

PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN VINIL ASETAT
KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

NADIA FARHANA (03031182126017)

DITA SAFITTRIE (03031282126055)

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL ASETAT KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Nadia Farhana

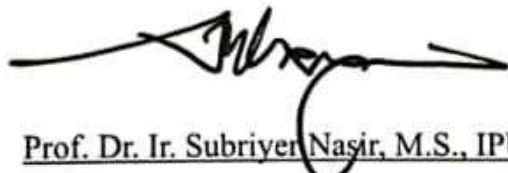
NIM. 03031182126017

Dita Safittrie

NIM. 03031282126055

Indralaya, September 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Prof. Dr. Ir. Subriyeh Nasir, M.S., IPU

NIP. 196009091987031004

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 Vinil Asetat Kapasitas 34.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Nadia Farhana dan Dita Safittrie dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 September 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Ir. Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T.

NIP. 199007112019032018

(14/9-25 )

2. Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

NIP. 198208042012121001

()

3. Ir. Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 198204252023212029

( 17/9-25)

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Indralaya, September 2025

Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 197502012000122001



Prof. Dr. Ir. Subriyeh Nasir, M.S. IPU

NIP. 196009091987031004

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

NADIA FARHANA

03031182126017

DITA SAFITTRIE

03031282126055

Judul:

**"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL ASETAT
KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN"**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 September 2025 oleh Dosen Penguji:

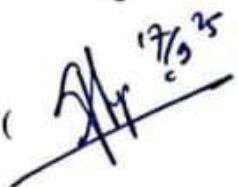
1. Ir. Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T.
NIP. 199007112019032018

(^{16/9-25} )

2. Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

()

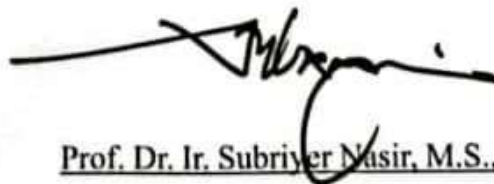
3. Ir. Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 198204252023212029

(^{17/9-25} )

Indralaya, September 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Subriyeh Nasir, M.S., IPU

NIP. 196009091987031004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadia Farhana

NIM : 03031182126017

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Asetat Kapasitas
34.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Dita Safittrie 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 paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2025



Nadia Farhana

NIM. 03031182126017



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dita Safittrie

NIM : 03031282126055

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Asetat Kapasitas
34.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Nadia Farhana** 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 paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2025



Dita Safittrie

NIM. 03031282126055



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan Rahmat, nikmat, karunia, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Asetat Kapasitas 34.000 Ton/Tahun” dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih yang setulusnya kepada:

- 1) Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan dan doa demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadia, S.T., M.T., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S., IPU selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 5) Bapak/Ibu dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Sahabat, Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya Angkatan 2021, dan kakak tingkat yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama ini.

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

Indralaya, September 2025

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir, banyak pihak yang telah membantu dalam berbagai hal. Bantuan baik moril maupun materi merupakan salah satu hal yang sangat membantu dan berkesan dalam penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih kepada pihak-pihak tersebut terutama kepada:

- 1) Allah SWT. yang telah memberikan kesabaran, kesehatan jasmani serta memberikan kemudahan sehingga laporan akhir dapat terselesaikan.
- 2) Bapak Sugiarto Margunadi dan Ibu Lina Oktarina selaku orang tua dari Nadia Farhana yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, restu dan doa sehingga ananda dapat menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
- 3) Ayah Sasmito dan Ibu Erma Susanti selaku orang tua dari Dita Safittrie yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, restu serta doa sehingga ananda dapat menjalani perkuliahan hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
- 4) Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S., IPU. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu mendukung, memberi arahan serta memberikan ilmu dan restu kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan mendapatkan nilai yang memuaskan.
- 5) Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan dan kasih sayang tiada henti serta mendoakan kami dalam pembuatan laporan tugas akhir.
- 6) Teman-teman dari Ukhtieah (Riflah, Dinda, Nafiza, Dhea, Nabila) dan teman-teman Teknik Kimia 21, atas semangat, kebahagiaan, bantuan dan dukungan sehingga kami dapat bertahan dan menyelesaikan tugas akhir ini.
- 7) Marcellianti, Shinta, Ghina, Siti, Ichsan, Hegar, Mellynda, Sucilawati, Nandita Eriska, Haniza, Istiqomah, dan Regita Oktari, atas semangat, waktu, ilmu, serta dukungan sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- 8) Partner yang telah mengerjakan tugas akhir ini bersama hingga selesai dan senantiasa sabar serta saling memahami kekurangan dan latar belakang masing-masing sehingga dalam pembuatan laporan tugas akhir ini dapat berjalan dengan aman dan damai.

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL ASETAT KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2025

Nadia Farhana; Dita Safittrie

Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S., IPU

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Vinil Asetat dengan kapasitas 34.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di Kawasan Serang, Banten, Jawa Barat pada tahun 2030, dengan perkiraan luas area pabrik sebesar 5,87 Ha. Pembuatan vinil asetat dilakukan dengan mereaksikan bahan baku gas etilen, oksigen dan asam asetat dalam reaktor *Fixed Bed* dengan katalis Pd/SiO₂. Proses pembuatan Vinil Asetat dalam pra-rancangan mengacu pada Paten No. US 2023/0312453 A1. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff* yang dipimpin oleh satu direktur utama dengan jumlah karyawan sebanyak 155 orang. Pabrik Vinil Asetat ini layak dipertimbangkan untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi berikut:

- | | |
|--|-----------------------|
| a) <i>Total Capital Investment</i> | = US\$ 53.422.662,68 |
| b) <i>Selling Price per Year</i> | = US\$ 149.940.567,93 |
| c) <i>Total Production Cost</i> | = US\$ 126.751.651,77 |
| d) <i>Annual Cash Flow</i> | = US\$ 21.767.003,20 |
| e) <i>Pay Out Time</i> | = US\$ 2,52 tahun |
| f) <i>Rate of Return on Investment</i> | = 32,55% |
| g) <i>Discounted Cash Flow-ROR</i> | = 39,82% |
| h) <i>Break Event Point</i> | = 36,47% |
| i) <i>Service Life</i> | = 11 tahun |

Kata Kunci: Vinil Asetat, *Fixed Bed Reactor*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
RINGKASAN	ix
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Proses Pembuatan Vinil Asetat (VAc)	4
1.3.1. Proses Reaksi Asam Asetat dan Asetilena	4
1.3.2. Proses dengan Reaksi antara Asetaldehid dan Asetat Anhidrat	4
1.3.3. Proses Oksidasi Etilen.....	5
1.3.4. Proses Oksidatif Dehidrogenasi Etana	5
1.3.5. Proses Produksi dengan Asam Asetat, Etilen, dan Oksigen.....	6
1.4. Sifat Fisik dan Kimia	8
1.4.1. Bahan dan Produk	8
1.4.2. Katalis	9
1.4.3. Larutan yang Digunakan.....	9
BAB II	10
PERENCANAAN PABRIK	10
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	10
2.2. Penentuan Kapasitas	11

2.2.1.	Data Impor Vinil Asetat Indonesia.....	11
2.2.2.	Perhitungan Penentuan Kapasitas Produksi dengan Metode <i>Discounted</i>	12
2.3.	Pemilihan Bahan Baku	15
2.4.	Pemilihan Proses	15
2.5.	Uraian Proses.....	17
BAB III.....		21
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK		21
3.1.	Lokasi Pabrik.....	21
3.1.1.	Ketersediaan Bahan Baku	22
3.1.2.	Unit Pendukung Proses (Utilitas).....	23
3.1.3.	Transportasi dan Pemasaran Hasil Produksi	24
3.1.4.	Tenaga Kerja	24
3.1.5.	Letak Geografis.....	25
3.2.	Tata Letak Pabrik.....	25
3.2.1.	Daerah Administrasi/Perkantoran	26
3.2.2.	Daerah Fasilitas Umum.....	27
3.2.3.	Daerah Operasi.....	27
3.2.4.	Daerah Laboratorium dan ruang kontrol.....	27
3.2.5.	Daerah penyimpanan bahan baku dan produk	27
3.2.6.	Daerah Utilitas	27
3.2.7.	Daerah Pengolahan Limbah	27
3.3.	Perkiraan Luas Tanah yang Diperlukan.....	28
BAB IV		31
NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		31
4.1.	Neraca Massa.....	31
4.2.	Neraca Panas	43
BAB V.....		54
UTILITAS.....		54
5.1.	Unit Pengadaan Listrik	54
5.1.1.	Kebutuhan Listrik Peralatan	54
5.1.2.	Kebutuhan Listrik Penerangan.....	55

5.1.3.	Total Kebutuhan Listrik	56
5.2.	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	57
5.2.1.	<i>Steam</i> Pemanas.....	57
5.2.2.	<i>Steam</i> Penggerak Turbin	57
5.3.	Unit Pengadaan Air.....	58
5.3.1.	Air Pendingin	58
5.3.2.	Air sebagai Solvent Scrubber.....	61
5.3.3.	Air Umpan Boiler (<i>Boiler Feed Water</i>)	61
5.3.4.	Air Domestik.....	62
5.3.5.	Total Kebutuhan Air	63
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	64
5.4.1.	Bahan Bakar Boiler-01	64
5.4.2.	Bahan Bakar Boiler-02 untuk Turbin Generator	64
5.4.3.	Total Kebutuhan Bahan Bakar	65
BAB VI		66
SPESIFIKASI PERALATAN		66
6.1.	Tangki-01 (T-01).....	66
6.2.	Tangki-02 (T-02).....	66
6.3.	Tangki-03 (T-03).....	67
6.4.	Tangki-04 (T-04).....	67
6.5.	Tangki-05 (T-05).....	68
6.6.	Tangki-06 (T-06).....	68
6.7.	Tangki-07 (T-07).....	69
6.8.	Tangki-08 (T-08).....	70
6.9.	Pompa-01 (P-01)	70
6.10.	Pompa-02 (P-02)	71
6.11.	Pompa-03 (P-03)	72
6.12.	Pompa-04 (P-04)	73
6.13.	Pompa-05 (P-05)	74
6.14.	Pompa-06 (P-06)	75
6.15.	Pompa-07 (P-07)	76
6.16.	Pompa-08 (P-08)	77

6.17.	Pompa-09 (P-09)	78
6.18.	Pompa-10 (P-10)	79
6.19.	Pompa-11 (P-11).....	80
6.20.	Pompa-12 (P-12)	81
6.21.	Vaporizer-01 (VP-01)	82
6.22.	Heater-01 (H-01)	82
6.23.	Heater-02 (H-02)	83
6.24.	Heater-03 (H-03)	84
6.25.	Heater-04 (H-04)	85
6.26.	Kompresor-01 (K-01)	86
6.27.	Kompresor-02 (K-02).....	87
6.28.	Kompresor-03 (K-03)	87
6.29.	Kompresor-04 (K-04).....	88
6.30.	Kompresor-05 (K-05)	89
6.31.	Kompresor-06 (K-06).....	89
6.32.	Cooler-01 (C-01)	90
6.33.	Cooler-02 (C-02)	91
6.34.	Cooler-03 (C-03)	92
6.35.	Cooler-04 (C-04)	93
6.36.	Cooler-05 (C-05)	94
6.37.	Cooler-06 (C-06)	95
6.38.	Cooler-07 (C-07)	96
6.39.	Cooler-08 (C-08)	97
6.40.	Cooler-09 (C-09)	98
6.41.	Cooler-10 (C-10)	99
6.42.	Partial Condenser-01 (PC-01)	100
6.43.	<i>Knock Out Drum</i> -01 (KOD-01).....	101
6.44.	Knock Out Drum-02 (KOD-02)	101
6.45.	Reaktor-01 (R-01).....	102
6.46.	Scrubber-01 (SC-01).....	103
6.47.	Scrubber-02 (SC-02).....	103
6.48.	Absorber-01 (AB-01)	104

6.49.	Absorber-02 (AB-02)	105
6.50.	Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	106
6.51.	Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	107
6.52.	Condenser-01 (CD-01)	108
6.53.	Condenser-02 (CD-02)	109
6.54.	Reboiler-01 (RB-01).....	110
6.55.	Reboiler-02 (RB-02).....	111
6.56.	Accumulator-01 (ACC-01).....	112
6.57.	Accumulator-02 (ACC-02).....	112
6.58.	Stripper-01 (ST-01).....	113
BAB VII		115
ORGANISASI PERUSAHAAN		115
7.1.	Bentuk Perusahaan	115
7.2.	Struktur Organisasi Perusahaan.....	116
7.3.	Tugas dan Wewenang	118
7.3.1.	Dewan Komisaris	118
7.3.2.	Direktur	118
7.3.3.	Manager Teknik dan Produksi	119
7.3.4.	Manajer Personalia dan Umum.....	120
7.3.5.	Manajer Keuangan dan Pemasaran	120
7.3.6.	Kepala Bagian	121
7.3.7.	Kepala Seksi.....	121
7.3.8.	Operator/Karyawan.....	122
7.4.	Sistem Kerja	122
7.4.1.	Karyawan <i>Non-Shift</i>	122
7.4.2.	Karyawan <i>Shift</i>	123
7.5.	Penentuan Jumlah Karyawan	124
7.5.1.	<i>Direct Operation Labor</i>	124
7.5.2.	<i>Indirect Operation Labor</i>	125
BAB VIII		129
ANALISA EKONOMI		129
8.1.	Keuntungan (Profitabilitas)	130

8.1.1.	Total Penjualan Produk	130
8.1.2.	Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF).....	130
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal.....	131
8.2.1.	Perhitungan Depresiasi	131
8.2.2.	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	131
8.2.3.	<i>Pay Out Time</i> (POT)	132
8.3.	Total Modal Akhir	133
8.3.1.	<i>Net Profit Over Total Lifetime of the Project</i> (NPOTLP)	133
8.3.2.	Total Capital Sink (TCS).....	135
8.4.	Laju Pengembalian Modal.....	135
8.4.1.	<i>Rate of Return on Investment</i> (ROR)	135
8.4.2.	<i>Discounted Cash Flow of Return</i> (DCF-ROR)	135
8.5.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	136
BAB IX		139
KESIMPULAN		139
DAFTAR PUSTAKA		140

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Data Impor Vinil Asetat	11
Tabel 2. 2. Data Kenaikan Impor Vinil Asetat per Tahun.....	12
Tabel 2. 3. Data Kenaikan Ekspor Vinil Asetat per Tahun	13
Tabel 2. 4. Perbandingan Proses Pembuatan Vinil Asetat	16
Tabel 5. 1. Kebutuhan Listrik Peralatan	54
Tabel 5. 2. Kebutuhan Steam Peralatan.....	57
Tabel 5. 3. Kebutuhan Air Pendingin Peralatan	58
Tabel 7. 1. Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift.....	123
Tabel 7. 2. Perincian Jumlah Karyawan	125
Tabel 8. 1. Total Penjualan Produk.....	130
Tabel 8. 2. Rincian Anggaran Pengembalian Modal	132
Tabel 8. 3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tren Impor Vinil Asetat dan Prediksi Tahun 2030	11
Gambar 3. 1. Peta Lokasi Pabrik	21
Gambar 3. 2. Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan PT. Chandra Asri Pacific	22
Gambar 3. 3. Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan PT. Air Liquide Indonesia	23
Gambar 3. 4. Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan PT. Indo Acidatama Chemical Industry	23
Gambar 3. 5. Tata Letak Pabrik (<i>Lay-Out</i>) Vinil Asetat	29
Gambar 3. 6. Tata Letak Alat	30
Gambar 7. 1. Struktur Organisasi	128
Gambar 8. 1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP)	137

DAFTAR NOTASI

1. Tangki

C_c	= Tebal korosi maksimum (m)
D	= Diameter tangka (m)
E_j	= <i>Joint efficiency</i>
h	= Tinggi ellipsoidal (m)
H	= Tinggi silinder (m)
H_T	= Tinggi total tangka (m)
OD	= Diameter luar tangka (m)
P	= Tekanan desain (psi)
r	= jari-jari tangka (m)
S	= <i>Allowable working stress</i> (psi)
t	= Tebal dinding tangka (m)
V_e	= Volume ellipsoidal (m^3)
V_s	= Volume silinder (m^3)
V_t	= Kapasitas tangka (m^3)
W	= Laju alir massa (kg/jam)
ρ	= Densitas (kg/m^3)

2. Heat Exchanger (Condenser, Cooler, Heater, Reboiler, Partial Condenser, Vaporizer)

W, w	= Laju alir massa di bagian shell, tube (kg/jam)
T_1, t_1	= Temperatur yang masuk shell, tube ($^{\circ}C$)
T_2, t_2	= Temperatur yang keluar shell, tube ($^{\circ}C$)
Q	= Beban panas (kW)
U_o	= Koefisien overall perpindahan panas ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)
ΔT_{lm}	= Selisih log mean temperatur ($^{\circ}C$)
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 volumetric shell, tube (m^3/jam)
U_t, U_s	= Kelajuan fluida shell, tube (m/s)
D_b	= 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)
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 ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)
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)

3. 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 gravitasi (ft/s^2)
H_d, H_s	= Head discharge, suction (ft)
H_f	= Total friksi (ft)
H_{fc}	= Friksi karena kontraksi yang 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 ekuivalen 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 volumetric (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/m.s)
ρ	= Densitas (kg/m ³)

4. Reaktor

a''	= Flow area (in ²)
A _c	= Cross sectional area (m ²)
A _p	= Particle external surface area (m ²)
BM	= Berat molekul (kg/kmol)
C	= Clearance (m)
C _c	= Tebal korosi maksimum (m)
C _p	= Kapasitas panas fluida (J/kg°C)
De	= Equivalent diameter (m)
dh	= Hydraulic diameter, Krischere Kast Hydraulic diameter (mm)
dp	= Particle diameter, partikel katalis, equivalent pellet diameter (mm)
G _g	= Superficial mass velocity of gas (kg/m ² .jam)
H _b	= Bed (catalyst + void) (m)
H _c	= Catalyst (tanpa void atau murni katalis) (m)
H _f	= Tinggi liquid + vapor (tanpa katalis dalam reaktor) (m)

Hh	= Head atas atau bawah (m)
Ht	= Total reaktor (m)
k	= Konstanta laju reaksi ($\text{m}^3/\text{kmol.s}$)
L	= liquid mass velocity ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{s}$) ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{jam}$)
m	= Laju alir massa (kg/jam)
P	= Tekanan desain (psi)
Q	= Laju alir volumetric (m^3/jam)
R	= Konstanta gas ($\text{Kj}/\text{kmol.K}$)
(-r)	= Laju reaksi ($\text{kmol}/\text{m}^3.\text{s}$)
r	= jari-jari kolom (m)
Re	= Bilangan Reynold
S	= Allowable working stress (psi)
t	= Tebal dinding reaktor (m)
Ug	= Superficial velocity gas (m/jam)
UI	= Superficial velocity liquid (m/jam)
V _H	= Volume head (m^3)
V _k	= Volume shell (m^3)
Wel	= Weber number liquid
W _k	= Berat katalis (kg)
Xg	= modified lockharte martinelli number
ε	= Porosity,voidage, turbulent energy dissipation rate
μ	= Viskositas fluida ($\text{kg}/\text{m.s}$)
ρ	= Densitas fluida (kg/m^3)
ρ_b	= Bulk density katalis (kg/m^3)
ρ_g	= Densitas gas (kg/m^3)
ρ_k	= Densitas katalis (kg/m^3)
σ	= Surface tension (N/m) (dybes/cm)
ϕ	= Porositas
ϕ_s	= sphericity
ΔG	= Energi aktivasi (kJ/kmol)
ΔH	= Entalpi pembentukan ($\text{kJ}/\text{kmol.K}$)

5. Kompresor

BHP	= Brake Horse Power, power yang dibutuhkan (HP)
k	= Konstanta kompresi
n	= Jumlah stage
η	= Efisiensi stage
P_{in}	= Tekanan masuk (bar)
P_{out}	= Tekanan keluar (bar)
T_1	= Temperatur masuk ($^{\circ}\text{C}$)
T_2	= Temperatur keluar ($^{\circ}\text{C}$)
P_w	= Power kompresor (HP)
Q	= kapasitas kompresor (lb/menit)
Rc	= Rasio Kompresi
W	= Laju alir massa (lb/jam)
ρ	= Densitas (kg/m^3)

6. Scrubber, Absorber dan Stripper

A	= Cross section area tower (m^2)
BM	= Berat Molekul (kg/kmol)
Cc	= Tebal korosi maksimum (in)
D	= Diameter kolom (m)
D_G, D_L	= Difusivitas gas dan liquid (m^2/s)
E_j	= Efisiensi pengelasan
F_L, F_G	= Koefisien transfer massa gas dan liquid ($\text{kmol/m}^2.\text{s}$)
G	= Kelajuan superfisial molar gas ($\text{kmol/m}^2.\text{s}$)
G'	= Kelajuan supergisial gas ($\text{kmol/m}^2.\text{s}$)
H_{tG}	= Tinggi unit transfer fase gas (m)
H_{tL}	= Tinggi unit transfer fase liquid (m)
H_{tog}	= Tinggi unit transfer overall (m)
L	= Kelajuan liquid total ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
L'	= Kelajuan superfisial massa liquid ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
m	= Rasio distribusi kesetimbangan
P	= Tekanan desain (psi)
SC_g, SC_l	= Bilangan Schmidt gas dan liquid

Z	= Tinggi packing (m)
ΔP	= Pressure drop (psi)
ε	= Energi Tarik menarik molecular
ε_{Lo}	= Fraksi volume liquid (m^3/m^3)
μ_G, μ_L	= Viskositas gas dan liquid (kg/m.s)
ρ_L, ρ_G	= Densitas gas dan liquid (kg/m^3)
σ_L	= Tegangan permukaan liquid (N/m)
ϕ_{lt}	= Total hold-up liquid

7. 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
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

8. Accumulator

C_c	= Tebal korosi maksimum (in)
E_j	= Efisiensi pengelasan
ID	= Diameter dalam (m)
OD	= Diameter luar (m)
L	= Panjang accumulator (m)
P	= Tekanan desain (psi)
S	= Tegangan kerja yang diizinkan (psi)
T	= Temperatur ($^{\circ}C$)
t	= Tebal dinding accumulator (cm)
V	= Volume total (m^3)
V_s	= Volume silinder (m^3)
ρ	= Densitas (kg/m^3)

9. Knock Out Drum

A	= Vessel Area Minimum (m^2)
C	= Corrosion vessel minimum (m)
E	= Join efisiensi
H_L	= 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 tangka (m)
U_v	= Kecepatan uap maksimum (m/s)
V_t	= Volume vessel (m^3)
V_h	= Volume head (m^3)
V_t	= Volume total vessel (m^3)
ρ	= Densitas (kg/m^3)
μ	= Viskositas ($kg/m.s$)

ρ_g = Densitas gas (kg/m³)
 ρ_L = Densitas liquid (kg/m³)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	144
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	207
LAMPIRAN III PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	305
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI.....	548
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	567

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi terus berlangsung seiring dengan upaya pembangunan berbagai sektor di Indonesia yang terus dilakukan oleh pemerintah guna meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia. Pertumbuhan ini memicu tingginya tingkat permintaan pasar terhadap beberapa komoditas, salah satunya berupa bahan kimia. Pertumbuhan perekonomian ini ditunjang dengan besarnya pengembangan industri kimia di Indonesia dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan Indonesia sebagai produsen bahan kimia dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor dan meningkatkan aktivitas ekspor bahan kimia. Pembangunan ini juga menambah lapangan kerja baru sehingga dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Pengembangan industri kimia ini dipengaruhi juga oleh semakin meningkatnya kebutuhan berbagai bahan kimia.

Peningkatan kebutuhan bahan kimia di Indonesia ini akan mempengaruhi angka impor untuk memenuhi permintaan pasar terhadap bahan kimia. Angka importasi bahan kimia berusaha diturunkan untuk membantu mengurangi anggaran negara dan meningkatkan kapasitas nasional. Salah satu langkah Pemerintah untuk menurunkan angka importasi bahan kimia adalah dengan meningkatkan produksi pada industri petrokimia antara salah satunya adalah industri plastik dan polimer, yang diharapkan dapat menjadi pendukung industri andalan. Vinil asetat (VAc) menjadi salah satu bahan baku utama pembuatan plastik seperti polivinil asetat dan polivinil alkohol, yang merupakan produk *intermediate* utama dalam industri resin sintetis dan plastik. Vinil asetat sebagai senyawa *intermediate* dimanfaatkan secara luas dalam industri cat, perekat atau lem, dan serat sintetis.

Jumlah impor vinil asetat dari tahun 2020 hingga 2024 berada pada angka 172.556,252 ton (Badan Pusat Statistik, 2025). Kebutuhan vinil asetat di Indonesia saat ini dipenuhi oleh impor dari negara luar seperti China, Belgia, Prancis, Taiwan, Singapura, Jepang, Korea Selatan, dan Amerika Serikat (Badan Pusat Statistik, 2025). Aktivitas impor vinil asetat ini dilakukan akibat dari belum mampunya industri dalam negeri untuk menopang peningkatan kebutuhan akan vinil asetat

dalam negeri. Pabrik vinil asetat diharapkan dapat dibangun untuk memenuhi kebutuhan serta mengurangi angka impor vinil asetat dari negara luar. Pembangunan pabrik vinil asetat di Indonesia sangat berpotensi untuk dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan akan vinil asetat yang besar sebagai bahan baku dalam industri kimia dan kenyataan bahwa Indonesia masih mengimpor vinil asetat dalam jumlah yang besar.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Vinil asetat pertama kali dibuat di Munich, Jerman dengan nomor hak paten 271.381 atas nama Dr. F. Klate dari Grisheim-Electron Chemical Works pada bulan Juni 1912 (Hanif dan Rozalina, 2020). Vinil asetat merupakan senyawa buatan manusia yang pertama kali diproduksi pada tahun 1912 sebagai produk samping dalam proses sintesis etilidena diasetat. Reaksi yang terjadi melibatkan penggelembungan asetilena melalui campuran merkuri sulfat dan asam asetat anhidrat (Leonardo, 1970). Proses ini dikembangkan oleh Consortium f. Industri Elektrokimia dan digunakan dalam skala industri oleh Wacker Chemie di Burghausen. Selama tahun 1920-an, Jerman mengubah proses fase cair ini menjadi proses fase gas yang memungkinkan Jerman mencapai volume produksi 12 juta kg/tahun pada tahun 1940-an dan berhasil menyumbangkan sebagian besar produksi vinil asetat dunia hingga sekitar tahun 1970 (Rhum, 1970).

Hampir semua vinil asetat yang diproduksi menggunakan proses fase gas asetilena hingga tahun 1965. Proses fase gas melibatkan pengaliran campuran asetilena ke asam asetat sebanyak 4:1 di atas lapisan katalis yang terbuat dari karbon aktif jenuh seng asetat pada suhu 180 – 200°C. Namun, semakin lama proses pembuatan vinil asetat mulai berkembang menjadi penambahan asam asetat ke asetaldehida. Proses tersebut kemudian digantikan oleh proses manufaktur vinil asetat dengan proses fase gas etilena dengan reaksi oksidatif. Proses pembuatan vinil asetat melalui proses fase gas etilena mulai dikembangkan pada tahun 1967 untuk memanfaatkan etilena sebagai bahan baku yang lebih murah daripada asetilena dan mulai digunakan secara luas pada tahun 1970-an (Daniels, 1983).

Perusahaan di berbagai negara seperti Amerika Serikat, Jerman Barat, Jepang, dan Britania Raya telah bersama-sama memodifikasi proses fase gas etilena dengan menggunakan berbagai jenis katalis dalam reaksinya. Katalis yang umum

digunakan yaitu berupa garam palladium, serta beberapa katalis yang sebelumnya juga telah digunakan seperti garam rodium, emas, platinum, vanadium, dan iridium. Proses ini memiliki keuntungan dimana katalis yang digunakan akan bertahan lebih lama dan mengalami lebih sedikit korosi (Mannsville, 1982).

Proses produksi yang kurang dikenal dalam produksi vinil asetat melibatkan reaksi antara asetaldehida dan anhidrida asetat. Spesies *intermediate*, etilidena diasetat mengalami pembelahan pirolitik menjadi vinil asetat dan asam asetat (Leonard, 1970). Proses ini digunakan di Amerika Serikat hingga tahun 1960-an, dan mungkin masih digunakan di pabrik-pabrik kecil di India, Meksiko, dan Tiongkok. Vinil asetat juga dapat disintesis dengan hasil yang tinggi melalui reaksi antara vinil klorida dengan natrium asetat pada suhu 50 – 75°C menggunakan katalis berupa paladium klorida. Metode baru lainnya yang sedang dikembangkan pada tahun 1982 untuk memproduksi vinil asetat adalah dengan pemanfaatan gas sintesis sebagai bahan bakunya. Gas sintesis tersebut akan mengalami serangkaian reaksi pirolitik menjadi senyawa vinil asetat dan asam asetat (Mannsville, 1982).

Vinil asetat umumnya diproduksi dalam tiga tingkatan yang perbedaannya hanya terletak pada kandungan inhibitornya, yang ditambahkan untuk mencegah polimerisasi spontan. Vinil asetat yang baru diproduksi akan ditambahkan p-hidrokuinon dengan konsentrasi yang disesuaikan tergantung berapa lama produk akan disimpan. Produksi vinil asetat secara komersial di Amerika Serikat pertama kali dilaporkan pada tahun 1928. Produksi vinil asetat di Amerika Serikat meningkat dari tahun 1960 hingga 1979 dengan total produksi dari 250 juta pon menjadi 2 miliar pon. Peningkatan produksi vinil asetat ini disebabkan karena adanya dorongan dari besarnya permintaan akan vinil asetat terutama karena penggunaannya untuk emulsi kopolimer pada bidang industri otomotif dan perumahan. Perkiraan bahwa akan terjadi peningkatan permintaan vinil asetat pada tahun 1984 untuk membuat perekat dan pelapis akan menyebabkan kapasitas produksi pabrik vinil asetat juga diperbesar.

1.3. Proses Pembuatan Vinil Asetat (VAc)

Vinil asetat merupakan monomer yang berupa senyawa dengan wujud cairan bening dan merupakan cairan yang bersifat mudah terbakar (*flammable*) (Tunjungsari dkk., 2019). Proses pembuatan vinil asetat secara umum terbagi menjadi 5 jenis proses, yang meliputi:

1.3.1. Proses Reaksi Asam Asetat dan Asetilena

Proses pembentukan vinil asetat terjadi antara asam asetat (CH_3COOH) dan asetilena (C_2H_2) yang kemudian menghasilkan vinil asetat. Reaksi ini berlangsung pada kondisi operasi berupa fase gas pada temperatur $170 - 250^\circ\text{C}$ dengan tekanan $0,1 - 4 \text{ MPa}$. Reaksi berlangsung dengan bantuan katalis $\text{Zn}(\text{OAc})_2$ dengan *support* karbon. Proses pembuatan vinil asetat ini sudah lama tidak digunakan. Hal ini disebabkan karena mahalanya asetilen sehingga proses ini dianggap kurang ekonomis. Berikut merupakan reaksi pembentukan vinil asetat dari asam asetat dan asetilena:



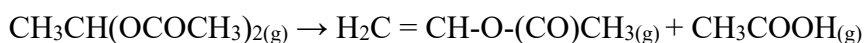
Konversi asetilena per pass pada reaksi pembentukan ini yaitu sekitar 60 – 70%, dengan selektivitas 93% asetilena dan 99% asam asetat. Proses ini digunakan hingga tahun 1968, namun setelahnya jarang digunakan bahkan hanya sekitar 20% kapasitas dunia yang diproduksi dengan proses ini. Harga asetilena yang tinggi serta masalah keamanan menjadikan proses ini kurang dapat bersaing untuk saat ini.

1.3.2. Proses dengan Reaksi antara Asetaldehid dan Asetat Anhidrat

Proses pembentukan vinil asetat dengan mereaksikan asetaldehid dengan asetat anhidrat ini dibagi menjadi dua tahap (Dimian dan Bildea, 2008). Tahapan pertama, asetaldehid akan bereaksi dengan asetat anhidrat membentuk etilidena diasetat dalam fase cair pada temperatur $120 - 140^\circ\text{C}$ dengan FeCl_3 sebagai katalis. Berikut merupakan reaksi pada tahap pertama pembentukan:



Pada tahapan kedua, produk antara (*intermediate*) didekomposisi pada temperatur 120°C dengan menggunakan bantuan katalis asam. Berikut merupakan reaksi pada tahap pembentukan kedua:



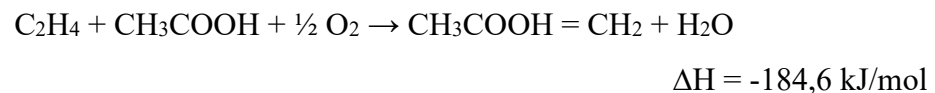
$$\Delta H = -61 \text{ kJ/mol}$$

1.3.3. Proses Oksidasi Etilen

Proses pembentukan vinyl asetat dengan cara oksidasi etilen ini akan menghasilkan produk samping berupa air. Proses pertama dilakukan dengan mereaksikan etilen dengan oksigen sehingga akan menghasilkan asam asetat. Kondisi operasi pada proses ini dilakukan dalam fase gas pada temperatur 286°C dengan tekanan 13,8 atm dengan katalis MoVnbPdO. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada proses oksidasi etilen dengan asam asetat:

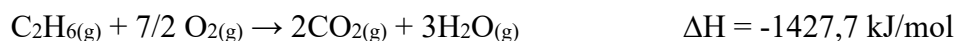
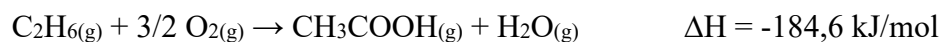
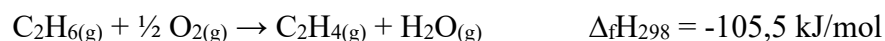


Pada proses tahapan kedua, asam asetat yang telah terbentuk pada reaksi sebelumnya direaksikan dengan etilen dan oksigen sehingga menghasilkan vinyl asetat (Motahari dkk., 2012). Proses ini berlangsung pada kondisi operasi temperatur 150°C dan tekanan 7,8 atm dengan katalis aluminium.

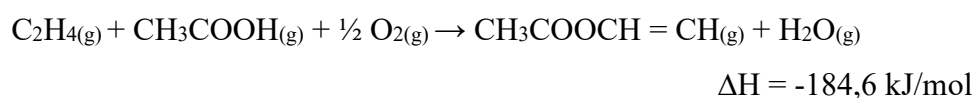


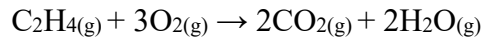
1.3.4. Proses Oksidatif Dehidrogenasi Etana

Pembuatan vinyl asetat melalui proses oksidatif dehidrogenasi etana dilakukan menggunakan dua tahapan. Proses oksidatif dehidrogenasi etana (ODH) ini merupakan reaksi yang berlangsung pada temperatur 400 – 600°C dan bersifat eksotermik (Gärtner dkk., 2013). Tahapan pertama adalah pembentukan etilen, asam asetat, karbondioksida, dan air dengan mereaksikan etana dengan oksigen. Produk yang dihasilkan dari tahapan pertama berupa etilen dan asam asetat. Reaksi proses oksidatif dehidrogenasi etana pada tahapan pertama adalah sebagai berikut:



Tahapan kedua dilakukan dengan mereaksikan produk dari tahap pertama yang berupa etilen dan asam asetat dengan oksigen yang kemudian akan membentuk vinyl asetat, karbon dioksida, dan juga air. Berikut merupakan reaksi pembentukan vinyl asetat dengan oksidatif dehidrogenasi pada tahapan kedua:

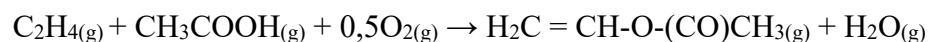




$$\Delta H = -1323,11 \text{ kJ/mol}$$

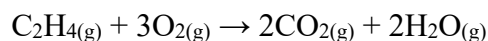
1.3.5. Proses Produksi dengan Asam Asetat, Etilen, dan Oksigen

Proses pembentukan vinil asetat ini dinamakan dengan reaksi oksidasi antara etilen dan asam asetat yang menghasilkan vinil asetat dan air. Proses ini merupakan proses yang paling hemat biaya untuk memproduksi vinil asetat. Proses ini sekarang yang mendominasi produksi vinil asetat di dunia industri. Proses ini terdiri dari dua reaksi yang terjadi dalam fase gas, reaksi utamanya meliputi:



$$\Delta H = -184,6 \text{ kJ/mol}$$

Sedangkan untuk reaksi kedua yang merupakan reaksi samping terjadi antara etilen dan oksigen yang kemudian menghasilkan karbon dioksida dan air dengan reaksi sebagai berikut:



$$\Delta H_{\text{R}}^{\circ} = -1323,11 \text{ kJ/mol}$$

Proses oksidasi etilen akan menghasilkan CO_2 sebagai reaksi samping yang tidak diinginkan (Guan dkk., 2023). Hal ini disebabkan karena CO_2 mampu menyebabkan penurunan hasil dan mempersulit proses penghilangan panas reaksi. Selain itu, CO_2 yang merupakan gas rumah kaca akan berdampak buruk sehingga pembentukan emisi CO_2 perlu dikurangi.

Teknologi lama menggunakan reaksi yang dilakukan dalam fase cair pada temperatur 110 – 130°C dengan tekanan 30 – 40 bar dengan adanya katalis redoks $\text{PdCl}_2 / \text{CuCl}_2$ namun korosi menimbulkan masalah (Dimian dan Bildea, 2008). Teknologi proses modern kemudian mengaplikasikan reaksi yang terjadi pada fase gas pada temperatur 150 – 160°C dengan tekanan 0,8 – 1,0 MPa dengan katalis heterogen yang mengandung paladium dengan umur katalis 1 – 5 tahun. Penggunaan katalis Pd / Au modern menghasilkan selektivitas dapat mencapai 94% untuk etilen, dan 98 – 99% asam asetat.

Etilena yang merupakan salah satu bahan baku pada proses ini merupakan gugus alkena paling sederhana dengan titik didih 103,7°C dan suhu pencairan +169,2°C dan merupakan gas mudah terbakar yang tidak berwarna. Proses pembentukan vinil asetat ini memanfaatkan katalis bifungsional berbasis paladium.

Namun, terdapat katalis alternatif lain untuk produksi. Cleans menggunakan alternatif pertama, campuran logam paladium, emas dan tembaga asetat. Alternatif kedua, katalis yang dapat digunakan adalah paladium-emas, yang diproduksi di Lyndell dan Basell. Opsi ketiga, katalis $\text{Pd/KOCH}_3\text{O}_2$, banyak digunakan di DuPont.

1.4. Sifat Fisik dan Kimia

1.4.1. Bahan dan Produk

Tabel 1. 1. Sifat-Sifat Senyawa Bahan Baku dan Produk

Nama Senyawa Sifat Senyawa	Bahan Baku			Produk Utama	Produk Samping	
	Asam Asetat	Etilen	Oksigen	Vinil Asetat	Karbondioksida	Nitrogen
Rumus Molekul	CH ₃ COOH	C ₂ H ₄	O ₂	CH ₃ COOCH=CH ₂	CO ₂	N ₂
Berat Molekul	60,052 kg/kmol	28,054 kg/kmol	32 kg/kmol	86,091 Kg/kmol	44 kg/kmol	28,013 kg/kmol
Densitas	1049 kg/m ³	103,7 kg/m ³	1100 kg/m ³	932 Kg/m ³	1,795 kg/m ³	1,25 kg/m ³
Wujud	Liquid	Gas	Gas	Liquid	Gas	Gas
Titik Didih	117,9°C	-103,7°C	-183°C	72,8°C	-75,8°C	-195,8°C
Titik Leleh	16,2°C	-169°C	-219°C	-100,2°C	-109,2°C	-210°C
Temperatur Kritis	321,6°C	9,2°C	-118°C	251,85°C	30,98°C	-146,96°C
Tekanan Kritis	57,2 atm	50,4 atm	49,7 atm	43,6 atm	72,8 atm	33,5 atm
Cp (pada 298 K)	486,18 kJ/mol K	52,51 J/mol K	46,40 J/mol K	52,49 J/mol K	37,35 J/mol K	20,8 J/mol K

1.4.2. Katalis

Tabel 1. 2. Sifat Katalis

Nama Katalis	Sifat Katalis	Pd/SiO ₂
Wujud		Padat
Diameter Katalis (Dp)		5 mm
Bulk density (ρb)		800 kg/m ³

1.4.3. Larutan yang Digunakan

Tabel 1. 3. Karakteristik Larutan (Solvent)

Jenis Larutan	Benfield	Air
Karakteristik Larutan		
Wujud	Liquid	Liquid
Titik didih	100 – 120°C	100°C
Densitas	1,0 – 1,2 g/cm ³	1,0 g/cm ³
Tekanan kritis	0,9 – 9,8 atm	220,5 atm
Kegunaan	Memisahkan gas CO ₂	Memisahkan vinil asetat dari campuran gas

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, P. T., Nurfebriartanto, A., Indarto, A., dan Kariem, A. M. 2023. Analisis Perilaku Hidrodinamik Kolom Absorber pada Laju Alir Gas Umpan Rendah terhadap Perubahan Laju Alir Pelarut dan *Wash Water* pada Unit Penghilangan Senyawa Sulfur. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol.17(1): 12-21.
- Adiasa, I., Suarantalla, R., Rafi, M. S., & Hermanto, K. 2020. Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Pabrik di CV. Apindo Brother Sukses Menggunakan Metode *Systematic Layout Planning* (SLP). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*. Vol.19(2). <https://doi.org/10.20961/performa.19.2.43467>
- Ardhiany, S. 2018. Proses Absorpsi Gas CO₂ dalam Biogas menggunakan Alat Absorber Tipe Packing dengan Analisa Pengaruh Laju Alir Absorber NaOH. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. Vol 9(2): 55-65.
- Badan Pusat Statistik. 2025. Data Ekspor dan Impor Vinil Asetat di Indonesia. (Online). <https://www.bps.go.id/id/exim>. (Diakses pada Tanggal 6 Mei 2025).
- Coulson, J. M., dan Richardson J. F. 2005. *Chemical Engineering Design, 4th Edition*. Inggris: Elsevier.
- Daniels W. 1983. Poly (Vinyl Acetate). In: Grayson M, ed. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York, NY: John Wiley and Sons, 817–847.
- Davies, L. 2003. *Environmental Health Criteria 230 Nitrobenzene*. Filipina: World Health Organization.
- Dimian, A. C., & Bildea, C. S. 2008. Vinyl Acetate Monomer Process. Dalam *Chemical Process Design: Computer-Aided Case Studies* (Hal.287–312). Wiley.
- Eigenberger, G. 2008. *Handbook of Heterogeneous Catalysis, 2nd Ed.*
- Fogler, H. S. 2016. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 5th Edition*. United State of America: Pearson Education, Inc.
- Gärtner, C. A., vanVeen, A. C., dan Lercher, J. A. 2013. Oxidative Dehydrogenation of Ethane: Common Principles and Mechanistic Aspects. *ChemCatChem*. Vol. 5(11): 1–23

- Geankoplis, C.J. 1993. Transport Processes and Unit Operations. Prentice-Hall International, Inc.
- Guan, X., Yu, Y., & Zhang, M. 2023. Theoretical Insights into the Dissociation and Oxidation of Ethylene During Vinyl Acetate Synthesis. *Molecular Catalysis*, 550(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2023.113596>
- Han, Y. F., Wang, J. H., Kumar, D., Yan, Z., dan Goodman, D. W. 2005. A Kinetic Study of Vinyl Acetate Synthesis Over Pd-Based Catalysts: Kinetics of Vinyl Acetate Synthesis Over Pd-Au/SiO₂ and Pd/SiO₂ Catalysts. *Journal of Catalysis*. 232(1): 467-475.
- Hanif, L., dan Rozalina. 2020. Perekat Polyvinyl Acetate (PVAc). *Jurnal Akar*. Vol. 2(1): 46–55.
- Indiamart. 2025. Spray Tower Scrubber for Plastics Industry. https://www.indiamart.com/proddetail/spray-tower-scrubber-21143546291.html?srltid=AfmBOoplaYSQzD_jDL7R-5CPsklPE9G2RuBqRwZz7Azvo_tnjjVRLqRe. Diakses pada 3 September 2025.
- Jafari, J. M., Roohollah, G., Yadollah, M., Ahmad, R. Y., dan Majid, H. 2012. Influence of Liquid and Gas Flow Rates on Sulfuric Acid Mist Removal from Air by Packed Bed Tower. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering*. Vol 9(20): 1-7.
- Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kim, M., Park, J. C., Kim, A., Park, K. H., dan Song, H. 2012. Porosity Control of Pd/SiO₂ Yolk-Shell Nanocatalyst by the Formation of Nickel Phyllosilicate and Its Influence on Suzuki Coupling Reactions. *Langmuir*. 28(1): 6441-6447.
- Kotadia, D. A., Patel, U. H., Gandhi, S., dan Soni, S. S. 2014. Pd Doped SiO₂ Nanoparticles: An Efficient Recycleable Catalyst for Suzuki, Heck and Sonogashira Reactions. *RSC Advances*. 4(1): 32826-32833.
- Lee, S. 2025. Packed Columns in Mass Transfer. <https://www.numberanalytics.com/blog/ultimate-guide-packed-columns-mass-transfer>. (Diakses pada 19 Agustus 2025).

- Leonard EC. 1970. *Vinyl Acetate*. In: Leonard EC, ed. *Vinyl and Diene Monomers: Part 1*. New York, NY: Wiley Interscience, 263–328.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering, 3rd Edition*. United State of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Luyben, M.L, dan Tyreus, B.D. 1997. An industrial design/control study for the vinyl acetate monomer process. *Computers Chem. Eng.* Vol. 22(7-8): 867-877.
- Mannsville Chemical Products Corp. 1982. *Chemical Products Synopsis: Vinyl Acetate*. Cortland, NY: Mannsville Chemical Products Corp.
- Maulizar, R, A., Putra, A., dan Yunus, M. 2023. Optimasi Laju Alir *Tri-Ethylene Glycol* Terhadap Efisiensi Penyerapan Air pada Kolom Absorpsi di PT. Pertamina Hulu Energi. *Jurnal Teknologi*. Vol 23(1):7-12.
- Motahari, K., Atashi, H., Fazlollahi, F., Tabrizi, F. F., & Sarkari, M. 2012. A Kinetic Study of Pd-Au Catalyzed Synthesis of Vinyl Acetate from Oxidation of Ethylene and Acetic Acid in Heterogeneous Gas Reaction. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), 266–271.
- Novianti, D. G., & Samadi. 2023. Analisis Faktor Teori Lokasi terhadap Penentuan Lokasi Industri: Tinjauan Literatur dan Implikasinya. *Environmental Geography*, 1(1), 1–7. <https://www.researchgate.net/publication/376853108>
- Nurlia. 2019. Pengaruh Struktur Organisasi Terhadap Pengukuran Kualitas Pelayanan (Perbandingan Antara Ekspektasi/Harapan dengan Hasil Kerja). *Meraja Journal*. Vol.2(2): 51-66.
- Paolini, V., Torre, M., Giacomini, W., Pastori, M., Segreto, M., Tomassetti, L., Carnevale, M., Gallucci, F., Petracchini, F., dan Guerriero, E. 2019. CO₂/CH₄ Separation by Hot Potassium Carbonate Absorption for Biogas Upgrading. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Vol. (83): 186-194.
- Peter, M. S., dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Edition Volume IV*. New York: McGraw-Hill Company.

- Pura, D, W, P, I., dan I Nyoman, B. 2018. Kebebasan Penetapan Modal Dasar Perseroan Terbatas oleh Para Pihak Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2011. *Jurnal Analisa Hukum*. Vol. 1(1): 32-50.
- Purwanto, W.W., dan Slamet. 2018. Teknik Reaksi Kimia: Teori dan Soal Penyelesaian. UI-Press.
- Rhum D. 1970. Poly (Vinyl Acetate). In: Stephen A, et al, eds. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 21, 2nd revised edition. New York, NY: Intersciences Publishers, 317–353.
- Smith, J.M. 1970. Chemical Engineering Kinetics. McGraw-Hill, Inc.
- Towler, G. dan Sinnott, R. 2008. Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. Elsevier.
- Treybal, R.E. 1981. Mass Transfer Operation. Singapore: McGraw-Hill Book Cooperation.
- Tunjungsari, F., Jumaeri, & Sumarni, W. 2019. Karakteristik Adhesive Polymer Polivinil Asetat Termodifikasi Butil Akrilat untuk Aplikasi Transfer Metalize. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol. 8(2): 81–86.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons. New York.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Welty, J.R. 2008. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer 5th Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Xu, C., Ju, F., Zheng, X., Liu, Y., Huang, J., Li, G., Li, Y., Zhu, L., Ye, L., dan Pan, H. 2025. Computational Fluid Dynamics Modelling of Fixed-Bed Reactors Using Particle-Resolved Approach. *Processes*. Vol. 13(1): 1-20.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Amerika Serikat: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Wysocka, I., Jacek, G., dan Jacek, N. 2019. Technologies for Deodorization of Malodorous Gases. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol 23: 9409-9434.