

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan persaingan antar negara dalam bidang industri saat ini semakin meningkat, sehingga Indonesia dituntut untuk mampu bersaing. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh terhadap ketahanan ekonomi Indonesia dalam menghadapi persaingan di pasar bebas. Salah satu sektor yang berpengaruh terhadap perekonomian negara adalah sektor industri kimia dan banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Pembangunan pabrik baru atau inovasi proses produksi yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satunya dengan pembangunan pabrik acrylonitrile.

Acrylonitrile (C_3H_3N) merupakan senyawa kimia tak jenuh berikatan rangkap karbon-karbon yang berkonjugasi dengan golongan nitril (Kirk and Othmer, 1993). *Acrylonitrile* sering disebut sebagai *acrylic acid nitrile*, *propylene nitrile*, *vinyl cyanide*, dan *propenoic acid nitrile*, merupakan cairan jernih, tidak berwarna, dan larut dalam berbagai pelarut organik, seperti etanol, aseton, etil asetat, karbon tetraklorida, dan *benzene*, namun hanya larut sebagian dalam air. *Acrylonitrile* digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan polimer seperti acrylicfibers, termoplastik (*Acrylonitrile/ Butadiene/ Styrene*, *Styrene/ Acrylonitrile*), karet sintetik dan juga adiponitrile (Speight, J., 2002).

Hingga saat ini *acrylonitrile* masih diimpor dari Jepang, Singapura, dan Amerika. Dengan didirikannya pabrik acrylonitrile di Indonesia, kemungkinan impor dapat dikurangi. Bahkan apabila produksi sudah melebihi kebutuhan dalam negeri, acrylonitrile dapat menjadi produk ekspor. Dengan semakin meningkatnya perkembangan industri di Indonesia, maka diperkirakan permintaan bahan baku acrylonitrile pada tahun-tahun mendatang juga akan meningkat. Dari berbagai pertimbangan di atas dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik *acrylonitrile* di Indonesia sangat diperlukan. Di Indonesia sendiri kebutuhan *acrylonitrile* masih

diimpor dari Negara lain. Dengan didirikannya pabrik acrylonitrile di Indonesia, kebutuhan acrylonitrile dalam negeri dapat dipenuhi dan sisanya dapat di ekspor. Selain pertimbangan tersebut, pendirian pabrik ini juga didasarkan untuk memajukan sektor ekonomi Indonesia. Ketersediaan acrylonitrile dalam negeri akan mendorong berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang berbahan baku acrylonitrile. Pabrik acrylonitrile ini direncanakan untuk tahun 2023 dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat mengekspor produk ke luar negeri.

Prarancangan pabrik *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* dengan menggunakan proses dehidrasi *ethylene cyanohydrin* dengan menggunakan katalis alumina. Pada proses ini dapat membentuk produk acrylonitrile dan air sebagai produk samping nya. Jadi praperancangan pabrik *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* ini akan menggunakan hysys dengan kapasitas 50.000 ton/tahun.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah pendirian pabrik dapat mengurangi ketergantungan impor *acrylonitrile* dari luar negeri?
2. Bagaimanakah laju alir proses menggunakan proses *ethylene cyanohydrin*?
3. Apakah pabrik *acrylonitrile* layak untuk didirikan?

1.3 Tujuan Perancangan

Adapun tujuan yang mendasari dalam pembuatan pabrik Acrylonitrile sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia dan mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain dalam upaya menghemat devisa negara.
2. Dapat mememacu pertumbuhan industri yang berbahan baku *acrylonitrile* di Indonesia.
3. Dapat meningkatkan devisa negara bila hasil produk *acrylonitrile* diekspor.

1.4 Manfaat Perancangan

Manfaat prarancangan pabrik acrylonitrile dari propilena, amoniak dan udara menggunakan proses hidrasi adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi kebutuhan *Acrylonitrile* di Indonesia.
2. Memajukan ekonomi negara dan membuka lapangan kerja baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran.
3. Membuktikan bahwa sarjana-sarjana Indonesia mampu menyerap teknologi modern sehingga tidak bergantung kepada negara lain.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik *Acrylonitrile* ini yaitu:

1. Prarancangan secara teknis difokuskan pada pabrik *acrylonitrile* dengan proses proses dehidrasi *ethylene cyanohydrin*.
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi, menghitung neraca massa dan energi, spesifikasi alat, perencanaan alat utama, dan spesifikasi alat.

1.6 Penentuan Kapasitas Produk

Dalam menentukan kapasitas pabrik *acrylonitrile*, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan akan *acrylonitrile*, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik yang sudah ada.

1.6.1 Kebutuhan Acrylonitrile di Indonesia

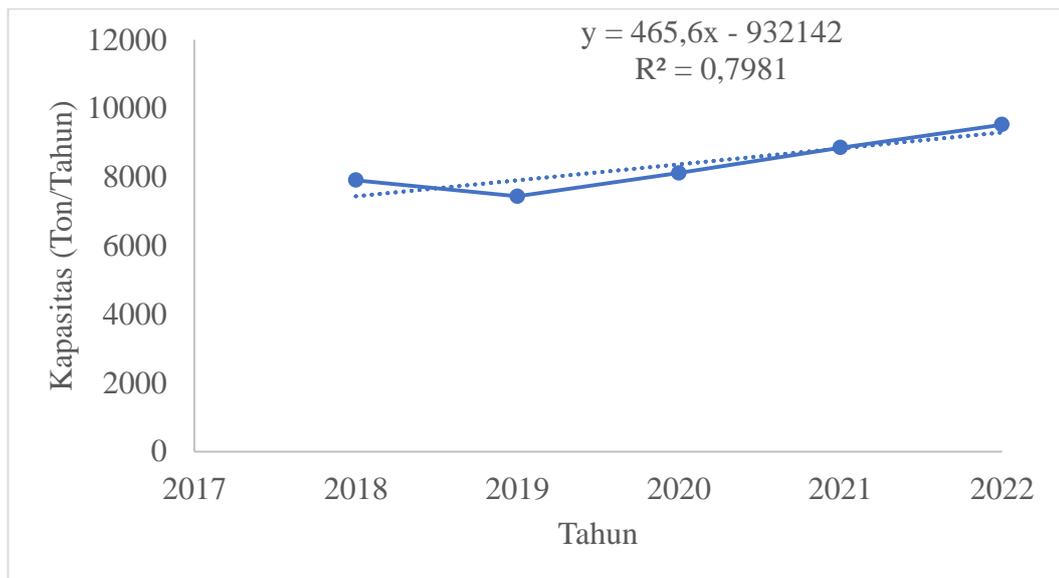
Menentukan besar kecilnya kapasitas suatu pabrik yang akan dirancang, kita harus mengetahui kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dengan tujuan dapat mengetahui kebutuhan pasar, sehingga dapat memperkirakan jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang beberapa tahun kedepan. Kebutuhan *acrylonitrile* dalam industri di Indonesia cukup tinggi. Selama ini untuk memenuhi kebutuhan acrylonitrile dalam negeri, Indonesia melakukan impor dari seluruh dunia. Data impor *acrylonitrile* di Indonesia bisa dilihat pada Tabel 1.1 berikut data impor Acrylonitrile menurut data Badan Pusat Statistik Nasional dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Acrylonitrile tahun 2018-2022.

Tahun	Total (ton/tahun)
2018	7.907
2019	7.440
2020	8.120
2021	8.858
2022	9.526

Sumber: Bps.go.id, Badan Pusat Statistik, 2018-2022.

Berdasarkan data impor acrylonitrile di Indonesia, dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti Gambar 1.1. Menurut Badan Pusat Statistik Nasional di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Pertumbuhan Impor *Acrylonitrile* di Indonesia

Dari gambar 1.1 disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan *acrylonitrile* terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan *acrylonitrile* pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat. Untuk menghitung kebutuhan akan *acrylonitrile* pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan *acrylonitrile* dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a(x) + b \dots\dots\dots (1.6)$$

$$y = 465,6 (x) - 932.142$$

$$y = 465,6 (2027) - 932.142$$

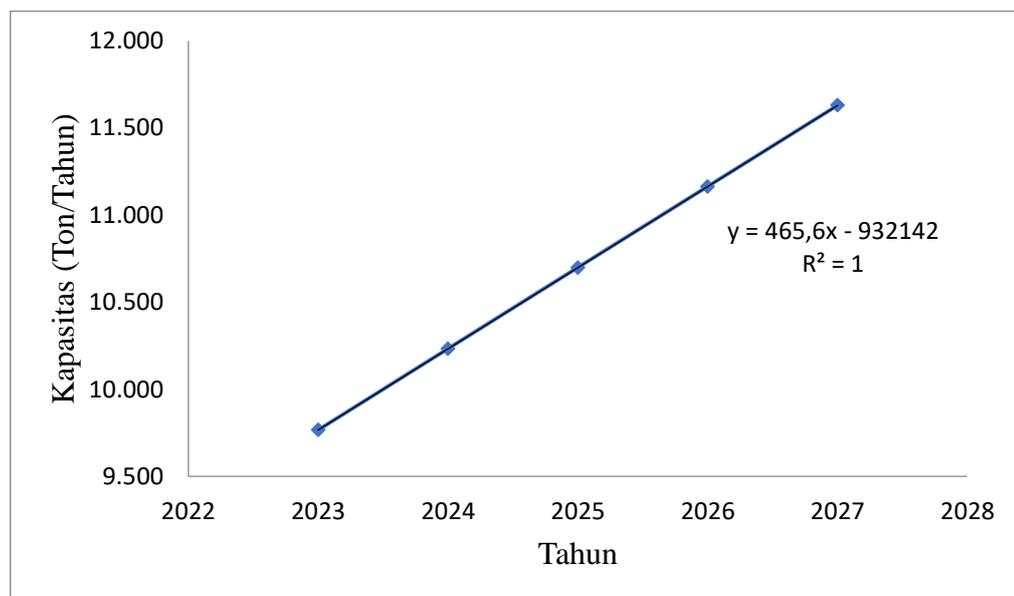
$$y = 11.629,2$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar 11.629,4 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Ekstrapolasi Impor *Acrylonitrile* di Indonesia.

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2023	9.767
2024	10.232,6
2025	10.698,2
2026	11.163,8
2027	11.629,2

Berdasarkan data ekstrapolasi *acrylonitrile* di atas, dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Data Ekstrapolasi

1.6.2 Kebutuhan *Acrylonitrile* diluar Negeri

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik *acrylonitrile* yang akan didirikan ini juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kebutuhan *acrylonitrile* di Dunia terlihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Kebutuhan *acrylonitrile* di Dunia.

Negara	Kebutuhan Impor <i>Acrylonitrile</i> (Ton/Tahun)					
	2017	2018	2019	2020	2021	2027
Cina	270.778	369.984	309.101	306.639	203.773	134.171
Germany	73.813	79.380	70.239	51.051	-	2.807
Korea	150.867	169.131	165.629	187.215	216.038	296.516
Thailand	13.342	13.858	9.945	18.544	19.488	28.617
USA	6.086	53	49	7.000	3.874	5.431
Total						467.542

Sumber: www.comtrade.un.org, UN DATA , 2022

Dari Tabel 1.3 diperoleh total kebutuhan impor *acrylonitrile* dari kelima negara tersebut pada tahun 2027 semakin meningkat. Dengan mengekstrapolasi kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2027 kebutuhan akan meningkat hingga 469.542 ton/tahun.

Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi *acrylonitrile* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu Formosa Plastics dengan jumlah 410.000 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu Shanghai Secco Petrochemical dengan jumlah 20.000 ton/tahun. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat kita lihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Kapasitas Produksi Pabrik *Acrylonitrile* di Beberapa Negara.

Produsen	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Acrilonitrila do Nordeste	Camacari, Brazil	90.000
Anqing Petrochemical	Anqing, China	130.000
Asahi Kasei	Kawasaki+Mizushima, Japan	250.000

Cytec Industries	Fortier, Louisiana, US	227.000
Daqing Refining & Chemical	Daqing, China	120.000
Dia-NitriX	Mizushima+Otake, Japan	80.000
Qilu Petrochemical	Zibo, China	40.000
DuPont	Beaumont, Texas, US	60.000
Formosa Plastics	Mailiao, Taiwan	410.000
Tong suh Petrochemical	South Korea	80.000
INEOS	Cologne, Germany Green Lake, Texas, US Lima, Ohio, US Seal Sands, UK Tianjin, China	42.000
Sinopee Shanghai Gaoqiao Petrochemical	Pudong, China	150.000
Lukoil Neftochim	Burger, Bulgaria	66.000
Shanghai Secco Petrochemical	Caojing, China	20.000

Sumber: <http://www.icis.com>. ICIS, 2018-2023.

Berdasarkan data kebutuhan dan produksi dari beberapa negara, maka *acrylonitrile* direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Dimana produk *acrylonitrile* ini sebanyak 20% akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia sedangkan 80% lagi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kapasitas perancangan pabrik *acrylonitrile* ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *acrylonitrile* dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
2. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan *acrylonitrile* sebagai bahan baku. Dan dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

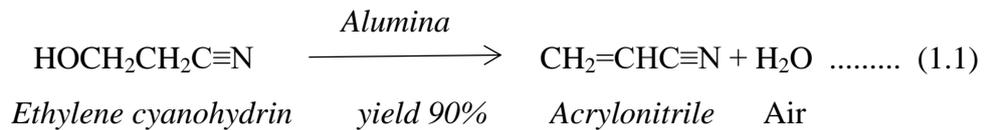
Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri sehingga dapat menambah devisa negara.

1.7 Pemilihan Proses

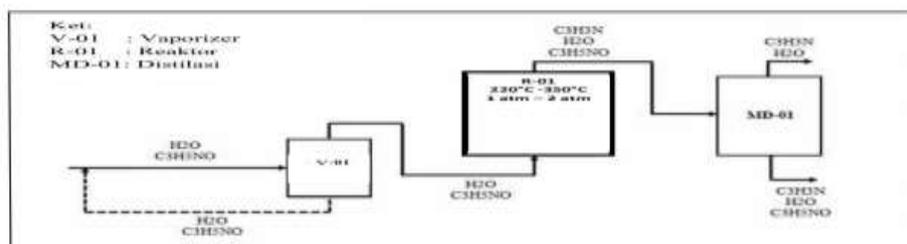
Dalam penentuan proses yang akan dipakai perlu dipertimbangkan beberapa faktor untuk mendapatkan proses yang paling menguntungkan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah pengadaan bahan baku yang murah dan mudah didapat, biaya investasi dan operasi yang rendah, pengolahan limbah yang minimal, faktor resiko yang kecil dan diperoleh yield yang besar. Pada saat ini ada beberapa macam proses yang digunakan dalam pembuatan produk Acrylonitrile.

1.7.1 Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin*

Pada proses dehidrasi *ethylene cyanohydrin* dapat terjadi reaksi sebagai berikut:



Ethylene cyanohydrin juga masuk ke dalam golongan senyawa kimia yang disebut nitril atau hidrosinitril. Senyawa-senyawa ini memiliki gugus fungsional -CN (*cyano*) yang terikat pada atom karbon (C) yang juga terikat dengan gugus hidroksil (-OH). Gugus ini terdiri dari atom karbon yang terikat dengan nitrogen (N) dan oksigen (O), serta atom karbon lainnya dalam rantai karbon. Rumus kimia ethylene cyanohydrin adalah C₂H₃NO, dan senyawa ini sering digunakan dalam sintesis kimia dan industri sebagai bahan baku atau intermediate untuk menghasilkan berbagai produk kimia lainnya.

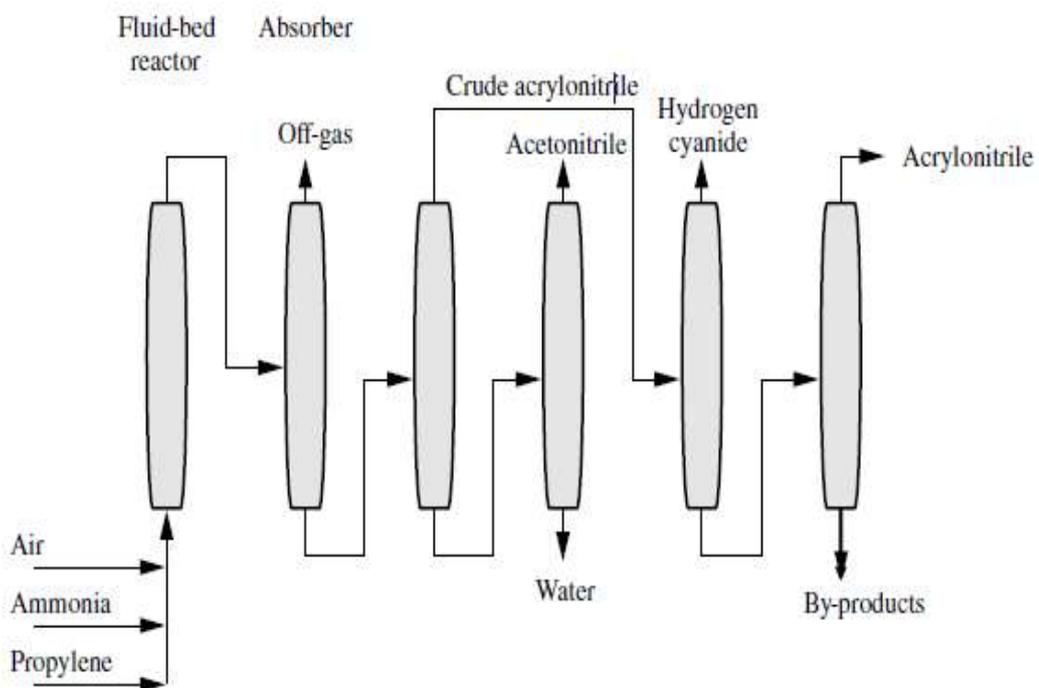
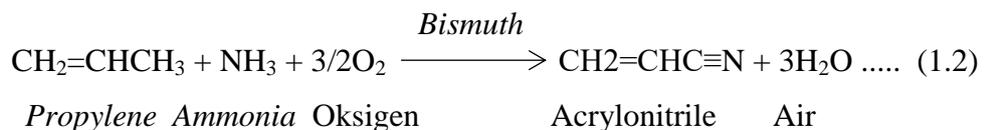


Gambar 1.3 Flowsheet dasar Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin*
 Sumber: Hansora, 2014

Proses pembuatan ini dapat dilakukan dengan beberapa fase, yaitu fase cair dengan katalis cair, fase cair dengan katalis padat, fase gas dengan katalis padat. Pada proses ini diperoleh yield sebesar 90%. Kondisi operasi proses dehidrasi *ethylene cyanohydrin* dapat dilakukan pada tekanan 1,2 atm dengan suhu 250-350°C. Katalis yang digunakan berupa alumina yang berfungsi untuk mempercepat reaksi yang berlangsung. Produk keluaran berupa acrylonitrile dan air serta *ethylene cyanohydrin* yang tidak bereaksi. Pemurnian *acrylonitrile* diperlukan untuk mendapatkan hasil kemurnian sebesar 99% dan 1% air (W. L. Faith, 1965).

1.7.2 Amoksidasi Propilena

Metode amoksidasi propilen merupakan salah satu metode yang dikenal juga dengan nama *Sohio* proses. Reaksi utama yang terjadi pada metode ini adalah :

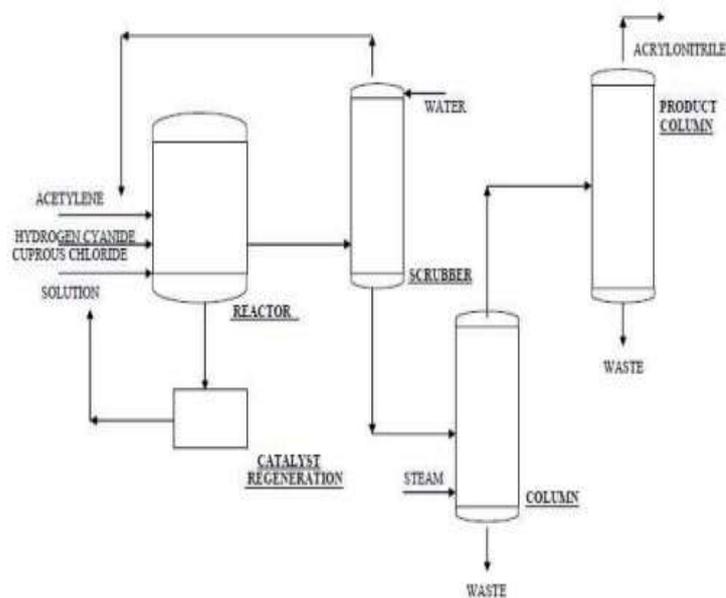
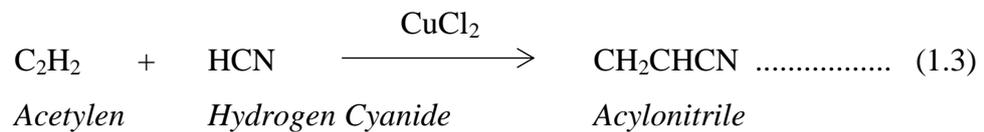


Gambar 1.4 Flowsheet dasar Proses *Propylene Amoxidation*
 Sumber: Speight, 2002

Bahan baku yang digunakan untuk proses ini berupa propena, amoniak, dan udara. Reaksi dapat berlangsung dalam reaktor fluidized-bed pada suhu 400 - 500° C dan tekanan 0,5-2 atm dengan bantuan katalis *bismuth-molybdenum oxide*. Pada proses ini diperoleh yield 70%, namun menghasilkan banyak reaksi samping sehingga diperlukan unit pemisah yang lebih banyak dan kompleks.

1.7.3 Acetylene dan Hydrogen Cyanide

Pada proses ini reaksi akan terbentuk ketika terjadi penambahan langsung *hydrogen cyanide* ke dalam reaktor yang sudah berisi acetylene dengan katalis CuCl_2 . Dengan menggunakan kondisi operasi pada suhu 70°C dan tekanan 0,1-0,3 atm akan diperoleh reaksi sebagai berikut:



Gambar 1.5 Flowsheet dasar Proses Acetylene dan *Hydroogen Cyanide*
 Sumber: Hansora, 2014.

Perbandingan mol bahan baku antara *acetylene* dan *hydrogen cyanide* sebesar 10:1 sehingga diperoleh yield 80%. Produk keluaran dari reaktor mengandung acrylonitrile, *acetylene* yang tidak bereaksi, HCN, dan sejumlah kecil produk lainnya seperti *vinyl acetylene*, *divinyl chloride*, *acetaldehyde*.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses *Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin*, Proses Amoksidasi Propilen, dan Proses *Acetylene* dan *Hydrogen Cyanide*.

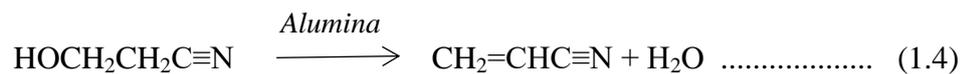
Parameter	Proses Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin	Proses Amoksidasi Propilena	Proses Acetylene dan Hydrogen Cyanide
Bahan Baku	<i>Ethylene cyanohydrin</i> : Impor	<i>Ammonia</i> : mudah diperoleh di pasar domestik <i>Propilen</i> : mudah diperoleh di pasar domestik namun harga relatif naik tiap tahun	<i>Acetylene</i> : mudah diperoleh dipasar domestik <i>Hydrogen cyanide</i> : Impor
Katalis	<i>Alumina</i>	<i>Bismuth-molybdenum oxide</i>	<i>Cuprous chloride</i> (CuCl ₂)
Kondisi Operasi	Suhu : 250 -350 °C Tekanan : 1,2 atm	Suhu : 400 -500 °C Tekanan : 0,5 – 2 atm	Suhu : 70 °C Tekanan : 0,1 – 0,3 atm
Yield	90%	70%	80%
Produk samping	H ₂ O	Uap air	<i>Vinyl acetylene, divinyl acetylene, acetaldehyde</i> , dan lain-lain
Fase reaksi	Gas dengan katalis padat	Gas dengan katalis padat	Gas dengan katalis padat

Dari tabel 1.5 dapat diketahui perbedaan antara proses *Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin*, Proses Amoksidasi Propilen, dan Proses *Acetylene* dan *Hydrogen Cyanide*. Dari ketiga proses tersebut proses Proses *Ethylene Cyanohydrin* merupakan metode yang tepat dalam rancangan pabrik *acrylonitrile* dengan beberapa pertimbangan yaitu:

1. Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* merupakan reaksi pengurangan sehingga hanya memerlukan satu bahan baku.
2. Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* memiliki kondisi yang mendekati tekanan atmosfer.
3. Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* memiliki nilai yield yang tinggi yaitu 90%.

1.7.4 Analisa Ekonimi Awal

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi teknik dan ekonomi. Adapun analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi pada persamaan (1.4).



Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Harga Bahan Baku dan Produk.

Parameter	Bahan Baku		Produk	
	Ethylene Chynohidrine		Acrylonitrile	
Berat Molekul	71 gr/mol		53 gr/mol	
Harga per Kg	Rp 3.582,06/Kg		Rp 28.392/kg	
Kebutuhan	1 mol × 71gr/mol = 71 gr = 0,071 Kg		1 mol × 53 mol/gr =53 gr = 0,053 Kg	
Harga Total	Rp 254,32		Rp. 1.504,77	

Analisa Ekonomi Awal = Harga Produk – Harga Bahan Baku
 = Rp1.504,77 – Rp 254,32
 = Rp 1.250,45

Sumber: Kanto Chemical co.,inc dan bps.go.id

1.8 Uraian Proses

Secara garis besar pembuatan *acrylonitrile* dengan Proses dehidrasi ethylene cyanohydrin menggunakan katalis alumina terdiri dari 3 tahap, yaitu:

tahap persiapan bahan baku, tahap pembentukan produk dan tahap pemurnian produk.

1. Persiapan Bahan Baku

Pada proses pembuatan Acrilonitrile umpan berupa *ethylene cyanohydrin* yang disimpan dalam tank pada temperatur kamar 35°C dan tekanan 1 atm didalam tangki dengan komposisi *ethylene cyanohydrin* (97%) dan air (3%). *Ethylene cyanohydrin* dinaikkan tekanan nya menjadi 1,2 atm. Cairan *ethylene cyanohydrin* dialirkan ke Vaporizer (V-101) untuk diuapkan dengan menggunakan saturated steam sebagai media memanans dinaikkan suhu nya dari 35°C menjadi 280°C. Hasil keluaran dialirkan ke reaktor (PFR-101). Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi operasi reaktor.

2. Tahap Reaksi dalam Reaktor

Ethylene cyanohydrin keluaran vaporizer (V-101) dialirkan ke reaktor (PFR-101) untuk proses dehidrasi. Proses dehidrasi dimaksudkan untuk menghasilkan *acrylonitrile*. Proses ini berlangsung pada suhu 280°C dan tekanan 1.2 atm dalam reaktor fixed bed multitube dengan bantuan katalis alumina. Reaksi dehidrasi berlangsung di dalam tube reaktor pada sisi shell dialiri *Steam* sebagai media pemanas. Hasil keluaran reaktor (PFR-101) diturunkan suhunya sampai 70°C.

3. Tahap Pemurnian Produk

Hasil keluar reaktor (PFR-101) di ubah fasenya menjadi fase cair dengan menggunakan *condenser* (C-101) untuk diturunkan suhunya menjadi 70°C. Hasil keluaran dari condenser (C-101) kemudian diumpankan ke menara distilasi (D - 201) untuk dilakukan pemisahan sehingga didapatkan hasil dengan kemurnian yang tinggi.

Hasil atas menara distilasi (D-201) berupa *Acrylonitrile* 95% dengan impuritis air 5% kemudian disimpan ke dalam tangki (T-201) sebagai produk, sedangkan hasil bawah menara distilasi (D-201) berupa *ethylene chynohidrine* dan air masuk ke pompa (P-102) untuk di alirkan menuju menara distilasi (D-202) untuk dipisahkan *ethylene chynohidrine* dengan air. Hasil atas menara distilasi (D-202) berupa air yang kemudian disimpan didalam tank penampungan limbah. Hasil bawah menara

distilasi (D-202) berupa *ethylene chynohidrine* yang kemudian akan di *recycle* kembali ke mixer (MIX-101) sebelum masuk ke reaktor.