

**PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT  
KAPASITAS 62.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti  
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**OLEH:**

**GITA KHORUSTIA                      03031182025001**

**TARISA MAHARANI                    03031182025017**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT  
KAPASITAS 62.000 TON/TAHUN**

**SKRIPSI**

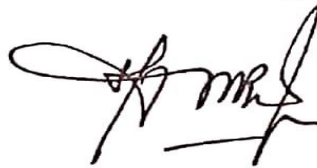
**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar sarjana**

**Oleh:**

<b>Gita Khorustia</b>	<b>03031182025001</b>
<b>Tarisa Maharani</b>	<b>03031182025017</b>

Indralaya, November 2024

Pembimbing



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

**NIP. 196010111985032002**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

**NIP. 197502012000122001**

## LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

Gita Khorustia 03031182025001

Tarisa Maharani 03031182025017

Judul:

### PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT KAPASITAS 62.0000 TON/TAHUN

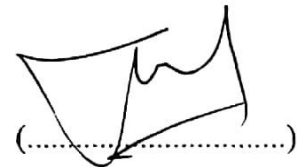
Mahasiswa diatas tersebut telah menyesuaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 18 November 2024 oleh Dosen Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S., IPU  
NIP. 196009091987031004



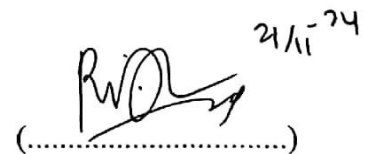
(.....)

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



(.....)

3. Rizka Wulandari Putri, S.T., M. T  
NIP. 199007112019032018



(.....) 21/11-24

Palembang, November 2024  
Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Hi.Susila Arita, DEA  
NIP. 196010111985032002

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra-Rancangan Pabrik Asam Laktat Kapasitas 62.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Gita Khorustia dan Tarisa Maharani di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024

Indralaya, November 2024

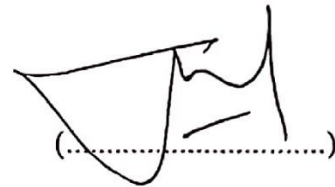
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S., IPU  
NIP. 196009091987031004



(.....)

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



(.....)

3. Rizka Wulandari Putri, S.T., M. T  
NIP. 199007112019032018



(.....) 21/11-24

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

Palembang, November 2024

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Hj Susila Arita, DEA  
NIP. 196010111985032002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gita Khorustia

NIM : 03031182025001

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Asam Laktat 62.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Tarisa Maharani** didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan atau 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, 20 November 2024



**Gita Khorustia**

NIM. 0303118225001



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tarisa Maharani

NIM : 03031182025017

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Asam Laktat 62.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Gita Khorustia** didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan atau 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, 20 November 2024



**Tarisa Maharani**

NIM. 0303118225017



## RINGKASAN

### PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 62.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 18 November 2024

Gita Khorustia dan Tarisa Maharani

Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Susila Arita, D.E.A.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan asam laktat dengan kapasitas produksi 62.000 ton/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2029 berlokasi di Kabupaten Serang, Provinsi Banten dengan luas area 1,63 ha. Proses pembuatan asam laktat ini mengacu pada Patent CN 113426462 A, dimana proses yang digunakan berupa proses dehidrogenasi gliserol dengan bantuan katalis PtCo/CeO<sub>2</sub> dalam *continuous stirred tank reactor*. Reaksi berlangsung pada temperatur 200°C dan tekanan 10 atm. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff* yang dipimpin oleh seorang direktur dengan karyawan sebanyak 153 orang. Pabrik asam laktat layak dipertimbangkan untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 31.415.688,86
- Total Penjualan = US\$ 299.503.942,11
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 187.521.563,96
- *Annual Cash Flow (ACF)* = US\$ 80.957.782,21
- *Pay Out Time (POT)* = 0,44 tahun
- *Rate of Return Investment (ROR)* = 24,95%
- *Discounted Cash Flow – ROR* = 23,17%
- *Break Event Point (BEP)* = 32,89%
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci:** Asam Laktat, *Continuous Stirred Tank Reactor*, Perseroan Terbatas

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pra-Rancangan Pabrik Asam Laktat Kapasitas 62.000 Ton/Tahun” tepat pada waktunya. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik sarjana yang harus dipenuhi agar penulis dapat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan tugas akhir penulis tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun moril.
- 2) Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Dr. Ir. Hj. Susila Arita Rachman, DEA., selaku Dosen pembimbing tugas akhir.
- 5) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Sahabat dan juga teman-teman yang telah memberikan dukungan dan saran sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

Palembang, November 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERBAIKAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vi
RINGKASAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I.....	1
PEMBAHASAN UMUM .....	1
1.1    Pendahuluan .....	1
1.2.    Sejarah dan Perkembangan Asam Laktat.....	2
1.3.    Bahan Baku Pembuatan Asam Laktat .....	2
1.4.    Proses dan Metode Pembuatan Asam Laktat .....	5
1.5.    Sifat Fisika dan Kimia.....	7
BAB II.....	8
PERENCANAAN PABRIK .....	8
2.1.    Alasan Pendirian Pabrik .....	8
2.2.    Pemilihan Kapasitas Produksi .....	9
2.3.    Pemilihan Bahan Baku .....	13
2.4.    Pemilihan Proses .....	13
2.5.    Uraian Proses.....	14
BAB III.....	17
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	17
3.1.    Lokasi Pabrik.....	17
3.2.    Tata Letak Pabrik .....	19

3.3. Tata Letak Peralatan .....	20
3.4. Kebutuhan Luas Area Pabrik.....	21
BAB IV .....	22
NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....	22
4.1. Neraca Massa.....	22
4.2. Neraca Panas .....	26
BAB V.....	32
UTILITAS.....	32
5.1. Unit Pengadaan Steam.....	32
5.2. Unit Pengadaan Air .....	33
5.3. Unit Pengadaan Listrik .....	37
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	40
BAB VI .....	42
SPEKIFIKASI PERALATAN.....	42
BAB VII.....	75
ORGANISASI PERUSAHAAN.....	75
7.1. Bentuk Organisasi Perusahaan .....	75
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	76
7.3. Tugas dan Wewenang.....	77
7.4. Sistem Kerja .....	81
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan .....	82
BAB VIII.....	89
ANALISA EKONOMI .....	89
8.1. Profitabilitas (Keuntungan) .....	90
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	91
8.3. Total Modal Akhir.....	93
8.4. Laju Pengembalian Modal.....	94
8.5. Break Even Point (BEP).....	95
BAB IX .....	89
KESIMPULAN.....	98
DAFTAR PUSTAKA .....	99
LAMPIRAN.....	103

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1.</b> Kandungan Asam Lemak pada Hewan .....	3
<b>Tabel 1. 2.</b> Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Sawit.....	4
<b>Tabel 1. 3.</b> Kandungan Asam Lemak pada Minyak Jelantah .....	5
<b>Tabel 2. 1.</b> Data Impor dan Ekspor Asam Laktat di Indonesia.....	9
<b>Tabel 2. 2.</b> Tingkat Pertumbuhan Rata-Rata Tahun 2019-2023.....	9
<b>Tabel 2. 3.</b> Prediksi Tingkat Pertumbuhan Rata-rata Tahun 2024-2029.....	10
<b>Tabel 2. 4.</b> Data Impor dan Tingkat Pertumbuhan Rata-rata PLA di Indonesia ..	10
<b>Tabel 2. 5.</b> Prediksi Tingkat Pertumbuhan Rata-rata PLA Tahun 2024-2029 .....	11
<b>Tabel 2. 6.</b> Perbandingan Teknologi Pembuatan Asam Laktat .....	12
<b>Tabel 5. 1.</b> Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas.....	32
<b>Tabel 5. 2.</b> Kebutuhan Saturated Steam 250°C.....	32
<b>Tabel 5. 3.</b> Total Kebutuhan Air Pendingin .....	33
<b>Tabel 5. 4.</b> Total Kebutuhan Air.....	37
<b>Tabel 5. 5.</b> Total Kebutuhan Peralatan Listrik .....	38
<b>Tabel 5. 6.</b> Total Kebutuhan Listrik .....	40
<b>Tabel 5. 7.</b> Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	41
<b>Tabel 7. 1.</b> Jadwal Pembagian Shift Kerja.....	81
<b>Tabel 7. 2.</b> Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Asam Laktat.....	83
<b>Tabel 7. 3.</b> Perincian Tingkat Pendidikan Karyawan .....	86
<b>Tabel 8. 1.</b> Tabel Penjualan Produk.....	90
<b>Tabel 8. 2.</b> Rincian Angsuran Pengembalian Modal.....	92
<b>Tabel 8. 3.</b> Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	97

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1.</b> Rencana Lokasi Pabrik .....	17
<b>Gambar 3. 2.</b> Tata Letak Pabrik.....	20
<b>Gambar 3. 3.</b> Tata Letak Peralatan Pabrik.....	21
<b>Gambar 8. 1.</b> Grafik Break Even Point (BEP).....	96

## DAFTAR NOTASI

### 1) TANGKI

C	=	Tebal korosi yang diizinkan
D	=	Diameter tangki, m
E	=	Efisiensi penyambungan, dimensionless
He	=	Tinggi head, m
Hs	=	Tinggi silinder, m
Ht	=	Tinggi total tangki, m
P	=	Tekanan desain, atm
S	=	Working stress yang diizinkan, Psia
T	=	Temperatur operasi, K
V <sub>h</sub>	=	Volume ellipsoidal head, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	=	Volume silinder, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	=	Volume tangki, m <sup>3</sup>
W	=	Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	=	Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 2) POMPA

A	=	Area alir pipa, in <sup>2</sup>
BHP	=	Brake horse power, in
D <sub>i opt</sub>	=	Diameter optimum pipa, in
E	=	Equivalent roughness
f	=	Faktor friksi
FK	=	Faktor keamanan
g <sub>c</sub>	=	Percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>
Gpm	=	Gallon per menit
H <sub>f suc</sub>	=	Total friksi pada suction, ft
H <sub>f dis</sub>	=	Total friksi pada discharge, ft
H <sub>fs</sub>	=	Skin friction loss
H <sub>fsuc</sub>	=	Total suction friction loss
H <sub>fc</sub>	=	Sudden contraction friction loss, (ft lb <sub>m</sub> /lb <sub>f</sub> )
H <sub>fe</sub>	=	Sudden expansion friction loss (ft lb <sub>m</sub> /lb <sub>f</sub> )
ID	=	Inside diameter pipa, ini

$K_c, K_s$  = Contraction, expansion loss contractio, ft

$L$  = Panjang pipa, ft

$L_e$  = Panjang ekuivalen pipa, ft

NPSH = Net positive suction head (ft)

$N_{Re}$  = Reynold number, dimension less

$P_{Vp}$  = Tekanan uap, Psi

$Q_f$  = Laju alir volumetrik

$V_f$  = Kapasitas pompa, lb/jam

$V$  = Kecepatan alir

$\Delta P$  = Beda tekanan, Psi

### 3) HEAT EXCHANGER (HEATER, COOLER, CONDENSER DAN REBOILER)

$A$  = Area perpindahan panas,  $ft^2$

$C$  = Clearance antar tube, in

$D$  = Diameter dalam tube, in

$D_e$  = Diameter ekivalen, in

$f$  = Faktor friksi,  $ft^2/in^2$

$G_s$  = Laju alir massa fluida pada shell,  $lb/jam.ft^2$

$G_t$  = Laju alir massa fluida pada tube,  $lb/jam.ft^2$

$G_a$  = Laju alir massa fluida pada annulus,  $lb/jam.ft^2$

$G_p$  = Laju alir massa fluida pada *inner pipe*,  $lb/jam.ft^2$

$g$  = Percepatan gravitasi

$h$  = Koefisien perpindahan panad,  $Btu/jam.ft^2.^\circ F$

$h_i, h_{io}$  = Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam serta annulus dan *inner pipe*

$jH$  = Faktor perpindahan panas

$k$  = Konduktivitas termal,  $Btu/jam.ft^2.^\circ F$

$L$  = Panjang tube, pipe, ft

LMTD = Logaritmic mean temperatur difference,  $^\circ F$

$N_t$  = Jumlah tube

$P_T$  = Tube pitch, in

$\Delta P_r$  = Return rop shell, Psi

$\Delta P_s$	= Penurunan tekanan pada shell, Psi
$\Delta P_t$	= Penurunan tekanan tube, Psi
$\Delta P_a$	= Penurunan tekanan tube pada shell, Psi
$\Delta P_p$	= Penurunan tekanan tube, Psi
ID	= Inside diameter, ft
OD	= Outside diameter, ft
$\Delta P_T$	= Penurunan tekanan total pada tube, Psi
Q	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
$R_d$	= Dirt factor, Btu/jam.ft <sup>2</sup> . °F
$R_c$	= Bilangan Reynold, dimensionless
s	= Specific gravity
$T_1, T_2$	= Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
$t_1, t_2$	= Temperatur fluida dingin outlet, °F
$T_c$	= Temperatur rata-rata fluida panas, °F
$t_c$	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
$U_c, U_d$	= Clean overall coefficient , design overall coefficient, Btu/jam.ft <sup>2</sup> . °F
$W_1$	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
$W_2$	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
$\mu$	= Viscositas, cp

#### 4) MIXING TANK

C	= Korosi yang diizinkan, m
E	= Efisiensi pengelasan, dimensionless
S	= Working stress yang diizinkan, psi
$D_t$	= Diameter tangki, m
$D_i$	= Diameter pengaduk, m
$H_i$	= Tinggi pengaduk dari dasar tangki
H1	= Tinggi pengaduk
W	= Lebar daun impeller
L	= Panjang daun impeller
$V_s$	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
$V_e$	= Volume elipsoidal, m <sup>3</sup>

- $t_h$  = Tebal tank, m  
 $N_t$  = Jumlah pengaduk  
 $P$  = Densitas liquid  
 $\mu$  = Viskositas, cp  
 $T_m$  = Waktu pengadukan, menit

### 5) REAKTOR

- $C_{A0}$  = Konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m<sup>3</sup>  
 $C_{B0}$  = Konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m<sup>3</sup>  
 $C$  = Tebal korosi yang dizinkan, mm  
 $F_{A0}$  = Laju alir umpan, kmol/jam  
 $H_r$  = Tinggi Reaktor, m  
 $ID$  = Inside Diameter, m  
 $k$  = Konstanta laju reaksi, m<sup>3</sup>/kmol.s  
 $N$  = Bilangan Avogadro  
 $OD$  = Outside Diameter, m  
 $P$  = Tekanan, atm  
 $Q_f$  = Laju volumetrik feed, m<sup>3</sup>/jam  
 $Re$  = Bilangan Reynold  
 $S$  = Working Stress yang diizinkan, atm  
 $T$  = Temperatur. oC  
 $t$  = Tebal dinding vessel, mm  
 $V_t$  = Volume reaktor, m<sup>3</sup>  
 $X$  = Konversi  
 $\rho$  = Densitas, kg/m<sup>3</sup>  
 $-r$  = Laju reaksi, kmol/m<sup>3</sup>.jam  
 $V$  = Volume reaktor, m<sup>3</sup>

### 6) ACCUMULATOR

- $C$  = Tebal korosi yang diizinkan, m  
 $E$  = Efisiensi pengelasan, dimensionless  
 $ID, OD$  = Inside diameter, outside diameter, m  
 $L$  = Panjang accumulator, m  
 $P$  = Tekanan operasi, atm



$S$	= Working stress yang diizinkan
$t$	= Temperatur operasi, °F
$V$	= Volume silinder, $m^3$
$W$	= Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	= Densitas, $lb/ft^3$

## 7) KOLOM DISTILASI

$A_d$	= Downcomer area, $m^2$
$A_t$	= Tower area, $m^2$
$A_n$	= Net area, $m^2$
$A_a$	= Active area, $m^2$
$A_b$	= Hole area, $m^2$
$A_{da}$	= Aerated area, $m^2$
$C$	= Faktor korosi yang diizinkan, m
$C_{sb}$	= Kapasitas vapor, m/det
$DI$	= Clearance, mm
$d_h$	= Diameter hole, mm
$d_c$	= Diameter kolom, mm
$e$	= Total entrainment, kg/det
$E$	= Joint efficiency, dimensionless
$F$	= Faktor friksi, dimensionless
$F_{iv}$	= Parameter aliran, dimensionless
$h_a$	= Aerated liquid drop
$h_f$	= Froth height, mm
$h_w$	= Weir height, mm
$h\sigma$	= Weep point, cm
$H$	= Tinggi kolom, m
$L_w$	= Weir length
$N_m$	= Jumlah tray
$\Delta P$	= Pressure drop
$P$	= Tekanan desain, atm
$q$	= Laju alir volume umpan solvent, $m^3/det$
$Q$	= Laju alir volume umpan gas, $m^3/det$

$Q_p$	= Aeration factor, dimensionless
$R$	= $[L/D]$ refluks ratio, dimensionless
$R_h$	= Refluks hyfrolic
$R_m$	= Refluks minimum
$R_{eh}$	= Reynold modulus, dimensionless
$S$	= Working stress
$S_s$	= Stage umpan
$St$	= Jumlah stage
$t$	= Tebal dinding vessel, m
$T$	= Temperatur operasi, °C
$T_{av}$	= Temperatur rata-rata, °C
$U_f$	= Kecepatan aerated mass, $U_f$
$V$	= Laju alir massa umpan gas, kg/det
$V_d$	= Downcomer velocity, dimensionless
$\alpha$	= Relatif volatil, dimensionless
$\Delta$	= Liquid gradien, $\nu m$
$\rho_g$	= Densitas gas, $kg/m^3$
$\rho_l$	= Densitas liquid, $kg/m^3$
$\varphi$	= Fractional entrainment, dimensionless

### 8) ROTARY VACUUM DRUM FILTER

$T$	= Temperatur, C
$P$	= Tekanan, atm
$W_s$	= Berat slurry yang masuk ke RVDF, kg
$W_c$	= Berat cake yang dihasilkan, kg
$W_f$	= Berat filtrat keluar, kg
$\rho$	= Densitas, $kg/m^3$
$\mu$	= Viskositas, cp
$C_s$	= Konsentrasi solid masuk filter, g/L
$A$	= Luas area filter, $ft^2$
$V_s$	= Laju slurry masuk filter, $ft^3/s$
$t_c$	= Waktu kontak, menit
$\alpha_o$	= Koefisien permeabilitas

$g_c$	= Gravitasi konstan, $\text{lbm.ft/lbf.s}^2$
$S$	= Surface area
$\Delta P$	= Pressure drop = 20 inH
$D$	= Diameter, m
$r$	= Jari-jari, m
$V$	= Volume, $\text{m}^3$
$L_{\text{avg}}$	= Rata-rata ketebalan cake, m
$A_D$	= Luas area filter
$\rho_c$	= Densitas cake, $\text{kg/m}^3$
$V_R$	= Volume filtrat, $\text{ft}^3$
$w$	= Berat jenis slurry
$\Psi_S$	= fraksi area drum filter untuk "air suction"
$\Psi_f$	= fraksi area drum yang tercelup
$P_1$	= Tekanan udara dalam filter, psi
$P_2$	= Tekanan udara luar, psi
$Q_{\text{fm}}$	= laju alir massa fluida, $\text{ft}^3/\text{min}$

### 9) FLASH TANK

$A_t$	= Luas area vessel total, m
$A_v$	= Luas cross sectional vessel minimum, $\text{m}^2/\text{s}$
$C_c$	= Allowable corrosion, m
$D$	= Diameter vessel, m
$E$	= Joint efficient
$Fl_v$	= 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, $\text{m}^3/\text{jam}$
$S$	= Working stress allowable, psi
$r$	= Jari-jari vessel, m
$t$	= Tebal vessel, m

- T = Temperatur vessel, K  
u<sub>f</sub> = Kecepatan flooding, m/s  
U<sub>v max</sub> = Laju alir volumetric maksimum, m<sup>3</sup>/s  
V<sub>L</sub> = Volume liquid, m<sup>3</sup>  
W = Laju alir massa, kg/jam  
ρ = Densitas, kg/m<sup>3</sup>

#### 10) KOMPRESSOR

- BHP = Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP  
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>

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I.....	103
LAMPIRAN II .....	138
LAMPIRAN III.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN IV.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN V .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# BAB I

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1 Pendahuluan

Dalam proses perubahan minyak nabati atau lemak hewani yang diubah menjadi biodiesel, terdapat reaksi kimia yang menghasilkan dua produk yaitu metil ester atau biodiesel dan gliserol. Gliserol merupakan alkohol yang memiliki berat molekul yang lebih tinggi daripada ester yang dihasilkan, dan biasanya dianggap sebagai produk samping dari industri biodiesel. Semakin bertumbuhnya produksi biodiesel, maka pertumbuhan produk samping berupa gliserol pun semakin meningkat. Sehingga sangat dibutuhkan pengelolaan lebih lanjut untuk dapat memanfaatkan gliserol tersebut.

Gliserol yang diolah dapat menghasilkan asam laktat yang dapat digunakan dalam bidang pangan, farmasi serta bahan kimia lainnya. Dalam membuat asam laktat juga dilakukan dengan fermentasi bakteri, namun proses ini memiliki beberapa kelemahan seperti media kultur yang mahal untuk pengolahan dan pengendalian bakteri penghasil asam laktat. Dilihat dari hal tersebut, penggunaan gliserol sebagai bahan pembuatan asam laktat memiliki lebih banyak keunggulan diantaranya bahan baku yang lebih mudah didapat, pengendalian proses yang lebih baik, lebih tahan terhadap kontaminan serta kualitas produk dengan kemurnian yang lebih tinggi. Manfaat dan kegunaan dari asam laktat pun dapat digunakan di berbagai bidang. Dalam bidang industri kimia, asam laktat dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik atau polylactic acid, selain itu di bidang industri makanan asam laktat dapat pula dijadikan sebagai bahan pengawet dan pengatur keasaman makanan. Asam laktat juga dapat digunakan di bidang kosmetik dan bidang farmasi sebagai bahan baku pelembab dan obat-obatan

Pendirian pabrik asam laktat dengan menggunakan produk samping dari biodiesel yaitu gliserol ini dilakukan dengan proses dehidrogenasi gliserol yang dapat menghasilkan asam laktat dengan bantuan katalis PtCo/CeO<sub>2</sub>. Selain itu, pabrik ini juga memberikan asam laktat dengan selektivitas yang tinggi. Proses pembuatan asam laktat ini akan berlangsung secara kontinyu untuk mendapatkan hasil asam laktat yang dapat memenuhi spesifikasi (Xin dkk, 2021).

## 1.2. Asal Usul dan Kemajuan Asam Laktat

Asam laktat juga disebut dengan nama lain *2-hydroxypropionic acid* yang merupakan asam hidroksi karboksilat dengan struktur kimia sederhana dan rumus molekul  $C_3H_6O_3$ . Carl Wilhelm Scheele pertama kali menemukan asam laktat dalam susu yang telah menjadi asam pada tahun 1780. Kemudian, Pasteur mengungkapkan bahwa asam laktat merupakan hasil dari fermentasi oleh mikroba, bukan dari susu, pada tahun 1857. Dengan memfermentasi berbagai karbohidrat, termasuk sukrosa, laktosa, manitol, pati, dan dekstrin di tahun 1839, Fremmy berhasil menghasilkan asam laktat (Vijayakumar, 2007).

Blondeau pertama kali menemukan asam laktat sebagai hasil dari fermentasi pada tahun 1847. Penemuan ini juga menjadi fokus penelitian Pasteur, yang menjadikannya sebagai tantangan awal dalam bidang mikrobiologi. Schulze membuktikan bahwa pengembangbiakan bakteri asam laktat dapat ditemukan di penyulingan wiski pada tahun 1868. Tetapi, saat tahun 1877, Lister baru berhasil mengisolasi bakteri asam laktat dalam bentuk kultur murni, terutama isolasi *Streptococcus lactis*. Delbruck mencoba menentukan temperatur ideal dalam fermentasi asam laktat di lokasi penyulingan *whiskey* pada saat yang bersamaan. Ia kemudian menafsirkan bahwa suhu yang cukup tinggi dapat meningkatkan hasil produksi asam laktat (Prescott dan Dunn, 1959).

Pada tahun 1881, produksi asam laktat dimulai oleh Charles E. Avery di Amerika Serikat. Saat itu, kalsium laktat diubah menjadi tartrat, yang dimanfaatkan sebagai bubuk pengembang. Produksi asam laktat melalui fermentasi semakin penting dalam industri sejak tahun 1881. Saat ini, asam laktat dibuat secara komersial dari bahan molase, gandum, serta gula jagung.

## 1.3. Bahan Baku Pembuatan Asam Laktat

Umumnya, bahan baku untuk pembuatan asam laktat adalah glukosa. Namun, gliserol yang juga dikenal sebagai gliserin merupakan senyawa yang terdiri dari tiga gugus hidroksil dan dapat diubah pula menjadi asam laktat melalui serangkaian reaksi fermentasi oleh bakteri tertentu, seperti bakteri *Lactobacillus*. Proses ini melibatkan konversi gliserol menjadi asam piruvat melalui serangkaian langkah reaksi biokimia, dan kemudian asam piruvat diubah menjadi asam laktat. Gliserol dapat berasal dari lemak-lemak sebagai berikut.

### 1.3.1. Lemak Hewani

Kandungan asam lemak bebas pada bahan baku ialah faktor yang penting yang mempengaruhi reaksi kimianya. Jika kandungan asam lemak bebas dalam bahan bakunya tinggi, sabun dapat terbentuk ketika bahan kimia alkali digunakan sebagai katalis karena bahan kimia alkali tersebut bereaksi dan menetralkan asam lemak bebas dalam minyak. (Wendi dkk, 2015). Gliserol dapat dihasilkan dari bahan baku berupa lemak hewani. Terdapat banyak lemak hewan yang dapat diproses menjadi gliserol, contohnya adalah lemak sapi, babi, unggas serta lainnya.

Lemak sapi adalah produk sisa dari industri pemotongan hewan yang biasanya dimanfaatkan utamanya dalam industri pembuatan sabun. Namun, ketika pasokan lemak ini berlebihan, biasanya lemak tersebut dibuang atau dibakar, yang keduanya berdampak pada pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, menggunakan limbah lemak sapi industri pemotongan hewan dapat membantu mengatasi masalah limbah dan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkannya (Wendi dkk, 2015). Sisa-sisa minyak babi, yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari industri daging, berpotensi sebagai bahan baku pembuatan gliserol (Khujamberdiev dkk, 2023). Selain itu, sisa kulit ayam merupakan sumber lemak hewani yang potensial dan dapat digunakan dalam produksi gliserin. Kulit ayam seringkali kurang dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat dan sering dibuang begitu saja ke tempat sampah sebagai limbah dari pemotongan hewan. Pemanfaatan limbah kulit ayam sebagai bahan baku gliserin membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Aziz dkk, 2014). Tabel ini menunjukkan komposisi asam lemak lemak hewani.

**Tabel 1. 1.** Asam Lemak pada Hewan

<b>Asam Lemak</b>	<b>Jenis Asam Lemak</b>	<b>Lemak Sapi (% Berat)</b>	<b>Lemak Babi (% Berat)</b>	<b>Lemak Ayam (% Berat)</b>
Palmitat	Jenuh	20-37	20-32	25
Stearat	Jenuh	6-40	5-24	6
Palmitoleate	Tak Jenuh	0,7-8,8	1,7-5	8
Linoleat	Tak Jenuh	0,5-5	3-16	18
Oleat	Tak Jenuh	26-50	35-62	41

### 1.3.2. Minyak Kelapa Sawit (CPO)



Pada tahun 2019, Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan produksi sebesar 36,17 juta ton (Dirjen Perkebunan, 2020). Buah kelapa sawit sebagian besar terdiri dari kulit buah yang mengandung 80 bagian kulit buah dan mesokarp, yang menghasilkan minyak sawit mentah (CPO), dan biji yang mengandung 20% bagian endokarp dan endosperm, yang menghasilkan minyak inti sawit (PKO). Untuk meningkatkan produksi dan konsumsi minyak sawit, maka harus diolah dengan baik sehingga menghasilkan berbagai produk minyak sawit. (Sumarna dkk, 2017).

Keunggulan minyak *Crude Palm Oil* (CPO), bersama dengan kondisi serta lokasi geografis Indonesia yang mendukung, menjadikan industri sawit menjadi pilar utama yang sangat penting bagi ekonomi Indonesia, terutama dalam hal ekspor. Minyak nabati ini merupakan komoditas yang sangat penting bagi sektor industri karena keunggulannya dalam ketahanan terhadap oksidasi di bawah tekanan tinggi dan kemampuan melarutkan bahan kimia yang tidak dapat dilarutkan dalam pelarut lain,, yang tidak dimiliki oleh minyak selain minyak kelapa sawit. Selain itu, tingginya daya pelarut minyak kelapa sawit memungkinkannya untuk digunakan baik sebagai bahan industri seperti gliserol yang dapat menjadi asam laktat (Yumna dkk, 2023).

**Tabel 1. 2.** Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Sawit

<b>Jenis Asam Lemak</b>	<b>Asam Lemak</b>	<b>Konsentrasi Asam Lemak (g/100g)</b>
Kaprilat	Jenuh	0,02
Laurat	Jenuh	0,17
Miristat	Jenuh	0,92
Palmitat	Jenuh	37,71
Stearat	Jenuh	3,76
Arakidat	Jenuh	0,31
Palmitoleinat	Tak Jenuh	0,14
Oleat	Tak Jenuh	42,56
Linoleat	Tak Jenuh	13,59
-Linolenat	Tak Jenuh	0,27

(Sumber : Taufik dan Seftiono, 2018)

### 1.3.3. Minyak Jelantah

Kemajuan ilmiah yang pesat telah menghasilkan temuan-temuan baru yang memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Saat ini, telah ditemukan metode baru untuk mengolah gliserol secara ramah lingkungan dari limbah minyak goreng atau minyak jelantah, yaitu dengan mengubah gliserol menjadi asam laktat. Penggunaan berulang minyak goreng tersebut menyebabkan penurunan kualitasnya, sehingga tidak lagi cocok untuk digunakan. Salah satu solusi untuk mengatasi limbah minyak jelantah adalah dengan mengubahnya menjadi gliserol, yang merupakan pilihan yang ramah lingkungan (Oko dkk,2023).

**Tabel 1. 3.** Asamm Lemak pada Minyak Jelantah

<b>Asam Lemak</b>	<b>Jenis Asam Lemak</b>	<b>% Berat</b>
Miristat	Jenuh	0,9
Palmitat	Jenuh	20,4
Stearat	Jenuh	4,8
Palmitoleate	Tak Jenuh	4,6
Linoleat	Tak Jenuh	4,8
Oleat	Tak Jenuh	52,9
Linoleat	Tak Jenuh	13,5
Linolenat	Tak Jenuh	0,8
Arakidonat	Tak Jenuh	0,12
Eicosenoate	Tak Jenuh	0,8
Behenat	Jenuh	0,03
Erukat	Tak Jenuh	0,07
Tetracosanoate	Tak Jenuh	0,04

(Sumber : Chhetri dkk, 2008)

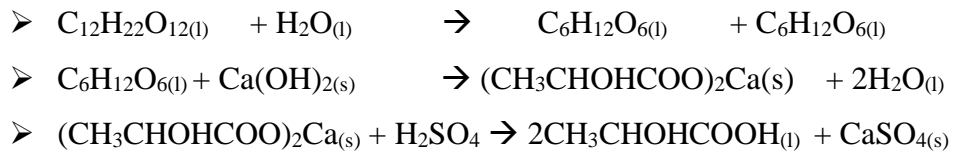
#### **1.4. Proses Produksi Asam Laktat**

Ada dua metode dalam memproduksi asam laktat, antara lain:

##### **1.4.1. Proses Fermentasi**

Fermentasi merupakan proses di mana senyawa kompleks seperti sukrosa diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti glukosa dengan bantuan mikroba sehingga menghasilkan energi Berbagai karbohidrat, termasuk glukosa, laktosa, dan sukrosa, dapat difermentasi untuk menghasilkan asam laktat.

Karbohidrat tersebut diperoleh dari molase, jagung, kentang, dan whey susu (Narayan, dkk, 2004). Proses pembuatan asam laktat ini melalui fermentasi yang dibantu oleh bakteri dengan reaksi sebagai berikut.

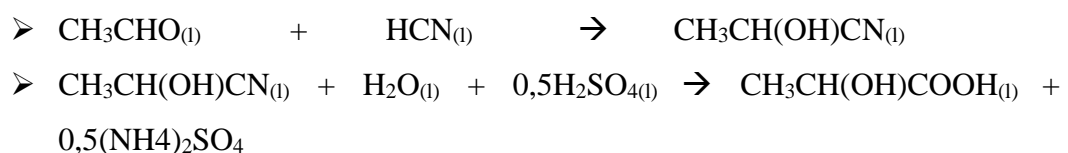


Jamur (fungi), ragi (yeast), atau bakteri dapat membantu memfermentasi asam laktat. Meskipun, jamur *Rhizopus oryzae* dapat melakukan fermentasi asam laktat dalam kondisi aerob, namun pertumbuhannya lama serta tingkat produksinya lebih kecil dibandingkan bakteri asam laktat (BAL). Sehingga, pemanfaatan bakteri asam laktat (BAL) untuk fermentasi asam laktat ini lebih umum dan banyak digunakan (Gani dkk, 2019).

Bakteri asam laktat dikelompokkan menjadi dua yaitu *homofermentatif* dan *heterofermentatif*. Keluarga *homofermentatif* mencakup bakteri yang menghasilkan asam laktat saja, sedangkan keluarga *heterofermentatif* mencakup bakteri yang menghasilkan asam laktat bersama dengan asam volatil lainnya seperti asam asetat, etanol, asam format, dan karbon dioksida (Bohnet, 2011).

#### 1.4.2. Sintesis (Kimia)

Produksi asam laktat telah dilakukan secara sintesis sejak tahun 1960-an. DL-asam laktat adalah produk sampingan dari produksi sintesis asam laktat (campuran laktat remak). Perusahaan seperti Mussashino di Jepang dan Sterling Chemical Inc di Amerika Serikat menggunakan proses ini. Laktonitril adalah bahan dasar yang digunakan dalam proses sintesis kimia komersial. Asetaldehida dan hidrogen sianida bergabung dalam bentuk cair dengan tekanan tinggi untuk menghasilkan laktonitril, yang digunakan dalam industri asam laktat sintesis. Laktonitril kemudian dipulihkan dan dimurnikan melalui distilasi. Tahap selanjutnya asam laktat dan garam ammonium dihasilkan melalui hidrolisis dengan *sulfic acid* atau *chloride* (Narayanan dkk, 2004). Proses sintesis kimia yang berlangsung dengan reaksi sebagai berikut.



### 1.5. Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika dan kimia produk dan bahan baku yang digunakan untuk membuat asam laktat tercantum pada tabel berikut.

Parameter	Gliserol	Kalium Hidroksida	Katalis PtCo/CeO <sub>2</sub>	Metanol	Air	Hidrogen	Asam Laktat
<b>Rumus Molekui</b>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	KOH	PtCo/CeO <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> OH	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>
<b>Berat Molekui (gr/mole)</b>	92	56	142	32	18	2	90
<b>Densitas (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1260	2040	796	792	1000	0,07	120,6
<b>Titik Didih (°C)</b>	290	1327	3376	64,7	100	-252,9	122
<b>Titik Leleh (°C)</b>	17,8	410	1,89	-97,6	0	-252,2	17
<b>Warna</b>	Kuning	Putih	Abu Kehitaman	Tak berwarna	Tak berwarna	Tak berwarna	Tak berwarna
<b>Fase</b>	Cair	Padat	Padat	Cair	Cair	Gas	Cair
<b>Hazard</b>	Iritasi	Iritasi, korosif	Mudah terbakar, beracun, berbahaya bagi lingkungan	Mudah terbakar, beracun, sebabkan kanker	Bersifat polar dan sebagai pelarut	Gas bertekanan tinggi, mudah terbakar	Iritasi, korosif

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2024. *Glycerol Price*. (Online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada 03 Oktober 2024).
- Alibaba. 2024. *Lactic Acid Price*. (Online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada 03 Oktober 2024).
- Alibaba. 2024. *Methanol Price*. (Online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada 03 Oktober 2024).
- Alibaba. 2024. *Potassium Hydroxide Price*. (Online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada 03 Oktober 2024).
- Alibaba. 2024. *Pt-Co/CeO<sub>2</sub> Catalyst Price*. (Online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada 03 Oktober 2024).
- Aziz, I., Nurbayti, S., dan Dalili, L. A. 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Ayam Broiler sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Kimia Valensi*. Vol 4(2): 90-97.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Impor Lactic Acid di Indonesia*. (Online). <https://www.bps.go.id/exim/>. (Diakses pada Tanggal 06 Juni 2024).
- Bank Indonesia. 2024. *Kurs Transaksi BI*. (Online). <https://www.bi.go.id/>. (Diakses 02 Oktober 2024).
- Bohnet, M. 2011. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. New York: Wiley-VCH.
- Chhetri, A.B., Watts, K.W., dan Islam, M.R. 2008. Waste Cooking Oil as And. Alternative Feedstock for Biodiesel Production. *Jurnal Energies*. Vol 1: 3-18.
- CN Patent. No. 113426462 A. 2021. Wei. *Method for Preparing Lactic Acid from Crude Glycerine*.
- Coulson & Richardson. 1993. *Chemical Engineering Volume 6 3th Edition*. Elsevier: Buttenworth - Heinemann.
- Dunia Energi. 2024. Harga Bahan Bakar LNG. (Online). <https://www.dunia-energi.com>. (Diakses 03 Oktober 2024).
- Felder, R. M. and Rousseau R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Fogler, H. S. 2004. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice-Hall of India .
- Gani, M. A., Tallei, T. E., Fatimawali. 2019. Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Hasil Fermentasi Selada Romain (*Lactuca sativa var. longifolia* Lam.) Menggunakan Gen 16S rRNA. *Jurnal Pharmacon*. Vol 8 (1): 57-64.
- Hayes, A. F. 2022. *Introduction to Mediation, Moderation and Conditional Process Analysis*. New York : The Guildford Press.
- Jaedeuk, P., Valekar, A. H., Oh, K. R., Awad, A., Song, I. H., Yoo, C., An, J., dan Hwang, Y. K. 2023. Merging Biomass and CO<sub>2</sub> Utilization Process Design and Assesment on Simultaneous Production of Lactic Acid and Formic Acid from Glycerol and CO<sub>2</sub>. *Chemical Engineering Journal*. Vol 463: 1-13.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Khujamberdiev, R., dan Cho, H. 2023. Impact of Biodiesel Blending on Emission Characteristics of One-Cylinder Engine Using Waste Swine Oil. *Energies Journal*. Vol 16(1): 1-14.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2014. *Equipment Cost* (Online). [www.matche.com](http://www.matche.com). (Diakses pada 02 Oktober 2024).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Narayanan, N., Roychoudhury, P. K., dan Srivastava, A. 2004. *L (+) Lactic Acid Fermentation and Its Product Polymerization*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 167-179.
- Oko, S., dan Syahrir, I. 2017. Intensitas Biodiesel dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis CaO Superbasa dari Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Vol 10(2): 113-121.
- Perry, R. H., Green D. W. dan Maloeney, J. O. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 7th Edition*. United State: McGraw-Hill.

- Perry, R.H. 2008. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8th Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4th ed.* Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Prescott, S. C., dan Dunn, C. G. 1959. *Industrial Microbiology*. New York: McGraw-Hill.
- Sinnot, R. K.. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Vol. 6, 4th Edition: Chemical Engineering Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Sumarna, D., Wake, L. S., dan Suprpto, H. 2017. Studi Karakteristik Minyak Sawit merah dari Pengolahan Konvensional CPO (*Crude Palm Oil*). *Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman*. Vol 12(2): 35-38.
- Taufik, M., dan Seftiono, H. 2018. Karakteristik Fisik dan Kimia Minyak Goreng Sawit Hasil Proses Penggorengan dengan Metode *Deep-Fat Frying*. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Vol 10(2): 123-130.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- US Patent No. 2016/9447011 B2. 2016. *Methods, Systems and Devices for Simultaneous Production of Lactic Acid and Propylene Glycol from Glycerol*.
- Vijayakumar, J. 2007. *Recent Trends in the Production, Purification and Application of Lactic Acid*. *Journal of Chemical and Biochemical Engineering*, 245-264.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.
- Wendi, Cuaca, V., Taslim. 2015. Pengaruh Suhu Reaksi dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Limbah Lemak Sapi dengan Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Kulit Telur Ayam. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 4(1).

- Ye, P. X., Liu, L. 2016. *Methods, Systems and Devices for Simultaneous Production of Lactic Acid and Propylene Glycol From Glycerol*. No. US9447011B2. Diterbitkan pada 20 September 2016.
- Xin, J., Kexin, M., Guangyu, Z., Wenjuan, Y., Zhenchao, Y., Dongpei, Z., Tianqi, F., Chaohe, Y., Youhai, J. 2021. *Method for Preparing Lactic Acid From Crude Glycerin*. Diterbitkan pada 24 September 2021.
- Yaws, C. L. (2015). *The Yaws Handbook of Vapor Pressure: Antoine Coefficients (Second Edition)*. Elsevier. [www.elsevierdirect.com/rights](http://www.elsevierdirect.com/rights).
- Yaws, C. L.. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Yumna, H. F., dan Perdana, P. 2023. Perkembangan Ekspor Minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*) Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. Vol. 9(21): 361-375.
- Zhang, G., Jin, X., Guan, Y., Yin, B., Chen, X., Liu, Y., dan Yang, C. 2019. *Toward Selective Dehydrogenation of Glycerol to Lactic Acid over Bimetallic Pt–Co/CeO<sub>x</sub> Catalysts*. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 58(31), 14548-14558.
- Zhao, M., Sun, Y., Yan, H., Liu, Y., Zhou, X., Chen, X., dan Yang, C. 2024. *Reaction Mechanism and Kinetics for Pt/C and Au/C Catalyzed Aqueous Phase Glycerol Oxidation to Various Carboxylic Acids*. *Chemical Engineering Science*, 296, 120237.