

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN METIL ISOBUTIL KETON
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

MUHAMMAD RISKY ANUGRAH

03031382126119

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN METIL ISOBUTIL KETON
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana**

Oleh:

Muhammad Risky Anugrah

03031382126119

Palembang, 19 September 2025

Pembimbing,



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

NIP. 199001272025062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Isobutil Keton Kapasitas 30.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Muhammad Risky Anugrah dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 September 2025.

Palembang, 11 September 2025.

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002
2. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197505112000122001
3. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

()

()

()



Indralaya, 11 September 2025

Pembimbing Tugas Akhir

()

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

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

MUHAMMAD RISKY ANUGRAH

03031382126119

Judul :

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METIL ISOBUTIL KETON
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 September 2025 oleh Dosen Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002
2. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197505112000122001
3. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

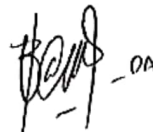
()

()
()

Palembang, 19 September 2025

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

 -DA

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

NIP. 199001272025062001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Risky Anugrah
NIM : 03031382126119
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Isobutil Keton
dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Rizqi Akbar Shean** didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 8 September 2025



Muhammad Risky Anugrah

NIM. 03031382126119



ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METIL ISOBUTIL KETON DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Muhammad Risky Anugrah ; Dibimbing oleh Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T.,
M.T., M.Eng. IPM

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxiv + 419 halaman

ABSTRAK

Pabrik pembuatan metil isobutil keton dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun direncanakan pembangunannya pada tahun 2033 yang berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa timur seluas 4,1 Ha. Operasi pabrik berjalan selama 24 jam/hari dalam 300 hari/tahun. Komoditi metil isobutil keton yang diproduksi mengacu pada Patent No. CN118286973A yang menggunakan proses hidrogenasi dengan aseton sebagai bahan baku produksi. Proses reaksi berlangsung di reaktor *Single Fixed bed Reactor* dengan kondisi operasi yaitu pada temperatur 140°C dengan tekanan 30 atm yang di dalamnya terdapat katalis Amberlyst CH28.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan dalam menjalankan perusahaan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi yang mengacu pada struktur organisasi garis dan staff. Perusahaan dipimpin oleh direktur utama dengan jumlah karyawan sebanyak 150 orang. Hasil analisa ekonomi pabrik metil isobutil keton menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan ekonomi sebagai berikut:

- a) *Total Capital Investment (TCI)* = US \$ 103.071.037,82
- b) *Total Production Cost (TPC)* = US \$ 20.138.676,04
- c) Total Penjualan per Tahun = US \$ 44.379.500,00
- d) *Annual Cash Flow (ACF)* = US \$ 20.241.635,92
- e) *Pay Out Time* = 4,93 tahun
- f) *Rate of Return on Investment* = 14,35%
- g) *Discounted Cash Flow - ROR* = 10 %
- h) *Break Even Point* = 32,21%
- i) *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci: Metil Isobutil Keton, *Fixed Bed Reactor*, Hidrogenasi

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Isobutil Keton Kapasitas 30.000 Ton/Tahun”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini disusun dan dikerjakan secara kelompok bersama Rizqi Akbar Shean, namun dengan jadwal sidang yang berbeda. Tugas akhir ini diselesaikan dengan dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Diucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

- 1) Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan arahan dan masukan.
- 5) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Semua pihak, termasuk teman-teman, Chintia Azahra S.Pd yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	3
1.3.1. Tujuan Pendirian Pabrik.....	3
1.3.2. Manfaat Pendirian Pabrik.....	3
1.4. Proses Pembuatan Metil Isobutil Keton.....	4
1.5. Sifat Fisika dan Kimia	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9

2.1.	Alasan Pendirian Pabrik.....	9
2.2.	Penentuan Kapasitas.....	9
2.2.1.	Penentuan Kapasitas Dengan Proyeksi Data Impor.....	9
2.3.	Pemilihan Proses.....	12
2.4.	Pemilihan Bahan Baku	15
2.5.	Uraian Proses	15
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK		19
3.1.	Lokasi Pabrik.....	19
3.1.1.	Ketersediaan Bahan Baku	21
3.1.2.	Trasportasi dan Pemasaran.....	22
3.1.3.	Tenaga Kerja	22
3.1.4.	Ketersediaan Utilitas	23
3.2.	Letak Pabrik	23
3.2.1.	Gambar Tata Letak Peralatan.....	24
3.2.2.	Gambar Tata Letak Pabrik	26
3.3.	Luas Area	27
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS		28
4.1.	Neraca Massa	28
4.1.1.	Neraca Massa <i>Mixing Point -01 (MP-01)</i>	28
4.1.2.	Neraca Massa <i>Recycle Mixing Point -01(R) (MP-01 (R))</i>	28
4.1.3.	Neraca Massa <i>Mixing Point-02 (MP-02)</i>	29
4.1.4.	Neraca Massa <i>Recycle Mixing Point -02 (R) (MP-02 (R))</i>	29
4.1.5.	Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)	29
4.1.6.	Neraca Massa <i>Knock Out Drum -01 (KOD-01)</i>	30
4.1.7.	Neraca Massa Kolom Distilasi -01 (KD-01).....	30

4.1.8.	Neraca Massa <i>Reboiler</i> -01 (RB-01).....	31
4.1.9.	Neraca Massa <i>Condensor</i> -01 (CD-01).....	31
4.1.10.	Neraca Massa Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	32
4.1.11.	Neraca Massa <i>Reboiler</i> -02 (RB-02).....	32
4.1.12.	Neraca Massa <i>Condensor</i> -02 (CD-02).....	33
4.1.13.	Neraca Massa Decanter -01 (DC-01).....	33
4.2.	Neraca Panas.....	34
4.2.1.	Neraca Panas <i>Mixing Point</i> -01 (MP-01).....	34
4.2.2.	Neraca Panas <i>Mixing Point</i> -01 (R) (MP-01 (R))	34
4.2.3.	Neraca Panas <i>Heater</i> -01 (H-01).....	34
4.2.4.	Neraca Panas <i>Heater</i> -02 (H-02).....	35
4.2.5.	Neraca Panas <i>Compressor</i> -01 (CMP-01).....	35
4.2.6.	Neraca Panas <i>Mixing Point</i> -02 (MP-02).....	35
4.2.7.	Neraca Panas <i>Mixing Point</i> -02 (R) (MP-02 (R))	35
4.2.8.	Neraca Panas Reaktor-01 (R-01)	36
4.2.9.	Neraca Panas <i>Cooler</i> -01 (C-01).....	36
4.2.10.	Neraca Panas <i>Knock Out Drum</i> -01 (KOD-01).....	36
4.2.11.	Neraca Panas <i>Compressor</i> -02 (CMP-02).....	37
4.2.12.	Neraca Panas <i>Compressor</i> -03 (CMP-03).....	37
4.2.13.	Neraca Panas <i>Heater</i> -03 (C-03).....	37
4.2.14.	Neraca Panas Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	38
4.2.15.	Neraca Panas <i>Reboiler</i> -01 (RB-01).....	38
4.2.16.	Neraca Panas <i>Condensor</i> -01 (CD-01).....	38
4.2.17.	Neraca Panas Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	39
4.2.18.	Neraca Panas <i>Condensor</i> -02 (CD-02).....	39
4.2.19.	Neraca Panas <i>Cooler</i> -03 (C-03).....	39

4.2.20. Neraca Panas <i>Reboiler</i> -02 (RB-02).....	40
4.2.21. Neraca Panas <i>Cooler</i> -02 (C-02).....	40
4.2.22. Neraca Panas Decanter-01 (DC-01).....	40
BAB V UNIT UTILITAS	41
5.1. Unit Pengolahan Steam.....	41
5.2. Unit Pengadaan Air.....	42
5.2.1. Air Pendingin	42
5.2.2. Air Umpan Boiler.....	45
5.2.3. Air Domestik.....	45
5.2.4. Kebutuhan Air Keseluruhan.....	46
5.3. Unit Penyediaan Refrigerant.....	47
5.4. Unit Penyediaan Listrik.....	47
5.4.1. Listrik untuk Peralatan	47
5.4.2. Listrik untuk Penerangan	48
5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar (<i>fuel</i>).....	49
5.5.1. Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i>	50
5.5.2. Bahan Bakar Keperluan Generator	50
5.5.3. Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan	51
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	52
6.1. Tangki-01 (T-01).....	52
6.2. Tangki-02 (T-02).....	53
6.3. Tangki-03 (T-03).....	54
6.4. Tangki-04 (T-04).....	55
6.5. Pompa-01 (P-01)	56
6.6. Pompa-02 (P-02)	57

6.7. Pompa-03 (P-03)	58
6.8. Pompa-04 (P-04)	59
6.9. Pompa-05 (P-05)	60
6.10. Pompa-06 (P-06)	61
6.11. Kompresor-01 (CMP-01)	62
6.12. Kompresor-02 (CMP-02)	63
6.13. Kompresor-03 (CMP-03)	63
6.14. Reaktor-01 (R-01)	64
6.15. Knock-Out Drum-01 (KOD-01)	65
6.16. Decanter-01 (DC-01)	66
6.17. Kolom Distilasi-01 (KD-01)	67
6.18. Kolom Distilasi-02 (KD-02)	68
6.18. Kondensor-01 (CD-01)	69
6.19. Kondensor-02 (CD-02)	70
6.20. Reboiler-01 (RB-01)	71
6.21. Reboiler-02 (RB-02)	72
6.22. Accumulator-01 (ACC-01)	73
6.23. Accumulator-02 (ACC-02)	74
6.24. Heater-01 (H-01)	75
6.25. Heater-02 (H-02)	76
6.26. Heater-03 (H-03)	77
6.27. Cooler-01 (C-01)	78
6.28. Cooler-02 (C-02)	79
6.29. Cooler-03 (C-03)	80
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	82
7.1. Bentuk Perusahaan	82

7.2. Struktur Organisasi	83
7.2.1. Manager Teknik dan Produksi	83
7.2.2. Manager Pemasaran dan Keuangan	83
7.2.3. Manager Kepegawaian dan Umum.....	83
7.3. Tugas dan Wewenang	83
7.3.1. Pemegang Saham	84
7.3.2. Dewan Komisaris	84
7.3.3. Direktur Utama.....	84
7.3.4. Manajer Teknik dan Produksi	85
7.3.5. Manajer Pemasaran dan Keuangan	86
7.3.6. Manajer Kepegawaian dan Umum.....	87
7.3.7. Sekretaris.....	87
7.4. Sistem Kerja.....	87
7.4.1. Karyawan <i>Non-Shift</i>	88
7.4.2. Karyawan <i>Shift</i>	88
7.5. Penentuan Jumlah Buruh.....	89
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i> (DOL)	89
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	90
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....	94
8.1. Menentukan Indeks Harga.....	94
8.2. Keuntungan (Profitabilitas).....	95
8.2.1. Total Penjualan Produk	95
8.3. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	96
8.4. Lama Pengangsuran Pengembalian Pinjaman.....	96
8.4.1. <i>Pay Out Time</i> (POT)	97
8.5. Total Modal Akhir.....	97

8.5.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	97
8.5.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	97
8.6. Laju Pengembalian Modal	98
8.6.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	98
8.6.2. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR).....	98
8.7. Break Even Point (BEP)	99
8.7.1. Metode Matematis.....	99
8.7.2. Metode Grafis.....	99
BAB IX KESIMPULAN	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	107
MIXING POINT-01 (MP-01)	109
MIXING POINT-02 (MP-02)	110
REAKTOR – 01 (R-01)	110
<i>KNOCK OUT DRUM</i> POINT-01 (KOD-01).....	116
KOLOM DISTILASI – 01 (KD-01)	117
REBOILER-01 (RB-01)	122
CONDENSOR-01 (CD-01)	125
KOLOM DISTILASI- 02 (KD-02).....	127
REBOILER-02 (RB-02)	132
CONDENSOR-02 (CD-02)	135
DECANTER-01 (DC-01)	139
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS	143
MIXING POINT-01 (MP-01)	146
MIXING POINT -01 (R) (MP-01 (R)).....	147

HEATER-01 (H-01)	148
HEATER-02 (MP-02)	149
<i>COMPRESSOR</i>-01 (CMP-01)	151
MIXING POINT-02 (MP-02)	154
MIXING POINT-02 (R) (MP-02 (R))	154
REAKTOR-01 (R-01)	156
COOLER-01 (C-01)	159
<i>KNOCK OUT DRUM</i>-01 (KOD-01)	161
<i>COMPRESSOR</i>-02 (CMP-02)	163
<i>COMPRESSOR</i>-03 (CMP-03)	166
<i>HEATER</i>-03 (H-03)	169
KOLOM DISTILASI-01 (KD-01)	171
<i>REBOILER</i>-01 (RB-01)	173
<i>CONDENSOR</i>-01 (CD-01)	175
KOLOM DISTILASI-02 (KD-02)	179
<i>CONDENSOR</i>-02 (C-02)	181
<i>COOLER</i>-03 (C-03)	184
<i>REBOILER</i>-02 (RB-02)	186
<i>COOLER</i>-02 (C-02)	188
DECANTER-01 (DC-01)	190
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN	192
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI	343
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS	359

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor Metil Isobutil Keton ASEAN.....	10
Tabel 2.2. Hasil Perhitungan Kapasitas Pabrik Metil Isobutil Keton	11
Tabel 2.3. Perbandingan Proses Pembentukan MIBK	13
Tabel 5.1. Kebutuhan Air Pendingin.....	42
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Domestik.....	46
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal ShiftTabel	89
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	90
Tabel 8.1. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman	96
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Data Kebutuhan metil isobutil keton tahun 2019 – 2023	10
Gambar 2.2. Flowsheet Pabrik Metil Isobutil Keton.....	18
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik Pembuatan Metil isobutil Keton.....	20
Gambar 3.2. Peta RT/RW Pabrik Metil Isobutil Keton.....	20
Gambar 3.3. Lokasi Bahan Baku gas Hidrogen dari PT. Petrokimia Gresik	21
Gambar 3.4. Lokasi Bahan baku Aseton dari PT. Mitsui & co.....	21
Gambar 3.5. Jarak lokasi Pabrik dengan Pelabuhan.....	22
Gambar 3.6. Jarak lokasi Pabrik dengan PLTGU Gresik.....	23
Gambar 3.7. Tata Letak Peralatan	26
Gambar 3.8. Tata Letak Pabrik.....	26
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	93
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	100

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
Ej	: Efisiensi pengelasan
ID, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding accumulator, cm
V	: Volume total, m ³
VS	: Volume silinder, m ³

2. DECANTER

Ai	: Interphase area, m ²
Ap	: Area of pipe, m ²
C	: Allowable Corrosion, m
D	: Diameter vessel, m
Dp	: Diameter pipa, m
E	: Joint efficient
h	: Tinggi vessel, m
I	: Dispersi band, m
Lc	: Laju alir volumetric continous phase, m ³ /s
OD	: Outside Diamter, m
P	: Tekanan vessel, atm
Q	: Laju alir volumetric, m ³ /jam
r	: Jari-jari vessel, m
S	: Working stress allowable, psi
ts	: Tebal silinder, m
th	: Tebal ellipsoidal head, m
T	: Temperatur vessel, K
Ud	: Setting velocity, m/s

ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, Cp
θ	: Fase disperse

3. EXPANDER DAN KOMPRESSOR

BHP	: Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
k	: Konstanta Kompresi
n	: Jumlah stage
η	: Efisiensi kompresor
P_{IN}	: Tekanan masuk, bar
P_{OUT}	: Tekanan keluar, bar
T_1	: Temperatur masuk kompresor, °C
T_2	: Temperatur keluar kompresor, °C
P_w	: Power kompresor, HP
Q	: Kapasitas kompresor, lb/menit
R_c	: Rasio kompresi
W	: Laju alir massa, lb/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

4. FLASH TANK

A_t	: Luas area vessel total, m
A_v	: Luas cross sectional vessel minimum, m ² /s
C_c	: Allowable corrosion, m
D	: Diameter vessel, m
E	: Joint efficient
Flv	: Parameter aliran
H	: Tinggi vessel, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_v	: Tinggi vapor, m
OD	: Outside Diameter, m
P	: Tekanan vessel, atm
Q	: Laju alir volumetric, m ³ /jam
S	: Working stress allowable, psi

r	: Jari-jari vessel, m
t	: Tebal vessel, m
T	: Temperatur vessel, K
u_f	: Kecepatan flooding, m/s
$U_{v \max}$	: Laju alir volumetric maksimum, m ³ /s
V_L	: Volume liquid, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

5. HEAT EXCHANGER (HEATER, COOLER, REBOILER DAN CONDENSER)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T_2, t_2	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U_o	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m ² .°C
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m ²
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m ²
N_t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m ³ /jam
u_t, U_s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
Db	: Diameter bundel, m
D_s	: Diameter shell, m
N_{RE}	: Bilangan Reynold
N_{PR}	: Bilangan Prandtl
N_{NU}	: Bilangan Nusselt
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, W/m ² .°C
l_b	: Jarak baffle, m

D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, W/m.°C
ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, kJ/kg.°C
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, W/m ² .°C
k_w	: Konduktivitas bahan, W/m.°C
ΔP	: Pressure drop, psi

6. KOLOM DISTILASI

A_a	: Active area, m ²
A_d	: Downcomer area, m ²
A_{da}	: Luas aerasi, m ²
A_h	: Hole area, m ²
A_n	: Net area, m ²
A_t	: Tower area, m ²
C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
d_h	: Diameter hole, mm
E	: Total entrainment, kg/s
E_j	: Efisiensi pengelasan
F_{iv}	: Parameter aliran
H	: Tinggi kolom, m
h_a	: Aerated liquid drop, m
h_f	: Froth height, m
h_q	: Weep point, cm
h_w	: Weir height, m
L_w	: Weir height, m
N_m	: Jumlah tray minimum, stage
Q_p	: Faktor aerasi
R	: Rasio refluks
R_m	: Rasio refluks minimum
U_f	: Kecepatan massa aerasi, m/s

V_d	: Kelajuan downcomer
ΔP	: Pressure drop, psi
ψ	: Fractional entrainment

7. MIXING TANK

C	: Corrosion maksimum, in
D_t	: Diameter tangki, m
D_i	: Diameter impeller, m
E	: Joint efisiensi
G	: Lebar baffle pengaduk, m
H	: Tinggi head, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_s	: Tinggi silinder, m
H_T	: Tinggi tangki, m
N	: Kecepatan putaran pengaduk, rpm
P	: Tekanan desain, psi
r	: Panjang blade pengaduk, m
r_b	: Posisi baffle dari dinding tangki, m
r_i	: jari-jari vessel, in
S	: Working stress allowable, psi
T	: tebal dinding tangki, m
V_s	: Volume silinder, m ³
V_E	: Volume elipsoid, m ³
V_t	: Volume tangki total, m ³
W_b	: Lebar baffle, m
ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, kg/m .s

8. POMPA

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D _{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g _c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H _d , H _s	: Head discharge, suction, ft
H _f	: Total friksi, ft
H _{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H _{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
H _{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H _{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
ID	: Diameter dalam, in
K _C , K _E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L _e	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N _{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P _{uap}	: Tekanan uap, psi
Q _f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V _d	: Discharge velocity, ft/s
V _s	: Suction velocity, ft/s
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

9. REAKTOR

CA ₀	: konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	: Tebal korosi yang dizinkan, mm

FA0	: Laju alir umpan, kmol/jam
Hr	: Tinggi Reaktor, m
ID	: Inside Diameter, m
k	: Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol.s
N	: Bilangan Avogadro
OD	: Outside Diameter, m
P	: Tekanan, atm
Qf	: Laju volumetrik feed, m ³ /jam
Re	: Bilangan Reynold
S	: Working Stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur. °C
t	: Tebal dinding vessel, mm
Vt	: Volume reaktor, m ³
X	: Konversi
ρ	: Densitas, kg/m ³
σ	: Diameter Partikel, cm

10. TANKI

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
Ej	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	107
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS	203
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN	191
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI	337
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	353

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia mempunyai tujuan untuk menaikkan perekonomian yang ada di dalam negeri. Sektor Industri merupakan salah satu bidang penting yang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian di Indonesia. Upaya Pengembangan industri di Indonesia dilakukan sebagai bagian dari strategi untuk memperkuat perekonomian nasional. Ide dari pengembangan industri dalam negeri tercantum dalam Peraturan Presiden nomor 28 tahun 2008 tentang kebijakan industri nasional dengan visi Indonesia pada tahun 2045 menjadi sebuah negara industri tangguh didunia (Kementerian Perindustrian, 2008). Pengembangan industri bermaksud untuk menguatkan daya tahan perekonomian dalam negeri, menciptakan lapangan pekerjaan baru, serta meminimalkan penggunaan produk dari luar negeri (*import*).

Industri kimia merupakan sektor bidang industri yang memiliki fungsi penting. Oleh karena itu, peningkatan dalam hal pengembangan industri kimia wajib untuk dilaksanakan sehingga menekan penggunaan *import*. Bahan kimia yang sering digunakan dalam kegiatan industri nasional adalah metil isobutil keton. Perkembangan industri yang pesat di Indonesia salah satunya adalah industri cat, tinta cetak, dan *thinner* yang menggunakan metil isobutil keton sebagai pelarut menjadikan kebutuhan MIBK yang terus meningkat. MIBK atau dapat disebut 4-metil-2-pentanon merupakan larutan jernih yang tidak berwarna dan berbau khas. MIBK kurang larut dalam air, namun larut dalam beberapa pelarut organik. MIBK memiliki peran penting dalam industri mengingat negara Indonesia masih mengimpor bahan kimia tersebut dikarenakan belum ada industri dalam negeri yang memproduksi bahan kimia tersebut untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Metil isobutil keton atau lebih dikenal dengan singkatan MIBK merupakan produk intermediate yang dipakai sebagai bahan penunjang untuk kelangsungan industri cat dan industri DDT. Dalam hal ini MIBK digunakan sebagai bahan pelarut pada kedua pabrik industri tersebut. Produk MIBK sebenarnya merupakan kelanjutan dari produk benzene yang dialkylasi untuk mendapatkan *cumene hidro peroxide* dan

aseton, selanjutnya pada proses hidrogenasi aseton akan dihasilkan metil isobutil keton.

Berdasarkan pertimbangan kebutuhan metil isobutil keton yang cukup tinggi dan akan semakin bertambah, maka produksi metil isobutil keton di dalam negeri harus didirikan. Dengan berdirinya industri yang memproduksi metil isobutil keton di Indonesia dapat dijadikan sebagai nilai tambah sehingga bisa mencukupi kebutuhan pasar. Pembangunan pabrik metil isobutil keton dapat meningkatkan pembuatan metil isobutil keton sehingga dapat memperkecil impor metil isobutil keton dari asing. Pembangunan pabrik metil isobutil keton akan dilakukan dengan memperhitungkan teknologi modern dibandingkan dengan metode tradisional. Metode sebelumnya diharapkan dapat diluaskan dan digagas dengan teknologi modern agar dapat meningkatkan efisiensi. Teknologi Modern dibandingkan teknologi sebelumnya menjadi ide yang harus diperhitungkan agar proses produksi dapat dilakukan secara lancar

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Metil isobutil keton pertama kali ditemukan proses pembuatannya selama masa perang dunia kedua. Pada saat itu, permintaan akan metil isobutil keton masih belum banyak sehingga senyawa ini belum diproduksi secara massal. Metil isobutil keton mulai sering digunakan oleh negara-negara Eropa pada tahun 1965 sebagai pelarut pada industri cat dan *thinner*. Sejak saat itu permintaan akan metil isobutil keton mulai meningkat cukup pesat.

Pada tahun 1975, proses pembuatan metil isobutil keton ini mulai dikembangkan dan diteliti di Amerika dengan menggunakan metode hidrogenasi dalam kolom sehingga akan menghasilkan produk dengan kualitas yang memiliki kemurnian yang lebih tinggi daripada proses sebelumnya. Permintaan metil isobutil keton semakin bertambah banyak di Amerika sendiri maupun di luar negeri seperti Jepang, Belanda, Brazil, Australia, dan Korea. Dalam decade tersebut, permintaan metil isobutil keton di dunia diperkirakan mencapai 407,855 ton/tahun dimana Amerika menyumbang permintaan metil isobutil keton yaitu mencapai 176,369 ton/tahun (McKetta, 1988).

Pada tahun 1986, Jepang menjadi salah satu negara pengimpor metil isobutil keton terbanyak di dunia sehingga Jepang melakukan inovasi dengan memulai

memproduksi metil isobutil keton sendiri dan mulai melakukan ekspor ke berbagai negara di Asia. Masuknya metil isobutil keton di Indonesia dimulai pada tahun 1991 melalui impor dari Jepang. Pembangunan dan perluasan industri cat dan *thinner* yang ada di Indonesia terus mengalami perkembangan sampai saat ini sehingga kebutuhan akan metil isobutil keton selalu meningkat tiap tahunnya. Hal ini membuat pendirian pabrik metil isobutil keton di Indonesia memiliki potensi yang strategis dalam memenuhi kebutuhan industri cat dalam negeri. Diharapkan dengan adanya pendirian industri metil isobutil keton di Indonesia dapat mengurangi kuantitas impor dan dapat membuka jalur perdagangan ekspor ke negara lainnya.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

1.3.1. Tujuan Pendirian Pabrik

1. Mencukupi kegunaan Metil isobutil keton nasional dan mengurangi penggunaan barang asing.
2. Menambah kekuatan ekonomi dalam negeri pada sektor industri.
3. Membuka lapangan pekerjaan yang banyak.
4. Memajukan produktivitas pada sumber daya manusia dan sumber daya alam melalui teknologi modern
5. Membangun usaha dengan menggagas pertumbuhan pabrik-pabrik baru yang menggunakan bahan baku metil isobutil keton.

1.3.2. Manfaat Pendirian Pabrik

1. Pendirian industri metil isobutil keton bisa memperoleh keuntungan bagi nasional.
2. Memanfaatkan kondisi lingkungan, bangunan dan sumber daya alam pada area pembangunan pabrik.
3. Menggeliatkan dukungan masyarakat dalam pembangunan pabrik.
4. Meningkatnya optimasi tata ruang wilayah.
5. Meningkatkan efisiensi dengan dibangunnya industri metil isobutil keton dengan teknologi dan proses terbaru.

1.4. Proses Pembuatan Metil Isobutil Keton

Proses pembuatan metil isobutil keton menggunakan proses hidrogenasi dengan aseton sebagai bahan baku memiliki tiga metode yaitu :

1) Proses Tiga Tahap

Dalam proses ini, aseton dilakukan kondensasi aldol dengan menggunakan katalis alkali untuk menjadi diaseton alkohol. Selanjutnya, diaseton alkohol didehidrasi dengan menggunakan katalis asam pada suhu 90-130°C untuk menjadi mesitil oksida. Proses dehidrasi ini mempunyai selektivitas yang tinggi. Tahap terakhir dari proses ini adalah hidrogenasi mesitil oksida menjadi 4-metil-2-pentanon (metil isobutil keton). Berikut ini adalah mekanisme reaksi pembentukan metil isobutil keton dengan menggunakan proses tiga tahap :

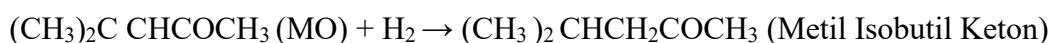
a. Reaksi kondensasi aldol aseton



b. Reaksi dehidrasi diaseton alkohol (DAA)



c. Reaksi hidrogenasi Mesitil Oksida (MO)



2) Proses Dua Tahap

Proses ini kurang sering digunakan dalam dunia industri karena proses ini menghasilkan selektivitas yang rendah dan juga menggunakan suhu yang tinggi. Dalam proses ini, aseton dikonversi menjadi 4-metil-2-pentanon (metil isobutil keton). Katalis yang digunakan dalam proses kondensasi, yaitu tembaga kromit atau zirconium sulfat. Katalis yang digunakan dalam proses hidrogenasi yaitu paladium atau aluminium oksida. Proses ini menghasilkan produk samping berupa 4-metil-2-pentanol.

3) Proses Satu Tahap

Proses satu tahap dapat menghasilkan MIBK melalui proses hidrogenasi aseton pada reaktor dengan bantuan katalis Amberlyst CH28. Reaksi ini berjalan secara eksotermis dan akan dihasilkan MIBK sebagai produk utama dan air sebagai produk samping yang selanjutnya dipisahkan untuk menghasilkan MIBK dengan kemurnian yang telah ditentukan.

1.5. Sifat Fisika dan Kimia

Pada proses pembuatan metil isobutil keton akan digunakan aseton dan hydrogen sebagai bahan baku utama. Selain itu, terdapat beberapa bahan tambahan yang digunakan selama proses pembuatannya, yaitu katalis amberlyst CH28. Produk utama yang dihasilkan adalah metil isobutil keton dan diasumsikan tidak terdapat produk samping dari proses produksi ini karena fraksi produk samping yang relative sangat kecil dibandingkan produk utama (metil isobutil keton), air, dan aseton. Berikut ini adalah uraian sifat fisik dan kimia dari bahan baku, bahan tambahan, dan produk yang dihasilkan.

1. Aseton

Sifat fisik dan kimia :

- Bentuk Fisik : Cairan
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Khas
- Sifat : Mudah terbakar dan mudah menguap
- Kelarutan : Larut dalam air, alkohol, dan eter pada suhu kamar
- pH : 5-6
- Berat Molekul : 58,08 g/gmol
- Densitas : 0,79 g/cm³
- Titik leleh : -94 °C
- Titik didih : 56 °C

2. Hidrogen

Sifat fisis dan kimia :

- Bentuk Fisik : Gas
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Tidak berbau
- Sifat : Sangat mudah terbakar dengan oksidator

- Kelarutan : -
- pH : -
- Berat Molekul : 2,02 g/gmol
- Densitas : 0,07 g/cm³
- Titik leleh : -259,15 °C
- Titik didih : -253 °C

3. Metil Isobutil Keton (MIBK)

Sifat fisis dan kimia :

- Bentuk Fisik : Cairan
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Khas
- Sifat : Stabil pada kondisi normal
- Kelarutan : Kurang larut dalam air
- pH : 7
- Berat Molekul : 100,16 g/gmol
- Densitas : 0,7978 g/cm³
- Titik leleh : -85 °C
- Titik didih : 116 °C

4. Air (H₂O)

Sifat fisis dan kimia :

- Bentuk Fisik : Cairan
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Tidak berbau
- Sifat : Stabil pada suhu ruangan
- Kelarutan : melarut dalam aseton, ammonia, dan MIBK

- pH : 7
- Berat Molekul : 18 g/gmol
- Densitas : 1 g/cm³
- Titik leleh : 0 °C
- Titik didih : 100 °C

5. Amberlyst CH28

Sifat fisis dan kimia :

- Bentuk Fisik : Padatan seperti manik-manik
- Warna : Abu-abu tua
- Bau : Tidak berbau
- Sifat : Stabil pada kondisi normal
- Kelarutan : Tidak larut dalam air
- pH : -
- Berat Molekul : -
- Densitas : 0,79 g/cm³
- Titik leleh : -
- Titik didih : -

6. Isopropanol

Sifat fisis dan kimia :

- Bentuk Fisik : *Liquid*
- Warna : *Colorless*
- Bau : Berbau tajam
- Sifat : Stabil pada kondisi normal
- Kelarutan : Larut dalam air
- pH : -

- Berat Molekul : 60,10 g/mol
- Densitas : 0,79 g/cm³
- Titik leleh : -89 °C
- Titik didih : 82,6 °C

DAFTAR PUSTAKA

- Airpack. (2023). *Reciprocating compressors - Horizontal, Vertical or V-type*.
<https://airpack.nl/product/reciprocating-compressors/>
- Anderson, T. M. (2009). Industrial Fermentation Processes. *Encyclopedia of Microbiology (Third Edition)*.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Ekspor dan Impor*.
<https://www.archive.bps.go.id/exim/>
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2001). *SNI 03-6575-2001 - Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*.
- Bidgoli, G., Reza, A., Nasr, J., & Reza, M. (2012a). Kinetic Study, Modeling and Simulation of Homogeneous Rhodium-Catalyzed Methanol Carbonylation to Acetic Acid. In *J. Chem. Chem. Eng* (Vol. 31, Issue 1).
- Bidgoli, G., Reza, A., Nasr, J., & Reza, M. (2012b). Kinetic Study, Modeling and Simulation of Homogeneous Rhodium-Catalyzed Methanol Carbonylation to Acetic Acid. In *J. Chem. Chem. Eng* (Vol. 31, Issue 1).
- Brown, R. N. (1986). *Compressors Selection and Sizing* (Second Edition). Gulf Publishing Company.
- Cenna, N., & Evi, C. (2021). Penentuan Lokasi Pabrik Menggunakan Metode Factor Rating Pada Pra-Rancangan Pabrik Virgin Coconut Oil (Vco) Dengan Kapasitas 50 . 000 Ton / Tahun. *Jurnal Teknologi Separasi*, 7(9), 655–663.
- Dimian, A. C., & Kiss, A. A. (2020). Novel energy efficient process for acetic acid production by methanol carbonylation. *Chemical Engineering Research and Design*, 159, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.04.013>
- Fatimura, M. (2014). Tinjauan Teoritis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Operasi Pada Kolom Destilasi. *Pusat Penelitian Fakultas Teknik Universitas Pgri Palembang*, 11(1), 23–31.
- Fogler, H. S. (2004). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice-Hall of India .
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. Prentice-Hall International.
- Haynes, A. (2010). Catalytic Methanol Carbonylation. In *Advances in Catalysis* (Vol. 53, Issue C, pp. 1–45). [https://doi.org/10.1016/S0360-0564\(10\)53001-3](https://doi.org/10.1016/S0360-0564(10)53001-3)

- Hendri. (2010). *Perencanaan Tata Letak Pabrik*.
- Hjortkjaer, J., & Jensen, V. W. (1976). *Rhodium Complex Catalyzed Methanol Carbonylation*. 15(1).
- Holland, F. A., & Chapman, F. S. (1966). Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks . *Bioprocess Engineering Principles*.
- Hongwunew Material. (2024). 99,99% Purity Metal Rhodium Nanoparticle Rh Nano Powder Manufacturer. 99,99% Purity Metal Rhodium Nanoparticle Rh Nano Powder Manufacturer
- Indo Acidatama. (2015). *Produk Chemical PT Indo Acidatama*.
<https://www.acidatama.co.id/produk-chemical.php>
- Kadek Aditya Wirajaya, I., Ganda Putra, G., Semadi Antara, N., Jurusan Teknologi Industri Pertanian, M., Teknologi Pertanian, F., & Jurusan Teknologi Industri Pertanian, D. (2016). Pengaruh Lama Fermentasi Secara Anaerob Cairan Pulpa Hasil Samping Fermentasi Biji Kakao Terhadap Karakteristik Alkohol. *Jurnal REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI*, 4(1), 82–91.
- Kalck, P., Le Berre, C., & Serp, P. (2020). Recent advances in the methanol carbonylation reaction into acetic acid. In *Coordination Chemistry Reviews* (Vol. 402). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2019.213078>
- Kaltim Methanol Industri. (2015). *Manufaktur*.
<https://kaltimmethanol.com/id/manufaktur.html>
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Kumar, S. (1987). *Gas production engineering. Vol.4* (Vol. 4). Gulf Publishing Company.
- Lee, D., Liu, Y.-H., & Shaver, R. D. (2023). *Production and Purification of Acetic Acid* (Patent US 2023/0202957 A1).
- Leily Nurul, K., Ramdja, A. F., & Leonard, N. (2009). Distilasi Untuk Pra-Rencana Pabrik. *Teknik Kimia*, 16(4), 20.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (3rd Edition). John Wiley & Sons.
- Ludwig, E. E. (2010). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants* (Vol. 2). Elsevier.

- Maitlis, P. M., Haynes, A., Sunley, G. J., & Howard, M. J. (1996). Methanol carbonylation revisited: Thirty years on. *Journal of the Chemical Society - Dalton Transactions*, 11, 2187–2196. <https://doi.org/10.1039/dt9960002187>
- Matches. (2014). *Matches' Process Equipment Cost Estimate*. <https://www.matche.com/equipcost/Default.html>
- Maulana, Y. S. (2018). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Pabrik Pt Sung Chang Indonesia Cabang Kota Banjar. *Jurnal Ilmiah ADBIS (Administrasi Bisnis)*, 2(2), 211–221.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (Fifth Edition). McGraw-Hill.
- Nowicki, L., Ledakowicz, S., & Zarzycki, R. (1992). Kinetics of Rhodium-Catalyzed Methanol Carbonylation. In *Ind. Eng. Chem. Res* (Vol. 31, Issue 2).
- Otoritas Jasa Keuangan. (2024). *Suku Bunga Dasar Kredit*.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1998). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* (Seventh Edition). McGraw-Hill.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* (7th Edition). McGraw-Hill.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (8th Edition). McGraw-Hill.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (Fifth Edition).
- Rahmawati, S. (2023). *DENGAN PROSES KARBONILASI METANOL*.
- Resourcewise. (2024). *Chemical intelligence for the chemical industry*. <https://www.resourcewise.com/markets/chemicals>
- Roth. (2021). *Safety data sheet*.
- Ruso, S., & Desriany, D. (2023). RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI PADA LABORATORIUM BIOPROSES Puspitasari. *Engineering and Science*, 9(1), 1090–1096.
- Sehwantoro, W., Hindarti, F., & Oktivina, M. (2022). Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Destilator Elektrik Sebagai Alat Destilasi Pada Proses Pembuatan Bioethanol. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 31(2), 1–9. <https://doi.org/10.37277/stch.v31i2.1125>

- Setiawan, T. (2018). Rancang Bangun Alat Destilasi Uap Bioetanol Dengan Bahan Baku Batang Pisang. *Jurnal Media Teknologi*, 4(2), 119–128.
- Shakhashiri, Prof. (2008). *Chemical of the Week Acetic Acid & Acetic Anhydride*. 2–3.
- Sinnot, R. K. (2005). *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design* (Fourth Edition). Elsevier.
- Smith, J. M. (1970). *Chemical Engineering Kinetics* (2nd Edition). McGraw-Hill.
- Sutapa, R. B., Setiyono, B., & Wahyudi, W. (2017). Simulasi Model Kendali Kolom Distilasi Biner Wood & Berry Dengan Adaptive Internal Model Control 2 Degree of Freedom (Aimc 2 Dof) Menggunakan Matlab. *Transmisi*, 19(4), 145. <https://doi.org/10.14710/transmisi.19.4.145-151>
- Towering Skills. (2023). *Cost Indices*. <https://toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/>
- Trambouze, P., van Landeghem, H., & Wauquier, J.-P. (1988). *Chemical Reactors*. Gulf Publishing Company.
- Treyball, R. E. (1981). *Mass Transfer Operations* (3rd Edition). McGraw-Hill Book Co.
- Vilbrandt, F. C. (1959). *Chemical Engineering Plant Design* (Fourth Edition). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Walangare, K. B. A., Lumenta, A. S. M., Wuwung, J. O., & Sugiarto, B. A. (2013). Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik. *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.
- Winkle, V. (1967). *Distillation*. McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. (2015). *The Yaws Handbook of Vapor Pressure: Antoine Coefficients* (Second Edition). Elsevier. www.elsevierdirect.com/rights