

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN METANOL
KAPASITAS PRODUKSI 355.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh :

WASTI SAING

(03031181320043)

CORAIMA LAMTIURMA BR. S.

(03031181320058)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA

PABRIK PEMBUATAN METANOL KAPASITAS 355.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

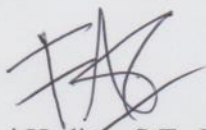
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Wasti Saing	03031181320043
Coraima L. Br. S	03031181320058

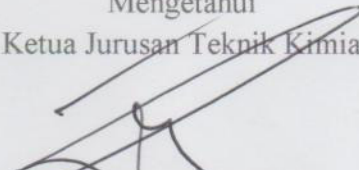
Indralaya, Maret 2018

Pembimbing



Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.
NIP. 197808222002122001

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 Metanol 355.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Wasti Saing dan Coraima L. Br. S. di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Maret 2018.

Palembang, Maret 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

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

(*Abdullah*)

2. Dr. Fitri Hadiyah, ST. MT
NIP. 197808222002122001

(*Fitri*)

3. Budi Santoso, ST. MT
NIP. 197706052003121004

(*Budi*)

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

(*Farida*)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wasti Saing
NIM : 03031181320043
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metanol Kapasitas
Produksi 355.000 Ton Per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan patner atas nama Coraima Lamtiurma Br. S. 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.

Indralaya, 22 Februari 2018



Wasti Saing

NIM. 03031181320043

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Coraima Lamtiurma Br.S
NIM : 03031181320058
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metanol Kapasitas
Produksi 355.000 Ton Per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan patner atas nama Wasti Saing 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.

Indralaya, 22 Februari 2018



Coraima Lamtiurma Br. S.

NIM. 03031181320058

BIODATA ALUMNI

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Periode : 15 Maret 2018



Nama Lengkap	:	Wasti Saing
NIM/ Tahun Masuk JTK	:	03031181320043
Alamat Tinggal di Palembang/ Inderalaya	:	Jl. Raya Inderalaya-Prabumulih Km. 32 Gg Lampung 1 Bedeng Putih Ogan Ilir 31123 Inderalaya
No. Telephone/HP	:	+62852-7695-4195
E-mail	:	wastisaing@gmail.com
Alamat Orang Tua	:	Jl. Enggang 14 No. 204 Prumnas Mandala Medan
No. Telephone/HP Orang Tua/ Wali	:	+62852-0664-0152
Total Beban SKS ditempuh	:	144
IPK	:	3,22
Score TOEFL terakhir (berlaku 2 tahun)	:	533
Nama Dosen Pembimbing Akademik	:	Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D
Judul Penelitian	:	Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi
Pembimbing Penelitian	:	Ir. Hj. Siti Miskah, M.T
Tanggal Seminar Penelitian	:	18 Oktober 2017
Nama Perusahaan/Lokasi Kerja Praktek	:	PT. Indonesia Asahan Aluminium (Inalum)
Tanggal Seminar Pendarasan KP	:	10 Oktober 2016
Tanggal Mulai Menyusun Tugas Akhir	:	15 September 2017

BIODATA PESERTA SIDANG TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK KIMIA
PERIODE :15 Maret 2018



Nama Lengkap	:	Coraima Lamtiurma Br. Siburian
NIM/TahunMasuk JTK	:	0303118120058
Alamat tinggal	:	Jl. Raya Inderalaya-Prabumulih Km. 32 Timbangan, Rumah Cantik, Lorong Mzen, Inderalaya
No. Telp	:	081278765312
Alamat email	:	Coraimalamtiur1@gmail.com
Alamat Orang Tua	:	Jl. Kaswari 1 RT. 28, Kec. Paal V, Kota Baru, Jambi
No. Telp. Orang Tua	:	081366606361
Total beban SKS yang ditempuh	:	144
IPK	:	3,04
Score TOEFL terakhir	:	480
Nama Dosen Pembimbing Akademik	:	Ir. H. Rosdiana Moeksin, M.T.
Judul Penelitian	:	Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi
Pembimbing Penelitian	:	Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.
Tanggal Seminar Penelitian	:	18 Oktober 2017
Nama Perusahaan/ Lokasi Kerja Praktik	:	PT. Indonesia Asahan Aluminium (Inalum)
Tanggal Seminar Pendaran KP	:	10 Oktober 2016
Tanggal Mulai Menyusun Tugas Akhir	:	15 September 2017

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat kasihNya yang luar biasa, dan karunia-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metanol Kapasitas 355.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

Inderalaya, Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN INTEGRITAS	v
BIODATA MAHASISWA	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Proses Pembuatan Metanol	3
1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia	8
BAB II PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	12
2.2. Penentuan Kapasitas	12
2.3. Pemilihan Bahan Baku	14
2.4. Pemilihan Proses	15

2.5.	Uraian Proses	15
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK		
3.1.	Lokasi Pabrik	18
3.2.	Letak Pabrik	21
3.3.	Rincian Area Pabrik	22
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		
4.1.	Neraca Massa	25
4.2.	Neraca Panas	35
BAB V UTILITAS		
5.1.	Unit Penyediaan Air.....	45
5.2.	Unit Penyediaan Steam	49
5.3.	Unit Penyediaan Tenaga Listrik	49
5.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	51
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN		
		53
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		
7.1.	Struktur Perusahaan	83
7.2.	Struktur Organisasi	84
7.3.	Tugas dan Wewenang	84
7.4.	Sistem Kerja	88
7.5.	Penentuan Jumlah Buruh	89
BAB VIII ANALISA EKONOMI		
8.1.	Keuntungan (Profitabilitas)	96
8.2.	Total Modal Akhir	99
8.3.	Laju Pengembalian Modal	102

8.4. <i>Break Even Point</i> (BEP)	103
8.5. Kesimpulan Analisa Ekonomi	105
BAB IX KESIMPULAN	107
DAFTAR PUSTAKA	108
TUGAS KHUSUS	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Impor Metanol Tahun 2011-2016	13
Tabel 3.1. Tabel Pemilihan Lokasi Pabrik	18
Tabel 3.2. Tabel Rincian area Pabrik	22
Tabel 7.1. Tabel Pembagian Jam Kerja.....	89
Tabel 7.2. Tabel Perincian Jumlah Karyawan	92
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	98
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	106

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Impor Metanol Tahun 2011-2016.....	13
Tabel 3.1. Tabel Pemilihan Lokasi Pabrik.....	18
Tabel 7.1. Tabel Rincian Area Pabrik	22
Tabel 7.2. Tabel Perincian Jumlah Karyawan.....	92
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal.....	79

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Kegunaan Metanol Pada Berbagai Industri Di Indonesia.....	1
Gambar 1.2. Permintaan Metanol Berdasarkan Regional.....	2
Gambar 1.3. Diagram Proses Sintesis Metanol - ICI	4
Gambar 1.4. Diagram Proses Sintesis Metanol - Lurgi.....	5
Gambar 1.5. Diagram Proses Sintesis Metanol - MGC.....	6
Gambar 1.6. Diagram Proses Sintesis Metanol - Kellog.....	6
Gambar 1.7. Diagram Proses Sintesis Metanol – Nissui Topsoe.....	7
Gambar 1.8. Diagram Alir Proses Pembuatan Metanol.....	17
Gambar 1.9. Tabel Pemilihan Lokasi Pabrik	18
Gambar 2.1. Peta Lokasi Pabrik.....	19
Gambar 2.2. Tabel Rincian Pabrik.....	22
Gambar 2.3. Tata Letak Pabrik.....	23
Gambar 2.4. Tata Letak Peralatan.....	24
Gambar 2.5. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift.....	89
Gambar 2.6. Perincian Jumlah Karyawan.....	92
Gambar 2.7. Struktur Organisasi Perusahaan.....	94
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86

DAFTAR NOTASI

1. HEAT EXCHANGER (HEATER, COOLER, PARTIAL CONDENSER)

- A : Area perpindahan panas, ft^2
- a_a, a_p : Area alir pada *annulus, inner pipe*, ft^2
- a_s, a_t : Area alir pada *shell, tube*, ft^2
- a'' : *External surface per in feet*, $\text{ft}^2/\text{in ft}$
- B : *Baffle spacing*, in
- C : *Clearance*
- D : Diameter dalam *tube*, in
- D_e : Diameter ekuivalen, in
- F : Faktor friksi, ft^2/in^2
- G_a : Kecepatan alir massa fluida dalam *annulus*, lb/hr ft^2
- G_p : Kecepatan alir massa fluida dalam *inner pipe*, lb/hr ft^2
- G_s : Kecepatan alir massa fluida dalam *shell*, lb/hr ft^2
- G_t : Kecepatan alir massa fluida dalam *tube*, lb/hr ft^2
- g : Percepatan gravitasi
- h : Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/hr ft}^2\text{°F}$
- h_i, h_o : Koefisien perpindahan panas fluida di dalam dan luar *tube*, $\text{Btu/hr ft}^2\text{°F}$
- ID : Diameter dalam, ft
- OD : Diameter luar, ft
- jH : Faktor perpindahan panas
- k : Konduktivitas *thermal*, $\text{Btu/hr. ft}^2 (\text{°F}/\text{ft})$
- L : Panjang *tube*, ft
- LMTD : Logaritma *Mean Temperature Difference*, °F
- N_t : Jumlah *tube*
- P_t : *Tube pitch*, in
- ΔP_r : *Return drop shell*, psi
- ΔP_s : Penurunan tekanan pada *shell*, psi
- ΔP_t : Penurunan tekanan pada *tube*, psi

ΔP_T	: <i>Pressure drop total pada tube</i> , psi
Q	: <i>Beban panas pada heat exchanger</i> , Btu/hr
R_d	: <i>Dirt factor</i> , Btu/hr.ft ² °F
R_e	: <i>Reynold number, dimensionless</i>
S	: <i>Specific gravity</i>
T_1, T_2	: <i>Temperatur fluida panas inlet, outlet</i> , °F
t_1, t_2	: <i>Temperatur fluida dingin inlet, outlet</i> , °F
T_c	: <i>Temperatur fluida panas rata – rata</i> , °F
t_c	: <i>Temperatur rata – rata fluida dingin</i> , °F
U_c, U_D	: <i>Clear overall coefficient, design overall coefficient</i> , Btu/hr. ft ² °F
W	: <i>Kecepatan alir fluida panas</i> , lb/hr
w	: <i>Kecepatan alir fluida dingin</i> , lb/hr
μ	: <i>Viskositas</i> , cp
ρ	: <i>Densitas</i> , lb/ft ³

2. POMPA

A	: <i>Area alir pipa</i> , in ²
D_{opt}	: <i>Diameter optimum pipa</i> , in
f	: <i>Faktor friksi</i>
g	: <i>Percepatan gravitasi</i> , ft/s ²
g_c	: <i>Konstanta percepatan gravitasi</i> , ft/s ²
H_f	: <i>Total friksi</i> , ft
H_{fs}	: <i>Friksi pada permukaan pipa</i> , ft
H_{fc}	: <i>Friksi karena kontraksi tiba-tiba</i> , ft
H_{fe}	: <i>Friksi karena ekspansi tiba-tiba</i> , ft
H_{ff}	: <i>Friksi karena fitting dan valve</i> , ft
H_d, H_s	: <i>Head discharge, suction</i> , ft
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
Kc, Ke	: <i>Contaction, ekspansion contraction</i> , ft
L	: <i>Panjang pipa</i> , m

Le	: Panjang ekuivalen pipa, m
NPSH	: <i>Net Positive Suction Head</i> , ft .lbf/ lb
Puap	: Tekanan uap, psi
Qf	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
Re	: <i>Reynold Number</i> , <i>dimensionless</i>
Vs	: <i>Suction velocity</i> , ft/s
Vd	: <i>Discharge velocity</i> , ft/s
BHP	: <i>Brake Horse Power</i> , HP
MHP	: <i>Motor Horse Power</i> , HP
ΔP	: <i>Differential pressure</i> , psi
ε	: <i>Equivalent roughness</i> , ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/m.hr
ρ	: Densitas, kg/m ³
a''	: <i>External surface per in feet</i> , ft ² /in ft

3. TANKI

C	: Tebal korosi yang diizinkan, m
D _T	: Diameter tangki, m
E	: Efisiensi penyambungan, <i>dimensionless</i>
H _s	: Tinggi silinder, m
H _T	: Tinggi tangki, m
h	: Tinggi <i>head</i> , m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: <i>Working stress</i> yang diizinkan, atm
t	: Tebal dinding tangki, m
V _s	: Volume silinder, m ³
V _e	: Volume elipsoidal, m ³
V _t	: Volume tangki, m ³
V _h	: Volume <i>head</i> , m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam

P : Tekanan *design*

ρ : Densitas, kg/m^3

4. KOMPRESOR, EXPANDER

BHP : *Brake Horse Power*, power yang dibutuhkan, HP

k : Konstanta kompresi

n : Jumlah *stage*

η : Efisiensi kompresor

P_{in} : Tekanan masuk, atm

P_{out} : Tekanan keluar, atm

T_{IN} : Temperatur masuk kompresor, $^{\circ}\text{C}$

T_{OUT} : Temperatur keluar kompresor, $^{\circ}\text{C}$

P_w : *Power* kompresor, Hp

Q : Kapasitas kompresor

R_c : *Ratio* kompresi, tidak berdimensi

W : Laju alir massa, lb/jam

P : Densitas, kg/m^3

BM : Berat Molekul campuran, kg/kmol

ρ : Densitas, kg/m^3

5. REAKTOR

A_s : Luas permukaan solid

a_g : Luas permukaan gas

BM : Berat molekul campuran, kg/kmol

C : Korosi yang diizinkan, m

D_b : Diameter *Bubble*

D_{AB} : Diameter molekul A, molekul B, m

D, D_s : Diameter *tube, shell* (reaktor), m

g : Percepatan gravitasi, ft/s^2

D_s : Diameter *Shell*

E : *Welding joint efficiency*

F	: Laju alir umpan, kmol/jam
H _S	: Tinggi <i>head</i> , m
H _R	: Tinggi reaktor, m
H _T	: Tinggi <i>tube</i> , m
ID	: Diameter <i>tube</i> , in
G _c	: Percepatan gravitasi, ft/det ²
k	: Konstanta kecepatan reaksi
k	: Konstanta <i>Boltzman</i> , $1,38 \times 10^{-16}$
k _L	: Laju energi disipasi
L	: Panjang <i>tube</i> , ft
M _{fr}	: Laju Alir Massa
N	: Konstanta Avogadro, $6,023 \times 10^{23}$
N _t	: Jumlah <i>tube</i>
OD	: Diameter luar <i>tube</i> , in
P _T	: <i>Tube pitch</i> , in
P	: Tekanan operasi, atm
S	: <i>Working stress</i> yang diizinkan, atm
r	: Jari-jari <i>shell</i>
T	: Temperatur operasi, ° C
t	: Tebal dinding reaktor, m
V _f	: Volume <i>free</i>
V _S	: Volume <i>head</i>
V _R	: Volume reaktor, m ³
V _T	: Volume total, m ³
V _K	: Volume katalis, m ³
v	: Kinematika viskositas
W _K	: Berat katalis, kg
X _a	: Konversi
ΔP	: Perbedaan tekanan, atm
ρ	: Densitas, lb/ft ³
Φ	: Porositas

ξ : Bilangan *Eddy*

6. KNOCK OUT DRUM

A : Luas Area *Vessel*, m²
 U : *Vapor Velocity*, ft/sec
 C : Korosi yang diizinkan, m
 D : Diameter *drum*, m
 E : *Welding joint efficiency*
 H : Tinggi *Vessel*
 L : Tinggi *drum*, m
 t : Tebal dinding, m
 V_d : Kapasitas *drum*, m³
 W_g : Laju alir gas, kg/hr
 W_L : Laju alir *liquid*, kg/hr
 ρ : Densitas, kg/m³

7. MEMBRAN

ρ : Densitas, kg/m³
 Mfr` : Laju Alir, kg/jam
 LF : *Rate Feed*, kmol
 VP : *Rate Permeat*, kmol
 LR : *Rate Retentate*, kmol
 Θ : Kecepatan *Permeat* terhadap *Feed* %
 AT : Total Luas Membran, m²
 P_{ref} : Permeabilitas, kmol/m/m².s.Pa
 X : Ketebalan Efektif Membran, m
 α : Selektifitas
 xi_R : Fraksi komponen retentat
 xi_P : Fraksi komponen permeat
 N_f : Jumlah *Fiber*
 D_e : Diameter *Equivalent*, m

H : Panjang, m

8. DIMENSIONLESS NUMBER

Re : *Reynold Number*

Sc : *Schmidt Number*

Pr : *Prandtl Number*

jH : Faktor perpindahan panas

f : *Friction factor*

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Neraca Massa
- Lampiran 2. Neraca Panas
- Lampiran 3. Spesifikasi Peralatan
- Lampiran 4. Analisa Ekonomi

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METANOL KAPASITAS PRODUKSI 355.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Maret 2018

Wasti Saing dan Coraima L. Br. S.; Dibimbing oleh Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

viii + 680 halaman, 8 tabel, 13 gambar, 4 lampiran

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Metanol berkapasitas 355.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan pada tahun 2023 berlokasi di Kawasan Industri Sei Mangkei Kecamatan Bosar Maligas Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara dengan luas area 12 Ha. Proses pembuatan Mengacu ini mengacu pada US Patent 9,505,689 B2. Reaksi berlangsung pada reaktor *Fluidized Bed* dan *Fixed Bed Multitube*, menggunakan katalis CuO, ZnO, dan Al₂O₃. Reaksi pada reaktor 01 berlangsung pada temperatur 230°C dengan tekanan 43 atm dan reaksi pada reaktor 02 berlangsung pada temperatur 250°C dengan tekanan 50 atm. Untuk membangun dan mengoperasikan pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama. Sistem organisasi perusahaan yang dipilih adalah *line and staff* dengan total karyawan 216 orang. Pabrik pembuatan Metanol ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- <i>Annual Cash Flow</i>	: US \$ 1,720,618,103.396
- <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	: US \$ 2,970,000,453.115
- <i>Total Production Cost</i>	: US \$ 1,722,854,068.439
- <i>Selling Price</i>	: US\$ 3,711,011,492.95
- <i>Net Profit After Tax</i>	: US \$ 1,491,118,068.383
- <i>Pay Out Time</i>	: 1,6 tahun
- <i>Rate Of Return On Investment</i>	: 59,07%
- <i>Break Event Point</i>	: 32,384%
- <i>Service Life</i>	: 11 tahun

Kata Kunci: Metanol, Analisa Ekonomi, Pabrik, Spesifikasi Peralatan

BAB I

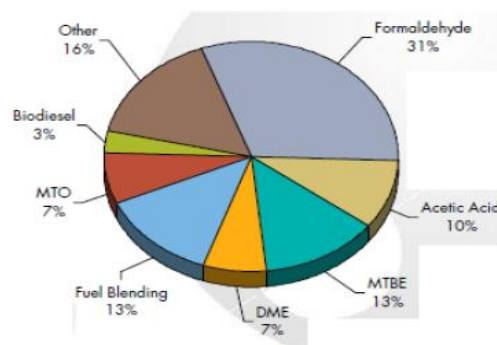
PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi disertai dengan kemajuan sektor industri telah menuntut semua negara ke arah industrialisasi. Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan di segala bidang. Sampai saat ini pembangunan sektor industri mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sektor industri kimia. Namun ketergantungan impor luar negeri masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk industri kimia dari luar negeri.

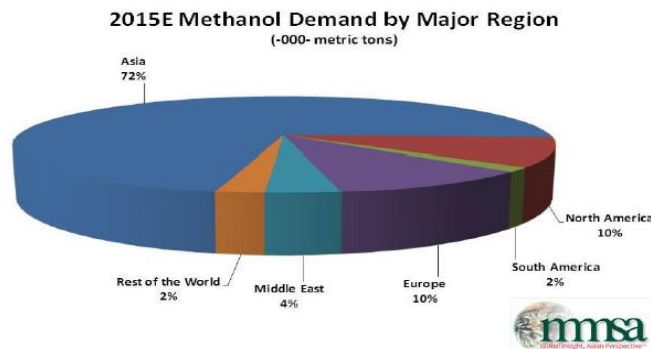
Metanol yang dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Metanol mempunyai berat molekul 32,043 g/mol dan berwujud cair pada suhu lingkungan dan tekanan atmosferis. Titik didih metanol sebesar $64,7^\circ\text{C}$ dan mempunyai titik lebur sebesar $-98,68^\circ\text{C}$. Metanol mempunyai sifat mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (Spencer, 1998).

Metanol banyak digunakan dalam berbagai industri kimia. Sekitar 31% dari produksi metanol dibuat menjadi formaldehid. Formaldehid kemudian dijadikan produk plastik, kayu lapis, cat, dan lain-lain. Turunan metanol lainnya adalah dimetil eter (DME) sebagai pengganti klorofluorokarbon dalam aerosol dan asam asetat. Dimetil eter juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan *liquified petroleum gas* (LPG). Kegunaan lainnya ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Kegunaan Metanol pada Berbagai Industri di Dunia
(Sumber: Technon OrbiChem, 2015)

Asia menjadi pasar terbesar metanol dengan permintaan sebesar 72% disusul dengan Eropa (10%), Amerika Utara (10%), Timur Tengah (4%), Amerika Selatan (2%) dan 2% sisanya adalah regional lainnya. Permintaan metanol berdasarkan regional

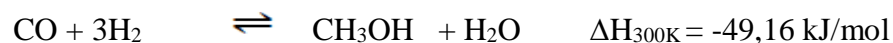
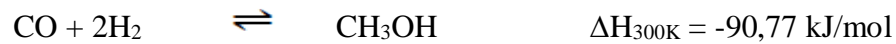


Gambar 1.2. Permintaan Metanol Berdasarkan Regional

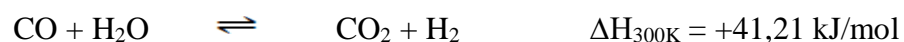
(Sumber: <http://www.methanolmsa.com/methanol/>)

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Pada umumnya metanol dapat diproduksi dengan hidrogenasi karbonmonoksida ataupun karbondioksida dengan bantuan katalis Gas CO dan H₂ dapat dihasilkan dari proses *reforming* gas alam maupun dari gasifikasi batubara, sementara gas CO₂ dapat dihasilkan dari reaksi *water-gas shift*. Proses produksi metanol dari *syngas* dilakukan dalam tiga tahap, yaitu persiapan *syngas* sebagai umpan, reaksi sintesis metanol, dan pemurnian metanol sebagai produk. Reaksi sintesis metanol merupakan reaksi katalitik. Secara umum, reaksi sintesis metanol pada fase gas dengan katalis berbasis Cu adalah sebagai berikut:



Kedua reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis dan terjadi penurunan jumlah mol atau volume sehingga agar tercapai konversi kesetimbangan yang tinggi, secara termodinamika, diinginkan proses yang memiliki tekanan tinggi dan suhu yang rendah. Selain kedua reaksi diatas, terdapat reaksi lain yang dapat terjadi, yaitu reaksi *water-gas shift* berikut.



Pada sintesis metanol, jenis katalis yang digunakan mempengaruhi kondisi operasi sintesis metanol, karena masing-masing katalis memiliki aktivitas katalitik pada kondisi tertentu. Katalis yang umum digunakan pada proses pembuatan metanol adalah senyawa Cu, ZnO, Al₂O₃, dan Cr₂O₃.

Berdasarkan penelitian terbaru, metanol dapat diproduksi dari hidrogenasi karbon monoksida (CO), hidrogenasi karbondioksida (CO₂), dan oksidasi parsial metana (CH₄). Hingga saat ini, produksi metanol secara komersial didominasi dari proses hidrogenasi CO. Sedangkan proses yang lain dalam tahap pengembangan.

Produksi metanol dan hidrogenasi CO secara komersial pertama kali dilakukan oleh *Badische Anilin and Soda Fabrik* (B.A.S.F.) di Jerman pada tahun 1923. Pada prosesnya digunakan tekanan tinggi dengan katalis berbasis Zn yang mengandung ZnO/Cr₂O₃ (Lee, 1990). Kondisi operasi pada teknologi proses BASF ini memiliki tekanan 250-350 bar dan suhu 320-450°C (Galluci, 2007). Perkembangan selanjutnya, dikembangkan teknologi sintesis metanol pada tekanan rendah yang menggantikan proses sebelumnya. Pada tahun 1966, *Imperial Chemical Industries, Ltd.* (I.C.I) mengembangkan proses sintesis metanol tekanan rendah dengan menggunakan katalis berbasis Cu yang mengandung Cu/ZnO/Al₂O₃ (www.baiker.ethz.ch).

Di Indonesia pabrik metanol pertama kali beroperasi pada tahun 1985 di kecamatan Bunyu kabupaten Bulungan yang dikelola oleh Pertamina UP V Balikpapan. Kilang ini memiliki kapasitas produksi rata-rata 1000 ton per hari atau 330.000 ton per tahun. Pada tahun 2000, PT. Kaltim Methanol Industri mulai beroperasi di kota Bontang, kawasan industri PT. Kaltim Industrial Estate, Kalimantan Timur dengan kapasitas terpasang 660.000 ton per tahun.

1.3. Proses Pembuatan Metanol

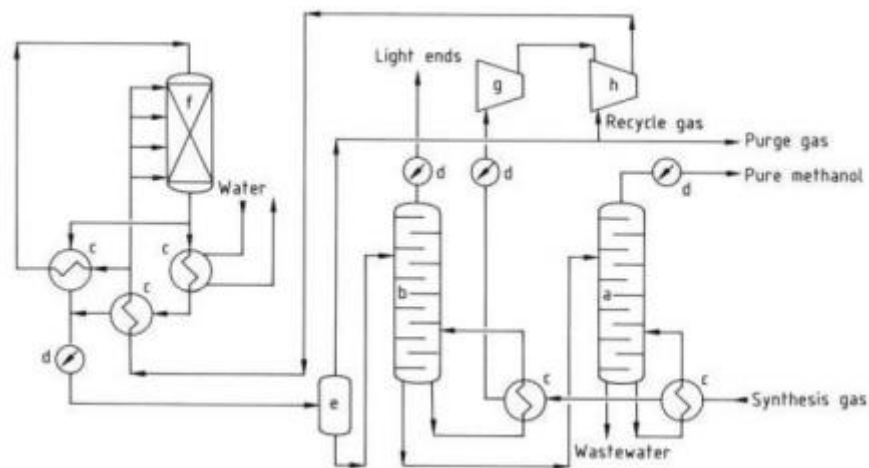
Berikut beberapa teknologi proses yang dibuat oleh beberapa perusahaan:

a. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - ICI

Proses ini mulai dikembangkan pada tahun 1960-an oleh perusahaan pengembangan proses *Imperial Chemical Industries, Ltd.* Proses sintesis ini menggunakan tekanan rendah dengan katalis berbasis Cu. Proses ini menggunakan umpan *syngas* yang mengandung karbon monoksida, karbon

dioksida, hidrogen dan metana. Untuk mengatur rasio CO/H₂ digunakan *shift-converter*. Umpam kemudian dinaikkan tekanannya hingga 50 atm pada kompresor jenis sentrifugal, kemudian diumpankan ke dalam reaktor jenis *quench* pada suhu operasi 270°C.

Quench converter berupa *single bed* yang mengandung katalis pendukung yang bersifat inert. Hasil reaksi berupa *crude methanol* yang mengandung air, dimetil eter, ester, besi karbonil, dan alkohol lain. Hasil reaksi tersebut kemudian didinginkan dan *crude methanol* dipurifikasi dengan cara distilasi. Dalam pengembangannya, karena dianggap kurang menguntungkan, ICI mengganti jenis reaktor yang digunakan dari *quench reactor* menjadi *tube* berpendingin yang pada prinsipnya sama dengan yang digunakan oleh Lurgi (Lee, 1990).



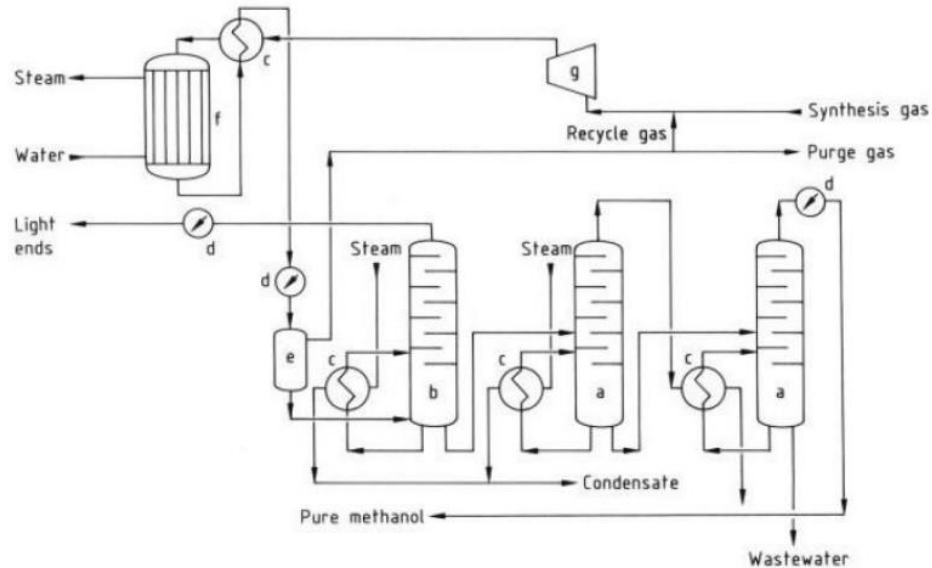
(Sumber: Ullman, 2005)

Gambar 1.1. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah – ICI

b. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - Lurgi

Pada proses sintesis metanol dengan teknologi Lurgi, digunakan reaktor yang beroperasi pada kisaran suhu 220-260°C dan kisaran tekanan 40-100 bar. Desain reaktor berbeda dari pendahulunya, teknologi ICI. Pada teknologi Lurgi digunakan reaktor *quasi isothermal shell and tube*, reaksi metanol terjadi di *tube side* yang berisi katalis dan pada *shell tube* dialirkan air pendingin. Selain itu,

pada teknologi ini, peranan reaktor juga sebagai pembangkit steam bertekanan 40-50 bar (Lee, 1990).



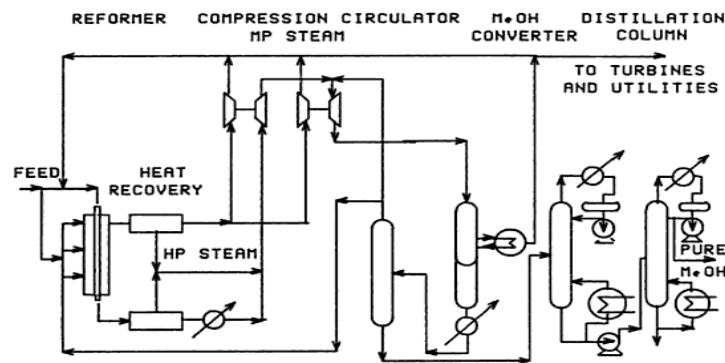
(Sumber: Ullman, 2005)

Gambar 1.2. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah – Lurgi

c. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah dan Sedang - *Mitsubishi Gas Chemical (MGC)*

Pada proses sintesis metanol dengan teknologi MGC, sintesis metanol masih menggunakan katalis berbasis tembaga (Cu) dengan kondisi operasi reaktor pada kisaran suhu 200-280°C dan kisaran tekanan 50-150 atm. Pada awalnya perusahaan Jepang ini menggunakan tekanan 150 atm, namun kemudian dikembangkan untuk tekanan kurang dari 100 atm. Proses MGC menggunakan reaktor dengan *double-walled tubes* dimana pada bagian anulus diisi dengan katalis. *Syngas* mengalir melalui pipa bagian dalam sedangkan pipa bagian luar dialiri oleh air pendingin (Ullmann, 2005). Proses MGC menggunakan hidrokarbon sebagai umpan. Umpan dihilangkan kandungan sulfurnya sebelum masuk ke *steam reformer* yang beroperasi pada 500°C. Arus keluar dari *steam reformer* bersuhu 800-850°C dan mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, dan hidrogen. Selanjutnya *syngas* yang dihasilkan dinaikkan tekanannya

dengan kompresor sentrifugal dan dicampur dengan arus *recycle* sebelum diumpankan ke dalam reaktor (Lee,1990).

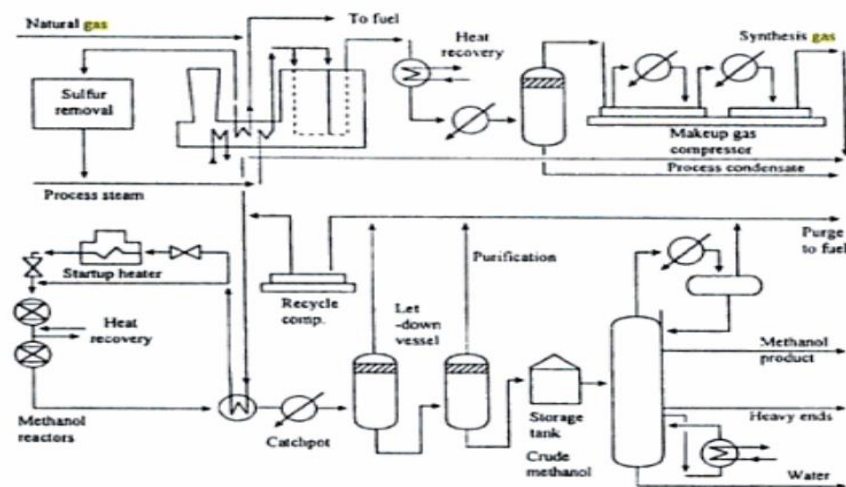


(Sumber: Lee, 1990)

Gambar 1.3. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah dan Sedang – MGC

d. Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang - Kellogg

M.W. Kellogg Co. memperkenalkan reaksi sintesis yang sangat berbeda, tetapi pada dasarnya merupakan reaktor tipe adiabatik. Reaktor berbentuk bulat dan didalamnya berisi tumpukan katalis. Gas sintesis mengalir melalui beberapa bed reaktor yang tersusun aksial berseri. Kebalikan dari proses ICI, panas reaksi yang dihasilkan dikontrol dengan *intermediate coolers*. Proses ini menggunakan katalis tembaga dan beroperasi pada rentang suhu 200-280°C serta tekanan 100-150 atm (Ullmann, 2005).

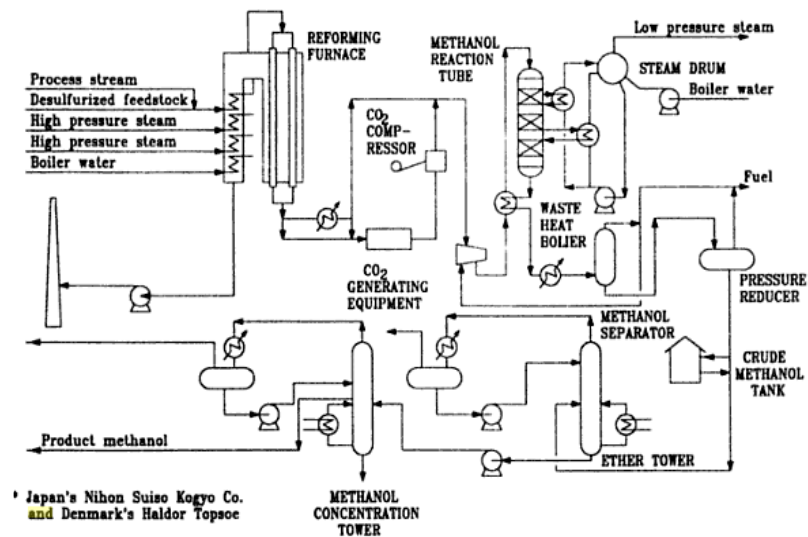


(Sumber: Lee, 1990)

Gambar 1.4. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang – Kellogg

e. **Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang - Nissui Topsoe**

Skema reaktor dari proses Nissui Topsoe dari Denmark didesain oleh Nihon Suiso Kogyo of Japan. Reaktor yang digunakan bertipe adiabatik dengan aliran radial berjumlah tiga yang masing-masing memiliki satu tumpukan katalis dan penukar panas internal. Sintesis gas mengalir secara radial melalui katalis bed. Tekanan operasi dari proses ini diatas 150 bar dan suhu operasi 200-310°C. Produk pertama perlu didinginkan sebelum reaktor kedua. Hasil pendinginan berupa uap (*steam*) bertekanan rendah. Katalis yang digunakan berupa Cu-Zn-Cr yang aktif pada 230-280°C dan 100-200 atm (Lee, 1990).



(Sumber: Lee, 1990)

Gambar 1.5. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang - Nissui Topsoe

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Sifat Fisika

a. Metanol

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat molekul	: 32 kg/kmol
Wujud	: liquid
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 0,792
Titik didih	: 64,7°C
Titik leleh	: -97,9°C
Temperatur kritis	: 513,20°C
Tekanan kritis	: 78,5 atm

b. Hidrogen

Rumus molekul	: H ₂
Berat molekul	: 2 kg/kmol
Wujud	: gas
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 0,0709
Titik didih	: 252,7°C
Titik leleh	: -259,1°C
Temperatur kritis	: 33,2°C
Tekanan kritis	: 12,8 atm

c. Oksigen

Rumus molekul	: O ₂
Berat molekul	: 32 kg/kmol
Wujud	: gas
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 1,14
Titik didih	: 183°C

Titik leleh	: -218,4°C
Temperatur kritis	: 154,4°C
Tekanan kritis	: 49,7 atm

d. Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18 kg/kmol
Wujud	: liquid
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 1
Titik didih	: 100°C
Titik leleh	: 0°C
Temperatur kritis	: 647,4°C
Tekanan kritis	: 218,3 atm

e. Karbon monoksida

Rumus molekul	: CO
Berat molekul	: 28 kg/kmol
Wujud	: gas
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 0,81
Titik didih	: -192°C
Titik leleh	: -207°C
Temperatur kritis	: 133,0°C
Tekanan kritis	: 34,5 atm

f. Karbon dioksida

Rumus molekul	: CO ₂
Berat molekul	: 44 kg/kmol
Wujud	: gas
Warna	: Tak berwarna

Spgr	: 1,56
Titik didih	: -78°C
Titik leleh	: -56,5°C
Temperatur kritis	: 304,20°C
Tekanan kritis	: 72,9 atm

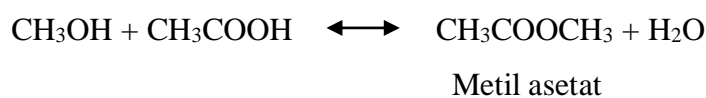
g. Metana

Rumus molekul	: CH ₄
Berat molekul	: 16 kg/kmol
Wujud	: gas
Warna	: Tak berwarna
Spgr	: 0,415
Titik didih	: -161,4°C
Titik leleh	: -182,6°C
Temperatur kritis	: 190,7 °C
Tekanan kritis	: 45,8 atm

1.4.2. Sifat Kimia

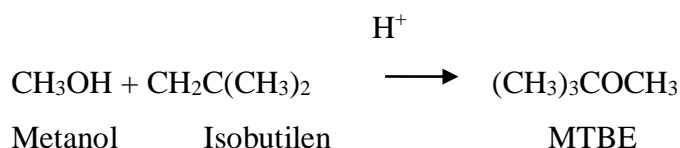
a. Reaksi Esterifikasi

Yaitu reaksi pembentukan senyawa ester dengan jalan mereaksikan senyawa metanol dengan senyawa organik.



b. Reaksi Eterifikasi

Yaitu reaksi pembentukan senyawa eter, misalnya MTBE



c. Reaksi Substitusi

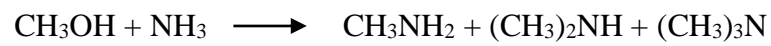
Yaitu reaksi penggantian/substitusi gugus OH dengan gugus hidroksil, contohnya reaksi:

i. Halogenasi



Metil klorida

ii. Amonolisis

-H₂O

Metil amine

iii. Bimolekular Dehidrasi

H⁺

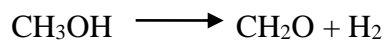
Dimetil Eter

d. Reaksi Dehidrogenasi

Yaitu pelepasan unsur Hidrogen, dapat dilakukan dengan bantuan katalis

Mo dan Ag

Mo, Ag



DAFTAR PUSTAKA

- Almqvist, M. Duwig, C. Dahl, J. 2016. *Process and Reaction System for the Preparation of Methanol*. Us Patent No. 9595689B2.
- Anonim. 2016. *harga katalis*. <http://indonesian.alibaba.com/productgs/hydrogenation-catalyst-cuo-catalyst-735926400.html>. Diakses tanggal 08 Februari 2018.
- Anonim. 2015. *harga karbon monoksida*. <http://indonesian.alibaba.com/productgs/harga karbon monoksida-7357464356.html>. Diakses tanggal 08 Februari 2018.
- Anonim. 2015. *harga hidrogen*. <http://indonesian.alibaba.com/productgs/hydrogen-735964400.html>. Diakses tanggal 08 Februari 2018.
- Anonim. 2015. *harga katalis*. <http://indonesian.alibaba.com/product-gs/hydrogen-735964400.html>. Diakses tanggal 08 Februari 2018.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2014 . *Data Ekspor Import Metanol*. http://www.bps.go.id/hasil_publicasi_juli_2014/file/search/searchtext.xml, diakses tanggal 20 September 2017.
- Baker, R.W. 2004. *Membrane Technology and Applications 2nd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York
- Bird, R. B., Stewart, E. W., Lightfoot, E., N. 1994. *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Brownel, L.E, and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons: New York.
- Coulson, J.M and Ricardson J.F., 2001. *An Introduction to Chemical Engineering Design, Volume 6, 3th edition*. Pergamon Press: Oxford.
- Earth.google.co.id. Peta Lokasi Pabrik. Diakses pada 7 Januari 2018, 18.28 WIB.
- Felder, R.M. dan Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Fogler, H. S. 2005. *Elements of Chemical Reaction Engineering. 4rd Edition*. Prentice Hall Professional Technical Reference : US of America.

- Geankoplis, C.J. 1997. *Transport Process and Unit Operation 3rd ed.* Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs N.J.: London.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Edition : Auckldan.
- Kemenperin. 2014. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/3692/Harga-Gasindustri-naik-50-bertahap>. Diakses tanggal 10 Januari 2018.
- Kunii, D. And Oktave Levenspiel. 1991. *Fluidization Engineering, Second Edition*. America. A Davidson of reed publishing.
- Kurniawan Fajar. 2011. *Perencanaan Tata Letak Pabrik*. Modul Belajar : Universitas Mercu Buana.
- Kurs Dollar, 2015. <http://www.pajakonline.com/engine/kurs/>. Diakses tanggal 19 Februari 2018.
- Levenspiel, Octave. 1973. *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : USA.
- Matches Engineering. 2014. *Equipment Cost Index*. <http://Matche.com/equipcost.html>. Diakses tanggal 15 Februari 2018.
- McCabe, Warren L dan Smith, JC. 1999. *Operasi Teknik Kimia*. Alih Bahasa Jasiji, E. Ir. Edisi ke-4. Penerbit Erlangga : Jakarta.
- Nicholas, P., W, Sylvic, T., D, Meijuan. *Process for The Production of Methanol Including Two Membrane Separation Steps*. 2014. Us Patent 8623926 B2.
- Noble, R.D. dan S.A. Stern. 1999. *Membrane Separation Technology Principles and Applications, 2nd Edition*. Elsevier Science B.V. : Amsterdam
- Perry, R.H. dan Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook, 8th Edition*. McGraw-Hill Book Company : New York
- Peter, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design dan Economic for Chemical Engineering, 4th Edition*. McGraw-Hill Book Company : New York.
- Yasushi, H., and Hashimoto, S. *Process for The Production of Methanol*. 1996. Us Patent 5512599.

- Smith, J.M. Ness, Van H.C. dan Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5th Edition. McGraw-Hill Book Company : New York.
- Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics 3rd Edition*. New York: McGraw Hill.
- Supriyanto, Agus. 2011. *Unit Pemisahan Udara PT. Samator Gas Kendal – Jawa Tengah*. Laporan kerja praktek.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. McGraw-Hill Book Co : Rhode Island.
- Peter koniq and Hermann gohna. *Process of producing Methanol*. 1997 Us Patent No. 5631302.
- Peter koniq and Hermann gohna. *Process of producing Methanol*. 1998 Us Patent No. 5827901.
- Peter koniq and herman gohna. *Process Producing methanol*. 2000 EP Patent No. 0790226 B1.
- Simon Robert,E. *Process For Use In gas Phase Reactions*. 2010. Us Patent 7790775 B2.
- Swan t. Sie. 1993. *Process for the producing of Methanol*. Us Patent No. 5216034.
- Verfahren and Erzeugen. 2004. *Producing methanol*. Euro Patent. No.0790226.
- Vilbrant, Frank C dan Charles E. Dryden. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, 4th Edition*. McGraw-Hill International Edition : New York.
- Wallas, S.M. 1998. *Chemical Process Equipment Selection dan Design*. ButterwothsPublishers : Boston USA.
- Wikipedia. 2013. *Metanol*. <http://www.id.Wikipedia.org/wiki/methanol>. Diakses tanggal 27 November 2016.