

**PRA RANCANGAN
PABRIK DIMETIL KARBONAT
KAPASITAS 65.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh :

AI SYAH AZZAHRA	03031282126042
RESTU PAMUNGKAS	03031282126030

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK DIMETIL KARBONAT KAPASITAS 65.000 TON PER TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Restu Pamungkas

NIM. 03031282126030

Aisyah Azzahra

NIM.03031282126042

Indralaya, Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 199001272025062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Juli Indah Sari, S.T., M.T., IPM

NIP. 197501012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Dimetil Karbonat Kapasitas 65.000 Ton Per Tahun” telah dipertahankan oleh Restu Pamungkas dan Aisyah Azzahra dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 16 Juli 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

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

()
()
()

Mengetahui.

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tutu 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:

RESTU PAMUNGKAS

03031282126030

AISYAH AZZAHRA

03031282126042

Judul:

"PRA RANCANGAN PABRIK DIMETIL KARBONAT KAPASITAS 65.000 TON PER 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. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S, IPU
NIP. 196009091987031004

()

2. Dr. Budi Santoso, S.T, M.T
NIP. 197706052003121004

()

3. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T, M.Si
NIP. 198606292008122002

()

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 : Aisyah Azzahra

NIM : 03031282126042

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Dimetil Karbonat Kapasitas 65.000
Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Restu Pamungkas** 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



Aisyah Azzahra

NIM. 03031282126042



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Restu Pamungkas

NIM : 03031282126030

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Dimetil Karbonat Kapasitas 65.000
Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Aisvah Azzahra 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



Restu Pamungkas

NIM. 03031282126030



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia – Nya, tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Dimetil Karbonat Kapasitas 65.000 Ton/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

PRA RANCANGAN PABRIK DIMETIL KARBONAT KAPASITAS
PRODUKSI 65.000 TON/TAHUN
Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2025

Restu Pamungkas dan Aisyah Azzahra
Dibimbing oleh Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T, M.T, M.Eng.
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Dimetil Karbonat (DMC) dengan kapasitas produksi 65.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2030 di Kota Bontang Provinsi Kalimantan Selatan, dengan perkiraan luas area sebesar 1,7285 Ha. Bahan baku untuk pembuatan DMC ini adalah Metanol dan Etilen Karbonat. Proses pembuatan DMC ini mengacu pada Patent US20230365486A1 menggunakan proses transesterifikasi. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tipe Reactive Distillation Column yang beroperasi pada temperatur 140°C dan tekanan 4,3 atm. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi Line and Staff, dengan jumlah karyawan 215 orang. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik DMC ini layak dipertimbangkan untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi, yaitu:

❖ <i>Total Capital Investment</i>	: US\$ 53.015.439,82
❖ <i>Selling Price per Year</i>	: US\$ 3.141.809,03
❖ <i>Total Production Cost (TPC)</i>	: US\$ 27.775.755,88
❖ <i>Pay Out Time (POT)</i>	: 1,727 Tahun
❖ <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	: 49,10%
❖ <i>Discounted Cash Flow</i>	: 51,33%
❖ <i>Break Even Point (BEP)</i>	: 26,90%

Kata Kunci : *Dimetil Karbonat, Reactive Distillation Column, Metanol*

Knowing,
Head of the Department of Chemical
Engineering

Indralaya, July 2025
Final Project Advisor


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


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

ABSTRACT

PRELIMINARY DESIGN OF A DIMETHYL CARBONATE PRODUCTION WITH A CAPACITY OF 65,000 TONS/ YEAR

Scientific Papers in the Form of Undergraduate Thesis, July 2025

Restu Pamungkas dan Aisyah Azzahra

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

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

ABSTRACT

A Dimethyl Carbonate (DMC) manufacturing plant with a production capacity of 65,000 tons per year is planned to be established in Bontang City, South Kalimantan Province, with an estimated land area of approximately 1.7285 hectares. The raw materials used for DMC production are Methanol and Ethylene Carbonate. The production process follows Patent US20230365486A1 and employs a transesterification method. The reactor utilized is a Reactive Distillation Column, operating at a temperature of 140°C and a pressure of 4.3 atm. This plant will be established as a Limited Liability Company (PT) and will implement a Line and Staff organizational structure, employing a total of 215 personnel. Based on economic analysis, the DMC plant is considered feasible for development as it meets the established economic viability parameters.:

❖ <i>Total Capital Investment</i>	: US\$ 53.015.439,82
❖ <i>Selling Price per Year</i>	: US\$ 3.141.809,03
❖ <i>Total Production Cost (TPC)</i>	: US\$ 27.775.755,88
❖ <i>Pay Out Time (POT)</i>	: 1,727 years
❖ <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	: 49,10%
❖ <i>Discounted Cash Flow</i>	: 51,33%
❖ <i>Break Even Point (BEP)</i>	: 26,90%

Keywords : *Dimethyl Carbonate, Reactive Distillation Column, Methanol.*

Knowing,

Head of the Department of Chemical
Engineering


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

Indralaya, July 2025

Final Project Advisor


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

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR TABEL.....	8
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR NOTASI.....	9
DAFTAR LAMPIRAN	10
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik	2
1.4. Macam-Macam Proses Pembuatan Dimethyl Carbonate	3
1.4.1. <i>Phosgenation</i>	3
1.4.2. <i>Oxidative Carbonylation of Methanol</i>	3
1.4.3. <i>Urea Alcoholysis</i>	4
1.4.4. <i>Transesterification</i>	4
1.5. Sifat Fisik dan Sifat Kimia Dimetil Karbonat	4
BAB II PERENCANAAN PABRIK	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	7
2.2. Pemilihan Kapasitas.....	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	9
2.4. Pemilihan Proses.....	10
2.5. Uraian Proses	10
2.5.1. Persiapan Bahan Baku.....	11
2.5.2. Reaksi	11
2.5.3. Separasi dan Purifikasi Produk.....	11
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	13
3.1. Lokasi Pabrik.....	13
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku dan Utilitas	15
3.1.2. Transportasi dan Pemasaran	15

3.1.3.	Penyediaan Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja).....	16
3.1.4.	Keadaan Lingkungan dan Iklim	16
3.1.5.	Pembuangan Limbah.....	17
3.2.	Tata Letak Pabrik.....	17
3.3.	Luas Area Pabrik	18

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS 20

4.1.	Neraca Massa.....	20
4.1.1.	<i>Reactive Distillation Column</i> -01 (RDC-01).....	20
4.1.2.	<i>Distillation Column</i> -01 (KD-01)	20
4.1.3.	<i>Distillation Column</i> -02 (KD-02)	21
4.1.4.	Kondensor -01 (CD-01).....	21
4.1.5.	Kondensor -02 (CD-02).....	21
4.1.6.	Kondensor -03 (CD-03).....	22
4.1.7.	Reboiler -01 (RB-01).....	22
4.1.8.	Reboiler -02 (RB-02).....	22
4.1.9.	Reboiler -03 (RB-03).....	23
4.2.	Neraca Panas.....	23
4.2.1.	<i>Reactive Distillation Column</i> (RDC-01)	23
4.2.2.	<i>Distillation Column</i> -01 (KD-01)	23
4.2.3.	<i>Distillation Column</i> -02 (KD-02)	24
4.2.4.	<i>Condensor</i> -01 (CD-01).....	24
4.2.5.	<i>Condensor</i> -02 (CD-02).....	24
4.2.6.	<i>Condensor</i> -03 (CD-03).....	25
4.2.7.	<i>Heater</i> -01 (H-01).....	25
4.2.8.	<i>Heater</i> -02 (H-02).....	25
4.2.9.	<i>Heater</i> -03 (H-03).....	26
4.2.10.	<i>Cooler</i> -01 (C-01).....	26
4.2.11.	<i>Cooler</i> -02 (C-02).....	26
4.2.12.	<i>Reboiler</i> -01 (RB-01).....	26
4.2.13.	<i>Reboiler</i> -02 (RB-02).....	27
4.2.14.	<i>Reboiler</i> -03 (RB-03).....	27

BAB V UTILITAS.....	29
5.1. Unit Penyediaan Listrik.....	29
5.1.1. Listrik Untuk Peralatan	29
5.1.2. Listrik Untuk Penerangan.....	30
5.1.3. Total Kebutuhan Listrik	31
5.2. Unit Penyediaan Steam.....	31
5.2.1. Steam Pemanas.....	31
5.2.2. Steam Penggerak Turbin	32
5.2.3. Total Kebutuhan Steam.....	33
5.3. Unit Penyediaan Air	33
5.3.1. Air Pendingin	33
5.3.2. Air Umpan Boiler (<i>Boiler Feed Water</i>)	35
5.3.3. Air Domestik	35
5.3.5. Total Kebutuhan Air	37
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	37
5.4.1. Bahan Bakar Boiler-01.....	37
5.4.2. Bahan Bakar Generator	38
5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar	38

BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....	40
6.1. <i>Reactive Distillation Column</i> -01 (RDC-01)	40
6.2. Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	41
6.3. Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	42
6.4. Tanki-01 (T-01)	43
6.5. Tanki-02 (T-02)	43
6.6. Tanki-03 (T-03)	44
6.7. Tanki-04 (T-04)	45
6.8. Pompa-01 (P-01).....	45
6.9. Pompa-02 (P-02).....	46
6.10. Pompa-03 (P-03).....	47
6.11. Pompa-04 (P-04).....	48
6.12. Pompa-05 (P-05).....	49

6.13.	<i>Condensor-01 (CD-01)</i>	50
6.14.	<i>Condensor-02 (CD-02)</i>	51
6.15.	<i>Condensor-03 (CD-03)</i>	51
6.16.	<i>Heater-01 (H-01)</i>	52
6.17.	<i>Heater-02 (H-02)</i>	53
6.18.	<i>Heater-03 (H-03)</i>	54
6.19.	<i>Cooler-01 (C-01)</i>	54
6.20.	<i>Cooler-02 (C-02)</i>	55
6.21.	<i>Reboiler-01 (RB-01)</i>	56
6.22.	<i>Reboiler-02 (RB-02)</i>	57
6.23.	<i>Reboiler-03 (RB-03)</i>	58

BAB VII BENTUK PERUSAHAAN 60

7.1.	Bentuk Perusahaan.....	60
7.2.	Struktur Organisasi	61
7.3.	Tugas dan Wewenang.....	62
7.3.1.	Pemegang Saham.....	62
7.3.2.	Dewan Komisaris	63
7.3.3.	Direktur Utama.....	63
7.3.4.	Manajer Teknik dan Produksi (<i>Engineering & Production Manager</i>).....	64
7.3.5.	Manajer Keuangan dan Pemasaran (<i>Finance & Marketing Manager</i>).....	65
7.3.6.	Direktur Umum dan Kepegawaian	65
7.3.7.	Kepala Bagian	66
7.3.8.	Kepala Seksi (<i>Supervisor</i>)	66
7.3.9.	Operator/Karyawan.....	67
7.4.	Sistem Kerja	67
7.4.1.	Peraturan Pekerjaan	67
7.4.2.	Waktu Kerja	67
7.5.	Penentuan Jumlah Karyawan.....	69
7.5.1.	Pengelompokan Buruh Pabrik.....	69

7.5.2. Penentuan Jumlah Buruh.....	69
------------------------------------	----

BAB VIII ANALISA EKONOMI 75

8.1	Profitabilitas (Keuntungan).....	76
8.1.1	Total Penjualan Produk	76
8.1.2	Perhitungan Annual Cash Flow (ACF)	76
8.2	Lama Waktu Pengembalian Modal	77
8.2.1	Perhitungan Depresiasi.....	77
8.2.2	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	78
8.2.3	Pay Out Time (POT)	79
8.3	Total Modal Akhir.....	79
8.3.1	Net Profit Over Total Lifetime of the Project (NPOTLP).....	79
8.3.2	Total Capital Sink (TCS).....	81
8.4	Laju Pengembalian Modal.....	81
8.4.1	Rate of Return Invesment (ROR).....	81
8.4.2	Discounted Cash Flow Rate on Invesment (DCF-ROR).....	82
8.5	Break Even Point (BEP)	82

BAB IX KESIMPULAN 86

DAFTAR PUSTAKA..... 87

LAMPIRAN..... 90

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA..... 90

LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS..... 114

LAMPIRAN III PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN 151

LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI 336

LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS..... 350

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor DMC di Indonesia	8
Tabel 2.2. Pertumbuhan Rata-Rata per Tahun.....	9
Tabel 2.3. Macam-macam proses pembuatan DMC.....	10
Tabel 5.2. Rincian Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas	29
Tabel 5.3. Kebutuhan Listrik Peralatan	29
Tabel 5.4. Kebutuhan Steam Peralatan.....	32
Tabel 5.5. Kebutuhan Air Pendingin Peralatan	33
Tabel 7.2. Pembagian Waktu Kerja Pekerja Shift.....	68
Tabel 7.3. Perincian Jumlah Karyawan	71
Tabel 8.1. Penjualan Produk.....	76
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	78
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2. Lokasi Pabrik dan Distribusi Bahan Baku	14
Gambar 3.3. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bontang	14
Gambar 3.4. Tata Letak Peratalan Pabrik	18
Gambar 3.5. Tata Letak Pabrik.....	19
Gambar 7.1. Bagian Struktrur Organisasi Perusahaan.....	74
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	83

DAFTAR NOTASI

1. *HEAT EXCHANGER (COOLER, HEATER, KONDENSOR, REBOILER)*

A	=	Luas area perpindahan panas (ft ²)
a''	=	<i>External surface tube</i> (ft ² /ft)
a't	=	<i>Flow area per tube</i> (in ²)
Aa	=	<i>Flow area annulus</i> (ft ²)
Ap	=	<i>Flow area inner pipe</i> (ft ²)
As	=	<i>Flow area shell</i> (ft ²)
At	=	<i>Flow area tube</i> (ft ²)
B	=	<i>Baffle Space</i> (in)
C'	=	<i>Clearance</i> (in)
Cp	=	Kapasitas panas fluida (Btu/lb°F)
De	=	Diameter ekuivalen annulus (ft)
Dp	=	Diameter dalam <i>inner pipe</i> (ft)
Ds	=	Diameter <i>shell</i> (in)
f	=	Faktor friksi
FT	=	<i>Temperature difference factor</i>
Ga	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di annulus (lb/ft ² .jam)
Gp	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>inner pipe</i> (lb/ft ² .jam)
Gs	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>shell</i> (lb/ft ² .jam)
Gt	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>tube</i> (lb/ft ² .jam)

H_{io} = Koefisien perpindahan panas di *inner pipe* atau *tube*
(Btu/jam.ft²°F)

h_o	=	(Btu/jam.ft ² °F)
ID	=	<i>Inside diameter</i> (in)
j_H	=	Faktor perpindahan panas
k	=	Konduktivitas termal fluida (Btu/jam.ft°F)
L	=	Panjang <i>tube</i> (ft)
LMTD	=	<i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i> (°F)
N_T	=	Jumlah <i>tube</i>
OD	=	<i>Outside diameter</i> (in)
Pr	=	Bilangan Prandtl
PT	=	<i>Tube Pitch</i> (in)
Q	=	Beban panas (Btu/jam)
R_d	=	<i>Dirt factor</i> (jam.ft ² °F/Btu)
Re	=	Bilangan Reynold
s	=	<i>Specific gravity</i>
t_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida dingin (°F)
T_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida panas (°F)
t_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida dingin (°F)
T_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida panas (°F)
t_c	=	Temperatur rata-rata fluida dingin (°F)
T_c	=	Temperatur rata-rata fluida panas (°F)
UC	=	<i>Clean overall coefficient</i> (Btu/jam.ft.°F)
UD	=	<i>Design overall coefficient</i> (Btu/jam.ft.°F)
V	=	Laju alir volumetrik (ft/s)
W	=	Laju alir massa (lb/jam)
ΔP_a	=	<i>Pressure drop</i> di annulus (psi)
ΔP_p	=	<i>Pressure drop</i> di <i>inner pipe</i> (psi)
ΔP_s	=	<i>Pressure drop</i> di <i>shell</i> (psi)

ΔP_t	=	Pressure drop di tube (psi)
μ	=	Viskositas fluida (lb/ft.jam)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m ³)

2. KOLOM DISTILASI

A_a	=	Active area (m ²)
A_{ap}	=	Luas area under apron (m ²)
A_{ap}	=	Luas area under apron (m ²)
A_c	=	Cross sectional area tower (m ²)
A_{cz}	=	Luas calming zone (m ²)
A_d	=	Downcomer area (m ²)
A_h	=	Hole area (m ²)
A_n	=	Net area (m ²)
A_{oh}	=	Luas satu hole (m ²)
A_p	=	Luas perforated area (m ²)
A_{up}	=	Luas unperforated edge strip (m ²)
C_c	=	Tebal korosi maksimum (in)
C_o	=	Orifice coefficient
D	=	Diameter kolom (m)
D_c	=	Diameter kolom (m)
d_h	=	Hole diameter (mm)
E_j	=	Joint efficiency
E_o	=	Efisiensi tray
FLV	=	Parameter aliran
h_{ap}	=	Downcomer pressure loss (mm)
h_{ap}	=	Downcomer pressure loss (mm)
h_b	=	Downcomer liquid back up (mm)
h_b	=	Downcomer liquid back up (mm)
h_d	=	Dry plate drop (mm)
h_{dc}	=	Head loss di downcomer (mm)
h_{dc}	=	Head loss di downcomer (mm)
H_e	=	Tinggi penutup ellipsoidal (m)

HK	= Heavy key component
how	= Weir liquid crest (mm)
hr	= Residual head (mm)
Hs	= Tinggi silinder (m)
ht	= Total pressure drop (mm)
Ht	= Tinggi total kolom distilasi (m)
hw	= Tinggi weir (mm)
L	= Laju alir massa liquid (kg/detik)
Lcz	= Panjang calming zone (m)
LK	= Light key component
Lm	= Panjang unperforated edge strips (m)
Lm,max	= Laju liquid maksimum (kg/s)
Lm,min	= Laju liquid minimum (kg/s)
lw	= Panjang weir (m)
Nteoritis	= Stage teoritis pada refluks aktual
OD	= Outside diameter (m)
P	= Tekanan desain (psi)
r	= Jari-jari kolom (m)
Raktual	= Rasio refluks aktual
Rmin	= Rasio refluks minimum
S	= Allowable working stress (psi)
Saktual	= Stage aktual termasuk reboiler
Smin	= Stage minimum
Sr	= Stage pada rectifier
Sr,aktual	= Stage aktual pada rectifier
tr	= Residence time (s)
uf	= Kecepatan flooding (m/s)
uh	= Minimum design vapor velocity (m/s)
un	= Kecepatan flooding aktual (m/s)
Uv max	= Laju alir volume maksimum gas (m ³ /s)
Uv,min actual	= Minimum actual vapor velocity (m/s)
V	= Laju alir massa gas (kg/detik)
α_{avg}	= Volatilitas relatif rata-rata
α_B	= Volatilitas relatif produk bawah

α_D	=	Volatilitas relatif produk atas
ΔP	=	Pressure drop (atm)
μ	=	Viskositas fluida (cP)
ρ_L	=	Densitas liquid (kg/m ³)
ρ_V	=	Densitas gas (kg/m ³)
σ	=	Tegangan permukaan liquid (N/m)

3. POMPA

a''	=	Cross sectional area (ft ²)
$D_{i, \text{opt}}$	=	Diameter dalam optimum
(in) f	=	Fanning friction
g_c	=	Specific gravity (ft.lbf/lb.s)
H_d	=	Static discharge head (ft.lbf/lb)
H_{dis}	=	Tinggi discharge head (ft.lbf/lb)
$H_{f \text{ dis}}$	=	Total discharge friction loss (ft.lbf/lb)
$H_{f \text{ suc}}$	=	Total suction friction loss (ft.lbf/lb)
H_{fc}	=	Sudden contraction friction loss (ft.lbf/lb)
H_{fe}	=	Sudden expansion friction loss (ft.lbf/lb)
H_{ff}	=	Sudden fitting and valves friction loss (ft.lbf/lb)
H_{fs}	=	Skin friction loss (ft.lbf/lb)
H_p	=	Pressure head (ft.lbf/lb)
H_s	=	Static suction head (ft.lbf/lb)
H_{suc}	=	Tinggi suction head (ft.lbf/lb)
H_v	=	Velocity head (ft.lbf/lb)
ID	=	Inside diameter (in)
K_c	=	Koefisien kontraksi
K_e	=	Koefisien ekspansi
L_d	=	Panjang pipa discharge (m)
L_e	=	Panjang ekuivalen pipa (ft)
L_s	=	Panjang pipa suction (m)
MHP	=	Power pompa (horsepower)

m_s	= Laju alir massa (lb/menit)
NPSH	= <i>Net Positive Suction Head</i> (ft.lbf/lb)
OD	= <i>Outside diameter</i> (in)
P_{uap}	= Tekanan uap liquid (psi)
Q_f	= Kapasitas pompa (ft ³ /menit)
W_s	= <i>Work shaft</i> (ft.lbf/lb)
ΔP	= <i>Pressure drop</i> (psi)
ε	= <i>Equivalent roughness</i> (ft)
η	= Efisiensi pompa
μ	= Viskositas liquid (lb/ft.jam)
ρ	= Densitas liquid (lb/ft ³)

4. **REACTIVE DISTILLATION COLUMN**

A_a	= <i>Active area</i> (m ²)
A_{ap}	= Luas area <i>under apron</i> (m ²)
A_{ap}	= Luas area <i>under apron</i> (m ²)
A_c	= <i>Cross sectional area tower</i> (m ²)
A_{cz}	= Luas <i>calming zone</i> (m ²)
A_d	= <i>Downcomer area</i> (m ²)
A_h	= Hole area (m ²)
A_n	= Net area (m ²)
A_{oh}	= Luas satu hole (m ²)
A_p	= Luas <i>perforated area</i> (m ²)
A_{up}	= Luas <i>unperforated edge strip</i> (m ²)
C_c	= Tebal korosi maksimum (in)
C_o	= <i>Orifice coefficient</i>
D	= Diameter kolom (m)
D_c	= Diameter kolom (m)
d_h	= Hole diameter (mm)
E_j	= Joint efficiency
E_o	= Efisiensi tray

FLV	= Parameter aliran
hap	= Downcomer pressure loss (mm)
hap	= Downcomer pressure loss (mm)
hb	= Downcomer liquid back up (mm)
hb	= Downcomer liquid back up (mm)
hd	= Dry plate drop (mm)
hdc	= Head loss di downcomer (mm)
hdc	= Head loss di downcomer (mm)
He	= Tinggi penutup ellipsoidal (m)
HK	= Heavy key component
how	= Weir liquid crest (mm)
hr	= Residual head (mm)
Hs	= Tinggi silinder (m)
ht	= Total pressure drop (mm)
Ht	= Tinggi total kolom distilasi (m)
hw	= Tinggi weir (mm)
L	= Laju alir massa liquid (kg/detik)
Lcz	= Panjang calming zone (m)
LK	= Light key component
Lm	= Panjang unperforated edge strips (m)
Lm,max	= Laju liquid maksimum (kg/s)
Lm,min	= Laju liquid minimum (kg/s)
lw	= Panjang weir (m)
Nteoritis	= Stage teoritis pada refluks aktual
OD	= Outside diameter (m)
P	= Tekanan desain (psi)
r	= Jari-jari kolom (m)
Raktual	= Rasio refluks aktual
Rmin	= Rasio refluks minimum
S	= Allowable working stress (psi)
Saktual	= Stage aktual termasuk reboiler
Smin	= Stage minimum
Sr	= Stage pada rectifier
Sr,aktual	= Stage aktual pada rectifier
t	= Tebal dinding kolom (m)
tr	= Residence time (s)
uf	= Kecepatan flooding (m/s)

u_h	= Minimum design vapor velocity (m/s)
u_n	= Kecepatan flooding aktual (m/s)
$U_{v,max}$	= Laju alir volume maksimum gas (m ³ /s)
$U_{v,min}$	= Minimum actual vapor velocity (m/s)
actual	
V	= Laju alir massa gas (kg/detik)
α_{avg}	= Volatilitas relatif rata-rata
α_B	= Volatilitas relatif produk bawah
α_D	= Volatilitas relatif produk atas
ΔP	= Pressure drop (atm)
μ	= Viskositas fluida (cP)
ρ_L	= Densitas liquid (kg/m ³)
ρ_V	= Densitas gas (kg/m ³)
σ	= Tegangan permukaan liquid (N/m)
FA_0	= Mol awal limiting reactant (kmol/jam)
X_A	= Konversi reaksi pada setiap panjang reactive section
r_a	= Laju Reaksi
Q	= kecepatan volumetrik (m ³ /jam)
F	= massa umpan (kg/jam)
ρ	= densitas (kg/m ³)
ϵ	= Porositas katalis
DP	= Diameter partikel katalis (m)
t_s	= tebal shell (in)
E	= efisiensi pengelasan
r_i	= jari -jari dalam shell (in)
S	= <i>Working stress allowable</i> (psi)
C	= <i>corrosion allowanced</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Perhitungan Neraca Massa.....	90
Lampiran II Perhitungan Neraca Panas.....	114
Lampiran III Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	151
Lampiran IV Perhitungan Ekonomi	336
Lampiran V Tugas Khusus	350

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang, khususnya di sektor industri yang mampu bersaing dengan negara -negara maju lainnya di seluruh dunia. Pemerintah saat ini memprioritaskan pengembangan sektor ekonomi untuk mencapai masyarakat yang adil dan kaya. Untuk memenuhi pengembangan sektor ekonomi bagi masyarakat, pemerintah telah menerbitkan berbagai pedoman yang bertujuan mempromosikan dan mempromosikan era globalisasi. Salah satu cara untuk menghadapi era globalisasi adalah dengan menginvestasikan peluang mereka dalam industri kimia di Indonesia, khususnya di Jerman dan luar negeri.

Di tengah arus globalisasi, industri kimia muncul sebagai sektor kunci yang memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan ekonomi Indonesia. Fokus utama sektor ini adalah meningkatkan kapasitas produksi dalam negeri sekaligus memperluas peluang kerja. Namun, ketergantungan pada bahan kimia impor masih menjadi tantangan, sehingga mendorong upaya untuk memperkuat produksi lokal. Kementerian Perindustrian RI (2018) menyebutkan bahwa industri kimia berperan sebagai fondasi penting dalam sektor manufaktur, menyediakan bahan baku yang vital bagi industri otomotif, farmasi, makanan dan minuman, serta elektronik. Dengan peran strategis ini, industri kimia memiliki potensi besar dalam memperkuat daya saing ekonomi nasional.

Dimethyl Carbonate merupakan senyawa kimia serbaguna yang memiliki peran penting pada berbagai industri di Indonesia. Hingga saat ini, kebutuhan Dimethyl Carbonate di dalam negeri masih dipenuhi melalui impor. Menurut Putra, F. P., dkk. (2016), senyawa Dimethyl Carbonate ini banyak digunakan sebagai pelarut untuk cat dan zat adhesive, agen metilasi yang ramah lingkungan, bahan antara dalam sintesis senyawa organik, serta bahan baku produksi biodiesel.

Pembangunan pabrik Dimethyl Carbonate di Indonesia menjadi langkah strategis untuk memperkuat kemandirian industri kimia nasional. Selain mengurangi

ketergantungan impor, proyek ini juga berpotensi mendorong ekspor ke pasar internasional dan membuka lapangan kerja baru, yang pada akhirnya dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Awalnya, proses produksi Dimethyl Carbonate (DMC) dilakukan menggunakan fosgen dan metanol sebagai bahan baku utama, dengan hidrogen klorida (HCl) sebagai produk samping. Namun, metode ini memiliki kelemahan signifikan karena penggunaan fosgen yang beracun dan sangat berbahaya. Seiring perkembangan teknologi dan kesadaran lingkungan, proses produksi DMC beralih menggunakan karbon dioksida (CO₂) untuk mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim. Meski ramah lingkungan, pemanfaatan CO₂ menghadirkan tantangan tersendiri karena sifatnya yang stabil secara termodinamika dan inert secara kimiawi, sehingga memerlukan biaya produksi yang cukup besar.

Salah satu cara mengurangi emisi CO₂ dari kendaraan dan menekan penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan menambahkan zat aditif beroksigen tinggi ke bahan bakar cair seperti gasoline. Dimethyl Carbonate dipilih karena lebih ramah lingkungan dibandingkan aditif lainnya. DMC memiliki kandungan oksigen tinggi (53,3 wt.%), tekanan uap rendah, nilai oktan campuran yang tinggi, dan mampu mengurangi emisi hidrokarbon, karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), serta partikel lain (Putra, F. P., dkk. 2016). Proses produksi DMC kini menggunakan urea dan alkylene glycol untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi, menghasilkan DMC berkualitas tinggi tanpa limbah berbahaya. By-product yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali, membuat proses ini lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Pendirian pabrik dimetil karbonat bertujuan untuk meningkatkan nilai ekonomi dengan mengolah bahan mentah menjadi produk bernilai jual lebih tinggi, sekaligus memperkuat kemandirian Indonesia. Adapun manfaat dari pembangunan pabrik ini meliputi:

1. Memenuhi kebutuhan dimetil karbonat dalam negeri guna mengurangi ketergantungan terhadap impor.
2. Menciptakan lapangan kerja baru untuk membantu mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia.
3. Mendorong pertumbuhan ekonomi nasional serta memperkuat daya saing Indonesia melalui pengembangan industri dimetil karbonat.

1.4. Macam-Macam Proses Pembuatan Dimethyl Carbonate

Pembuatan dimethyl carbonate terdiri atas 4 macam proses, yaitu:

1. *Phosgenation*
2. *Oxidative carbonylation of methanol*
3. *Urea Alcoholysis*
4. *Transesterification*

1.4.1. *Phosgenation*

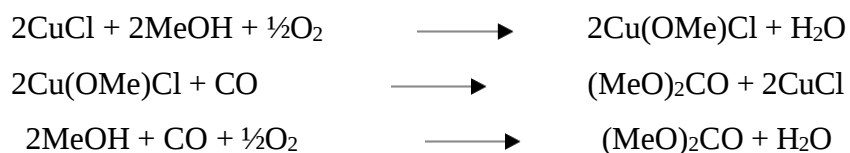
Proses pembuatan *dimethyl carbonate* dengan proses fosfogenasi dapat dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama merupakan reaksi antara fosgen dan metanol yang menghasilkan metil kloroformat. Kemudian tahap kedua merupakan reaksi antara metil kloroformat dengan metanol menghasilkan *dimethyl carbonate*.



Salah satu kelemahan dari metode ini adalah proses reaksi yang melibatkan penggunaan zat – zat kimia yang beracun dan berbahaya seperti phosgen dan piridin.

1.4.2. *Oxidative Carbonylation of Methanol*

Pembuatan dimetil karbonat dengan reaksi metanol dengan karbon monoksida dan oksigen dengan adanya tembaga (I) klorida atau tembaga (II) metoksiklorida terjadi dalam 2 tahap proses katalitik, yaitu :



Proses produksi dimetil karbonat menggunakan metode ini berlangsung secara eksotermik dan masih berada dalam tahap pengembangan. Selama proses berlangsung, oksidasi langsung karbon monoksida menjadi karbon dioksida cenderung meningkat akibat terbentuknya air yang mudah larut dalam sistem katalitik. Namun, jika konsentrasi air terlalu tinggi, risiko terjadinya dekomposisi dimetil karbonat melalui reaksi hidrolisis juga akan meningkat.

1.4.3. *Urea Alcoholysis*

Urea alcoholysis adalah reaksi urea dengan alkohol yang menghasilkan dialkil karbonat secara bertahap. Pada tahap pertama, urea bereaksi dengan alkohol dan membentuk karbamat alkil (AC) yang sesuai. Pada tahap kedua, karbamat alkil ini bereaksi lebih lanjut dengan molekul alkohol lainnya untuk menghasilkan dialkil karbonat:



1.4.4. *Transesterification*

Proses ini mereaksikan urea dengan metanol dan menghasilkan *methyl carbonate* sebagai produk intermediat yang akan bereaksi lagi dengan metanol yang kemudian menghasilkan *dimethyl carbamate* dengan reaksi sebagai berikut:



Pada proses ini reaksi berlangsung dengan menggunakan kondisi operasi yang tinggi. Produk dimethyl carbonate yang dihasilkan pada proses ini memiliki kemurnian sebesar 80-90%.

1.5. Sifat Fisik dan Sifat Kimia Dimetil Karbonat

Sifat suatu zat terbagi menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Kedua sifat ini berperan dalam membedakan suatu zat dari zat lainnya. Beberapa zat mungkin memiliki sifat fisika dan kimia yang serupa, sehingga dapat dikelompokkan dalam golongan yang sama. Karakteristik fisika dan kimia suatu zat juga memengaruhi cara

pemanfaatannya dalam berbagai aplikasi.

a. Metanol

Wujud	: <i>Liquid</i>
Rumus Molekul	: CH_3OH
Berat Molekul (g/mol)	: 32,042 g/kmol
Titik Didih (K)	337,85
Temperatur Kritis (K)	: 512,58
Tekanan Kritis (atm)	: 80,96
Densitas (g/cm^3)	: 0,792

b. *Dimethyl Carbonate*

Wujud	: <i>Liquid</i>
Rumus Molekul	: $\text{CO}(\text{OCH}_3)_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 90,08 (Sumber: Yaws, 1999)
Titik Didih (K)	: 363,15
Titik Leleh (K)	: 276
Temperatur Kritis (K)	: 530,60
Tekanan Kritis (atm)	: 557
Densitas (g/cm^3)	: 1,07

c. Air

Wujud	: <i>Liquid</i>
Rumus Molekul	: H_2O
Berat Molekul (g/mol)	: 18 (Sumber: Yaws, 1999)
Titik Didih (K)	: 373,15

Temperatur Kritis (K)	: 647,13
Tekanan Kritis	: 13,13
Densitas (g/cm ³)	: 1

(Sumber: Yaws, 1999)

d. Etilen Glikol

Wujud	: <i>Liquid</i>
Rumus Molekul	: C ₂ H ₆ O ₂
Berat Molekul (g/mol)	: 62.068
Titik Didih (K)	: 470,45
Temperatur Kritis (K)	: 645,00
Tekanan Kritis (atm)	: 75,30
Densitas (g/cm ³)	: 1,11

(Sumber: Yaws, 1999)

e. Etilen Karbonat

Wujud	: <i>Liquid</i>
Rumus Molekul	: C ₃ H ₄ O ₃
Berat Molekul (g/mol)	: 88,06
Titik Didih (K)	: 433,15
Temperatur Kritis (K)	: 612,6
Tekanan Kritis (atm)	52
Densitas (g/cm ³)	: 1,32

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2024. Data Ekspor dan Impor Dimetil Karbonat. <https://www.bps.go.id/subject/8/ekspor-impor.html>. (Diakses Pada 21 Desember 2024).
- Coulson, J. M., dan J. F. Richardson. 2015. Chemical Engineering, 6th Volume, 4th Edition. Elsevier: Inggris.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2. New York: Butterworth-Heinemann.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Felder, R. M., Rousseau, R. W., dan Bullard, L.G. 2016. Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition. USA: WILEY.
- Fogler, H. S. 2016. Elements of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition. New Delhi: Prentice Hall International Series.
- Graw-Hill: New York.
- Kemenperin. 2018. Kemenperin Prioritaskan Pengembangan Sektor Kimia Masuki tingkat era pada Industri 4.0. (Online).<https://kemenperin.go.id/artikel/19168/Kemen-perin-Prioritaskan-Pengembangan-Sektor-Kimia-Masuki-Industri-4.0>. (Diakses pada tanggal 24 Juni 2025).
- Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering, 3rd Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ludwig, E., 1999. *Applied Process Design, 3rd edition*. Gulf Profesional Publishing:

Heinemann. Mc Graw Hill.

McCabe, W. L. dkk. 2005. Unit Operation of Chemical Engineering 7th

Edition. Merck. 2023. *Potassium Carbonate*.

(Online).<https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/substance/potassiumcarbonate13821584087>. (Diakses pada tanggal 15 Juni 2025).

Pemerintah Kota Bontang. 2016. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bontang Tahun 2019-2039*. (Online). <https://simpatiku.bontangkota.go.id/peta> (Diakses pada 26 Juni 2025).

Perry, R. H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition. United States of America. The McGraw Hill Companies.

Perry, R. H. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition. United States of America. The McGraw Hill Companies.

Perry, R. H., Green, D. W., dan Southard, M. Z. 2019. Perry's Chemical Engineers' Handbook 9th Edition. New York: McGraw-Hill Company.

Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4th Edition. New York : Mc Graw Hill International Book Co.

Putra, F. J., Rizky, R. N., Kuswandi., dan Gede. W. 2016. Studi Pendirian Pabrik Dimetil Karbonat di Blok Tangguh. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 5(2):1-3.

Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics, 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.

Smith, J.M., dan Ness H.C., 2001. Chemical Engineering Thermodynamics. Mc

Treybal, R. E. 1981. Mass Transfer Operation. Singapore: McGraw-Hill.

Walas, S. M. 1990. Chemical Process Equipment. Newton: Butterworth- Heinem.

Welty, J. R., Rorrer, G. L., & Foster, D. G. 2007. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, 6th Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Winkle, M. 1967. Distillation. McGraw-Hill: New York.

Wu, T. W., dan I-Lung, C. 2020. CO₂ Utilization Feasibility Study: Dimethyl

Carbonate Direct Synthesis Process with Dehydration Reactive Distillation.
Industrial & Engineering Chemistry Research. 59:1234-1248.

Wu, T. W., I-Lung, C., San-Jang, W., David. S. H. W., En-Ko, L., dan Shi-Shang,

J. 2021. U.S. Patent No. 0323905 A1. National Tsing Hua University, Hsinchu City (TW): United States Patent Application Publication.

Wu, T. W., I-Lung, C., San-Jang, W., David. S. H. W., En-Ko, L., dan Shi-Shang,

J. 2022. U.S. Patent No. 11,332,431 B2. National Tsing Hua University, Hsinchu City (TW): United States Patent.

Yaws, C. L.1999. Chemical Properties Handbook. McGrawn Hill: Singapura.

Youqi, W., Wang, X., Li, Z., dan Han, H. 2015. EP Patent No. 3 135 662 A1. Yashentech Corporation Pudong Shanghai 201203 (CN): European Patent Application.