

**SKRIPSI**

**PRARENCANA**

**PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL**

**KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



**Zerra Rezki Adrianza**  
**NIM 03031381419135**

**Dewi Asyura**  
**NIM 03031381419137**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**

# **SKRIPSI**

## **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

dibuat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia pada  
Universitas Sriwijaya



Zerra Rezki Adrianza  
NIM 03031381419135

Dewi Asyura  
NIM 03031381419137

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN AKLONITRIL ( $C_3H_3N$ )  
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN

### SKRIPSI

Diduplikasi untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Zerra Rezki Adrianza      03031381419135  
Dewi Asyura                03031381419137

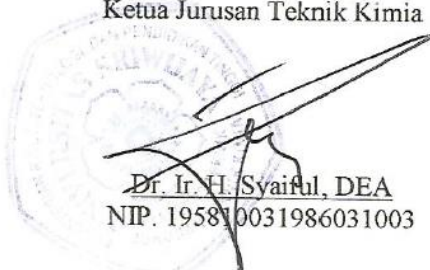
Palembang,    November 2018

Pembimbing



Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.  
NIP. 195602241984032002

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril Kapasitas Produksi 50.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Zerra Rezki Adrianza dan Dewi Asyura di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 September 2018.

Palembang, November 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

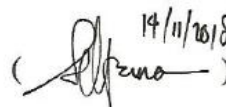
1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004

(  )

2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP. 198010312005011003

(  08/11/2018 )


3. Selpiana, S.T., M.T.  
NIP. 197809192003122001

(  14/11/2018 )

4. Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.  
NIP. 195602241984032002

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

(  )  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama** : Zerra Rezki Adrianza  
**NIM** : 03031381419135  
**Judul Tugas Akhir** : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Acrylonitrile Kapasitas  
50.000 Ton/Tahun  
**Fakultas/Jurusan** : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Dewi Asyura** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2018



**Zerra Rezki Adrianza**  
NIM. 03031381419135

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Asyura  
NIM : 03031381419137  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Acrylonitrile Kapasitas  
50.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Zerra Rezki Adrianza didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2018



Dewi Asyura  
NIM. 03031381419137

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kepada Allah Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam laporan ini mencakup perencanaan pabrik dan perancangan alat-alat proses pra rencana pabrik pembuatan Akrilonitril dengan pertimbangan kelayakan berdasarkan analisa ekonomi. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membacanya.

Palembang, September 2018

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis telah menerima banyak bimbingan, petunjuk dan bantuan, serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Diucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua kami tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, sertadoa yang tak henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Hj. Siti Miskah, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
7. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini turut memberi kontribusi yang bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, September 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN INTEGRITAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PEMBAHASAN UMUM .....</b>	<b>1</b>
1.1.Pendahuluan .....	1
1.2.Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3.Macam-macam Proses .....	3
1.4.Sifat Fisik dan Kimia .....	8
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK.....</b>	<b>13</b>
2.1.Alasan Pendirian Pabrik.....	13
2.2.Pemilihan Kapasitas.....	14
2.3.Pemilihan Bahan Baku.....	15
2.4.Pemilihan Proses.....	15
2.5.Uraian Proses .....	15
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>	<b>19</b>
3.1.Lokasi Pabrik .....	19
3.2.Tata Letak Pabrik.....	20
3.3.Luas Area Pabrik.....	21
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....</b>	<b>26</b>

4.1.Neraca Massa .....	27
4.2.Neraca Panas .....	36
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>43</b>
5.1.Unit Pengadaan Air .....	43
5.2.Kebutuhan Refrigeran .....	46
5.3.Unit Pengadaan Steam .....	46
5.4.Unit Pengadaan Listrik .....	46
5.5.Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	48
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>51</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>90</b>
7.1.Bentuk Perusahaan .....	90
7.2.Struktur Organisasi .....	90
7.3.Manajemen Perusahaan.....	90
7.4.Sistem Kerja.....	94
7.5.Penentuan Jumlah Pekerja .....	95
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>100</b>
8.1.Profitabilitas .....	101
8.2.Lama Waktu Pengembalian Modal.....	102
8.3.Total Modal Akhir .....	103
8.4.Laju Pengembalian Modal .....	105
8.5.Break Even Point .....	106
<b>BAB IX KESIMPULAN.....</b>	<b>108</b>

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Data Impor Acrylonitrile.....	14
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift .....	95
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	97
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal .....	103

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Alir Proses Montedison .....	6
Gambar 1.2.	Diagram Alir Proses Sohio.....	7
Gambar 2.1.	Grafik Kebutuhan Acrylonitrile di Indonesia.....	14
Gambar 3.1.	Lokasi Pabrik berdasarkan Google Earth.....	22
Gambar 3.2.	Peta Lokasi Bahan Baku.....	22
Gambar 3.3.	Peta Tata Ruang Wilayah Cilegon .....	23
Gambar 3.4.	Tata Letak Peralatan .....	24
Gambar 3.5.	Tata Letak Pabrik .....	25
Gambar 7.1.	Struktur Organisasi Perusahaan.....	99
Gambar 8.1.	Grafik Break Even Point .....	106

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran I</b> Tugas Khusus.....	109
<b>Lampiran II</b> Perhitungan Neraca Massa.....	169
<b>Lampiran III</b> Perhitungan Neraca Panas.....	204
<b>Lampiran IV</b> Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	256
<b>Lampiran V</b> Perhitungan Analisa Ekonomi.....	446

## ABSTRAK

### PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL ( $C_3H_3N$ ) KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 14 September 2018

Zerra Rezki Adrianza dan Dewi Asyura; Dibimbing oleh Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xii + 388 halaman, 4 tabel, 10 gambar, 4 lampiran

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan akrilonitril dengan kapasitas 50.000 Ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2022 dikawasan industri Ciwandan, Cilegon, Banten yang diperkirakan memiliki luas area 7 Ha. Proses pembuatan akrilonitril sebagai bahan baku plastik ABS dan SAN ini mengacu pada US Patent No. 2016/0256848 A1. Bahan baku dari pembuatan akrilonitril ini adalah propilen, ammonia dan oksigen. Reaksi berlangsung pada reaktor *fluidized bed* dengan menggunakan katalis Bismuth Molybdate pada temperatur 430°C.


Pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 176 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi pabrik akrilonitril ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut

- *Total Capital Investment (TCI)* : US\$ 75.813.069,19
- *Total Production Cost (TPC)* : US\$ 192.441.397,31
- Total Penjualan per Tahun (SP) : US\$ 247.097.460,25
- *Annual Cash Flow* : US\$ 43.778.435,49
- *Pay Out Time* : 1,5 Tahun
- *Rate of Return* : 50,47%
- *Break Even Point* : 27,87%
- *Service Life* : 11 Tahun

**Kata Kunci** : Akrilonitril, Plastik, Pabrik, Analisa Ekonomi

**Kepustakaan** : 32 (1965-2017)

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA.  
NIP. 195810031986031003

Palembang, November 2018  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

  
Ir. Hj. Siti Miskah, M.T  
NIP. 195602241984032002

# BAB I

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1. Pendahuluan

Sejalan dengan laju perkembangan industri yang semakin besar, Indonesia dituntut untuk mampu bersaing dengan negara lain dalam bidang industri. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi Indonesia yang akan menghadapi banyak persaingan di pasar bebas. Sektor industri kimia sebagai tulang punggung perekonomian negara, banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan terhadap produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satunya adalah dengan pembangunan pabrik *acrylonitrile*.

*Acrylonitrile* ( $C_3H_3N$ ) adalah senyawa kimia tak jenuh berikatan rangkap karbon- karbon yang berkonjugasi dengan golongan nitril (Kirk & Othmer, 1991). *Acrylonitrile* yang sering juga disebut sebagai *acrylic acid nitrile*, *propylene nitrile*, *2- propenenitrile*, *vinyl cyanide*, *cynoethylene*, *cyanoethene*, dan *propenoic acid nitrile*, merupakan cairan jernih, tidak berwarna, dan larut dalam berbagai pelarut organik, seperti etanol, eter, aseton, isopropanol, etil asetat, karbon tetraklorida, dan *benzene*, namun hanya larut sebagian dalam air (Nexant, Inc., 2006). *Acrylonitrile* mempunyai fungsi yang sangat penting dalam menunjang pembangunan di sektor industri, yaitu sebagai bahan kimia antara (*intermediate*) atau monomer yang digunakan dalam pembuatan polimer seperti *acrylic fibers*, termoplastik (*Acrylonitrile/Butadiene/Styrene* dan *Styrene/Acrylonitrile*), NBR (*Nitrile Barrier Resins*), karet sintetik, dan juga *adiponitrile* (Dimian dan Bildea, 2008).

Hingga saat ini *acrylonitrile* masih diimpor dari Jepang, Singapura, dan Amerika. Dengan didirikannya pabrik *acrylonitrile* di Indonesia, kebutuhan impor dapat dikurangi. Bahkan apabila produksi 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. Dengan diproduksinya *acrylonitrile* diharapkan bisa memenuhi kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia. Disamping itu, dengan didirikannya pabrik *acrylonitrile* dapat membuka lapangan kerja baru dan diharapkan dapat memacu berdirinya pabrik - pabrik lain yang menggunakan bahan baku *acrylonitrile*.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangannya

*Acrylonitrile* pertama kali diproduksi pada tahun 1893 oleh seorang ahli kimia dari Perancis bernama Charles Moureu. Namun, produksi ini tidak dianggap begitu penting sampai akhir 1930, dimana industri akhirnya mulai menggunakan senyawa ini dalam berbagai aplikasi seperti *acrylic fibers* untuk tekstil dan karet sintesis. Pada akhir 1940, utilitas dari *acrylonitrile* masih dipertanyakan, metode pembuatan yang ada masih sangat mahal dan proses yang digunakan memerlukan tahapan yang cukup banyak. Produksi *acrylonitrile* terlihat masih dijadikan sebagai cadangan oleh pabrik terbaik dan terbesar di dunia pada saat itu: American Cyanamid, Union Carbide, Dupont and Monsanto. Pada biaya produksi yang sangat tinggi waktu itu, *acrylonitrile* diproduksi dengan skala kecil dan aplikasi yang masih terbatas.

Namun, pada akhir 1950, penelitian Sohio mengenai oksidasi katalitik selektif berhasil melakukan penerobosan yang sangat besar terhadap produksi *acrylonitrile*. Orang-orang yang menciptakan, mengembangkan, dan memasarkan proses pembuatan *acrylonitrile* tersebut menunjukkan banyak keahlian dalam dunia industri kimia. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan biaya produksi yang jauh lebih rendah, yang pada umumnya menggunakan bahan baku berupa *acetylene*, namun proses tersebut sudah lama tidak digunakan lagi.

Pada tahun 1955, Jim Idol mengusulkan bahwa *acrylonitrile* sebagai turunan asam akrilat dapat dihasilkan melalui konversi katalitik garam amonia dari asam akrilat. Selanjutnya, *acrylonitrile* dibuat dengan mengumpankan *acrolein*, amonia dan udara ke suatu katalis yang menghasilkan asam akrilat dari *acrolein*. Keberhasilan ini memperkirakan bahwa *acrylonitrile* dapat dibuat secara langsung dari propilen dengan melalui suatu reaksi yang keseluruhannya



berlangsung dalam satu tahap dengan bantuan katalis *bismuth phosphomolybdate*. Penelitian yang dirancang oleh Idol dan dilakukan oleh Evelyn Jonak pada bulan Maret 1957 tersebut, menghasilkan proses baru untuk produksi *acrylonitrile* yang dinamakan amoksidasi dengan persentase *yield* berkisar 50% dengan *acetonitrile* dan hidrogen sianida sebagai produk samping.

### 1.3. Macam-macam Proses Pembuatan

Metil Metakrilat dapat dibuat dengan empat proses, yaitu Proses *Acetone Cyanohydrin*(ACH), Proses *Direct Isobutylene Oxidation*, Proses *Direct Oxidative Esterification* (DOE), dan Proses *Propionaldehid Formylation*.

#### 1.3.1. Berdasarkan Bahan Baku Pembuatan Akrilonitril

##### a) Asetilen dan Asam Sianida

Pada pembuatan *acrylonitrile* dengan bahan baku asetilen dan asam sianida, fase yang dapat digunakan adalah fase cair atau fase gas. Proses ini menggunakan katalis *cuprous chloride* dan amoniak klorida dalam larutan *hydrochloric acid*. Temperatur yang digunakan yaitu sekitar 80°C dengan tekanan sebesar 15 psig atau 1,02 atm sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi berlangsung secara eksotermis dengan *molar yield* diperoleh sebesar 90%. Perbandingan asetilen dan asam sianida yang digunakan adalah 6:1. Hasil yang keluar dari reaktor sangat encer sekitar 2% dengan produk samping antara lain asetaldehid, vinil asetilen, vinil klorida, *cyanobutene*, dll. Konversi proses ini sebesar 80% atas dasar asam sianida.

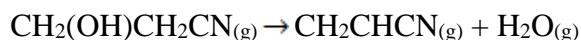
##### b) Asetaldehid dan Asam Sianida

Proses pembuatan *acrylonitrile* dari bahan baku berupa asetaldehid dan asam sianida dikenal juga dengan proses Knapsak Grieshein. Reaksi utamanya adalah sebagai berikut:



##### c) *Ethylene Cyanohydrin*

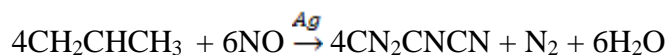
Proses ini berlangsung dengan cara memisahkan air dari *ethylene cyanohydrin*, sehingga akan didapatkan produk *acrylonitrile* seperti yang terlihat pada reaksi berikut ini:



Reaksi ini berlangsung pada suhu 220 – 275 °C, pada tekanan 1 atm. Katalisator yang digunakan pada reaksi ini adalah *activated alumina*. *Yield* yang dihasilkan sebesar 80-90%.

d) Propilen dan Nitrogen Oksida

Dalam proses ini dilakukan oksidasi parsial terhadap amoniak sehingga diperoleh nitrogen oksida. Selanjutnya nitrogen oksida direaksikan dengan propilena membentuk akrilonitril. Katalis yang digunakan adalah perak oksida dalam silika. Reaksi dijalankan pada temperatur 500°C. Proses ini dikembangkan oleh Dupont. Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut:



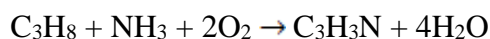
e) Etilen Oksida dan Asam Sianida

Proses dengan menggunakan bahan baku etilen oksida dan asam sianida akan menghasilkan etilen sianohidrin yang selanjutnya mengalami dehidrasi menjadi *acrylonitrile*. Pada langkah pertama, *base-catalyst* yang digunakan ialah dietil amina dengan temperatur berkisar 60°C. Langkah selanjutnya, katalis dari *alkali(ne) metal salts* yang berasal dari asam organik seperti  $\text{MgCO}_3$  digunakan dalam reaksi dengan temperatur operasi berkisar 200°C. Reaksinya adalah sebagai berikut:



f) Propana dengan Amoniak dan Udara

*Acrylonitrile* yang dihasilkan dari bahan baku propane dengan amoniak dan udara ini didapat melalui proses amoksidasi dengan campuran metal oksida sebagai katalis. Reaksinya adalah sebagai berikut:



g) Propilen dengan Amoniak dan Udara

Proses pembuatan *acrylonitrile* menggunakan bahan baku propilen, amoniak dan udara terbagi menjadi dua proses, yaitu:

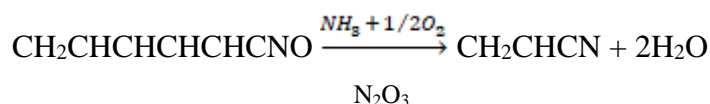
a. Proses Satu Tingkat

Proses ini telah beroperasi sejak tahun 1962 secara komersial dan dikenal dengan sebutan proses Sohio. Reaksi berlangsung pada temperatur 400-

510°C dengan tekanan 50-200 kPag serta menggunakan *bismuth-molybdate* (Bi-Mo) sebagai katalis. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor *fluidized bed*. Reaktan dilewatkan dalam reaktor cukup sekali saja sebelum diteruskan ke *quenched vessel* dalam larutan asam sulfat. Hasil yang didapatkan dari proses satu tingkat ini yaitu sebesar 95.6%. Proses pembuatan *acrylonitrile* dengan cara ini juga dinamakan proses amoksidasi, dengan hasil samping berupa *acetonitrile* dan asam sianida. (Matar, S. dan Hatch, L. F., 2000). Kolom *recovery* menghilangkan *bulk water*, *acrylonitrile* dan *acetonitrile* yang dipisahkan melalui distilasi.

b. Proses Dua Tingkat

Hasil reaksi propilen dengan oksida akan menghasilkan *acrolein* sebagai produk *intermediate* dan kemudian hasil reaksi *acrolein* tersebut direaksikan dengan amoniak serta udara sehingga menghasilkan *acrylonitrile* dan air. Proses ini berlangsung dalam dua tingkat sebelum mendapatkan *acrylonitrile*. Kelemahan proses ini yaitu kurang ekonomis jika dibandingkan dengan proses satu tingkat. Hasil *acrylonitrile* yang diperoleh adalah 78% dari konversi propilen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



### 1.3.2. Berdasarkan Proses Pembuatan *Acrylonitrile*

Proses pembuatan *acrylonitrile* pada umumnya terdiri dari proses Ugine, proses Montedison (Montecatini-Edison), proses O.S.W., dan proses Sohio. Akan tetapi, terdapat juga proses lain untuk pembuatan *acrylonitrile* menggunakan *acrolein* sebagai *intermediate* dari bahan baku gliserol. Uraian singkat masing-masing proses adalah sebagai berikut:

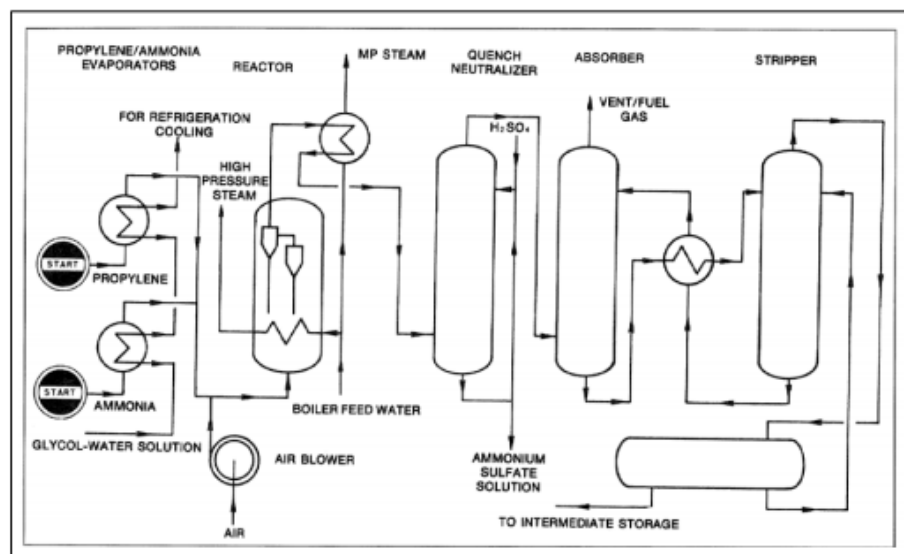
a) Proses Ugine

Propilen, amoniak dan oksigen bereaksi di dalam reaktor dengan menggunakan katalis *biphospor molybdate*. Setelah terjadi reaksi, larutan tersebut diumpankan ke unit absorpsi. Di dalam unit tersebut, akan diserap komponen-komponen *crude acrylonitrile*, sedangkan air yang digunakan sebagai bahan

absorben ikut bersama *crude acrylonitrile*. Kemudian, dilanjutkan ke kolom distilasi untuk memisahkan produk samping guna diperoleh *acrylonitrile* dengan tingkat kemurnian yang tinggi.

b) Proses Montedison (Montecatini-Edison)

Bahan baku propilen, amoniak, dan udara dengan katalis *molybdenum* oksida diumpankan ke dalam reaktor. Di dalam reaktor, terjadi pencampuran bahan baku dan terfluidisasi. Kemudian larutan diumpankan ke absorber 1 dan absorber 2. Di unit absorber 1, dipisahkan amoniak dengan menggunakan media penyerap  $H_2SO_4$  sehingga diperoleh larutan ammonium sulfat. Sedangkan di absorber 2, yang dipisahkan adalah gas dengan menggunakan media penyerap air. Kemudian, larutan *acrylonitrile* yang masih kotor diseparsi lebih lanjut dalam unit destilasi untuk memperoleh *acrylonitrile* yang murni. Sebelum diperoleh *acrylonitrile* yang murni, juga berlangsung pemisahan produk samping. Aliran proses Montedison dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Montedison pada Produk *Acrylonitrile* (Sumber: Matar, S. dan Hatch, L. F., 2000)

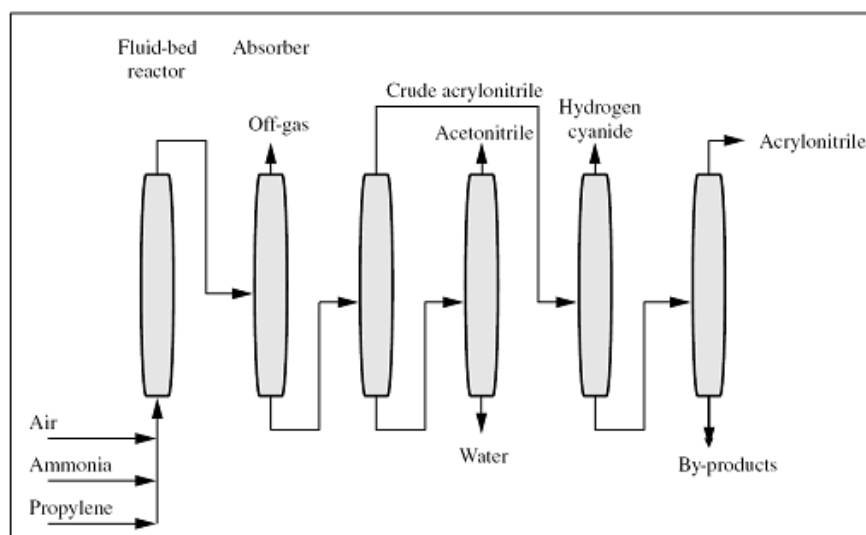
c) Proses O.S.W

Bahan baku propilen, amoniak, dan oksigen dengan katalis *molybdenum* oksida bereaksi di dalam suatu reaktor. Setelah bereaksi, larutan tersebut diumpankan 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 dipisahkan adalah *off-gases* dengan media penyerap berupa air. Kemudian, dilewatkan ke unit berikutnya yaitu *stripper*, yang memisahkan *acrylonitrile* yang masih mengandung air sebagai media penyerap. Larutan *acrylonitrile* yang belum murni dipisahkan di dalam unit distilasi untuk memperoleh *acrylonitrile* yang murni. Sedangkan produk bawah dari kolom distilasi dipisahkan lebih lanjut untuk mendapatkan *acetonitrile* yang murni, dan bagian bawah distilasi ini terdapat juga produk lain berupa residu propionitril.

#### d) Proses Sohio

Propilen, amoniak, dan oksigen diumpankan ke dalam reaktor dengan menggunakan katalis *bismuth molybdate*. Di dalam reaktor, bahan baku akan terfluidisasi pada temperatur sedang sekitar  $450^\circ C$  dengan tekanan 1,5 atm. Setelah terjadi pencampuran di dalam reaktor, selanjutnya diumpankan ke unit absorpsi 1. Bahan penyerap di unit ini menggunakan asam sulfat untuk menetralsir kelebihan amoniak yang tidak bereaksi. Dari unit ini, aliran keluaran reaktor diumpankan lagi ke unit absorpsi 2, dengan bahan penyerap berupa air. Kemudian, dilanjutkan ke unit distilasi untuk mendapatkan *acrylonitrile* yang murni.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Sohio pada Produk *Acrylonitrile* (Sumber: Speight, J. G., 2002)

#### e) Proses Pembuatan *Acrylonitrile* dari Gliserol

Proses pembuatan *acrylonitrile* dari gliserol ini terjadi dalam dua proses utama, dimana proses pertama adalah dehidrasi gliserol dan yang kedua adalah amoksidasi acrolein. Pada proses pertama, gliserol didehidrasi terlebih dahulu untuk selanjutnya menghasilkan *acrolein* sebagai produk *intermediate*. Pada proses kedua, juga ditambahkan amoniak dan oksigen sehingga reaksi tersebut sering disebut reaksi amoksidasi.

#### 1.4. Sifat Fisika dan Kimia

##### a. *Acrylonitrile*

Sifat Kimia	:
Rumus molekul	: $\text{CH}_2\text{CHCN}$
Berat molekul	: 53,06 gr/mol
Fase	: Cair
Titik didih ( $T_{bp}$ )	: 77,5 °C
Titik leleh	: -84 °C
Titik beku ( $T_{fp}$ )	: -118.3. °F
Spgr	: 0,806
Tekanan kritis ( $P_c$ )	: 34,9 atm
Temperatur kritis ( $T_c$ )	: 246 °C
Volume Kritis ( $V_c$ )	: 210,000 $\text{cm}^3/\text{gmol}$
$Z_c$	: 0.210
Temperatur Pembakaran	: 481 °C
<i>Flash Point</i>	: -5 °C
Densitas (20°C)	: 0,807 g/ml
Viskositas	: 0,34 cP pada 25 °C
Kapasitas Panas ( $C_p$ )	: 2,094
Solubilitas dalam air	: 83 mmHg
<i>Enthalphy vaporization</i>	: 7418.7 cal/mol
Sifat Fisika	:

*Acrylonitrile* merupakan cairan yang beracun, tidak berwarna, mudah menguap, sangat reaktif, dan mudah terbakar.

## b. Propilen

Rumus molekul	: $C_3H_6$
Berat molekul	: 42,080 g/mol
Fase	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih ( $T_{bp}$ )	: $-47.6\text{ }^\circ\text{C}$
Titik leleh	: $-185.2\text{ }^\circ\text{C}$
Titik beku ( $T_{fp}$ )	: 87.9 K
Tekanan kritis ( $P_c$ )	: 45.600 atm
Volume Kritis ( $V_c$ )	: $181,000\text{ cm}^3/\text{gmol}$
Faktor Pitzer ( $w$ )	: 0.148
Densitas	: $613.9\text{ kg/m}^3$
Solubilitas dalam air	: $0.61\text{ g/m}^3$
Viskositas	: 8.34
Sifat fisika	:

Propilen merupakan gas tidak berwarna pada temperatur ruang dengan bau seperti petroleum dan mudah menguap.

## c. Amoniak

## Sifat Fisika

Rumus molekul	: $NH_3$
Berat molekul	: 17 kg/kmol
Wujud	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: $-33,4\text{ }^\circ\text{C}$
Titik leleh	: $-77,7\text{ }^\circ\text{C}$
Temperatur kritis	: 405,55 K
Tekanan kritis	: 113 atm
Densitas pada $0\text{ }^\circ\text{C}$	: $0,683\text{ g/cc}$
Panas pembentukan	: $-47,1871\text{ kJ/mol}$
<i>Specific gravity</i> pada $15\text{ }^\circ\text{C}$	: 0,617
Sifat Kimia	:

Ammonia sangat mudah larut dalam air yaitu pada keadaan standard dan bersifat korosif pada tembaga dan timah.

d. Oksigen

Sifat Fisika

Rumus molekul	: O <sub>2</sub>
Berat molekul	: 32 kg/kmol
Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: -183 °C
Titik leleh	: -281,4 °C
Temperatur kritis	: 154,77 K
Tekanan kritis	: 50,8 bar
Densitas pada 25 °C	: 49,7 kg/m <sup>3</sup>
Panas penguapan	: 6,82 kJ/kg

Sifat Kimia

Oksigen merupakan molekul diatomic dan dapat bereaksi dengan semua unsur membentuk senyawa lain, kecuali dengan gas-gas mulia ringan.

e. *Acetonitrile*

Rumus molekul	: C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N
Berat molekul	: 41,05 g/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: Cair
Densitas	: 0,786 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: -45 °C
Titik didih (T <sub>bp</sub> )	: 82,1 °C
Titik beku (T <sub>fp</sub> )	: 229.3 K
Temperatur kritis (T <sub>c</sub> )	: 545.5 K
Tekanan kritis (P <sub>c</sub> )	: 47.7 atm
Volume kritis (V <sub>c</sub> )	: 173.0 cm <sup>3</sup> /mol
<i>Enthalpy vaporization</i>	: 7212.3 cal/mol



<i>Flash point</i>	: 5.5 °C
Tekanan uap	: 72.8 mmHg (pada 20.0 °C)
Kapasitas panas spesifik (C)	: 91.69 J/K.mol
Solubilitas dalam air	: larut ( <i>miscible</i> )
Viskositas	: 0.369 cP pada 25 °C
Sifat fisika	:

*Acetonitrile* merupakan cairan tidak berwarna dengan bau aromatic. Senyawa ini bersifat beracun dengan absorpsi pada kulit dan kurang padat dibandingkan air. Dalam fase uap, *density* lebih tinggi dibandingkan udara.

f. Hidrogen Sianida

Rumus molekul	: HCN
Berat molekul	: 27.025 g/mol
Densitas	: 0.687 g/ml
Titik leleh	: -13 °C
Titik didih ( $T_{bp}$ )	: 25.6 °C
Titik beku ( $T_{fp}$ )	: 259.9 K
Temperatur kritis ( $T_c$ )	: 456.7 K
Tekanan kritis ( $P_c$ )	: 53.2 atm
Volume Kritis ( $V_c$ )	: 139.0 cm <sup>3</sup> /mol
$Z_c$	: 0.197
Solubilitas dalam air	: larut
Tekanan uap	: 630 mmHg pada 20 °C
<i>Enthalpy vaporization</i>	: 6431.2 cal/mol
Sifat Fisika	:

Hidrogen sianida merupakan asam lemah dan cairan yang tidak berwarna, sangat beracun, dan mudah terbakar. Senyawa ini mendidih di atas temperatur ruang.

g. *Acrolein*

Rumus molekul	: C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O
Berat molekul	: 56.06 g/mol
Densitas	: 0.839 g/ml

Titik leleh	: -88 °C
Titik didih ( $T_{bp}$ )	: -53 °C
Titik beku ( $T_{fp}$ )	: 185.5 K
Temperatur Kritis ( $T_c$ )	: 506.0 K
Tekanan kritis ( $P_c$ )	: 49.3 atm
Volume kritis ( $V_c$ )	: 197.0 cm <sup>3</sup> /mol
$Z_c$	: 0.234
<i>Enthalpy vaporization</i>	: 6833.9 cal/mol
Tekanan uap	: 210 mmHg
Titik <i>flash</i>	: -26 °C
Temperatur <i>autoignition</i>	: 278 °C

#### h. Nitrogen

Rumus molekul	: N <sub>2</sub>
Berat molekul	: 14 kg/kmol
Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: -320,4 °F (-195,8°C)
Titik leleh	: -345,8 °F (-209,9°C)
Temperatur kritis	: 126,13 K
Tekanan kritis	: 34 bar
Densitas pada 21,1°C	: 1,153 kg/m <sup>3</sup>
Panas penguapan	: 199,18 kJ/kg (pada 1,013 bar)
Sifat Kimia	:

Nitrogen merupakan unsur yang stabil karena merupakan molekul diatomik dengan ikatan kovalen rangkap 3. Nitrogen sukar bereaksi dengan unsur lain pada suhu rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2017). *Expor - Impor Acrylonitrile*. Indonesia: Badan Pusat Statistik (BPS).
- Bari, M.S., dkk. 2009. *Production of 120000 tons per year of Acrylonitrile by Ammoxidation of Propylene* (Skripsi). Lahore: University of Engineering and Technology Lahore.
- BP Chemicals, Inc. 1993. *The Sohio Acrylonitrile Process*. Ohio: American Chemical Society.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).
- Dimian, A.C. 2008. *Chemical Process Design: Computer Aided Cases Studies*. Weinheim: Wiley VCH-Verlag GmbH & Co.
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (1978). *Elementary Principles of Chemical Processes* (3rd ed.). New York, New York: John Wiley & Sons.
- Hansora, D. 2013. *Industrial Manufacturing of Acrylonitrile*. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academy Publishing.
- Kern, D. Q. (1957). *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). New York: Johw Wiley & Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost Index*. <http://www.matche.com/equipcost.html>. Diakses 20 Agustus 2018.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill International .
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Company.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics For Chemical Engineers* (4th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill Book Company.

- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbot, M. M. (2001). *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics* (6th ed.). Boston: McGraw Hill.
- Speight, J. G. 2002. *Chemical and Process Design Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Stephen, H. 1963. *Binary System Solubility*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass-Transfer Operation*. McGraw-Hill.
- Vibrandt, F. C., & Dryden, C. E. (1959). *Chemical Engineering Plant Design* (4th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill International Edition.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Yalkowsky, S. H. 2010. *Handbook of Aqueous Solubility*. Boca Raton: CRC Press.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.