

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN STIRENA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan
gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

ATIKAH DAMAYANTI

03031181520005

RIZKI NUGRAHA

03031181520029

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN STIRENA
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Atikah Damayanti 03031181520090

Rizki Nugraha 03031281520096

Indralaya, Juli 2019

Pembimbing



Lia Cundari S.T., M.T.
NIP. 198412182008122002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

Nama/Nim : 1. Atikah Damayanti (03031181520005)
2. Rizki Nugraha (03031181520029)

Judul:

“PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN STIRENA KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN”

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019 oleh Dosen Penguji:

Dr. Ir. Susila Arita R., DEA

NIP. 196010111985032002

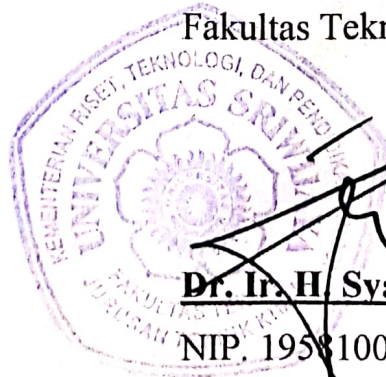
(.....)

Indralaya, Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Stirena Kapasitas 125.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Atikah Damayanti dan Rizki Nugraha di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019.

Indralaya, Juli 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Ir. Hj. Farida Ali, DEA
NIP. 195511081984032001

(*Farida*)

2. Dr. Ir. Susila Arita R., DEA
NIP. 196010111985032002

(*Susila*)

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

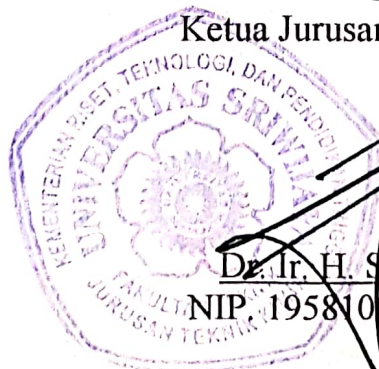
(*Tuti Indah Sari*
30/7/19)

4. Lia Cundari S.T., M.T.
NIP. 198412182008122002

(*Lia Cundari*)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaitul, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Atikah Damayanti
NIM : 03031181520005
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Stirena
Kapasitas 125.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Rizki Nugraha** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Indralaya, 30 Juli 2019



Atikah Damayanti

NIM. 03031181520005



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Nugraha
NIM : 03031181520029
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Stirena
Kapasitas 125.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Atikah Damayanti didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Indralaya, 30 Juli 2019



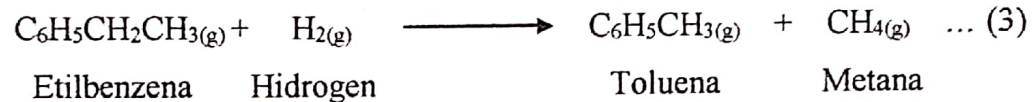
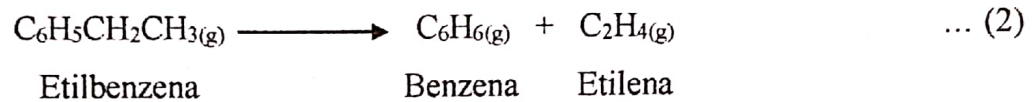
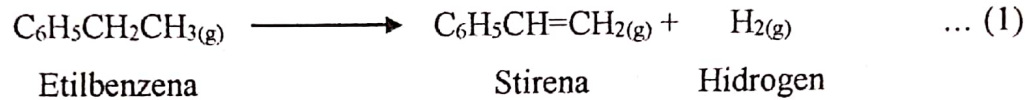
Rizki Nugraha

NIM. 03031181520029



ABSTRAK

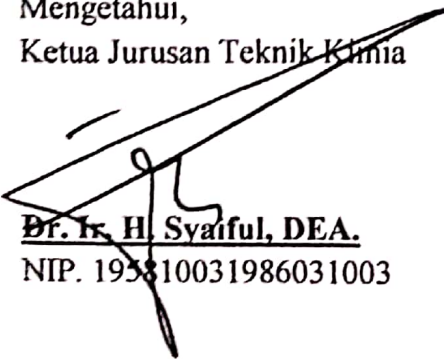
Pabrik pembuatan stirena dari proses dehidrogenasi etilbenzena dengan kapasitas 125.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Kota Cilegon, Provinsi Banten yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 3,6 Ha. Proses pembuatan stirena dengan jenis reaktor *fixed bed* yang disusun secara paralel dan seri dengan katalis *Iron Oxide*. Kondisi operasi pembuatan stirena adalah 615,6°C dengan tekanan 0,54-0,61 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pabrik pembuatan stirena ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang pimpinannya adalah Direktur. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 213 orang. Hasil analisa ekonomi Pra Rencana Pabrik Pembuatan Stirena adalah sebagai berikut:


- *Total Capital Investment* = US \$ 67.992.697,71
- *Selling Price per Year* = US \$ 292.369.921,03
- *Total Production Cost* = US \$ 93.212.802,34
- *Annual Cash Flow* = US \$ 46.463.408,93
- *Pay Out time* = 2,02 tahun
- *Rate of Return* = 43,48 %
- *Discounted Cash Flow* = 48,78 %
- *Break Even Point* = 36,01 %
- *Service Life* = 11 tahun

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA.
NIP. 195810031986031003

Indralaya, ³⁰ Juli 2019
Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Lia Cundari S.T., M.T.
NIP. 198412182008122002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Stirena Kapasitas 125.000 Ton per Tahun” ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat akhir mengikuti ujian sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Universitas Sriwijaya. Laporan tugas akhir ini mencakup perencanaan pabrik dan perancangan alat-alat proses pra rencana pabrik pembuatan stirena serta pertimbangan kelayakan berdasarkan analisa ekonomi. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Indralaya, Juli 2019

Tim Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua kami tercinta yang telah memberikan dukungan dalam bentuk kasih sayang, semangat, materi, serta doa yang tak henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Lia Cundari S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2015 serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Indralaya, Juli 2019

Tim Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERBAIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I. PEMBAHASAN UMUM	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangannya	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan	2
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	5
BAB II. PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Pemilihan Kapasitas Pabrik	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku	11
2.4. Pemilihan Proses	12
2.5. Uraian Proses	12
BAB III. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	
3.1. Lokasi Pabrik	15
3.2. Tata Letak Pabrik	18
3.3. Perkiraan Luas Area	19

BAB IV. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa	22
4.2. Neraca Panas	32
BAB V. UTILITAS	
5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	39
5.2. Unit Pengadaan Air	40
5.3. Unit Pengadaan Listrik.....	44
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	46
BAB VI. SPESIFIKASI PERALATAN	50
BAB VII. ORGANISASI PERUSAHAAN	
7.1. Bentuk Organisasi Perusahaan	88
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan	89
7.3. Tugas dan Wewenang	90
7.4. Kepegawaian	93
7.5. Sistem Kerja	94
7.6. Penentuan Sistem Karyawan.....	95
BAB VIII. ANALISA EKONOMI	
8.1. Profitabilitas	101
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	101
8.3. Total Modal Akhir.....	103
8.4. Laju Pengembalian Modal	105
8.5. Break Even Point (BEP).....	106
8.6. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	107
BAB IX. KESIMPULAN	109
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Impor Stirena Stirena per Negara di Wilayah ASEAN	10
Tabel 2.2 Data Total Impor Stirena per Negara di Wilayah ASEAN.....	10
Tabel 5.1 Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 132 °C.....	39
Tabel 5.2 Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 200 °C.....	39
Tabel 5.3 Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 900 °C.....	40
Tabel 5.4 Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 900 °C.....	40
Tabel 5.5 Kebutuhan Air Pendingin	41
Tabel 5.6 Kebutuhan Air Domestik	43
Tabel 5.7 Total Kebutuhan Air dalam Pabrik.....	44
Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Peralatan	44
Tabel 5.9 Kebutuhan Listrik Pabrik Stirena	46
Tabel 5.10 Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	48
Tabel 5.11 Kebutuhan Bahan Bakar Generator	49
Tabel 7.1 Pembagian Kerja Pekerja <i>Shift</i>	95
Tabel 7.2 Perincian Jumlah Karyawan	97
Tabel 8.1 Angsuran Pengembalian Modal (US \$).....	103
Tabel 8.1 Kesimpulan Analisa Ekonomi	107

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Data Impor Stirena pada Tahun 2014-2018.....	10
Gambar 2.2. Diagram Alir Pembuatan Stirena	14
Gambar 3.1. Peta Kota Cilegon	15
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik Stirena di Kota Cilegon-Banten.....	16
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik	20
Gambar 3.4. Tata Letak Peralatan Pabrik	21
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	99
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point Pabrik Stirena	24

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C	: Allowable corrosion, m
E	: Efisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	: Diameter dalam, Diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur operasi, K
t	: Tebal dinding accumulator, m
V	: Volume total, m ³
V _s	: Volume silinder, m ³
ρ	: Densitas, kg/m ³

2. COOLER / CONDENSER / HEAT EXCHANGER / PARTIAL CONDENSER / REBOILER / VAPORIZER / WASTE HEAT BOILER

A	: Luas area perpindahan panas, ft ²
a''	: Luas satu buah tube, ft ²
aa	: Area flow annulus, ft ²
ap	: Area flow inner pipe, ft ²
a't	: Flow area tube, ft ²
B	: Jarak baffle, in
C _p	: Panas spesifik, Btu/lb.oF
De	: Diameter ekivalen, ft
D _p	: Diameter inner pipe, ft
f	: Faktor friksi
Fl	: kecepatan head/hairpn. ft
G _a	: Laju alir massa annulus, lb/jam ft ²
G _p	: Laju alir massa inner pipe, lb/jam ft ²
G _s	: Laju alir massa shell, lb/jam ft ²
G _t	: Laju alir massa tube, lb/jam ft ²

h_i	: Koefisien perpindahan panas bagian dalam, Btu/hr ft ² oF
h_o	: Koefisien perpindahan panas bagian luar, Btu/hr ft ² oF
ID	: Diameter dalam, ft
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr ft.oF
L	: Panjang tube, ft
NRe	: Bilangan Reynold, tak berdimensi
Nt	: Jumlah tube, buah
OD	: Diameter luar, ft
Pr	: Bilangan Prandtl, tak berdimensi
Q	: Beban panas, Btu/hr
Rd	: Dirt factor, Btu/jam ft ² F
s	: Rasio densitas
T1, t1	: Temperatur masuk shell, tube, oF
T2, t2	: Temperatur keluar shell, tube, oF
tc	: Temperatur rata-rata fluida dingin, oF
Tc	: Temperatur rata-rata fluida panas, oF
Uc	: Clean overall coefisient, Btu/jam ft ² F
Ud	: Koefisien overall perpindahan panas, Btu/ jam ft ² oF
V	: kecepatan, ft/s
W, w	: Laju alir massa di shell, tube, lb/jam
ΔP	: Pressure drop, psi
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, oF
μ	: Viskositas, Cp
ρ	: Densitas, lb/ft ³

3. FLASH DRUM/LIQUID LIQUID VAPOR SEPARATOR

Q_g	: Gas volumetric flowrate, m ³ /s
Q_L	: Liquid volumetric flowrate, m ³ /s
K_v	: Konstanta sistem
W_g	: Laju alir massa gas, kg/jam
W_L	: Laju alir massa liquid, kg/jam

ρ_g	: Densitas gas, kg/m ³
ρ_L	: Densitas liquid, kg/m ³
U_g	: Kecepatan gas, m/s
A	: <i>Vessel area minimum</i> , m ²
D	: <i>Diameter vessel minimum</i> , m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_t	: Tinggi vessel, m
H_s	: Tinggi silinder vessel, m
V_t	: Volume vessel, m ³
V_s	: Volume silinder vessel, m ³
V_h	: Volume <i>head</i> , m ³
P	: Tekanan desain, psi
S	: <i>Working stress allowable</i> , psi
E_j	: <i>Welding Joint Efisiensi</i>
C	: Tebal korosi yang diizinkan, in
OD	: <i>Outside diameter</i> , m
r	: Jari-jari vessel, in

4. KOLOM DISTILASI

A	: Vessel area, m ²
A_a	: Active area, m ²
A_d	: Area downcomer, m ²
A_h	: Area, hole, m ²
A_n	: Area tower, m ²
C	: Faktor korosi yang diizinkan, m
C_{vo}	: Dry orifice coefficient, dimensionless
C_{sb}	: Kapasitas uap, m/det
D	: Diameter tower, m
D_s	: Designment space, m
E	: Joint efisiensi, dimensionless
E_o	: Overall tray pengelasan, dimensionless

e	: Total entrainment, kg/det
F	: Faktor flooding, dimensionless
F _{LV}	: Parameter aliran, dimensionless
f	: Faktor friksi
H	: Tinggi tower, m
HK	: Heavy Component
h _a	: Areated liquid drop, cm
h _f	: Height of froth, cm
h _{ow}	: Height liquid crast over weir, cm
h _w	: Tinggi weir, cm
L	: Tinggi liquid, m
LK	: Light component
P	: Tekanan desain, atm
Q	: Liquid bolumeterik flowrate, m/det
Q _v	: Vapor bolumeterik flowrate, m/det
R	: Rasio refluks, dimensionless
R _m	: Rasio refluks minimum
S	: Working stress, atm
S	: Plate teoritis pada aktual refluks
S _m	: Stage teoritis termasuk reboiler
U _v	: Vapour velocity, m/det
ρ _g	: Densitas gas, kg/m ³
ρ _l	: Densitas liquid, kg/m ³

5. KOMPRESOR

C	: Kapasitas kompresor, m ³ /menit
HP	: Kerja, hp
k	: Eksponen isentropik
N _s	: Jumlah <i>stage</i>
n	: Eksponen politropik
q _{fm}	: Umpan volumetrik, ft ³ /menit

P_1	: Tekanan masuk, bar
P_2	: Tekanan keluar, bar
T_1	: Temperatur masuk, °C
T_2	: Temperatur masuk, °C
W	: Laju alir massa, kg/jam
η_s	: Efisiensi isentropik, %
η_p	: Efisiensi politropik, %

6. POMPA

T	: Temperatur, K
m_s	: <i>Flowrate</i> , lb/jam
ρ	: Densitas fluida, lb/ft ³
μ	: Viskositas, lb/ft. Hr
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Kapasitas pompa, ft ³ /s
m_f	: <i>Flowrate</i> dengan faktor keamanan, lb/min
D_{opt}	: Diameter dalam optimum pipa, in
ϵ	: <i>Equivalent roughness</i> , ft
f	: <i>Fanning factor</i>
A	: Luas penampang, ft ²
BHP	: <i>Brake Horse Power</i> , HP
g	: Percepatan gravitasi, ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitasi, ft/s ²
H_f	: Total friksi, ft
H_{fs}	: <i>Skin friction loss</i> , ft. lbf/ lb
H_{fc}	: <i>Sudden contraction friction loss</i> , ft. lbf/ lb
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft. lbf/ lb
H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft. lbf/ lb
H_d, H_s	: <i>Head discharge, suction</i> , ft
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in

K_c, K_e : *Contaction, ekspansion contraction*
 L : Panjang pipa, ft
 L_s : Panjang ekuivalen pipa, ft
 MHP : *Motor Horse Power, HP*
 $NPSH$: *Net Positive Suction Head, ft .lbf/ lb*
 Q_f : Laju alir volumetrik, ft³/s
 N_R : *Reynold Number, dimensionless*
 V_s : *Suction velocity, ft/s*
 V_d : *Discharge velocity, ft/s*
 ΔP : *Differential pressure, psi*
 η : Efisiensi pompa

7. REAKTOR

Q_f : *Volumetric flowrate feed, m³/jam*
 C : Konsentrasi Reaktan, kmol/m³
 F : *Molar flow, kmol/s*
 σ : Diameter Partikel, cm
 N : Bilangan Avogrado, mol⁻¹
 T : Temperatur Reaksi, K
 M : Berat Molekul, kg/kmol
 E : Energi Aktivasi, kj/kmol
 R : Konstanta Gas Ideal, kJ/kmol K
 W : Berat Katalis, kg
 V_k : Volume katalis, m³
 V_R : Volume reaktor, m³
 V_s : Tinggi reaktor, m
 H_s : Tinggi silinder , m
 H_e : Tinggi elipsiodal, m
 D_R : Diameter reaktor, m
 P : Tekanan desain, psi
 S : *Working stress allowable, psi*
 E_j : *Welding Joint Efisiensi*

C : Tebal korosi yang diizinkan, in
OD : *Outside* diameter, m
r : Jari-jari vessel, in

8. TANGKI

C : Tebal korosi yang diizinkan, m
D_T : Diameter tanki, m
E : Efisiensi penyambungan, dimensionless
H_s : Tinggi silinder, m
H_T : Tinggi tanki, m
h : Tinggi head, m
P : Tekanan operasi, atm
S : Working stress yang diizinkan, atm
t : Tebal dinding tanki, m
V_s : Volume silinder, m³
V_e : Volume elipsoidal, m³
V_t : Volume tanki, m³

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	110
LAMPIRAN 2. PERHITUNGAN NERACA PANAS	168
LAMPIRAN 3. SPESIFIKASI PERALATAN	235
LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN EKONOMI.....	484

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan dan pengembangan industri di Indonesia merupakan salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah untuk memacu pertumbuhan ekonomi nasional. Pembangunan sektor industri juga dapat meningkatkan daya saing industri nasional terhadap industri negara lain sehingga dapat meningkatkan pangka pasar baik didalam maupun diluar negeri. Pembangunan dalam sektor industri diharapkan dapat meningkatkan devisa negara dan mengurangi ketergantungan produk dari negara lain. Salah satu sektor industri yang dikembangkan adalah industri kimia.

Stirena merupakan senyawa aromatik yang memiliki rumus molekul C_8H_8 dan rumus molekul $C_6H_5CH=CH_2$. Stirena adalah monomer yang berfungsi sebagai bahan baku pembuatan plastik yang dapat terpolimerisasi menjadi polistirena. Contoh produk plastik dengan bahan dasar stirena yaitu *Polystyrene* (PS), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Styrene Butadiene Rubber* (SBR), dan *Styrene Butadiene Latex* (SBL). Kebutuhan stirena sebagai bahan intermediet meningkat pada negara-negara ASEAN setiap tahun. Rata-rata kebutuhan negara ASEAN terhadap stirena meningkat 9,5% setiap tahun seiring meningkatnya kebutuhan plastik yang menggunakan bahan dasar stirena (UN Comtrade, 2019).

Pada pra-rencana pabrik ini, proses yang digunakan untuk produksi stirena adalah dehidrogenasi etilbenzena. Proses dehidrogenasi etilbenzena merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam skala komersial karena prosesnya lebih mudah dan sedikit menghasilkan produk samping dibandingkan proses lainnya. Bahan baku yang digunakan untuk produksi stirena yaitu etilbenzena. Di Indonesia, pabrik yang memproduksi etilbenzena adalah PT Styrimdo Mono Indonesia dengan kapasitas 370.000 ton/tahun. PT Styrimdo Mono Indonesia dapat menjadi pemasok bahan baku pembuatan stirena. Berdasarkan pemaparan diatas, maka pendirian pabrik stirena dapat membuka peluang pembangunan industri berbahan baku stirena di Indonesia dan negara-negara ASEAN, meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat, dan dapat membuka lapangan pekerjaan baru.

1.2. Sejarah dan Perkembangannya

Stirena ($C_6H_5CH=CH_2$) yang biasa dikenal dengan nama *ethenylbenzene*, *phenylethylene*, atau *vinyl benzene* merupakan salah satu monomer hidrokarbon aromatik yang sangat penting dalam bidang industri. Stirena pertama kali dibuat oleh M. Bonastre pada tahun 1831 dengan menggunakan distilasi *storax balsam* (Scott dan Roff, 1971). Pada tahun 1935, Dow Chemical Co. membuat stirena dalam skala yang besar dengan kemurnian stirena yang tinggi berdasarkan hasil sintesis M. Berthelot pada tahun 1851. Stirena mengalami peningkatan produksi selama perang dunia di USA dan *Germany* yang digunakan untuk karet sintesis. Setelah terjadinya perang dunia, stirena memiliki harga yang lebih murah menyebabkan pertumbuhan pesat produksi polistirena.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan

Proses pembuatan stirena dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain:

1.3.1. Proses Pembuatan Stirena dengan Dehidrogenasi Etilbenzena

Pembuatan stirena dengan metode dehidrogenasi etilbenzena secara langsung dapat menghasilkan 85% stirena secara komersial. Reaksinya berlangsung dalam fase gas yang dibawa oleh *steam* dengan menggunakan katalis *iron oxide* (Ullman, 2002). Reaksinya berlangsung secara endotermis dan juga dapat dicapai secara isothermal maupun adiabatik. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Kondisi reaktor yang digunakan untuk dehidrogenasi etilbenzena yaitu pada temperatur 620 °C dengan tekanan yang rendah. Jumlah *yield* yang dihasilkan tergantung pada jumlah katalitik konversi menjadi stirena dan *thermal cracking* menjadi *byproduct*. Stirena yang didapatkan dari keluaran reaktor dapat dimurnikan dengan menggunakan kolom distilasi.

1.3.2. Proses Pembuatan Stirena dengan Oksidasi Etilbenzena

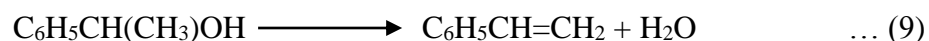
Pada tahap pembuatan stirena dengan oksidasi etilbenzena berlangsung pada temperatur 130 °C dan tekanan 0,2 MPa menghasilkan etilbenzena hidroperoksida (EBHP), *α-methylbenzyl alcohol* (MBA) dan *acetophenone* (ACP) (Ullman, 2002).



Etilbenzena peroksida direaksikan dengan propilen dengan menggunakan katalis *molybdenum* untuk menghasilkan propilen oksida (PO) dan hasil samping MBA. Reaksi tersebut berlangsung pada temperatur 110 °C dan tekanan 4 MPa.

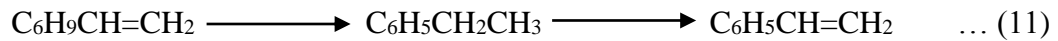
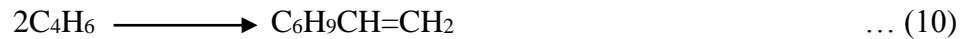


Untuk meningkatkan *yield*, ACP dihidrogenasi menjadi MBA dengan temperatur 90-150 °C dan tekanan 8 MPa. Katalis yang digunakan adalah campuran ZnO dan CaO. MBA yang dihasilkan didehidrasi sehingga membentuk stirena pada kondisi temperatur 250 °C dan tekanan yang rendah dengan menggunakan katalis Al_2O_3 . Reaksinya adalah sebagai berikut:



1.3.3. Proses Pembuatan Stirena dari Butadiena

Proses pembuatan stirena dari butadiena dimulai dari dimerisasi 1,3-butadiena menjadi 4-*vinylcyclohexene-1* (VCH). Reaksi berlangsung secara eksotermik dan dapat dicapai secara termal maupun katalitik. Pada kondisi termal dibutuhkan temperatur 140 °C dan tekanan 4 MPa. Sedangkan metode katalitik dengan menggunakan katalis *nitrosyl halide-iron complex* yang dioperasikan pada temperatur 0-80 °C dan tekanan 0,1-1,3 MPa (Ullman, 2002). VCH kemudian didehidrogenasi menjadi etilbenzena atau pada saat kondisi yang paling parah dapat dihidrogenasi secara langsung menjadi stirena. Reaksinya yang terjadi adalah sebagai berikut:

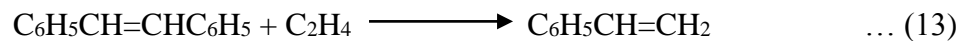


1.3.4. Proses Pembuatan Stirena dari Toluena

Banyak upaya untuk proses pembuatan stirena dari toluena karena ketersediaan toluena yang memiliki harga 15% lebih murah dari *benzene* dan toluena bersifat tidak beracun. Namun, belum ada proses yang dilakukan secara komersial. Proses pembuatan stirena dengan metode oksidasi udara toluena menghasilkan *stilbene* dilakukan oleh Musanto dengan menggunakan reaktor *fluidized bed* untuk mendukung katalis (Ullman, 2002).



Stilbene kemudian direaksikan dengan menggunakan etilen dengan menggunakan katalis molebdenum untuk menghasilkan stirena.



Berikut adalah perbandingan berbagai proses pembuatan stirena ditampilkan dalam Gambar 1.1.

Faktor Perbedaan	Proses Dehidrogenasi Etilbenzena	Proses Oksidasi Etilbenzena	Pembuatan Stirena dari Butadiena
Bahan Baku	Etilbenzena	Etilbenzena	Butadiena
Kondisi Operasi	T = 620 °C	Reaktor 1:	T = 0-80 °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 = 0,1-1,3 MPa

Katalis	<i>Iron Oxide</i>	Reaktor 2: <i>molybdenum</i> Reaktor 3: campuran ZnO dan CaO Reaktor 4: Al ₂ O ₃	<i>Nitrosyl halide-iron complex</i>
Produk Samping	Benzena dan Toluena	Propilen Oksida	4- <i>vinylcyclohexene-1 (VCH)</i>
Kelemahan	Membutuhkan temperatur yang tinggi untuk meningkatkan konversi karena reaksi berjalan secara endotermik	Proses ini membutuhkan investasi yang besar dan produksi stirena memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional	Proses pembuatan stirena dari VCH tidak ekonomis.

(Sumber: Ullman, 2002)

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika dan kimia senyawa-senyawa baik bahan baku maupun produk yang dihasilkan berdasarkan Pubchem (2019) adalah sebagai berikut:

1. Etilbenzena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C ₈ H ₁₀
2.	Berat molekul (gr/mol)	106,168
3.	Densitas (gr/cm ³)	0,8626
4.	Viskositas (cP)	0,64
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T _b (°C)	136,2
8.	Titik lebur, T _f (°C)	-95
9.	Tekanan kritis, P _c (atm)	35,62
10.	Temperatur kritis, T _c (K)	617,1

2. Air

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	H ₂ O
2.	Berat molekul (gr/mol)	18,015
3.	Densitas (gr/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

3. Stirena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C ₈ H ₈
2.	Berat molekul (gr/mol)	104,152
3.	Densitas (gr/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

4. Hidrogen

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	H ₂
2.	Berat molekul (gr/mol)	2,016
3.	Densitas (gr/cm ³)	0,082 E-3
4.	Viskositas (cP)	0,88 E-4

5.	Wujud	Gas
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b ($^{\circ}\text{C}$)	-259,16
8.	Titik lebur, T_f ($^{\circ}\text{C}$)	-252,762
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	12,8
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	33,25

5. Benzena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C_6H_6
2.	Berat molekul (gr/mol)	78,114
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,879
4.	Viskositas (cP)	0,604
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b ($^{\circ}\text{C}$)	80,1
8.	Titik lebur, T_f ($^{\circ}\text{C}$)	5,558
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	58,2271
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	562

7. Etilena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C_2H_4
2.	Berat molekul (gr/mol)	28,054
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,569
4.	Viskositas (cP)	0,01
5.	Wujud	Gas
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b ($^{\circ}\text{C}$)	-103,7
8.	Titik lebur, T_f ($^{\circ}\text{C}$)	-169,0
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	49,9383
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	282,35

6. Toluena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	C_7H_8
2.	Berat molekul (gr/mol)	92,141
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,867
4.	Viskositas (cP)	1,165
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b ($^{\circ}C$)	110,6
8.	Titik lebur, T_f ($^{\circ}C$)	-94,9
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	40,542
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	591,75

7. Metana

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus molekul	CH_4
2.	Berat molekul (gr/mol)	16,043
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,7168 E-3
4.	Viskositas (cP)	0,01087
5.	Wujud	Gas
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_b ($^{\circ}C$)	-161,5
8.	Titik lebur, T_f ($^{\circ}C$)	-182,566
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	45,8
10.	Temperatur kritis, T_c (K)	190,9

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2014. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2015. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2016. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2017. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2017. *Tarif Pelayanan Air Bersih* (Online). <http://www.pdamcilegon.co.id/tarif-pelanggan111> (Diakses pada tanggal 9 Juni 2019)
- _____. 2018. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2019. *Data Ekspor dan Impor Stirena*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2019. *HTED-04 Ethylbenzene Dehydrogenation Catalyst* (Online). https://www.alibaba.com/product-detail/HTED-04-Ethylbenzene-DehydrogenationCatalyst_1977300230.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.340e30e6aTlqDH&s=p (Diakses pada tanggal 9 Juni 2019)
- Blackwell, Wayne. 1984. *Chemical Process Design*. New York : Mc.Graw Hill.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (3th ed., Vol. VI). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Fogler, H. S. 2001. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3th edition*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: Hill International Edition.
- Lee, E. H. 2013. *Iron Oxide for Dehydrogenation of Ethylbenzene in the Presence of Steam*. UK: Informa Ltd.
- Ludwig., E. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol. 2 Third Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Miller, R. R., dkk. 1994. Styrene Production, Use, and Human Exposure. *Critical Reviews in Toxicology*. Vol. 24(1): 1-10.
- Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4th Edition*. New York : Mc Graw Hill International Book Co.

- Pubchem. 2019. *Benzene* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzene> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Ethylbenzene* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ethylbenzene> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Hydrogen* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hydrogen> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Methane* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/methane> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Styrene* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/styrene> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Toluene* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/toluene> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Pubchem. 2019. *Water* (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/water> (Diakses pada tanggal 31 Januari 2019)
- Scott, J.R dan W.J. Roff. 1971. *Fibres, Films, Plastics, and Rubbers Handbook of Common Polymers*. Butterworth & Co: London.
- Sheir, L. L., R. A. Jarman dan G. T. Burstein. 2000. *Corrosion*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Shancez, A. P., dkk. 2017. Simulation of the Styrene Production Process via Catalytic Dehydrogenation of Ethylbenzene Using CHEMCAD[®] Process Simulator. *Tecnura*. Vol. 21(53): 15-31.
- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics*. US: McGraw-Hill, Inc.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass-Transfer Operation*. McGraw-Hill.
- Ullman, F. 2002. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th Edition*. Vol A 16, VCH, Germany
- Van Winkle, M. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Wood, D. R. 2007. *Rules of Thumb in Engineering Practice*. Canada: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.