

SKRIPSI
PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Krisjefani Doloksaribu

NIM. 03031381419108

Siti Handayani

NIM. 03031381419131

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN
AKROLEIN KAPASITAS PRODUKSI
60.000 TON PER TAHUN

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



Krisjefani Doloksaribu

NIM. 03031381419108

Siti Handayani

NIM. 03031381419131

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

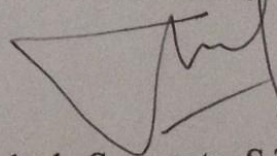
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Krisjefani Doloksaribu 03031381419108
Siti Handayani 03031381419131

Palembang, Juli 2018

Pembimbing



Prahady Susmanto, S.T., M.T
NIP. 198208042012121001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

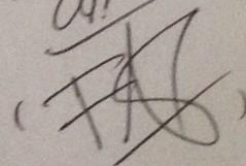
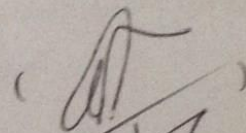
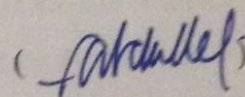
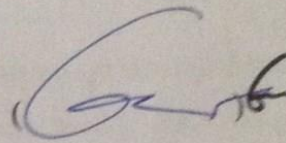
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Krisjefani Doloksaribu dan Siti Handayani di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Juli 2018.


Palembang, Juli 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002
2. Ir. H. Abdullah Saleh, M.S., M.Eng.
NIP. 195304261984031001
3. Ir. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002
4. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.
NIP. 197808222002122001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Krisjefani Doloksaribu
NIM : 03031381419108
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas
60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Siti Handayani 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, Juli 2018


Krisjefani Doloksaribu
NIM. 03031381419108

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Handayani
NIM : 03031381419131
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas
60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Krisjefani Doloksaribu** 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.

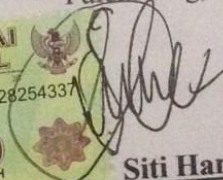


Palembang, Juli 2018

METERAI
TEMPEL

66DC3AFF228254337

6000
ENAM RIBU RUPIAH


Siti Handayani

NIM. 03031381419131

UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Allah SWT. Yang memberikan kekuatan bagi hambanya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua kami tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa 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. Prahady Susmanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Ibu Ir. Rosdiana Moeksin, M.T., dan Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., selaku koordinator Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen dan Staff Akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

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

Palembang, Juli 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat serta hidayah-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Akrolein dengan Kapasitas 60.000 Ton per Tahun” ini dapat selesai.

Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat akhir mengikuti ujian sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu, terutama kepada:

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prahady Susmanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER DALAM	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
INTISARI	xviii
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Proses Pembuatan Akrolein.....	3
1.4. Sifat Fisik Bahan Baku dan Produk.....	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	11
2.1. Alasan Perencanaa Pabrik.....	11
2.2. Pemilihan Kapasitas.....	12
2.3. Pemilihan Bahan Baku	13
2.4. Pemilihan Proses.....	13
2.5. Uraian Proses	14
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	16
3.1. Lokasi Pabrik.....	16
3.2. Penentuan Tata Letak Pabrik.....	19

3.2. Perkiraan Luas Pabrik.....	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	22
4.1. Neraca Massa	22
4.2. Neraca Panas.....	27
BAB V UTILITAS.....	34
5.1. Unit Pengadaan Air.....	34
5.2. Unit Pengadaan Refrigerant.....	37
5.3. Unit Pengadaan Steam.....	37
5.4. Unit Pengadaan Listrik.....	37
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	39
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....	41
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN.....	75
7.1. Bentuk Perusahaan.....	75
7.2. Struktur Organisasi.....	76
7.3. Manajemen perusahaan.....	77
7.4. Sistem Kerja	81
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	82
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....	87
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	88
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	88
8.3. Total Modal Akhir.....	90
8.4. Laju Pengembalian Modal	92
8.5. Break Even Point (BEP)	93
BAB IX KESIMPULAN	95
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Data impor Acrolein.....	12
Tabel 2.2.	Perbandingan Proses-proses Pembuatan Akrolein	12
Tabel 7.1.	Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift.....	82
Tabel 7.2.	Perincian Jumlah Karyawan	84
Tabel 8.1.	Angsuran Pengembalian Modal	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Reaksi asetaldehid dan formaldehid menghasilkan akrolein	3
Gambar 1.2.	Reaksi oksidasi propilen menghasilkan akrolein	4
Gambar 1.3.	PFD industry untuk menghasilkan akrolein dari propilen	4
Gambar 1.4.	Macam-macam Penggunaan Akrolein.....	5
Gambar 1.5.	PFD industry untuk menghasilkan akrolein dari gliserol.....	6
Gambar 1.6.	Reaksi dehidrasi gliserol membentuk akrolein	7
Gambar 2.1.	Kebutuhan Akrolein dari Tahun ke Tahun.....	12
Gambar 3.1.	Lokasi Pabrik berdasarkan <i>google maps</i>	16
Gambar 3.2.	Peta Lokasi Pabrik.....	18
Gambar 3.3.	Tata Letak Pabrik	20
Gambar 7.1.	Struktur Organisasi Perusahaan.....	86
Gambar 8.1.	Grafik <i>Break Even Point</i>	93

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
E_j	: Efisiensi pengelasan
ID, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding accumulator, cm
V	: Volume total, m ³
V_s	: Volume silinder, m ³
ρ	: Densitas, kg/m ³

2. CONDENSER, HEATER, REBOILER, HEAT EXCHANGER

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T_2, t_2	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U_o	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m ² .°C
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m ²
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m ²
N _t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m ³ /jam
u_t, U_s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s

D_b	: Diameter bundel, m
D_s	: Diameter shell, m
N_{RE}	: Bilangan Reynold
N_{PR}	: Bilangan Prandtl
N_{NU}	: Bilangan Nusselt
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
I_b	: Jarak baffle, m
D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_w	: Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$
ΔP	: Pressure drop, psi

3. DISTILLATION COLUMN

A_a	: Active area, m^2
A_d	: Downcomer area, m^2
A_{da}	: Luas aerasi, m^2
A_h	: Hole area, m^2
A_n	: Net area, m^2
A_t	: Tower area, m^2
C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
d_h	: Diameter hole, mm
E	: Total entrainment, kg/s
E_j	: Efisiensi pengelasan
F_{iv}	: Parameter aliran
H	: Tinggi kolom, m
h_a	: Aerated liquid drop, m

h_f	: Froth height, m
h_q	: Weep point, cm
h_w	: Weir height, m
L_w	: Weir height, m
N_m	: Jumlah tray minimum, stage
Q_p	: Faktor aerasi
R	: Rasio refluks
R_m	: Rasio refluks minimum
U_f	: Kecepatan massa aerasi, m/s
V_d	: Kelajuan downcomer
ΔP	: Pressure drop, psi
Ψ	: Fractional entrainment

4. FURNACE

q_n	: Neat heat release, Btu/jam
q_r	: Radiant duty, Btu/jam
t_f, t_t	: Temperatur fluida, temperatur dinding, °F
$A_{r,a}$: Luas area radiant section, luas tube, ft ²
OD	: diameter luar tube, in
L	: panjang tube, ft
N_t	: Jumlah tube
A_{cp}	: cold plane surface, ft ²
V	: Volume furnace, ft ³
L_{beam}	: Mean beam Length, ft
E_g	: gas emisivitas
q_s	: Heat loss fuel gas, Btu/jam
h_{cc}	: koefisien konveksi, Btu/jam.ft ² °F
h_{cl}	: koefisien gas radiant, Btu/jam.ft ² °F
h_{cw}	: koefisien wall radiant, Btu/jam.ft ² °F
A_{cw}	: wall area per row, ft ²
f	: factor seksi konveksi

U_c	: overall transfer coefisient dalam seksi konveksi, Btu/jam.ft ² °F
ρ_g	: densitas fuel gas, lb/ft ³
G	: mass velocity pada minimum cross section, lb/s.ft ²

5. KNOCK OUT DRUM

A	: vessel cross sectional area, m ²
D	: diameter vessel, m
HL	: tinggi liquid, m
H_v	: space untuk vapor, m
L	: tinggi separator, m
Q_l	: liquid volumetric flowrate, m ³ /s
Q_v	: vapor volumetric flowrate, m ³ /s
U_t	: settling velocity, m/s
V	: volumetric untuk hold up, m ³
V_a	: kecepatan komponen uap maksimum, m/s
V_d	: design velocity, m/s
V_h	: volume head, m ³
V_s	: volume silinder, m ³
V_t	: volume separator, m ³
W_l	: laju alir liquid, kg/jam
W_v	: laju alir uap, kg/jam
ρ_v	: densitas uap, kg/m ³
ρ_l	: densitas liquid, kg/m ³

6. PUMP

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H_d, H_s	: Head discharge, suction, ft
H_f	: Total friksi, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft

H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ϵ	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. REACTOR

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
D_p	: Diameter katalis, m
D_s	: Diameter shell, m
D_T	: Diameter tube, in
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	: Tinggi shell reaktor, m
H_T	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
N_t	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar

τ	: Waktu tinggal, jam
p_t	: Tube pitch, in
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, cm
V_k	: Volume katalis, m^3
V_T	: Volume reaktor, m^3
ρ, ρ_k	: Densitas fluida, katalis, kg/m^3
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
σ_A	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
E_A	: Energi aktivasi, kJ/kmol
V_E	: Volume elipsoidal, m^3
H_S	: Tinggi silinder, m
h	: Tinggi tutup
H_T	: Tinggi total tanki, m

8. TANKI

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
E_j	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m^3
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Perhitungan Neraca Massa	96
Lampiran II	Perhitungan Neraca Panas.....	125
Lampiran III	Perhitungan Neraca Spesifikasi Alat	181
Lampiran IV	Perhitungan Neraca Ekonomi.....	391

INTISARI

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2018

Krisjefani Doloksaribu dan Siti Handayani, Dibimbing oleh Prahady Susmanto, S.T., M.T

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xiv + 443 halaman, 4 tabel, 8 gambar, 4 lampiran

ABSTRAK

Pabrik Akrolein direncanakan berlokasi di daerah Bekasi, Jawa Barat. Seluas 4,5 ha dengan kapasitas 60.000 ton/tahun. Proses pembuatan Akrolein ini menggunakan bahan baku Gliserol dengan *Tungstic Zirconia* sebagai katalis. Reaksi berlangsung pada tekanan 2,9 atm dan temperatur 310°C (US 2017/0088500 A1). Reaktor yang digunakan adalah *Multitubular Fixed Bed Reactor*. Dengan reaksi yang terjadi sebagai berikut :

Reaksi Utama :



Reaksi Samping :



Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin seorang Direktur Utama dengan karyawan sebanyak 134 orang.

Hasil analisa ekonomi, maka pabrik pembuatan Akrolein berbahan baku Gliserol ini dinyatakan layak didirikan. Dengan berdasarkan analisa ekonomi sebagai berikut :

- *Total Capital Investment (TCI)* : US\$ 51.242.684,3778
- *Total Production Cost (TPC)* : US\$ 215.366.040,7014
- Total Penjualan per Tahun (SP) : US\$ 433.906.660,9662
- *Annual Cash Flow* : US\$ 157.334.053,8575
- *Pay Out Time* : 1,37 tahun
- *Rate of Return* : 74,59%
- *Break Even Point* : 31,35%
- *Service Life* : 11 tahun

Kata Kunci : Akrolein, Dehidrasi Gliserol, *Multitubular Fixed Bed Reactor*

Kepustakaan : 26 (1957-2017)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kimia merupakan salah satu industri manufaktur terbesar di seluruh negara maju maupun negara berkembang termasuk Indonesia. Industri kimia global merupakan bagian penting dari dunia ekonomi. Laporan OECD *Outlook for Chemicals Industry* (2001) menyebutkan sekitar US\$1500 triliun dalam penjualan pada tahun 1998—lebih dari dua kali ukuran pasar dunia untuk peralatan dan jasa telekomunikasi. Perkembangan industri kimia di Indonesia sendiri mengalami perkembangan yang sangat cepat walaupun sempat jatuh karena krisis ekonomi. Untuk melepaskan diri dari keterpurukan ekonomi ini maka bangsa Indonesia harus mampu bangkit kembali mengejar ketertinggalannya dengan memanfaatkan kekuatan dan potensi yang ada di Indonesia baik berupa kekayaan sumber daya alam dan sumber daya manusia. Dengan berkembangnya industri, maka peningkatan unsur-unsur penunjang juga semakin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan lapangan kerja.

Industri kimia menghasilkan material kimia menjadi produk yang memiliki nilai lebih dengan proses-proses kimia. Untuk menjalankan suatu industri kimia, tentunya dibutuhkan bahan baku. Umumnya, proses pengolahan bahan baku menjadi produk yang bermanfaat melalui beberapa proses. Bahan baku tersebut dapat berupa bahan mentah dari alam ataupun bahan mentah yang telah diproses. Bahan yang melalui proses pengolahan terlebih dahulu ini disebut juga sebagai produk antara (*intermediet*).

Kebutuhan bahan kimia dasar yang mendorong Indonesia memproduksi bahan-bahan kimia yang sangat diperlukan pemakainya di dalam negeri, karena selama ini Indonesia masih mendatangkan bahan-bahan tersebut dari luar negeri. Untuk mengurangi ketergantungan dari luar negeri maka dipandang perlu untuk mendirikan Industri kimia dasar khususnya Akrolein. Seperti kita ketahui, Akrolein dengan rumus C_3H_4O , merupakan produk intermediet untuk memproduksi produk lain seperti asam akrilat, methionine, methionine hidroxy, guraldehyde dan asam

amino sintesis (*Kirk-Othmer*). Lebih dari 80% akrolein yang telah diolah digunakan sebagai bahan baku dalam produksi methionine. *Crude* akrolein digunakan sebagai bahan baku untuk produksi asam akrilat. Akrolein juga dapat digunakan untuk herbisida dan algasida dalam aliran irigasi. Sebagai biocide pada cooling tower, untuk mengontrol alga, rumput, dan sebagai slimcide dalam industri kertas.

Sehubungan dengan semakin meningkatnya permintaan akan Akrolein bagi industri kimia di banyak negara di dunia, termasuk salah satunya di Indonesia maka prospek untuk mendirikan pabrik Akrolein akan terbuka semakin lebar. Selain itu, Indonesia merupakan salah satu negara produsen gliserol yang merupakan bahan baku untuk memproduksi Akrolein. Pendirian pabrik pembuatan Akrolein di Indonesia ini diharapkan dapat memperkecil ketergantungan Indonesia akan impor bahan-bahan kimia dari luar negeri, terutama Akrolein yang juga dapat dijadikan komoditi ekspor. Hal ini juga tentunya akan berimbas terhadap penghematan devisa negara dan juga dapat menambah devisa negara. Tak hanya itu, pendirian pabrik Akrolein ini juga dapat memicu pertumbuhan industri yang lain di Indonesia, sehingga akan membuka lapangan kerja baru dan memperluas kesempatan kerja bagi masyarakat.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Akrolein (2-propenal), C_3H_4O , merupakan senyawa paling sederhana dari golongan aldehid tak jenuh. Sifat utama akrolein yaitu sangat reaktif karena merupakan anggota gugus karbonil dengan gugus vinyl. Acrolein ditemukan pada tahun 1843 tetapi tidak diproduksi secara komersial sampai tahun 1938. Proses komersial pertama adalah melalui proses kondensasi fase uap dari bahan baku asetaldehide dan formaldehide. Pada tahun 1940, terdapat perkembangan katalis yang memungkinkan akrolein diproduksi dengan cara oksidasi fase uap propilen. Proses ini menghasilkan konversi yang sedikit (15%) sehingga memerlukan *recycle* dari propilen yang tidak terkonversi (*Kirk-Othmer, 2003*).

Amin *et al.* (2014) mengatakan bahan petrokimia akan mengalami pengurangan drastis di masa yang akan datang. Karena itu, produksi material industri yang penting seperti akrolein dari bahan berkelanjutan (*sustainable*) dan terbarukan lazim dilakukan sekarang ini.

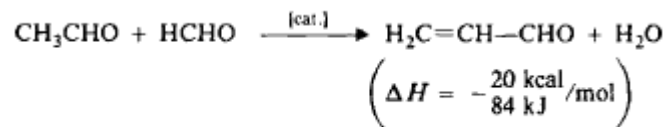
Pada tahun 1957, *Standard Oil of Ohio* (Sohio) menemukan katalis bismuth molybdate yang dapat memproduksi acrolein dengan mencapai konversi yang besar (>90%) dan dengan kondisi operasi tekanan rendah. Selama 30 tahun kedepan, terdapat banyak penelitian dan perkembangan industri dan akademik untuk meningkatkan efisiensi katalis yang digunakan pada produksi akrolein.

Pada tanggal 1 Mei 1961 Acrolein dijual dalam tangki-tangki mobil seharga 31 c/lb. Hal itu membuktikan harga tersebut akan lebih tinggi pada tahun-tahun mendatang. Saat ini banyak dikembangkan proses dan penemuan katalis yang sesuai untuk mencapai konversi dan yield yang tinggi. (*Kirk-Othmer*, 2003).

Akrolein memiliki fungsi sebagai intermediet asam akrilat yang digunakan untuk memproduksi sodium polyacrylate. Sodium polyacrylate merupakan polimer superabsorbent (SAP) yang digunakan dalam produk seperti diaper. Pada tahun 2010, penggunaan superabsorbent polymer diperkirakan memiliki pasar sebesar 1,9 juta ton.

1.3. Proses Pembuatan

1.3.1. Kondensasi Fase Uap antara Asetaldehid dan Formaldehid

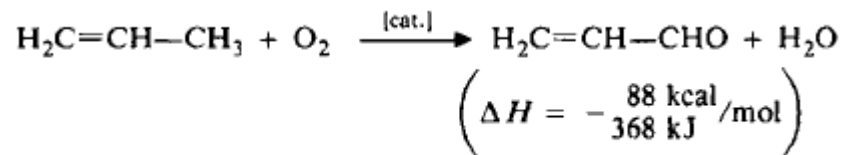


Gambar 1.1. Reaksi asetaldehid dan formaldehid menghasilkan akrolein

(Weissermel *et al.*, 1997)

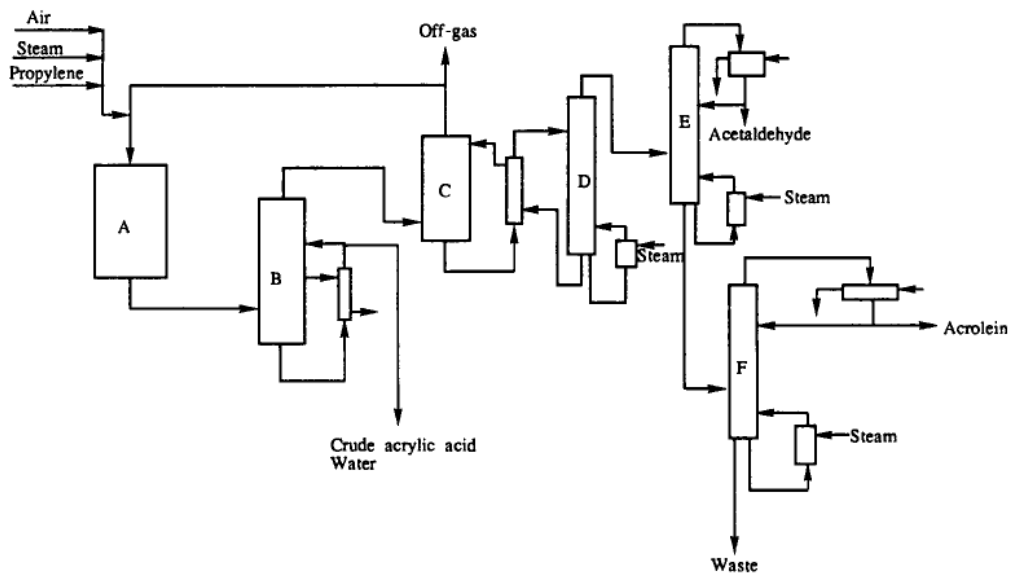
Teknik sintesis akrolein yang pertama adalah dengan mereaksikan formaldehid dengan asetaldehid. Metode ini ditemukan oleh Degussa sekitar tahun 1930an (McKetta, 1976). Akrolein kemudian diproduksi secara komersial pertama pada 1938 oleh Degussa. Prosesnya berdasarkan kondensasi fase uap asetaldehid dan formaldehid (Othmer, 1977). Proses adisi ini berlangsung pada suhu 300-320 C dengan katalis silikat Na/SiO₂ (Weissermel *et al.*, 1997).

1.3.2. Oksidasi Propilen



Gambar 1.2. Reaksi oksidasi propilen menghasilkan akrolein (Weissermel *et al.*, 1997)

Shell merupakan industri pertama yang menggunakan proses ini secara komersil (1958-1980). Reaksi ini berjalan pada kondisi 350-400 C dengan menggunakan katalis CuO/SiC dan I₂ sebagai promotor. Selektivitas akrolein mencapai 75-80% (Weissermel *et al.*, 1997).

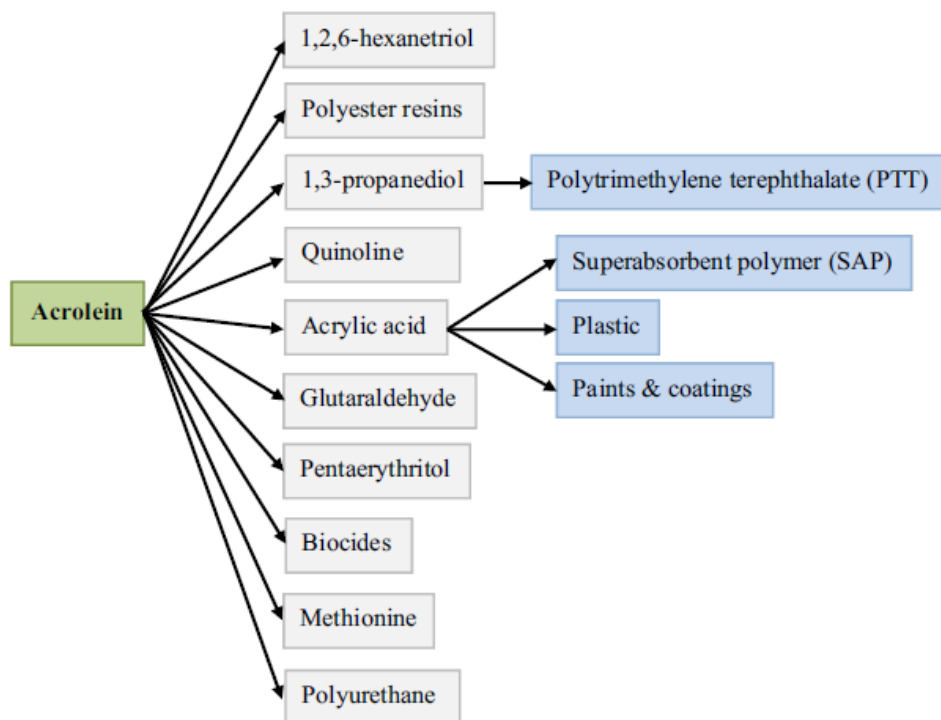


Gambar 1.3. PFD industry untuk menghasilkan akrolein dari propilen (Kirk-Othmer)

Pada tahun 1957, *Standard Oil of Ohio* (SOHIO) menemukan katalis bismuth molybdate yang dapat memproduksi acrolein dengan mencapai konversi yang besar (>90%) dan dengan kondisi operasi tekanan rendah. Selama 30 tahun kedepan, terdapat banyak penelitian dan perkembangan dari industri dan akademik untuk meningkatkan efisiensi katalis yang digunakan pada produksi akrolein.

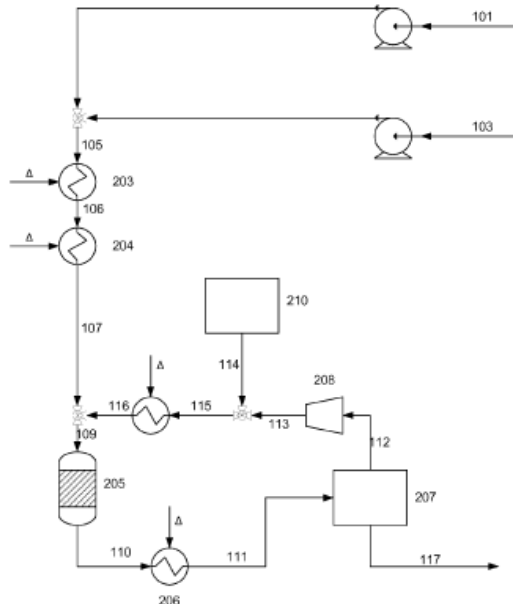
Pada proses ini, propilen dioksidasi dengan oksigen pada reactor tubular fixed bed, menggunakan penyangga katalis *bismuth molybdate* ($\text{Bi}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$). Gas hasil reaksi kemudian didinginkan dan diumpankan ke menara absorber dimana akrolein diserap oleh air. Gas sisa yang masih mengandung banyak propilen, karbon dioksida, dan oksigen tak bereaksi dipanaskan dan didistilasi untuk memisahkan karbon dioksidanya kemudian dikembalikan ke dalam reaktor sebagai arus recycle.

Arus bawah absorber, mengandung air, akrolein dan pengotor diumpankan ke stripper dimana akrolein terbawa sebagai arus atas. Crude akrolein dimurnikan dan dikeringkan dengan mencampur arus hidrokarbon, memisahkan dan membuang fase air, dan didistilasi untuk memisahkan pengotor ringan dan sisa air sebagai arus atas. Arus bawah stripper, mengandung akrolein dan hidrokarbon, diumpankan ke kolom dimana akrolein kering dan murni terpisahkan ke atas. Arus bawah hidrokarbon kemudian di recycle.



Gambar 1.4. Macam-Macam Penggunaan Akrolein

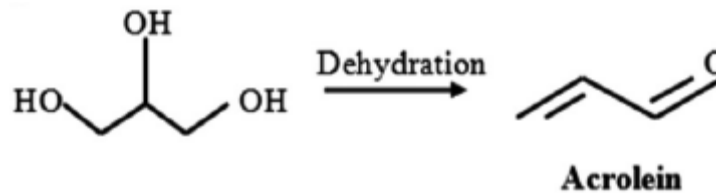
1.3.3. Dehidrasi Gliserol



Gambar 1.5. PFD industry untuk menghasilkan akrolein dari gliserol

Produksi akrolein dari gliserol telah diketahui selama beberapa decade pada fase gas menggunakan katalis asam. Proses ini berjalan pada suhu 250-350° C dan tekanan 0,1-1 MPa. Konversi dari proses ini cukup tinggi dengan nilai rentang 80-88%. Proses ini menggunakan katalis asam yaitu $WO_3.H_2O$.

Gliserol merupakan hasil samping dari produksi biodiesel adalah residu yang jumlahnya lebih kurang 33% dari produk (Plocher, 2008). Persentase ini tidak sedikit, jika produksi biodiesel dilakukan dalam jumlah besar. Gliserol akan menjadi sumber limbah pada industri pembuatan gliserol, karena kurang memiliki nilai ekonomi apabila tidak ditangani atau diolah menjadi bahan yang bermanfaat. Untuk itu perlu adanya pabrik khusus pengolahan gliserol hasil samping industri biodiesel, agar menjadi produk lain yang bernilai tinggi. Salah satu produk yang didapat diproduksi dari gliserol ini adalah Acrolein. Dengan membandingkan proses-proses yang telah diuraikan diatas, maka proses yang dipilih adalah dehidrasi gliserol.



Gambar 1.6. Reaksi dehidrasi gliserol membentuk akrolein (Sumber: Amin *et al.*)

1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Gliserol

Sifat Fisika

- Rumus Molekul : $C_3H_5(OH)_3$
- Wujud : Cair, kental
- Warna : Tidak berwarna
- Berat Molekul : 92,09 gr/gmol
- Titik didih : $290^\circ C$
- Titik leleh : $18,7^\circ K$
- Temperatur Kritis : $451,85^\circ C$
- Tekanan Kritis : 65,82778 atm
- C_p , kkal/kmol $^\circ K$: 254,40 kJ/kmol
- Densitas : 1261 kg/m^3
- Tekanan uap : 0,33 MPa
- Surface tension : 63,4 dyn/cm

Sifat Kimia

1. Larut dalam air
2. Merupakan senyawa hidroskopis
3. Tidak stabil pada suhu kamar

1.4.2. Air

Sifat Fisika

- Rumus Molekul : H_2O
- Berat Molekul : 18 g/mol
- Wujud : Liquid

- Warna : Tidak Berwarna
- Titik didih : 100°C
- Titik Lebur : 0 °C
- Temperatur Kritis : 374,3°C
- Tekanan Kritis : 79,9 atm
- Panas Penguapan : 8426,00 kJ/mol
- C_p , kkal/kmol°K : $7,701 - 4,59 \cdot 10^{-4}T - 2,52 \cdot 10^{-6}T^2 + 8,59 \cdot 10^{-10}T^3$

Sifat Kimia

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H₂O, artinya satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air mempunyai sifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan suhu 273,15 K (0°C). Zat Kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting karena mampu melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan senyawa organik.

1.4.3. Acrolein

- Rumus Molekul : C₃H₄O
- Berat Molekul : 56,06 g/mol
- Wujud : Liquid
- Warna : Tidak Berwarna atau agak kekuningan
- Titik didih : 53°C
- Titik beku : -87°C
- Densitas : 0,843 g/cm³
- Temperatur Kritis : 233°C
- Tekanan uap : 29,3 kPa
- Tekanan Kritis : 5,07 MPa
- Kelarutan dalam air : 20,6% berat
- Viskositas : 0,35 cP

Sifat Kimia

Akrolein merupakan senyawa yang sangat reaktif dikarenakan ikatan ganda dan dapat menjalani berbagai reaksi. Akrolein dapat mengalami reaksi oksidasi menjadi asam akrilat, $C_3H_4O_2$ dengan cara menreaksikan dengan oksigen dan steam dan katalis molybdenum dan vanadium oksida. Akrolein juga dapat mengalami reaksi reduksi yaitu hidrogenasi langsung (direct hydrogenation) yang menghasilkan *propyl alcohol*, propionaldehyde, dan *allyl alcohol*.

1.4.4. Oksigen

- Rumus Molekul : O_2
- Berat Molekul : 32 g/mol
- Titik didih : $-297,3^{\circ}F$
- Titik Leleh : $-361,9^{\circ}F$
- Densitas relatif : 0,0828 lb/ft³
- Temperatur Kritis : $-181,8^{\circ}F$
- Tekanan Kritis : 729,1 psia
- Specific Volume : 12,08 ft³/lb
- Specific Gravity : 1,1
- Specific heat capacity : 7,03 Btu/lbmol °F

Sifat Kimia

Hampir seperlima (volume) udara adalah oksigen. Gas oksigen non-gabungan biasanya ada dalam bentuk molekul diatomik (O_2), tetapi ada juga dalam bentuk triatomik (O_3) bernama ozon.

1.4.4. Hydroxypropanone

- Rumus Molekul : $C_3H_6O_2$
- Berat Molekul : 74,079 g/mol
- Wujud : Liquid
- Warna : Tidak Berwarna
- Titik didih : $145^{\circ}C$
- Titik leleh : $-17^{\circ}C$
- Densitas : 1,082 g/cm³

Sifat Kimia

Hydroxypropanone memiliki sifat fisik penengah antara asam-asam karboksilat yang lebih kecil, asam format dan asetat, dan asam lemak yang lebih besar. Hydroxyacetone ini larut dengan air, tetapi dapat dihapus dari air dengan menambahkan garam. Seperti dengan asam asetat dan format, hydroxypropanone terdiri dari pasangan hidrogen terikat molekul baik sebagai cair dan uap.

Hydroxypropanone menampilkan sifat umum asam karboksilat: Hydroxypropanone ini dapat membentuk turunan amida, ester, anhidrida, dan klorida. Hydroxypropanone juga ini dapat mengalami alpha-halogenasi dengan bromin dengan adanya PBr_3 sebagai katalis (reaksi HVZ) untuk membentuk $CH_3CHBrCOOH$.

DAFTAR PUSTAKA

- Baca, B. 2016. *Method for preparing acrolein from glycerol or glycerine*. US 9,447,009 B2.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Data Impor asam akrilat dan metionine*. (online) <http://www.bps.go.id>. Indonesia (Diakses tanggal 14 November 2017).
- Baasel, W.D. (1995). *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*. Oxford: Pergamon Press.
- Cavaseno, V. (1979). *Process Heat Exchange*. McGraw-Hill.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (1978). *Elementary Principles of Chemical Processes* (3rd ed.). New York, New York: John Wiley & Sons.
- Fiji, M. (2014). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Akrolein dari Gliserol Kapasitas 42.000 ton/tahun*. Tugas Akhir. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Fogler, H. S. (n.d.). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall International Series.
- Ismail, S. (1999). *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. (1957). *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Kirk-Othmer. (1991). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons.
- KSI. (2015). *Peta Wilayah Sungai Belawan*. (online) : kongressungai.or.id. Indonesia (Diakses tanggal 18 Desember 2017).
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill International .

- McKetta. (1976). *Method for preparing acrolein from formaldehyd*. McGraw-Hill International.
- Miligan, D., & Miligan, J. (2014). *Matches*. Retrieved September 2016, from matche.com: <http://matche.com/default.html>
- 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.
- Rita, M. (2017). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas 40.000 ton/tahun*. Tugas Akhir. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbot, M. M. (2001). *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics* (6th ed.). Boston: McGraw Hill.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass-Transfer Operation*. McGraw-Hill.
- Van Winkle, M. (1967). *Distillation*. New York: 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.
- Weissermel, K., & Arpe, H.-J. (1997). *Industrial Organic Chemistry* (Vol. IV). germany: Wiley-VCH.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.