

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN FORMALDEHIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh :

RASHYANTI NABILAH ANDJANI	03031382025097
SHELSA NABILA FITRIZAL	03031382025101

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN
PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN FORMALDEHIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

SKRIPSI
Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

Rashyanti Nabilah Andjani	03031382025097
Shelsa Nabila Fitrizal	03031382025101

Palembang, Desember 2024

Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU

NIP. 195603071981031010

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Fudal Sari, S.T., M.T., IPM.
NIP.197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Formaldehida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Rashyanti Nabilah Andjani dan Shelsa Nabila Fitrizal dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.
NIP. 197706052003121004
2. Dr. Selpiana, S.T., M.T.
NIP. 197809192003122001
3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM
NIP. 198106022008011010

()

( 24/11/2024)

()

Palembang, November 2024
Pembimbing Tugas Akhir

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia




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


Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

RASHYANTI NABILAH ANDJANI 03031382025097
SHELSA NABILA FITRIZAL 03031382025101

Judul:


**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN FORMALDEHIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024 oleh Dosen Penguji:

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

()

2. Dr. Selpiana, S.T., M.T.
NIP. 197809192003122001

( 24/11/2024)

3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM
NIP. 198106022008011010

( 29/11/2024)

Palembang, November 2024
Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rashyanti Nabilah Andjani
NIM : 03031382025097
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Formaldehida
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Shelsa Nabila Fitrizal didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2024



Rashyanti Nabilah Andjani

NIM. 03031382025097

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shelsa Nabila Fitrizal
NIM : 03031382025101
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Formaldehida
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Rashyanti Nabilah Andjani** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2024



Shelsa Nabila Fitrizal

NIM. 03031382025101

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Formaldehida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”**. Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1).

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dukungan para pihak yang telah memberikan ide dan pendapat yang membangun sehingga penulis dapat melanjutkan penyusunan laporan ini. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini serta atas dukungan moril dan materiilnya, yaitu:

1. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM, sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM, sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU., sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA dan Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA., sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
5. Kedua orangtua yang telah memberikan banyak doa, semangat, dan bimbingan, serta motivasi.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat dipahami dan mampu memberikan manfaat bagi pengembangan pengetahuan para pembaca. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Palembang, Desember 2024

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Oktober 2024

Rashyanti Nabilah Andjani dan Shelsa Nabila Fitrizal

Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Formaldehida dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2034 berlokasi di Kawasan Industri Kaltim Industrial Estate (KIE) Bontang, Kalimantan Timur dengan luas 4,0 ha. Proses pembuatan Formaldehida ini mengacu pada Patent CN2023/111559960 B, dimana proses yang digunakan adalah proses dehidrogenasi metanol menjadi formaldehida. Reaksi tersebut berlangsung dalam Fixed Bed Reactor (500°C, 4 atm). Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan formaldehida adalah metanol dan katalis silver. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan sebanyak 77 orang. Berdasarkan Analisis Ekonomi, pabrik formaldehida ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi, yaitu:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1) <i>Total Capital Investment</i> | = USD\$ 27.557.116,76 |
| 2) <i>Selling Price Per Year</i> | = USD\$ 77.545.392,57 |
| 3) <i>Total Production Cost</i> | = USD\$ 43.774.841,61 |
| 4) <i>Annual Cash Flow</i> | = USD\$ 25.893.833,39 |
| 5) <i>Pay Out Time</i> | = 1,1726 Tahun |
| 6) <i>Rate of Return</i> | = 85,78% |
| 7) <i>Discounted Cash Flow</i> | = 93,90% |
| 8) <i>Break Event Point</i> | = 33,86% |
| 9) <i>Service Life</i> | = 11 Tahun |

Kata Kunci : Formaldehida, *Fixed Bed Reactor*, Dehidrogenasi, Katalis Silver.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam - Macam Proses Pembuatan Formaldehida.....	3
1.3.1. Proses <i>Silver Catalyst</i>	3
1.3.2. Proses <i>Metal Oxide Catalyst</i>	4
1.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	4
1.4.1. Metanol.....	4
1.4.2. Formaldehida.....	5
1.4.3. Air.....	6
1.4.4. Hidrogen.....	7
BAB II.....	6
PERENCANAAN PABRIK	6
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	6
2.2. Penentuan Kapasitas	7
2.2.1. Ketersediaan Formaldehida di Indonesia (<i>supply</i>)	7

2.2.2.	Kebutuhan Formaldehida di Indonesia (<i>demand</i>)	10
2.3.	Pemilihan Bahan Baku	14
2.3.1.	Ketersediaan Bahan Baku	14
2.3.2.	Proses reaksi	14
2.3.3.	Harga Bahan Baku	14
2.4.	Pemilihan Proses	15
2.5.	Pemilihan Bahan Baku	15
2.6.	Uraian Proses	16
BAB III		15
LOKASI DAN LETAK PABRIK		15
3.1	Pemilihan Lokasi Pabrik	15
3.1.1.	Ketersediaan Bahan Baku	16
3.1.2.	Pemasaran Produk	17
3.1.3.	Transportasi	17
3.1.4.	Utilitas	17
3.1.5.	Tenaga Kerja	17
3.1.6.	Perkiraan Iklim	18
3.2.	Tata Letak Pabrik	18
3.3	Perkiraan Luas Tanah	19
BAB IV		20
NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		20
4.1.	Neraca Massa	20
4.1.1.	Neraca Massa <i>Mixing Point</i> – 01 (MP – 01)	20
4.1.2.	Neraca Massa <i>Adsorber</i> – 01 (AD – 01)	20
4.1.3.	Neraca Massa <i>Vaporizer</i> – 01 (VP – 01)	21
4.1.4.	Neraca Massa <i>Reaktor</i> – 01 (R – 01)	21
4.1.5.	Neraca Massa <i>Quenching Tower</i> – 01 (QC – 01)	21
4.1.6.	Neraca Massa <i>Vaporizer</i> – 02 (VP – 02)	21
4.1.7.	Neraca Massa <i>Condenser</i> – 01 (CD – 01)	22
4.1.8.	Neraca Massa <i>Evaporator</i> – 01 (EVP – 01)	22
4.1.9.	Neraca Massa <i>Evaporator</i> – 02 (EVP – 02)	22
4.2.	Neraca Panas	22

4.2.1.	Neraca Panas Mixing Point-01 (MP-01)	22
4.2.2.	Neraca Panas <i>Adsorber-01</i> (AD-01)	23
4.2.3.	Neraca Panas <i>Vaporizer-01</i> (VP-01)	23
4.2.4.	Neraca Panas <i>Compressor-01</i> (K-01).....	23
4.2.5.	Neraca Panas <i>Superheater-01</i> (SH-01)	24
4.2.6.	Neraca Panas <i>Furnace-01</i> (F-01)	24
4.2.7.	Neraca Panas <i>Reaktor-01</i> (R-01).....	24
4.2.8.	Neraca Panas <i>Quenching Tower-01</i> (QC-01).....	24
4.2.9.	Neraca Panas <i>Cooler-01</i> (C-01)	25
4.2.10.	Neraca Panas <i>Vaporizer-02</i> (VP-02)	25
4.2.11.	Neraca Panas <i>Condenser-01</i> (CD-01)	25
4.2.12.	Neraca Panas <i>Evaporator-01</i> (EVP-01)	25
4.2.13.	Neraca Panas <i>Evaporator-02</i> (EVP-02)	26
4.2.14.	Neraca Panas <i>Cooler-02</i> (C-02)	26
BAB V		27
UNIT UTILITAS		27
5.1.	Unit Penunjang Pengadaan Air	27
5.2.1.	Air Pendingin.....	27
5.2.2.	Air Umpan Boiler	30
5.2.3.	Air Domestik	30
5.2.4.	Kebutuhan Air Keseluruhan	31
5.2.	Unit Pengadaan Steam	31
5.2.1.	Kebutuhan <i>Steam</i> Penggerak Turbin	32
5.3.	Unit Pengadaan Listrik.....	33
5.3.1.	Listrik sebagai penunjang untuk Peralatan.....	33
5.3.2.	Listrik sebagai penunjang untuk Penerangan	33
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	35
5.4.1.	Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i>	35
5.4.2.	Bahan Bakar Keperluan <i>Generator</i>	35
5.4.3.	Bahan Bakar Keperluan <i>Furnace</i>	36
5.4.4.	Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan.....	36
BAB VI		40

SPESIFIKASI PERALATAN.....	40
6.1. Tangki-01 (T-01).....	40
6.2. Tangki-02 (T-02).....	40
6.3. <i>Reaktor-01</i> (R-01)	41
6.4. <i>Quenching Tower-01</i> (QT-01)	42
6.5. <i>Vaporizer-01</i> (VP-01)	42
6.6. <i>Vaporizer-02</i> (VP-02)	43
6.7. <i>Evaporator-01</i> (EVP-01)	44
6.8. <i>Evaporator-02</i> (EVP-02)	45
6.9. <i>Furnace-01</i> (F-01).....	45
6.10. <i>Superheater-01</i> (SH-01).....	46
6.11. <i>Cooler-01</i> (C-01).....	47
6.12. <i>Cooler-02</i> (C-02).....	47
6.13. <i>Adsorber-01</i> (AD-01).....	48
6.14. Pompa-01 (P-01)	49
6.15. Pompa-02 (P-02)	49
6.16. Pompa-03 (P-03)	50
6.17. Pompa-04 (P-04)	51
6.18. <i>Compressor-01</i> (K-01).....	52
BAB VII.....	53
ORGANISASI PERUSAHAAN.....	53
7.1. Bentuk Perusahaan	53
7.2. Struktur Organisasi	54
7.3. Tugas dan Wewenang	55
7.3.1. Dewan Komisaris	55
7.3.2. Direktur Utama	55
7.3.3. Direktur Teknik dan Produksi	55
7.3.4. Direktur Keuangan dan Pemasaran	56
7.3.5. Direktur Kepegawaian dan Umum	57
7.4. Sistem Kerja	57
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-shift</i>	57
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	58

7.5.	Penentuan Jumlah Karyawan	59
7.5.1.	<i>Direct Operating Labor</i>	59
7.5.2.	<i>Indirect Operating Labor</i>	60
BAB VIII	.....	64
ANALISA EKONOMI	.....	64
8.1.	Keuntungan (Profitabilitas).....	65
8.1.1.	Total Penjualan Produk	65
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal.....	66
8.2.1.	Perhitungan Depresiasi.....	66
8.2.2.	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal.....	66
8.2.3.	Pay Out Time (POT)	67
8.3.	Total Modal Akhir	68
8.3.1.	Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP).....	68
8.3.2.	<i>Total Capital Sink</i>	69
8.4.	Laju Pengembalian Modal	70
8.4.1.	<i>Rate of Return Investment (ROR)</i>	70
8.4.2.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	70
8.5.	Break Event Point (BEP)	71
BAB IX	.....	75
KESIMPULAN	.....	75
DAFTAR PUSTAKA	.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor Formaldehida di Indonesia	7
Tabel 2.2. Data Produksi Formaldehida di Indonesia.....	9
Tabel 2.3. Data Ekspor Formaldehida di Indonesia.....	10
Tabel 2.4. Data Produksi Urea-Formaldehida untuk Kayu <i>Polywood</i>	12
Tabel 2.5. Data Produksi Urea-Formaldehida untuk Kayu <i>Particle Board</i>	13
Tabel 5.1. Kebutuhan Air Pendingin	27
Tabel 5.2. Perhitungan <i>Evaporation Loss</i>	28
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Domestik	30
Tabel 5.4. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	31
Tabel 5.5. Kebutuhan <i>Saturated Steam 200°C</i>	32
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik Peralatan	33
Tabel 5.7. Total Kebutuhan Listrik Pabrik Formaldehida	34
Tabel 5.8. Total Kebutuhan Bahan Bakar	36
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal <i>Shift</i> Kerja Karyawan.....	58
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Pembuatan Formaldehida.....	60
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	65
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal (US\$).....	67
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Data Impor Formaldehida 2014 - 2023	8
Gambar 3.1. Peta Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	15
Gambar 3.2. Peta Lokasi Jarak Sumber Bahan Baku	16
Gambar 3.3. Perencanaan Tata Letak Pabrik	18
Gambar 3.4. Perencanaan Tata Letak Peralatan Proses	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	63
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP).....	72

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
E_j	: 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

2. ADSORBER

V_t	: Kapasitas kolom, m^3
V_k	: Volume kolom, m^3
ε	: Porositas
ε_p	: Porositas internal
V_s	: Volume silinder, m^3
V_E	: Volume elipsoidal, m^3
V_T	: Volume total kolom, m^3
H_s	: Tinggi silinder, m
H_E	: Tinggi elipsoidal, m
D	: Diamter, m
r	: Jari-jari silinder, m
H_t	: Tinggi tangki, m
H_T	: Tinggi total tangki, m
V_p	: Volume adsorben, m^3
ρ_p	: Dry particle density, kg/m^3
t_c	: Tinggi dinding bagian silinder, m
P	: Tekanan desain, psi
r_i	: Radius dalam, in
S	: Tegangan maksimal, psi

E_j	: Joint efficiency
C_c	: Corrosion allowance, in
OD	: Outside diameter, m

3. HEAT EXCHANGER (SUPERHEATER, COOLER, EVAPORATOR, VAPORIZER, 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, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
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, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
I_b	: Jarak baffle, m
D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP

C_p	: Panas spesifik, kJ/kg.°C
hid, hod	: Koefisien dirt factor shell, tube, W/m ² .°C
kw	: Konduktivitas bahan, W/m.°C
ΔP	: Pressure drop, psi

4. FURNACE

q_n	: Neat heat release, Btu/jam
q_r	: Radiant duty, Btu/jam
t_f, t_t	: Temperatur fluida, temperatur dinding, °f
Art,a	: Luas area radiant section, luas tube, ft ²
OD	: Diameter luar tube, ft
L	: Panjang tube, ft
Nt	: Jumlah tube
Acp	: Cold plane surface, ft ²
V	: Volume furnace, ft ³
L_{beam}	: Mean beam Length, ft
Eg	: Gas emisivitas
Qs	: Heat loss fuel gas, Btu/jam
hcc	: Koefisien konveksi, Btu/jam.ft ² °f
hcl	: Koefisien gas radiant, Btu/jam.ft ² °f
hcw	: Koefisien wall radiant, Btu/jam.ft ² °f
Acw	: Wall area per row, ft ²
F	: Factor seksi konveksi
Uc	: Overall transfer coefisient seksi konveksi, Btu/jam.ft ² °f
G	: Mass velocity pada minimum cross section, lb/s.ft

5. REAKTOR

C_{Ao}	: konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	: Tebal korosi yang dizinkan, atm
DK	: Diameter katalis, cm
F_{Ao}	: Laju alir umpan, kmol/jam
g	: Gravitasi
Hr	: Tinggi Reaktor, m

ID	: Inside Diameter, m
k	: Konstanta laju reaksi, $\text{m}^3/\text{kmol}\cdot\text{s}$
N	: Bilangan Avogadro
OD	: Outside Diameter, m
P	: Tekanan, atm
Q_f	: Volumetric Flowrate Umpan
Re	: Bilangan Reynold
S	: Working Stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur. $^{\circ}\text{C}$
t	: Tebal dinding vessel
V_K	: Volume katalis, m^3
V_t	: Volume reaktor, m^3
W_k	: Berat katalis
X	: Konversi
ρ	: Densitas
ε_A	: Voidage
ϕ	: Porositas Katalis
σ	: Diameter Partikel, cm

6. QUENCHING TOWER

T_g , in	: Temperatur gas masuk, K
T_l	: Temperatur liquid, K
V_l	: Volume cairan, cm^3
Q_l	: Kecepatan volumetris cairan, cm^3/jam
V_h	: Volume head sampa straight flange, m^3
ID	: Diameter tanki, m
ΔP	: Pressure Drop dalam air, inches of water
E	: joint efficiency
C	: corrosion allowence, in
R_c	: crown radius, in
R_l	: knuckle radius, in

vg	: Kecepatan linear gas, m/s
θ	: Waktu yang diperlukan quencher untuk mendinginkan feed, s
Ds	: Diameter spray, m
Hs	: Tinggi spray, m
q	: Debit per orifice, m ³ /jam
do	: Diameter orifice, m
Nt	: Jumlah Orifice, buah
At	: Luas area total orifice, m ²

7. 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
gc	: 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

8. KOMPRESOR

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, $\text{ft.lbf}/\text{lb}$
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

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	75
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	101
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN	144
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI	248
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	265

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri di Indonesia memiliki penilaian yang tinggi untuk penunjang dalam perekonomian sehingga berguna dalam menghadapi kesiapan bahan untuk industri hilir. Indonesia merupakan negara berkembang yang memiliki potensi sangat besar untuk mengembangkan beragam jenis industri. Hal ini memicu peningkatan perekonomian dan arus masuk investasi serta memperluas lapangan pekerjaan baru. Sektor industri yang memiliki dampak besar dalam perkembangan negara akan terus dikembangkan oleh pemerintah Indonesia khususnya industri kimia sebab menjadi salah satu penopang utama dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Umumnya, industri kimia mengalami pertumbuhan yang signifikan dengan meningkatnya kebutuhan manusia baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Peran industri kimia yang cukup besar dalam meningkatkan perekonomian nasional dan dapat terus bertumbuh untuk memperbaiki kemunduran ekonomi yang disebabkan oleh pandemi yang terjadi pada 2 tahun terakhir. Data menunjukkan pengembangan dan perluasan sektor industri kimia yang stabil dapat terus dilakukan untuk terus mempercepat dalam meningkatkan perekonomian nasional. Suatu industri tidak dapat berdiri sendiri sehingga masih memerlukan peran dari industri lain dalam menghasilkan produk yang diinginkan. Dalam memenuhi kebutuhan suatu bahan baku maka perlu peran industri lain dalam proses produksi. Salah satu bahan baku pada industri kimia yang memiliki peranan sangat penting dalam suatu industri serta kebutuhan industri adalah senyawa formaldehida.

Banyak sektor industri membutuhkan senyawa formaldehida baik dijadikan bahan baku maupun suatu produk. Sektor-sektor ini merupakan antara lain sektor industri tekstil, industri minyak bumi, industri medis, industri farmasi dan industri kertas. Industri medis senyawa formaldehida digunakan untuk pengawetan mayat atau pengeringan pada kulit manusia. Selain itu, senyawa formaldehida juga dapat dibutuhkan oleh industri pertanian dimana senyawa formaldehida berperan sebagai bahan pendukung dalam pembuatan pupuk urea.

Pendirian pabrik formaldehida ini diharapkan menjadi produk unggul serta memiliki bahan-bahan yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi sehingga dapat meningkatkan perputaran ekonomi dalam negeri, meningkatkan kapasitas produksi komoditi yang digunakan, memacu pertumbuhan ekonomi, serta munculnya industri baru yang memanfaatkan senyawa formaldehida sehingga meningkatkan pengadaan lapangan kerja baru untuk masyarakat Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Formaldehida atau formaldehid yang juga disebut metanal atau formalin merupakan turunan aldehida dengan rumus kimia CH_2O yang berwujud gas atau cair. Senyawa ini juga dapat ditemukan dalam bentuk padatan yang disebut sebagai *paraformaldehida* atau *trioxane*. Tahun 1867, Formaldehida pertama kali diidentifikasi oleh ilmuwan terkenal dari Jerman yang bernama August Wilhelm von Hofmann dimana sebelumnya disintesis oleh kimiawan yang bernama Rusia Aleksandr Butlerov pada tahun 1859. Formaldehida pertama kali digunakan pada tahun 1899 yang bertujuan untuk mengawetkan mayat dalam jumlah yang besar (Athariqa dkk, 2022). Formaldehida berkaitan dengan pengawetan pada manusia hingga suatu barang baik dari zaman dahulu masih digunakan sampai sekarang.

Formladehida diproduksi pertama kali sebagai agen pengawet dan juga desinfektan. Produksi formaldehida menjadi sangat masif hingga sekarang dan menjadikan senyawa ini sebagai bahan kimia yang komersial dan paling banyak digunakan berbagai industri. Formaldehida dikomersialkan dalam berbagai macam bentuk yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Pembuatan formaldehida menggunakan bahan baku *methanol* dengan menerapkan proses dehidrogenasi metanol. Katalis yang digunakan merupakan katalis perak (Fe_2O_3) atau katalis logam lainnya. (CN 11559960B/2023). Formaldehida mudah direduksi menjadi senyawa metanol oleh senyawa hidrogen dengan bantuan katalis logam.

Biasanya produksi formaldehida menggunakan metode, yakni proses katalis metalik silver dan proses metal oksida. Proses katalis silver lebih diunggulkan dalam produksi formaldehida dimana konsentrasi yang terbentuk melalui proses ini sebesar 75-80%, sedangkan proses metal oksida memiliki konsentrasi yang terbentuk hanya sebesar 20-25% (Millan dan Collins, 2017). Pada prosessilver katalis, gas metanol melewati katalis silver pada reaktor. Reaksi yang

terbentuk adalah formaldehida, hidrogen dan uap air. Kondisi operasi reaksi ialah pada temperatur 400-500°C. Gas-gas produk didinginkan menggunakan air dan metanol yang lebih dilakukan pemisahan dan dikembalikan ke proses kembali. Pada proses metal oksida katalis, formaldehida dibuat dari oksidasi metanol. Katalis yang digunakan merupakan katalis *iron molybdenum oxide* dimana proses yang dilalui hampir sama dengan proses silver katalis akan tetapi hanya hasil produk pada proses ini lebih tinggi dibandingkan dengan proses silver katalis.

1.3. Macam - Macam Proses Pembuatan Formaldehida

Pembuatan formaldehida dapat menggunakan beberapa proses reaksi. Proses dalam pembuatan formaldehida dari metanol ialah dengan *silver catalyst process* dan *metal oxide process*. Proses pembentukan senyawa formaldehida memiliki beberapa jenis proses tersebut dapat dilihat pada uraian sebagai berikut .

1.3.1. Proses *Silver Catalyst*

Proses ini menggunakan katalis perak yang dimasukkan ke dalam reaktor dengan tipe *fixed bed multitube*. Katalis perak ini diletakkan secara bertumpuk pada reaktor dengan gas metanol melewati katalis tersebut. Katalis ini memiliki umur sekitar 3-8 bulan dengan mudah teracuni oleh sulfur dan beberapa logam dari golongan transisi. Proses ini memiliki reaksi dengan tekanan yang tinggi dari tekanan atmosfer. Berikut reaksi yang terjadi dalam pembentukan formaldehida:

1. Reaksi Oksidasi



2. Reaksi Dehidrogenasi



Pada proses ini udara direaksikan dengan metanol dalam reaktor. Selanjutnya, produk didinginkan secara cepat dan dialirkan ke menara absorber dimana metanol, air dan formaldehida terkondensasi di dasar menara. Pada bagian atas menara, metanol dan formaldehida dihilangkan sisa gas dengan berkontak langsung dengan udara bersih. Produk kemudian dimurnikan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan proses distilasi. Metanol dan formaldehida tersisa dibuang ke reaktor. Konversi yang dicapai sebesar 65,1% dengan *yield* produk mencapai sebesar 89,1% (Javaid dkk, 2020). Pada dasarnya, reaksi yang terjadi adalah r dengan temperature tinggi sekitar 400-600°C dan tekanan 1 atmosfer.

1.3.2. Proses *Metal Oxide Catalyst*

Pada proses ini menggunakan metanol sebagai bahan baku dan katalis metal. Proses ini sama dengan proses katalis perak hanya saja yang membedakan pada jenis katalis yang digunakan serta nilai ekonomis yang berbeda. Katalis ini memiliki umur sekitar 12-18 bulan. Proses ini beroperasi pada rentang suhu 250-400°C dan tekanan 1-1,5 atm (Shakeel dkk, 2020). Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah eksoteremis. Berdasarkan Proses *Metal Oxide Catalyst*, formaldehida dapat terbentuk dengan reaksi berikut.



Metanol diuapkan ke vaporizer yang sebelumnya dilakukan pemanasan agar mencapai suhu pada alat vaporizer. Kemudian diuapkan ke reaktor melewati rabung berisi katalis. Proses ini menggunakan udara yang berlebih dan suhu dikontrol secara isothermal. Selanjutnya, gas didinginkan melalui bagian bawah kolom absorber. Gas dan air berkontak sehingga mengendap pada bagian bawah kolom absorber. Produk akhir dikeluarkan dari bagian bawah kolom absorber. Konversi metanol yang diperoleh berkisar mencapai 98% tergantung pada selektivitas, aktivitas dan suhu katalis serta laju perpindahan panas.

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Metanol

- Sifat Fisika

Rumus molekul	: CH ₄ O
Berat molekul	: 32,042 g/mol
Wujud	: Cair
Berat jenis	: 0,7920 g/cm ³
Titik Didih	: 64,7°C
Titik Leleh	: -97,68°C
Temperatur Kritis	: 239,43°C
Tekanan Kritis	: 80,96 bar
Volume Kritis	: 117,8 cm ³ /mol

- Sifat Kimia

Menurut Lembar MSDS tingkat bahaya metanol sebagai berikut:



: Sangat mudah terbakar (*highly flammable*) baik dalam fase *liquid*



: Beracun (*Toxic*) jika tertelan, terkena kulit dan terhirup



: Dapat menyebabkan kerusakan organ (karsinogenik)

Berdasarkan potensi bahaya yang telah dijelaskan sebelumnya, maka cara yang dilakukan untuk menangani bahaya tersebut antara lain:

- Jika Terhisap. Memindahkan korban ke tempat yang luas dan penuh udara segar. Memberikan oksigen dan nafas buatan jika pernafasan korban sesak dan berhenti. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Terkena mata. Membasuh area terkena dengan air mengalir dengan jumlah yang banyak. Melepaskan lensa kontak dengan cepat. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Terkena Kulit. Membasuh area terkena dengan air mengalir dengan jumlah yang banyak. Mengganti dan membuang segera pakaian yang terkontaminasi. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Tertelan. Buang segera senyawa yang tertelan. Mintalah bantuan medis bila anda merasa tidak sehat.

1.4.2. Formaldehida

- Sifat Fisika

Rumus molekul	: CH ₂ O
Berat molekul	: 30,026 g/mol
Berat jenis	: 0,8150 g/cm ³
Titik Didih	: -19,1°C
Titik Leleh	: -117°C
Temperatur Kritis	: 134,85°C
Tekanan Kritis	: 65,86 bar
Volume Kritis	: 105 cm ³ /mol

- Sifat Kimia

Menurut Lembar MSDS tingkat bahaya formaldehida sebagai berikut:



: Sangat mudah terbakar (*highly flammable*) baik dalam fase *liquid*



: Korosif bagi kulit



: Beracun (*Toxic*) jika tetelan, terkena kulit dan terhirup



: Dapat menyebabkan kerusakan organ (karsinogenik)

Berdasarkan potensi bahaya yang telah dijelaskan sebelumnya, maka cara yang dilakukan untuk menangani bahaya tersebut antara lain:

- Jika Terhisap. Memindahkan korban ke tempat yang luas dan penuh udara segar. Memberikan oksigen dan nafas buatan jika pernafasan korban sesak dan berhenti. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Terkena mata. Membasuh area terkena dengan air mengalir dengan jumlah yang banyak. Melepaskan lensa kontak dengan cepat. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Terkena Kulit. Membasuh area terkena dengan air mengalir dengan jumlah yang banyak. Mengganti dan membuang segera pakaian yang terkontaminasi. Berkonsultasi ke dokter apabila iritasi semakin parah.
- Jika Tertelan. Buang segera senyawa yang tertelan. Mintalah bantuan medis bila anda merasa tidak sehat.

1.4.3. Air

Rumus molekul : H₂O

Berat molekul : 18,015 g/mol

Berat jenis : 0,9970 g/cm³

Titik Didih	: 100°C
Titik Leleh	: 0°C
Temperatur Kritis	: 373,98°C
Tekanan Kritis	: 220,55 bar
Volume Kritis	: 56 cm ³ /mol

1.4.4. Hidrogen

Rumus molekul	: H ₂
Berat molekul	: 1,0078 g/mol
Berat jenis	: 0,00008988 g/cm ³
Titik Didih	: -253,1°C
Titik Leleh	: -259,1°C
Temperatur Kritis	: -239,85°C
Tekanan Kritis	: 1,293 bar

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2024. *Data Harga Bahan*. (Online). <https://www.alibaba.com/>. (Diakses pada tanggal 30 Agustus 2024).
- Alwiansyah, A., & Zahri, A. (2022). Evaluasi Kualitas Hasil Produksi Urea Di Perusahaan Pupuk Menggunakan Metode Kansai Engineering. *Jurnal TEKNO*, 90-98.
- Anonim, 2022. Industri Formaldehida di Indonesia. (Online). <https://news.detik.com/berita/d-511554/daftar-20-perusahaan-produsen-formalin>. (Diakses pada tanggal 28 April 2024).
- Athariqa, D., Oktapia, S. M., & Dermawan, D. 2022. *Urea-Formaldehid Konsentrat Sebagai Bahan Baku Resin Urea-Formaldehid*. *Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*. Vol. 2(1): 11-21.
- Badan Pusat Statistik. .2023. *Ekspor dan Impor* (Online). <https://www.archive.bps.go.id/exim/> . (Diakses pada tanggal 8 April 2024)
- Ekawati, dkk. 2020. Analisa Ekonomi Prarancangan Pabrik Kimia Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Randu (Ceiba Pentandra) Menggunakan Katalis Heterogen Cao Dengan Kapasitas 22.000 Ton/Tahun. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*. Vol. 6(2): 241-248.
- Google Maps. 2024. Peta Lokasi Rencana Pendirian Pabrik Kawasan Industri JIPE. (Online). <https://www.google.com/maps/@-7.0921289,112.6152123,3101m/data=!3m1!1e3>. (Diakses pada tanggal 8 Agustus 2024).
- Ike, R. 2008. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Yogyakarta: Andi.
- Javaid, M., Muazzam, Y., Naqvi, S. R., Shakeel, K., Taqvi, S. A. A., Uddin, F., ... & Niazi, M. B. K. (2020). *Performance Comparison Of Formaldehyde Using Two Different Catalysts. Processes*. Vol. 8(5). Hal : 671.
- JIPE. 2018. Kawasan Indsutri JIPE. (Online). <https://www.jiipe.com/id/home/kawasanDetail/id/1>. (Diakses pada tanggal 8 Agustus 2024).
- Kaltim Methanol Industri. (2015). *Manufaktur*. <https://kaltimmethanol.com/id/manufaktur.html>

- Kaya, M., & Klahn, C. (2023). Sequential parameter optimization for algorithm-based design generation using data from multiphysics simulations. *Procedia CIRP* 119, 1234-1239.
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Lenntech. 2024. *Evaporation and Evaporators*. Online. <https://www.lenntech.com/evaporation.htm>.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (3rd Edition). John Wiley & Sons.
- Matche. 2014. Data Harga Peralatan. (Online): <http://www.matche.com>. (Diakses pada 2 Oktober 2024).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (Fifth Edition). McGraw-Hill.
- Millar, G. J., & Collins, M. 2017. *Industrial Production Of Formaldehyde Using Polycrystalline Silver Catalyst. Industrial & Engineering Chemistry Research*. Vol. 56(33). Hal : 9247-9265.
- 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).
- Shakeel, K., Javaid, M., Muazzam, Y., Naqvi, S. R., Taqvi, S. A. A., Uddin, F., ... & Niazi, M. B. K. 2020. *Performance Comparison Of Industrially Produced Formaldehyde Using Two Different Catalysts. Journal Processes*. Vol. 8(5). Hal : 571.
- 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.

- Treyball, R. E. (1981). *Mass Transfer Operations* (3rd Edition). McGraw-Hill Book Co.
- UN Comtrade Database. 2024. Data impor Formaldehida (online). <https://comtradeplus.un.org/>. (Diakses pada tanggal 10 April 2024)
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. *Tentang Ketenagakerjaan*. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada Tanggal 28 juli 2024).
- Vilbrandt.1959. *Process Labor Requirements For Chemical Industries* (4th Edition)
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design* . Butterworth-Heinemann.
- 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
- Yohana, Y. 2015. Tanggung Jawab Hukum Atas Bentuk Usaha Badan Hukum Dan Bentuk Usaha Non Badan Hukum. *Jurnal Mercatoria*.Vol. 8(1). Hal : 46-53.