

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN ASETALDEHID
KAPASITAS 60.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh :

SITI ALIFA OVINDRIANI	03031182126014
M. DAFFA KHAIRUDDIN	03031282126076

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

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

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana**

Oleh :

SITI ALIFA OVINDRIANI

03031182126014

M. DAFFA KHAIRUDDIN

03031282126076

Indralaya, Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

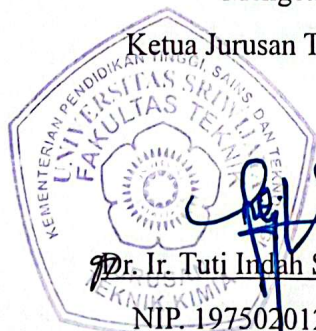


Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

NIP. 197502012000122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Asetaldehid Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh M. Daffa Khairuddin dan Siti Alifa Ovindriani dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Juli 2025. Dengan ini menyatakan bahwa :

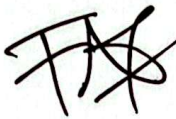
1. Prof. Dr. Ir. Susila Arita, DEA.

NIP. 196010111985032002

()

2. Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T, M.T.

NIP. 197808222002122001

()

3. Ir. Rizka Wulandari, S.T, M.T.

NIP. 199007112019032018

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

NIP. 197502012000122001

Indralaya, Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 197502012000122001

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

M. DAFFA KHAIRUDDIN

03031282126076

SITI ALIFA OVINDRIANI

03031182126014

Judul :

"PRA RANCANGAN PABRIK ASETALDEHID KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN"

Mahasiwa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Juli 2025 oleh Dosen Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Susila Arita, DEA.

NIP. 196010111985032002

()

2. Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T, M.T.

NIP. 197808222002122001

()

3. Ir. Rizka Wulandari, S.T, M.T

NIP. 199007112019032018

()

Indralaya, Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Tuli Indah Sari, S.T., M.T.

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siti Alifa Ovindriani

NIM : 03031182126014

Judul : Pra Rancangan Pabrik Asetaldehid Kapasitas 60.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama M. Daffa Khairuddin 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 sistem yang berlaku.

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

Indralaya, 21 Juli 2025



Siti Alifa Ovindriani

NIM. 03031182126014



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Daffa Khairuddin

NIM : 03031282126076

Judul : Pra Rancangan Pabrik Asetaldehid Kapasitas 60.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Siti Alifa Ovindriani 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 sistem yang berlaku.

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

Indralaya, Juli 2025



M. Daffa Khairuddin

NIM. 03031282126076



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 Asetaldehid Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan tugas akhir penulis tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis telah banyak menerima bimbingan, petunjuk, bantuan, dan dorongan yang bersifat moral maupun materi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan yang sebesar-besarnya kepada :

- 1) Ibu Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M. T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya serta selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
 - 2) Ibu Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T., M.T. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
 - 3) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
 - 4) Kedua orang tua penulis yang telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti- hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
 - 5) Semua pihak, termasuk teman-teman, yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan.
- Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juni 2025

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASETALDEHID DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 60.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2025

Siti Alifa Ovindriani dan M. Daffa Khairudin

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

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Asetaldehid dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri pada tahun 2030 di Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. 5,9 ha. Proses pembuatan asetaldehid ini mengacu pada Patent WO2024/163090AI, dimana metode proses yang digunakan adalah dehidrogenasi dari etanol menggunakan *Copper-Chromium Catalyst*. Reaksi berlangsung pada *Packed Bed Reactor* (PBR) dengan tekanan 1,5 atm dan temperatur 260°C. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan karyawan sebanyak 126 orang. Pabrik Asetaldehid layak didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi sebagai berikut :

- *Total Capital Investment* (TCI) = US\$ 439.596.140,090
- Total Penjualan Produk = US\$ 645.598.648,411
- *Total Production Cost* (TPC) = US\$ 439.596.140,090
- *Annual Cash Flow* (ACF) = US\$ 254.886.336,799
- *Pay Out Time* = 2,14 tahun
- *Rate of Return on Investment* (ROR) = 51%
- *Discounted Cash Flow* -ROR = 58%
- *Shut Down Point* (SDP) = 5%
- *Break Event Point* (BEP) = 36%
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci: Asetaldehid, Dehidrogenasi etanol, *Fixed Bed Reactor*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Produksi Asetaldehid	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	2
1.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	3
1.5. Proses Pembuatan Asetaldehid.....	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK	11
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	11
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	12
2.3. Pemilihan Proses	16
2.4. Pemilihan Bahan Baku.....	17
2.5. Uraian Proses	18
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	20
3.1. Lokasi Pabrik	20
3.2. Tata Letak Pabrik	23
3.3. Kebutuhan Luas Area Pabrik	24
3.4. Pertimbangan Tata Letak Peralatan.....	25
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS.....	27

4.1.	Neraca Massa	27
4.2.	Neraca Panas	32
BAB V UTILITAS.....		39
5.1.	Unit Pengadaan Steam	39
5.2.	Unit Pengadaan Air	40
5.3.	Unit Pengadaan Listrik.....	45
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	47
5.5.	Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	48
5.6.	Unit Pengadaan Air Pemadam Kebakaran	48
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....		51
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		73
7.1.	Bentuk Organisasi Perusahaan.....	73
7.2.	Struktur Organisasi Perusahaan	74
7.3.	Tugas dan Wewenang.....	75
7.4.	Sistem Kerja	78
7.5.	Penentuan Jumlah Karyawan	80
BAB VIII ANALISA EKONOMI		84
8.1.	<i>Profitabilitas</i> (Keuntungan)	85
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	86
8.3.	Total Modal Akhir	88
8.4.	Laju Pengembalian Modal	90
8.5.	<i>Shut Down Point</i> (SDP)	91
8.6.	<i>Break Even Point</i> (BEP).....	91
BAB IX KESIMPULAN		94
DAFTAR PUSTAKA.....		95
LAMPIRAN.....		97

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama.....	3
Tabel 1.2. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Pendukung.....	3
Tabel 1.3. Sifat Fisika dan Kimia Katalis	4
Tabel 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Produk Utama	4
Tabel 1.5. Sifat Fisika dan Kimia Produk Samping	5
Tabel 1.6. Perbandingan Proses Produksi Asetaldehid.....	9
Tabel 2.1. Data Impor Asetaldehid di Indonesia	12
Tabel 2.2. Data Konsumsi Asetaldehid di Asia	13
Tabel 2.3. Data Kebutuhan Asetaldehid di Dunia	14
Tabel 2.4. Tingkat Pertumbuhan Konsumsi Asetaldehid di Dunia.....	14
Tabel 2.5. Prediksi Kebutuhan Asetaldehid 2025-2030	15
Tabel 2.6. Perbandingan Harga Bahan Baku	17
Tabel 3.1. Luas Tanah Area Pabrik, Perkantoran dan Perluasan	24
Tabel 5.1. Kebutuhan Utilitas	39
Tabel 5.2. Peralatan dengan Kebutuhan Steam 350°C	39
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Proses	41
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Pendingin	41
Tabel 5.5. Kebutuhan Air Domestik	44
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	44
Tabel 5.7. Kebutuhan Listrik Peralatan	45
Tabel 5.8. Kebutuhan Listrik Pabrik Asetaldehid.....	46
Tabel 5.9. Kebutuhan Bahan Bakar	48
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja Shift.....	79
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Asetaldehid.....	81
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	85
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	87
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Lokasi Pabrik Asetaldehid dan Distribusi Bahan Baku	20
Gambar 3.2. Lokasi Target Pasar sebagai Konsumen Produk Asetaldehid	21
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik	24
Gambar 3.4. Tata Letak Peralatan.....	24
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	82
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	91

DAFTAR NOTASI

1. Heat Exchanger (Heater, Cooler, Condenser, Chiller dan Reboiler)

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, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
l_b	: Jarak baffle, m
De	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_w	: Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$

ΔP : Pressure drop, psi

2. Pompa

A : Area alir pipa, in²

BHP : Brake Horse Power, HP

D_{opt} : Diameter optimum pipa, in

f : Faktor friksi

g : Percepatan gravitasi ft/s²

gc : Konstanta percepatan gravitas, ft/s²

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, ft³/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/m³

3. Kompresor

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
P_W	: Power kompresor, HP
Q	: Kapasitas kompresor, ft ³ /menit
Rc	: Rasio kompresi
W	: Laju alir massa, lb/jam
ρ	: Densitas, lb/ft ³

4. Reaktor

C_C	: Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
D_p	: Diameter katalis, m
D_S	: Diameter shell, m
D_T	: Diameter tube, in
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	: Tinggi shell reaktor, m
H_T	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
N_t	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
p_t	: Tube pitch, in
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, cm
V_k	: Volume katalis, m ³
V_T	: Volume reaktor, m ³
ρ, ρ_k	: Densitas fluida, katalis, kg/m ³
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K

σ_A	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
E_A	: Energi aktivasi, kJ/kmol
V_E	: Volume ellipsoidal, m ³
H_S	: Tinggi silinder, m
h	: Tinggi tutup
H_T	: Tinggi total tanki, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_i	: Tinggi impeller, m
D_i	: Diameter impeller, m
W_b	: Lebar Baffle, m
g	: Lebar baffle pengaduk, m
r	: Panjang blade pangaduk, m
r_b	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

5. Kolom Destilasi

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

6. Accumulator

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
E_j	: 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
V_s	: Volume silinder, m ³
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. Knock Out Drum

A	: Vessel Area Minimum, m ²
C	: Corrosion maksimum, in
D	: Diameter vessel minimum, m
E	: Joint efisiensi
HL	: Tinggi liquid, m
H_t	: Tinggi vessel, m
P	: Tekanan desain, psi
Q_v	: Laju alir volumetric massa, m ³ /jam
Q_L	: Liquid volumetric flowrate, m ³ /jam
S	: Working stress allowable, psi

t	: Tebal dinding tangki, cm
U_v	: Kecepatan uap maksimum, m/s
V_t	: Volume vessel, m^3
V_h	: Volume head, m^3
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
ρ_g	: Densitas gas, kg/m^3
ρ_l	: Densitas liquid, kg/m^3

8. Pressure Swing Adsorber

T	: Temperatur, $^{\circ}C$
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas kg/m^3
V_k	: Volume kolom, m^3
W_p	: Berat adsorben total, kg
V_p	: Volume packing, m^3
W_b	: Berat adsorben per kolom, kg
D	: Diameter kolom PSA, m
H_k	: Ketinggian kolom PSA, m
t	: Tebal dinding silinder, m
t_h	: Tebal dinding head, m

9. 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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.	Perhitungan Neraca Massa	97
Lampiran II.	Perhitungan Neraca Panas.....	126
Lampiran III.	Perhitungan Spesifikasi Alat	180
Lampiran IV.	Perhitungan Analisa Ekonomi.....	302
Lampiran V.	Tugas Khusus	319

BAB 1

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia saat ini menempatkan sektor industri manufaktur sebagai salah satu prioritas utama dalam upaya mempercepat pertumbuhan ekonomi nasional. Langkah ini sejalan dengan visi pemerintah untuk meningkatkan daya saing ekonomi melalui penguatan sektor pengolahan. Berdasarkan laporan dari Kementerian Perindustrian, pada triwulan III tahun 2024, sektor industri pengolahan nonmigas berhasil mencatat pertumbuhan yang impresif, yaitu sebesar 4,84% dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun sebelumnya. Sektor ini memberikan kontribusi besar terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia, mencapai sekitar 17,18% pada tahun 2024. Capaian ini mencerminkan peran subsektor tidak hanya menciptakan nilai tambah ekonomi, tetapi juga dapat menambah lapangan kerja, mendorong ekspor, dan juga meningkatkan investasi di tanah air.

Meningkatnya aktivitas di sektor industri manufaktur Indonesia turut mendorong peningkatan kebutuhan terhadap barang impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), nilai impor Indonesia pada periode Januari hingga November 2024 mencapai US\$241,25 miliar, naik sebesar 2,06% dibandingkan periode tahun sebelumnya. Angka ini mencerminkan betapa besar ketergantungan industri manufaktur Indonesia terhadap bahan-bahan yang sebagian besar diimpor dari luar negeri. Salah satu bahan impor yang memiliki peranan penting dalam industri pengolahan adalah asetaldehid. Asetaldehid memiliki berbagai macam penggunaan dalam industri kimia. Sebagian besar, yaitu lebih dari 95% produk ini dimanfaatkan sebagai bahan perantara dalam produksi berbagai produk kimia lainnya, seperti bahan baku untuk pembuatan asam asetat, etil asetat, pyridine, glyoxal, alkilamina, pentaenythritol, dan berbagai bahan kimia lainnya yang digunakan dalam berbagai proses manufaktur (Eckert dkk, 2012).

Impor asetaldehid menjadi sangat penting karena senyawa ini memiliki peranan dalam menunjang berbagai sektor industri. Berdasarkan data badan pusat statistik

(BPS) tahun 2024, Indonesia mengimpor asetaldehid sebanyak 26,718 ton. Senyawa ini memiliki reaktivitas kimia yang sangat tinggi, menjadikannya sebagai bahan antara yang sangat diperlukan untuk proses produksi sejumlah produk industri. Prospek pasar untuk asetaldehid, baik di tingkat domestik maupun global, sangat menjanjikan. Negara-negara di kawasan Asia Pasifik merupakan konsumen utama asetaldehid. Menurut laporan *Exactitude Consultancy*, ukuran pasar asetaldehid diperkirakan mencapai USD 2,75 miliar pada tahun 2029, dengan pertumbuhan tahunan sebesar 6,2% selama periode perkiraan.

Berdasarkan uraian diatas dengan melihat kegunaan dan kebutuhan asetaldehid yang masih sering didatangkan dari luar negeri melalui impor. Maka dari itu, pemerintah harus menekan nilai impor asetaldehid, sehingga Indonesia harus mempunyai rencana untuk mendirikan pabrik produsen asetaldehid yang lebih banyak agar memenuhi kebutuhan asetaldehid di industri Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Produksi Asetaldehid

Asetaldehid atau Ethanal (C_2H_4O) pertama kali ditemukan pada tahun 1774 oleh Scheele saat melakukan reaksi antara mangan oksida hitam dan asam sulfat dengan alkohol. Proses pembuatannya kemudian dijelaskan pada tahun 1835 oleh Liebig, yang berhasil memperoleh asetaldehid murni melalui oksidasi etanol dengan asam kromat dan memperkenalkan nama "aldehid" untuk senyawa ini, yang merupakan singkatan dari "alkohol dehidrogenatus".

Secara komersial, asetaldehid mulai digunakan untuk memproduksi aseton melalui asam asetat antara tahun 1914 dan 1918 di Jerman oleh Wacker dan di Kanada oleh Shawinigan. Produksi asetaldehid secara komersial juga dimulai di Amerika Serikat pada tahun 1916. Proses produksi ini mencakup metode seperti oksidasi atau dehidrogenasi etanol, penambahan air pada asetilen, oksidasi parsial hidrokarbon, serta oksidasi langsung dengan etilen (Eckert dkk, 2012).

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Pendirian pabrik asetaldehid bertujuan untuk memenuhi kebutuhan asetaldehid di Indonesia sebagai solusi untuk mengurangi impor, untuk dapat meningkatkan daya

tahan perekonomian nasional melalui sektor industri, dan juga memacu pertumbuhan industri baru di Indonesia khususnya asetaldehid. Manfaat pendirian pabrik ini juga diharapkan dapat meningkatkan devisa negara, dapat mengurangi pengangguran, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisik dan sifat kimia senyawa dalam proses pembuatan asetaldehid diantaranya :

1.4.1. Bahan Baku Utama

Tabel 1.1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama

Parameter	Ethanol
Rumus Molekul	C_2H_5OH
Bentuk Fisik (25°C)	Cair
Warna	Tak Bewarna
Berat Molekul (Kg/Kmol)	46,07
Densitas (Kg/m^3) pada 20°C	789
Titik Didih (°C)	78,2
Titik Lebur (°C)	-114,14
Temperatur Kritis (K)	513,9
Tekanan Kritis (bar)	61,48
Bahaya	Mudah terbakar
Kelarutan	Larut di air dan pelarut organik

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

1.4.2. Bahan Baku Pendukung

Tabel 1.2. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Pendukung

Parameter	Air
Rumus Molekul	H_2O
Bentuk Fisik (25°C)	Cair
Warna	Tak Bewarna
Berat Molekul (Kg/Kmol)	18,015

Densitas (Kg/m ³) pada 20°C	998,2
Titik Didih (°C)	100
Titik Lebur (°C)	0
Temperatur Kritis (K)	647,1
Tekanan Kritis (bar)	220,64
Bahaya	-
Kelarutan	Larut dengan banyak senyawa ionic & polar

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

1.4.3. Katalis

Tabel 1.3. Sifat Fisika dan Kimia Katalis

Parameter	<i>Copper-Chromium</i>
Rumus Molekul	CuCr
Bentuk Fisik (25°C)	Padat
Densitas (Kg/m ³) pada 20°C	950
Diameter Katalis	20 m
Porositas Katalis(cm ³ /g)	0,4
Surface area Katalis (m ² /g)	115,000

(Sumber: Pubchem., 2024)

1.4.4. Produk Utama

Tabel 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Produk Utama

Parameter	Acetaldehid
Rumus Molekul	C ₂ H ₄ O
Bentuk Fisik (25°C)	Cair
Warna	Tak Bewarna
Berat Molekul (Kg/Kmol)	44,054
Densitas (Kg/m ³) pada 20°C	778
Titik Didih (°C)	20,4
Titik Lebur (°C)	-123,0
Temperatur Kritis (K)	461,0

Tekanan Kritis (bar)	55,7
Bahaya	Mudah terbakar dan Iritasi
Kelarutan	Larut di air dan pelarut organik

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

1.4.5. Produk Samping

Tabel 1.5. Sifat Fisika dan Kimia Produk Samping

Parameter	Etil Asetat	Hidrogen
Rumus Molekul	$C_4H_8O_2$	H_2
Bentuk Fisik (25°C)	Cairan	Gas
Warna	Tak Bewarna	Tak Bewarna
Berat Molekul (Kg/Kmol)	88,107	2,106
Densitas (Kg/m ³) pada 20°C	901	71
Titik Didih (°C)	77,1	-252,8
Titik Lebur (°C)	-83,6	-259,2
Temperatur Kritis (K)	523,2	33,2
Tekanan Kritis (bar)	38,3	13,0
Bahaya	Mudah terbakar dan Iritasi	Mudah terbakar dan Gas bertekanan tinggi
Kelarutan	Larut di air dan pelarut organik	Larut di air dan pelarut organik

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

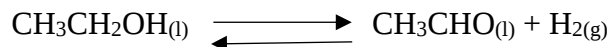
1.5. Proses Pembuatan Asetaldehid

Asetaldehid dapat dihasilkan melalui beragam metode yaitu Proses dehidrogenasi etanol, oksidasi etanol, etilen dan hidrasi asetilena (Eckert dkk, 2012).

1.5.1. Proses Dehidrogenasi Etanol

Proses dehidrogenasi etanol menggunakan bahan baku ethanol dan hydrogen serta menggunakan katalis Cu-Cr untuk menghasilkan asetaldehid. Proses ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1886. Uap etanol dilewatkan melalui katalis yang terdiri dari tembaga yang diaktivasi dengan oksida kromium dalam reaktor tubular pada suhu 260°C–290°C.

Reaksi yang terjadi :

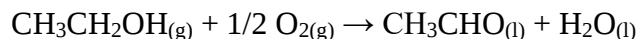


Pada proses ini sebanyak 30-50% ethanol berhasil dikonversi. Dalam proses ini, hidrogen dihasilkan sebagai produk samping, sehingga udara yang keluar mengandung hidrogen dengan sedikit etil asetat. Asetaldehida diperoleh kembali dari bagian atas kolom distilasi setelah pemisahan residu *scrubber*. Setelah melalui keseluruhan proses, asetaldehida yang dihasilkan mencapai tingkat kemurnian hingga 90%.

1.5.2. Proses Oksidasi Etanol

Proses oksidasi etanol menggunakan bahan baku etanol dan oksigen serta menggunakan katalis Ag untuk menghasilkan asetaldehid.

Reaksi yang terjadi :



Dalam proses pembuatan asetaldehida melalui oksidasi etanol, campuran uap etanol dan oksigen dari udara dimasukkan ke dalam reaktor yang mengandung katalis pada suhu 400-500°C dan tekanan 1 atmosfer. Sebanyak 25-35% alkohol berhasil dikonversi, sementara alkohol yang tidak bereaksi serta asetaldehida diserap dari gas menggunakan alkohol dingin. Asetaldehida kemudian dipisahkan dari etanol melalui proses distilasi, dan alkohol yang tidak bereaksi dikembalikan sebagai umpan untuk reaktor. Proses ini menghasilkan asetaldehida dengan efisiensi 85-95%, sementara produk sampingnya meliputi asam asetat, etil asetat, karbon oksida, dan metana.

1.5.3. Proses Oksidasi Etilen

Proses oksidasi etilen terdapat dua macam yaitu metode tahap tunggal yang menggunakan oksigen dengan *recycle* dari reaktan yang tidak terkonversi, dan metode dua tahap yang menggunakan udara tanpa *recycle* reaktan.

1) Single Step Process

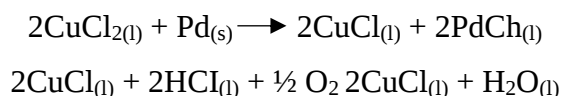
Reaksi yang terjadi :



Dalam proses ini, etilen dengan kemurnian tinggi (98% volume) dan oksigen (99,5% volume) digunakan. Reaksi berlangsung pada tekanan absolut 3-5 atm dan suhu sekitar 120–130°C. Uap yang keluar dari bagian atas reaktor dikondensasi secara terpisah melalui separator, sementara fase cair yang diperoleh didaur ulang. Gas yang tersisa dialirkan ke menara pendingin (quenching) dengan suhu di bawah 125–500°C, mengandung etilen yang tidak terkonversi. Gas tersebut kemudian dikompresi dan dikembalikan ke zona reaksi. Dari bagian atas reaktor, diperoleh asetaldehida dengan kemurnian 99,7–99,9% berat. Proses ini menghasilkan konversi 25–30% dan total hasil sebesar 94% mol dari umpan dan 90% mol dari oksigen.

2) Two-Step Process

Reaksi yang terjadi :



Proses ini memiliki keunggulan karena dapat dijalankan dengan etilen berkadar kemurnian lebih rendah (95% volume) dan menggunakan udara. Etilen dan katalis dimasukkan bersama ke dalam reaktor pada kondisi operasi suhu 110°C dan tekanan absolut 10 atm. Setelah limbah gas (seperti nitrogen) dipisahkan melalui proses flashing, sebagian besar katalis yang telah diregenerasi dikembalikan ke tahap awal proses.

Gas campuran asetaldehida dan uap air yang dihasilkan dari proses flashing dikonsentrasikan hingga 60–90% berat di kolom distilasi pertama. Komponen ringan dan berat, seperti air dan asam asetat, dikeluarkan melalui rangkaian dua kolom distilasi berikutnya. Dengan metode dua tahap ini, konversi etilen mencapai 97–98%, dan hasil akhir sebesar 94–95% mol.

1.5.4. Proses Hidrasi Asetilen

Proses ini memerlukan penggunaan asam sulfat dan merkuri sulfat sebagai katalis untuk memproduksi asetaldehida.

Reaksi yang terjadi :



Asetilen dengan kemurnian tinggi (97%) bersama dengan gas *recycle* yang mengandung sekitar 75% asetilen dicampur dengan uap air dan dimasukkan ke dalam reaktor vertikal yang berisi katalis berupa larutan garam merkuri, asam sulfat, ferro, dan air. Proses berlangsung pada suhu 90–95°C dan tekanan 1–2 atm, dengan konversi asetilen per siklus mencapai 55%. Proses ini menghasilkan *yield* dari asetaldehid mencapai 93-98%. Asetilen yang tidak bereaksi dikompresi, kemudian dibersihkan melalui kolom scrubber sebelum didaur ulang ke reaktor. Pemurnian asetaldehida dilakukan melalui distilasi untuk memisahkan crotonaldehida, asam asetat, dan air. Pada kolom terakhir, gas-gas terlarut seperti asetilen dan karbon dioksida dihilangkan, meninggalkan produk asetaldehida murni.

Proses ini dimodifikasi melalui metode Chisso, yang menggunakan suhu lebih rendah dan tidak melibatkan daur ulang asetilen. Namun, penggunaan asam sulfat sebagai komponen aktif yang bersifat korosif membutuhkan perhatian khusus terhadap ketahanan peralatan terhadap korosi. Selain itu, merkuri yang mahal dan bersifat beracun memerlukan penanganan yang cermat untuk menghindari risiko keracunan, sementara asetilen yang sangat reaktif juga harus ditangani dengan hati-hati untuk mengurangi potensi bahaya.

Tabel 1.6. Perbandingan Proses Produksi Asetaldehid

Proses	Parameter						
	Katalis	Suhu (°C)	Konversi (%)	Yield (%)	Produk Samping	Kekurangan	Kelebihan
Proses Dehidrogenasi Etanol	CuCr	260-290	30-50	90	Hidrogen dan Etil asetat	Proses ini memiliki tingkat konversi sedang dan menghasilkan produk samping seperti etil asetat dan hidrogen.	Proses sederhana, katalis murah dan tidak beracun, serta mampu menghasilkan asetaldehida dengan <i>yield</i> tinggi hingga 90%.
Proses Oksidasi Etanol	Ag	400-500	25-35	85-95	Asam asetat, Etil asetat, CO ₂ , Methane	Membutuhkan suhu tinggi yang meningkatkan konsumsi energi, serta menghasilkan produk samping CO ₂ , metana, dan etil asetat yang menurunkan selektivitas.	Proses relatif sederhana, dan mampu menghasilkan asetaldehida dengan <i>yield</i> tinggi antara 85–95%.
Proses Oksidasi Etilen Single Step	Palladium, CuCl ₂	120-130	25-30	93-95	Asam asetat, CO ₂ Chlorinated.	Katalis berbasis logam mulia mahal, menghasilkan produk samping berupa senyawa terklorinasi yang bersifat <i>toxic</i> dan berbahaya bagi lingkungan.	Memiliki efisiensi tinggi dengan <i>yield</i> asetaldehida mencapai 93–95% hanya dalam satu tahap reaksi,
Proses Oksidasi Etilen Double Step	Palladium, CuCl ₂	110	97-98	94-95	Asam asetat, air	Proses yang kompleks, membutuhkan kontrol operasi yang ketat serta biaya katalis dan perawatan tinggi	Dapat mencapai <i>yield</i> sangat tinggi (94–95%) dengan selektivitas yang baik

Proses Hidrasi Asetilen	Larutan garam merkuri, Asam sulfat	90-95	55	93-98	Crotonaldehid, asam asetat, air,	Menggunakan katalis merkuri yang bersifat sangat <i>toxic</i> dan menghasilkan limbah berbahaya, bahan baku asetilen mahal dan berisiko tinggi.	Reaksi berlangsung cepat dan menghasilkan <i>yield</i> tinggi,
----------------------------	--	-------	----	-------	--	---	---

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba.com. 2025. *Catalysts and Chemical Auxilary Agents*. (Online).
www.alibaba.com. (Diakses pada 28 April 2025).
- Badan Pusat Statistik. 2023. Data Impor-Ekspor Asetaldehid.
<https://www.bps.go.id/exim/> (Diakses pada 14 Maret 2025).
- Bremer, J., & Sundmacher, K. (2019). *Operation range extension via hot-spot control for catalytic CO₂ methanation reactors*. *Reaction Chemistry & Engineering*, 4(6), 1019-1037. (Diakses pada 28 April 2025)
- Coulson, J. M., dan J. F. Richardson. 2015. *Chemical Engineering*, 6th Volume, 4th Edition. Elsevier: Inggris. (Diakses pada 14 Maret 2025).
- Eckert, M., Fleischmann, G., Jira, R., Bolt, H. M., & Golka, K. (2012). Acetaldehyde. Dalam *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. (Diakses pada 28 April 2025).
- Elma, M., dan Nata, J.F. 2008. *Bahan Ajar Reaktor Kimia HKKK 461 (3 SKS)*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat. (Diakses pada 28 April 2025).
- Epstein, I. R., & Pojman, J. A. (1998). *An introduction to nonlinear chemical dynamics: oscillations, waves, patterns, and chaos*. Oxford university press. (Diakses pada 28 April 2025).
- Exactitude Consultancy. 2023. Acetaldehyde Market by Process (Oxidation of Ethanol, Oxidation of Ethylene, Dehydrogenation of Ethanol), Application, Industry Trends, Global Forecast 2023–2029. Diakses dari <https://www.exactitudeconsultancy.com>. (Diakses pada 28 April 2025).
- Felder, R. M. 2005. *Elementary Principles of Chemical Processes 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons. (Diakses pada 28 April 2025).
- Fogler, H. S. 2001. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3th edition*. New Jersey : Prentice Hall PTR. (Diakses pada 28 April 2025).
- Hasabnis, 2024. *Process For Dehydrogenating An Alkanol To Produce Acetaldehyde*. WO2024163090A1. (Diakses pada 12 Desember 2024).

- IndexBox Platform. (2015). Ethanal (Acetaldehyde) Market in Asia: Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights for 2007–2015. Moscow: IndexBox. Diakses dari <https://www.indexbox.io>.
- Ismail, S. 1996. Alat Industri Kimia. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2016. *Industri Kimia Ketergantungan Bahan Baku Impor*. (Online). <http://www.kemenperin.go.id/>. (Diakses pada 8 April 2025).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co. (Diakses pada 28 April 2025).
- Kohl, A. L. dan Nielsen, R. B. 1997. *Gas Purification 5th Edition*. Texas: Gulf Publishing Company. (Diakses pada 28 April 2025).
- Komariah, L., Tjokrosapoetro, R., & Sari, R. N. (2009). Operasi Teknik Kimia I. Bandung: Penerbit ITB. (Diakses pada 28 April 2025).
- Ludwig, E. E. 1999. *Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants*. Volume 2, Third Edition. Louisiana: Gulf Professional Publishing. (Diakses pada 28 April 2025).
- Ludwig, E. E. 1999. *Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants*. Volume 3, Third Edition. Louisiana: Gulf Professional Publishing. (Diakses pada 28 April 2025).
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 25 April 2025).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill. (Diakses pada 28 April 2025).
- Nasrun. 2012. Dehidrasi Etanol Secara Pervaporasi dengan Membran Selulosa Asetat Termodifikasi Zeolit Alam. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(1), 1-11. (Diakses pada 25 April 2025).
- Nurlia, 2019. *Pengaruh Struktur Organisasi terhadap Pengukuran Kualitas Pelayanan (Perbandingan antara Ekspektasi /Harapan dengan Hasil Kerja)*. Meraja Journal. Vol. (2) : 53-56. (Diakses pada 28 April 2025).

- Perry, R. H., Green, D. W., dan Southard, M. Z. 2019. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 9th Edition*. New York: McGraw-Hill Company. (Diakses pada 28 April 2025).
- Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*, 4 th Edition. New York : Mc Graw Hill International Book Co. (Diakses pada 28 April 2025).
- PT Indo Acidatama Tbk. *Produk Chemical*. 2015. (Online). <https://www.acidatama.co.id/>. (Diakses pada 12 Desember 2024).
- PubChem. 2004. *Chemical Information*. (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. (Diakses pada 30 Januari 2025).
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition*, Volume 6. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. (Diakses pada 28 April 2025).
- Smith, J.M., Van Ness, H.C. and Abbott, M.M. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 7th International Edition, McGraw-Hill: New York. (Diakses pada 30 Januari 2025).
- Shuler, M.L., & Kargi, F. (2002). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts*. Prentice Hall. (Diakses pada 30 Januari 2025).
- Statista. (2024). *Asetaldehyde Import and Global Market Trends in Asia-Pacific*. Diakses dari <https://www.statista.com>. (Diakses pada 28 April 2025).
- Treybal, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill. (Diakses pada 28 April 2025).
- Vilbrandt, F., C. dan Dryden, C., E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. Newton: Butterworth-Heinemann. (Diakses pada 28 April 2025).
- Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. USA: Butterworth-Heinemann. (Diakses pada 28 April 2025).
- Xu, Z., Liu, W., Yu, Z., & Liu, X. (2025). *Advances and Challenges in Catalyst Dense-Phase Packing Technology: A Review*. *Catalysts*, 15(3), 222. (Diakses pada 28 April 2025).
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill: Singapura. (Diakses pada 28 April 2025).