

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL  
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti  
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**OLEH :**

**ANNISA RAHMATHUL FITHRI 03031181320051**

**RIFKY HARISYA ADHITYA 03031181320067**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL  
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti  
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**OLEH :**

**ANNISA RAHMATHUL FITHRI 03031181320051**

**RIFKY HARISYA ADHITYA 03031181320067**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA

PABRIK PEMBUATAN AKRILONITRIL

KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

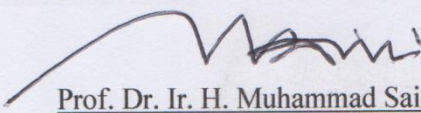
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:


Annisa Rahmathul Fithri	03031181320051
Rifky Harisya Adhitya	03031181320067

Indralaya, Mei 2018

Pembimbing

  
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003

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 200.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Annisa Rahmathul Fithri dan Rifky Harisya Adhitya di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Maret 2018.

Palembang, Maret 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Ir. H. Abdullah Saleh, M.S., M.Eng  
NIP. 195304261984031001

( Abdullah )

2. Ir. Hj. Farida Ali, DEA  
NIP. 195511081984032001

( Farida )

3. Budi Santoso, ST. MT  
NIP. 197706052003121004

( Budi )

4. Dr. Fitri Hadiah, ST. MT  
NIP. 197808222002122001

( Fitri )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Rahmathul Fithri  
NIM : 03031181320051  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril Kapasitas  
200.000 TON/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Rifky Harisya Adhitya 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, Mei 2018

Annisa Rahmathul Fithri  
NIM. 03031181320051



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

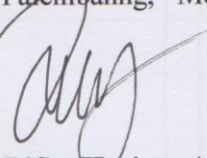
Nama : Rifky Harisya Adhitya  
NIM : 03031181320067  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril Kapasitas  
200.000 TON/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Annisa Rahmathul Fithri 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, Mei 2018

  
**Rifky Harisya Adhitya**  
NIM. 03031181320067



## BIODATA PESERTA SIDANG TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK KIMIA

Periode : Maret 2018



Nama Lengkap	: Annisa Rahmathul Fithri
NIM/ Tahun Masuk JTK	: 03031181320051/ 2013
Tempat/ Tanggal Lahir	: Jambi, 30 Agustus 1995
Alamat Tinggal di Palembang/ Inderalaya	: Pondok Alamanda Jalan Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Ogan Ilir (OI)
No. Telephone/HP	: +62852-6949-9674
E-mail	: afithri10@gmail.com
Alamat Orang Tua	: Jl. Dharmawangsa, Blok A, No. 6A, RT. 38, Komplek Teguh Permai Duo, Kelurahan Thehok, Kecamatan Jambi Selatan, Kota Jambi, Jambi.
No. Telephone/HP Orang Tua/ Wali	: +62852-6623-1050
Total Beban SKS ditempuh (sebelum TA)	: 138
IPK (sementara)	: 3,15
Score TOEFL terakhir (berlaku 2 tahun)	: 497
Nama Dosen Pembimbing Akademik	: Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.
Judul Penelitian	: Pemanfaatan Limbah Karet Alam dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben <i>Crude Oil Spills</i>
Pembimbing Penelitian	: Ir. Hj. Farida Ali, DEA
Tangga Seminar Penelitian	: 18 Mei 2017
Nama Perusahaan/Lokasi Kerja Praktek	: PT Chandra Asri Petrochemical, Tbk
Tanggal Seminar Pendadaran KP	: 22 Mei 2017
Tanggal Mulai Menyusun Tugas Akhir	: 19 Agustus 2017



**BIODATA PESERTA SIDANG TUGAS AKHIR  
JURUSAN TEKNIK KIMIA**

Periode : Maret 2018



Nama Lengkap	:	Rifky Harisya Adhitya
NIM/ Tahun Masuk JTK	:	03031281320031
Tempat/ Tanggal Lahir	:	Jakarta, 11 Juli 1995
Alamat Tinggal di Palembang/ Inderalaya	:	Lorong Sepakat Jalan Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Ogan Ilir (OI)
No. Telephone/HP	:	+62813-7981-4595
E-mail	:	harisya.rifky@gmail.com
Alamat Orang Tua	:	Jl. Pelangi 1 Blok E152, Jakamulya, Bekasi Selatan
No. Telephone/HP Orang Tua/ Wali	:	+62812-9793-879
Total Beban SKS ditempuh (sebelum TA)	:	138
IPK (sementara)	:	2,97
Score TOEFL terakhir (berlaku 2 tahun)	:	483
Nama Dosen Pembimbing Akademik	:	Selpiana, S.T., M.T.
Judul Penelitian	:	Pemanfaatan Limbah Karet Alam dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben <i>Crude Oil Spills</i>
Pembimbing Penelitian	:	Ir. Hj. Farida Ali, DEA
Tangga Seminar Penelitian	:	18 Mei 2017
Nama Perusahaan/Lokasi Kerja Praktek	:	PT Chandra Asri Petrochemical, Tbk
Tanggal Seminar Pendadaran KP	:	22 Mei 2017
Tanggal Mulai Menyusun Tugas Akhir	:	19 Agustus 2017



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril Kapasitas 200.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini, yaitu:

- 1) Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materil maupun moril
- 2) Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 3) Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berkontribusi hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Mei 2018

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena banyaknya bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu diucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini

- 1) Kepada orang tua tercinta yang selama ini telah membantu dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Hj. Lely Nurul Komariah, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- 5) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Seluruh teman-teman Teknik Kimia angkatan 2013 yang banyak memberi bantuan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini dan pihak lain yang tak dapat disebutka namanya satu persatu.

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

Indralaya, Mei 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>BIODATA MAHASISWA</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>BAB I PEMBAHASAN UMUM</b> .....	1
1.1. Pendahuluan .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	1
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan .....	2
1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia .....	4
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	10
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	10
2.2. Pemilihan Kapasitas .....	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	10
2.4. Pemilihan Proses .....	11
2.5. Uraian Proses .....	12
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK</b> .....	15
3.1. Lokasi Pabrik .....	15

3.2. Tata Letak Pabrik.....	16
3.3. Luas Area Pabrik .....	17
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....</b>	<b>20</b>
4.1. Neraca Massa .....	21
4.2. Neraca Panas .....	27
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>35</b>
5.1. Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	35
5.2. Unit Penyediaan Air .....	35
5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik .....	40
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	42
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>44</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>	<b>79</b>
7.1. Bentuk Perusahaan .....	79
7.2. Struktur Organisasi .....	79
7.3. Manajemen Perusahaan .....	79
7.4. Sistem Kerja .....	83
7.5. Penentuan Jumlah Pekerja .....	84
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>89</b>
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	89
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	89
8.3. Total Modal Akhir .....	90
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	92
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	96
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>99</b>



**DAFTAR NOTASI**  
**DAFTAR PUSTAKA**  
**TUGAS KHUSUS**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Perbandingan Proses Pembuatan Akrilonitril .....	3
Tabel 2.1. Data Impor Akrilonitril.....	10
Tabel 7.1. Pembagian Jam kerja Karyawan shift .....	84
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Pekerja.....	86
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal TCI.....	91
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	98



## DAFTAR GAMBAR

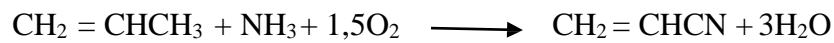
	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pabrik Pembuatan Akrilonitril .....	14
Gambar 3.1. Tata Letak Pabrik .....	17
Gambar 3.2. Tata Letak Alat dalam Area Proses.....	18
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik berdasarkan <i>Google Earth</i> .....	19
Gambar 3.3. Peta Lokasi Pabrik Bahan Baku.....	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	88
Gambar 8.1. Break Even Point .....	97

## DAFTAR LAMPIRAN

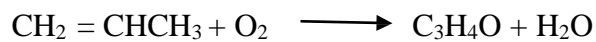
	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa .....	100
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas .....	129
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	178
Lampiran 4. Perhitungan Ekonomi.....	438

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan Akrilonitril dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri tahun 2022 di Cilegon, Banten seluas 9,00 ha. Proses pembuatan Akrilonitril menggunakan proses *Ammoxidation Process* dengan katalis *Molybdenum Bismuth*. Kondisi operasi pembuatan akrilonitril adalah 470 °C dan tekanan 1,02 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



dan menghasilkan produk samping berupa akrolein dengan reaksi:



Perusahaan pabrik pembuatan Akrilonitril ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan pimpinannya adalah direktur utama. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 153 orang. Hasil dari analisa ekonomi Pra-rencana Pabrik Pembuatan Akrilonitril ini sebagai berikut:

- Investasi = US \$ 51,043,421.27
- Hasil penjualan per tahun = US \$ 567,188,496.00
- Biaya produksi per tahun = US \$ 502,538,430.23
- Laba bersih per tahun = US \$ 45,255,046.04
- *Pay Out time* = 1,07 tahun
- *Rate of return on investment* = 88,66 %
- *Discounted Cash Flow–ROR* = 93,00 %
- *Break Even Point* = 35,58 %
- *Service Life* = 11 tahun



# 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 nanti. Sektor industri kimia, sebagai tulang punggung perekonomian negara, banyak memegang peranan penting dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi dalam proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan terhadap produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satunya dengan pembangunan pabrik *acrylonitrile*.

Akrilonitril merupakan salah satu bahan kimia yang berharga di industri resin, plastik, dan sejenisnya. Akrilonitril berbentuk cairan yang tidak berwarna, dapat larut dalam pelarut organik dan larut dalam air. Akrilonitril disebut juga vinil sianida yang mempunyai rumus molekul  $H_2C=CH-C=N$ . Akrilonitril memiliki banyak kegunaan di industri kimia sebagai bahan campuran di industri termoplastik, fiber, akrilamida, dan *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS) resin.

Kegunaan Akrilonitril sebagai campuran bahan di pabrik *acrylic fiber* dan resin ABS selama ini dipenuhi dengan cara impor dari negara lain seperti Jepang, Cina, Taiwan, Korea, Belgia, Jerman, dan Amerika Serikat. Oleh karena itu, pendirian pabrik Akrilonitril di Indonesia diharapkan dapat mengurangi permasalahan terkait ketergantungan impor, mengurangi devisa negara, mendasari pembangunan industri-industri lain di Indonesia, dan menambah lapangan pekerjaan.

### 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Akrilonitril pertama kali dibuat pada tahun 1883 dari dehidrasi akrilamida atau etilen sianohidrin dengan fosfor pentaoksida dan diperkenalkan ke dunia oleh ahli kimia Perancis *Ch. Mouren*. Akrilonitril merupakan bahan kimia yang kurang

berguna sebelum Perang Dunia II, sampai ditemukan bahwa bahan kimia ini dapat meningkatkan resistensi pada *synthetic rubber* menjadi *oil* dan *solvent*.

Selama Perang Dunia II *nitrile rubber* diproduksi secara komersial di Jerman dan Amerika Serikat. Pada tahun 1940 pabrik Akrilonitril di Amerika Serikat mulai berkembang dengan cepat selama beberapa tahun untuk keperluan perang, terutama *nitrile rubber* yang sering digunakan dalam *self treating liners* untuk *aircraft fuel tank*.

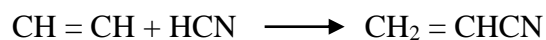
Pada tahun 1960 pabrik Akrilonitril yang pertama menggunakan proses amoksidasi yang dikonstruksi oleh *Standard Oil of Ohio (Sohio)* dan pabrik kedua beroperasi di Jepang tahun 1962. Proses amoksidasi yang lebih dikenal sebagai proses sohio merupakan salah satu aplikasi *fluidized bed* untuk reaksi sintesa polipropilen dengan amonia dan udara yang banyak digunakan di hampir seluruh pabrik Akrilonitril di dunia sampai saat ini.

### 1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan

Hingga saat ini, Akrilonitril dapat dibuat dengan tiga proses, yaitu: Proses Pembuatan dari *Acetylene* dan *Hydrogen Cyanide*, Proses Pembuatan dari *Ethylene Oxide* dan *Hydrogen Cyanide (Cyanoethylation Process)*, dan Proses Pembuatan dari *Propylene* dan *Ammonia (Sohio Process)*.

#### 1.3.1. Proses Pembuatan Akrilonitril dari Acetylene dan HCN

Pada proses ini, Akrilonitril dihasilkan dari reaksi asetilen dan hidrogen sianida, dengan reaksi berikut:



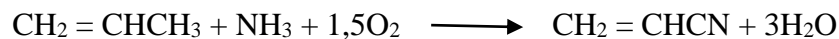
Reaksi berlangsung di dalam reaktor tubular pada temperatur 90°C dan tekanan 15 psig (1 atm) di dalam larutan yang mengandung 35 - 60 persen CuCl. Amonium klorida ditambahkan untuk meningkatkan kelarutan CuCl. Komposisi yang tepat dan kondisi operasi dari katalis harus diatur secara tepat, akurat, serta hati-hati untuk meminimalkan produk yang tidak diinginkan dari *derivative* asetilen, seperti: *monovinylacetylene*, *divinylacetylene*, *acetaldehyde*, *cyanobutadiene*, dan residu. Akrilonitril yang meninggalkan reaktor dengan sisa asetilen yang tidak bereaksi diambil dengan air. Asetilen dimurnikan dan dikembalikan ke reaktor.

### 1.3.2. Proses Pembuatan Akrilonitril dari Etilen Oksida dan HCN

Pada proses ini, Akrilonitril dihasilkan dari reaksi etilen oksida dan hidrogen sianida (*Cyanoethylene Process*). Pada proses pertama, etilen oksida dan hidrogen sianida dicampur secara *batch* pada temperatur 60 - 70 °C di dalam air dengan katalis amina (seperti *disopropyl amine*). Kemudian produk dimasukkan ke kolom stripper, di mana katalis amina dan air dipisahkan dari sianohidrin yang titik didihnya lebih tinggi. Prosedur selanjutnya yaitu *dehydration cyanohydrin* dengan katalis (seperti sodium format) pada temperatur 200 – 240 °C. Kemudian didistilasi untuk memisahkan akrilonitril dengan air.

### 1.3.3. Proses Pembuatan Akrilonitril dari Propilen dan Amonia

Pada proses ini, Akrilonitril dihasilkan dari reaksi propilen dan amonia (*Ammoxidation Process*), dengan reaksi sebagai berikut:



Proses ini merupakan proses *exothermic catalytic oxidation* yang menggunakan reaktor *fluidized bed* yang beroperasi pada temperatur 400 – 500 °C dan tekanan 1 – 4 atm. Pada proses ini konversi propilen yang digunakan adalah 98.6% dan *yield* akrilonitril yang dihasilkan adalah 82.2 %. Katalis yang digunakan adalah padatan *molybdenum* dan *bismuth*. Akrilonitril yang masih berupa *aqueous solution* dan masih mengandung *by product* kemudian didistilasi dimana *acrolein* dan air dipisahkan.

**Tabel 1.1 Perbandingan Proses Pembentukan Akrilonitril**

	<i>Acetylene dan HCN</i>	<i>Cyanoethylene Process</i>	<i>Ammoxidation Process</i>
<b>Kondisi operasi</b>	T = 90 °C P = 1 atm	T pada reaksi 1 = 70 °C T pada reaksi 2 = 240 °C	T = 400 – 500 °C P = 1 – 4 atm
<b>Yield</b>	< 70 %	75 %	> 80%
<b>Penyimpanan bahan baku</b>	Perlu penanganan khusus	Bahan baku sulit di dapat dan harus diimpor	Bahan baku mudah didapat dan tidak memerlukan penanganan khusus



<b>Produk samping</b>	Ada (terkadang terbentuk produk yang tidak diinginkan)	Tidak ada	Ada (akrolein)
<b>Proses</b>	Pengaturan kondisi operasi harus sangat diperhatikan karena ada kemungkinan terbentuk produk yang tidak diinginkan	Reaksi berlangsung secara <i>batch</i>	Proses berlangsung secara kontinyu serta memiliki konversi dan yield yang besar

#### 1.4. Sifat – Sifat Fisika dan Kimia

##### 1.4.1. Propylene

Rumus molekul	: C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
Berat molekul	: 42,080 g/mol
Fase	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$ : 225,400 K
Titik beku	$T_{fp}$ : 87,900 K
Titik Kritis	$T_c$ : 365,000 K
Tekanan Kritis	$P_c$ : 45,600 atm
Volume Kritis	$T_c$ : 181,000 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$ : 0,148
$Z_c$	: 0,275
$P_v$	: 243,380 atm (pada 294,25 K)
Densitas	$\rho$ : 1,780 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	$\mu$ : 0,140 cP (pada 233,15 K)
Spesifik heat	$C_p$ : $0,886 + 5,602 \cdot 10^{-2} T - 2,771 \cdot 10^{-5} T^2 - 5,266 \cdot 10^{-9} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan $T$ dalam K)
$\Delta \hat{H}_v (T_{bp})$	: 4,400 kcal/gmol
$\Delta \hat{H}_{f298 K}$	: 4,880 kcal/gmol
$\Delta \hat{G}_{298 K}$	: 14,990 kcal/gmol

### 1.4.2. Ammonia

Rumus molekul	:	NH <sub>3</sub>
Berat molekul	:	17,030 g/mol
Fase	:	Gas
Warna	:	Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$	: 239,700 K
Titik beku	$T_{fp}$	: 195,400 K
Titik Kritis	$T_c$	: 405,600 K
Tekanan Kritis	$P_c$	: 111,300 atm
Volume Kritis	$T_c$	: 72,500 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$	: 0,250
$Z_c$		: 0,242
$P_v$		: 114,400 psig
Densitas	$\rho$	: 0,640 g/cm <sup>3</sup> (pada 273,2 K)
Viskositas	$\mu$	: $10^{347,04 \cdot (\frac{1}{T} - \frac{1}{169,63})}$ ( $\mu$ dalam centipoise dan $T$ dalam K)
Spesifik heat	$C_p$	: $6,524 + 5,692 \cdot 10^{-3} T + 4,078 \cdot 10^{-6} T^2 - 2,830 \cdot 10^{-9} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan $T$ dalam K)
$\Delta \hat{H}_v (T_{bp})$		: 5,580 kcal/gmol
$\Delta \hat{H}_{f298 K}$		: -10,920 kcal/gmol
$\Delta \hat{G}_{298 K}$		: -3,860 kcal/gmol

### 1.4.3. Propane

Rumus molekul	:	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Berat molekul	:	44,090 g/mol
Fase	:	Gas
Warna	:	Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$	: 231,300 K
Titik beku	$T_{fp}$	: 85,500 K
Titik Kritis	$T_c$	: 369,800 K
Tekanan Kritis	$P_c$	: 41,900 atm

Volume Kritis	$T_c$	: 203,000 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$	: 0,152
	$Z_c$	: 0,281
Densitas	$\rho$	: 0,582 g/cm <sup>3</sup> (pada 231 K)
Viskositas	$\mu$	: $10^{222,67 \cdot (\frac{1}{T} - \frac{1}{133,41})}$ ( $\mu$ dalam centipoise dan T dalam K)
Spesifik heat	$C_p$	: $-1,099 + 7,315 \cdot 10^{-2} T - 3,789 \cdot 10^{-5} T^2 + 7,678 \cdot 10^{-9} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan T dalam K)
	$\Delta \hat{H}_v (T_{bp})$	: 4,487 kcal/gmol
	$\Delta \hat{H}_{f298 K}$	: -24,820 kcal/gmol
	$\Delta \hat{G}_{298 K}$	: -5,610 kcal/gmol

#### 1.4.4. Oxygen

Rumus molekul		: O <sub>2</sub>
Berat molekul		: 32,000 g/mol
Fase		: Gas
Warna		: Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$	: 90,200 K
Titik beku	$T_{fp}$	: 54,400 K
Titik Kritis	$T_c$	: 154,600 K
Tekanan Kritis	$P_c$	: 49,800 atm
Volume Kritis	$T_c$	: 73,400 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$	: 0,021
	$Z_c$	: 0,288
Densitas	$\rho$	: 1,149 g/cm <sup>3</sup> (pada 90,00 K)
Viskositas	$\mu$	: $10^{85,68 \cdot (\frac{1}{T} - \frac{1}{51,50})}$ ( $\mu$ dalam centipoise dan T dalam K)
Spesifik heat	$C_p$	: $6,524 + 5,692 \cdot 10^{-3} T + 4,078 \cdot 10^{-6} T^2 - 2,830 \cdot 10^{-9} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan T dalam K)
	$\Delta \hat{H}_v (T_{bp})$	: 1,630 kcal/gmol



$$\Delta\hat{H}_{f298 K} \quad : \quad -$$

$$\Delta\hat{G}_{298 K} \quad : \quad -$$

#### 1.4.5. Water

Rumus molekul	:	H <sub>2</sub> O
Berat molekul	:	18,020 g/mol
Fase	:	Liquid
Warna	:	Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$	: 373,150 K
Titik beku	$T_{fp}$	: 273,150 K
Titik Kritis	$T_c$	: 647,300 K
Tekanan Kritis	$P_c$	: 217,600 atm
Volume Kritis	$T_c$	: 56,000 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$	: 0,344
$Z_c$		: 0,229
$P_v$		: 0,020 atm
Densitas	$\rho$	: 0,998 g/cm <sup>3</sup> (pada 293,15 K)
Viskositas	$\mu$	: $10^{658,25 \cdot (\frac{1}{T} - \frac{1}{283,16})}$ ( $\mu$ dalam centipoise dan T dalam K)
Spesifik heat	$C_p$	: $7,701 + 4,595 \cdot 10^{-4} T + 2,521 \cdot 10^{-6} T^2 - 0,859 \cdot 10^{-9} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan T dalam K)
$\Delta\hat{H}_v (T_{bp})$		: 9,717 kcal/gmol
$\Delta\hat{H}_{f298 K}$		: -57,800 kcal/gmol
$\Delta\hat{G}_{298 K}$		: -56,640 kcal/gmol

#### 1.4.6. Acrylonitrile

Rumus molekul	:	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N
Berat molekul	:	53,060 g/mol
Fase	:	Liquid
Warna	:	Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$	: 350,500 K (77 °C)

Titik beku	$T_{fp}$ : 189,500 K (189,5 °C)
Titik Kritis	$T_c$ : 536,000 K (262,85 °C)
Tekanan Kritis	$P_c$ : 45,000 atm
Volume Kritis	$T_c$ : 210,000 cm <sup>3</sup> /gmol
Faktor Pitzer	$w$ : 0,350
$Z_c$	: 0,210
$P_v$	: $e^{(15,92530 - \frac{2782,21}{T-51,150})}$ ( $T$ antara 255 K – 385 K)
Densitas	$\rho$ : 0,806 g/cm <sup>3</sup> (pada 293 K)
Viskositas	$\mu$ : $10^{343,31 \cdot (\frac{1}{T} - \frac{1}{210,42})}$ ( $\mu$ dalam centipoise dan $T$ dalam K)
Spesifik heat	$C_p$ : $2,544 + 5,273 \cdot 10^{-2} T - 3,739 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,099 \cdot 10^{-8} T^3$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan $T$ dalam K)
$\Delta \hat{H}_v (T_{bp})$	: 7,800 kcal/gmol
$\Delta \hat{H}_{f298 K}$	: 44,200 kcal/gmol
$\Delta \hat{G}_{298 K}$	: 46,680 kcal/gmol

#### 1.4.7. Sulphuric Acid

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Berat molekul	: 98,080 g/mol
Fase	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	$T_{bp}$ : 561,150 K
Titik beku	$T_{fp}$ : 283,550 K
Densitas	$\rho$ : 1,834 g/cm <sup>3</sup> (pada 293 K)
Spesifik heat	$C_p$ : $33,246 + 3,726 \cdot 10^{-2} T$ ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan $T$ dalam K)
$\Delta \hat{H}_{f298 K}$	: -216,990 kcal/gmol

#### 1.4.8. Acrolein

Rumus molekul	: C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O
Berat Molekul	: 56,1 g/mol

Fase	: <i>Liquid</i>
Warna	: Tidak berwarna
Titik beku	$T_{fp}$ : 185,5 K
Titik didih	$T_{bp}$ : 326,15 K
Densitas	$\rho$ : 0,839 g/mL (pada 298 K)
Spesifik heat	$C_p$ : 379,50
$\Delta\hat{H}_{f298 K}$	: 6,8339 kcal/gmol

#### 1.4.9. Ammonium Sulfat

Rumus molekul	: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Berat molekul	: 132,140 g/mol
Fase	: Kristal, Larutan
Warna	: Kristal bening, Tidak berwarna
Titik beku	$T_{fp}$ : 786,200 K
Densitas	$\rho$ : 1,769 g/cm <sup>3</sup> (pada 293 K)
Spesifik heat	$C_p$ : 51,602 ( $C_p$ dalam cal/ gmol K dan $T$ dalam K)
$\Delta\hat{H}_{f298 K}$	: -280,490 kcal/gmol

## DAFTAR PUSTAKA

- Belgacem, J. (1994). *Catalytic Oxidation and Ammoxidation of Propylene. Modelling Studies on Well-Defined Molybdenum Complexes*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. *Journal of Molecular Catalysis*, 86 (1994) 261-265.
- Branan, C. (2002). *Rules of Thumb for Chemical Engineers* (3<sup>rd</sup> ed). Amsterdam: Gulf Professional Publishing.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).
- Dimian, A. C. (2008). *Acrylonitrile by Propane Ammoxidation*. Amsterdam: Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Evans, L. F. (1974). *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants* (2<sup>nd</sup> ed). Houston: Gulf Publishing Company.
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (1978). *Elementary Principles of Chemical Processes* (3rd ed.). New York, New York: John Wiley & Sons.
- Fogler, H. S. (n.d.). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall International Series.
- Hopper, J. R. (1993). *Waste Minimization by Process Modification*. Lamar University, Department of Chemical Engineering, Beaumont, Texas: Waste Management, Vol. 13, pp. 3-14, 1993.
- Ismail, S. (1999). *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. (1957). *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Licht, R. B. (2016). *The Mechanism and Kinetics of Propene Ammoxidation Over a Bismuth Molybdate*. Department of Chemical and Biomolecular Engineering, University of California, Berkeley: *Journal of Catalysis* 339 (2016) 228–241.

- 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.
- 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 Process and Design Handbook*. United States of America: McGraw Hill.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass-Transfer Operation*. McGraw-Hill.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.