

SKRIPSI

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN ASAM AKRILAT DARI GLISEROL
KAPASITAS 145.000 TON/TAHUN**



Rizki Muthiah Rahayu
NIM 03031381419120

Annisa Dela Yuliani
NIM 03031381419127

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

SKRIPSI

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN ASAM AKRILAT DARI GLISEROL
KAPASITAS 145.000 TON/TAHUN**

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



Rizki Muthiah Rahayu
NIM 03031381419120

Annisa Dela Yuliani
NIM 03031381419127

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

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN ASAM AKRILAT DARI GLISEROL
KAPASITAS PRODUKSI 145.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**

Oleh:

Rizki Muthiah Rahayu 03031381419120
Annisa Dela Yuliani 03031381419127

Palembang, Januari 2019

**Mengetahui
Dosen Pembimbing**



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

**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 Asam Akrilat dari Gliserol dengan Kapasitas 145.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Rizki Muthiah Rahayu dan Annisa Dela Yuliani dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 November 2018

Palembang, Januari 2019

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

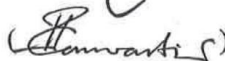
1. Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M.Sc.

()

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

()

3. Ir. Pamilia Coniwanti, M.T.
NIP. 195512151985032001

()

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

()

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Fachrudin Syariful, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Muthiah Rahayu
NIM : 03031381419120
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat dari
Gliserol Kapasitas 145.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Annisa Dela Yuliani 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, Januari 2019



Rizki Muthiah Rahayu

NIM. 03031381419120



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Dela Yuliani
NIM : 03031381419127
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat dari
Gliserol Kapasitas 145.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Rizki Muthiah Rahayu** 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, Januari 2019



Annisa Dela Yuliani

NIM. 03031381419127



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat Kapasitas 145.000 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, terutama kepada :

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 4) Orang tua dan keluarga
- 5) Serta 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, November 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR TABEL | v |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR NOTASI | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| INTISARI | xv |
| | |
| BAB I PEMBAHASAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Sejarah dan Perkembangan..... | 2 |
| 1.3. Macam-macam Proses Sintesis Asam Akrilat | 3 |
| 1.4. Sifat Fisika dan Kimia | 6 |
| | |
| BAB II PERENCANAAN PABRIK | 13 |
| 2.1. Alasan Pendirian Pabrik..... | 13 |
| 2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi..... | 15 |
| 2.3. Pemilihan Bahan Baku | 16 |
| 2.4. Pemilihan Proses | 17 |
| 2.5. Uraian Proses Pembuatan Asam Akrilat | 19 |
| | |
| BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK | 21 |
| 3.1. Lokasi Pabrik..... | 21 |
| 3.2. Penentuan Tata Letak Pabrik..... | 24 |
| 3.3. Perkiraan Luas Pabrik | 25 |
| | |
| BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS | 28 |
| 4.1. Neraca Massa | 28 |

| | |
|--|------------|
| 4.2. Neraca Panas | 35 |
| BAB V UTILITAS | 43 |
| 5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i> | 43 |
| 5.2. Unit Pengadaan Air | 46 |
| 5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik | 49 |
| 5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar | 51 |
| BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN..... | 54 |
| BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN..... | 85 |
| 7.1. Bentuk Perusahaan..... | 85 |
| 7.2. Struktur Organisasi | 86 |
| 7.3. Tugas dan Wewenang | 86 |
| 7.4. Sistem Kerja | 89 |
| 7.5. Penentuan Jumlah Karyawan..... | 90 |
| BAB VIII ANALISA EKONOMI | 95 |
| 8.1. Keuntungan (Profitability) | 96 |
| 8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal..... | 97 |
| 8.3. Total Modal Akhir | 99 |
| 8.4. Laju Pertumbuhan Modal (Return On Investment) | 101 |
| 8.5. Titik Impas (Break Even Point/ BEP) | 103 |
| BAB IX KESIMPULAN..... | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1. Data Impor Asam Akrilat di Negara ASEAN | 15 |
| Tabel 2.2. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat | 17 |
| Tabel 5.1. Perbedaan dan Pertimbangan Pemilihan <i>Steam</i> | 43 |
| Tabel 7.1. Pembagian Jam Pekerja Shift | 90 |
| Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan | 92 |
| Tabel 8.1. Deprisasiasi dengan Metode MACRS..... | 97 |
| Tabel 8.2. Angsuran Pengembalian Modal FCI..... | 98 |
| Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi..... | 105 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 2.1. Konsumsi Asam Akrilat Dunia Tahun 2016 | 13 |
| Gambar 2.2. Grafik Tren Impor Asam Akrilat dan Prediksi Tahun 2013 | 15 |
| Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik | 21 |
| Gambar 3.2. Lokasi Pabrik Berdasarkan <i>Google Maps</i> | 22 |
| Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan | 26 |
| Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik | 27 |
| Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan | 94 |
| Gambar 8.1. Penentuan <i>Break Even Point</i> dengan Metode Grafik | 104 |

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

- C: Tebal korosi yang diizinkan, m
E : Effisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD : Inside diameter, Outside diameter, m
L : Panjang accumulator, m
P: Tekanan operasi, atm

t : Temperatur operasi, °C
V: Volume total, m³
V_s : Volume silinder, m³
W : Laju aliran massa, kg/jam
 ρ : Densitas, lb/ft³

2. CONDENSER, COOLER, HEATER, REBOILER, HEAT EXCHANGER, PARTIAL CONDENSOR, VAPORIZER

- A= Area perpindahan panas, ft²
a_s, a_t = Area pada shell, tube, ft²
a'' = external surface per 1 in, ft²/in ft
B = Baffle spacing, in
C = Clearance antar tube, in
D = Diameter dalam tube, in
D_e = Diameter ekivalen, in
f = Faktor friksi, ft²/in²
G_s = Laju aliran massa fluida pada shell, lb/jam.ft²
G_t = Laju aliran massa fluida pada tube, lb/jam.ft²
g = Percepatan gravitasi
h = Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft².°F
h_i, h_{io} = Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH = Faktor perpindahan panas

| | | |
|--------------|---|--|
| k | = | Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F |
| L | = | Panjang tube, pipa, ft |
| LMTD | = | Logaritmic Mean Temperature Difference, °F |
| N | = | Jumlah baffle |
| N_t | = | Jumlah tube |
| P_T | = | Tube pitch, in |
| ΔP_r | = | Return drop sheel, Psi |
| ΔP_s | = | Penurunan tekanan pada shell, Psi |
| ΔP_t | = | Penurunan tekanan tube, Psi |
| ID | = | Inside Diameter, ft |
| OD | = | Outside Diameter, ft |
| ΔP_T | = | Penurunan tekanan total pada tube, Psi |
| Q | = | Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam |
| R_d | = | Dirt factor, Btu/jam.ft ² .°F |
| Re | = | Bilangan Reynold, dimensionless |
| s | = | Specific gravity |
| T_1, T_2 | = | Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F |
| t_1, t_2 | = | Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F |
| T_c | = | Temperatur rata-rata fluida panas, °F |
| t_c | = | Temperatur rata-rata fluida dingin, °F |
| U_c , | = | Clean overall coefficient, Btu/jam.ft ² .°F |
| U_d | = | Design overall coefficient Btu/jam.ft ² .°F |
| W | = | Laju aliran massa fluida panas, lb/jam |
| w | = | Laju aliran massa fluida dingin, lb/jam |
| μ | = | Viscositas, cp |

3. DISTILLATION COLUMN

| | | |
|-------|---|--------------------------------|
| A_d | : | Downcomer area, m ² |
| A_t | : | Tower area, m ² |
| A_n | : | Net area, m ² |
| A_a | : | Active area, m ² |

| | |
|------------|--|
| A_b | : Hole area, m^2 |
| A_{da} | : Aerated area, m^2 |
| C | : Faktorkorosi yang dizinkan, m |
| C_{sb} | : Kapasitas vapor, m/det |
| DI | : Clearance, mm |
| d_h | : Diameter hole, mm |
| d_c | : Diameter kolom, mm |
| e | : Total entrainment, kg/det |
| E | : Joint efficiency, dimensionless |
| F | : Friction factor, dimensionless |
| F_{iv} | : Paramateraliran, dimensionless |
| h_a | : Aerated liquid drop, m |
| h_f | : Froth height, mm |
| h_w | : Weir height, mm |
| h_σ | : Weep point, cm |
| H | : Tinggi kolom, m |
| L_w | : Weir length |
| L | : Lajualirmassa liquid solvent, kg/det |
| N_m | : Jumlah tray minimum |
| ΔP | : Pressure drop |
| P | : Tekanandesain, atm |
| q | : Lajualir volume umpan solvent, m^3/det |
| Q | : Lajualir volume umpan gas, m^3/det |
| Q_p | : Aeration factor, dimensionless |
| R | : $[L/D]$ refluks ratio, dimensionless |
| R_h | : Radius Hydrolic, m |
| R_m | : Refluks minimum |
| Re_h | : Reynold modulus, dimensionless |
| S | : Working stress, N/m^2 |
| S_s | : Stage umpan |
| St | : Jumlah stages |

t : Tebaldinding vessel, m
 T : Temperaturoperasi, °C
 T_{av} : Temperatur rata-rata, °C
 U_f : Kecepatan aerated mass, U_f
 V : Lajualirmassaumpan gas, kg/det
 V_d : Downcomer velocity, m/det
 α : Relatifvolatil, dimensionless
 Δ : Liquid gradien, cm
 ρ_g : Densitas gas, kg/m^3
 ρ_l : Densitas liquid, kg/m^3
 ψ : Fractional entrainment, dimensionless

4. KOMPRESSOR, BLOWER

k = C_v / C_p
 n = Jumlah Stage
 P_i = Tekanan input, atm
 P_o = Tekanan output, atm
 P = Power kompresor (HP)
 Q = Kapasitaskompresor
 T_i = Temperatur input, K
 T_o = Temperatur output, K
 η = Efisiensi

 ρ = Densitas, kg/m^3

 W = Laju alir massa, lb/jam

5. KNOCK OUT DRUM

A : vessel cross sectional area, m^2
 D : diameter vessel, m

| | |
|----------|---|
| HL | : tinggi liquid, m |
| Hv | : space untuk vapor, m |
| L | : tinggi separator, m |
| Ql | : liquid volumetric flowrate, m ³ /s |
| Qv | : vapor volumetric flowrate, m ³ /s |
| Ut | : settling velocity, m/s |
| V | : volumetric untuk hold up, m ³ |
| Va | : kecepatan komponen uap maksimum, m/s |
| Vd | : design velocity, m/s |
| Vh | : volume head, m ³ |
| Vs | : volume silinder, m ³ |
| Vt | : volume separator, m ³ |
| Wl | : laju alir liquid, kg/jam |
| Wv | : 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 _{i opt} | = Diameter optimal pipa, in |
| E | = Equivalent roughness |
| f | = Faktor friksi |
| FK | = Faktor keamanan |
| g _c | = Percepatan gravitasi, ft/s ² |
| Gpm | = Gallon per menit |
| H _{f suc} | = Total friksi pada suction, ft |
| H _{f dis} | = Total friksi pada discharge, ft |
| H _{fs} | = Skin friction loss |
| H _{f suc} | = Total suction friction loss |
| H _{fc} | = Sudden Contraction Friction Loss (ftlb _m /lbf) |

| | |
|------------|---|
| H_{fc} | = Sudden expansion friction loss (ftlb _m /lbf) |
| ID | = Inside diameter pipa, in |
| K_C, K_S | = Contraction, expansion loss contraction, ft |
| L | = Panjang pipa, ft |
| L_e | = Panjang ekuivalen pipa, ft |
| NPSH | = Net positive suction head (ft) |
| N_{Re} | = Reynold number, dimension less |
| P_{vp} | = Tekanan uap, Psi |
| Q_f | = Laju alir volumetrik |
| V_f | = Kapasitas pompa, lb/jam |
| V | = Kecepatan alir |
| ΔP | = Beda tekanan, Psi |

7. REACTOR

| | |
|----------------|--|
| C_c | : Tebal korosi maksimum, in |
| C_{AO} | : Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³ |
| F_{AO} | : Laju alir umpan, kmol/jam |
| K | : Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s |
| P | : Tekanan operasi, bar |
| τ | : Waktu tinggal, jam |
| 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 elipsoid, m ³ |
| H_s | : Tinggi silinder, m |

H : Tinggi tutup
H_T : Tinggi total tanki, m

8. TANKI

C = Tebal korosi yang diizinkan
D = Diameter tangki, m
E = Efisiensi penyambungan, dimensionless
h = Tinggi head, m
H = Tinggi silinder, m
H_T = Tinggi total tangki, m
P = Tekanan Operasi, atm
S = Working stress yang diizinkan, Psia
T = Temperatur Operasi, K
t = Lama persediaan/penyimpanan, hari
V_e = Volume ellipsoidal head, m³
V_s = Volume silinder, m³
V_t = Volume tangki, m³
W = Laju alir massa, kg/jam
ρ = Densitas, kg/m³

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Neraca Massa

Lampiran 2 Perhitungan Neraca Panas

Lampiran 3 Perhitungan Spesifikasi Alat

Lampiran 4 Perhitungan Ekonomi

ABSTRAK

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ASAM AKRILAT DENGAN KAPASITAS 145.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 14 November 2018

Rizki Muthiah Rahayu dan Annisa Dela Yuliani; Dibimbing oleh Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvii + 384 halaman, 6 tabel, 10 gambar, 4 lampiran

ABSTRAK

Pabrik Asam Akriolat direncanakan berlokasi di daerah Kawasan Industri Medan, Sumatera Utara. Pabrik ini meliputi area seluas 10,8 Ha dengan kapasitas 145.000 Ton/Tahun. Proses pembuatan Asam Akriolat dilakukan dengan proses dehidrasi gliserol di dalam Reaktor-01 (R-01) pada temperatur 300°C dengan tekanan 2 atm pada fase gas dan proses oksidasi akrolein pada Reaktor-02 (R-02) pada temperatur 260°C dengan tekanan 2 atm pada fase gas.

Pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 120 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka Pabrik Pembuatan Ammonia layak didirikan dengan hasil analisa ekonomi sebagai berikut:

| | |
|--|--------------------------|
| a) <i>Total Capital investment</i> (TCI) | = US \$ 367.749.935,46 |
| b) <i>Total Production Cost</i> (TPC) | = US \$ 1.627.459.235,19 |
| c) Total Penjualan per Tahun (SP) | = US \$ 1.949.293.092,22 |
| d) <i>Annual Cash Flow</i> (ACF) | = US \$ 227.038.201,43 |
| e) <i>Pay Out time</i> | = 1,6 tahun |
| f) <i>Rate of return on investment</i> | = 61,26 % |
| g) <i>Discounted Cash Flow –ROR</i> | = 61,48 %% |
| h) <i>Break Even Point</i> | = 25 % |
| i) <i>Service Life</i> | = 11 tahun |

Kata Kunci : Asam Akriolat, Dehidrasi Gliserol, Pabrik, Analisa Ekonomi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Asam akrilat merupakan salah satu pabrik bahan kimia yang paling prospektif yang digunakan pada industri poliakrilat, hidrosiakrilat, *coating formulations*, *Superabsorbent Polymers* (SAPs), dan polimer deterjen, seperti dalam produksi pengental, dispersan, pelapis kulit, bahan perekat, *floor polisher*, *protective coating*, surfaktan, flukolan, tekstil, kosmetik, pengemasan makanan, popok dan pembalut, serta cat (Mc, Ketta, 1977). Penggunaan asam akrilat paling utama sebesar lebih dari 55% adalah ester akrilat, yang mana 79% ester akrilat akan dikonversi menjadi asam poliakrilik untuk memproduksi *Superabsorbent Polymers* (SAPs). Saat ini permintaan asam akrilat di Asia sekitar 25-50% terutama pada negara Cina, Jepang, dan Korea yang akan mempengaruhi permintaan dan penawaran produk asam akrilat di Indonesia (Anonim, 2017c).

Permintaan produk kimia berbahan baku asam akrilat tergolong tinggi terutama pada negara-negara di Asia Tenggara, seperti Indonesia, Singapura, Thailand, dan Filipina, yang akan mempengaruhi permintaan dan penawaran produk asam akrilat di Asia Tenggara (Anonim, 2017b). Hal tersebut menunjukkan Indonesia tidak dapat memanfaatkan peluang untuk menambah devisa negara yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang besar bagi pendapatan negara. Permintaan impor yang besar menunjukkan bahwa industri kimia di Indonesia tidak berkembang, yang berarti bahwa teknologi proses manufaktur tidak berkembang, terutama dalam produksi asam akrilat

Terdapat enam metode pembuatan asam akrilat secara konvensional dan banyak dikomersialkan (Chauvel & Lefebvre, 1989), namun terdapat masalah di dalam setiap macam prosesnya. Oleh karena itu dilakukan beberapa ujicoba dan penelitian untuk mencari alternatif proses yang lebih menguntungkan. Sebagai contoh, dengan cara menggunakan bahan baku *bio-sourced* berupa gliserol, yang mana bahan tersebut berasal dari metanolisis minyak nabati, proses ini tidak menghasilkan akumulasi emisi CO₂ di atmosfer karena emisi CO₂ akan diserap

kembali oleh biomasa untuk pertumbuhannya sehingga akan memenuhi kriteria konsep *green energy* karna mengurangi emisi gas rumah kaca dan juga membatasi bahaya ekologi dari proses konvensional (Devaux, 2016).

Berdasarkan permasalahan diatas, pada skripsi Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Akrilat ini, pabrik akan dibangun dengan proses yang lebih ekonomis dan produk utama yang memiliki kemurnian lebih tinggi tanpa adanya produk samping yang membahayakan lingkungan. Bahkan produk samping yang dihasilkan dapat langsung digunakan sebagai bahan baku pembuatan akrilat ester, dan produk utama asam akrilat memiliki kualitas teknik.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Asam akrilat pertama kali dihasilkan dari oksidasi akrolein dengan menggunakan udara pada tahun 1847. Lebih dari 85% produksi asam akrilat menggunakan bahan baku akrolein. Akrolein dihasilkan dari oksidasi propilen dengan udara (Kirk & Orthmer, 1978). Asam akrilat diproduksi secara komersial sejak tahun 1920, tetapi produksi dengan skala besar baru dilakukan pada tahun 1925. Sebagian besar digunakan sebagai *intermediate* dalam pembuatan ester dengan berat molekul yang rendah, khususnya etil, butil, dan *2-ethyl hexyl acrylates*. Metode utama untuk memproduksi asam akrilat yaitu (Chauvel & Lefebvre, 1989) :

- 1) Oksidasi propilen fase uap, terjadi dalam dua langkah, dengan akrolein sebagai *intermediate* di seluruh pabrik industri yang saat ini beroperasi, meskipun pada tahun 1970/1971 ada usaha oleh Japan Catalytic Chemicals untuk mencapai konversi *single-step*. Teknologi ini pertama kali dikembangkan oleh Distillers, kemudian oleh BASF Sohio, Tokyo Soda, Union Carbide, dan Japan Catalytic (Nippon Shokubai), Rohm and Haas.
- 2) Hidrolisis etilen cyanohidrin, metode ini dieprasikan selama Perang Dunia I dan masa setelah itu, di Jerman dan Amerika Serikat. Proses ini tidak lama digunakan.
- 3) Polimerasi *β -propiolactone*, metode ini mereaksikan formaldehid dengan *acetone*, diikuti dengan distilasi destruktif polimer dengan penambahan air.

Sintesis ini dikomersialkan oleh Celanese dan Goodrich, dan diberhentikan karena sifat karsinogenik *β -propiolactone*.

- 4) Karbonilasi oksidatif etilen, dikembangkan oleh Union Oil of California, terutama untuk memproduksi ester.

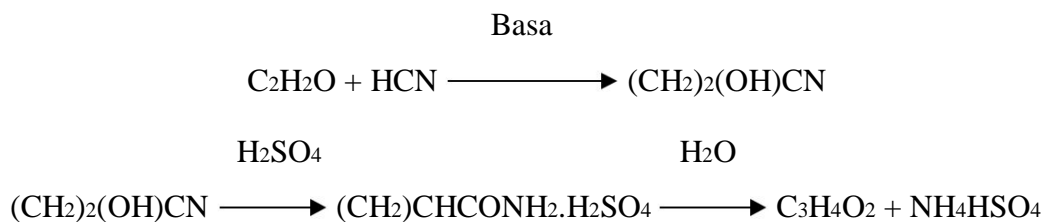
Pabrik asam akrilat yang telah ada di Indonesia adalah PT. Nippon Shokubai di Cilegon berkapasitas 80.000 ton/tahun. Pabrik ini didirikan pada tahun 1996 dan berpusat di Cilegon, Banten (Tecnon OrbiChem, 2010). Di Amerika hanya ada 5 perusahaan asam akrilat yaitu Rohm dan Hass. Co, Union Cabide Operate, Celanese, Dow Badische Operate, dan B. F. Goodrich. Room and Hass. Co. menggunakan proses semi katalitik yang menggunakan alkohol, nikel karbonil, karbon monoksida, dan hidrogen klorida. Union Cabide Operate merupakan perusahaan yang pertama kali menggunakan oksidasi propilen untuk menghasilkan asam akrilat. Dow Badische operate menggunakan proses Reppe pada tekanan tinggi dengan proses esterifikasi untuk menghasilkan etil, butyl, dan 2-etl heksil ester dan asam akrilat. B.F. Goodrich dan Celanese sama-sama menggunakan proses *propiolactone route* (Chauvel & Lefebvre, 1989).

1.3. Macam-Macam Proses Sintesis Asam Akrilat

Menurut Cahuvel & Lefebvre, (1989) terdapat enam macam metode pembuatan asam akrilat secara konvensional dan banyak dikomersialkan. Selain itu, terdapat metode yang terbaru dalam pembuatan asam akrilat yang menggunakan bahan baku *bio-sourced* berupa gliserol. Penjelasan proses sintesis ketujuh metode tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

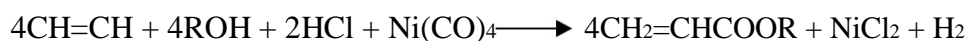
- 1) Proses Hidrolisis *Ethylene Cyanohydrin*

Merupakan proses pertama kali yang digunakan untuk menghasilkan asam akrilat. Proses ini mereaksikan *hydrogen cyanide* dengan *ethylene oxide* dengan menggunakan katalis basa yang berisikan larutan kaustik soda dan dietilamin pada temperatur 55-60°C dan selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dan esterifikasi secara simultan dalam fase likuid di bawah kondisi asam kuat dan alkohol, dengan kondisi operasi 150°C. Proses ini memiliki *yield* molar 60-80%, dan produk samping berupa amonium sulfat 85%. Persamaan reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu:



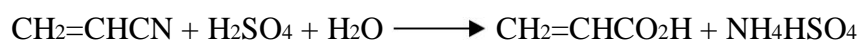
2) Proses *Carbonylation Acetylene*

Walter Rappe menemukan pembuatan asam akrilat dan eseternya dengan proses *carbonylation acetylene* dengan *carbon monoxide*, air atau alkohol dengan penambahan *nickel carbonyl* pada temperatur 25-70°C dan tekanan atmosfer. Proses ini sangat eksotermik dan menghasilkan produk samping berupa asam proionat yang sangat sulit dipisahkan. Persamaan reaksi:



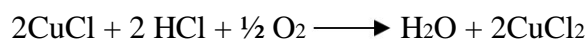
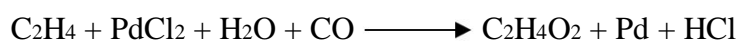
3) Proses *Acrylonitrile Route*

Proses ini adalah proses hidrolisa asam sulfat menjadi akrilamida sulfat dalam medium asam sulfat pada suhu 145-155°C dan tekanan atmosfer. Kemudian akrilamida sulfat diesterifikasi dengan alkohol temperatur 160-180°C menghasilkan asam akrilat. Proses ini menghasilkan total *yield* molar 85-90%. Kelemahan proses ini adalah mahalnya bahan baku. Persamaan reaksi:



4) Proses Karbonilasi Oksidatif Etilen

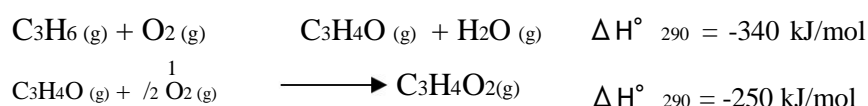
Proses ini menggunakan bahan baku berupa etilen dan sedikit karbon monoksida yang beroperasi dalam fasa likuid, dengan temperatur 135-150°C dan tekanan 7,5 bar dengan menggunakan katalis yang sama digunakan pada pembuatan asetaldehida. Produk samping utama dari proses ini yaitu *β-acetoxypionic acid*. Persamaan reaksi yang terjadi dalam proses ini yaitu :



5) Proses Oksidasi Propilen

Proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat yang didasarkan pada dua tahap, pertama menghasilkan akrolein kemudian dioksidasi menjadi asam akrilat. Tahap pertama beroperasi pada temperatur 300-350°C dan tekanan 1-3 bar dengan konversi 90-95%, tahap kedua beroperasi pada temperatur 250-280°C dan tekanan 1-2 bar dengan konversi

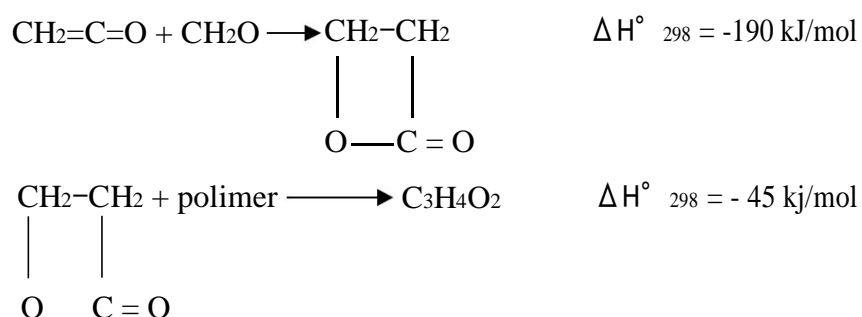
95-97%. Persamaan reaksi:

6) Proses Polimerisasi β -propiolactone

Proses ini menggunakan bahan baku asam asetat yang dipirolisis menjadi *ketene*, kemudian *ketene* direaksikan dengan formaldehid untuk menghasilkan β -propiolakton dengan menggunakan katalis alumunium klorida atau zinc klorida dalam larutan aseton atau metanol. Lalu β -propiolakton dihidrolisis pada temperatur 100-150°C atau pada temperatur

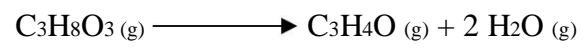
50°C dibawah tekanan vakum dengan katalis asam fosfat dan

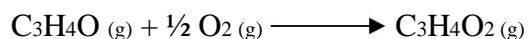
menghasilkan asam akrilat. Persamaan reaksi:

7) Proses *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route*

Proses ini dilakukan dengan mendehidrasi liserol menjadi akrolein pada temperatur 250-350°C dan tekanan 1-5 bar dengan bantuan katalis asam padat, kemudian akrolein dioksidasi pada temperatur 250-320°C dan tekana 1-5 bar dengan bantuan katalis oksidasi menjadi asam akrilat.

Persen asam akrlat yang didapatkan 99,9%. Persamaan reaksi:





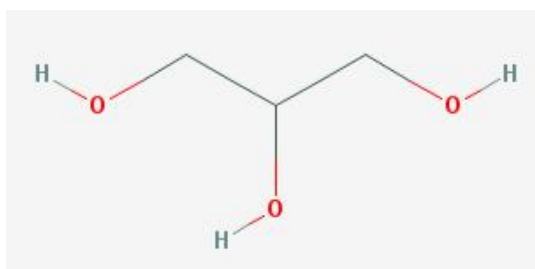
1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Berikut karakteristik sifat fisika dan kimia dari beberapa senyawa yang terlibat dalam proses pembuatan asam akrilat, diantaranya:

1) Gliserol

| | |
|------------------------------------|---|
| Rumus molekul | : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ |
| Berat molekul | : 92,09 gr/mol |
| Titik leleh | : 20°C |
| Titik didih | : 290°C |
| Densitas | : $1,25 \text{ gr/cm}^3$ |
| Titik nyala | : 160°C |
| pKa (T = 25°C) | : 14,15 |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna |
| Bau | : Tidak berbau |
| Temperatur kritis | : $576,85^\circ\text{C}$ |
| Tekanan kritis | : 74,02 atm |
| Kelarutan | : $\pm 100 \text{ mg/mL}$, larut dengan etanol, sedikit larut dengan etil eter, tidak larut dengan benzen, karbon tetraklorida, kloroform, karbon disulfida. |
| $\Delta H_f^{\circ \text{liquid}}$ | : $-668,6 \pm 0,42 \text{ kJ/mol}$ |
| $\Delta H_f^{\circ \text{gas}}$ | : $-577,9 \pm 1,1 \text{ kJ/mol}$ |
| ΔH_v° | : $66,13 \text{ kJ/mol}$ |
| $C_p \text{ liquid}$ | : $218,9 \text{ J/mol.K}$ |

Struktur kimia :

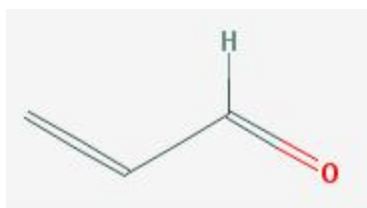


(Sumber: Anonim, 2017a)

2) Akrolein

| | |
|---------------------------|---|
| Rumus molekul | : C ₃ H ₄ O |
| Berat molekul | : 56,06 gr/mol |
| Titik leleh | : -87°C |
| Titik didih | : 53°C |
| Densitas | : 0,839 gr/cm ³ |
| Titik nyala | : -18,89°C |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna-kuning terang |
| Bau | : sangat menyengat |
| Temperatur kritis | : 216,45°C |
| Tekanan kritis | : 51 atm |
| Kelarutan | : ± 100 mg/mL, larut dengan etanol, eter, dan aseton, sedikit larut dengan kloroform. |
| ΔH_v° | : 28,32 kJ/mol |
| ΔH_f° gas | : -577,9 ± 1,1 kJ/mol |
| ΔH_c° liquid | : -1632 kJ/mol |
| C_p gas | : 70,79 J/mol.K |

Struktur kimia :

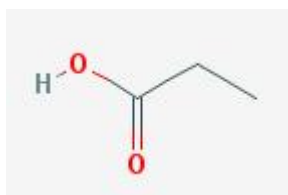


(Sumber: Anonim, 2017a)

3) Asam Propionat

| | |
|-------------------|--|
| Rumus molekul | : C ₃ H ₆ O ₂ |
| Berat molekul | : 74,075 gr/mol |
| Titik leleh | : -21,5°C |
| Titik didih | : 141,1°C |
| Densitas | : 0,993 gr/cm ³ |
| Titik nyala | : 54°C |
| Temperatur kritis | : 334 ± 10°C |

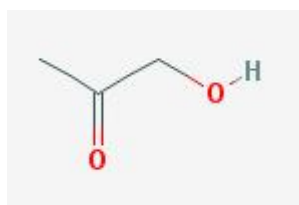
| | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Tekanan kritis | : 46,069578 ± 4 atm |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna |
| Bau | : Bau menyengat |
| Kelarutan | : kelarutan dalam air ± 100 mg/mL. |
| ΔH_c° liquid | : -1527 ± 0,1 kJ/mol |
| ΔH_f° liquid | : -510,0,4 ± 2,5 kJ/mol |
| ΔH_f° gas | : -455,8 ± 2,0 kJ/mol |
| ΔH_v° | : 51 ± 20 kJ/mol |
| C_p liquid | : 158,6 J/mol.K |



Struktur kimia :

(Sumber: Anonim, 2017a)

- 4) Hidroksiaseton
- | | |
|--------------------|--|
| Rumus molekul | : C ₃ H ₆ O ₂ |
| Berat molekul | : 74,08 gr/mol |
| Titik leleh | : -17°C |
| Titik didih | : 145,6°C |
| ΔH_v° | : 42 ± 3 kJ/mol |



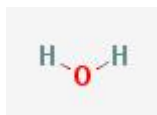
Struktur kimia :

(Sumber: Anonim, 2017a)

- 5) Air
- | | |
|---------------|--------------------|
| Rumus molekul | : H ₂ O |
| Berat molekul | : 18,015 gr/mol |
| Titik leleh | : 0°C |
| Titik didih | : 100,02°C |

| | |
|---------------------------|---|
| Densitas | : 0,995 gr/cm ³ |
| Temperatur kritis | : 373,85 ± 2°C |
| Tekanan kritis | : 217,76 atm |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna |
| Bau | : Tidak berbau |
| Temperatur kritis | : 163,33°C |
| Tekanan kritis | : 65,45 atm |
| Kelarutan | : sangat larut dalam metanol, etanol, aseton. |
| ΔH_f° gas | : -241,83 ± 0,04 kJ/mol |
| ΔH_f° liquid | : -285,83 ± 0,04 kJ/mol |

Struktur kimia :



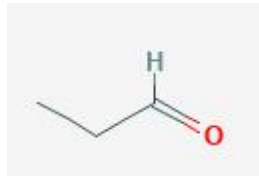
(Sumber: Anonim, 2017a)

6) Propionaldehida

| | |
|---------------------------|---|
| Rumus molekul | : C ₃ H ₆ O |
| Berat molekul | : 58,08 gr/mol |
| Titik leleh | : -80°C |
| Titik didih | : 48°C |
| Densitas | : 0,805 gr/cm ³ |
| Titik nyala | : -30°C |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna |
| Bau | : karakteristik baunya sama dengan asetaldehid |
| Temperatur kritis | : 326,85°C |
| Tekanan kritis | : 52,011 atm |
| Kelarutan | : 50-100 mg/mL, bisa dicampur, etanol, etil eter; larut dalam air |
| ΔH_f° liquid | : -218,3 ± 0,63 kJ/mol |
| ΔH_f° gas | : -188,7 ± 0,75 kJ/mol |

| | |
|--------------------|-------------------------|
| ΔH_v° | : $29,7 \pm 0,3$ kJ/mol |
| C_p gas | : 77,50 J/mol.K |
| C_p liquid | : 159,1 J/mol.K |

Struktur kimia :

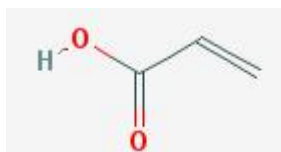


(Sumber: Anonim, 2017a)

7)Asam Akrilat

| | |
|---------------------------|--|
| Rumus molekul | : $C_3H_4O_2$ |
| Berat molekul | : 72,06 gr/mol |
| Titik leleh | : $13^\circ C$ |
| Titik didih | : $141^\circ C$ |
| Densitas | : $1,051$ gr/cm ³ |
| Titik nyala | : $50^\circ C$ |
| Bentuk | : Cair |
| Warna | : Tidak berwarna |
| Bau | : bau tengik yang sangat tajam dan khas |
| Temperatur kritis | : $343,42 \pm 3,00^\circ C$ |
| Tekanan kritis | : 52 atm |
| Kelarutan | : ± 100 mg/mL, bisa dicampur dengan air, etanol, etil eter; larut dengan aseton, benzen, dan etilen glikol |
| ΔH_c° liquid | : $-1368,80 \pm 1,8$ kJ/mol |
| ΔH_f° liquid | : $-383,80 \pm 2,00$ kJ/mol |
| ΔH_f° gas | : $-330,70 \pm 4,20$ kJ/mol |
| ΔH_v° | : 53,10 kJ/mol |
| C_p liquid | : 71,59 J/mol.K |

Struktur kimia :



(Sumber: Anonim, 2017a)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2006a). *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. (2006b). *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. (online). energyefficiencyasia.org. (Diakses tanggal 5 November 2018).
- Anonim. (2009). *Water Efficiency : Water Management Options*. (online). p2infohouse.org/ref/04/03101.pdf. (Diakses tanggal 2 November 2018).
- Anonim. (2015). *Matches Process Equipment Cost Estimates*. (online). matche.com. (Diakses tanggal 26 Oktober 2018).
- Anonim. (2017a). *Physical Property of Acrylic Acid*. (online). webbook.nist.gov/chemistry. (Diakses tanggal 15 Januari 2018).
- Anonim. (2017b). *Import or Export Data of Acrylic Acid*. (online). comtrade.un.org/. (Diakses tanggal 20 Januari 2018).
- Anonim. (2017c). *Research and Analysis of Acrylic Acid and Glycerol*. (online). ihsmarkit.com/index.html. (Diakses tanggal 20 Januari 2018).
- Anonim. (2018). *Cooling Tower Efficiency Calculations*. (online). chemicalengineeringsite.in/cooling-tower-efficiency-calculations/. (Diakses tanggal 2 November 2018).
- Chauvel, A., Lefebvre, G. (1989). *Petrochemical Processes Technical and Economic Characteristics 2nd Edition*. Paris: Editions Technip.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).
- Craig, B. D. & Anderson, D. B. (1995). *Handbook of Corrosion Data*. Colorado: ASM International
- Devaux, J.F., Fauconet, M., Jain, S., Tlatlik, S. (2017). *Method for the Production of Bio-sourced Acrylic Acid*. US 2017/0166507 A1.
- Dubois, J., Duquenne, C., Holderich, W. (2011). *Process for Dehydrating Glycerol to Acrolein*. EP 2377842 A1.
- 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.
- Ludwig, E. E., (1997). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition*. Houston: Gulf Publishing Co.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill International.
- Newnan, D. G., Eschenbach, T. G., Lavelle, J. P. (2012). *Engineering Economic Analysis Eleventh Edition*. New York: Oxford University Press
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. (2005). *Plant Design and Economics For Chemical Engineers* (7th 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.
- Treybal, R. E. (1984). *Mass-Transfer Operation*. New York: 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.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.