

PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA MONOMER DARI
THERMAL CRACKING ETHYLENE DICHLORIDE
KAPASITAS 52.000 TON / TAHUN



SKRIPSI

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

Oleh:

Anggraini Aprita Wulansari	03031182126018
Jonathan Lumbangaol	03031282126046

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA MONOMER
DARI *THERMAL CRACKING ETHYLENE DICHLORIDE* KAPASITAS 52.000
TON / TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Anggraini Aprita Wulansari

NIM. 03031182126018

Jonathan Lumbangaol

NIM. 03031282126046

Indralaya, 8 Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

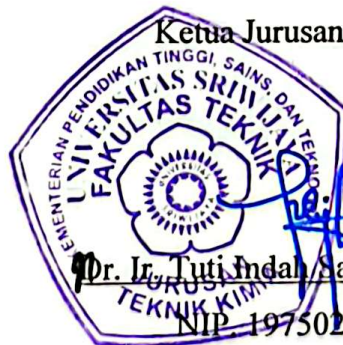


Prof. Dr. Ir. H M. Faizal, DEA

NIP. 195805141984031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

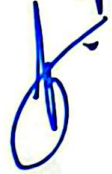
NIP. 1975020120001220

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Monomer dari *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 52.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Anggraini Aprita Wulansari dan Jonathan Lumbangaol dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 24 Juni 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dr.Ir.Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001
2. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM.
NIP. 198106022008011010
3. Ir.Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 1982044252023212029

()

()

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

Indralaya, 8 Juli 2025

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. H M. Faizal, DEA.
NIP. 195805141984031001

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

ANGGRAINI APRITA WULANSARI

03031182126018

JONATHAN LUMBANGAOL

03031282126046

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA
MONOMER DARI *THERMAL CRACKING ETHYLENE DICHLORIDE*
KAPASITAS 52.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Juni 2025 oleh Dosen Penguji:

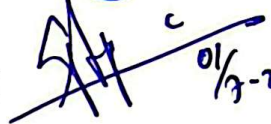
1. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001

()

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

()

3. Ir.Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 1982044252023212029

()

Indralaya, 8 Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. H M. Faizal, DEA

NIP. 195805141984031001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggraini Aprita Wulansari
NIM : 03031182126018
Judul Tugas : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Klorida
Akhir Monomer dari Thermal Cracking Ethylene Dichloride
Kapasitas 52.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Jonathan Lumbangaol** 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, 8 Juli 2025



Anggraini Aprita Wulansari
03031182126018



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jonathan Lumbangaol
NIM : 03031282126046
Judul Tugas : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Klorida
Akhir Monomer dari Thermal Cracking Ethylene Dichloride
Kapasitas 52.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Anggraini Aprita Wulansari 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, 8 Juli 2025



Jonathan Lumbangaol
03031282126046

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat limpahan rahmat, nikmat, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Monomer dari *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 52.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini diselesaikan dengan dukungan dari berbagai pihak. Diucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

- 1) Teristimewa kedua orang tua penulis serta Ibu Salam Sihombing yang telah berpulang kepangkuan Tuhan, telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 5) Ibu Dr. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.
- 6) Bapak/Ibu dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 7) Sahabat, rekan-rekan, dan kakak tingkat yang telah memberi semangat. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan sukses selalu.
- 8) Terakhir untuk diri penulis. Terima kasih telah selalu bersemangat untuk menuntaskan tugas akhir ini dan telah mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan.

Indralaya, Juni 2025

Tim Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA
MONOMER DARI *THERMAL CRACKING ETHYLENE DICHLORIDE*
KAPASITAS 52.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juni 2025

Anggraini Aprita Wulansari dan Jonathan Lumban Gaol

Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Faizal DEA.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik Vinil Klorida Monomer dari *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* dengan kapasitas produksi 52.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri pada tahun 2029 di Jalan Warnasari, Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten dengan luas 4,6 ha. Vinil Klorida Monomer disintesis dari bahan baku etilen diklorida tanpa katalis dalam *plug flow reactor* berdasarkan *Patent* WO2023222954A1. Reaksi berlangsung pada temperatur 477°C dan tekanan 23,29 atm. Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi *line* dan *staff*, dimana pelaksana harian dipimpin oleh direktur utama dengan karyawan pabrik sebanyak 124 orang. Pabrik layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

❖ <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= US\$ 179.076.919,91
❖ Total Penjualan	= US\$ 134.428.503,28
❖ <i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 51.080.639,15
❖ <i>Annual Cash Flow (ACF)</i>	= US\$ 72.288.557,61
❖ <i>Pay Out Time</i>	= 2,432 tahun
❖ <i>Rate of Return On Investment (ROR)</i>	= 31,80%
❖ <i>Discounted Cash Flow – ROR</i>	= 39,32%
❖ <i>Break Even Point (BEP)</i>	= 24,12%
❖ <i>Service Life</i>	= 11 tahun

Kata Kunci: Vinil Klorida Monomer, *Plug Flow Reactor*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

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	xxv
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	3
1.4 Sifat Fisik dan Sifat Kimia	3
1.5 Proses Produksi Vinyl Chloride Monomer	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9
2.1 Alasan Pendirian Pabrik.....	9
2.2 Pemilihan Kapasitas Produksi.....	10
2.3 Pemilihan Proses	11
2.4 Pemilihan Bahan Baku.....	12
2.5 Uraian Proses	12
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	16
3.1 Lokasi Pabrik	16
3.2 Tata Letak Pabrik	20
3.3 Kebutuhan Luas Pabrik	21
3.4 Pertimbangan Tata Letak Peralatan	24
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	25
4.1 Neraca Massa	25
4.2 Neraca Panas	31

BAB V UTILITAS	41
5.1 Unit Pengadaan Steam	41
5.2 Unit Pengadaan Air	43
5.3 Unit Pengadaan Refrigerant	47
5.4 Unit Pengadaan Listrik.....	48
5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	50
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	53
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	91
7.1 Bentuk Perusahaan	91
7.2 Struktur Organisasi Perusahaan	92
7.3 Tugas dan Wewenang	93
7.4 Sistem Kerja	96
7.5 Penentuan Jumlah Karyawan	98
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....	103
8.1 Profitabilitas	104
8.2 Lama Waktu Pengembalian Modal.....	105
8.3 Total Modal Akhir	107
8.4 Laju Pengembalian Modal	109
8.5 <i>Break Even Point</i>	110
BAB IX KESIMPULAN	113
DAFTAR PUSTAKA.....	114
LAMPIRAN.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku.....	3
Tabel 1.2. Sifat Fisik dan Kimia Produk Utama	4
Tabel 1.3. Sifat Fisik dan Kimia Produk Samping	4
Tabel 1.4. Perbandingan Proses <i>Vinyl Chloride Monomer</i>	8
Tabel 2.1. Data Impor, Ekspor, Produksi, dan Konsumsi Vinil Klorida Monomer	10
Tabel 2.2. Pertumbuhan Impor, Ekspor, Produksi, dan Konsumsi Vinil Klorida..	10
Tabel 2.3. Proyeksi Kebutuhan Vinil Klorida Monomer di Tahun 2029.....	11
Tabel 3.1. Luas Daerah Kompleks Pabrik	21
Tabel 3.2. Rincian Tata Letak Pabrik.....	23
Tabel 5.1. Kebutuhan Utilitas	41
Tabel 5.2. Peralatan dengan Kebutuhan Steam 226°C.....	41
Tabel 5.3. Total Kebutuhan Steam.....	42
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Proses	43
Tabel 5.5. Kebutuhan Air Pendingin.....	44
Tabel 5.6. Kebutuhan Air Domestik	46
Tabel 5.7. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	47
Tabel 5.8. Kebutuhan <i>Refrigerant</i>	47
Tabel 5.9. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	48
Tabel 5.10. Kebutuhan Listrik Peralatan	48
Tabel 5.11. Kebutuhan Listrik Pabrik Vinil Klorida.....	50
Tabel 5.12. Total Kebutuhan Bahan Bakar	52
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja <i>Shift</i>	97
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Monomer	99
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	104
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal.....	106
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Lokasi Pabrik Vinil Klorida Monomer dan Distribusi Bahan Baku .	17
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik Vinil Klorida Monomer dan Distribusi Air Industri ..	18
Gambar 3.3. Lokasi Pabrik Vinil Klorida Monomer dan Sarana Transportasi.....	19
Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik	22
Gambar 3.5. Tata Letak Peralatan Pabrik	24
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	102
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP)	111

DAFTAR NOTASI

1. ABSORBER

A	= Cross section area tower, m ²
BM_{avg}	= BM rata-rata, kg/kmol
C_c	= Tebal korosi maksimum, in
D_T	= Diameter kolom, m
D_G, D_L	= Difusivitas gas dan <i>liquid</i> , m ² /s
E_j	= Efisiensi pengelasan
F_L, F_G	= Koefisien transfer massa gas dan <i>liquid</i> , kmol/m ² .s
G	= Kelajuan superfisial molar gas, kmol/m ² .s
G'	= Kelajuan superfisial gas, kmol/m ² .s
H_{tG}	= Tinggi unit transfer fase gas, m
H_{tL}	= Tinggi unit transfer fase <i>liquid</i> , m
H_{tog}	= Tinggi <i>unit transfer overall</i> , m
L	= Kelajuan <i>liquid</i> total, kg/m ² .s
L'	= Kelajuan superfisial massa <i>liquid</i> , kg/m ² .s
M	= Rasio distribusi kesetimbangan
P	= Tekanan desain, psi
S_{cg}, S_{cl}	= Bilangan Schmidt gas dan <i>liquid</i>
Z	= Tinggi <i>packing</i> , m
ΔP	= Perbedaan tekanan, N/m ²
ε	= Energi tarik menarik molecular
ε_{Lo}	= Fraksi volume <i>liquid</i> , m ³ /m ³
μ_G, μ_L	= Viskositas gas dan <i>liquid</i> , kg/ms
ρ_L, ρ_G	= Densitas gas dan <i>liquid</i> , kg/m ³
σ_L	= Tegangan permukaan <i>liquid</i> , N/m
ϕ_{lt}	= <i>Total hold-up liquid</i>
OA	= Tinggi <i>Head</i>
OD	= <i>Outside Diameter</i>

2. ACCUMULATOR

C_c	= Tebal korosi maksimum, in
-------	-----------------------------

E_j	= Efisiensi pengelasan
ID	= <i>Inside Diameter</i> , m
OD	= <i>Outside Diameter</i> , m
h	= Panjang <i>torispherical</i> , m
L	= Panjang <i>accumulator</i> , m
L_T	= Panjang total <i>accumulator</i> , m
P	= Tekanan desain, psi
r	= Jari-jari, m
S	= Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	= Temperatur operasi, °C
t_h	= Tebal dinding <i>head</i> , m
t_s	= Tebal dinding <i>accumulator</i> , m
V_H	= Volume <i>torispherical head</i> , m
V_T	= Volume total <i>accumulator</i> , m ³
V_s	= Volume silinder, m ³

3. **HEAT EXCHANGER (COOLER, HEATER, CONDENSER, VAPORIZER, REBOILER, WASTE HEAT BOILER)**

A	= Area perpindahan panas, ft ²
a_s	= <i>Flow area</i> , ft ²
B	= <i>Baffle space</i> , in
BWG	= <i>Birmingham Wire Gage</i>
C	= <i>Clearance</i> antar <i>tube</i> , in
D	= Diameter dalam <i>tube</i> , in
D_e	= Diameter ekivalen, in
D_s	= Diameter dalam <i>shell</i> , in
f	= Faktor friksi, ft ² /in ²
F_T	= Faktor Koreksi
G_s	= Laju alir massa fluida pada <i>shell</i> , lb/jam.ft ²
G_t	= Laju alir massa fluida pada <i>tube</i> , lb/jam.ft ²
g	= Percepatan gravitasi, m/s ²
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft ² .°F
h_i	= Koefisien perpindahan panas fluida pada <i>tube</i> ,

	Btu/jam.ft ² .°F
h_{io}	= Nilai koreksi h_i pada <i>tube</i> , Btu/jam.ft ² .°F
h_o	= Koefisien perpindahan panas fluida pada <i>shell</i> , Btu/jam.ft ² .°F
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F
L	= Panjang <i>tube</i> , pipa, ft
L_s	= Panjang Shell, ft
LMTD	= <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> , °F
N_t	= Jumlah <i>tube</i>
n	= <i>Pass</i>
ID	= <i>Inside Diameter</i> , ft
OD	= <i>Outside Diameter</i> , ft
P_T	= <i>Tube pitch</i> , in
ΔP_r	= <i>Return loss pressure drop</i> , Psi
ΔP_s	= Penurunan tekanan pada <i>shell</i> , Psi
ΔP_t	= Penurunan tekanan <i>tube</i> , Psi
ΔP_T	= Penurunan tekanan total pada <i>tube</i> , Psi
Q	= Beban panas pada <i>heat exchanger</i> , Btu/jam
R_d	= <i>Dirt factor</i> , Btu/jam.ft ² .°F
Re	= Bilangan Reynold, <i>dimensionless</i>
SA	= <i>Segment Area</i> , ft ²
Pr	= Bilangan Prandtl, <i>dimensionless</i>
s	= <i>Specific gravity</i>
T_1, T_2	= Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> , °F
t_1, t_2	= Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> , °F
T_c	= Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	= <i>Clean overall coefficient, design overall coefficient</i> , Btu/jam.ft ² .°F
W_1, W_2	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
μ	= Viskositas fluida, lb/ jam ft

4. DILUTION TANK

C	= Jarak <i>baffle</i> dari dasar tangki, m
C'	= Jarak <i>baffle</i> dari permukaan cairan, m
D _i	= <i>Diameter Impeller</i> , m
ID	= <i>Inside Diameter</i> , m
H	= Tinggi, m
H _L	= Tinggi Cairan, m
P _{abs}	= Tekanan absolut, psi
T _h	= Tebal <i>Head</i> , m
L _i	= Panjang <i>Impeller</i> , m
n	= Jumlah Pengaduk
N	= Kecepatan Pengaduk, rpm
OD	= <i>Outside Diameter</i> , m
Re	= <i>Reynold Number</i>
MHP	= <i>Motor Horse Power</i> , HP
W	= Lebar <i>baffle</i> , m
WELH	= <i>Water Equivalent Liquid Height</i> , m
W _i	= <i>Pitch Impeller</i> , m
Z _i	= Tinggi <i>Impeller</i> , m

5. EXPANDER

Q	= Volumetrik <i>flowrate exit gas</i> , m ³ /s
m	= politropik eksponen
n	= politropik eksponen
k	= Konstanta kompresi
n	= Jumlah <i>stage</i>
η	= Efisiensi kompresor
P _r	= Tekanan relatif, bar
P ₁	= Tekanan masuk, bar
P ₂	= Tekanan keluar, bar
T ₁	= Temperatur masuk kompresor, oC
T ₂	= Temperatur keluar kompresor, oC
T _r	= Temperatur relatif, Kelvin

PW	= <i>Power</i> kompresor, HP
Q	= Kapasitas kompresor, lb/menit
W	= Laju alir massa, lb/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³
W	= Kerja ekspander, J/kg
Z	= faktor kompresibilitas

6. KOLOM DISTILASI

A _a	= <i>Active area</i> , m ²
A _{ap}	= <i>Area under apron</i> , m ²
A _c	= <i>Cross section/luas area kolom</i> , m ²
A _{cz}	= <i>Area of calming zone</i> , m ²
A _d	= <i>Downcomer area</i> , m ²
A _h	= <i>Hole area</i> , m ²
A _n	= <i>Net area</i> , m ²
A _{oh}	= <i>Area untuk 1 hole</i> , m ²
A _p	= <i>Total area perforated</i> , m ²
A _t	= <i>Tower area</i> , m ²
A _{up}	= <i>Area of unperforated edge strip</i> , m ²
C _c	= <i>Tebal korosi maksimum</i> , m
C _o	= <i>Orifice coefficient</i>
D _c	= <i>Diameter kolom</i> , m
d _h	= <i>Diameter hole</i> , mm
E	= <i>Total entrainment</i> , kg/s
F _{LV}	= <i>Liquid-Vapour Flow Parameter</i>
H	= <i>Tinggi kolom</i> , m
h _b	= <i>Back up di downcomer</i> , m
h _{ap}	= <i>Downcomer pressure loss</i> , m
h _d	= <i>Dry plate drop</i> , mm liquid
h _{dc}	= <i>Head loss in the downcomer</i> , m
h _{ow}	= <i>Wet liquid crest</i> , mm liquid
h _r	= <i>Residual head</i> , mm liquid

h_t	= Total <i>pressure drop</i> , mm liquid
h_w	= Weir <i>height</i> , m
K^*	= Koreksi untuk tegangan permukaan
L_w	= Mass <i>flowrate liquid</i> , kg/s
L_{cz}	= Mean <i>length of calming zone</i> , m
L_m	= Mean <i>length, unperforated edge strip</i> , m
$L_{m, \max}$	= Laju cairan maksimum, kg/s
$L_{m, \min}$	= Laju cairan minimum, kg/s
l_w	= Weir <i>length</i> , m
N	= Jumlah <i>stage/tray</i>
$N_{\min}$	= Jumlah <i>tray</i> minimum
N_r	= Jumlah <i>tray</i> pada <i>rectifying section</i>
N_s	= Jumlah <i>tray</i> pada <i>stripping section</i>
R	= Rasio <i>refluks</i>
$R_{\min}$	= Rasio <i>refluks</i> minimum
$S_{\min}$	= Jumlah <i>stage</i> minimum
U_f	= Kecepatan <i>vapor flooding</i> , m/s
u_h	= Minimum <i>design vapour velocity</i> , kg/s
u_v	= Persen <i>flooding actual</i> , m/s
U_v	= Laju alir volume, m ³ /s
V_w	= Mass <i>flowrate vapor</i> , kg/s
ΔP_{total}	= Total <i>pressure drop</i> , atm
ΔP_1	= <i>Pressure drop rectifying section</i> , atm
ΔP_2	= <i>Pressure drop stripping section</i> , atm
ρ_v	= Densitas <i>vapor</i> , kg/m ³
ρ_L	= Densitas <i>liquid</i> , kg/m ³
ψ	= Fractional <i>entrainment</i>
α	= Relatif <i>volatilitas</i>
θ	= Sudut <i>subtended</i> antara pinggir <i>plate</i> dengan <i>unperforated strip</i>
σ	= Surface <i>tension</i> , N/m

7. KNOCK OUT DRUM

$A_{\min}$	= Luas permukaan minimum <i>vessel</i> , ft ²
A_{totalmin}	= Luas permukaan total minimum <i>vessel</i> , ft ²
C	= Corrosion maksimum, m
$D_{\min}$	= Diameter minimum <i>vessel</i> , m
D_{total}	= Diameter total <i>vessel</i> , m
E	= <i>Joint</i> efisiensi
H_L	= Tinggi <i>liquid</i> , m
H_s	= Tinggi <i>shell</i> , m
H_t	= Tinggi <i>vessel</i> , m
H_v	= <i>Vapour space</i> minimum, m
OD	= <i>Outside diameter vessel</i> , m
OA	= Tinggi <i>head</i> , m
P	= Tekanan desain, psi
Q_v	= <i>Vapour volumetric flowrate</i> , m ³ /jam
Q_L	= <i>Liquid volumetric flowrate</i> , m ³ /jam
S	= <i>Working stress allowable</i> , psi
t	= tebal dinding <i>vessel</i> , m
$(u_{\max})_{\text{nozzle}}$	= kecepatan maksimum <i>feed</i> pada <i>inlet nozzle</i> , ft/s
$(u_{\min})_{\text{nozzle}}$	= kecepatan minimum <i>feed</i> pada <i>inlet nozzle</i> , ft/s
$U_{v,\max}$	= Kecepatan uap maksimum, m/s
V_H	= Volume <i>head</i> , m ³
V_s	= Volume <i>shell</i> , m ³
V_T	= Volume total, m ³
W_L	= Laju alir <i>liquid</i> , kg/jam
W_v	= Laju alir <i>vapour</i> , kg/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³
ρ_{vap}	= Densitas <i>vapour</i> , lb/ft ³
ρ_{liq}	= Densitas <i>liquid</i> , lb/ft ³
μ	= Viskositas, cP

8. KOMPRESOR

Q	= Volumetrik <i>flowrate exit gas</i> , m ³ /s
-----	---

m	= politropik eksponen
n	= politropik eksponen
k	= Konstanta kompresi
n	= Jumlah <i>stage</i>
H_p	= <i>Polytropic Head</i>
H_p	= <i>Power absorbed by the gas</i>
R_c	= Rasio kompresi
η	= Efisiensi kompresor
P_r	= Tekanan relatif, bar
P_{in}	= Tekanan masuk, atm
P_{out}	= Tekanan keluar, atm
T_{in}	= Temperatur masuk kompresor, °C
T_1	= Temperatur keluar kompresor, °C
T_r	= Temperatur relatif, Kelvin
P_w	= <i>Power</i> kompresor, HP
Q	= Kapasitas kompresor, lb/menit
W	= Laju alir massa, lb/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³
W	= Kerja ekspander, J/kg
Z	= faktor kompresibilitas

9. POMPA

a	= Area alir pipa, ft ²
BHP	= <i>Brake Horse Power</i> , HP
D_{opt}	= Diameter optimum pipa, in
E	= <i>Equivalent roughness</i>
f	= <i>fanning factor</i>
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
$H_f \text{ dis}$	= Total friksi pada <i>discharge</i> , ft
H_{fs}	= <i>Skin friction loss</i> , ft.lbf/lb
$H_{f,suc}$	= <i>Total suction friction loss</i> , ft.lbf/lb
H_{fc}	= <i>Sudden contraction friction loss</i> , ft.lbf/lb
H_{ff}	= <i>Fitting dan valve friction loss</i> , ft.lbf/lb

H _{suc}	= Suction head, ft.lbf/lb
H _{pa}	= Pressure head, ft.lbf/lb
H _{p uap}	= Vapor Pressure Correction, ft.lbf/lb
H _v	= Velocity head, ft.lbf/lb
ID	= Diameter dalam pipa, in
K _c , K _e	= Konstanta contraction, expansion loss
L	= Panjang pipa, ft
L _e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
m _F	= Laju alir massa fluida, kg/jam
MHP	= Motor Horse Power, HP
NPSH	= Net Positive Suction Head, ft
NPSH _r	= Net Positive Suction Required, ft
N _{Re}	= Reynold number, dimensionless
P _{uap}	= Tekanan uap, psi
Q _f	= Laju alir volumetrik, m ³ /jam
sf	= Safety factor
V _d	= Discharge velcocity, ft/jam
V _f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V _s	= Suction velocity, ft/jam
W _s	= Kerja pompa, ft lbf/lb
ΔP	= Pressure drop, atm
ρ	= Densitas fluida, lb/ft ³
μ	= Viskositas fluida, lbf/ft ²
η	= Efisiensi pompa

10. 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 tangki, m
ΔP	= Pressure drop dalam air, inches of water

E	= <i>Joint efficiency</i>
C	= <i>Corrosion allowence, in</i>
Rc	= <i>crown radius, in</i>
Rl	= <i>knuckle radius, in</i>
vg	= <i>Kecepatan linear gas, m/s</i>
θ	= <i>Waktu yang diperlukan quencher untuk mendinginkan feed, s</i>
Ds	= <i>Diameter spray, m</i>
Hs	= <i>Tinggi spray, m</i>
q	= <i>Debit per orifice, m³ /jam</i>
do	= <i>Diameter orifice, m</i>
Nt	= <i>Jumlah Orifice, buah</i>
At	= <i>Luas area total orifice, m²</i>

11. REAKTOR

A	= <i>Luas tube, ft²</i>
Ac	= <i>Luas Permukaan tube seksi konveksi, ft²</i>
A _{cp}	= <i>Cold plate area, ft²</i>
A _{cpw}	= <i>Cold plate area tube wall, ft²</i>
A _{rt, a}	= <i>Luas area radian section, luas tube, ft²</i>
C _{Ao}	= <i>konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m³</i>
C _A	= <i>konsentrasi keluar komponen A, kmol/m³</i>
C _p	= <i>Kapasitas panas,</i>
H _{rx}	= <i>Panas reaksi, kJ/mol</i>
ϵ	= <i>Emisivitas</i>
F	= <i>Faktor seksi konveksi</i>
F _{Ao}	= <i>Laju alir umpan, kmol/jam</i>
G	= <i>Mass velocity pada minimum cross section, lb/s.ft²</i>
k	= <i>Konstanta laju reaksi, m³/kmol.s</i>
L	= <i>Panjang tube, ft</i>
LMTD	= <i>Logaritmic Mean Temperature Difference, °F</i>
L _{beam}	= <i>Mean beam length, ft</i>
Nt	= <i>Jumlah tube</i>

OD	= Diameter luar <i>tube</i> , in
P	= Tekanan, atm
Q	= <i>Volumetric flowrate</i> reaktan, m ³ /s
Q _n	= <i>Net heat release</i> , Btu/jam
Q _R	= entalpi yang diserap di zona radiasi
Q _a	= entalpi udara yang masuk
Q _f	= entalpi bahan bakar yang masuk
Q _L	= entalpi yang hilang ke lingkungan sekitar
Q _g	= entalpi gas yang meninggalkan zona radiasi
q _L	= <i>Tube heat loss</i>
q _r	= <i>Radiant duty</i> , Btu/jam
T	= Temperatur. °C
T _s	= Temperatur <i>stack</i> , °C
t	= waktu tinggal, detik
U _A	= Overall koefisien perpindahan panas, J/m ² .s.K
tf, tt	= Temperatur fluida, temperatur dinding, °F
V _t	= Volume reaktor, m ³
X _A	= Konversi

12. TANGKI

Cc	= Tebal korosi yang diizinkan, m
D	= diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, <i>dimensionless</i>
He	= Tinggi <i>head</i> , m
Hs	= Tinggi silinder, m
Ht	= Tinggi total tangki, m
OD	= <i>Outside</i> diameter tangki, m
P	= Tekanan desain, atm
R	= Jari-jari tangki, m
S	= <i>Working stress</i> yang diizinkan, Psia
t	= Tebal dinding silinder, m
th	= Tebal dinding <i>head</i> , m
T	= Temperatur operasi, K

V_e	= Volume <i>ellipsoidal head</i> , m^3
V_s	= Volume silinder, m^3
V_t	= Volume tangki, m^3
W	= Laju alir massa, kg/jam
ρ	= Densitas, kg/m^3

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. Perhitungan Neraca Massa.....	118
LAMPIRAN II. Perhitungan Neraca Panas	175
LAMPIRAN III. Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	279
LAMPIRAN IV. Perhitungan Ekonomi.....	489
LAMPIRAN V. Tugas Khusus	511

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Industri kimia di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan, baik dalam hal produksi bahan baku maupun hasil olahannya. Perkembangan teknologi plastik di Indonesia mendorong pemerintah untuk memajukan industri plastik dengan memproduksi beraneka ragam plastik yang dapat dipergunakan untuk berbagai macam kebutuhan manusia. Salah satu sektor yang menunjukkan pertumbuhan pesat adalah industri petrokimia. *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) merupakan senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_3Cl dan menjadi salah satu produk petrokimia yang sering digunakan. Senyawa tersebut umumnya dapat berupa gas dan cairan tak berwarna pada suhu ruangan. Umumnya, VCM diproduksi sebagai produk antara dan digunakan untuk bahan baku pembuatan polimer terutama *Polivinyll Chloride* (PVC). PVC saat ini merupakan polimer paling melimpah kedua di dunia, setelah polietilen, dengan produksi tahunan PVC secara global sekitar 60 juta ton. Sekitar 96% VCM digunakan untuk produksi PVC. Produksi PVC mengalami peningkatan setiap tahunnya sekitar 3%, sehingga mendorong banyaknya peningkatan kebutuhan bahan baku PVC yaitu VCM (Damian dan Bildea, 2008).

Vinyl Chloride Monomer (VCM) menjadi salah satu bahan kimia yang masih melakukan impor sampai saat ini. Menurut BPS (2024) Indonesia mengimpor sejumlah 141.123 metrik ton di tahun 2024. Namun Indonesia juga melakukan ekspor dengan nilai yang cukup besar sejumlah 27.413 ton di tahun 2024. Nilai impor lebih besar daripada nilai ekspor menandakan kebutuhan akan VCM didalam negeri semakin meningkat. Kebutuhan VCM di Indonesia selama ini dipenuhi dengan melakukan impor dari negara lain, seperti Tiongkok, Jepang, India, Singapura, dan Thailand.

Indonesia memiliki 2 perusahaan produsen VCM yaitu PT.Asahimas Chemical dengan kapasitas 900.000 ton/tahun dan PT. Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas 130.000 ton/tahun. Angka tersebut masih belum terlalu cukup untuk menekan laju impor VCM di Indonesia yang meningkat setiap tahunnya. Melalui pendirian pabrik *vinyl chloride monomer* dengan menggunakan bahan baku dari

dalam negeri, diharapkan dapat mendorong Indonesia untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi dari sektor industri kimia dalam negeri dan meningkatkan komoditi ekspor VCM sehingga kebutuhan impor akan VCM semakin menurun dan perekonomian dalam negeri semakin membaik.

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Vinyl Chloride telah lama dikenal sejak tahun 1835 dimulai dari Henri Victor Regnault di Universitas Giessen mensintesisnya melalui reaksi 1,2-dikloroetana dan kalium hidroksida dalam larutan etanol. 1,2-Dikloroetana, sering disebut etilen diklorida merupakan prekursor vinil klorida saat ini. Pada zaman dahulu *vinyl chloride* telah digunakan sebagai *refrigerant*. Pada tahun 1912, Frans seorang ahli kimia dari Jerman yang bekerja untuk Griesheim-Elektron, mematenkan cara memproduksi *vinyl chloride* dari asetilena dan hidrogen klorida dengan katalis merkuri klorida. Proses yang digunakan masih membutuhkan biaya yang besar dan memiliki proses yang rumit. Metode tersebut banyak digunakan selama tahun 1930-an dan 1940-an, lalu metode ini telah digantikan oleh proses yang lebih ekonomis. Kemudian, penggunaan *vinyl chloride* meningkat sejak tahun 1930-an dan lebih drastis seusai Perang Dunia II hingga tahun 1970-an. Pabrik produksi vinil klorida terbesar hingga saat ini memiliki kapasitas 635.000 ton per tahun, dan mulai beroperasi di AS pada tahun 1991. Metode dalam produksi senyawa ini melalui hidroklorinasi asetilena dan dehidroklorinasi etilen diklorida.

Kemudian, proses industri modern dalam produksi *vinyl chloride* terintegrasi yang luas dan sangat ekonomis dari langkah-langkah parsial yang seperti yaitu penambahan etilena-klorin, *thermolysis* EDC, dan oksiklorinasi etilena. Langkah operasi terpadu ini, klorin dimasukkan ke dalam proses melalui penambahan etilena, dan hidrogen klorida dari *thermolysis* digunakan dalam oksiklorinasi (Weissermel dan Arpe, 1997). Langkah terpadu tersebut diharapkan dapat menekan *cost* pabrik dari produksi *vinyl chloride monomer*. Saat ini, industri *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) mengalami perkembangan yang pesat. Peningkatan ini sejalan dengan tingginya permintaan terhadap *vinyl chloride monomer* yang menjadi bahan baku utama dalam proses pembuatan *Polyvinyl*

Chloride (PVC), sebuah material yang banyak digunakan di berbagai sektor industri.

1.3 Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

1.3.1 Tujuan Pendirian Pabrik

Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* didirikan dengan mempertimbangkan banyaknya jumlah kebutuhan *vinyl chloride monomer* dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) di Indonesia. Dilansir dari Tira Santria (2022) dalam berita liputan 6, kapasitas PVC Nasional saat ini mencapai 1.062.000 ton per tahun. Senyawa VCM ini banyak digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan PVC. Keterbatasan pabrik yang memproduksi VCM di Indonesia membuat Indonesia masih melakukan impor terhadap senyawa tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pabrik yang memproduksi VCM dengan kapasitas yang bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri.

1.3.2 Manfaat Pendirian Pabrik

- 1) Membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat
- 2) Memperkuat ekspor serta meningkatkan perekonomian negara
- 3) Menunjang kebutuhan industri di Indonesia berupa VCM seperti dalam memenuhi kebutuhan PVC nasional.

1.4 Sifat Fisik dan Sifat Kimia

Berikut ini sifat fisik dan kimia senyawa pada proses pembuatan *vinyl chloride monomer*:

1.4.1 Bahan Baku

Tabel 1.1 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

Parameter	Etilen Diklorida
Rumus molekul	$C_2H_4Cl_2$
Bentuk fisik (25°C)	Cairan
Warna	Tak Berwarna
Berat molekul, kg/kmol	98,96
Densitas, kg/m ³	1250
Viskositas, cP (25°C)	0,769
Titik didih, °C	83,5°C
Titik lebur, °C	-35,7°C

Temperatur kritis, K	561
Tekanan Kritis, bar	53,7
Bahaya	Mudah terbakar, beracun, iritasi dan karsinogenik
Kelarutan	Larut dalam alkohol, kloroform, dan <i>ether</i> .

(CRC, *Physical and Chemistry Handbook*, 2005; Coulson and Richardson edisi IV; *Pubchem*,2024)

1.4.2 Produk

Tabel 1.2 Sifat Fisik dan Kimia Produk Utama

Parameter	<i>Vinyl Chloride Monomer</i>	Hidrogen Klorida
Rumus molekul	C_2H_3Cl	HCl
Bentuk fisik (25°C)	<i>Liquified Gas</i>	Gas
Warna	Tak berwarna	Tak berwarna, sedikit kekuningan
Berat molekul, kg/kmol	62,49	36,46
Densitas, kg/m ³	969	1,49
Viskositas, cP 25°C	0,174	0,067
Titik didih, °C	-13,4	-85,1
Titik lebur, °C	-154	-114,17
Temperatur kritis, K	429,7	324,6
Tekanan kritis, bar	56	83,1
Bahaya	Mudah terbakar dan karsinogenik	Korosif dan beracun
Kelarutan	Larut dalam <i>ethanol</i> dan <i>benzene</i> .	Larut dalam air, metanol, dan <i>ether</i> .

(CRC, *Physical and Chemistry Handbook*, 2005 ; Coulson and Richardson edisi IV ; *Pubchem*,2024)

Tabel 1.3 Sifat Fisik dan Kimia Produk Samping

Parameter	Asetilen
Rumus molekul	C_2H_2
Bentuk fisik (25°C)	Gas

Warna	Tidak berwarna
Berat molekul, kg/kmol	26,04
Densitas, kg/m ³	615 (<i>liquid</i>)
Viskositas, cP	102,15
Titik Didih, °C	-84,0
Titik Lebur, °C	-80,7
Temperatur kritis, K	308,3
Tekanan kritis, bar	61,4
Bahaya	Mudah terbakar
Kelarutan	Larut dalam aseton

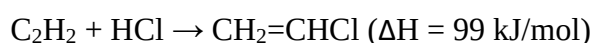
(CRC, *Physical and Chemistry Handbook*, 2005; Coulson and Richardson edisi IV; Pubchem,2024)

1.5 Proses Produksi *Vinyl Chloride Monomer*

Berikut ini merupakan macam-macam proses produksi *vinyl chloride monomer* :

1.5.1 *Vinyl Chloride Monomer* dari Asetilena

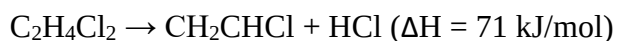
Metode produksi *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) dari asetilena dapat disebut hidroklorinasi karena menggunakan Hidrogen Klorida (HCl). Proses pembentukan VCM ini umumnya menggunakan katalis HgCl₂ pada karbon aktif. Reaksi nya cukup sederhana dan metode ini merupakan metode pertama dalam pembentukan VCM. Berikut ini adalah mekanisme reaksi pembentukan VCM:



Konversi reaksi asetilena adalah 98%. Produk samping yang dihasilkan adalah asetaldehida dan 1.1-dikloroethana (dari penambahan HCl ke VCM) dan selektivitas terhadap VCM bisa mencapai 99%. Reaksi ini terjadi pada reaktor *fixed bed multitube* beroperasi pada kondisi tekanan 0,1–0,5 MPa dan kisaran suhu 120–200 °C, dioptimalkan untuk meningkatkan reaksi dan aktivitas katalis serta waktu kontak 0.1-1 detik (Song dkk, 2024). Produksi VCM efisien sementara menjaga kestabilan proses dan optimal kinerja katalis. Proses produksi dengan menggunakan asetilena sebagian besar sudah berhenti karena harga produksi yang sangat mahal (Weissermel dan Arpe, 1997).

1.5.2 *Vinyl Chloride Monomer* dari *Cracking* Etilen Diklorida

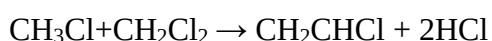
Metode produksi *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) dari *cracking* Etilen Diklorida (EDC) disebut *thermal cracking* karena menggunakan reaktor *plug flow reactor cracking furnace*. Proses *cracking* dilakukan tanpa katalis. Reaksi nya cukup sederhana dan metode ini merupakan metode konvensional dalam produksi VCM saat ini. Berikut ini adalah mekanisme reaksi pembentukan VCM:



Konversi reaksi *thermal cracking* yaitu >90%. Produk samping yang dihasilkan adalah asetilena dan selektivitas terhadap VCM bisa mencapai 99%. Reaksi ini terjadi pada reaktor *plug flow reactor* beroperasi pada kondisi tekanan 6-35 atm dan kisaran temperatur 480-550°C dengan waktu tinggal 6-30 detik. Peningkatan temperatur EDC akan meningkatkan konversi tetapi menurunkan selektivitas (WO2023222954A1). Metode *thermal cracking* ini masih digunakan oleh industri hingga saat ini dikarenakan bahan baku yang mudah didapat dengan harga ekonomis.

1.5.3. *Vinyl Chloride Monomer* dari Metil Klorida

Proses produksi *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) dari metil klorida menjadi salah satu alternatif. Proses ini dilakukan dengan katalis berupa alumina maupun zeolit. Reaksi nya cukup sederhana dan metode ini merupakan metode alternatif dalam produksi VCM saat ini tapi menggunakan dua reaktan yaitu metil klorida dan metilen klorida. Berikut ini adalah mekanisme reaksi pembentukan VCM:



Produk samping yang dihasilkan adalah hidrogen klorida. Reaksi ini terjadi pada reaktor *fixed bed* beroperasi pada kondisi tekanan 1-10 atm dan kisaran temperatur 300-500°C. (US7253328B2).

1.5.3. *Vinyl Chloride Monomer* dari 1,1,2- *Trichlorethane*

Umumnya, 1,1,2-Trikloroetana diproduksi sebagai produk sampingan dalam pembuatan etilen diklorida, namun memiliki nilai komersial yang terbatas. Konversi 1,1,2-trikloroetana menjadi bahan yang lebih bermanfaat dan/atau dapat dijual, dengan kandungan klorin yang lebih sedikit seperti vinil klorida. Proses reaksi terjadi dalam *tubular reactor*. Pemanfaatan 1,1,2-Trikloroetana direaksikan dengan hidrogen dengan bantuan katalis tembaga 1B atau platina VIII. Reaksi

dilakukan dalam fasa gas dengan kondisi operasi yaitu 1 atm hingga 10,3 MPa dan suhu 100-350°C serta waktu tinggal 0.25-180 detik. Produksi *vinyl chloride* dengan menggunakan 1,2,2-*Trichloroethane* bertujuan untuk pemanfaatan limbah atau produk sampingan supaya menjadi produk yang lebih bermanfaat (EP0662940B1).

Tabel 1.4. Perbandingan Proses *Vinyl Chloride Monomer*

Parameter	Hidroklorinasi Asetilena	<i>Thermal Cracking</i> Etilena Diklorida	<i>Vinyl Chloride Monomer</i> dari Metil Klorida	<i>Vinyl Chloride Monomer</i> dari 1,1,2-Trichlorethane
Bahan Baku	Asetilena dan HCl	Etilena Diklorida	Metil Klorida dan Metilen Klorida	1,1,2-Trikloroetana dan hidrogen
Reaktor	<i>Fixed bed multitube</i>	<i>Plug Flow Reactor</i>	<i>Fixed Bed Reactor</i>	<i>Tubular reactor</i>
Tekanan	0,1-0,5 MPa	6-35 atm	1-10 atm	1 atm-10,3 MPa
Suhu	120-200°C	480-550°C	300-500°C	100-350°C
Katalis	HgCl	Tanpa katalis	Alumina dan Zeolit	Tembaga 1B atau platina VIII
Konversi	98%	50-60%	-	-
Selektivitas	99% terhadap VCM	99% terhadap VCM	-	-
Kelebihan	-Konversi reaksi sangat tinggi -Selektivitas sangat tinggi - Kondisi operasi yang cukup rendah	- Keluaran setiap proses dapat dijual atau digunakan kembali seperti HCl -Bahan baku yang melimpah dan diproduksi di Indonesia.	-Bahan baku terjangkau	- Memanfaatkan produk samping -Bahan baku yang sulit didapatkan
Kekurangan	-Bahan baku yaitu gas asetilena sangat mahal dan katalis yang mahal	-Butuh kondisi operasi yang tinggi	- Belum diinvestasikan proses produksinya	-Harga katalis yang cukup mahal -Belum diinvestasikan proses produksinya

DAFTAR PUSTAKA

- Akintola, J., Patinvoh, R., Moradeyo, O., Akpan, J., Umoh, G., Wilson, E., Moses, Q., Udom, P., & Osagie, E. 2025. Optimization And Techno-Economic Evaluation of An Integrated Process Route for The Synthesis of Vinyl Chloride Monomer. *RSC Sustainability*, 3(1), 526-539.
- Alhady, N. H., dan Arifin, M. Y. 2014. Simulasi dan Pemodelan Absorpsi CO₂ & H₂S Dalam Larutan MDEA dengan Promotor Piperazine (Pz) Menggunakan Tray Column. In *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents*.
- Anonim. 2025. *Ethylene Dichloride* (Online) https://sulfindo.com/product_sulf/ethylene-dichloride-edc/ (diakses pada 20 Januari 2025).
- Anonim. 2025. *Ethylene Dichloride* (Online) <https://www.asc.co.id/index.php/en/products/product/ethylene-dichloride> (diakses pada 20 Januari 2025).
- API. 2001 .Welded Steel Tanks for Oil Storage Addendum 2.
- Aulia, R., Kurniawan, B., dan Subhan, M. 2024. Implementasi Manajemen Kepemimpinan dalam Pencapaian Tujuan Organisasi. *Journal of Student Research*. Vol. 2(1): 121-131.
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Ekspor dan Impor*. (Online). www.bps.go.id (diakses pada 20 Januari 2025).
- Beltrán-Prieto, J. C., dan Kolomazník, K. 2019. Parameters Determination for Column Design in Gas Absorption Systems. *WSEAS Transactions on Fluid Mechanics*, 14, 124–130.
- Branan, C. 2002. *Rule of Thumb*. Amsterdam: Gulf Professional Publishing.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process equipment design: vessel design*. John Wiley & Sons.
- Budiarti, G. I., dan Amelia, S. 2020. *Buku Ajar Operasi Perpindahan Massa dan Panas*. Yogyakarta : UAD Press.
- Coulson, J. M., dan J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering Design, Volume 6, 4th Edition*. Inggris : Elsevier.

- Dimian, Alexandre C. dan Costin Sorin Bildea. 2008. *Chemical Process Design : Computer-Aided Case Studies. Inggris: Wiley – VCH.*
- Evans, F. L. 1980. *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plant 2nd Edition.* Texas: Gulf Publishing Company.
- Engineering ToolBox. 2001. <https://www.engineeringtoolbox.com>. Diakses pada 05 Mei 2025
- Felder, R. M., Rousseau, R. W., dan Bullard, L.G. 2016. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition.* USA: WILEY.
- Fogler, S. H. 2004. *Element of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition.* United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Geankoplis, C.J., Harsel, A.A., dan Lepek, D.H. 2018. *Transport Processes And Separation Process Principles Fifth Edition.* Pearson Education,inc : Boston.
- Geankoplis, C.J., Harsel, A.A., dan Lepek, D.H. 1993. *Transport Processes And Separation Process Principles Third Edition.* Pearson Education,inc : Boston.
- Henderson, E. 2015. *Gas Absorption in a Packed Tower.* 3–5.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2025. (Online). <https://tkdn.kemenperin.go.id/kapasitas>. (diakses pada 20 Januari 2025).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer.* New York: McGraw-Hill Book Co.
- Kokourine, A., dan Adham, K. 2017. Modeling and Process Features of Plug Flow Reactor with Internal Recirculation for Biomass Pyrolysis. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 08(04). <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000353>
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition.* New York : John Wiley and Sons, Inc.
- LLC. 2000 N. W. Corporate Blvd., *Handbook of Chemistry and Physics.* CRC Press. Bocatn, FL 33431.
- Ludwig, E.E. 2001. Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, 3rd Edition, Vol. 2. *Houston : Gulf Publishing Company.*
- Ludwig, E.E. 1995. Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, 3rd Edition, Vol. 3. *Houston : Gulf Publishing Company:*

- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Perry, R. H., Green, D. W., dan Southard, M. Z. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Company.
- Peters, M. S., dan Timmerhaus, K. D., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th edition*. McGraw-Hill Book.
- Pubchem. 2025. *1,2Dichloroethane* (Online)
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_2-dichloroethane
 (diakses pada 24 Januari 2025).
- Pubchem. 2025. *Vinyl Chloride* (Online)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Vinyl-Chloride> (diakses pada 24 Januari 2025)
- Pubchem. 2025. *Hydrochloric Acid* (Online)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrochloric-Acid> (diakses pada 24 Januari 2025).
- Pubchem. 2025. *Acetylene* (Online)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetylene> (diakses pada 24 Januari 2025).
- Rase, H.F.1977. *Chemical Reactor Design For Process Plants Volume 1*. London : John Wiley and Sons.
- Serth, R. W. 2007. *Process Heat Transfer*. Amsterdam: Elsevier.
- Smith, J. M., Ness, H. C. V., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. New York: Mc Graw-Hill Book Co
- Song, E., Wang, M., Zhou, X., Wang, E., Guo, C.Y. 2024. Multi-Objective Optimization and Design for Industrial Vinyl Chloride Reactor by Hybrid Model. *Processes*, 12(11) DOI: 10.3390/pr12112378.
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., dan Hall, S. J. 2017. Packed Tower. *Engineering*.
- StouchLighting.2016 Lighting Comparison: LED vs Fluorescent and CFL (Online). <https://www.stouchlighting.com/blog/fluorescent-vs-led-vs-cfl>.
 (Diakses 20 Mei 2025)
- Towler, G., dan Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design*. London:Elsevier.

- Treybal, R. E. 1981. *Mass-Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGrawHill, Inc.
- Ullmann, F., dan Bohnet, M. 2005. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 Tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat.
- Undang-undang (UU) No. 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 108.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 77-85.
- Vilbrant, F. C. 1942. *Chemical Engineering Plant Design 2nd edition*. McGraw-Hill Book Company.
- Walas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment*. Newton: Butterworth-Heinem.
- Weissermel, K., dan Arpe, H. J. 1997. *Industrial Organic Chemistry*. Weinheim: VCH.
- Welty, J. R., Wicks, C. E., dan Wilson, R. E. 1969. *Fundamentals of Momentum Heat and Mass Transfer*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Winkle, V. M. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill.
- Whitwell, J. C., dan Toner, R. K. 1969. *Conservation of Mass and Energy*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Graw Hill Handbooks.