

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN  
ETANOL DENGAN PROSES HIDROGENASI ASAM ASETAT  
KAPASITAS 200.000 TON PER TAHUN**



**M. Andre Reza Apriansyah**  
NIM 03031181320026

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN  
ETANOL DENGAN PROSES HIDROGENASI ASAM ASETAT  
KAPASITAS 200.000 TON PER TAHUN

SKRIPSI

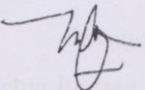
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
Memperoleh gelar sarjana

Oleh:

M. Andre Reza Apriansyah  
03031181320026


Indralaya, 13 Januari 2018

Pembimbing,

  
Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA  
NIP 195805141934031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. Syaiful, DEA

NIP 195810031986031003




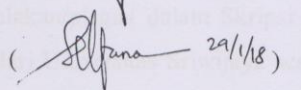

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan Judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dengan Proses Hidrogenasi Asam Asetat Kapasitas 200.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan **M. Andre Reza Apriansyah** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Januari 2018.

Palembang, 13 Januari 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003
2. Selpiana, ST, MT  
NIP 197809192003122001
3. Lia Cundari, ST, MT  
NIP 198412182008122001

()  
( 29/1/18)  
()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Andre Reza Apriansyah  
NIM : 03031181320026  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol  
dengan Proses Hidrogenasi Asam Asetat  
Kapasitas 200.000 Ton Per Tahun.  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Angga Kurniawan** 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, Februari 2018



M. Andre Reza Apriansyah

NIM. 03031181320026

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat serta hidayah-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dengan Proses Hidrogenasi Asam Asetat Kapasitas 200.000 Ton Per Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai syarat memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Penulis berterimakasih 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. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga.
5. Seluruh Dosen dan staf Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Inderalaya, Februari 2018

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kepada Allah SWT karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk materi dan moril untuk kelancaran dan keberhasilan penulis dalam proses menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan kepada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Semoga laporan tugas akhir ini turut memberi kontribusi yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Inderalaya, Februari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN INTEGRITAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Proses Pembuatan .....	3
1.3.1. Proses Sintesa Etilena .....	3
1.3.2. Proses Fermentasi .....	3
1.3.4. Proses Hidrogenasi Hidrokarbon .....	4
1.4. Sifat – Sifat Fisika dan Kimia .....	5
1.4.1. Bahan Baku .....	5
1.4.2. Katalis .....	8
1.4.3. Produk .....	8
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK .....</b>	<b>11</b>
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	11
2.2. Pemilihan Kapasitas .....	11
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	13
2.4. Uraian Proses .....	14
2.4.1. Tahap Persiapan .....	14
2.4.2. Tahap Reaksi (Sintesa Produk) .....	15

2.4.3. Tahap Purifikasi .....	15
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>17</b>
3.1. Lokasi Pabrik .....	17
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku .....	18
3.1.2. Transportasi dan Pemasaran .....	19
3.1.3. Utilitas .....	20
3.1.4. Tenaga Kerja .....	20
3.1.5. Karakteristik dan Kondisi Lingkungan .....	21
3.1.6. Perluasan Pabrik .....	21
3.1.7. Pembuangan Limbah .....	21
3.1.8. Kebijakan Pemerintah .....	21
3.2. Tata Letak Pabrik (Plant Lay Out) .....	22
3.3. Perincian Luas Tanah .....	22
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>25</b>
4.1. Neraca Massa .....	25
4.2. Neraca Panas .....	34
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>41</b>
5.1. Unit Penyediaan Steam .....	41
5.2. Unit Penyediaan Air .....	42
5.2.1. Air Pendingin Peralatan .....	42
5.2.2. Air Domestik .....	43
5.2.3. Air Umpan Boiler .....	44
5.2.4. Total Kebutuhan Air .....	44
5.3. Unit Pengadaan Refrigeran .....	44
5.3.1. Peralatan .....	44
5.4. Unit Pengadaan Listrik .....	45
5.4.1. Peralatan .....	45
5.4.2. Penerangan Pabrik dan Jalan .....	45
5.4.3. Penerangan Fasilitas lain .....	46
5.4.4. Total Kebutuhan Listrik .....	46
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	46
5.5.1. Bahan Bakar Boiler .....	46



5.5.2. Bahan Bakar Keperluan Generator .....	47
5.5.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	47
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>48</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>85</b>
7.1. Bentuk Perusahaan .....	85
7.2. Struktur Organisasi .....	86
7.3. Tugas dan Wewenang .....	87
7.3.1. Dewan Komisaris .....	87
7.3.2. Direktur Utama.....	87
7.3.3. General Manajer .....	87
7.3.4. Manajer Teknik dan Produksi .....	88
7.3.5. Manajer Keuangan dan Pemasaran .....	89
7.3.6. Manajer Umum dan Kepegawaian .....	89
7.3.7. Kepala Bagian .....	90
7.3.8. Kepala Seksi .....	90
7.3.9. Operator / Karyawan .....	90
7.4. Sistem Kerja .....	90
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan Shift .....	90
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan Non-Shift .....	91
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan .....	92
7.5.1. Pengelompokan Buruh Pabrik .....	92
7.5.2. Metode Penentuan Jumlah Buruh .....	92
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>97</b>
8.1. Keuntungan (Profitabilitas) .....	98
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal (POT) .....	99
8.3. Total Modal Akhir .....	102
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	104
8.5. Break Even Point (BEP).....	106
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>109</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>110</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>112</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Perbandingan Proses Pembuatan Etanol .....	5
Tabel 2.1. Data Kebutuhan Etanol di Indonesia .....	12
Tabel 2.2. Pabrik Etanol di Indonesia .....	13
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	91
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan .....	93
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal .....	101
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	108

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proyeksi Kebutuhan Etanol .....	12
Gambar 2.2. Diagram Alir Pembuatan Etanol.....	16
Gambar 3.1. Lokasi Pabrik Etanol.....	17
Gambar 3.2. Peta Lokasi Pendirian Pabrik Etanol.....	18
Gambar 3.3. Peta Lokasi Pabrik Etanol dan Fasilitas Penunjang Pabrik.....	19
Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik.....	23
Gambar 3.5. Tata Letak Peralatan .....	24
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	96
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point .....	107

## DAFTAR NOTASI

### 1. Accumulator

C	: Allowable corrosion, m
E	: Efisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	: Diameter dalam, Diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur operasi, K
t	: Tebal dinding accumulator, m
V	: Volume total, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 2. Compressor

BHP	: Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
k	: Konstanta kompresi
n	: Jumlah stage
$\eta$	: Efisiensi kompresor
P <sub>in</sub>	: Tekanan masuk, atm
P <sub>out</sub>	: Tekanan keluar, atm
T <sub>1</sub>	: Temperatur masuk kompresor, °C
T <sub>2</sub>	: Temperatur keluar kompresor, °C
P <sub>w</sub>	: Power kompresor, Hp
Q	: Kapasitas kompresor
R <sub>c</sub>	: Ratio kompresi, tidak berdimensi
W	: Laju alir massa, lb/jam
P	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 3. Heat Exchanger (Cooler, Condensor, Heater, Partial Condensor, Reboiler, dan Vaporizer)

A	: Area perpindahan panas, ft <sup>2</sup>
a <sub>a</sub> , a <sub>p</sub>	: Area alir pada annulus, inner pipe, ft <sup>2</sup>
a <sub>s</sub> , a <sub>t</sub>	: Area alir pada shell and tube, ft <sup>2</sup>
a''	: External surface per 1 in, ft <sup>2</sup> /in ft
B	: Baffle spacing, in
C''	: Clearance antar tube, in
C <sub>p</sub>	: Spesific heat, Btu/lb °F
D	: Diameter dalam tube, in
D <sub>e</sub>	: Diameter ekuivalen, in
D <sub>s</sub>	: Diameter shell, in
f	: Faktor friksi, ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
G <sub>t</sub> , G <sub>s</sub>	: Laju alir pada tube, shell, lb/h.ft <sup>2</sup>
g	: Percepatan gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F
h <sub>1</sub> , h <sub>o</sub>	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar tube
j <sub>H</sub>	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F
L	: Panjang tube pipa, ft
LMTD	: Logarithmic Mean Temperature Difference, °F
N	: Jumlah baffle
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube
P <sub>T</sub>	: Tube pitch, in
ΔP <sub>T</sub>	: Return drop shell, psi
ΔP <sub>S</sub>	: Penurunan tekanan pada shell, psi
ΔP <sub>t</sub>	: Penurunan tekanan pada tube, psi
ID	: Inside diameter, ft
OD	: Outside diameter, ft
Q	: Beban panas heat exchanger, Btu/hr
R <sub>d</sub>	: Dirt factor, hr.ft <sup>2</sup> .°F/Btu

Re	: Bilangan Reynold, dimensionless
s	: Specific gravity
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub>	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T <sub>a</sub>	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t <sub>a</sub>	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
t <sub>f</sub>	: Temperatur film, °F
t <sub>w</sub>	: Temperatur pipa bagian luar, °F
Δt	: Beda temperatur yang sebenarnya, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U <sub>C</sub> , U <sub>D</sub>	: Clean overall coefficient, Design overall coefficient, Btu.hr.ft <sup>2</sup> .°F
V	: Kecepatan alir, ft/s
W	: Kecepatan alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Kecepatan alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas, Cp

#### 4. Knock Out Drum

A	: Vessel Area Minimum, m <sup>2</sup>
C	: Corrosion maksimum, in
D	: Diameter vessel minimum, m
E	: Joint efisiensi
H <sub>L</sub>	: Tinggi liquid, m
H <sub>t</sub>	: Tinggi vessel, m
P	: Tekanan desain, psi
Q <sub>V</sub>	: Laju alir volumetric massa, m <sup>3</sup> /jam
Q <sub>L</sub>	: Liquid volumetric flowrate, m <sup>3</sup> /jam
S	: Working stress allowable, psi
t	: Tebal dinding tangki, m
U <sub>v</sub>	: Kecepatan uap maksimum, m/s
V <sub>t</sub>	: Volume Vessel, m <sup>3</sup>
V <sub>h</sub>	: Volume head, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	: Volume vessel, m <sup>3</sup>

$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	: Viskositas, cP
$\rho_g$	: Densitas gas, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_l$	: Densitas liquid, kg/m <sup>3</sup>

## 5. Kolom Distilasi

$\alpha$	: Relatifvolatilitas
Nm	: Stage minimum
L/D	: Refluks
N	: Stage/tray
m	: Rectifying section
p	: Stripping section
F <sub>LV</sub>	: Liquid-vapor flow factor
U <sub>f</sub>	: Kecepatan flooding, m/s
U <sub>v</sub>	: Volumetric flowrate, m <sup>3</sup> /s
A <sub>n</sub>	: Net area, m <sup>2</sup>
A <sub>c</sub>	: Cross section/luas area kolom, m <sup>2</sup>
D <sub>c</sub>	: Diameter kolom, m
A <sub>d</sub>	: Downcomer area, m <sup>2</sup>
A <sub>a</sub>	: Active area, m <sup>2</sup>
L <sub>w</sub>	: Weir length, m
A <sub>h</sub>	: Hole area, m <sup>2</sup>
hw	: Weir height, mm
dh	: Hole diameter, mm
L <sub>m</sub>	: Liquid rate, kg/det
how	: Weir liquid crest, mm liquid
U <sub>h</sub>	: Minimum design vapor velocity, m/s
Co	: Orifice coefficient
H <sub>d</sub>	: Dry plate drop, mm liquid
hr	: Residual head, mm liquid
ht	: Total pressure drop, mm liquid
hap	: Downcomer pressure loss, mm

Aap	: Area under apron, m <sup>2</sup>
Hdc	: Head loss in the downcomer, mm
hb	: Backup di downcomer, m
tr	: Check resident time, s
$\theta$	: Sudut sub intended antara pinggir plate dengan unperforated strip
Lm	: Mean length, unperforated edge strips, m
Aup	: Area of unperforated edge strip, m <sup>2</sup>
Lcz	: Mean length of calming zone, m
Acz	: Area of calming zone, m <sup>2</sup>
Ap	: Total area perforated, Ap
Aoh	: Area untuk 1 hole, m <sup>2</sup>
t	: Tebal dinding, cm
r	: Jari-jari tanki, m
S	: Tekanan kerja yang diijinkan, atm
C <sub>c</sub>	: Korosi yang diijinkan, m
Ej	: Efisiensi pengelasan
OD	: Diameter luar, m
ID	: Diameter dalam, m
E <sub>mV</sub>	: Efisiensi tray, %
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	: Viskositas, N.s/m <sup>2</sup>
FA	: Fractional Area
He	: Tinggi tutup elipsoidal, m
Ht	: Tinggi tangki, m

## 6. Pompa

A	: Area alir pipa, in <sup>2</sup>
BHP	: Brake Horse Power, HP
D <sub>opt</sub>	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>
g <sub>c</sub>	: Konstanta percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>



$H_f$	: Total friksi, ft
$H_{fs}$	: Friksi pada dinding pipa, 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
$H_d, H_s$	: Head discharge, suction, ft
ID	: Inside diameter, in
OD	: Outside diameter, in
$K_c, K_e$	: Contaction, ekspansion contraction, ft
L	: Panjang pipa, m
$L_e$	: Panjang ekuivalen pipa, m
$m_f, m_s$	: Kapasitas pompa, laju alir, lb/h
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net Positive Suction Head, ft . lbf/ lb
$P_{uap}$	: Tekanan uap, psi
$Q_f$	: Laju alir volumetrik, $ft^3/s$
Re	: Reynold Number, dimensionless
$V_s$	: Suction velocity, ft/s
$V_d$	: Discharge velocity, ft/s
$\Delta P$	: Differential pressure, psi
$\epsilon$	: Equivalent roughness, ft
$\eta$	: Efisiensi pompa
$\mu$	: Viskositas, kg/m.hr
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$

## 7. Reaktor

C	: Tebal korosi yang diizinkan, in
$D_T$	: Diameter tube, in
$D_S$	: Diameter reaktor, m
$D_P$	: Diameter katalis, m
$F_{A_0}$	: Laju alir umpan, kmol/jam
$H_T$	: Tinggi tube, m
$H_R$	: Tinggi shell reaktor, m

$k$	: Konstanta kecepatan reaksi
$N_t$	: Jumlah tube
$P_t$	: Tube pitch, in
$P$	: Tekanan operasi, atm
$S$	: Working stress yang diizinkan, psi
$t$	: Tebal dinding reaktor, mm
$V_r$	: Volume reaktor, $m^3$
$V_k$	: Volume katalis, $m^3$
$\rho, \rho_k$	: Densitas fluida, katalis, $kg/m^3$
$\varepsilon$	: Void fraksi, tidak berdimensi
$A_O$	: Luas tiap lubang orifice, $m^2$
$A_t$	: Luas area total orifice, $m^2$
$A_{pp}$	: Luas Perforated Plate, $m^2$
$C$	: Corrosion maksimum, in
$C_{AO}$	: Konsentrasi reaktan A mula-mula, $kmol/m^3$
$C_{BO}$	: Konsentrasi reaktan B mula-mula, $kmol/m^3$
$D_B$	: Diameter bubble, mm
$D_t, D_R$	: Diameter tangki, m
$D_O$	: Diameter orifice, mm
$D_s$	: Diameter sparger, m
$D_{pp}$	: Diameter perforated plate, m
$E$	: Joint efisiensi
$E$	: Energi aktivasi
$F_{AO}$	: Jumlah feed mula-mula, $Kmol$
$h$	: Tinggi head, m
$H_L$	: Tinggi liquid, m
$H_s, H$	: Tinggi silinder, m
$H_s$	: Tinggi sparger, m
$H_T$	: Tinggi tangki, m
$ID$	: Inside diameter, m
$k$	: Konstanta kecepatan reaksi, $m^3/kmol \text{ jam}$
$K$	: Konstanta Boltzmann : $1,30 \cdot 10^{-16} \text{ erg/K}$

$L_p$	: Jarak pitch, m
$M_A$	: Berat molekul A
$M_B$	: Berat molekul B
$N$	: Bilangan avogadro : $6,203 \cdot 10^{23}$ molekul/mol
$N_t, N_{or}$	: Jumlah orifice
$OD$	: Outside diameter, m
$P$	: Tekanan desain, psi
$P$	: Power, HP
$q$	: Debit per orifice, $m^3/jam$
$Q$	: Volumetrik flowrate, $m^3/jam$
$R$	: Konstanta umum gas : $1,987 \cdot 10^{-3}$ kkal/mol. K
$S$	: Working stress allowable, psi
$T$	: Temperatur operasi, K
$U_c$	: Overall heat transfer coefficient
$U_g$	: Kecepatan masuk gas tiap lubang, m/s
$U_s$	: Kecepatan superficial gas, m/s
$U_t$	: Kecepatan terminal bubble, m/s
$V$	: kecepatan gelembung gas lepas orifice, m/s
$V_B$	: Volume Bubble, $m^3$
$V_E$	: Volume ellipsoidal, $m^3$
$V_s$	: Volume silinder, $m^3$
$V_t$	: Volume tangki total, $m^3$
$W_l$	: Laju alir massa liquid, kg/jam
$W_G$	: Laju alir massa gas, kg/jam
$W$	: Laju alir massa, kg/jam
$X$	: Konversi
$\mu$	: Viskositas, kg/m.hr
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$
$\tau$	: Waktu tinggal, jam
$\sigma_A$	: Diameter molekul A
$\sigma_B$	: Diameter molekul B
$\varepsilon_g$	: Gas hold up

## 8. Tangki

C	: Allowable corrosion, m
D	: Diameter tanki, m
E	: Joint efisiensi
h	: Tinggi head, m
He	: Tinggi elipsoidal, m
Hs	: Tinggi silinder tanki, m
Ht	: Tinggi total tanki, m
P	: Tekanan, atm
S	: Allowable stress, psi
t	: Tebal dinding tanki, m
Vh	: Volume head, m <sup>3</sup>
Vs	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
Vt	: Kapasitas tanki, m <sup>3</sup>
W	: Laju alir massa, kg/h
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## 9. Dimensionless Number

$N_{Re}$	: Reynold Number
Sc	: Schmidt
jH	: Faktor perpindahan panas
f	: Friction factor

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. BIODATA	
1.1. Biodata Penulis.....	114
2. TUGAS KHUSUS	
2.1. Tinjauan Perancangan Kolom Destilasi.....	115
3. PERHITUNGAN (Dilampirkan secara digital di <i>Compact Disk (CD)</i> )	
4.1. Neraca Massa.....	128
4.2. Neraca Panas .....	165
4.3. Spesifikasi Peralatan .....	222
4.4. Analisa Ekonomi.....	452

## ABSTRAK

### PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETANOL DENGAN PROSES HIDROGENASI ASAM ASETAT KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, 13 Januari 2018

M. Andre Reza Apriansyah; Dibimbing oleh Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxii + 458 halaman, 7 tabel, 9 gambar, 3 lampiran

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan Etanol berkapasitas 200.00 ton/tahun ini direncanakan didirikan tahun 2022 berlokasi di daerah Kawasan Industri Kendal, Jawa Tengah dengan luas area 8 Ha. Proses pembuatan Etanol mengacu pada patent US 8,927,780 B2. Proses pembuatan Etanol ini menggunakan bahan baku asam asetat dan hidrogen dengan katalis Pt-Sn-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> dengan konversi sebesar 88,09% asam asetat. Reaksi berlangsung pada suhu 253 °C dan tekanan 29 atm. Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur utama. Sistem organisasi perusahaan adalah *line and staff* dengan total karyawan 198 orang. Hasil analisa ekonomi dari Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol ini adalah sebagai berikut :

a) Total Capital Investment	= US \$ 47,796,110.5818
b) Hasil penjualan per tahun	= US \$ 417,182,769.1946
c) Biaya produksi per tahun	= US \$ 370,728,997.4025
d) Laba bersih per tahun	= US \$ 38,750,919.7099
e) <i>Pay Out time</i>	= 2 tahun
f) <i>Rate of return on investment</i>	= 72,8936 %
g) <i>Discounted Cash Flow –ROR</i>	= 80,97 %
h) <i>Break Even Point</i>	= 37,9149%
i) <i>Service Life</i>	= 11 tahun

**Kata Kunci** : Etanol, Analisa Ekonomi, Pabrik, Spesifikasi Peralatan

Kepustakaan: 27 (1965-2016)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Etanol merupakan salah satu senyawa yang berfase cair pada temperature kamar, tidak berwarna dan memiliki bau khas alkohol. *Ethyl Alkohol* atau Etanol dengan rumus molekul  $C_2H_5OH$  banyak dibutuhkan dibidang farmasi kedokteran, *solven* dan bahan bakar. Etanol juga bisa digunakan sebagai bahan baku industri downstream etanol seperti industri asetaldehid, industri etil aseta dan lain-lain .

Kebutuhan terhadap ethanol di negara-negara yang berada di wilayah Asia tenggara sangat tinggi. Negara-negara di wilayah asia tenggara yang mengimpor ethanol dalam jumlah yang besar adalah Malaysia, Singapura, Vietnam dan Philipina. Pada kurun waktu 5 tahun terakhir, rata-rata kebutuhan ethanol pada 4 negara tersebut sebesar 400.000 ton/tahun (ITC, 2017).

Kebutuhan terhadap ethanol yang sangat besar pada negara-negara tersebut merupakan potensi yang sangat baik untuk dimanfaatkan. Dengan potensi tersebut pembangunan industri manufaktur ethanol baru di Indonesia bisa menjadi sangat menguntungkan. Dengan bantuan pemerintah Indonesia yang sedang melaksanakan program pembangunan nasional. Pembangunan industri manufaktur ethanol bisa digunakan sebagai metode untuk meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi dan pemanfaatan sumber daya manusia Indonesia.

Etanol dapat diproduksi dengan pengolahan material selulosa dan pengolahan secara petrokimia. Untuk pengolahan ethanol dari material selulosa bisa menggunakan bahan baku nabati yang mengandung zat pati atau turunannya. Namun, Penggunaan bahan baku nabati yang tinggi berpotensi untuk meningkatkan nilai keekonomiannya dipasar sehingga dapat mempengaruhi daya beli masyarakat. Selain itu, pengolahan ethanol dengan pengolahan material selulosa sulit untuk diaplikasikan dalam industri dengan kapasitas besar karena kurang efisien dalam segi waktu pengolahan dan pengolahan bahan baku.. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dipilih pembuatan ethanol dengan pengolahan secara petrokimia.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Etanol telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah sebagai bahan dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari Cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah dari masa Neolitik.

Etanol dan alkohol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Etanol murni (absolut) dihasilkan pertama kali pada tahun 1796 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang.

Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure berhasil menentukan rumus kimia etanol. Lima puluh tahun kemudian (1858), Couper mempublikasikan rumus kimia etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus kimianya.

Etanol telah digunakan sebagai bahan bakar lampu di Amerika Serikat sejak tahun 1840, namun pajak yang dikenakan pada alkohol industri semasa Perang Saudara Amerika membuat penggunaannya tidak ekonomis. Pajak ini dihapuskan pada tahun 1906, dan sejak tahun 1908 otomobil Ford Model T telah dapat dijalankan menggunakan etanol. Sejak tahun 1920 bahan bakar etanol murni mulai dipakai di Argentina, Australia, Kuba, Jepang, Columbia, Afrika Selatan, dan Swedia. Pada perang dunia I alkohol sintetik telah diproduksi secara besar-besaran, tapi produksinya mahal, bahan ini tidak dapat bersaing dengan alkohol hasil fermentasi. Dalam perkembangan sekarang harga alkohol sintetik bersaing dengan alkohol hasil fermentasi dari bahan – bahan karbohidrat.

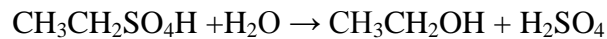
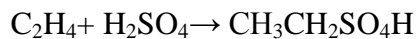
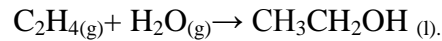
## 1.3. Proses Pembuatan

Menurut Kirk dan Othmer, proses pembuatan etanol dibagi dua cara , yaitu secara petrokimia melalui hidrasi etilena ataupun secara biologis melalui fermentasi gula dan ragi. Namun pada saat ini telah ditemukan dua proses pembuatan ethanol yang dipakai industri etanol di dunia, yaitu proses produksi etanol dari reduksi ester dan proses produksi etanol dari hidrokarbon. Berikut adalah empat proses pembuatan ethanol :



### 1.3.1. Proses Sintesa Etilena

Proses ini dikenal dengan proses *Shell*. Reaktornya menggunakan katalis asam fosfat dengan *support relite diatomite*. Reaksi hidrasi etilen berlangsung secara eksotermis dengan tekanan 1000 psi dan temperatur 300 - 400° C, dan pada fase gas. Karena konversi etilen yang rendah, maka dilakukan recycle etilen ke reaktor.



Etanol yang digunakan untuk kebutuhan industri sering kali dibuat dari senyawa petrokimia, utamanya adalah melalui hidrasi etilena, gas etilen diperoleh dari gas alam. Pada proses ini etanol diperoleh dengan tahapan proses, yaitu Proses hidrasi dari etilen menjadi etanol merupakan reaksi dapat balik. Gas etilen dari unit pabrik lain dialirkan ke pemanas bersama dengan recycle gas etilen yang berasal dari hasil atas separator kemudian diumpankan ke dalam reaktor pada kondisi reaktor 200-300°C, 5-8 Mpa. Equimolar etilen dan air menghasilkan konversi 45% pada kesetimbangan. Katalis yang digunakan adalah asam, umumnya katalis asam fosfat. Air proses dari unit utilitas bersama air yang berasal dari hasil bawah menara distilasi O2 diuapkan di vaporizer untuk kemudian diumpankan ke dalam reaktor. Di dalam reaktor terjadi reaksi hidrasi yang bersifat eksotermis (keluar panas) sehingga suhu hasil reaksi yang keluar dari reaktor akan lebih tinggi dari umpannya.



Proses penyerapan (absorpsi) dengan etil hidrogen sulfat sehingga terbentuk dietil sulfat dan hidrolisa etil hidrogen sulfat dengan menyempatkan campuran air dan gas *stripping* pada *bottom* reaktor sehingga diperoleh produk etanol. Kemudian etanol yang diperoleh dipisahkan dari gas *stripping* di separator dan didapat produk etanol.

### 1.3.2. Proses Fermentasi

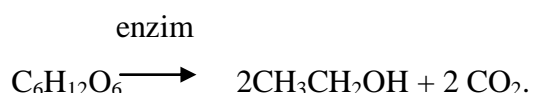
Etanol untuk kegunaan konsumsi manusia (seperti minuman beralkohol) dan kegunaan bahan bakar diproduksi dengan cara fermentasi. Spesies ragi tertentu (misalnya *Saccharomyces cerevisiae*) mencerna gula dan menghasilkan

etanol dan karbon dioksida. Proses membiakkan ragi untuk mendapatkan alkohol disebut sebagai fermentasi. Konsentrasi etanol yang tinggi akan beracun bagi ragi. Pada jenis ragi yang paling toleran terhadap etanol, ragi tersebut hanya dapat bertahan pada lingkungan 15% etanol berdasarkan volume.

Untuk menghasilkan etanol dari bahan-bahan pati, misalnya serealia, pati tersebut haruslah diubah terlebih dahulu menjadi gula. Dalam pembuatan bir, ini dapat dilakukan dengan merendam biji gandum dalam air dan membiarkannya berkecambah. Biji gandum yang baru berkecambah tersebut akan menghasilkan enzim amilase. Biji kecambah gandum ditumbuk, dan amilase yang ada akan mengubah pati menjadi gula.

Untuk etanol bahan bakar, hidrolisis pati menjadi glukosa dapat dilakukan dengan lebih cepat menggunakan asam sulfat encer, menambahkan fungsi penghasil amilase, ataupun kombinasi dua cara tersebut.

Etanol hasil fermentasi kemudian dimurnikan melalui destilasi. Untuk memperoleh etanol dengan kemurnian 99,8% harus menggunakan destilasi azeotrop. Jika menggunakan destilasi biner biasa, maka harus dilanjutkan dengan proses dehidrasi. Proses dehidrasi dilakukan biasanya dengan menggunakan membran maupun molekuler sieve (secara adsorpsi). Reaksi yang terjadi pada proses fermentasi, yaitu :



### 1.3.3. Hidrogenasi Hidrokarbon / Teknologi TCX

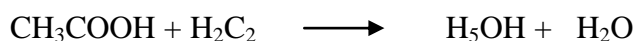
Selain beberapa proses diatas, terdapat satu proses produksi etanol lagi yang di kembangkan dan dipasarkan oleh perusahaan bernama celanese corporation pada November 2010. Mereka meluncurkan proses ini dengan nama teknologi TCX dimana bahan baku yang digunakan adalah hidrokarbon seperti gas alam dan batu bara. Pada proses ini gas alam atau hidrokarbon lainnya akan di konversi menuju asam asetat, dimana asam asetat ini kemudian di hidrogenasi dengan menggunakan reaktor fixed bed dengan kondisi operasi 250-300°C dan tekanan 310-441 psia dengan bantuan katalis yang pada umumnya adalah platinum-timah yang telah dipatenkan oleh Celanese Corporation. Proses ini



Massa molar	: 60 g/mol
Fase	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Densitas	: 1.049 g cm <sup>-3</sup> , cairan
Titik lebur	: 16,5 °C
Titik didih	: 118,1 °C
Kapasitas panas	: 123,1 J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup>
Tekanan uap	: 15,7 mmHg
Flash point	: 39 °C
Viskositas	: 1,222 mPa.s
Titik kritis	: 320 °C. 57,8 bar

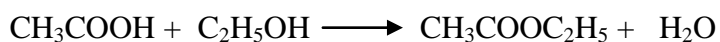
#### b. Sifat kimia

- 1) Senyawa yang memiliki gugus karboksil
- 2) Bersifat asam, higroskopis dan korosif terhadap banyak logam
- 3) Mudah bercampur dengan pelarut polar atau nonpolar seperti air, kloroform, dan heksana.
- 4) Asam asetat direaksikan dengan Hidrogen akan membentuk etanol, reaksi:



- 5) Asam asetat direaksikan dengan etanol akan membentuk etil asetat.

Reaksi :



## 2. Hidrogen

#### a. Sifat fisika

Rumus molekul	: H <sub>2</sub>
Rumus Bangun	: H – H
Massa molar	: 2 g/mol
Fase	: Gas
Warna	: Tidak Berwarna

Densitas	: 0,08988 g/L (gas) ; 70,85 Kg/m <sup>3</sup> (cairan)
Titik lebur	: - 259,14 °C
Titik didih	: - 252,87 °C
Titik kritis	: 32,97 K
Kapasitas kalor	: 28,836 J/mol.K pada 25 °C
Titik kritis	: -240 °C, 12,98 atm

b. Sifat kimia

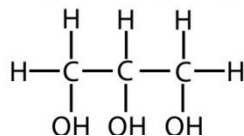
- 1) Bereaksi dengan oksigen menghasilkan H<sub>2</sub>O :  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
- 2) Sangat mudah terbakar dan meledak pada temperatur 560 °C.
- 3) Akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H<sub>2</sub> di udara bebas.

3. Gliserol

a. Sifat fisika

Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>

Rumus Bangun :



Massa molar : 92 g/mol

Fase : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Densitas : 1,26 g cm<sup>-3</sup>, cairan

Titik lebur : 19 °C

Titik didih : 290 °C

Tekanan uap : 0,0025 mmHg pada 50 °C

Flash point : 177 °C

Viskositas : 1069 mPa.s at 20°C

b. Sifat kimia

- 1) Gliserol dapat bereaksi dengan fosforus pentachloride membentuk gliseril triklorida CH<sub>2</sub>Cl-CHCl- CH<sub>2</sub>Cl.
- 2) Gliserol dapat bereaksi dengan asam membentuk ester. Contohnya : gliserol mono asetat CH<sub>2</sub>OH-CHOH-CH<sub>2</sub>OOCCH<sub>3</sub>, gliserol

triasetat, triasetin, gliseril nitrat (nitroglycerine)  $\text{CH}_2\text{ONO}_2$ -  
 $\text{CH}_2\text{ONO}_2$ -  $\text{CH}_2\text{ONO}_2$ , dll

3) Gliserol dapat bereaksi dengan oxidator.

### 1.4.2. Katalis

#### 1. Platinum

Simbol	: Pt
Fase	: solid
Massa Molar	: 195,084 g/mol
Densitas	: 21,45 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	: 1768,3 °C
Titik didih	: 3825 °C
Kapasitas kalor	: 25,86 J/mol·K

#### 2. Timah

Simbol	: Sn
Fase	: solid
Massa Molar	: 118,71 g/mol
Densitas	: 7,365 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	: 231,93 °C
Titik didih	: 2602 °C
Kapasitas kalor	: 27,112 J/mol·K

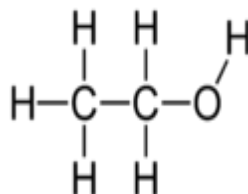
### 1.4.3. Produk

#### 1. Etanol

##### a. Sifat fisika

Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Rumus Bangun :



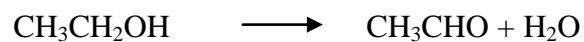
Massa molar : 46 gr/mol

Densitas : 0,789 gr/cm<sup>3</sup>

Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik lebur	: -112 °C
Titik didih	: 78,37 °C
Titik nyala	: 21 °C
Titik beku	: -117,3 °C
Temperatur kritis	: 241°C, 63 bar
Kapasitas panas	: 112,4 J/mol-K
Panas pembentukan	: -66,2 kkal/kmol
Viskositas	: 1,040 (20 °C)

#### b. Sifat kimia

- 1) Mudah terbakar di udara
- 2) Mudah menguap dan mudah terbakar.
- 3) Merupakan pelarut yang baik untuk senyawa organik.
- 4) Etanol menghasilkan asetaldehid. Reaksi :

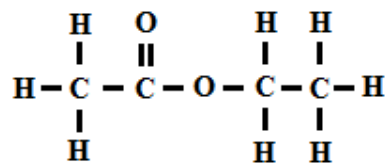


## 2. Etil Asetat

#### a. Sifat fisika

Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$

Rumus Bangun :



Massa molar : 88 g/mol

Densitas : 0.897 g/cm<sup>3</sup>

Fase : cairan

Warna : tidak berwarna

Titik lebur : -83.6 °C

Titik didih : 77.1 °C

Titik kritis : 240 °C, 3830 kPa

Kapasitas panas	: 157,7 j/mol-K
Tekanan uap	: 73 Torr (20°C)
Kelarutan dalam air	: 8,3 g/100 mL (20 °C)
Viskositas	: 0,45 cP (20 °C)
Flash point	: 285,9278 K

b. Sifat kimia

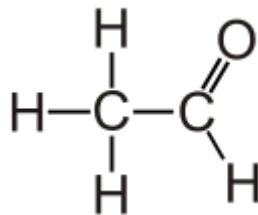
- 1) Mudah terbakar dan mempunyai risiko peledakan (*explosive*).
- 2) Merupakan senyawa derivat dari asam karboksilat.
- 3) Etil asetat dapat dibuat dari esterifikasi antara asam asetat dan etanol.

3. Asetaldehid

a. Sifat fisika

Rumus molekul : CH<sub>3</sub>CHO

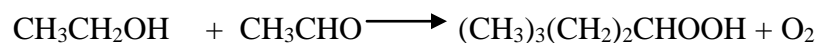
Rumus Bangun :



Massa molar	: 44,05 g/mol
Densitas	: 0,784 g/cm <sup>3</sup>
Fase	: liquid
Warna	: Tidak Berwarna
Titik lebur	: -123,5 °C
Titik didih	: 20,2 °C
Viskositas	: 0,2307 mPa.s (20 °C)
Kapasitas panas	: 89,05 J/mol-K (25 °C)
Titik kritis	: 187,9 °C, 5570 kPa

b. Sifat kimia

Asetaldehid bereaksi dengan ethanol dan membentuk DEA (Diethyl Acetal), reaksi:





## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya, Dinas Pekerjaan Umum
- Anonim. 2006. *Pedoman Effisiensi Energi Untuk Industri di Asia*. Online : [energyefficiencyasia.org](http://energyefficiencyasia.org). ( diakses pada Mei 2017)
- Anonim. 2012. *Data Impor Etyhl Alcohol*. International Trade Center (ITC), Market Analysis and Reserch. Online: [trademap.org](http://trademap.org) (diakses pada Februari 2017)
- Anonim. 2013. *Data Impor Etyhl Alcohol*. International Trade Center (ITC), Market Analysis and Reserch. Online: [trademap.org](http://trademap.org) (diakses pada Februari 2017)
- Anonim. 2014. *Data Impor Etyhl Alcohol*. International Trade Center (ITC), Market Analysis and Reserch. Online: [trademap.org](http://trademap.org) (diakses pada Februari 2017)
- Anonim. 2015. *Data Impor Etyhl Alcohol*. International Trade Center (ITC), Market Analysis and Reserch. Online: [trademap.org](http://trademap.org) (diakses pada Februari 2017)
- Anonim. 2016. *Data Impor Etyhl Alcohol*. International Trade Center (ITC), Market Analysis and Reserch. Online: [trademap.org](http://trademap.org) (diakses pada Februari 2017)
- Anonim. 2017. Peta Kota Kendal. Online: [Earth.google.co.id](http://Earth.google.co.id). (Diakses pada 30 Mei 2017)
- Anonim. 2017. Wholesale Price Index. Online: [eaindustry.nic.in](http://eaindustry.nic.in) (Diakses pada Juni 2017)
- Coulson, J.M. Richardson, Sinnott, R.K. 1983. *Chemical Engineering Volume 6 (SI Units) Design*. Oxford: Pergamon Press.
- Felder, Richard M. and Rousseau, Ronald W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, S. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

- Ismail, Syarifuddin. 1996. *Alat Industri Kimia*, Cetakan Ketiga. Palembang: Penerbit Unsri. ISBN 979-587-168-4.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, Octave. 1973. *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- McCabe, W.L. Smith, J.C. Harriot, P. 1994. *Operasi Teknik Kimia*, Jilid 1, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Olcay, Hakan. *Aqueous-Phase Hydrogenation of Acetic Acid over Transition Metal Catalysts: The Role of the Acetyl Species*. University of Massachusetts, USA.
- Perry, R.H. and Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7<sup>th</sup> Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peter, M. S., and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*, 4<sup>th</sup> Edition. New York : Mc Graw Hill International Book Co
- Smith, J.M. Ness, Van H.C. and Abbott, M.M. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Treybal, R.E. *Mass Transfer Operations*, 3<sup>rd</sup> Edition. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.
- TEMA. 1978. *Standards of Tubular Exchanger Manufactures Association*, 6th Edition. New York: Tubular Exchanger Manufactures Association, Inc.
- Treybal, R.E. *Mass Transfer Operations*, 3<sup>rd</sup> Edition. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.
- Lee, David. Orosco, Adam et All. 2015. *Process for Removing Aldehyde From Ethanol Reaction Mixture*. Huston: US Patent No. 8,927,780B2
- Van Harten, P. 1992. *Instalasi Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Van Winkle, Matthew. *Distillation*. Texas: McGraw-Hill Book Co.
- Zang, Ke. Li, Fang et All. 2013. Hydrogenation of Acetic Acid on Alumina-Supported Pt-Sn Catalyst. *International Journal of Chemical*, No.4 Vol.7