BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dalam melaksanakan pembangunan di segala bidang termasuk bidang industri yang merupakan peranan penting dalam laju pembangunan, diantaranya adalah pembangunan indsutri kimia.

Pembangunan industri kimia di Indonesia di harapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya alam yang ada di Indonesia dan mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain baik dari negara tetangga maupun negara yang jangkauannya jauh dari Indonesia. Sasaran lain yang ingin di capai adalah dengan cara memperluas lapangan kerja, meningkatkan produksi dalam negeri yang diharapkan mampu menyeimbangkan struktur ekonomi Indonesia. Pengembangan industri yang memiliki prospek yang cerah di masa mendatang adalah pembangunan pabrik industri kimia maupun energi bahan bakar. Salah satunya adalah pembangunan pabrik akrilonitril, karena produk pabrik tersebut dapat di aplikasikan dalam industri kimia maupun energi bahan bakar.

Salah satu industri kimia yang terdapat adalah industri akrilonitril, kebutuhan akan akrilonitril tersebut cukup banyak di Indonesia, akan tetapi kebanyakan masih diperoleh dengan mengimpor dari berbagai negara seperti Jepang, Korea Selatan, Singapura, dan Amerika Serikat. Oleh karena itu pendirian pabrik

akrilonitril ini mempunyai prospek yang cukup baik untuk di kembangkan di Indonesia. Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, industri ini juga di persiapkan untuk ekspor dalam rangka memenuhi kebutuhan akrilonitril di dunia.

Faktor yang melatar belakangi berdirinya pabrik Akrilonitril ini pada dasarnya adalah sama dengan sektor-sektor lain yaitu untuk melakukan suatu usaha yang secara sosial ekonomi akan menguntungkan. Karena bahan baku yang akan datang mudah diperoleh yaitu amoniak, propilen, dan udara yang cukup memadai di Indonesia, teknologi dan tenaga pelaksana yang dibutuhkan dapat terpenuhi sehingga keuntungan dapat dicapai dengan adanya pendirian pabrik akrilonitril ini.

Tabel 1.1 Harga Produk dan Bahan Baku Pembuat Akrilonitril

Nama Bahan	**Harga (Rp) / Kg**	**Nama Produk**	**Harga (Rp) / Kg**
Propilen	6.000	Akrilonitril	60.000
Amoniak	7.000		

(www.bps.go.id, 2015)

Selain dapat dampak positif dari akrilonitril, akrilonitril juga memiliki kerugian yaitu efek dari akrilonitril yang sifatnya mudah terbakar dan beracun. Selain mudah terbakar dan beracun, akrilonitril juga dapat meningkatkan kanker dalam dosis tinggi dimana hal ini sudah di uji pada tikus jantan maupun betina. (Dubois dkk., 2011).

1.1.1 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi perancangan pabrik akrilonitril berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

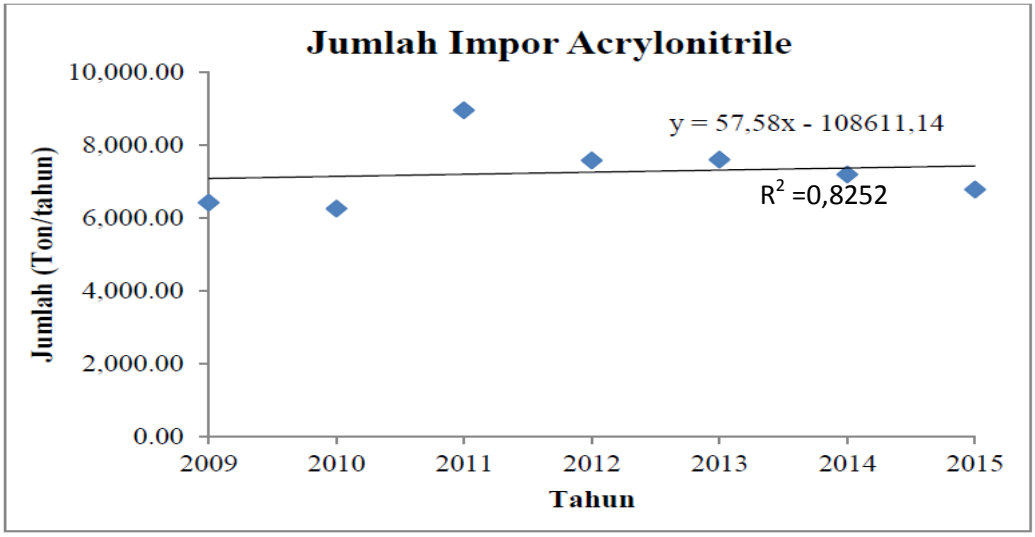
1. Prediksi kebutuhan akrilonitril di Indonesia

Berdasarkan data impor akrilonitril di Indonesia dapat di lihat bahwa kebutuhan akrilonitril masih cukup besar, tetapi cenderung mengalami penurunan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.2 :

Tabel 1.2 Data kebutuhan import akrilonitril di Indonesia pada tahun 2010-2015

Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)
2010	6.252,18
2011	8.947,24
2012	7.572,12
2013	7.596,29
2014	7.188,11
2015	6.775,99

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)



Gambar 1.1 Grafik impor akrilonitril di Indonesia

Dari gambar 1.1 dengan menggunakan data kebutuhan akrilonitril di Indonesia setiap tahun dapat diperoleh persamaan regresi linear yaitu y = 57,58x – 108611,14 dengan nilai x = tahun dan y = kebutuhan akrilonitril di Indonesia, sehingga dengan persamaan regresi tersebut dapat di hitung perkiraan kebutuhan impor akrilonitril pada tahun 2022 sebesar 7.815,62 ton/tahun.

2. Kapasitas pabrik yang sudah ada

Dari *Encylopedia of Chemical Processing and Design* (Mc.Ketta 1995) diperoleh data bahwa kapasitas minimum yang masih dapat memberikan keuntungan apabila mendirikan pabrik akrilonitril adalah 5.000 ton/tahun.

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan. Daftar pabrik akrilonitril yang sudah ada dapat dilihat di Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Daftar pabrik akrilonitril di dunia

(Sumber : Independent Chemical Information Service)

Nama Pabrik	**Kapasitas (ton/tahun)**
Mitsui Chemical, Japan	40.000
Yongsan Chemical, South Korea	5.000
Nitto Chemical, Japan	20.000
Anqing Petrochemical, China	80.000
Asahi Kasei,Kawasaki, Japan	150.000

Asahi Kasei,Mizushima, Japan	350.000
China Petrochemical Development, Taiwan	190.000
Cornerstone Chemical, Louisiana, USA	227.000
Daqing Refining and Chemical, China	80.000
DSN, Netherland	260.000
DuPont, Texas, USA	185.000
Formosa Plastics, Mailiao, Taiwan	280.000
Jihua Group, Tianjin, China	250.000
Pemex Petrochemical, Tula, Mexico	65.000
Secco Petrochemical, Shanghai, China	260.000
Showa Denko, Kawasaki, Japan	60.000
Solutia, Texas, USA	500.000
Sumitomo Chemical, Yokohama, Japan	60.000

Dari data Tabel 1.3 dapat diketahui bahwa kapasitas minimal produksi pabrik akrilonitril di dunia adalah sebesar 5.000 ton/tahun.

3. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuat akrilonitril adalah amonia, propilen, dan oksigen. Pabrik yang memproduksi amonia di Indonesia terdapat di pabrik pupuk seperti di PT.Pupuk Kujang yang letaknya di Cikampek, Jawa Barat. sedangkan untuk propilen diperoleh dari pabrik polimer seperti PT.Chandra Asri yang letaknya di Cilegon, Banten. PT.Chandra Asri menyediakan Propilen sebanyak 490.000

ton/tahun, sedangkan PT.Pupuk Kujang menyediakan Amonia sebanyak 713.000 ton/tahun.

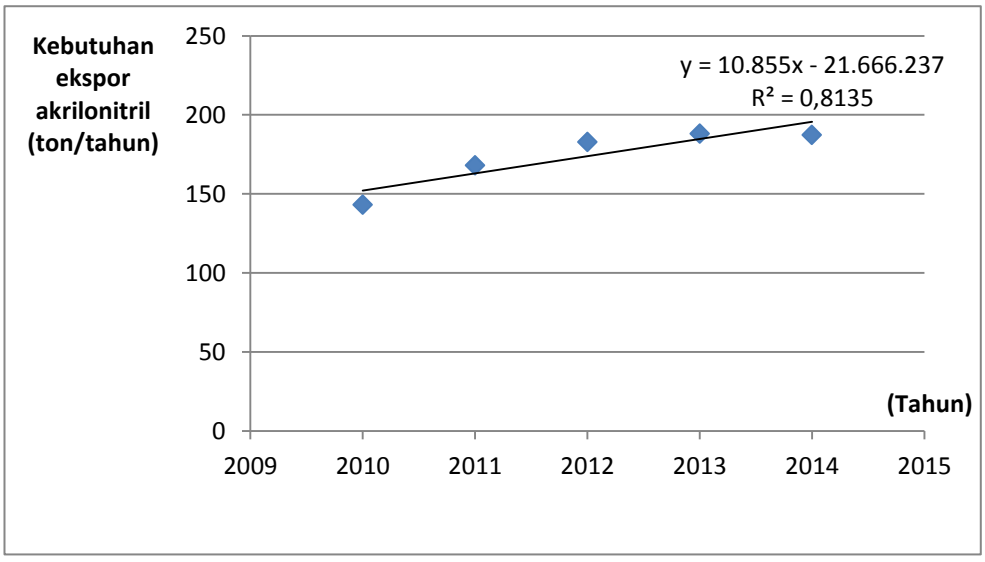
4. Kebutuhan luar negeri

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik akrilonitril yang akan di dirikan di Indonesia juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kebutuhan akrilonitril di beberapa negara Asia terlihat pada tabel 1.4

Tabel 1.4 Kebutuhan akrilonitril di beberapa negara asia

(Sumber : Independent Chemical Information Service, 2010-2014)

Negara	**Kebutuhan Impor *Acrylonitrile* (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**



Gambar 1.4 Grafik data import akrilonitril ke Malaysia dan Korea Selatan

(Independent Chemical Information Service, 2010-2014)

Diperkirakan pada tahun 2022, kebutuhan *acrylonitrile* di kedua negara tersebut adalah :

y = 10.855x – 21.666.237

y = 10.855 (2022) – 21.666.237

y = 282.573 ton/tahun

Dengan perkiraan tersebut jumlah impor di kedua negara tersebut pada tahun 2022 sebesar 282.573 ton/tahun.

Neraca distribusi produk



Gambar 1.5 Distribusi Produk Untuk Penentuan Kapasitas

Keterangan :

M1 : Kebutuhan Indonesia sebesar 7.815,62 ton/tahun

M2 : Kapasitas pabrik yang sudah ada di Indonesia

M3 : Kapasitas pabrik yang akan dibangun

M4 : Kebutuhan ekspor negara lain 5%

M5 : Konsumsi dalam negeri

a) M1

Karena kebutuhan impor pada tahun 2022 akan disuplai oleh pabrik baru yang akan dibuat, makan nilai M1 adalah 0.

b) M2

Karena pabrik akrilonitril belum ada di Indonesia, maka nilai M2 yang merupakan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada bernilai 0.

c) M3

M3 adalah kapasitas produksi pabrik yang akan dibangun, maka nilai M3 adalah yang dicari.

d) M4

Hasil produksi pabrik akrilonitril yang akan dibangun tidak hanya memenuhi dalam negeri tetapi juga diekspor ke beberapa negara tetangga seperti Malaysia dan Korea Selatan. Pabrik akrilonitril ini dirancang dan didesain untuk memenuhi 5% dari kebutuhan akrilonitril di 2 negara tersebut.

e) M5

Jumlah konsumsi akrilonitril dalam negeri adalah jumlah impor akrilonitril pada tahun 2022.

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = M4 + M5 - M1 - M2$$

$$= [\ (5\% \times 282.573) + 7.815,62 - 0 - 0)\ \text{ton/tahun}$$

$$= (\ 8.477,19 + 7.815,62\ )\ \text{ton/tahun}$$

$$= 16.292,81\ \text{ton/tahun}$$

Maka kapasitas yang akan dibuat adalah 16.000 ton/tahun. Di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi akrilonitril, sedangkan kebutuhan impor Indonesia terhadap akrilonitril pada tahun 2022 sebesar 7.815,62 ton/tahun, sehingga dengan kapasitas pabrik 16.000 ton/tahun, Indonesia sudah tidak perlu impor lagi, dan sisa nya untuk produksi di ekspor ke Korea Selatan dan Malaysia. (Sumber : Independent Chemical Information Service, 2015)

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Macam-macam Proses Berdasarkan Bahan Baku

1. Bahan Baku acetylene dan Hidrogecyanide

   Proses ini cukup luas digunakan pada permulaan penemuannya sampai sekitar tahun 1960, proses ini merupakan proses yang melibatkan reaksi antara *acetylene* dan *hydrogen cyanide*. Reaksi ini dengan penambahan langsung asam sianida ke dalam reaktor yang telah ditambahkan asetilen dengan katalis CuCl. Suhu reaksi 70-100 ^{0}C (Luscher *et al*, 1955), dan tekanan sistem 2-5 atm. Perbandingan asetilen dengan asam sianida adalah 6:1. Berikut persamaan reaksinya :

$$C_2H_2 + HCN \rightarrow CH_2{=}CHCN$$

   Reaksi samping :

$$2\ CH{=}CH \rightarrow CH_2{=}CH\text{-}C{\equiv}N$$

   Pada reaksi di atas menghasilkan yield akrilonitril sebanyak 75-80% terhadap asetilen yang di pakai dan 85-90 % umpan hidrogen sianida (Keller *et al*, 1951). Konversi yang di dapat dalam pembentukan akrilonitril terhadap asam sianida atau HCN adalah 85,2 % dan konversi pembentukan

monovinilasetilen atau CH_2=CH-C≡N yang merupakan hasil reaksi dari penguraian asetilen terhadap asam sianida adalah 1,6 %.

Proses ini memberikan jumlah hasil yang cukup baik, terlihat dari yield yang dihasilkan namun dalam perkembangannya ternyata teknologi ini mulai ditinggalkan karena selain harga bahan baku yang cukup mahal apabila dibandingkan dengan produk, juga proses pengaktifan katalis relatif harus cepat karena mudah kehilangan aktivitasnya.

Kelebihan dari proses ini adalah yield yang dihasilkan cukup tinggi, sedangkan kelemahan dari proses ini adalah proses pengaktifan katalis harus cepat, karena katalis mudah kehilangan aktifitasnya.

Yield yang didapatkan dari proses ini tinggi tapi raw materialnya mahal dan banyak impuritas yang tidak diinginkan pada produk akhir. Terakhir pabrik di dirikan dengan proses ini pada tahun 1970. (Fischer, 1946)

2. Bahan Baku Ethylene Cyanohydrin

Proses produksi akrilonitril menggunakan bahan baku Ethylene Cyanohydrin. Produksi akrilonitril secara komersial awalnya bahan baku Ethylene Cyanohydrin ini tercatat dua perusahaan yang menggunakan proses ini antara lain American Cyanamid dan Union Carbide, namun seiring di temukannya teknologi yang lebih canggih dan menguntungkan teknologi ini mulai di tinggalkan. Proses ini berlangsung pada suhu 200 ^{0}C dan tekanan pada 1,1 atm dengan fase operasi adalah cair. Berikut persamaan reaksinya :

$$HOCH_2CH_2CN \rightarrow CH_2=CHCN + H_2O$$

Pada proses ini, reaksi di jalankan dalam fase cair atau gas pada tekanan atmosferik dengan bantuan katalis alumina. Produk keluaran reaktor di kondensasi dan kemudian di alirkan ke dekanter dimana campuran cairan yang terdiri dari *ethylene cyanohydrine, acrylonitrile*, dan air terpisah menjadi dua *layer*. Masing-masing *layer* tersebut akan di murnikan di menara distilasi. Hasil atas menara distilasi berupa *acrylonitrile* dengan kemurnian 99 %. Sedangkan hasil bawahnya di masukkan de dalam *vaporizer* untuk di dapatkan *ethylene cyanohydrine* dengan kemurnia 97 % akan di *recycle* untuk di proses kembali. (US. Patent 2413773)

3. Bahan Baku acetaldehid-asam sianida

Proses produksi akrilonitril pada skala laboratorium dapat di buat dari beberapa reaktan antara lain dari asetaldehid dan asam sianida memiliki nilai konversi 25-35% pada suhu operasi 260 – 290 ^{0}C dan pada tekanan 1,25 atm dengan menggunakan katalis phosphorus pentoxide. Kemudian proses yang bernilai komersial di dasarkan kepada bahan baku apa yang di gunakan dan perbandingannya dengan jumlah yang akan di hasilkan. Berikut persamaan reaksi yang dihasilkan :

$$C_2H_2 + HCN \rightarrow CHCN + H_2$$

Proses ini belum di gunakan secara komersial, karena kalah bersaing dengan proses yang memakai propilen dan amoniak. (Faith & Keyes, 1975)

4. Bahan Baku propilen dengan amonia dan oksigen

Akrilonitril juga dapat di produksi dari propilen, amoniak, dan oksigen melalui proses amoksidasi dengan menggunakan katalis berupa *Aluminum Oxide* dengan konversi 80% pada suhu operasi pada reaktor 400 ^{0}C dan tekanan 1,32 atm. Berikut persamaan reaksi yang dihasilkan :

$$C_3H_6 + NH_3 + 1{,}5\ O_2 \rightarrow C_3H_3N + 3H_2O$$

Prosesnya propilen yang perlu di reaksikan dengan molekul lain seperti amoniak dan udara. Hasil samping dari produk akrilonitril adalah air. (Kirk & Othmer, 1983)

Tabel 1.5 Tabel perbandingan proses pembentukan akrilonitril berdasarkan

Parameter	**Acetylene dan Hidrogencyanide**	**Ethylene Cyanohydrin**	**Acetaldehid dan asam sianida**	**Reaksi propilen dengan amonia dan udara**
Kondisi Operasi	Tekanan = 2 – 5 atm Suhu reaksi = 70-100 ^{0}C	Tekanan = 1,1 atm Suhu reaksi = 200 ^{0}C	Tekanan = 1,25 atm Suhu reaksi = 260-290 ^{0}C	Tekanan = 1,32 atm Suhu reaksi = 400 ^{0}C
Yield	75-80%	90%	25-35%	90%
Produk Samping	Tidak ada	H_2O	H_2	H_2O
Proses pemurnian	Sederhana	Tidak begitu rumit karena produk samping nya hanya satu	Tidak begitu rumit karena produk samping nya hanya satu	Tidak begitu rumit karena produk samping nya hanya satu
Katalis	Larutan CuCl anhidrat	alumina	phosphorus pentoxide	*Aluminum Oxide*
Fase reaksi	Gas dengan katalis cair	Gas dengan katalis padat	Gas dengan katalis padat	Gas dengan katalis padat
Kemudahan bahan baku	Asetilen: mudah diperoleh dalam pasar lokal Asam sianida : impor dari luar negeri.	Ethylene Cyanohydrin : impor dari luar negeri	Acetaldehid Asam sianida sama-sama impor dari luar negeri.	Propilen : mudah diperoleh namun harga relatif naik tiap tahun Amonia : mudah diperoleh dalam pasar lokal

Dari proses bahan baku yang ada pada proses pembuatan akrilonitril, maka kami hendak merancang pabrik akrilonitril memilih proses metode menggunakan bahan baku propilen, amonia, dan udara, dengan katalis *aluminium oxide.* Karena hasil samping dari akrilonitril hanya air, sehingga pemurniannya lebih sederhana, selain itu lebih mudah pengoperasiannya.

1.2.2 Macam-macam Proses Berdasarkan Jenis Katalis

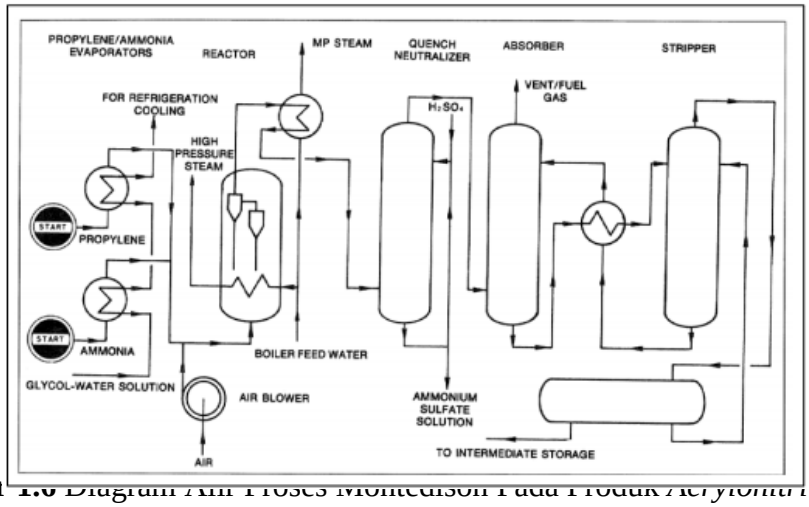
1. Proses ugine

   Propilen, amoniak, dan oksigen bereaksi di dalam reaktor dengan menggunakan katalis *Aluminum Oxide*. Setelah terjadi reaksi, larutan tersebut di umpankan ke unit adsorpsi. Di dalam unit tersebut akan di serap komponen-komponen crude acrylonitrile, sedangkan air yang digunakan sebagai bahan penyerap ikut bersama crude acrylonitrile. Kemudian dilanjutkan ke kolom distilasi untuk memisahkan produk samping agar di dapat *acrylonitrile* murni. (Sumber: Matar S. Dan Hatch,L.F.2000)

2. Proses montedison

   Bahan baku propilen, amoniak, dan udara dengan katalis *molibdenum oksida* di umpankan ke dalam reaktor. Di dalam reaktor akan terjadi pencampuran dan terfluidisasi. Kemudian larutan di umpankan ke absorber 1, dan absorber 2. Di unit absorber 1 di pisahkan amoniak dengan menggunakan media penyerap H_2SO_4 sehingga di peroleh larutan amonium sulfat. Sedangkan di absorber 2 yang di pisahkan adalah gas dengan menggunakan media penyerap air. Kemudian larutan *acrylonitrile* yang masih kotor akan dipisahkan dalam unit distilasi untuk mendapatkan *acrylonitrile* yang murni,

juga berlangsung pemisahan produk samping. Aliran proses montedison dapat dilihat pada gambar 1.6.



Gambar 1.6 Diagram Alir Proses Montedison Pada Produk *Acrylonitrile*

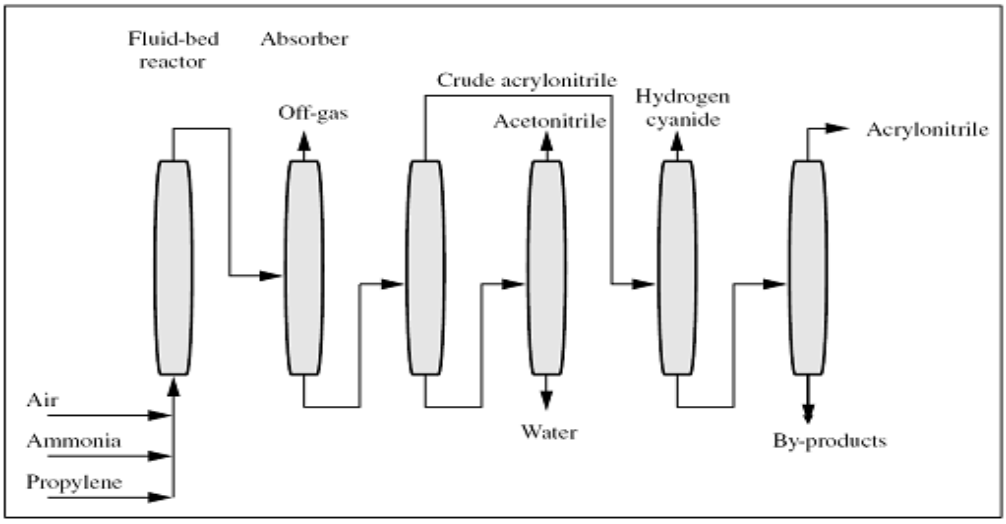
(Sumber : Matar, S.dan Hatch,L.F.2000)

3. Proses O.S.W (*Osterreichische Stickstoffwerke*)

Bahan baku propilen, amoniak, dan oksigen dengan katalis *molibdenum oksida* dan akan bereaksi di dalam reaktor. Setelah terjadi reaksi, larutan tersebut di umpankan ke unit absorpsi. Pada proses ini absorpsi terdiri dari dua bagian. Unit 1 memisahkan amoniak yang tidak bereaksi dengan media penyerapnya berupa H_2SO_4, sedangkan pada unit 2 yang di pisahkan adalah off gas dengan media penyerap berupa air. Kemudian di lewatkan ke unit berikutnya yaitu stripper, yang memisahkan akrilonitri yang masih mengandung air sebagai media penyerap. Larutan akrilonitril yang belum murni di pisahkan lebih lanjut untuk mendapatkan acetonitrile yang murni, dan bagian bawah distilasi ini terdapat juga produk lain berupa residu propionitril.

4. Proses Sohio

Propilen, amoniak, dan oksigen di umpankan ke dalam reaktor, katalis yang di gunakan *bismut molibdat*, di dalam reaktor akan terfluidasi pada temperatur sedang yakni 450 ^{0}C pada tekanan 1,5 atm, setelah terjadi percampuran di dalam reaktor, kemudian di umpankan ke unit absorpsi 1. Bahan penyerap di unit ini menggunakan asam sulfat untuk menetralisasi kelebihan amoniak yang tidak bereaksi. Dari unit ini di umpankan lagi ke unit absorpsi 2, dengan bahan penyerap berupa air. Kemudian di lanjutkan ke unit distilasi untuk mendapatkan acrylonitrile yang murni. Aliran proses Sohio dapat dilihat pada gambar 1.7.



Gambar 1.7 Diagram Alir Proses Sohio Pada Produk *Acrylonitrile*

(Sumber: Speight, J.G, 2002)

Tabel 1.6 Perbandingan proses pembentukan akrilonitril berdasarkan jenis

Paramater	**Proses ugine**	**Proses montedison**	**Proses O.S.W**	**Proses Sohio**
Prosesnya	Propilen, amoniak, dan oksigen bereaksi didalam reaktor, Setelah terjadi reaksi, larutan tersebut diumpankan ke unit adsorpsi.	Bahan baku propilen, amoniak, dan udara dengan katalis molibdenum oksida diumpankan ke dalam reaktor. Didalam reaktor akan terjadi pencampuran dan terfluidisasi.	Bahan baku propilen, amoniak, dan oksigen dengan katalis molibdenum oksida dan akan bereaksi didalam reaktor. Setelah terjadi reaksi, larutan tersebut diumpankan ke unit absorpsi	Propilen, amoniak, dan oksigen diumpankan ke dalam reaktor, di dalam reaktor akan terfluidasi pada temperatur sedang yakni 450 ^{0}C pada tekanan 1,5 atm, setelah terjadi percampuran didalam reaktor, kemudian diumpankan ke unit absorpsi 1
Katalis	*Aluminum Oxide*	*molibdenum oksida*	*molibdenum oksida*	*bismut molibdat*

Dari proses bahan baku yang ada pada proses pembuatan akrilonitril, maka kami hendak merancang pabrik akrilonitril memilih proses metode menggunakan bahan baku propilen, amonia, dan udara, dengan katalis *aluminium oxide.* Karena hasil samping dari akrilonitril hanya air, sehingga pemurniannya lebih sederhana, selain itu lebih mudah pengoperasiannya.

1.2.3 Sifat bahan baku dan kegunaan

1. Propilen

Propilen adalah nama lain dari propena yang merupakan senyawa organik tidak jenuh dengan rumus molekul C_3H_6. Propilen juga merupakan golongan alkena dalam senyawa hidrokarbon. Propilen juga mempunyai satu ikatan rangkap dua yang merupakan alkena sederhana kedua setelah etena. Propilen mempunya 2 sifat, yaitu sifat fisis dan sifat kimia :

a. Sifat fisis dari propilen

Berat molekul : 42,081 gram/gmol

Titik didih (1 atm) : -30 ^oC

Titik beku (1 atm) : -185,3 ^oC

Tekanan uap : 5,76 ^oC

Densitas Liquid : 0,612 gram/ml

Tekanan kritis : 45,4 atm

Suhu kritis : 93 ^oC

Volume kritis : 181,10 m^3/gmol

b. Sifat kimia dari propilen (Kirk dan Othmer, 1991)

- Hidrasi

  Hidrasi propilen dengan adanya katalis H_2SO_4 akan bereaksi membentuk Isopropyl Alkohol.

- Disproporsinasi

  Disproporsinasi propylene pada suhu 450 ^{0}C dan tekanan 17 atm akan menghasilkan Ethylene dan Butylene. Proses ini berlangsung dengan katalis tungsten

- Oksidasi katalitik

  Oksidasi propylene dengan adanya katalis $PdCl_2$

- Ammoksidasi

  Amoksidasi propilen bereaksi dengan amonia dan udara pada temperatur 300-450 ^{0}C, tekanan 5-30 psig, dengan katalis bismuth-phosphomobilibdate.

Kegunaan propilen : Untuk bahan baku pembuatan plastik, selain itu juga untuk pembuatan serat, untuk monomer dan polimer yaitu polimer untuk membuat serat sintesis.

2. Amonia

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NH_3. Senyawa ini di dapati berupa gas dengan bau tajam. Amonia memiliki 2 sifat, yaitu sifat fisis dan sifat kimia :

a. Sifat fisis dari Amonia

Berat molekul : 17 gram/gmol

Titik didih (1 atm) : -20 ^{o}C

Titik beku (1 atm) : -77,6 ^{o}C

Density kritis : 0,639 gram/ml

Tekanan kritis : 111,3 atm

Suhu kritis : -140,4 ^{o}C

Volume kritis : 72,5 m^3/gmol

b. Sifat kimia dari Amonia (Kirk dan Othmer, 1991)

- Amonia dapat membentuk senyawa dengan garam dan membentuk senyawa yang baik. Meskipun senyawa tersebut bukan konduktor, tetapi dapat menyebabkan inisiasi suatu elektrolit.
- Amonia bereaksi secara katalitik dengan rantai alkil pada hidrokarbon aromatis nitrile, atau olefin dan beberapa rantai alkana.

Kegunaan amonia: Sebagai obat-obatan, bahan campuran pupuk urea $CO(NH_2)_2$, sebagai bahan bakar roket, sebagai pembuat NH_4Cl, sebagai zat untuk membuat hidrazin (N_2H_4), sebagai bahan dasar pembuat bahan peledak.

1.2.4 Sifat produk dan kegunaan

1. Akrilonitril

Akrilonitril adalah sebuah senyawa organik dengan rumus kimia C_3H_3N. Senyawa ini adalah cairan tidak berwarna yang mudah menguap, meskipun sampel komersial dapat menjadi kuning karena kotoran. Senyawa ini adalah monomer penting untuk membuat plastik seperti poliakrilonitril. Senyawa ini

reaktif dan beracun pada dosis rendah. Akrilonitril mempunya 2 sifat, yaitu sifat fisis dan sifat kimia :

a. Sifat fisis dari Akrilonitril

Berat molekul : 53 gram/gmol

Titik didih (1 atm) : 77 ^{o}C

Titik beku (1 atm) : -83,5 ^{o}C

Density liquid : 0,806 gram/ml

Tekanan kritis : 45 atm

Suhu kritis : 263 ^{o}C

Volume kritis : 210 m^3/gmol

b. Sifat kimia dari Akrilonitril (Kirk dan Othmer, 1991)

- Akrilonitril dapat digunakan sebagai monomer dalam plastik sehingga akan didapat plastik yang mempunyai sikap antara lain : temperatur distorsi panas, lebih rentan terhadap zat kimia, kekerasan permukaan lebih besar, daya renggang yang baik, daya lentur yang tinggi dan daya tahan yang kuat terhadap pengaruh lingkungan.
- Kandungan Akrilonitril mencapai 20-50%, sisanya adalah kandungan butadiene dan memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap minyak dan zat kimia.

Kegunaan akrilonitril : Sebagai bahan tambahan dalam industri resin, termoplastik, dan elastomer. Selain itu juga dapat digunakan untuk sintesa organik, akrilamida, ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), dan SAN (*Styrene Acrylonitrile*). ABS mengandung 25 % *acrylonitrile* dan SAN mengandung 30 %

acrylonitrile. ABS dan SAN biasa digunakan untuk bahan kontruksi otomotif, mesin, dan alat-alat rumah tangga.

1.2.5 Tinjauan Termodinamika

$$C_3H_6 + NH_3 + 1{,}5\ O_2 \longrightarrow C_3H_3N + 3H_2O$$

Reaksi dengan suhu operasi pada reaktor 400 ^{0}C dan tekanan 1,32 atm. Untuk mengetahui reaksi spontan apakah reaksi berjalan spontan serta membutuhkan panas atau tidak, maka perlu dilakukan pencarian terhadap harga energi gibbs dan entalpidari reaksi tersebut. Setelah mendapatkan harga energi gibbs dan harga entalpi, maka dicari nilai konstanta kesetimbangan dengan rumus dibawah ini :

$$\ln K = \frac{\Delta G°}{-R.T}$$

Dimana :

R : Konstanta tetapan gas ideal (Kj/mol.K)

T : suhu (K)

K : Konstanta kesetimbangan

Tabel 1.7 Harga nilai energi gibbs dan entalpi dari setiap komponen

Komponen	**Nilai ΔG^o (Kj/mol)**	**Nilai $\Delta H_f{}^o$ (Kj/mol)**
C_3H_6	104,39	53,30
NH_3	-17	-46
O_2	0	0
C_3H_3N	195,31	184,93
H_2O	-228,58	-241,8

(Carl.L.Yaws, 1999)

$\Delta G_R° = \Sigma \Delta G_f°.Product - \Sigma \Delta G_f°.Reactant$

$= [\Delta G°.C_3H_3N + 3\Delta G°.H_2O] - [\Delta G°.C_3H_6 + \Delta G°.NH_3 + 1{,}5\Delta G°.O_2]$

$= [\,195{,}31 + 3(-228{,}58)\,]\ \text{kj/mol} - [\,104{,}39 + (-17) + 1{,}5(0)\,]\ \text{kj/mol}$

$= [-490{,}43 - 87{,}39\,]\ \text{kj/mol}$

$= -577{,}82\ \text{kj/mol}$

Menunjukkan bahwa reaksinya dapat berjalan spontan karena $\Delta G_R°$ bernilai negatif

$$\ln K = \frac{\Delta G°}{-R.T}$$

$$\ln K = \frac{-577{,}82\ \frac{kj}{mol}}{-\left(8{,}314x10^{-3}\ \frac{kj}{mol}.K\right)(298\ K)}$$

$$\ln K = \frac{-577{,}82}{-2{,}4776}$$

$$\ln K = 233{,}217$$

$$K = 1{,}9806\ x\ 10^{101}$$

$$K = \frac{k_1}{k_2}$$

Setelah nilai K_{298} sudah dapat, maka perlu mencari $\Delta H°_R$ dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta H°_R = \Sigma \Delta H°_f . Product - \Sigma \Delta H°_f . Reactant$$

$$\Delta H°_R = [\Delta H°_f . C_3H_3N + 3\Delta H°_f . H_2O] - [\Delta H°_f . C_3H_6 + \Delta H°_f . NH_3 + 1{,}5\Delta H°_f . O_2]$$

$$\Delta H°_R = [184{,}93 + 3(-241{,}8)]\text{kj/mol} - [53{,}30 + (-46) + 1{,}5(0)]\text{ kj/mol}$$

$$\Delta H°_R = [-540{,}47 - 7{,}3)]\text{ kj/mol}$$

$$\Delta H°_R = -547{,}77\text{ kj/mol}$$

Karena $\Delta H°_R$ bernilai negatif, maka reaksi tersebut merupakan reaksi eksotermis.

Mencari K_{673} menggunakan persamaan Van't Hoff

$$d(\ln K) = \frac{\Delta H°_R}{RT^2}\ dT$$

$$ln\frac{K_{298}}{K_{673}} = \frac{\Delta H°_R}{R}\left(\frac{1}{T°} + \frac{1}{T}\right)$$

$$\ln K_{298} - ln\, K_{673} = \frac{\Delta H°_R}{R}\left(\frac{1}{T°} + \frac{1}{T}\right)$$

$$\ln 1{,}9806\ x\ 10^{101} - \ln K_{673} = \frac{-33.742{,}036}{8{,}314\ x\ 10^{-3}}\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{673}\right)$$

$$233{,}217 - \ln K_{673} = \frac{-33.742{,}036}{8{,}314\ x\ 10^{-3}}\ x\ \frac{375}{200.554}$$

$$233{,}217 - \ln K_{673} = -4.058.459{,}947\ x\ 1{,}8698\ x\ 10^{-3}$$

$$233{,}217 - \ln K_{673} = -7.588{,}5$$

$$-\ln K_{673} = -7.588{,}5 - 233{,}2$$

$$-\ln K_{673} = -7.821{,}7$$

$$\ln K_{673} = -7.821{,}7$$

$$K = \frac{k_1}{k_2}$$

Jadi $\Delta G°$ pada suhu 400°C atau 673 K adalah :

$$\Delta G° = -R\ T \ln K$$

$$\Delta G^o = -\left(8{,}314x10^{-3}\ \frac{kj}{mol.K.}\right)x(673K)x7.821{,}7$$

$$\Delta G° = -43.764{,}93 \text{ kj/mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan $\Delta H°_R$ dan $\Delta G°$ diatas, maka dapat di ketahui bahwa reaksi pembuatan akrilonitril dari propilen, amonia, dan udara berjalan secara eksotermis karena nilai $\Delta H°_R$ bernilai negatif, kemudian karena nilai K

dan k_1 sangat besar, sedangkan k_2 sangat kecil maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut merupakan *irreversible* dan dapat berlangsung secara spontan di reaktor pada suhu 400 ^{0}C dan tekanan 1,32 atm.

1.2.6 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari kinetika reaksinya, kecepatan reaksi pembuatan akrilonitril akan bertambah dengan naiknya suhu. Hal ini ditunjukkan oleh persamaan Arhenius :

$$k = A \exp(\frac{-Ea}{RT})$$

Keterangan :

K = Konstanta kecepatan reaksi

A = Faktor frekuensi

T = Suhu (K)

E = Energi aktivasi

R = Konstanta gas ideal

Dimana didapat harga :

E = 2.000 kal/gmol

A = 0,171 gmol/L.jam

R = 1,987 kal/gmol.K

T = 400 ^{0}C

= 673 K

(Hougen et al., 1954)

$$k = A \exp(\frac{-E}{RT})$$

$$k = (0{,}171\ gmol/L.jam) \exp[\frac{-2.000\ kal.gmol}{(1{,}987 kal/gmol.K).(673\ K)}]$$

$$k = \left(0{,}171 \frac{gmol}{L}.jam\right).\exp[\frac{-2.000}{1.337{,}25}]$$

$$k = (0{,}171\ gmol/L.jam).\exp[-1{,}4956]$$

$$k = (0{,}171\ gmol/L.jam)x\ 0{,}2241$$

$$k = 0{,}038\ gmol/L.jam$$

Dari perhitungan di dapat konstanta kecepatan reaksi k pada reaktor dengan suhu 400 ^{0}C dan tekanan 1,32 atm sebesar $0{,}038\ gmol/L.jam$.

(Hougen et al., 1954)