

# **SKRIPSI**

## **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia pada Universitas Sriwijaya



M. Alik Aziz

NIM 03031181419164

Patrick Rudy M.

NIM 03031281419080

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN  
1,3- BUTADIENA KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN**



**M. Alik Aziz**

NIM 03031181419164

**Patrick Rudy M.**

NIM 03031281419080

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

# HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA

PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA DENGAN KAPASITAS 105.000

TON/TAHUN

SKRIPSI

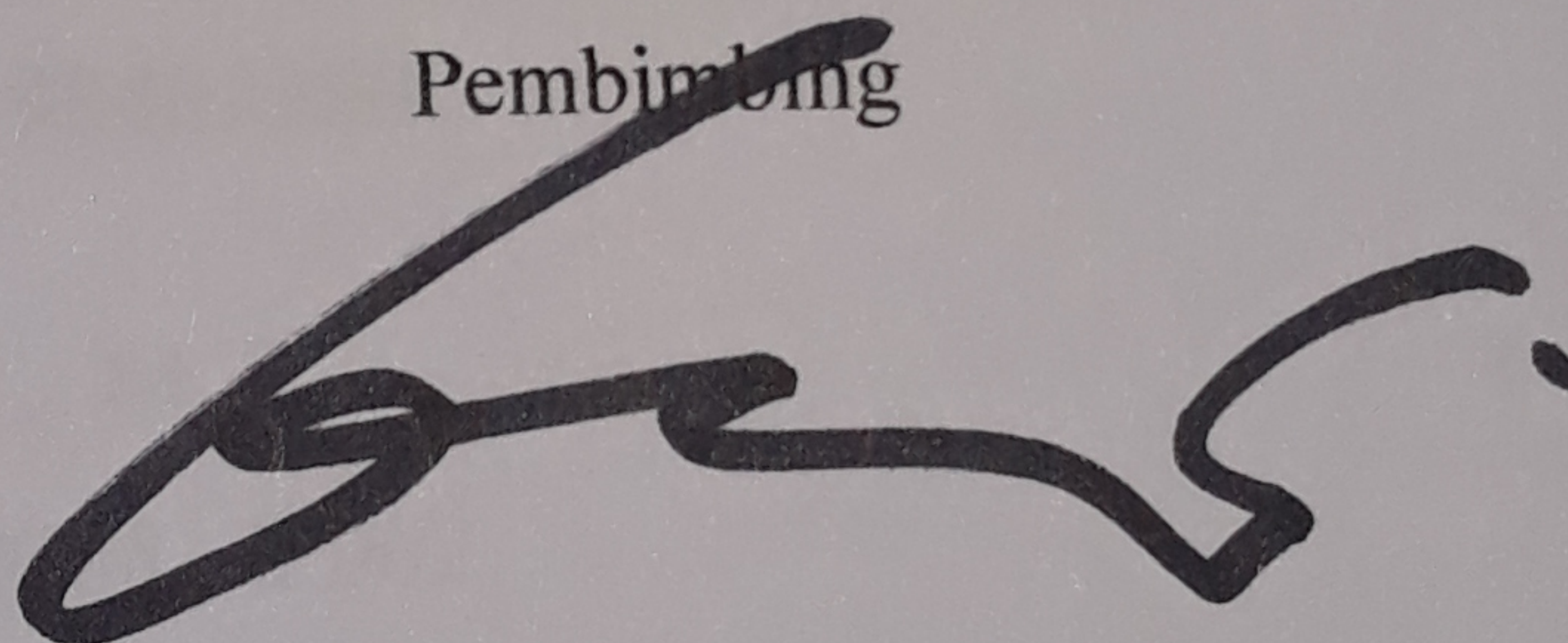
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

M. Alik Aziz	03031181419164
Patrick Rudy M.	03031281419080

Indralaya, September 2018

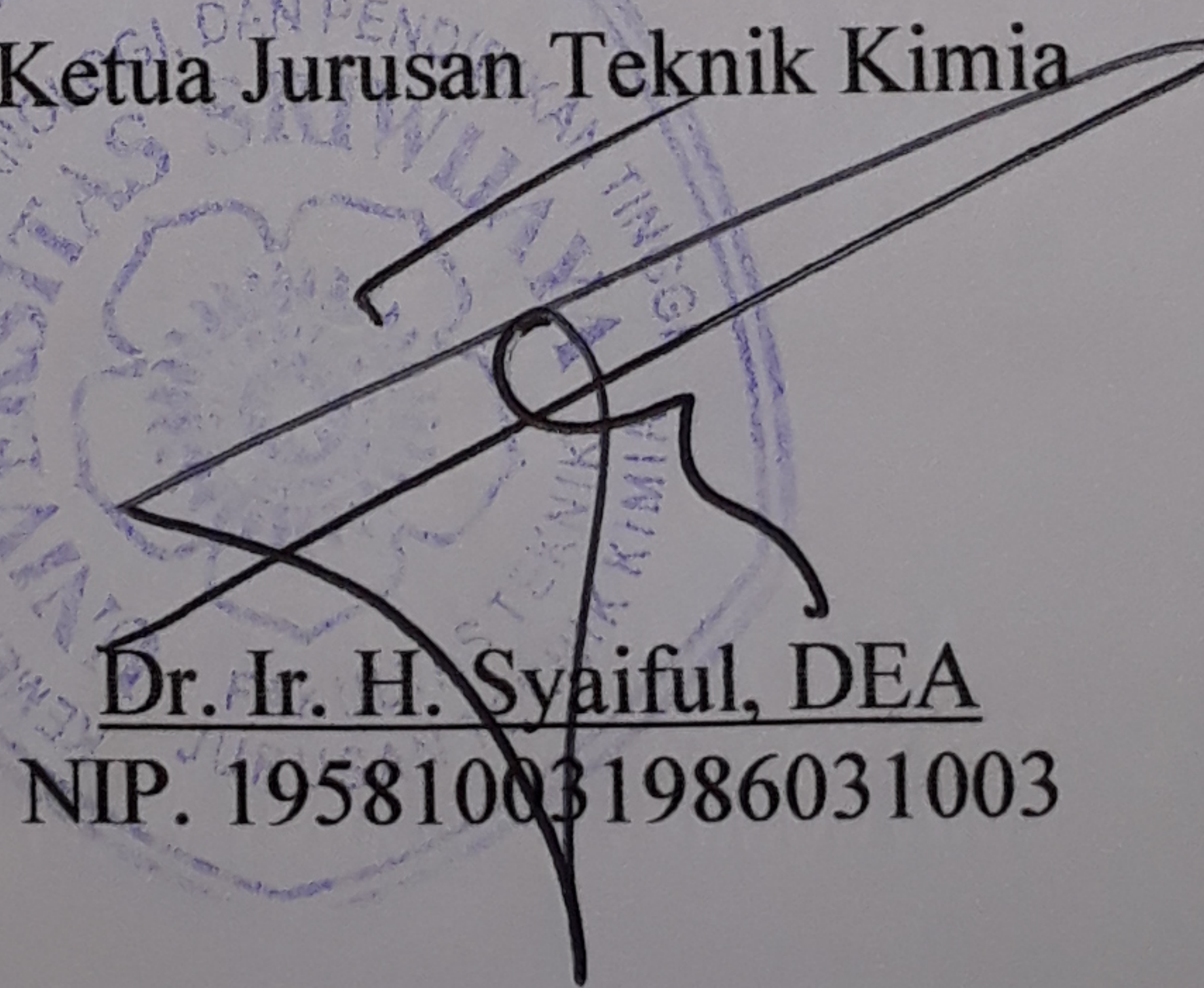
Pembimbing



Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T.,M.T  
NIP. 197503261999032002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena dengan Kapasitas 105.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan M. Alik Aziz dan Patrick Rudy M di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 September 2018.

Palembang, September 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M.Sc

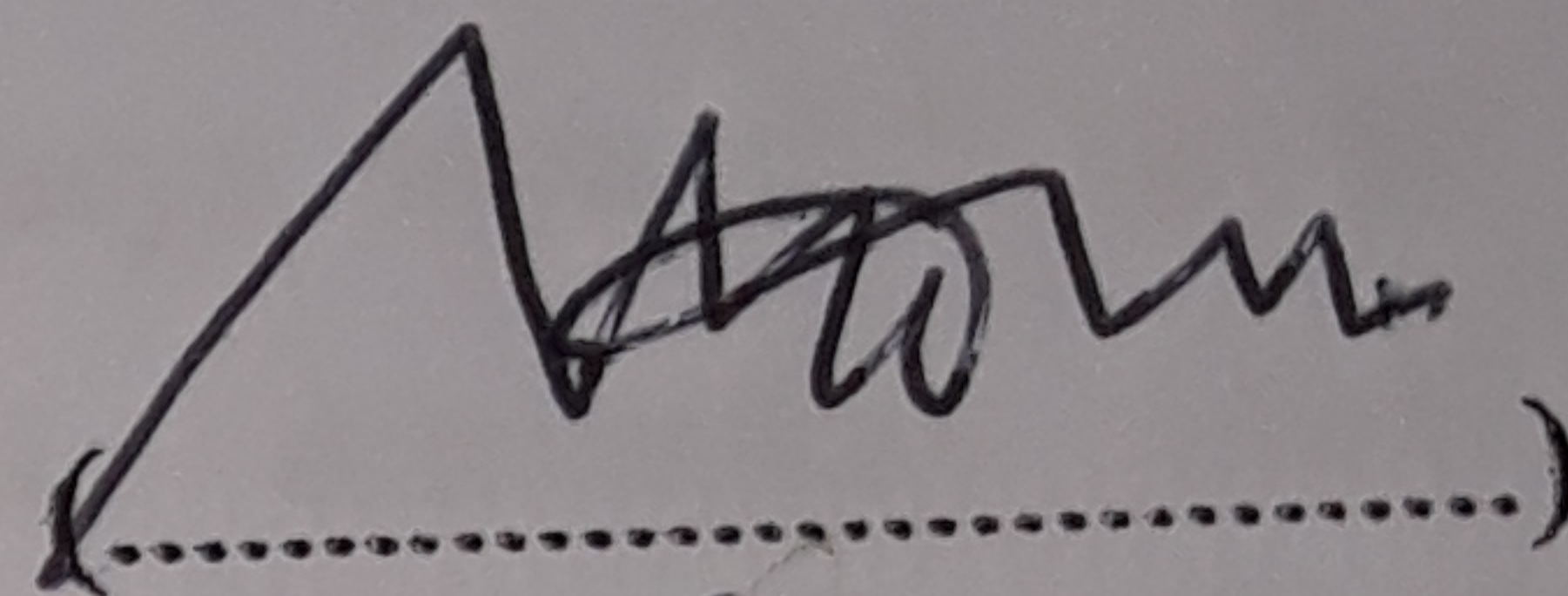
NIP. 196108121987031003

2. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.

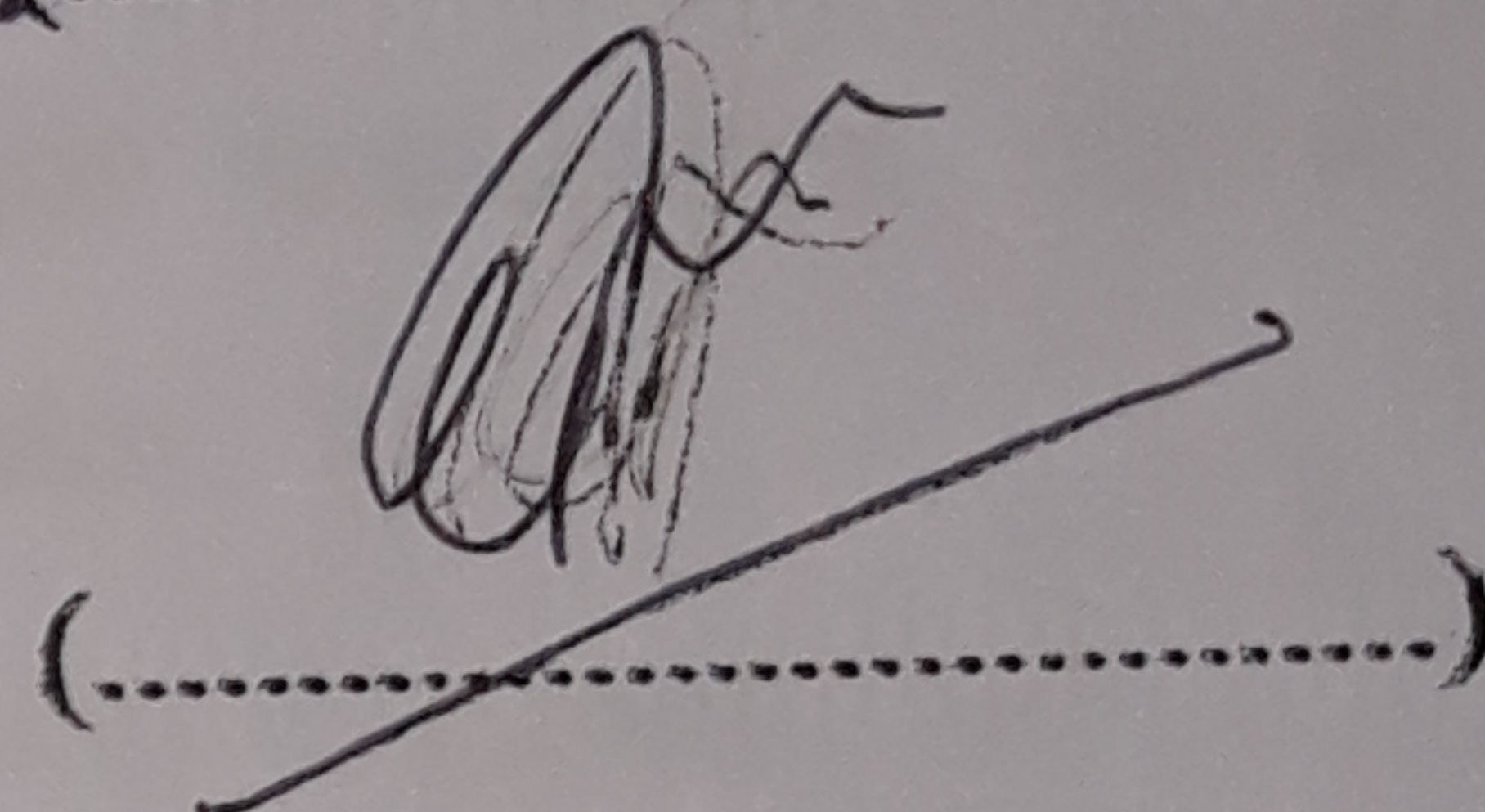
NIP. 195608311984032002

3. Lia Cundari, S.T., M.T.

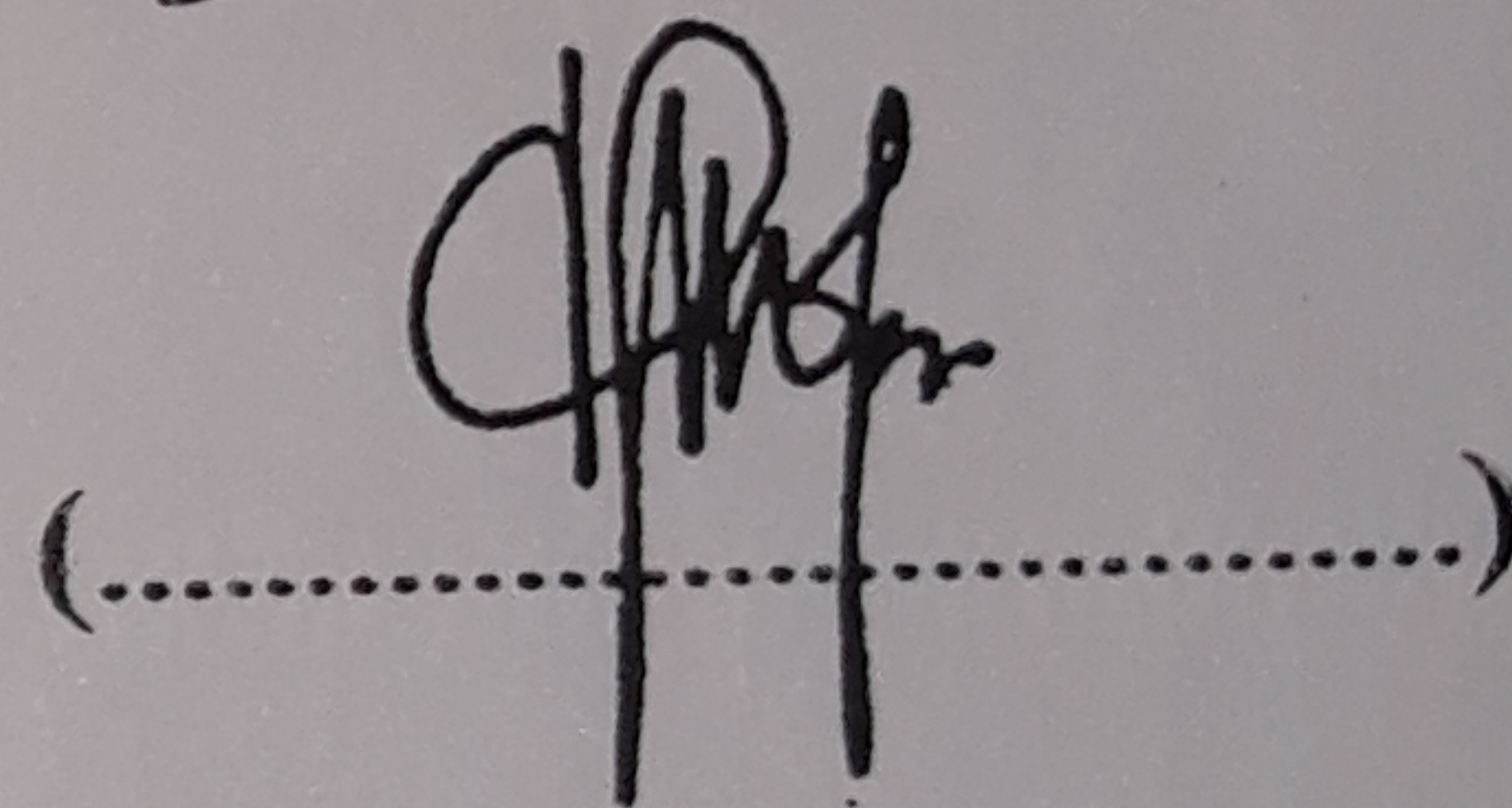
NIP. 198412182008122002



(.....)



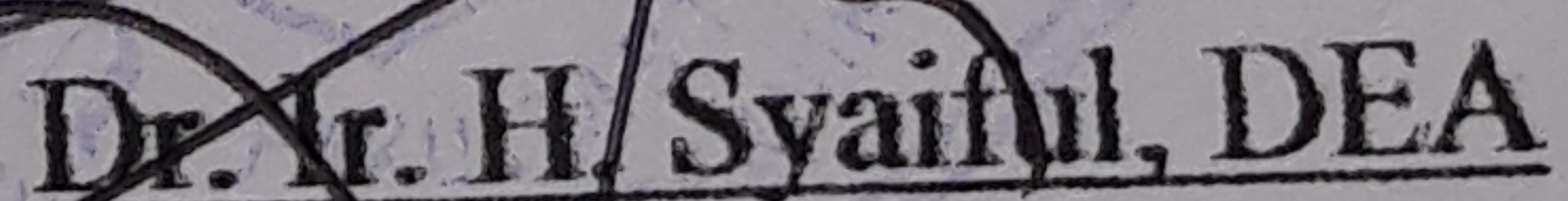
(.....)



(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS



Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Alik Aziz  
NIM : 03031181419164  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena dengan Kapasitas 105.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya 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 siapa pun.

Palembang, September 2018



**M. Alik Aziz**

**NIM. 03031181419164**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS



Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Patrick Rudy M  
NIM : 03031281419080  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena dengan Kapasitas 105.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya 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.

Palembang, Agustus 2018

**Patrick Rudy M,**  
NIM. 03031281419080



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena Kapasitas 105.000 Ton/Tahun”. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyelesaikan tugas akhir ini walaupun terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan. Penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Indralaya,    Sepetember 2018

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dari berbagai pihak. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan, serta dorongan dari berbagai pihak, baik yang bersifat moral maupun material. Penulis mengucapkan rasa terimakasih 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 selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. H. M. 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 Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
7. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini turut memberi kontribusi yang bermanfaat bagi semua pihak.

Inderalaya, September 2018

Penulis



## RINGKASAN

### PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA KAPASITAS 105.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2018

M. Alik Aziz dan Patrick Rudy Meizakh;

Dibimbing oleh Dr. Hj. Leily Nurul Komariah. S,T.,M,T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan 1,3-Butadiena dari 1-Butena dengan kapasitas 105.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2023 di Cilegon, Provinsi Banten yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 4,5 Ha. Proses pembuatan butadiena dengan jenis reaktor *fixed bed* (R-01) dengan katalis  $ZnFe_2O_4$ . Kondisi operasi pembuatan butadiena adalah  $375^{\circ}C$  dan tekanan 2 atm. Pabrik pembuatan 1,3-Butadiena ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpinnya adalah Direktur Utama. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 163 orang. Hasil dari analisa ekonomi Pra-rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena sebagai berikut:

- *Total Capital Investment* = US \$ 107.476.433,94
- *Selling Price per Year* = US \$ 241.735.100,24
- *Total Production Cost* = US \$ 179.872.670,63
- *Annual Cash Flow* = US \$ 51.901.815,44
- *Pay Out time* = 2,6 tahun
- *Rate of Return* = 40,29%
- *Discounted Cash Flow* = 47,77 %
- *Break Even Point* = 36,30 %
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci** : 1,3-Butadiena, Analisa Ekonomi, Pabrik, Spesifikasi Peralatan



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxii
<b>BAB I PEMBAHASAN UMUM</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3 Proses-proses Pembuatan Butadiena.....	3
1.3.1 Proses Houndry Catadiene .....	3
1.3.2 Proses Philip.....	3
1.3.3 Proses Nippon Zeon .....	4
1.4 Macam-macam Proses Pembuatan Asam Asetat .....	4
1.5 Sifat Fisika dan Kimia.....	5
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b>	
2.1 Alasan Pendirian Pabrik.....	8
2.2 Pemilihan Kapasitas .....	8
2.3 Pemilihan Bahan Baku .....	10
2.4 Pemilihan Proses .....	11
2.5 Uraian Proses .....	11
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK</b>	
3.1 Lokasi Pabrik .....	13

3.2	Kondisi, Klimatologi, dan Topografi .....	16
3.3	Pemasaran dan Transportasi .....	17
3.4	Tenaga Kerja .....	17
3.5	Letak Pabrik .....	18
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b>		
4.1	Neraca Massa .....	20
4.2	Neraca Panas .....	30
3.6	Luas Area .....	21
<b>BAB V UTILITAS</b>		
5.1	Unit Pengadaan Air .....	41
5.1.1.	Air Pendingin .....	41
5.1.2.	Air Umpam Boiler.....	43
5.1.3.	Air Domestik.....	43
5.1.4.	Air Proses .....	44
5.1.5.	Superheated Steam untuk Proses .....	44
5.1.6.	Total Kebutuhan Air .....	44
5.2	Unit Pengadaan Steam .....	45
5.3	Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	45
5.3.1.	Unit Peralatan.....	45
5.3.2.	Unit Penerangan .....	46
5.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	47
5.5	Unit Pengandaan Refrigeran .....	49
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>		<b>50</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN</b>		
7.1	Sistem Organisasi.....	111
7.1.1.	Bentuk Perusahaan .....	111
7.1.2.	Struktur Organisasi Perusahaan .....	113
7.2	Manajemen Perusahaan.....	116
7.3	Kepegawaian .....	117
7.3.1.	Peraturan Kerja.....	117
7.3.2.	Waktu Kerja .....	117

7.4	Penentuan Jumlah Pekerja.....	118
7.4.1.	Direct Operating Labor .....	119
7.4.2.	Indirecdo Operating Labor .....	120

## **BAB VIII ANALISA EKONOMI**

8.1	Keuntungan (Profitability) .....	124
8.1.	Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> .....	124
8.2	Lama Waktu Pengembalian Modal .....	125
8.2.1.	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal .....	125
8.2.2.	<i>Pay Out Time (POT)</i> .....	126
8.3	Total Modal Akhir.....	127
8.3.1.	<i>Net Profit Over Total life of Project (NPOTLP)</i> .....	127
8.3.2.	<i>Total Capital Sink</i> .....	128
8.4	Laju Pengembalian Modal .....	129
8.4.1.	<i>Rate of Return Investment (ROR)</i> .....	129
8.4.2.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i> .....	129
8.5	<i>Break Even Point</i> .....	130

<b>BAB IX KESIMPULAN</b> .....	133
--------------------------------	-----

## **DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Sifat Fisik Senyawa.....	5
Tabel 2.1 Data Impor Butadiena .....	9
Tabel 2.2 Perusahaan-Perusahaan Produksi Butadiena .....	10
Tabel 7.1 Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	109
Tabel 7.2 Perincian Jumlah Karyawan.....	111
Tabel 8.1 Angsuran Pengembalian Modal .....	117
Tabel 8.2 Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	123

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kurva Prediksi Kebutuhan Butadiena.....	9
Gambar 3.1. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).....	15
Gambar 3.2. Area Pendirian Pabrik di daerah Ciwandan dari Google Map .....	16
Gambar 3.3. Layout Pabrik Pembuatan Butadiena .....	19
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan.....	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	89
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> .....	122



## DAFTAR NOTASI

### 1. ABSORBER

A	: Cross section area tower, m <sup>2</sup>
BM <sub>AVG</sub>	: BM rata-rata, kg/kmol
C <sub>c</sub>	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
D <sub>G</sub> , D <sub>L</sub>	: Difusivitas gas dan liquid, m <sup>2</sup> /s
E <sub>j</sub>	: Efisiensi pengelasan
F <sub>L</sub> , F <sub>G</sub>	: Koefisien transfer massa gas dan liquid, kmol/m <sup>2</sup> .s
G	: Kelajuan superfisial molar gas, kmol/m <sup>2</sup> .s
G'	: Kelajuan superfisial gas, kmol/m <sup>2</sup> .s
H <sub>tG</sub>	: Tinggi unit transfer fase gas, m
H <sub>tL</sub>	: Tinggi unit transfer fase liquid, m
H <sub>tog</sub>	: Tinggi unit transfer overall, m
L	: Kelajuan liquid total, kg/m <sup>2</sup> .s
L'	: Kelajuan superfisial massa liquid, kg/m <sup>2</sup> .s
m	: Rasio distribusi kesetimbangan
P	: Tekanan desain, psi
Sc <sub>g</sub> , Sc <sub>l</sub>	: Bilangan Schmidt gas dan liquid
Z	: Tinggi packing, m
ΔP	: Perbedaan tekanan, N/m <sup>2</sup>
ε <sub>Lo</sub>	: Fraksi volume liquid, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
μ <sub>G</sub> , μ <sub>L</sub>	: Viskositas gas dan liquid, kg/ms
ρ <sub>L</sub> , ρ <sub>G</sub>	: Densitas gas dan liquid, kg/m <sup>3</sup>
σ <sub>L</sub>	: Tegangan permukaan liquid, N/m
φ <sub>lt</sub>	: Total hold-up liquid

### 2. ACCUMULATOR

C <sub>c</sub>	: Tebal korosi maksimum, in
E <sub>j</sub>	: 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 <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
ρ	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 3. COMPRESSOR

k	: Konstanta Kompresi
n	: Jumlah stage
η	: Efisiensi kompresor
P <sub>IN</sub>	: Tekanan masuk, bar
P <sub>OUT</sub>	: Tekanan keluar, bar
T <sub>1</sub>	: Temperatur masuk kompresor, °C
T <sub>2</sub>	: Temperatur keluar kompresor, °C
P <sub>w</sub>	: Power kompresor, HP
Q	: Kapasitas kompresor, lb/menit
R <sub>c</sub>	: Rasio kompresi
W	: Laju alir massa, lb/jam
ρ	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 4. CONDENSER, COOLER, HEATER, REBOILER, CHILLER, TOTAL CONDENSER

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T <sub>1</sub> , t <sub>1</sub>	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T <sub>2</sub> , t <sub>2</sub>	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW

$U_o$	: Koefisien overall perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$\Delta T_{lm}$	: Selisih log mean temperatur, $^\circ C$
$A$	: Luas area perpindahan panas, $m^2$
$ID$	: Diameter dalam tube, m
$OD$	: Diameter luar tube, m
$L$	: Panjang tube, m
$p_t$	: Tube pitch, m
$A_o$	: Luas satu buah tube, $m^2$
$N_t$	: Jumlah tube, buah
$V, v$	: Laju alir volumetrik shell, tube, $m^3/jam$
$u_t, U_s$	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
$Db$	: Diameter bundel, m
$D_s$	: Diameter shell, m
$N_{RE}$	: Bilangan Reynold
$N_{PR}$	: Bilangan Prandtl
$N_{NU}$	: Bilangan Nusselt
$h_i, h_o$	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$l_b$	: Jarak baffle, m
$D_e$	: Diameter ekuivalen, m
$k_f$	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$
$\mu$	: Viskositas, cP
$C_p$	: Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
$h_{id}, h_{od}$	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$k_w$	: Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$
$\Delta P$	: Pressure drop, psi

## 5. DECANTER

$C_c$	: Tebal korosi maksimum, in
$D$	: Diameter dekanter, m
$E_j$	: Efisiensi pengelasan

L	: Panjang dekanter, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Waktu pemisahan, jam
t <sub>r</sub>	: Tebal tangki, cm
V	: Volume dekanter, m <sup>3</sup>
V <sub>S</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
V <sub>T</sub>	: Volume total, m <sup>3</sup>
W <sub>A</sub>	: Laju alir massa bottom, kg/jam
W <sub>B</sub>	: Laju alir massa top, kg/jam
μ <sub>A</sub>	: Viskositas bottom, cP
μ <sub>B</sub>	: Viskositas top, cP
ρ <sub>A</sub>	: Densitas bottom, kg/m <sup>3</sup>
ρ <sub>B</sub>	: Densitas top, kg/m <sup>3</sup>

## 6. FURNACE

A <sub>cp</sub>	: Cold plate area shield tube, ft <sup>2</sup>
A <sub>cpw</sub>	: Cold plate area shield wall, ft <sup>2</sup>
A <sub>r</sub>	: Luas area radian, ft <sup>2</sup>
A <sub>Rt</sub>	: Radiant surface, ft <sup>2</sup>
A <sub>rt</sub>	: Total exposed radiant length, ft <sup>2</sup>
F	: Jumlah fuel yang dibutuhkan, kg/jam
H	: Tinggi radian total, ft
L <sub>beam</sub>	: Mean beam length, ft
L <sub>r</sub>	: Lebar seksi radian, ft
L <sub>s</sub>	: Lebar bagian shield, ft
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube, buah
Q	: Beban panas, Btu/jam
q <sub>n</sub>	: Net heat release, Btu/jam
q <sub>r</sub>	: Radiant duty, Btu/jam

- $T_f$  : Temperatur rata-rata fluida, °F  
 $T_t$  : Temperatur rata-rata dinding, °F

## 7. KOLOM DESTILASI

- $A_a$  : Active area, m<sup>2</sup>  
 $A_d$  : Downcomer area, m<sup>2</sup>  
 $A_{da}$  : Luas aerasi, m<sup>2</sup>  
 $A_h$  : Hole area, m<sup>2</sup>  
 $A_n$  : Net area, m<sup>2</sup>  
 $A_t$  : Tower area, m<sup>2</sup>  
 $C_c$  : 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  
 $\Delta P$  : Pressure drop, psi  
 $\psi$  : Fractional entrainment

## 8. KOLOM EKSTRAKSI

$d_o$	: Diameter oriface
$p'$	: Pitch
$\Delta\rho$	: Perbedaan densitas
$d_j$	: Diameter jet
$V_o$	: Kecepatan melalui oriface
$A_o$	: Luas area
$A_a$	: Plat area perforasi
$A_d$	: Cross section area downspot
$D_t$	: Diameter tower
$d_p$	: drop size
$q_D$	: Laju alir fase dispersi
$q_c$	: Laju alir fase kontinyu
$\theta_f$	: Time drop formation
$K_{LDF}$	: Overall koefisien perpindahan massa
$k_{LDF}, k_{LCf}$	: Koefisien perpindahan massa
$k_{LDF}$	: Koefisien fase terdispersi
$N_{TOE}$	: Jumlah transfer unit
$H_{TOE}$	: Tinggi transfer unit
$Z$	: Tinggi kolom
$z$	: Tray spacing
$V_t$	: Terminal velocity
$V_d$	: Kecepatan cross section area downspot
$V_s$	: <i>Slip velocity</i>
$\omega$	: Frekuensi osilasi
$h$	: Liquid pada tray
$E_{MD}$	: <i>Efisiensi stage</i>

## 9. POMPA

$A$	: Area alir pipa, in <sup>2</sup>
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, $ft/s$
$\varepsilon$	: Equivalent roughness, ft
$\eta$	: Efisiensi pompa
$\mu$	: Viskositas, $kg/ms$
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$

## 10. QUENCH TOWER

$T_{g,in}$	: Temperatur gas masuk, K
$T_l$	: Temperatur liquid, K
VI	: Volume cairan, $cm^3$

Ql	: Kecepatan volumetris cairan ,cm <sup>3</sup> /jam
Vh	: Volume head sampa straight flange, m <sup>3</sup>
ID	: Diameter tanki, m
ΔP	: Pressure Drop dalam air, inches of water
E	: joint efficiency
C	: <i>corrosion allowence</i> ,in
Rc	: <i>crown radius</i> , in
Rl	: <i>knuckle radius</i> , in
v <sub>g</sub>	: Kecepatan linear gas, m/s
θ	: Waktu yang diperlukan quencher untuk mendinginkan feed, s
Ds	: Diameter spray, m
Hs	: Tinggi spray, m
q	: Debit per orifice, m <sup>3</sup> /jam
do	: Diameter orifice, m
Nt	: Jumlah Orifice, buah
At	: Luas area total orifice, m <sup>2</sup>

## 11. REAKTOR

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
C <sub>AO</sub>	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m <sup>3</sup>
D <sub>p</sub>	: Diameter katalis, m
D <sub>S</sub>	: Diameter shell, m
D <sub>T</sub>	: Diameter tube, in
F <sub>AO</sub>	: Laju alir umpan, kmol/jam
H <sub>R</sub>	: Tinggi shell reaktor, m
H <sub>T</sub>	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m <sup>3</sup> /kmol.s
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam



$p_t$	: Tube pitch, in
$S$	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
$t$	: Tebal dinding reaktor, cm
$V_k$	: Volume katalis, $m^3$
$V_T$	: Volume reaktor, $m^3$
$\rho, \rho_k$	: Densitas fluida, katalis, $kg/m^3$
$R$	: Konstanta gas ideal, $8,314 \text{ kJ/kmol.K}$
$\sigma_A$	: Diameter molekul, cm
$M$	: Berat molekul, $kg/kmol$
$E_A$	: Energi aktivasi, $kJ/kmol$
$V_E$	: Volume elipsoidal, $m^3$
$H_S$	: Tinggi silinder, m
$h$	: Tinggi tutup
$H_T$	: Tinggi total tanki, m
$H_L$	: Tinggi liquid, m
$H_i$	: Tinggi impeller, m
$D_i$	: Diameter impeller, m
$W_b$	: Lebar Baffle, m
$g$	: Lebar baffle pengaduk, m
$r$	: Panjang blade pangaduk, m
$rb$	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

## 12. TANGKI

$C_c$	: Tebal korosi maksimum, in
$D$	: Diameter tangki, m
$P$	: Tekanan desain, psi
$S$	: Tegangan kerja diizinkan, psi
$t$	: Tebal dinding tangki, cm
$V$	: Volume tangki, $m^3$
$W$	: Laju alir massa, $kg/jam$
$\rho$	: Densitas



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran

LAMPIRAN TUGAS KHUSUS

LAMPIRAN PATEN UTAMA

LAMPIRAN PATEN PENDUKUNG

LAMPIRAN REVISI

BIODATA

# BAB 1

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang pada saat ini berusaha untuk memenuhi kebutuhan berbagai bahan kimia untuk melancarkan proses industrialisasi. Bahan tersebut dapat berupa bahan baku, bahan setengah jadi maupun bahan pembantu untuk industri. Pada kenyataannya sampai saat ini banyak sekali bahan kimia yang belum dapat dipenuhi sendiri dan harus mengimpor dari negara lain.

Perkembangan sektor industri di Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan yang semakin pesat, khususnya pada subsektor industri kimia. Salah satu industri yang mempunyai prospek cukup menjanjikan dan mengalami peningkatan setiap tahunnya adalah industri karet sintetis yang telah dibangun oleh PT Syntetic Rubber Indonesia (SRI) yang memakai butadiena sebagai bahan baku utamanya. Penggunaan karet sintesis mulai menggeser karet alam karena karet sintesis lebih baik sifat fisiknya seperti lebih tahan cuaca, tahan asam, dan lebih kuat. Bahan baku karet sintesis tersebut adalah senyawa butadiena.

Butadiena memiliki rumus molekul  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  ( $\text{C}_4\text{H}_6$ ) dan mempunyai nama lain *buta-1,3-diene*, *biethylene*, *erythrene*, *divynil*, *vinilethylene*, sedangkan nama IUPAC dari senyawa ini adalah *1,3-Butadiene*. Pada kondisi lingkungan yaitu pada tekanan 1 atmosfer, dan temperatur  $30^\circ\text{C}$ , senyawa Butadiena adalah zat kimia berbentuk gas dengan sifat tidak berwarna, *non-korosif*, mudah terbakar, dan reaktif. Butadiena biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan karet sintetis, seperti *Styrene-Butadiene Rubber (SBR)*, *Polybutadiene (PB)*, *Polychloroprene (Neoprene)*, *Nitrile Rubber (NR)*, dan digunakan juga dalam pabrik *oil-resistant* bersama *acrylonitril*, sebagai polimer dan resin seperti *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)*, *Styrene-Butadiene Copolymer (Latex)*, dan juga digunakan dalam *water-based paint*, *metal coating*, dan lain sebagainya.

PT Petrokimia Butadiene Indonesia tengah membangun pabrik butadiene berkapasitas 100.000 ton per tahun yang berlokasi di Cilegon, Banten, Namun

karena baru akan beroperasi maka produksi butadiena beberapa tahun ini belum optimal sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun global yang terus meningkat. Indonesia sendiri diprediksi belum mampu memenuhi kebutuhan butadiena yang meningkat tiap tahunnya sekitar 17,7% (permintaan pasar lokal) dan 2,4% (permintaan pasar global) (*Sumber: Nexant, 2018*). Indonesia masih tetap pada posisi defisit dan bergantung pada impor. Dengan meningkatnya permintaan terhadap Butadiena khususnya pada industri ban dikawasan Asean membuat pentingnya pabrik Butadiena ini didirikan dan dikembangkan di Indonesia serta dapat menyerap tenaga kerja sehingga mengurangi angka pengangguran, dan menghasilkan devisa dengan adanya produk yang diekspor, serta mendorong berkembangnya industri-industri kimia yang menggunakan senyawa 1,3- butadiena.

## **1.2. Sejarah dan Perkembangan**

Butadiena pertama kali ditemukan pada tahun 1863 akibat ketidaksengajaan seorang ilmuwan kimia Perancis yang mengisolasi senyawa hidrokarbon hasil proses pirolisis amil alkohol. Pada tahun 1886, Hendry Amstrong dapat memperoleh produk butadiena yang sama dengan cara mempirolisis petroleum. Selanjutnya pada tahun 1910, Lebedev mulai menemukan Butadiena melalui proses fermentasi pati pada kentang. Alkohol yang dihasilkan direaksikan menggunakan katalis pada temperatur tinggi. Butadiena mulai dijual secara komersil oleh *American-Petroleum And Chemical Industry* yang memproduksi butadiena dengan cara mengolah minyak bumi dan senyawa organik lain melalui proses termis.

Frey kemudian mempelajari bahwa butadiena dapat dibentuk dari proses adisi senyawa *Methylene* dan juga dari proses isomerisasi molekul air dengan *vinyl cyclopropane* selama photolysis ketene atau diazometane pada temperatur 60°C. Zieger dan Morten yang akhirnya membuktikan teori Frey, bahwa reaksi adisi dari senyawa organik mealitik dapat menghasilkan produk Butadiena.

## **1.3. Proses Pembuatan Butadiena**

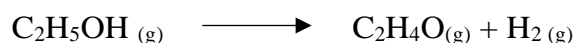
Pembuatan Butadiena dapat dilakukan dengan beberapa macam proses diantaranya :

- 1) Proses Haundry Catadiene
- 2) Proses Philips
- 3) Proses Nippon Zeon

#### 1.3.1. Proses Haundry Catadiene

Proses Haundry Catadiene adalah proses pembuatan butadiene dengan menggunakan bahan baku utama butanol atau butil alkohol. Pembuatan Butadiena dari dehidrogenasi etil alkohol digunakan 2 buah reaktor *fixed bed multitube* dengan tekanan 1,3 atm dan suhu sekitar 325 C katalisator yang digunakan adalah katalis 1707 dengan komposisi 72,4% MgO, 18,4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,6% CuO dan 4,6% K<sub>2</sub>O. Hasil reaksi dehidrogenasi kemudian di-umpamkan menuju absorber dan separator. Sedangkan produk bawah absorber akan diumpamkan menuju menara distilasi untuk memisahkan etil alkohol dan selanjutnya di *recycle*. Konversi reaktor pertama dicapai 90% dan reaktor kedua dicapai 30%

Reaksi pada reaktor pertama adalah sebagai berikut,



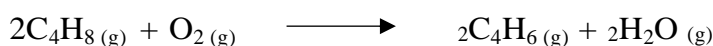
Reaksi pada reaktor kedua adalah sebagai berikut,



Pembuatan butadiena menggunakan dua buah reaktor *fixed bed multitube*. Pada reaktor difungsikan asetaldehida yaitu dengan dehidrogenasi etil alkohol pada kondisi operasi sekitar 235 C dengan tekanan 1 atm. Katalis yang digunakan adalah katalis 1707 dengan komposisi 72.4% MgO, 18,4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,6% CuO, dan 4,2% K<sub>2</sub>O yang berbentuk pellet silinder, konversi yang dicapai pada operasi reaktor sebesar 30% yaitu 677 C.

#### 1.3.2. Proses Philip

Proses ini menggunakan umpam butana dengan melibatkan dua reaksi oksidasi butena dan dehidrogenasi butena sebagai berikut:





Secara komersial menggunakan dua buah reaktor secara paralel. Umpam udara dikompresi dan dicampur dengan steam untuk dipanaskan dalam furnace kemudian dicampur dengan umpam butena, lalu dialirkan ke katalis dalam reaktor (Smith, J.M., 1981; Wallas, S.M)

Proses ini berlangsung karena terdapat reaksi dimerisasi antara Etilena, udara, dan *steam* bersama katalis untuk menghasilkan Butena pada temperatur 150-400 °C. Kemudian Butena dikonversikan menjadi Butadiena melalui proses *oxidative – dehydrogenation* dengan Oksigen yang juga menggunakan katalis dengan temperatur 300-600°C pada tekanan 1-5 atm. Katalis yang digunakan adalah jenis heterogen fase padat oleh sebab itu reaktor yang digunakan umumnya adalah *fixed bed Reactor*. Perbandingan rasio Butena dan Oksigen sebagai bahan baku pembuatan Butadiena sebesar 1:0.5, sedangkan konversi Butadiena yang dihasilkan adalah sebesar 70-90%. Proses Phillips merupakan proses yang paling umum digunakan di industri untuk memproduksi Butadiena pada masa kini.

### 1.3.3. Proses Nippon Zeon

Proses ini hampir sama dengan proses philip namun hanya berbeda pada umpam yang masuk, yaitu berupa campuran butana dan butena. Karakteristik utama proses nippon zeon yaitu penggunaan gas buang sebagai umpam reaktor

Setelah pemisahan butadiena dan iso butena dari fraksi C4 pada unit naptha crocker, sisanya adalah n-butana dan n-butena sebagai komposisi utama gas buang yang dihasilkan dari pemisahan butadiena pada reaktor digunakan sebagai recycle (Coulson, J.H., and Ricardson, J.F., 1983; MC.Ketta and William. Acumgham, 1983; Perry's, R. H., and Green, D., 1999). Dalam proses ini didasarkan pada pertimbangan penggunaan umpam masuk yang mempunyai biaya rendah. Proses ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya :

- a) Proses pembuatan lebih sederhana dibandingkan dengan proses yang lain

- b) Dengan kondisi reaktor bekerja pada tekanan atmosferik (1,3 atm) dapat menghemat biaya investasi ditinjau dari faktor keamanan peralatannya pada operasi tekanan rendah lebih terjamin keamanannya.
- c) Katalisator yang digunakan adalah katalis 1707 dengan komposisi 72,4% MgO, 18,4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,6% CuO dan 4,6% K<sub>2</sub>O yang mana mempunyai umur yang panjang (2 – 3 bulan)(Smith, J.M., 1981; Wallas, S.M).

#### 1.4. Sifat Fisik dan Kimia

Sifat fisika bahan baku, katalis, dan produk merupakan salah satu informasi dalam desain suatu pabrik. Berdasarkan Coulson & Richardson 4<sup>th</sup> edition, informasi khusus sifat fisika dan kimia untuk pabrik pembuatan Butadiena menggunakan proses paten US 2017/0216811 A1 terlihat pada Tabel dibawah ini:.

Tabel 1.1. Sifat Fisik Senyawa

1). 1-Butena	2). Cis-2- Butena
Rumus molekul : C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Rumus molekul : C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>
Berat molekul : 56,11 gr/mol	Berat molekul : 56,11 gr/mol
Wujud : gas	Wujud : gas
Warna : Tidak berwarna	Warna : Tidak berwarna
Densitas (l) : 595 kg/m <sup>3</sup>	Densitas (l) : 10,47 mol/L
Titik Didih : 266,89 K	Titik Didih : 274,15 K
Titik beku : 87,8 K	Titik beku : 167,65 K
Temperatur Kritis : 419,6 K	Temperatur Kritis : 428,63 K
Tekanan Kritis : 4,02 Mp	Tekanan Kritis : 4,08 Mpa
Δ H <sub>f</sub> (298 K) : -0,216 kJ/mol	Δ H <sub>f</sub> (298 K) : -6,99 kJ/mol
3). Trans-2-Butena	4). Oksigen
Rumus molekul : C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Rumus molekul : O <sub>2</sub>
Berat molekul : 56,11 gr/mol	Berat Molekul : 32,05 Kg/Kmol
Wujud : gas	Wujud : Gas
Warna : Tidak berwarna	Warna : Tidak Berwarna
Densitas (l) : 10,47 mol/L	Densitas : 0,0445 mol/L



Titik Didih : 277,15 K	Titik beku : 54,6 K
Titik beku : 134,5 K	Titik didih : 90 K
Temperatur Kritis : 435,5,6 K	Temperatur Kritis : 154,58 K
Tekanan Kritis : 4,23 Mpa	Tekanan Kritis : 5,02 Mpa
$\Delta H_f$ (298 K) : -11,18 kJ/mol	$\Delta H_f$ (298 K) : 52,3 kJ/mol
5). 1,3-Butadiena	6). Air
Rumus molekul : $C_4H_6$	Rumus Kimia : $H_2O$
Berat Molekul : 54,09 Kg/Kmol	Berat Molekul : 18 kg/kmol
Wujud : Gas	Wujud : Cair
Warna : Tidak Berwarna	Warna : Tidak berwarna
Densitas (l) : 11,45 mol/L	Titik Beku : 273,15 K
Densitas (g) : 1,9 g/mL	Titik Didih : 373,15 K
Titik Beku : 164,09 K	Temperatur Kritis : 647,3 K
Titik didih : 268,58 K	Tekanan Kritis : 22 Mpa
Temperatur Kritis : 425 K	Densita : 998 kg/m <sup>3</sup>
Tekanan Kritis : 4,32 Mpa	$\Delta H_f$ (298 K) : -242,0 kJ/mol
$\Delta H_f$ gas (298 K) : 110,24 kJ/mol	
7). Tertadekana	8). Karbondioksida
Rumus molekul : $C_{14}H_{30}$	Rumus molekul : $CO_2$
Berat Molekul : 198,4 Kg/Kmol	Berat Molekul : 44 Kg/Kmol
Wujud : liquid	Wujud : Gas
Warna : Tidak Berwarna	Warna : Tidak Berwarna
Densitas (l) (298K): 3,844 mol/L	Densitas (g) : 0,0449mol/L
Titik Beku : 278,65 K	Titik Beku : 194,6 K
Titik didih : 426,65 K	Titik didih : 216,55 K
Temperatur Kritis : 694,05 K	Temperatur Kritis : 304,25 K
Tekanan Kritis : 1,6 Mpa	Tekanan Kritis : 7,383 Mpa
$\Delta H_f$ liquid (298 K): 45,07 kJ/mol.	$\Delta H_f$ gas (298 K) : 393,7 kJ/mol
9). Nitrogen	10). Argon

Rumus molekul : N <sub>2</sub>	Rumus molekul : Ar
Berat Molekul : 28,013 kg/mol	Berat Molekul : 44 kg/kmol
Wujud : Gas	Wujud : Gas
Warna : Tidak Berwarna	Warna : Tidak Berwarna
Densitas (l) : 805 kg/m <sup>3</sup>	Densitas (g) : 1373 kg/m <sup>3</sup>
Titik Beku : 63,25 K	Titik Beku : 83,25K
Titik didih : 77,35 K	Titik didih : 87,25K
Temperatur Kritis : 126,2 K	Temperatur Kritis : 423,95 K
Tekanan Kritis : 33,9 Bar	Tekanan Kritis : 48,7 Bar
11). Dimetil Formamida	12) Zinc Ferrite
Rumus molekul : C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	Rumus molekul : ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Berat Molekul : 73,10 Kg/Kmol	Berat Molekul : 241,0676 Kg/Kmol
Wujud : liquid	Wujud : Padatan
Warna : Tidak Berwarna	Warna : Kuning-Coklat
Densitas (l) : 0,98 g/mL	Densitas (s) (298K): 5,1 gram/cm <sup>3</sup>
Titik Beku : 212,7 K	Titik leleh : 1273,15K
Titik didih : 425 K	
Temperatur Kritis: 694,05 K	
Tekanan Uap : 516 Pa	
Δ H <sub>f</sub> liquid (298 K): -240,6 kJ/mol.	