

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufik, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabatnya, serta orang-orang yang taat kepada ajarannya.

Prarancangan Pabrik ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib di tempuh di Fakultas Teknik Jurusan Teknik kimia Universitas Malikussaleh. Prarancangan Pabrik ini dengan judul “Prarancangan Pabrik *Acrylonitrile* dengan Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* (Penggunaan *Heat Exchanger*) Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”.

Adapun Prarancangan Pabrik ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan kurikulum pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Dalam penulisan Proposal Prarancangan Pabrik ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terimakasih terutama kepada orang tua yang telah membantu penulis dalam berbagai hal, juga kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Herman Fithra, M.T., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh sekaligus Dosen Pembimbing I Tugas Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh.
4. Ibu Meriatna, ST., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh.
5. Ibu Dr. Ir. Rozanna Dewi, ST., M.Sc., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Malikussaleh sekaligus Dosen Penguji II Tugas Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh.

6. Bapak Eddy Kurniawan., ST., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh.
7. Ibu Dr. Leni Maulinda, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I Tugas Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh.
8. Semua pihak yang bersangkutan yang tidak dapat disebutkan satu persatu untuk membantu penulis menyelesaikan Proposal Tugas Prarancangan Pabrik ini.

Semoga amal baik mereka mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan berlipat ganda. Penyusun menyadari bahwa dengan segala keterbatasan Tugas Prarancangan Pabrik ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan masukan yang membangun sangat penyusun hargai dan harapkan demi sempurnanya Tugas Prarancangan Pabrik ini kedepannya. Akhirnya semoga tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Lhokseumawe, Juli 2025
Penyusun

Tim Perancang

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. Di karenakan indonesia masih mengandalkan impor yang di anggap lebih efisien, seiring meningkatnya permintaan pasar maka didirikannya pabrik *acrylonitrile* di Indonesia, sehingga 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 2029 dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat mengeksport 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

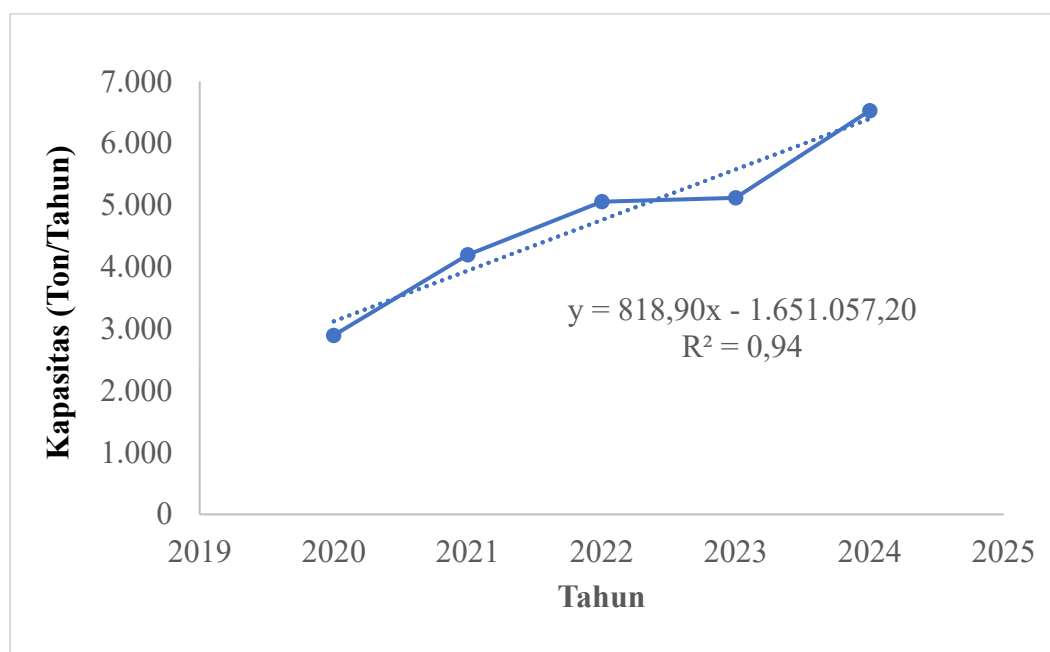
Menentukan besar kecilnya kapasitas suatu pabrik yang akan dirancang, kita harus mengetahui kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dengan tujuan dapat mengetahui kebutuhan pasar, sehingga dapat memperkirakan jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang beberapa tahun kedepan. Kebutuhan *acrylonitrile* 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 2020-2024

Tahun	Total (ton/tahun)
2020	2.894
2021	4.195
2022	5.058
2023	5.120
2024	6.526

(Sumber: Bps.go.id, Badan Pusat Statistik).

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:

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

$$y = 818,90(x) - 1.651.057,20$$

$$y = 818.90(2029) - 1.651.057,20$$

$$y = 10.490,9$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia pada tahun 2029 adalah sebesar 10.490,9 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Ekstrapolasi Impor *Acrylonitrile* di Indonesia.

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	7.215
2026	8.034
2027	8.853
2028	9.672
2029	10.491
2030	11.309

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 Acrylonitrile (Ton/Tahun)						2030
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Cina	270.778	369.984	309.101	306.639	203.773	134.171	147.328
Germany	73.813	79.380	70.239	51.051	-	2.807	12.678
Korea	150.867	169.131	165.629	187.215	216.038	296.516	286.621
Thailand	13.342	13.858	9.945	18.544	19.488	28.617	27.485
USA	6.086	53	49	7.000	3.874	5.431	5.262
Total							479.376

(Sumber: www.comtrade.un.org, UN DATA , 2025).

Dari Tabel 1.3 diperoleh total kebutuhan impor *acrylonitrile* dari kelima negara tersebut pada tahun 2029 semakin meningkat. Dengan mengekstrapolasi kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2029 kebutuhan akan meningkat hingga 479.376 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).

Berdasarkan data kebutuhan dan produksi dari beberapa negara, maka *acrylonitrile* direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Dimana pabrik *acrylonitrile* ini merupakan pabrik yang pertama kali didirikan di Indonesia, 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.

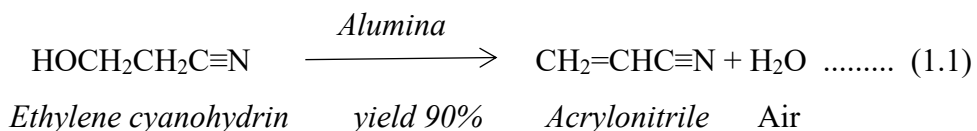
Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri sehingga dapat menambah devisa negara.

1.7 Pemilihan Proses

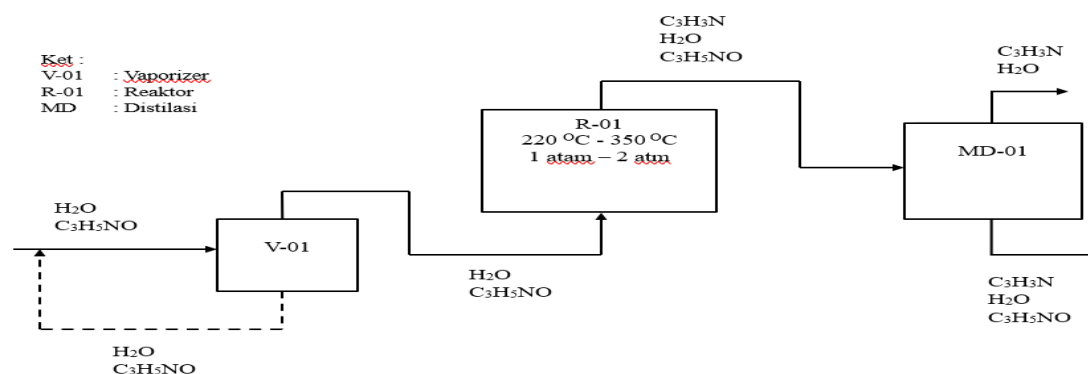
Dalam penentuan proses yang akan dipakai perlu dipertimbangkan beberapa faktor untuk mendapatkan proses yang paling menguntungkan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah pengadaan bahan baku yang murah dan mudah didapat, biaya investasi dan operasi yang rendah, pengolahan limbah yang minimal, faktor 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 hidroksinitril. Senyawa-senyawa ini memiliki gugus fungsional -CN (*ciano*) 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 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$, dan senyawa ini sering digunakan dalam sintesis kimia dan industri sebagai bahan baku atau *intermediate* untuk menghasilkan berbagai produk kimia lainnya.

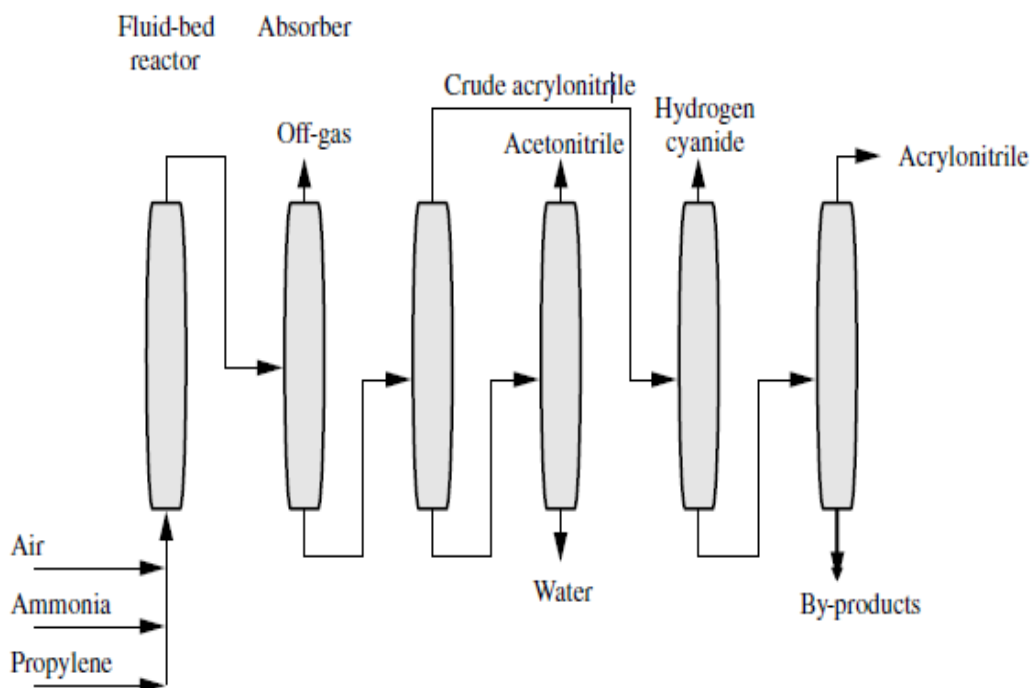
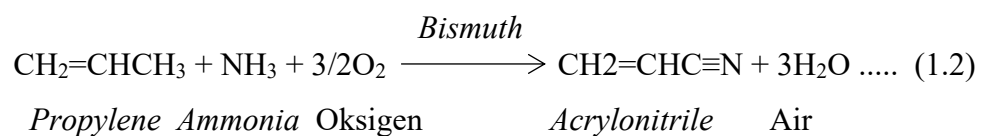


Gambar 1.3 Flowsheet dasar Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin*
Sumber: Hansora, 2014

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 :

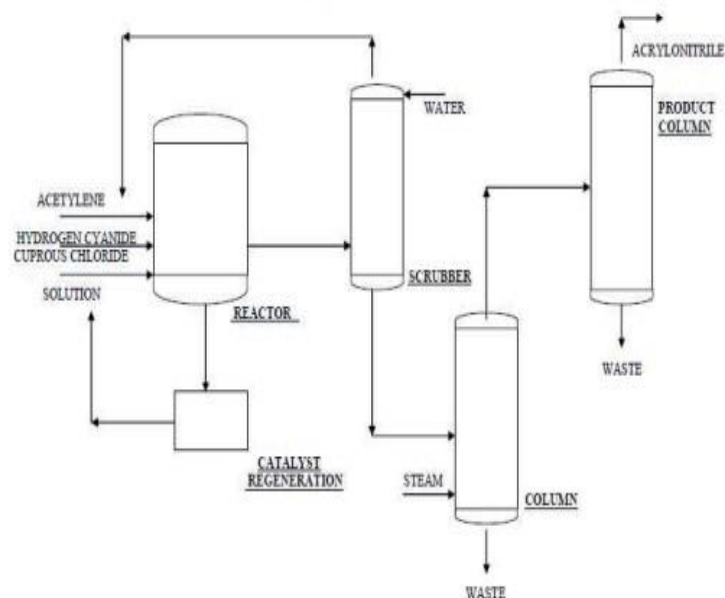
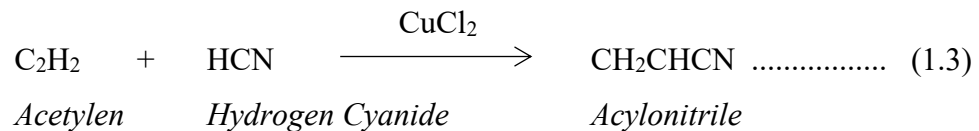


Gambar 1.4 Flowsheet dasar Proses *Propylene Amoxidation*
Sumber: Speight, 2002

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 Hydroogen 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*.

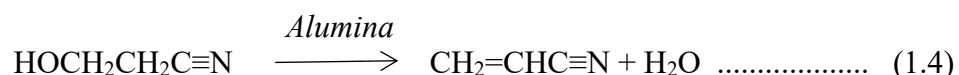
Parameter	Proses Dehidrasi <i>Ethylene Cyanohydrin</i>	Proses Amoksidasi Propilena	Proses <i>Acetylene</i> dan <i>Hydrogen Cyanide</i>
Bahan Baku	<i>Ethylene cyanohydrin</i> : Impor	Ammonia : mudah diperoleh di pasar domestik <i>Propilen</i> : mudah diperoleh di pasar domestik namun harga relatif naik 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 *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	Katalis
	<i>Ethylene Chynohidrin</i>	<i>Acrylonitrile</i>	<i>Alumina oxide</i>
Berat Molekul	71 gr/mol	53 gr/mol	101,96 gr/mol
Harga per Kg	Rp. 3.582,06/Kg	Rp. 28.392/kg	Rp. 59.561/kg
Kebutuhan	1 mol × 71gr/mol = 71 gr = 0,071 Kg	1 mol × 53 mol/gr =53 gr = 0,053 Kg	1 mol x 101,96 gr/mol = 101,96 gr = 0,10196
Harga Total	Rp 254,32	Rp. 1.504,77	Rp. 6.072,84
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp1.504,77 – Rp 254,32 = Rp 1.250,45		

(Sumber: Kanto Chemical co.,inc).

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 30°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 *Heat Exchanger* (HE-001) untuk dipanaskan dengan memanfaatkan panas keluaran reaktor dengan suhu 135°C, lalu untuk mencapai suhu yang sesuai sebelum ke reaktor *ethylene cyanohydrin* dipanaskan dengan *heater* (H-001) dengan suhu 280°C dan tekanan 1,2 atm . Hasil keluaran dialirkan ke reaktor (PFR-100). Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi operasi reaktor.

2. Tahap Reaksi dalam Reaktor

Ethylene cyanohydrin keluaran *heater* (H-001) dialirkan ke reaktor (PFR- 100) 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-100) diturunkan suhunya sampai 78,93°C.

3. Tahap Pemurnian Produk

Hasil keluar reaktor (PFR-100) di ubah fasenya menjadi fase cair dengan menggunakan *Heat Exchanger* (HE-101) untuk diturunkan suhunya menjadi 78,93°C. Hasil keluaran dari *Heat Exchanger* (HE-101) kemudian diumpankan ke menara distilasi (D -300) untuk dilakukan pemisahan sehingga didapatkan hasil dengan kemurnian yang tinggi.

Hasil atas menara distilasi (D-001) berupa *Acrylonitrile* 95% dengan impuritis air 5% kemudian disimpan ke dalam tangki (T-002) sebagai produk, sedangkan hasil bawah menara distilasi (D-001) berupa *ethylene chynohidrine* dan air masuk ke pompa (P-002) untuk di alirkan menuju menara distilasi (D-002) untuk

dipisahkan *ethylene chynohidrine* dengan air. Hasil atas menara distilasi (D-001) berupa air yang kemudian disimpan didalam tank penampungan limbah. Hasil bawah menara distilasi (D-002) berupa *ethylene chynohidrin* yang kemudian akan di *recycle* kembali ke mixer (MIX-001) sebelum masuk ke reaktor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Acrylonitrile

Acrylonitrile (Vinyl Cyanide), $\text{CH}_2 = \text{CHCN}$ adalah suatu *liquid* yang tak berwarna dengan bau yang sedikit tajam (pedas). *Acrylonitrile* ini ditemukan pada tahun 1933 oleh seorang ahli kimia berkebangsaan Prancis yaitu *CH. Mourea* dengan cara dehidrasi dari *Acrylonitrile* atau *Ethylene Cyanohidrine* dengan *fosfor pentaoksida*.



Senyawa *Acrylonitrile* yang sangat berguna ini hampir tidak pernah dikenal sampai sesaat sebelum perang dunia kedua ketika bangsa Jerman mulai mengembangkan kopolimer dari *Acrylonitrile* ini dengan *butadiene* untuk dijadikan karet yang tahan terhadap minyak. *Acrylonitrile* diproduksi di Amerika Serikat mulai tahun 1940 dan beberapa tahun kemudian dikembangkan dengan cepat selama perang berlangsung, terutama sekali untuk *Nitrile rubber*, yang digunakan untuk pelapis yang dapat berfungsi sebagai *seal* atau penahan pada tangki bahan bakar pesawat terbang. Sejak saat itu penggunaan *Acrylonitrile* mulai berkembang secara luas terutama sekali untuk *synthetic fiber*, *plastic modification natural fiber*, hidrolisis polimer menjadi poly elektrolytes dan sebagai bahan kimia lanjutan (Kirk, 1998).

Sejak tahun 1950, hampir seluruh *Acrylonitrile* yang diproduksi *Acrylic fiber*. Produk yang dipergunakan saat ini mempunyai kemurnian yang sangat tinggi, kotoran-kotoran yang selain air hanya dalam beberapa bagian per juta, sedangkan beberapa persen air sangat diperlukan untuk memperbaiki kestabilan dari produk dihasilkan (Perry, 1984).

Penggunaan *Acrylonitrile* dalam dunia industri sangat luas, antara lain sebagai bahan antara senyawa kimia lainnya (Yarns dan Exchange, 2007). Senyawa ini terutama digunakan sebagai monomer ataupun co-monomer untuk serat sintesis, plastik, dan elastomer. *Acrylonitrile* membuat beberapa polimer tahan terhadap

panas, bahan-bahan kimia, pelarut, dan cuaca. Selain itu, aplikasi *Acrylonitrile* pada serat *Acrylic* dan *Modacrylic* digunakan untuk memproduksi *Adiponitrile*, bahan antara Nylon melalui proses reduksi elektrolitik dan dimerisasi. Selanjutnya, *Adiponitrile* dihidrogenasi untuk menghasilkan *Hexamethylenediamine* yang merupakan suatu *co-monomer* dengan asam *Adipic* dalam pembuatan polimer Nylon 66 yang digunakan pada serat dan plastik (Nexant, 2006).

2.2 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

2.2.1 *Ethylene Cyanohidrine*

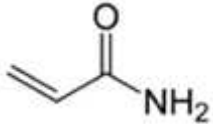
Ethylene chyanohydrin atau *acrylamide* telah tersedia secara komersial. Akrilamida dapat membentuk rantai polimer panjang yang dikenal sebagai poliakrilamida, yang juga karsinogenik. Polimer ini dipakai dalam pengental karena ia akan membentuk gel bila tercampur air. Dalam laboratorium biokimia poliakrilamida dipakai sebagai fase diam dalam elektroforesis gel) Ia dipakai pula dalam penanganan limbah cair, pembuatan kertas, pengolahan bijih besi, dan dalam pembuatan bahan pengepres. Beberapa akrilamida dipakai dalam pembuatan zat pewarna, atau untuk membentuk monomer lain.

Sifat kimia *Ethylene Cyanohydrin*:

1. Larut dalam air, *acetone*, *metil etil keton*, *chloroform*, dan *dietil ester*.
2. Tidak larut dalam *benzene*, *carbon tetrachloride* dan *naptha*.
3. Mudah terbakar.
4. Bahaya yang timbul adalah iritasi mata dan kulit.
5. Bukan senyawa korosif.

Berikut adalah sifat fisika dan kimia *Ethylene chyanohydrin* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisika dan kima *Ethylene chyanohydrin*.

 <p>Struktur molekul <i>Ethylene chyanohydrin</i></p>	
Nama IUPAC	prop-2-enamide
Nama lain	<i>Ethylene chyanohydrin</i>
Rumus molekul	C ₃ H ₅ NO
Massa molar	71,08 g/mol
Fase	Liquid
Warna	Tidak berwarna
Kelarutan dalam air	10 gram/ 100 mL (25°C)
Titik beku	-46,2°C (1 atm)
Titik didih	221 °C
Tekanan Kritis	48,9 bar
Viscositas	0,56 cp (25°C)

(Sumber : MSDS, 2018).

2.3 Sifat Fisika dan Kimia Katalis

2.3.1 Alumina

Logam aluminium pertama kali ditemukan pada tahun 1825, tetapi baru dalam jumlah sedikit sebagai logam berharga. Kesulitan yang belum teratasi sampai waktu yang lama adalah daya pengikatnya yang besar untuk elemen- elemen tertentu, terutama oksigen, dan suatu hal yang tidak mungkin pada waktu itu membersihkan logam tersebut dalam jumlah yang begitu banyak. Masalah ini tetap tidak terpecahkan sampai ada perkembangan dalam teknologi dan teknik kelistrikan sehingga memungkinkan dengan proses reduksi secara elektrolisa bisa menyuling sejumlah banyak logam alumina (oksida aluminium) yang disuling dari bijih

aluminium. Produksi aluminium ini sangat tergantung pada sumber listrik yang murah dan ini adalah merupakan alasan bahwa pabrik-pabrik pengolahan aluminium kepunyaan Inggris ditemukan di dataran Tinggi Skotlandia dimana telah dikembangkan sejumlah sumber listrik hidro yang besar (Damian, 2008).

Sumber aluminium terdapat dalam apa yang disebut dengan *bauxites* yang mana mengandung oksida aluminium yang tak murni, bebas air, dan dengan silika juga oksida besi yang juga merupakan kotoran-kotoran utama. Bauksit ditemukan diseluruh dunia terutama di daerah tropis dan subtropis, kebanyakan diolah dengan proses penuangan terbuka. Proses alumina Bayer umumnya digunakan untuk menyuling alumina dari bauksit yang telah dihancurkan yang terlebih dahulu dibersihkan dengan larutan kaustik soda panas. Ini memisahkan alumina sebagai sodium alumina.

Tabel 2.2 Sifat fisika bahan pembantu (Alumina/ katalisator).

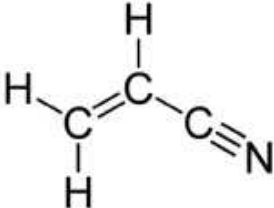
1.	Rumus molekul	AL_2O_3
2.	Bentuk	Bola tidak bewarna
3.	Berat molekul	101,96 g/mol
4.	Titik didih	2980 °C
5.	Titik lebur	2072 °C
6.	Warna	Putih
7.	Umur Katalis	1,5 Tahun

(Sumber : Thermo Fisher Scientific, MSDS Alumina, 2024).

2.4 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Produk Utama

Acrylonitrile (Vinyl Cyanide), $CH_2 = CHCN$ adalah suatu liquid yang tak berwarna dengan bau yang sedikit tajam (pedas). *Acrylonitrile* ini ditemukan pada tahun 1933 oleh seorang ahli kimia berkebangsaan Prancis yaitu CH. Mourea dengan cara dehidrasi dari *Acrylonitrile* atau *Ethylene Cyanohidrine* dengan fosfor pentaoksida.

Tabel 2.3 Sifat fisika dan kimia *Acrylonitrile*

 <p>Struktur molekul <i>Acrylonitrile</i></p>	
Nama IUPAC	Prop-2-enenitrile
Nama lain	Akrlonitril, 2-Propenanitril
Rumus molekul	C ₃ H ₃ N
Massa molar	53,06 g/mol
Fase	Liquid
Warna	Tidak berwarna
Kelarutan dalam air	Dapat larut 73 g/L
Titik beku	-83,5 °C (-119°F; 189 K)
Titik didih	77,3 °C (171°F; 350 K)
Densitas	0,806 g/cm ³
Tekanan Kritis	3,54 Mpa

(Sumber : Thermo Fisher Scientific, MSDS, 2022).

2.5 Kegunaan Produk

Acrylonitrile termasuk salah satu golongan organik untuk bahan baku pembuatan *Nitrile Rubber*. Pada tahun 1950 hampir semua *acrylonitrile* yang diproduksi dijadikan *acrylic fiber*. *Nitrile rubber* ini mempunyai banyak sifat penting dalam perkembangannya, termasuk tahan terhadap bahan kimia, minyak, pelarut, panas, goresan, sifat-sifat *dielektrid* dan *fleksibilitas temperatur* yang rendah. Penggunaan *nitrile rubber* ini antara lain adalah sebagai karet yang tahan minyak, bahan pelapis tangki, lem atau perekat, penutup pelindung, insulasi listrik, dan lain-lain.

Penggunaan *Acrylonitrile* dalam dunia industri sangat luas, antara lain sebagai bahan antara senyawa kimia lainnya (Yarns and Fiber Exchange, 2007). Senyawa ini terutama digunakan sebagai monomer ataupun co-monomer untuk

serat sintesis, plastik, dan *elastomer* (Nexant. Inc, 2006). *Acrylonitrile* membuat beberapa polimer tahan terhadap panas, bahan-bahan kimia, pelarut, dan cuaca (Nexant. Inc, 2006). Selain itu, aplikasi *Acrylonitrile* pada serat *Acrylic* dan *Modacrylic* digunakan untuk memproduksi *Adiponitrile*, bahan antara Nylon melalui proses reduksi elektrolitik dan dimerisasi (Nexant. Inc, 2006). Selanjutnya, *Adiponitrile* dihidrogenasi untuk menghasilkan *Hexamethylenediamine* yang merupakan suatu co- monomer dengan asam Adipic dalam pembuatan polimer Nylon 66 yang digunakan pada serat dan plastik (Nexant. Inc, 2006).

Produksi *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene* (ABS) atau *Styrene- Acrylonitrile* (SAN) merupakan sektor pertumbuhan utama *Acrylonitrile* (Chemical Intelligence- ICIS, 2009). *Acrylonitrile* adalah unsur pokok penting dari resin dengan kuat tekan tinggi, seperti ABS dan SAN (Nexant. Inc, 2006). ABS mengandung 25% *Acrylonitrile* dan SAN mengandung 30% *Acrylonitrile* (Nexant. Inc, 2006). ABS digunakan dalam peralatan rumah tangga, mesin- mesin bisnis, telepon, peralatan rekreasi dan transportasi, bagasi, dan konstruksi (Nexant. Inc, 2006). SAN juga digunakan pada peralatan rumah tangga, plastik pembungkus, perabotan rumah tangga, dan otomotif (Nexant. Inc, 2006). Serat Nitrile terbuat dari co-polimerisasi *Acrylonitrile* dengan *Butadiene* yang memiliki daya tahan yang baik terhadap goresan, panas, minyak pelumas, dan bensin (Nexant. Inc, 2006).

Serat ini terutama sekali digunakan dalam aplikasi otomotif (Nexant. Inc, 2006). Hidrolisis katalisis *Acrylonitrile* menghasilkan *Acrylamide* yang membentuk beranekaragam homopolimer dan co- polimer (Nexant. Inc, 2006). Polimer ini digunakan sebagai flokulan di dalam pengolahan air dan limbah, sebagai agent pengontrol perolehan kembali minyak mentah, sebagai zat penstabil saat penyimpanan produk pada pembuatan kertas, dan dalam proses flotasi busa (Nexant. Inc, 2006).

Poliacrylonitrile (PAN) adalah senyawa awal dalam pembuatan serat karbon dengan kekuatan yang tinggi untuk penggunaan pada pesawat terbang hingga peralatan olah raga (Nexant. Inc, 2006). Aplikasi *Acrylonitrile* lainnya adalah termasuk bahan perekat, pencegah korosi, dan co-monomer dengan *Vinyl Chloride*, *Vinylidene Chloride*, *Vinyl Acetate*, dan *Acrylate* dalam resin untuk cat

dan mantel. Penggunaan Acrylonitrile terutama sekali dapat digolongkan sesuai kapasitasnya seperti dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persentase Penggunaan *Acrylonitrile* pada berbagai Industri.

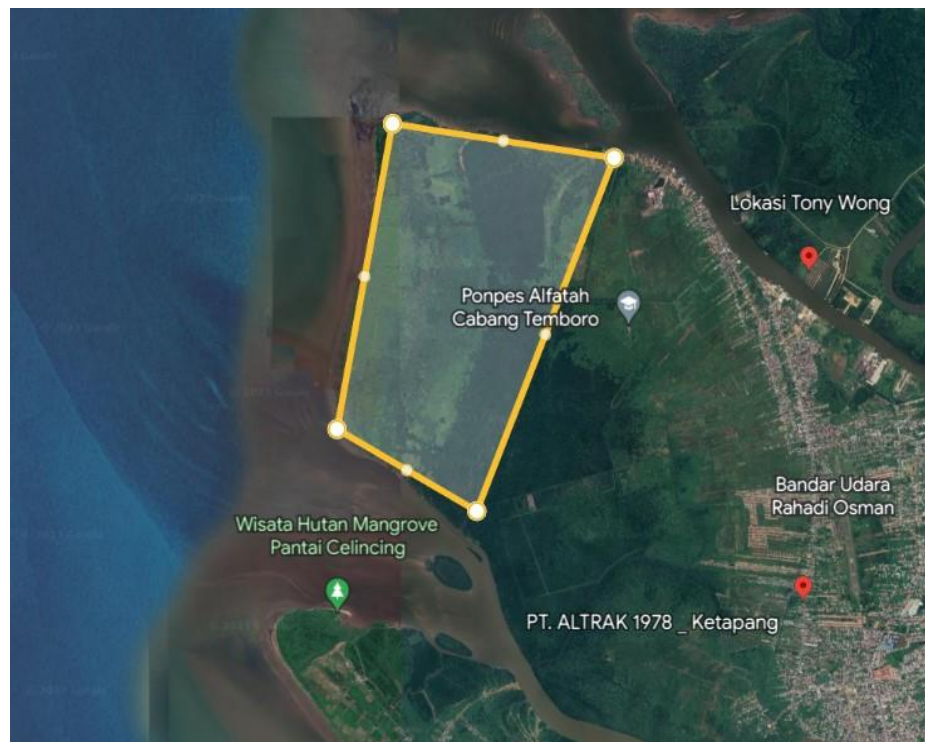
Penggunaan	Persentase (%)
Fibers	37,7
Exports	21,3
<i>Produksi resin Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) atau Styrene-Acrylonitrile (SAN)</i>	17,1
Produksi adiponitrile	9,5
<i>Acrylamide</i>	3,1
<i>Nitrile Elastomers</i>	2,9
<i>Barrier Resins</i>	1,2
<i>Miscellaneous</i>	4
<i>Unaccounted for</i>	3,2

(Sumber : Yaws, 1999).

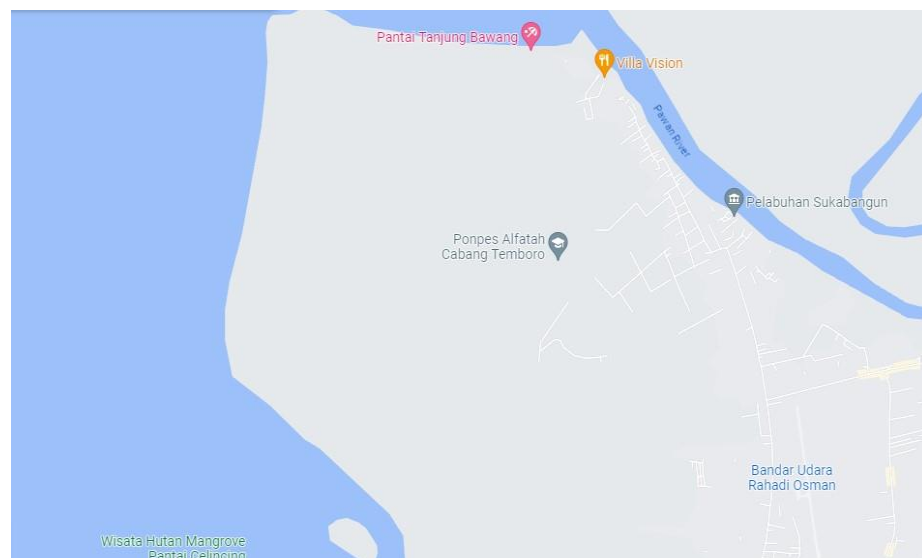
2.6 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat disekitar lokasi pabrik. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pendirian pabrik. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditentukan rencana pendirian pabrik *Acrylonitrile* ini berlokasi di

Suka Bangun, Kec Delta Pelawan, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Pabrik (Google Maps, 2025)



Gambar 2.2 Peta Kalimantan Barat (Google Maps, 2025)

Penentuan lokasi pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor. Faktor faktor yang mempengaruhinya antara lain:

1. Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku harus diperhatikan. Bahan baku berupa *ethylene cyanohydrin* diimpor dari Pabrik Kamto Chemical Co.,Inc di Jepang. Lokasi pabrik di daerah Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat merupakan jarak yang cukup dekat dengan pelabuhan Suka Bangun, sehingga memudahkan penyediaan bahan baku dari segi transportasi.

2. Pemasaran

Produk *acrylonitrile* banyak dibutuhkan sebagai bahan aplikasi untuk *acrylic fibers*, *nitrile rubbers*, *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS), dan *styrene acrylonitrile* (SAN). Lokasi pabrik di Suka Bangun, Kec Delta Pelawan, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Lokasi cukup strategis karena berada di kawasan industri Ketapang Kalimantan Barat dan dekat dengan pelabuhan suka bangun dan dekat dengan pabrik yang memproduksi Katalis Alumina. Sehingga mempermudah pemasaran dalam negeri, dan juga luar negeri.

3. Utilitas

Penyediaan air untuk utilitas mudah dan murah karena kawasan ini dekat dengan sungai dan laut. Kebutuhan air dipenuhi dari air laut sekitar lokasi pabrik dan Daerah Aliran Sungai Pawan yang terletak pada ± 21 km dari Suka Bangun ke arah Sungai Pawan. Di Suka Bangun, Kec Delta Pelawan, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat, lokasi pabrik dekat dengan sungai Pawan yang memiliki debit air yang besar, kecepatan arus sangat mempengaruhi debit aliran di sungai pawan dengan nilai rata-rata debit aliran sebesar 3.571.000 liter/detik. Untuk pabrik *Acrylonitrile* ini, air utilitas diperoleh dari pengolahan air dari sungai Pawan. Sesuai dengan Surat Ijin Penggunaan dan/atau Pemanfaatan Air (SIPPA) nomor (No.570/4/SIPPA-DPMPTSP/II/2018), debit air yang dapat diolah sebesar 800 liter/detik jadi untuk kebutuhan air pabrik yaitu sebesar 69.120 m³/hari maka suplai air tercukupi. Demikian juga sarana kebutuhan listrik tidak akan mengalami kesulitan karena memperoleh suplai dari PLTU Ketapang.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

5. Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laut. Pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Letak pabrik dekat dengan Pelabuhan Suka Bangun Ketapang. Dengan tersedianya sarana baik darat maupun laut maka diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi. Pasar utama pemasaran produk *Acrylonitrile* adalah Indonesia dan Asia. Sedangkan kebutuhan dunia akan produk *Acrylonitrile* ini menunjukkan perkembangan yang sangat pesat disetiap tahunnya. Dengan demikian pemasaran tidak akan terhambat.