenyl Cyanide* dari toluena dan amonia dengan reaksi *Amoxidation*

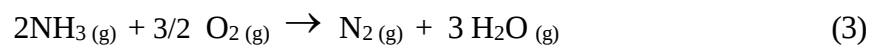
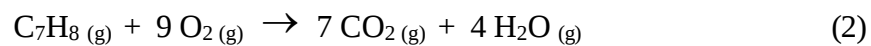
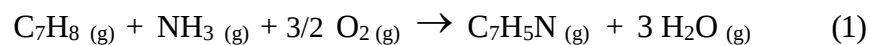
Proses reaksi Parameter	<i>Amoxidation</i> toluena dengan amonia (I)	<i>Nitroksidasi</i> toluena dengan aerogel kromia- alumina (II)
Bahan baku	Toluena dan amonia	Toluean dan nitrogen
Produk Utama	<i>Phenyl Cyanide</i>	<i>Phenyl Cyanide</i>
Reaktor	<i>fixed bed multitube</i>	<i>conventional flow reactor</i>
Yield	85%	-
Temperatur Reaksi	360 °C	460 °C
Tekanan Reaksi	1 atm	0,0132 – 0,132 atm
Katalis	<i>Vanadium-Titanium- Oxide</i>	Aerogel Kromia- Alumina
Konversi	61%	-
Selektifitas	80%	97%
Referensi	(Cavalli, P., 1987)	(Younes, M.K. & Ghorbel, A, 1999)

Pada Tabel I. 3 proses pembuatan *Phenyl Cyanide* dari toluena dan amonia dengan reaksi *Ammoxidation* dengan Perbandingan Beberapa Proses Produksi *Phenyl Cyanide* Proses yang dipilih dalam pembuatan *Phenyl Cyanide* adalah *Ammoxidation* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kebutuhan bahan baku terpenuhi. Hal ini disebabkan karena bahan bakunya yaitu Toluena dan Amonia yang mudah diperoleh dari PT. Pupuk Kujang, Karawang dan PT. TPPI sehingga tidak perlu mengimpor dari luar negeri.
2. Proses ini tidak menghasilkan produk samping
3. Konversi reaksi cukup tinggi

I.1.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi *Phenyl Cyanide* dan pembentukan karbon dioksida menunjukkan kira-kira orde pertama terhadap hidrokarbon tekanan parsial. Suhu yang digunakan pada proses *Ammonoxidation* sekitar 360-407 °C dan tekanan yang digunakan 1 atm, Rasio amonia terhadap toluenaa adalah 8 : 6 : 1 dengan waktu kontak 2,4 s Dengan selektivitas 80 % (Cavalli, P., 1987).



Kondisi operasi:

P = 1 atm

T = 360 °C

Katalis = Vanadium

Fase = gas

Yield = 85%

Tinjauan Kinetika:

$$k = \frac{r (1 + K_{C_7H_8} \cdot P_{C_7H_8} + K_{NH_3} \cdot P_{NH_3})}{P_{C_7H_8}}$$

$$k = \frac{1,79 \text{ mol m}^{-3} \text{ s}^{-1} (1 + 191,9 \text{ atm}^{-1} \cdot 0,0117 \text{ atm} + 24,1 \text{ atm}^{-1} \cdot 0,075 \text{ atm})}{0,0117 \text{ atm}}$$

$$k = 759,5 \text{ mol/m}^3 \text{ S atm}$$

Keterangan :

- r = Kecepatan reaksi
 K = Adsorpsi konstanta
 p = Tekanan parsial

(Cavalli, 1987)

Berikut merupakan nilai parameter yang dihitung dapat dilihat dari Table I.4 adalah sebagai berikut:

Tabel I. 4 *Calculated Values of the Parameters*

	at temp, °C		
	310	325	339
$k, \text{mol m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{atm}^{-1}$	482,2	613,3	759,5
$k', \text{mol m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{atm}^{-1}$	358,5	504,6	683,7
$k'', \text{mol m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{atm}^{-1}$	22,1	27,9	34,2
$K'_{\text{C}_7\text{H}_8}, \text{atm}^{-1}$	350,0	254,6	191,9
$K_{\text{NH}_3}, \text{atm}^{-1}$	37,6	29,7	24,1
$K'_{\text{NH}_3}, \text{atm}^{-1}$	5,15	3,85	3,08

(Cavalli, 1987)

I.1.5 Tinjauan Termodinamika

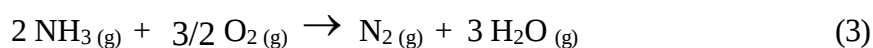
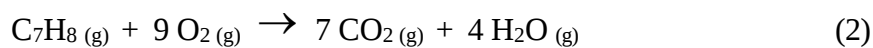
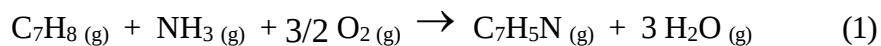
Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi yang terjadi. Reaksi pembuatan *Phenyl Cyanide* dari toluena berlangsung secara eksotermis hal ini dapat ditinjau melalui ΔH reaksi pada suhu 298K. Dilihat dari tinjauan termodinamikanya dapat diketahui sebagai berikut:

Tabel I. 5 Harga ΔH_f°

ΔH_f° (kJoule / mol)	ΔH_f° 298
C_7H_8	50,2
C_7H_5N	218,8
NH_3	-45,90
O_2	0
H_2O	-241,80
CO_2	-393,50
N_2	0

(Yaws, 1999)

Pada proses pembuatan *Phenyl Cyanide* terjadi reaksi berikut :



$$\Delta H_r I = \sum \Delta H_f \text{ produk} - \sum \Delta H_f \text{ reaktan} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r I &= ((\Delta H_r C_7H_5N + \Delta H_r 3H_2O) - (\Delta H_r C_7H_8 + \Delta H_r NH_3 + \Delta H_r \frac{3}{2} O_2)) \\ &= ((218,82 + 3(-241,80)) - (50,2 + (-45,90) + 1,5(0)) \\ &= -510,88 \text{ kJoule} \end{aligned}$$

$$\Delta H_r \text{ II} = \sum \Delta H_f \text{ produk} - \sum \Delta H_f \text{ reaktan} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r \text{ II} &= ((\Delta H_f 7 \text{ CO}_2 + \Delta H_f 4 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f \text{ C}_7\text{H}_8 + \Delta H_f 9 \text{ O}_2)) \\ &= (7 (-393,50) + 4(-241,80)) - (50,2 + 9 (0)) \\ &= -3771,9 \text{ kJoule} \end{aligned}$$

$$\Delta H_r \text{ III} = \sum \Delta H_f \text{ produk} - \sum \Delta H_f \text{ reaktan} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r \text{ III} &= ((\Delta H_f \text{ N}_2 + \Delta H_f 3 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f 2 \text{ NH}_3 + \Delta H_f 3/2 \text{ O}_2)) \\ &= ((0) + 3(-241,40)) - (2 (-45,90) + 3/2 (0)) \\ &= -632,4 \text{ kJoule} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan harga ΔH_{r298} untuk reaksi ke-II dan ke-III. Harga ΔH masing-masing reaksi dapat dilihat pada tabel I.6.

Tabel I. 6 Harga ΔH_{298}

$\Delta H \text{ (kJoule)}$	ΔH_{298}
Reaksi 1	-510,88
Reaksi 2	-3771,7
Reaksi 3	-632,4

Berdasarkan hasil nilai ΔH_{r298} dari ketiga reaksi diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, Maka proses ini memerlukan mantel pendingin untuk mempertahankan suhunya.

Tabel I. 7 Harga Energi Gibbs

Komponen	Kjoule/mol.K
C ₇ H ₈	122,01
C ₇ H ₅ N	260,87
NH ₃	-16,40
O ₂	0
H ₂ O	-228,60
CO ₂	-394,40
N ₂	0

(Yaws, 1999)

$$\Delta G_r = \sum \Delta G_f \text{ produk} - \sum \Delta G_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta G_r = ((\Delta G_r \text{ C}_7\text{H}_5\text{N} + \Delta G_r 3\text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_r \text{ C}_7\text{H}_8 + \Delta G_r \text{ NH}_3 + \Delta G_r 3/2 \text{ O}_2))$$

$$= ((260,87 + 3(-228,6)) - (122,01 + (-16,4) + 1,5(0)))$$

$$= -530,54 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT}$$

$$\ln K = \frac{-530,54 \text{ kJ/mol}}{(8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol})(298,15 \text{ K})}$$

$$\ln K = \frac{530,54 \text{ kJ/mol}}{2,4788}$$

$$K = 8,9634 \times 10^{92}$$

Untuk harga tetapan kesetimbangan pada T= 613,15 K adalah sebagai berikut:

$$\ln K_{613\text{K}} - \ln K_{298\text{K}} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K}{8,9634 \times 10^{92}} \right) = \frac{-510,88 \text{ kJ/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left(\frac{1}{613,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K}{8,9634 \times 10^{92}} \right) = 0,1058$$

$$\left(\frac{k}{8,963 \times 10^{92}} \right) = 1,1115$$

$$K = 9,9623 \times 10^{92}$$

Dengan hasil harga $T = 613,15$ K yang cukup tinggi, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan *Phenyl Cyanide* dari toluena merupakan fase *irreversible* (reaksi yang tidak dapat balik) (Smith Vannes, 1984).

I.1.6 Kegunaan Produk

Kegunaan *Phenyl Cyanide* dalam dunia industri, antara lain :

1. Sebagai bahan sintesis benzoguanin yang merupakan *derivative* dari melamin.
2. Sebagai bahan pendukung pada pembuatan *protective coating* dan *molding resin*.
3. Sebagai *separating agent* dalam pemisahan *naphthalene* dan *alkylnaphtlene* dari campuran senyawa non *aromatic* melalui distilasi *azeotrop*.
4. Sebagai zat aditif pada pembasuhan plat-plat nikel, bahan bakar jet, pemutihan kain katun, pengeringan serat *acrylic* dan pemisahan *titanium tetrachloride* dan *vanadium oxychloride* dari *silicon tetrachloride*.