

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN *STYRENE*
KAPASITAS 32.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh :

PASKAH APRILIA

03031182126025

SRI ROHMAYANA

03031282126049

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *STYRENE*
KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN
SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Paskah Aprilia

NIM. 03031182126025

Sri Rohmayana

NIM. 03031282126049

Indralaya, Juli 2025

Pembimbing,



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

NIP. 198208042012121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Styrene Kapasitas 32.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Paskah Aprilia dan Sri Rohmayana dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

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

NIP: 196010111985032002

()

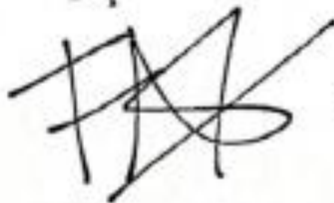
2. Rahmatullah S.T., M.T.

NIP: 198905172015041002

()

3. Dr. Fitri Hadiah, ST, MT, IPM

NIP: 197808222002122001

()

Mengetahui

Indralaya, Juli 2025

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Tuti Indah Sari, ST, MT, IPM
NIP: 197502012000122001


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

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

PASKAH APRILIA

03031182126025

SRI ROHMAYANA

03031282126049

Judul:

"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *STYRENE* KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN"

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2025 oleh Dosen penguji:

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

NIP: 196010111985032002

()

2. Rahmatullah S.T., M.T.

NIP: 198905172015041002

()

3. Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT, IPM

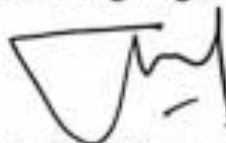
NIP: 197808222002122001

()

Indralaya, Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP: 198208042012121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Paskah Aprilia
NIM : 03031182126025
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Styrene
Kapasitas 32.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Paskah Aprilia** 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, 10 Juli 2025



Paskah Aprilia
03031182126025



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Rohmayana
NIM : 03031282126049
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Styrene
Kapasitas 32.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Sri Rohmayana 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



Sri Rohmayana
03031282126049



RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN STIRENA DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 32.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Mei 2025

Paskah Aprilia dan Sri Rohmayana;

Dibimbing oleh Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan stirena dengan kapasitas produksi 32.000 ton/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2032 berlokasi di Kawasan Industri di Jalan Raya Salira, Kecamatan Puloampel, Kabupaten Serang, Provinsi Banten, Jawa Barat dengan luas area 2 ha. Proses pembuatan stirena ini mengacu pada Patent CN Patent 2024/ 118290225A, dimana metode proses yang digunakan adalah dehidrasi 1-phenetyl alcohol. Reaksi berlangsung dalam multitube fixed bed reactor (200 °C; 0,4 atm). Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur. Sistem organisasi perusahaan ini adalah line and staff dengan karyawan sebanyak 124 orang. Pabrik stirena layak didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

- *Total Capital Investment TCI* = US\$ 24.626.319,81
- *Total Penjualan* = US\$ 216.125.513,76
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 192.120.688,87
- *Annual Cash Flow* = US\$ 18.576.472,45
- *Pay Out Time* = 1,35 tahun
- *Rate of Return on Investment (ROR)* = 68,23%
- *Discounted Cash Flow -ROR* = 75,28%
- *Break Event Point (BEP)* = 37,90%
- *Service Life* = 11 tahun

Kata kunci : Dehidrasi, Multitubular Fixed Bed, Stirena, Perseroan Terbatas

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 Rencana Pabrik Pembuatan *Styrene* dengan Kapasitas Produksi 32.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di 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. Diucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada

- 1) Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M. T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 5) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) 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, Mei 2025

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN.....	1
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	vi
RINGKASAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I.....	1
1.1. Pendahuluan.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	2
1.4. Proses Pembuatan <i>Styrene</i>	3

1.4.1. Pembuatan Proses Pembuatan <i>Styrene</i> dengan Dehidrogenasi Etilbenzena..	3
1.4.2. Proses Pembuatan <i>Styrene</i> dengan Oksidasi Etilbenzena.....	3
1.4.3. Proses Pembuatan <i>Styrene</i> dengan Dehidrasi katalik 1-phenethyl alcohol ...	4
1.5. Sifat Fisika dan Kimia	5
1.5.1. Bahan Baku.....	5
1.5.2. Bahan Penunjang	5
1.5.3. Produk.....	6
1.5.4. Produk Samping	6
BAB II	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	7
2. 2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	7
2.3. Pemilihan Proses.....	12
2.4. Pemilihan Bahan Baku.....	13
2. 5. Uraian Proses.....	13
2.5.1. Proses preparasi	13
2.5.2. Proses sintesis	13
2.5.3. Proses separasi	14
2.5.4. Proses Purifikasi	14
BAB III	16
3.1. Lokasi Pabrik.....	16
3.2. Tata Letak Pabrik.....	19
3.3. Gambar Tata Letak Pabrik.....	20
3.4. Perkiraan luas Tanah yang Dibutuhkan.....	21
BAB IV	22

4.1.	Neraca Massa	22
4.1.1.	<i>Vaporizer</i> 01 (VP-01)	22
4.1.2.	Reaktor 01 (R-01)	22
4.1.3.	<i>Partial Condenser</i> 01 (PC-01)	23
4.1.4.	<i>Flash Tank</i> 01 (FT-01)	23
4.1.5.	<i>Condenser</i> 01 (CD-01)	23
4.1.6.	<i>Distillation Column</i> 01 (DC-01)	24
4.1.13.	<i>Accumulator</i> 02 (ACC-02)	26
4.1.14.	Reboiler 02 (RB-02)	26
4.2.	Neraca Panas	27
4.2.1.	<i>Vaporizer</i> 01 (VP-01)	27
4.2.2.	Reaktor 01 (R-01)	27
4.2.3.	Kompresor 02 (K-02)	27
4.2.4.	<i>Partial Condensor</i> 01 (PC-01)	28
4.2.5.	<i>Cooler</i> 01 (C-01)	28
4.2.6.	<i>Condenser</i> 01 (CD-01)	28
4.2.7.	<i>Cooler</i> 02 (C-02)	29
4.2.8.	<i>Distillation Column</i> 01 (KD-01)	29
4.2.9.	<i>Condenser</i> 02 (CD-02)	29
4.2.10.	<i>Accumulator</i> 01 (ACC-01)	29
4.2.11.	Reboiler 01 (RB-01)	30
4.2.12.	<i>Heater</i> 01 (H-01)	30
4.2.13.	<i>Mix Point</i> 01 (MP-01)	30
4.2.14.	Kolom Distilasi 02 (KD-02)	30
4.2.15.	Kondensor 03 (CD-03)	31

4.2.16. <i>Accumulator</i> 02 (ACC-02)	31
4.2.17. Reboiler 02 (RB-02)	31
4.2.18. <i>Cooler</i> 03 (C-03)	31
BAB V	32
5.1. Unit Pengadaan Steam	32
5.2. Unit Pengadaan Air	33
5.2.1. Air Proses	33
5.2.2. Air Pendingin	34
5.2.3. Air Umpan Boiler	36
5.2.4. Air Domestik	36
5.2.5. Kebutuhan Air Keseluruhan	37
5.3. Unit Pengadaan Listrik	37
5.3.1. Listrik untuk Peralatan	38
5.3.2. Listrik untuk Penerangan	38
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	39
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	39
5.4.1. Bahan Bakar Keperluan Generator	40
BAB VI	42
6.1. <i>Accumulator</i> -01 (ACC-01)	42
6.2. <i>Accumulator</i> – 02 (ACC-02)	42
6.3. <i>Cooler</i> -01 (C-01)	43
6.4. <i>Cooler</i> 02 (C-02)	43
6.5. <i>Cooler</i> -03 (C-03)	44
6.6. <i>Condensor</i> -01 (CD-01)	44

6.7.	<i>Condensor-02 (CD-02)</i>	45
6.8.	<i>Condensor-03 (CD-03)</i>	46
6.9.	Distillation Column-01 (DC-01).....	46
6.10.	Distillation Column-02 (KD-02).....	47
6.11.	<i>Heater-01 (H-01)</i>	49
6.12.	Partial Condenser-01 (PC-01)	49
6.13.	Reboiler-01 (RB-01)	50
6.14.	Reboiler-02 (RB-02)	50
6.15.	Tangki-01 (T-01).....	51
6.16.	Tangki-02 (T-02).....	51
6.17.	Flash Tank-01.....	52
6.18.	Pompa-01	53
6.19.	Pompa-02	54
6.20.	Pompa-03	54
6.21.	Pompa-04	55
6.22.	Pompa-05	56
6.23.	Vaporizer-01.....	57
6.24.	Kompresor-01	58
6.25.	Reaktor-01 (R-01)	58
BAB VII		60
7.1.	Bentuk Perusahaan.....	60
7.2.	Struktur Organisasi	61
7.2.1	Organisasi Garis dan staff (<i>Line and staff</i>).....	61
7.2.2.	Organisasi Fungsional.....	62
7.2.3.	Organisasi Lini atau Garis	63

7.3.	Tugas dan Wewenang	63
7.3.1.	Dewan Komisaris.....	63
7.3.2.	Direktur Utama	63
7.3.3.	Manajer Produksi dan Teknik.....	64
7.3.5.	Manajer Keuangan dan Pemasaran.....	66
7.3.6.	Kepala Seksi	67
7.3.7.	Sekretaris	67
7.4.	Sistem Kerja	68
7.4.1.	Non-shift	68
7.4.2.	<i>Shift</i>	68
7.5.	Metode Penentuan Jumlah Buruh	69
7.5.1.	Pengelompokan Buruh Pabrik	69
7.5.2.	Direct Operating Labor	69
7.5.3.	Indirect Operating Labor	71
BAB VIII		75
8.1.	Keuntungan (Profitabilitas).....	76
8.1.1.	Total Penjualan Produk.....	76
8.1.2.	Perhitungan Annual Cash Flow	76
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal.....	77
8.2.1.	Perhitungan Depresiasi	77
8.2.2.	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal.....	78
8.2.3.	Pay Out Time (POT).....	79
8.3.	Total Modal Akhir	79
8.3.1.	Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP).....	79
8.3.2.	Total Capital Sink.....	81

8.4. Laju Pengembalian Modal	81
8.4.1. Rate of Return Investment (ROR)	81
8.4.2. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)	82
BAB IX.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Perbandingan Proses Pembuatan <i>Styrene</i>	4
Tabel 1. 2. Data Phenetyl Alcohol.....	5
Tabel 1. 3. Data Katalis	5
Tabel 1. 4. Data <i>Styrene</i>	6
Tabel 1. 5. Data Air	6
Tabel 2. 1. Data Impor Ekspor <i>Styrene</i> di Indonesia.....	7
Tabel 2. 2. Data Kebutuhan <i>Styrene</i> di ASEAN.....	11
Tabel 2. 3. Data Konsumsi <i>Styrene</i> di Asean	11
Tabel 3. 1. Luas Daerah Kompleks Pabrik.....	21
Tabel 5. 1. Kebutuhan Utilitas.....	32
Tabel 5. 2. Peralatan dan Kebutuhan Steam.....	32
Tabel 5. 3. Kebutuhan Air Proses.....	33
Tabel 5. 4. Kebutuhan Air Pendingin	34
Tabel 5. 5. Kebutuhan Air Domestik.....	37
Tabel 5. 6. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik.....	37
Tabel 5. 7. Kebutuhan Listrik Peralatan	38
Tabel 5. 8. Kebutuhan Bahan Bakar	41
Tabel 7. 1. Pembagian Jam Kerja Shift.....	69
Tabel 7. 2. Perincian Jumlah Karyawan	71
Tabel 8. 1. Tabel Penjualan Produk.....	76
Tabel 8. 2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal (US\$)	78
Tabel 8. 3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Grafik Kebutuhan <i>Styrene</i> di Indonesia	10
Gambar 2. 2. Diagram Alir Pabrik <i>Styrene</i>	15
Gambar 3. 2. Peta Administratif Kota Serang.....	16
Gambar 3. 3. Lokasi Pabrik <i>Styrene</i> , Kecamatan Puloampel, Banten	17
Gambar 3. 4. Tata Letak Peralatan Pabrik	20
Gambar 3. 5. Tata Letak Pabrik	20
Gambar 7. 1. Stuktur Organisasi Perusahaan.....	74
Gambar 8. 1. Grafik BEP Pabrik Pembuatan <i>Styrene</i> Kapasitas 32.000 ton/tahun.....	83

DAFTAR NOTASI

1. 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

2. KOMPRESSOR

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

3. FLASH TANK

A_t	: Luas area vessel total, m
A_v	: Luas cross sectional vessel minimum, m ² /s
C_c	: Allowable corrosion, m

D	: Diameter vessel, m
E	: Joint efficient
Flv	: Parameter aliran
H	: Tinggi vessel, m
H _L	: Tinggi liquid, m
H _v	: Tinggi vapor, m
OD	: Outside Diamter, m
P	: Tekanan vessel, atm
Q	: Laju alir volumetric, m ³ /jam
S	: Working stress allowable, psi
r	: Jari-jari vessel, m
t	: Tebal vessel, m
T	: Temperatur vessel, K
u _f	: Kecepatan flooding, m/s
U _{v max}	: Laju alir volumetric maksimum, m ³ /s
V _L	: Volume liquid, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

4. HEAT EXCHANGER (HEATER, COOLER, REBOILER , PARTIAL CONDENSOR DAN CONDENSER)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T ₁ , t ₁	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T ₂ , t ₂	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U _o	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m ² .°C
ΔT _{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m ²
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m

p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m^2
N_t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m^3/jam
u_t, U_s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
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, $W/m^2.^{\circ}C$
l_b	: Jarak baffle, m
D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, $W/m.^{\circ}C$
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, $kJ/kg.^{\circ}C$
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2.^{\circ}C$
k_w	: Konduktivitas bahan, $W/m.^{\circ}C$
ΔP	: Pressure drop, psi

5. KOLOM DISTILASI

A_a	: Active area, m^2
A_d	: Downcomer area, m^2
A_{da}	: Luas aerasi, m^2
A_h	: Hole area, m^2
A_n	: Net area, m^2
A_t	: Tower area, m^2
C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
d_h	: Diameter hole, mm

E	: Total entrainment, kg/s
E_j	: Efisiensi pengelasan
F_{iv}	: Parameter aliran
H	: Tinggi kolom, m
h_a	: Aerated liquid drop, m
h_f	: Froth height, m
h_q	: Weep point, cm
h_w	: Weir height, m
L_w	: Weir height, m
N_m	: Jumlah tray minimum, stage
Q_p	: Faktor aerasi
R	: Rasio refluks
R_m	: Rasio refluks minimum
U_f	: Kecepatan massa aerasi, m/s
V_d	: Kelajuan downcomer
ΔP	: Pressure drop, psi
ψ	: Fractional entrainment

6. POMPA

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H_d, H_s	: Head discharge, suction, ft
H_f	: Total friksi, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft

ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. REAKTOR

CA_0	: konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	: Tebal korosi yang dizinkan, mm
FA_0	: Laju alir umpan, kmol/jam
Hr	: Tinggi Reaktor, m
ID	: Inside Diameter, m
k	: Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol.s
N	: Bilangan Avogadro
OD	: Outside Diameter, m
P	: Tekanan, atm
Q_f	: Laju volumetrik feed, m ³ /jam
Re	: Bilangan Reynold
S	: Working Stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur. °C

t	: Tebal dinding vessel, mm
V_t	: Volume reaktor, m^3
X	: Konversi
ρ	: Densitas, kg/m^3
σ	: Diameter Partikel, cm

8. TANKI

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.	Neraca Massa.....	91
Lampiran II.	Neraca Panas.....	15
Lampiran III.	Spesifikasi Alat.....	172
Lampiran IV.	Ekonomi.....	299
Lampiran V.	Tugas Khusus.....	17

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Perkembangan dan pertumbuhan industri di Indonesia merupakan salah satu faktor penyumbang kesuksesan ekonomi. Sektor industri dapat mempengaruhi kondisi ekspor dan impor yang terjadi. Salah satu sektor industri yang terus berkembang adalah industri kimia. Kondisi tersebut diakibatkan oleh peningkatan kebutuhan bahan kimia yang terus meningkat. Bahan-bahan kimia banyak dimanfaatkan sebagai kebutuhan tersier masyarakat. Bahan-bahan kimia umum dimanfaatkan sebagai bahan dasar pangan, kebutuhan industri kesehatan, dan bahkan industri kecantikan. Pengembangan industri kimia di Indonesia bertujuan untuk memperkuat kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan domestik terhadap bahan kimia, sekaligus berkontribusi dalam mengatasi masalah ketenagakerjaan. Upaya ini dilakukan agar Indonesia lebih mandiri dalam memproduksi bahan kimia yang dibutuhkan, mengurangi ketergantungan pada impor, serta menciptakan lapangan kerja yang lebih luas bagi masyarakat. Dengan demikian, industri kimia tidak hanya mendukung pertumbuhan ekonomi tetapi juga memainkan peran penting dalam stabilitas sosial dan kesejahteraan nasional.

Styrene merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang bisa diperoleh dari pengolahan minyak mentah. *Styrene* umumnya digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan plastik misalnya *polyStyrene* (PS) dan *Styrene-butadiene rubber* (SBR). *Styrene* menempati posisi strategis dalam rantai nilai industri petrokimia modern. *Styrene* banyak dimanfaatkan khususnya dalam kebutuhan perabotan rumah tangga dan juga industri otomotif. *Styrene* menjadi fondasi yang tak tergantikan bagi serangkaian produk yang telah mengubah lanskap konsumsi global. *polyStyrene* banyak dimanfaatkan sebagai kemasan, peralatan rumah tangga, dan bahan bangunan, *Styrene-butadiene rubber* (SBR) dimanfaatkan dalam pembuatan karet dalam industri otomotif, alas kaki, dan komponen karet lainnya, dan *Styrene-akrilat* yang umum digunakan dalam produksi cat, pelapis dan bahan perekat yang dikenal memiliki sifat adhesi kuat dan ketahanan tinggi terhadap cuaca. Hingga saat ini tercatat hanya terdapat satu pabrik produsen tetap *Styrene*, yaitu PT. Styrimo Mono Indonesia dengan kapasitas 340.000 ton per tahun (Barito Pacific,

2024). Kebutuhan *Styrene* dicukupi dengan kegiatan impor dimana jumlah impor *Styrene* di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Dengan mempertimbangkan kondisi ini maka direkomendasikan untuk mendirikan pabrik *Styrene* dengan skala yang lebih besar.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Styrene merupakan salah satu senyawa hidrokarbon aromatik yang juga dikenal dengan nama IUPAC *phenylethene*. *Styrene* memiliki rumus molekul kimia C_8H_8 dengan berat molekul 104,15 g/mol. *Styrene* ditemukan pertama kali pada tahun 1839 oleh ilmuwan Jerman, August Wilhelm von Hofmann yang ditemukan dari resin alami yang umum dikenal sebagai kemenyan atau balsam. Kemenyan ini digunakan dalam bahan pembuatan parfum dan obat-obatan, yang dinamai *styrol* oleh Hofmann. Pengembangan *Styrene* dilakukan dengan identifikasi *Styrene* yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh. Pada tahun 1920 pengembangan *Styrene* berkembang dengan pesat yang diawali dengan produksi *Styrene* dengan dehidrogenasi etil benzena dalam skala besar. Kebutuhan *Styrene* meningkat selama periode Perang dunia II sebagai bahan baku produksi ban dan peralatan lainnya. Setelah Perang dunia II, pengembangan *Styrene* dilakukan dengan produksi akrilonitril-*Styrene* (AS) dan *Styrene-acrylate*.

Styrene memiliki peran penting di berbagai sektor industri, seperti otomotif, kemasan, dan barang konsumen yang diproduksi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Seiring dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya kesadaran akan isu-isu lingkungan, industri produksi *Styrene* ini terus bertransformasi untuk memenuhi kebutuhan pasar yang dinamis, sambil berupaya untuk meminimalkan dampak lingkungan dari proses produksinya.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Pendirian pabrik *Styrene* di Indonesia ini merupakan salah satu tindakan yang dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah impor *Styrene* dari luar negeri serta untuk meningkatkan pertahanan perekonomian nasional di sektor industri. Pendirian pabrik ini diharapkan memberikan beberapa manfaat penting, seperti mengurangi ketergantungan pada impor, meningkatkan devisa nasional, menciptakan lapangan kerja yang baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran, serta memperbaiki kesejahteraan masyarakat setempat melalui berbagai inovasi dan penelitian. Tujuan utama dari

pembangunan pabrik *Styrene* adalah untuk mendukung kemajuan dan kestabilan ekonomi negara secara keseluruhan.

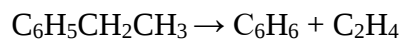
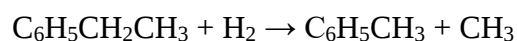
1.4. Proses Pembuatan *Styrene*

1.4.1. Pembuatan Proses Pembuatan *Styrene* dengan Dehidrogenasi Etilbenzena

Dehidrogenasi etilbenzena merupakan proses dengan menggunakan suatu teknologi single-product untuk menghasilkan produk dalam jumlah besar. Proses ini biasanya menggunakan reactor fixed bed yang beroperasi pada tekanan yang rendah serta suhu antara 550-680°C (Kirk Othmer, 1952). Pada proses ini reaksi yang dihasilkan adalah reaksi endotermis atau membutuhkan panas sehingga bergantung pada suhu tinggi. Katalis yang biasanya digunakan pada reaksi ini adalah Fe_2O_3 karena merupakan katalis yang cocok digunakan pada reaksi endotermis.

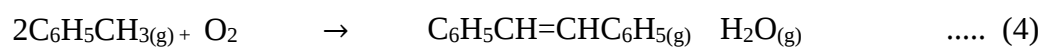


Pada proses ini biasanya menghasilkan produk samping berupa toluene dan benzene yang terbentuk dari adanya reaksi katalitik serta dari hasil dekomposisi etilbenzena dan *Styrene* pada suhu tinggi. Berikut adalah reaksi samping yang terbentuk yaitu pembentukan toluene dan juga benzene

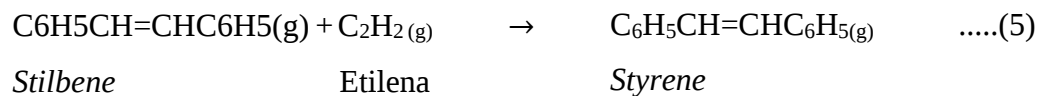


1.4.2. Proses Pembuatan *Styrene* dengan Oksidasi Etilbenzena

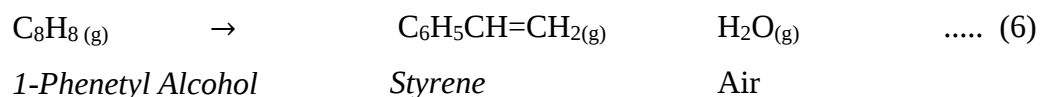
Proses pembuatan *Styrene* dari toluena karena ketersediaan toluena yang memiliki harga 15% lebih murah dari benzene dan toluena bersifat tidak beracun. Proses pembuatan *Styrene* dengan metode oksidasi udara toluena menghasilkan stilbene dilakukan oleh Musanto dengan menggunakan reaktor fluidized bed untuk mendukung katalis (Ullman, 2002). Pada tahap pembuatan *Styrene* dengan oksidasi etilbenzena berlangsung pada temperatur 130°C dan tekanan 0,2 MPa menghasilkan etilbenzena hidroperoksida (EBHP), *α-methylbenzyl alcohol* (MBA) dan *acetophenone* (ACP) (Ullman, 2002).



Stilbene kemudian direaksikan dengan menggunakan etilena dengan menggunakan katalis molybdenum untuk menghasilkan *Styrene*.



1.4.3. Proses Pembuatan *Styrene* dengan Dehidrasi katalik 1-phenethyl alcohol
 Proses Pembuatan *Styrene* dengan dehidrasi katalitik 1-Phenetyl alcohol dilakukan dengan reaktor multitubular pada suhu 200°C pada tekanan vacuum 30 kPa dengan katalis p-tolusulfonic acid dengan konversi yang lebih tinggi.



Berikut adalah perbandingan berbagai proses pembuatan *Styrene* ditampilkan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Perbandingan Proses Pembuatan *Styrene*

Faktor Perbedaan	Proses Dehidrogenasi Etilbenzena	Proses Oksidasi Etilbenzena	Proses Dehidrasi 1-phenetyl alcohol
Bahan Baku	Etilbenzena	Etilbenzena	<i>1-phenetyl alcohol</i>
Kondisi Operasi	T = 620 °C	Reaktor 1:	T = 200 °C
Reaktor	P = 0-5 MPa	T = 130 °C P = 0,2 MPa Reaktor 2: T = 110 °C P = 4 MPa Reaktor 3: T = 90-150 °C P = 8 MPa Reaktor 4: T = 250 °C P = 0-5 MPa	P = 30 kPa
Katalis	<i>Iron Oxide</i>	Reaktor 2: <i>molybdenum</i> Reaktor 3: campuran ZnO dan CaO Reaktor 4: Al_2O_3	<i>p-tolusulfonic acid</i>
Produk Samping	Benzena dan Toluena	Propilen Oksida	Air

Konversi	60 – 70%	70 – 80%	>90%
Selektivitas	70 – 80%	70%	>90%
Kelemahan	Membutuhkan temperatur yang tinggi untuk meningkatkan konversi karena reaksi berjalan secara endotermik	Proses ini membutuhkan investasi yang besar dan produksi <i>Styrene</i> memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional	Bahan baku harus diimpor sehingga membutuhkan biaya investasi besar

(Sumber: Ullman, 2002)

1.5. Sifat Fisika dan Kimia

1.5.1. Bahan Baku

1) 1-phenethyl alcohol

Tabel 1. 2. Data *Phenetyl Alcohol*

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_8H_{10}O$
2.	Berat molekul (g/mol)	104,152
3.	Densitas (g/cm ³)	1,02
4.	Tekanan Uap (mmHg)	0,098
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b (°C)	219
8.	Titik lebur, T_f (°C)	-27
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	38,5-39,9
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	425.63

1.5.2. Bahan Penunjang

1) Katalis *p-Tolusulfonic acid*

Tabel 1. 3. Data Katalis

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_7H_8O_3S$
2.	Berat molekul (g/mol)	172.20
3.	Densitas (g/cm ³)	1,70

4.	Wujud	solid
5.	Warna	Tidak berwarna
6.	Freezing Point (°C)	-14,4
7.	Melting Point (°C)	400
8.	Shelf life	2 tahun
9.	Sifat	Toksik dan Korosif

1.5.3. Produk
Styrene

Tabel 1. 4. Data *Styrene*

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C ₈ H ₈
2.	Berat molekul (g/mol)	104,152
3.	Densitas (g/cm ³)	0,9016
4.	Viskositas (cP)	0,696
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T _b (°C)	145,3
8.	Titik lebur, T _f (°C)	-30,65
9.	Tekanan kritis, P _c (atm)	36,3
10.	Temperatur kritis, T _c (K)	636,85

1.5.4. Produk Samping
Air

Tabel 1. 5. Data Air

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	H ₂ O
2.	Berat molekul (g/mol)	18,015
3.	Densitas (g/cm ³)	1,00
4.	Viskositas (cP)	0,8949
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T _b (°C)	100
8.	Titik lebur, T _f (°C)	0
9.	Tekanan kritis, P _c (atm)	218
10.	Temperatur kritis, T _c (K)	647,35

DAFTAR PUSTAKA

- Abedsoltan, H., dan Coleman, M.R. 2022. Aryl sulfonic acid catalysts: Effect of pendant group structure on activity in hydrolysis of polyethylene terephthalate. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol 139(27).
- Airpack. 2023. *Reciprocating compressors - Horizontal, Vertical or V-type*. (online). <https://airpack.nl/product/reciprocating-compressors/>. (Diakses 3 Januari 2025)
- Anonim. 2025. *Density of Liquid water 0° to 100°*. (online). <http://www.vaxasoftware.com>. (Diakses pada 15 April 2025).
- Anonim. 2025. Phenethyl Alcohol CAS60-12-8 *PhenylEthyl Alcohol 99% 2 Phenylethanol*. (online). <https://made-inchina.com/product/China-Phenethyl-Alcohol-CAS-60-12-8-Phenyl-Ethyl-Alcohol-99-2-Phenylethanol.html>. (Diakses pada 10 Mei 2025).
- Anonim. 2025. Styrene 99% CAS 100-42-5 C₈H₈ Liquid Styrene Monomer. (online).
- Anonim. 2025. *Viscosity of Liquid water 0° to 100°*. (online). <http://www.vaxasoftware.com>. (Diakses pada 15 April 2025).
- Anonim. 2025. *Wilayah Kota Serang*. (Online). <https://damkarkotaserang.page4>. (Diakses pada 13 Mei 2025).
- Badan Pusat Statistik. 2024. Ekspor dan Impor . <https://www.archive.bps.go.id/exim/>. (online). (Diakses 27 November 2024).
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2001. SNI 03-6575-2001 - *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*.
- Bank Indonesia. 2025. Kurs Transaksi Bank Indonesia. (online). <https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi>. (diakses 10 Mei 2025).
- Brown, R. N. 1986. *Compressors Selection and Sizing (Second Edition)*. Gulf Publishing Company.
- Cenna, N., dan Evi, C. 2021. Penentuan Lokasi Pabrik Menggunakan Metode Factor Rating Pada Pra-Rancangan Pabrik *Virgin Coconut Oil* (VCO) Dengan Kapasitas 50 . 000 Ton / Tahun. *Jurnal Teknologi Separasi*. Vol. 7(9): 655–663.

- Craig, B.D. dan Anderson, D.S. 1995. *Handbook Of Corrosion Data*. United States:ASM International
- Dwiki, A. 2025. *Harga Borongan Gudang per M2, Tenaga dan Material*. (online). <https://www.tukangarsitek.com/berita/harga-borongan-gudang-per-m2>. (Diakses 13 mei 2025).
- Eigenberger, G. 1992. *Chemical reactor design for catalysis*. Springer
- Engineers Guide.2011. *Types of reactors used for chemical reactions and chemical process*. (Online). <https://enggyd.blogspot.com/2011/05/types-of-reactors.html>. (Diakses 20 Mei 2025)
- Fatimura, M. 2014. *Tinjauan Teoritis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Operasi Pada Kolom Destilasi*. Pusat Penelitian Fakultas Teknik Universitas Pgri Palembang, Vol. 11(1): 23–31.
- Felder. R. M., dan Rousseau, R. W. 2010. *Elementary Principles of Chemical Processes, 3rd Update Edition*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, H. S. 2004. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice-Hall of India
- Ganga, V. S. R., Abdi, S.H.R., Kureshy, R.I., Khan,N.H. dan Bajaj, H.C. 2016. P-Toluene Sulfonic Acid (PTSA)-MCM-41 As A Green, Efficient And Reusable Heterogeneous Catalyst For The Synthesis Of Jasminaldehyde Under Solvent-Free Condition. *Journal of Molecular catalys*. Vol.420: 264-271.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. United States: Prentice-Hall International.
- Hasan, Z., Hwang, J. S., dan Jhung, S.H. 2012. Dehydration Of 1-Phenylethanol To Styrene Over Sulfonated D-Glucose Catalyst. *Catalyst communication*. Vol. 26: 30-33.
- Hendri. 2010. *Perencanaan Tata Letak Pabrik*. Jakarta Barat: Universitas Mercu Buana
- Idris, M. 2025. Gaji UMR serang 2025 Baik Kota Serang Maupun Kabupaten Serang. (online).<https://money.kompas.com/read/2025/01/17/095141726/gaji-umr-serang-2025-baik-kota-serang-maupun-kabupaten-serang>. (Diakses pada 10 Mei 2025).

- Kemenperin.2023.Ketenagakerjaan.https://kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf.
- Kementrian ATR/BPN. 2025. Bhumi. <https://bhumi.atrbpn.go.id/peta>.
- Kern, D. Q. (1965). Process Heat Transfer. United States: McGraw-Hill.
- Kumar, S. 1987. *Gas production engineering Vol.4* . United States: Gulf Publishing Company.
- Kundari, N. A., dan Marjanto, D. 2009.Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radiosotop. Forum Nuklir. Vol 3(1): 49-59.
- Qian, L., Zhenshun, J. Yanfeng, D., Sai, X., dan Hongke, Z. 2024. *Method For Producing Heavy Component Content In Styrene Preparation Process From 1-Phenetyl Alcohol*. (Patent CN 2024/188290225A).
- Leily Nurul, K., Ramdja, A. F., dan Leonard, N. 2009. Distilasi Untuk Pra-Rencana Pabrik. Teknik Kimia. Vol. 16(4): 20.
- Levenspiel, O. 1999. Chemical Reaction Engineering (3rd Edition).United States: John Wiley dan Sons.
- Ludwig, E. E. 2010. Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol. 2. United States: Elsevier.
- Matches. 2014. Matches' Process Equipment Cost Estimate. (Online). <https://www.matche.com/equipcost/Default.html>. (Diakses 13 Mei 2025)
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. Unit Operations of Chemical Engineering (Fifth Edition). United States: McGraw-Hill.
- Otoritas Jasa Keuangan. 2024. Suku Bunga Dasar Kredit.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 1998. Perry's Chemical Engineer's Handbook (Seventh Edition). United States: McGraw-Hill.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook (7th Edition)*. United States: McGraw-Hill.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th Edition)*. United States: McGraw-Hill.

- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., dan West, R. E. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers (Fifth Edition)*. United States: McGraw-Hill.
- Pilling, M. dan Holden, B.S. 2009. *Choosing Trays and Packings for Distillation. Chemical engineering process*. Vol. 105(9):44-50.
- PSE. 2017. *Multitubular Reactors*. (Online). <https://www.psenterprise.com/sectors/chemicals/reaction/cases/multitubular-reactors>. (Diakses pada 20 Mei 2025).
- Puspadini, M. 2025. *Daftar Tarif listrik per kWh 13 Golongan Non-Subsidi, Berlaku 12 April*. (Online). <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250412125634-4-625463/daftar-tarif-listrik-per-kwh-13-golongan-non-subsidi-berlaku-12-april>. (Diakses pada 13 Mei 2025).
- Roth. 2021. *Safety data sheet*. Germany: Macherey-Nagel GmbH & Co. KG.
- Sari, D. P. 2025. *Perumdam Kota Serang Gandeng Putra Salam Mandiri Sediakan Air Bersih*. (online). <https://banten.antaranews.com/berita/321901/perumdam-kota-serang-gandeng-putra-salam-mandiri-sediakan-air-bersih>. (Diakses 20 Mei 2025).
- Savaliyam, M.L. Tank, R.S. dan Dholakiya, B.Z. 2023. Rational Design Of Hierarchically Porous Sulfonic Acid And Silica Hybrids With Highly Active Sites For Efficient Catalytic Biodiesel Synthesis. *Chemistry Organic material*. Vol 1: 1-11.
- Sinnot, R. K. 2005. *and Richardson's Chemical Engineering Design (Fourth Edition)*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics (2nd Edition)*. United States: McGraw-Hill.
- Syarifuddin Ismail, 1996. *Alat Industri Kimia*. Indralaya: Universitas Sriwijaya,
- Towering Skills. 2023. *Cost Indices*. <https://toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices>.
- Trambouze, P., van Landeghem, H., dan Wauquier, J.-P. 1988. *Chemical Reactors*. Gulf Publishing Company.
- Treyball, R. E. 1981. *Mass Transfer Operations (3rd Edition)*. United States: McGraw-Hill Book Co.

- Ullman, F. 2002. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th Edition*. Vol A 16. Germany: Wiley VCH.
- Valencia, J.P.P. dan Sayans, E.S.N. 2011. Styrene Production through 1-Phenylethanol Vapor-Phase Dehydration in a New Reaction System. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. Vol. 50(9): 5485–5489
- Vatavuk, W. M. 2002. Updating the CE Plant Cost Index. *Chemical Engineering*, Vol. 109(1): 62–70.
- Vilbrandt, F. C. 1959. *Chemical Engineering Plant Design (Fourth Edition)*. United States: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.
- Weissermel, K dan Arpe, H.J. 1997. *Industrial Organic Chemistry*. Germany: Wiley VCH.
- Wijnbelt, E. C. Dan Hekelaar, E. H 2009. *Dehydration Of 1-Phenyl Ethanol*. (Patent 2009/WO2010110841A1).
- Winkle, V. 1967. *Distillation*. United States: McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. United States: McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. 2015. *The Yaws Handbook of Vapor Pressure: Antoine Coefficients (Second Edition)*. Gulf Publishing.