

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN DIMETIL ETER
KAPASITAS 30.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mengikuti Ujian Sarjana
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

INTAN PUSPITA AKHLAQL QORIMAH 03031282025029

ANDYKA RAIHAN RAHMANDA 03031282025045

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN DIMETIL ETHER KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Intan Puspita Akhlaqul Qorimah

NIM. 03031282025029

Andyka Raihan Rahmanda

NIM. 03031282025045

Indralaya 23 Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

NIP. 199001272025062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



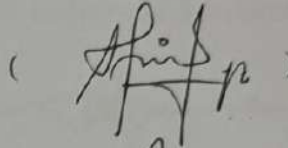
Ir. Tuti Indan Sari, S.T., M.T., IPM

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Dimetil Eter Kapasitas 30.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Intan Puspita Akhlaqul Qorimah dan Andyka Raihan Rahmanda dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 16 Juli 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.
NIP. 196009091987031004
2. Dr. Ir. Asyeni Muftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP. 198606292008122002
3. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.
NIP. 197706052003121004

()
()
()

Mengetahui.

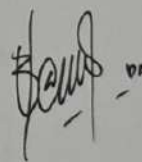
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

Indralaya, Juli 2025

Pembimbing Tugas Akhir

()

Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng
NIP. 199001272025062001

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

INTAN PUSPITA AKHLAQUL QORIMAH

03031282126036

ANDYKA RAIHAN RAHMANDA

03031282126062

Judul:

"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN DIMETIL ETHER KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN"

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Juli 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.

NIP. 196009091987031004



2. Dr. Ir. Asyeni Mufiahul Jannah, S.T., M.Si.

NIP. 198606292008122002



3. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197706052003121004



Indralaya, Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

NIP. 199001272025062001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andyka Raihan Rahmanda

NIM : 03031282025045

Judul Tugas Akhir : *Pro Rancangan Pabrik Pembuatan Dimetil Eter*
Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Intan Puspita Akhlaqul Qorimah 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, Juli 2025



Andyka Raihan Rahmanda

NIM: 03031282025045



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Puspita Akhlaqul Qorimah
NIM : 03031282025029
Judul Tugas Akhir : Per Rancangan Pabrik Pembuatan Dimetil Eter
Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Andyka Raihan Rahmanda 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, Juli 2025



Intan Puspita Akhlaqul Qorimah

NIM. 03031282025029



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia – Nya, tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Dimetil Eter Kapasitas 30.000 Ton Per Tahun” ini dapat penulis selesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari akan keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis dalam penyusunannya namun, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada yang terhormat:

- 1) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Kedua orangtua, keluarga, dan teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan, doa, saran, serta motivasi.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat dan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Juli 2025

Penulis

RINGKASAN

PRE -DESIGN MANUFACTURING FACTORY DIMETHYL ETHER CAPACITY OF 30,000 TONS/YEAR

Scientific papers in the form of thesis, July 2025

Intan Puspita Akhlaqul Qorimah and Andyka Raihan Rahmanda

Supervised by Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

ABSTRACT

Dimethyl ether manufacturing factory with a production capacity of 30,000 tons per year which will be planned to stand in the Cilegon Industrial Estate, Banten Province in 2030. Dimethyl ether in the factory is obtained from the synthesis process between carbon dioxide raw materials and oxygen through two reactors of the Adiabatic Flow Reactor on the CN 114605235A. This factory is in the form of a Limited Liability Company (PT) using a line organization system and staffed by a director with 125 employees. This dimethyl ether factory is feasible to be established because it has met the economic feasibility parameters:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1) Total Capital Investment (TCI) | = US\$ 25,342,421,06 |
| 2) Selling Price | = US\$ 27,433,093,66 |
| 3) Total Production Cost (TPC) | = US\$ 14,791,971,39 |
| 4) Annual Cash Flow (ACF) | = US\$ 10,921,414,79 |
| 5) Pay Out Time (POT) | = 2,7884 years |
| 6) Rate of Return on Investment (ROR) | = 34,92 % |
| 7) Discounted Cash Flow-ROR | = 42,20% |
| 8) Break Even Point (BEP) | = 28,89% |
| 9) Service Life | = 11 years |

Keyword: Dimethyl Ether, Plug Flow Reactor, Limited Liability Company

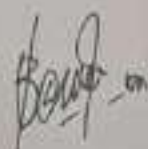
Knowing,

Indralaya, July 2025

Head of Chemical Engineering
Department

Final Project Advisor


Ir. Tutu Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001


Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.
NIP. 199001272025062001

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN DIMETIL ETHER KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2025

Intan Puspita Akhlaqul Qorimah dan Andyka Raihan Rahmanda

Dibimbing oleh Ir. Bazlina Dawarni Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Dimetil Eter yang berkapasitas produksi 30.000 ton per tahun yang akan direncanakan berdiri di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten pada tahun 2030. Dimetil Eter pada pabrik diperoleh dari proses sintesis antara bahan baku karbon dioksida dan oksigen melalui dua reaktor *plug flow reactor* adiabatik dan Kolom Destilasi berdasarkan Patent CN 114605235A. Pabrik ini berbentuk berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan menggunakan sistem organisasi *line* dan *staff* yang dipimpin oleh seorang direktur dengan karyawan sebanyak 125 orang. Pabrik Dimetil Eter ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

1) <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= US\$ 25.342.421,06
2) <i>Selling Price</i>	= US\$ 27.433.093,66
3) <i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 14.791.971,39
4) <i>Annual Cash Flow (ACF)</i>	= US\$ 10.921.414,79
5) <i>Pay Out Time (POT)</i>	= 2,7884 tahun
6) <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	= 34,92 %
7) <i>Discounted Cash Flow-ROR</i>	= 42,20%
8) <i>Break Even Point (BEP)</i>	= 28,89%
9) <i>Service Life</i>	= 11 tahun

Kata Kunci: Dimetil Eter, *Plug Flow Reactor*, Perseroan Terbatas

Mengetahui,

Indralaya, Juli 2025

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Ir. Tutu Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001


Ir. Bazlina Dawarni Afrah, S.T., M.T., M.Eng.
NIP. 199001272025062001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam – Macam Proses Pembuatan	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	5
BAB II PEMBAHASAN UMUM	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	8
2.2. Penentuan Kapasitas	8
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK	15
LOKASI DAN LETAK PABRIK	15
3.1 Lokasi Pabrik	15
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku	16
3.1.2. Transportasi dan Pemasaran	17
3.1.3. Tenaga Kerja	17
3.1.4. Keadaan Iklim	18
3.1.5. Pembuangan Limbah	18
3.1.6. Fasilitas Lain	19
3.1.7. Gambar Tata Letak Peralatan	19
3.2 Luas Area	21
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS	23
4.1. Neraca Massa	23

4.1.1.	Mixing Point (MP-01).....	23
4.1.2.	Mixing Point (MP-02).....	23
4.1.3.	Reaktor (R-01)	23
4.1.4.	Partial Condenser (PC-01)	24
4.1.5.	Knock Out Drum (KOD-01)	24
4.1.6.	Mixing Point (MP-03).....	24
4.1.7.	Kolom Distilasi (KD-01)	24
4.1.8.	Reaktor (R-02)	25
4.1.9.	Kolom Distilasi (KD-02)	25
4.2.	Neraca Panas	25
4.2.1.	Mixing Point (MP-01).....	25
4.2.2.	Mixing Point (MP-02).....	25
4.2.3.	Heater (H-01)	26
4.2.4.	Heater (H-02)	26
4.2.5.	Heater (H-03)	26
4.2.6.	Heater (H-04)	26
4.2.7.	Heater (H-05)	26
4.2.8.	Reaktor (R-01)	27
4.2.9.	Chiller (CH-01)	27
4.2.10.	Partial Condenser (PC-01)	27
4.2.11.	Knock Out Drum (KOD-01)	27
4.2.12.	Mixing Point (MP-03).....	28
4.2.13.	Kolom Distilasi (KD-01)	28
4.2.14.	Condenser (CD-01)	28
4.2.15.	Accumulator (ACC-01).....	28
4.2.16.	Reboiler (RB-01).....	28
4.2.17.	Reaktor (R-02)	29
4.2.18.	Kolom Distilasi (KD-02)	29
4.2.19.	Condenser (CD-02)	29
4.2.20.	Accumulator (ACC-02).....	29
4.2.21.	Reboiler (RB-02).....	30
BAB V	UTILITAS.....	31

5.1.	Unit Pengadaan Steam.....	31
5.2.	Unit Pengadaan Air	32
5.2.1.	Air Pendingin	32
5.2.3.	Air Umpan <i>Boiler</i>	33
5.2.4.	Air Domestik.....	34
5.2.5.	Kebutuhan Air Keseluruhan.....	34
5.3.	Unit Pengadaan Listrik	35
5.3.1.	Listrik untuk Peralatan	35
5.3.2.	Listrik untuk Penerangan	35
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	36
5.4.1.	Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i> 200°C	36
5.4.2.	Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i> 300°C	37
5.4.3.	Kebutuhan Bahan Bakar Pada Generator.....	38
5.5.	Unit Pengadaan Refrigerant	38
BAB VI		40
SPESIFIKASI PERALATAN.....		40
6.1.	Tangki-01	40
6.2.	Tangki-02	40
6.3.	Tangki-03	41
6.4.	Reaktor-01	41
6.5.	Reaktor-02	42
6.6.	Cooler-01.....	43
6.7.	Chiller-01.....	43
6.8.	Cooler-02.....	44
6.9.	Heater-01	44
6.10.	Heater-02	45
6.11.	Heater-03	45
6.12.	Heater-04	46
6.13.	Heater-5	46
6.14.	Kolom Distilasi-01	47
6.15.	Kolom Distilasi-02	48
6.16.	Knock Out Drum-01.....	50

6.17.	Kondensor-01	50
6.18.	Kondensor-02	51
6.19.	Partial Condenser -01	51
6.20.	Reboiler-01	52
6.21.	Reboiler-02	52
6.22.	Akumulator-01	53
6.23.	Akumulator-02	53
6.24.	Pompa-01.....	54
6.25.	Pompa-02.....	55
6.26.	Pompa-03.....	55
6.27.	Pompa-04.....	56
6.28.	Pompa-05.....	57
6.29.	Pompa-06.....	57
BAB VII.....		59
ORGANISASI PERUSAHAAN.....		59
7.1.	Bentuk Perusahaan	59
7.2.	Struktur Organisasi.....	60
7.3.	Tugas dan Wewenang	62
7.4.	Sistem Kerja	67
7.5.	Penentuan Jumlah Buruh.....	68
BAB VIII ANALISA EKONOMI		73
8.1.	Profitabilitas (Keuntungan)	73
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	74
8.3.	Total Modal Akhir.....	76
8.4.	Laju Pengembalian Modal.....	78
8.5.	Break Even Point (BEP).....	79
BAB IX		82
KESIMPULAN.....		82
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN I		85
LAMPIRAN II		108
LAMPIRAN III.....		166

LAMPIRAN IV.....	283
LAMPIRAN V.....	297

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor di Indonesia	9
Tabel 5.1. Kebutuhan Utilitas.....	31
Tabel 5.2. Peralatan dengan kebutuhan Steam.....	31
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	32
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Domestik.....	34
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	35
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	48
Tabel 5.7. Kebutuhan Bahan Bakar LNG.....	50
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	70
Tabel 8.1. Penjualan Produk.....	73
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	76
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Metode Sintesis Langsung.....	4
Gambar 1.2. Diagram Metode Sintesis Tidak Langsung.....	4
Gambar 3.1. Rencana Lokasi Pembuatan Pabrik Dimetil Eter.....	17
Gambar 3.2. Lokasi Bahan Baku CO ₂ dan H ₂	16
Gambar 3.3. Lokasi Air dari PT. Krakatau Tirta Industri.....	17
Gambar 3.4. Tata Letak Peratalan Pabrik.....	19
Gambar 3.5. Tata Letak Kota	21
Gambar 7.1. Struktrur Organisasi Perusahaan.....	72
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	80

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C	= Allowable corrosion, m
E	= Efisiensi pengelasan, <i>dimensionless</i>
ID, OD	= Diameter dalam, Diameter luar, m
L	= Panjang <i>accumulator</i> , m
P	= Tekanan operasi, atm
S	= <i>Working stress</i> yang diizinkan, atm
T	= Temperatur operasi, K
t	= Tebal dinding <i>accumulator</i> , m
V	= Volume total, m ³
V _s	= Volume silinder, m ³
ρ	= Densitas, kg/m ³

2. CONDENSER, REBOILER, COOLER, HEATER

A	= Area perpindahan panas, ft ²
a _a , a _p	= Area pada <i>annulus</i> , <i>inner pipe</i> , ft ²
a''	= <i>External surface</i> per 1 in, ft ² /in ft
D _e	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft ² /in ²
G _a	= Laju alir massa fluida pada <i>annulus</i> , lb/jam. Ft ²
G _p	= Laju alir massa fluida pada <i>inner pipe</i> , lb/jam. Ft ²
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft ² F
j _h	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² F
LMTD	= <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> , °F
ID	= <i>Inside Diameter</i> , ft
OD	= <i>Outside Diameter</i> , ft
R _d	= <i>Dirt factor</i> , Btu/jam ft ² F
R _e	= Bilangan <i>Reynold</i>
s	= <i>Spesific gravity</i>

$T_1 T_2$	= Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> , °F
$t_1 t_2$	= Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> , °F
T_c	= Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	= <i>Clean overall coefisient, design overall coefisient</i> , Btu/jam.ft ² .°F
V	= Kecepatan alir, ft/s
W	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
w	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	= Viskositas, cp

3. MIXING POINT

A	= Area minimum vessel, m ²
C	= Korosi maksimum, in
D	= Diameter vessel minimum, m
E	= Efisiensi penyambungan
HL	= Tinggi liquid, m
H_t	= Tinggi vessel, m
P	= Tekanan desain, psi
QV	= Laju alir volumetrik gas, m ³ /jam
QL	= Laju alir volumetrik gas liquid, m ³ /jam
S	= Working stress yang diizinkan, psi
t	= tebal dinding tangki, m
U_v	= Kecepatan uap maksimum, m/s
V_t	= Volume Vessel, m ³
V_h	= Volume head, m ³
V_t	= Volume vessel, m ³
ρ	= Densitas, kg/m ³
μ	= Viskositas, cP
ρ_g	= Densitas gas, kg/m ³
ρ_l	= Densitas liquid, kg/m ³

4. KOLOM DISTILASI

A	= <i>Vessel area</i> , m ²
A_a	= <i>Active area</i> , m ²

A_d	= Area downcomer, m^2
A_h	= Area hole, m^2
A_n	= Area tower, m^2
C	= Faktor korosi yang diizinkan, m
C_{VO}	= Dry orifice coefficient, dimensionless
C_{sb}	= Kapasitas uap, m/det
D	= Diameter tower, m
D_s	= Designment space, m
E	= Joint efisiensi, dimensionless
E_o	= Overall tray pengelasan, dimensionless
e	= Total entrainment, kg/det
F	= Faktor flooding, dimensionless
F_{LV}	= Parameter aliran, dimensionless
f	= Faktor friksi
H	= Tinggi tower, m
HK	= Heavy Component
h_a	= Areated liquid drop, cm
h_f	= Height of froth, cm
h_{ow}	= Height liquid crast over weir, cm
h_w	= Tinggi weir, cm
L	= Tinggi liquid, m
LK	= Light component
P	= Tekanan desain, atm
Q	= Liquid bolumeterik flowrate, m/det
Q_v	= Vapor bolumeterik flowrate, m/det
R	= Rasio refluks, dimensionless
R_m	= Rasio refluks minimum
S	= Working stress, atm
S	= Plate teoritis pada aktual refluks
S_m	= Stage teoritis termasuk reboiler
U_v	= Vapour velocity, m/det
ρ_g	= Densitas gas, kg/m^3

ρ_l = Densitas *liquid*, kg/m³

5. KOMPRESOR

C = Kapasitas kompresor, m³/menit

HP = Kerja, hp

k = Eksponen isentropik

N_s = Jumlah *stage*

n = Eksponen politropik

Q_{fm} = Umpan volumetrik, ft³/menit

P₁ = Tekanan masuk, bar

P₂ = Tekanan keluar, bar

T₁ = Temperatur masuk, °C

T₂ = Temperatur masuk, °C

W = Laju alir massa, kg/jam

η_s = Efisiensi isentropik, %

η_p = Efisiensi politropik, %

6. POMPA

A = Area alir pipa, in²

ID = Diameter optimum dalam pipa baja, in

D_{i opt} = Diameter optimum pipa, in

G_c = Percepatan gravitasi, ft/

H_{f suc} = Total friksi pada *suction*, ft

H_{f dis} = Total friksi pada *Discharge*, ft

H_d = *Discharge head*, ft

H_s = *Suction head*, ft

H_{fs} = Friksi pada permukaan pipa, ft

H_{fc} = Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft

K_c = *Contraction loss*, ft

K_e = *Expansion loss*, ft

L = Panjang pipa, m

L_e = Panjang ekivalen pipa, m

ΔP = Total *static head*, ft

V_L = Volume fluida, lb/jam

V	= Kecepatan alir, ft/det
W_s	= <i>Work shaft</i> , ftlbf/lbm
f	= Faktor friksi
ρ	= Densitas, lb/ft ³
μ	= Viskositas, cp
ε	= Ekuivalen <i>roughness</i> , <i>dimensionless</i>
η	= Efisiensi, <i>dimensionless</i>

7. REAKTOR

Q	= Laju volumetrik, m ³ /jam
σ	= Konstanta <i>Lennard-Jones</i>
N	= Bilangan <i>Avogadro</i> , mol ⁻¹
k_b	= Konstanta <i>Boltzman</i> , m ² .kg/s ² .K
T	= Temperatur Reaksi, K
M	= Berat Molekul, kg/kmol
E	= Energi Aktivasi, kJ/kmol
R	= Konstanta Gas Ideal, kJ/kmol K
C	= Konsentrasi Reaktan
H_s	= Tinggi silinder, m
H_h	= Tinggi <i>head</i> reaktor, m
H_t	= Tinggi total reaktor, m
V_h	= Volume <i>head</i> reaktor, m ³
t_s	= Ketebalan <i>Shell</i> tangki, in
P	= Tekanan dalam, psig
r_i	= Jari-jari dalam, in
S	= Tekanan Maksimum Material <i>Carbon Steel</i> , psi
E_j	= Efisiensi hubungan
C_c	= Ketebalan Korosi yang diperbolehkan, in
OD	= <i>Outside diameter</i> , m
ID	= <i>Inside diameter</i> , m

8. TANGKI

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

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	85
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS	108
LAMPIRAN III PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN.....	166
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI	283
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	297

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Dalam era perubahan iklim dan peningkatan kesadaran akan keberlanjutan energi, pengembangan bahan bakar alternatif menjadi semakin penting. Salah satu bahan bakar alternatif yang menarik perhatian adalah dimethyl eter (DME). DME adalah senyawa kimia yang memiliki potensi besar sebagai bahan bakar pengganti diesel karena memiliki sifat-sifat seperti titik didih rendah, *cetane* number tinggi, dan pembakaran bersih yang rendah emisi. Pra-perancangan pabrik kimia dimethyl eter (DME) merupakan tahap awal yang kritis dalam pengembangan instalasi industri yang bertujuan untuk memproduksi DME secara efisien dan berkelanjutan. Banyak aspek dalam proses perancangan pabrik ini, mulai dari pemilihan reaktor hingga manajemen limbah. DME adalah senyawa organik yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan sebagai bahan baku dalam industri kimia.

Proses pra-perancangan pabrik DME melibatkan beberapa tahap yang kompleks. Salah satu aspek kunci adalah pemilihan reaktor yang sesuai untuk proses produksi DME. Reaktor yang umum digunakan dalam produksi DME termasuk reaktor refluks cair *liquid-phase reactor* dan reaktor fasa gas *gas-phase reactor*. Pemilihan reaktor yang tepat mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk kinetika reaksi, efisiensi energi, dan kestabilan operasional. Selain pemilihan reaktor, pemilihan katalis juga merupakan pertimbangan penting dalam pra-perancangan pabrik DME. Katalis yang efektif dapat meningkatkan konversi reaksi dan kualitas produk, serta mengurangi biaya produksi secara keseluruhan. Katalis yang umum digunakan dalam produksi DME termasuk katalis zeolit dan katalis berbasis logam seperti tembaga, seng, atau alumina.

Selain aspek reaktor dan katalis, teknologi pemisahan juga merupakan bagian integral dari pra-perancangan pabrik DME. Proses pemisahan bertujuan untuk memisahkan DME dari produk samping dan senyawa lainnya

yang terbentuk selama proses reaksi. Teknologi pemisahan yang umum digunakan termasuk distilasi, adsorpsi, dan pemisahan membran. Pemilihan teknologi pemisahan yang tepat mempertimbangkan efisiensi pemisahan, kestabilan operasional, dan biaya investasi dan operasional.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Sejarah dan perkembangan industri pabrik dimethyl eter (DME) mencerminkan perjalanan panjang dari penemuan senyawa ini hingga menjadi bahan bakar alternatif yang menarik dalam dunia energi dan industri kimia. Dalam beberapa dekade terakhir, minat terhadap DME sebagai bahan bakar alternatif telah meningkat secara signifikan karena sifat-sifatnya yang menguntungkan dan potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

DME lebih dikenal sebagai senyawa organik yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti pelarut dan propelan aerosol. Namun, minat terhadap potensi DME sebagai bahan bakar alternatif mulai muncul pada akhir abad ke-20, terutama karena kekhawatiran akan ketergantungan pada bahan bakar fosil dan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Dalam hal pemisahan dan pemurnian DME, penelitian oleh Chen & Liu (2021) menyoroti pentingnya teknologi pemisahan lanjutan dalam produksi DME. Mereka mencatat bahwa meskipun distilasi adalah teknik pemisahan utama yang umum digunakan, teknologi seperti adsorpsi atau membran pemisahan juga dapat diterapkan untuk memperoleh produk dengan kemurnian yang tinggi.

Pentingnya aspek ekonomi dalam industri pabrik DME juga telah ditekankan dalam berbagai penelitian. Analisis biaya investasi dan biaya operasional menjadi kunci dalam menentukan kelayakan proyek produksi DME. Studi oleh peneliti Indonesia, Miswanto et al. (2020), memberikan gambaran tentang analisis ekonomi produksi DME dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti biaya bahan baku, biaya energi, dan biaya peralatan.

Selain itu, pertumbuhan pasar global untuk DME juga menjadi topik penelitian yang menarik. Menurut penelitian oleh Agustino & Kurniawan (2019), pasar DME di Indonesia menunjukkan potensi

pertumbuhan yang signifikan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Mereka menyoroti pentingnya dukungan pemerintah dan investasi dalam memperluas infrastruktur produksi dan distribusi DME di Indonesia. Dalam kesimpulan, perkembangan industri pabrik dimetil eter telah melalui perjalanan yang panjang dan menarik dari awal penemuan senyawa ini hingga menjadi bahan bakar alternatif yang penting dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan.

1.3. Macam – Macam Proses Pembuatan

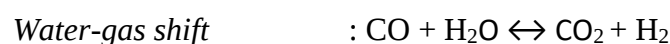
Dimetil eter merupakan produk samping yang dihasilkan dari sintesis methanol tekanan tinggi. Terdapat 2 metode yang biasa digunakan dalam memproduksi dimetil eter :

1) Metode Sintesis Langsung

Metode sintesis langsung atau disebut juga sebagai 1 tahap proses, dalam proses satu langkah (proses produksi langsung), DME diproduksi langsung dari *syngas* dalam satu reaktor tunggal dimana katalis bifungsional mendukung pembentukan metanol dan dehidrasi metanol sesuai dengan skema reaksi berikut (Ateka, dkk. 2022)



$$\text{DHo} = -90.4 \text{ kJ/mol}$$



$$\text{DHo} = -41.0 \text{ kJ/mol}$$

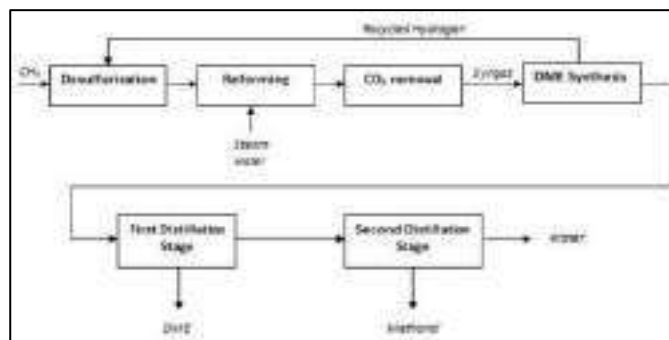


$$\text{DHo} = -23.0 \text{ kJ/mol}$$



$$\text{DHo} = -258.3 \text{ kJ/mol}$$

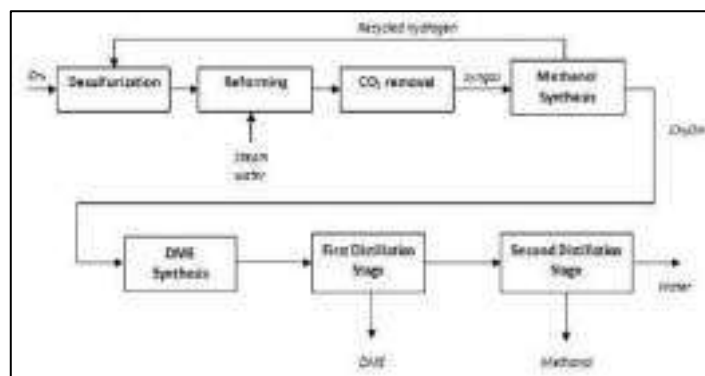
Syngas diproduksi melalui reformasi uap gas alam atau gasifikasi residu batu bara/minyak bumi dan, setelah reaktor sintesis DME, diperlukan unit pemurnian yang mampu memisahkan DME dari air dan metanol dalam tahap distilasi ganda. Gambar berikut menunjukkan diagram proses satu langkah.



Gambar 1.1. Diagram Metode Sintesis Langsung

2) Metode Sintesis Tidak Langsung

Dalam proses dua langkah (tidak langsung), pembentukan metanol dari syngas dan produksi DME dari metanol didukung dalam dua reaktor terpisah, dimana katalis spesifik (berbahan dasar tembaga untuk reaktor pertama, silika-alumina untuk reaktor kedua) dikemas. Gambar tersebut mengilustrasikan blok diagram ini.



Gambar 1.2. Diagram Metode Sintesis Tidak Langsung

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari bahan dan produk kimia yang terdapat dalam perencanaan rancangan pabrik. Data sifat fisika dan kimia bahan dan produk kimia berasal dari PubChem.

1.4.1. Bahan Baku

A. Metanol

1. Sifat Fisika (Perry's 1984)

Rumus molekul : CH_3OH

Berat molekul : 32.04 g/mol

Wujud : cair

Warna : tidak berwarna

Titik didih : 64,5 °C

Titik lebur : -97,8 °C

Temperatur kritis : 240 °C

Tekanan kritis : 78,5 atm

2. Sifat Kimia

a) Metanol berbentuk cair pada suhu kamar, mudah menguap dan sedikit berbau ringan.

b) Metanol merupakan zat kimia yang beracun dan menyebabkan efek berbahaya bila dihirup atau tertelan.

B. HZSM-5

1. Sifat Fisika

Rumus molekul : $\text{Al}_2\text{O}_5\text{Si}$

Berat molekul : 162.04 g/mol

Wujud : serbuk

Warna : putih

Titik didih : -

Titik lebur : >800 °C

2. Sifat Kimia

a) Sifat kimianya bisa disesuaikan, misalnya dengan mengubah rasio Si/Al. Kalau Si lebih banyak, maka asamnya jadi lebih lemah tapi katalisnya lebih tahan panas dan stabil.

b) Struktur dasarnya tersusun dari atom silicon (Si), aluminium (Al), dan oksigen (O) dalam pola kristal yang berpori. Apabila makin banyak aluminium, sifat asamnya akan kuat.

C. Copper Based

1. Sifat Fisika

Rumus molekul : CuO

Berat molekul : 79.545 g/mol

Wujud : Bubuk padat

Warna : Hitam-cokelat

Titik didih : 2000 °C

Titik lebur : 1.326 °C

2. Sifat Kimia

a) Senyawa Cu(II) sering digunakan sebagai prekursor katalis redoks atau semikonduktor.

b) Senyawa Cu(II) sangat rendah larut dalam air dan alkohol.

1.4.2. Produk

A. Dimetil Eter

1. Sifat Fisika

Rumus molekul : $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

Berat molekul : 46.067 g/mol

Wujud : Gas

Warna : tidak berwarna

Titik didih : -24.82 °C

Titik lebur : -141.5 °C

Temperatur kritis : 126.95 °C

Tekanan kritis : 52,4 atm

Temperatur kritis : 400 °C

2. Sifat Kimia

- a) Dimetil eter berbentuk gas yang tidak berwarna dan larut dalam air maupun minyak.
- b) Tidak bersifat karsinogenik dan tidak beracun.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Fath, I. M. T. 2025. Industri Petrokimia. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Anwar, D. 2019. Perbandingan Hidrolisis Gula Aren dan Gula Pasir dengan Katalis Matriks Polistirena Terikat Silang (*Crosslink*). *Jumlah Ilmiah Kohesi*. Vol. 3(3): 15-20.
- Arena, U. 2012. *Process and Technological Aspects of Municipal Solid Waste Gasification. A review. Waste Management*, 32(4), 625-639.
- Ateka, A., Rodriguez, V. P., Erena, J., Aguayo, A.T., dan Bilbao, J. 2022. *Kinetic Modeling and Reactor Design Of The Direct Synthesis of Dimethyl Ether for CO2 Valorization. A Review Chemical Engineering*. Vol 327.
- Brunetti, A., Migliori, M., Cozza, D., Catizzone, E., Giordano, G., dan Barbieri, G. 2020. *Methanol Conversion to Dimethyl Ether in Catalytic Zeolite Membrane Reactors. ACS Sustainable Chemistry & Engineering Research*, 28, 10471-10479.
- Chen, Y., dan Liu, X. 2021. *Advanced Separation Technologies in Dimethyl Ether Production: A Critical Review. Industrial & Engineering Chemistry Research*, 60(17), 6313-6328.
- Chmielarz, L. 2024. *Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether – Current State and Perspectives. Catalyst Journal*. Vol 14(5).
- Christian, A., dan Setiadi, W. 2019. Industri Oleokimia Berbasis Kelapa Sawit. Yogyakarta: Andi Publisher
- Christian, A., dan Setiadi, W. 2020. Turunan Bahan Kimia Dari Industri Petrokimia. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Coulson, J. M., dan Richardson, J. F. (1996). *Chemical Engineering: Volume 2 - Particle Technology and Separation Processes*. Oxford: Pergamon Press.
- Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles (4th Ed.)*. New Jersey: Prentice Hall.

- Kister, H.Z. 1992. *Distillation Design*. New York: McGraw-Hill.
- Miglioni, M., Aloise, A., Catizzone, E., dan Giodano, G. 2014. *Kinetic Analysis of Methanol to Dimethyl Ether Reaction over H-MFI Catalyst*. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2014, 53, 38, 14885–14891
- Mouljin, J. A., Van Diepen, A.E., dan Kapteijn, F. 2001. *Catalyst Deactivation: is it predictable?.* *Journal of Catalysis*. Vol 212, Issues 1-2.
- Nahara, A. R., Mustafa, A. A., dan Zuchrillah, D. R. 2021. Pemilihan Jenis Reaktor pada Proses *Mixed Acid Route* di Pabrik Pupuk NPK. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 10(2): 250-257.
- Park, Y.K., et al. 2010. *Bio-oil Production from Fast Pyrolysis of Biomass Using a Fluidized Bed Reactor*. *Renewable Energy*, 35(1), 157-162.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operations*. New York: McGraw-Hill.
- Wang, J., dan Zhang, H. 2018. *Recent Progress in Reactor Design for Dimethyl Ether Synthesis*. *Chemical Engineering Science*, 184, 223-235.
- Zhang, L., Li, X., dan Wang, Y. 2015. *Recent Advances in Catalysts for Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether: A Review*. *Catalysis Today*, 242, 2-14.
- Wahid, A., Susanto, B. H., Andika, R., dan Utami, T. S. 2021. *Pengendalian Proses: Batch dan Kontinyu*. Yogyakarta: Andi Publisher.