

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM LAKTAT
KAPASITAS 100.000 TON PER/TAHUN**



Selly Asda Liani

NIM. 03031382025113

Hijrah Ayu Oktaviani

NIM. 03031382025109

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN

PABRIK ASAM LAKTAT

KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

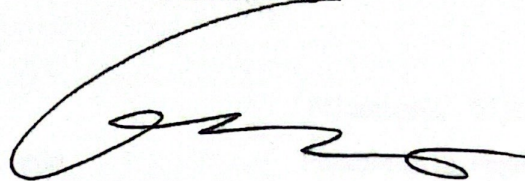
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh :

Selly Asda Liani	03031382025113
Hijrah Ayu Oktaviani	03031382025109

Palembang, Maret 2025

Pembimbing.



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia





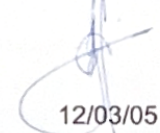
Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T, IPM
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Laktat Kapasitas 100.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Selly Asda Liani dan Hijrah Ayu Oktaviani dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Februari 2025.

Palembang, Maret 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita R., DEA. ()
NIP. 196010111985032002
2. Prof. Novia Sumardi, S.T., M.T., Ph.D. ()
NIP. 197311052000032003
3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM ()
NIP. 198106022008011010
12/03/05

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


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

Palembang, Maret 2025
Pembimbing Tugas Akhir


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

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

Selly Asda Liani

03031382025113

Hijrah Ayu Oktaviani

03031382025109

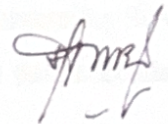
Judul :

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM LAKTAT KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Februari 2025 oleh Dosen Penguji :

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

NIP. 196010111985032002

()

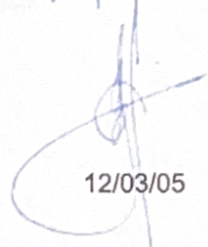
2. Prof. Novia Sumardi, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197311052000032003

()

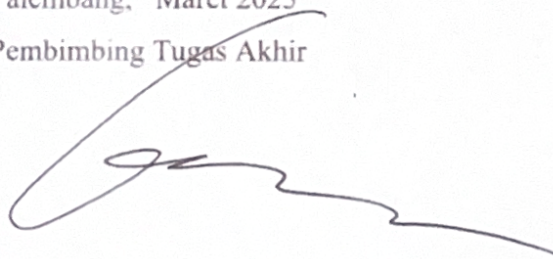
3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM

NIP. 198106022008011010

()
12/03/05

Palembang, Maret 2025

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T

NIP. 197503261999032002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Selly Asda Liani
NIM : 03031382025113
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Laktat
Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Hijrah Ayu Oktaviani 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, Maret 2025



Selly Asda Liani

NIM. 03031382025113

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hijrah Ayu Oktaviani
NIM : 03031382025109
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Laktat
Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Selly Asda Liani 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, Maret 2025



Hijrah Ayu Oktaviani

NIM. 03031382025109

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia – Nya, tugas akhir yang berjudul “**Pra Rancangan Pabrik Asam Laktat Kapasitas 100.000 Ton/Tahun**” ini dapat penulis selesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari akan keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis dalam penyusunannya namun, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada yang terhormat:

- 1) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M. T. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Kedua orangtua, keluarga, dan teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan, doa, saran, serta motivasi.

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

Palembang, Maret 2025

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM LAKTAT KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Maret 2025

Selly Asda Liani dan Hijrah Ayu Oktaviani
Dibimbing oleh Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M. T.
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Asam Laktat kapasitas produksi 100.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri di Kawasan Industri Jalan Lingkar Selatan, Randakari, Kec. Ciwandan, Kota Cilegon. Luas area pabrik diperkirakan sebesar 2,9 Ha. Proses pembuatan Asam Laktat ini mengacu pada Patent CN2020/115572219 A dengan digunakan proses dehidrogenasi gliserol menjadi asam laktat. Reaksi tersebut berlangsung dalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (220°C; 9,8 atm). Bahan baku yang digunakan yaitu gliserol dan natrium hidroksida. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff* yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan berjumlah 162 orang. Berdasarkan Analisa Ekonomi, pabrik Pembuatan Asam Laktat ini layak didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi, sebagai berikut:

• <i>Total Capital Investment</i>	= US\$ 35.239.247,7832
• <i>Selling Price per Year</i>	= US\$ 215.470.937,6919
• <i>Total Production Cost</i>	= US\$ 179.313.429,2236
• <i>Annual Cash Flow</i>	= US\$ 28.193.178,7889
• <i>Pay Out Time</i>	= 1,4150 Tahun
• <i>Rate of Return on Investment</i>	= 71,82%
• <i>Discounted Cash Flow–ROR</i>	= 79,88%
• <i>Break Even Point</i>	= 34,70%
• <i>Service Life</i>	= 11 tahun

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Palembang, Maret 2025,
Pembimbing Tugas Akhir


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


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

DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses Produksi Asam Laktat	2
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Laktat.....	3
1.3.1. Proses Fermentasi.....	3
1.3.1. Proses Sintesis Kimia	4
1.4 Sifat Fisika dan Kimia.....	6
1.4.1 Bahan Baku	6
1.4.2 Produk	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	9
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku	13
2.4. Pemilihan Proses	14
2.5. Uraian Proses	19
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	21
3.1 Lokasi Pabrik.....	21
3.2 Tata Letak Pabrik.....	23
3.3 Estimasi Luas Tanah Yang dipergunakan	24
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	28

4.1.	Neraca Massa	28
4.2.	Neraca Panas	30
BAB V	UTILITAS	35
5.1	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	35
5.1.1.	Kebutuhan <i>Steam</i> Alat Proses	35
5.1.2.	Kebutuhan <i>Steam</i> Penggerak Turbin	36
5.2	Unit Pengadaan Air	36
5.2.1	Air Proses	37
5.2.2	Air Pendingin	37
5.2.3	Air Umpan <i>Boiler</i> dan Penggerak Turbin	39
5.2.4	Air Domestik	39
5.2.5	Kebutuhan Air Keseluruhan	40
5.3	Unit Pengadaan Listrik	40
5.3.1	Kebutuhan Listrik untuk Peralatan	40
5.3.2	Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	41
5.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar	42
5.4.1	Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i>	42
5.4.2.	Bahan Bakar Keperluan Generator	43
5.4.3.	Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan	43
5.5	Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	44
BAB VI	SPEKIFIKASI PERALATAN	45
6.1	Tangki -01	45
6.2	Tangki -02	45
6.3	Tangki-03	46
6.4	Silo Tank-01	46
6.5	Silo Tank -02	47
6.6	Mixing Tank-01	48
6.7	Heater -01	49
6.8	Heater -02	49
6.9	Heater-03	50
6.10	Heater -04	51
6.11	Reaktor-01	52
6.12	Chiller-01	53
6.13	Knock Out Drum	54

6.14 Rotary Vacuum Drum Filter-01	54
6.16 Elektrodialysis Membran-01	55
6.17 Evaporator-01	56
6.18 Chiller-02.....	56
6.19 Bucket Elevator-01	57
6.20 Bucket Elevator-02	58
6.21 SuperHeater-01	58
6.22 Pompa-01.....	59
6.23 Pompa-02.....	60
6.24 Pompa-03.....	60
6.25 Pompa-04.....	61
6.26 Pompa-05.....	62
6.27 Pompa-06.....	62
6.28 Pompa-07.....	63
6.29 Kompresor-01	64
6.30 Furnace	65
BAB VII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PABRIK.....	66
7.1. Bentuk Perusahaan	66
7.2. Struktur Organisasi.....	67
7.3 Tugas dan Wewenang	68
7.3.1 Pemegang Saham.....	68
7.3.2 Dewan Komisaris	68
7.3.3 Direktur Utama.....	69
7.3.4 Manajer Produksi dan Teknik	69
7.3.5 Manajer Umum dan Kepegawaian.....	70
7.3.6 Manajer Keuangan dan Pemasaran	71
7.3.7 Kepala Seksi.....	72
7.4 Sistem Kerja	73
7.4.1. Karyawan <i>Non-Shift</i>	73
7.4.2. Karyawan Shift.....	74
7.5 Penentuan Jumlah Buruh.....	75
7.5.1 Pengelompokkan Buruh Pabrik.....	75
7.5.2 Metode Penentuan Jumlah Buruh	75
BAB VIII ANALISA EKONOMI	80

8.1.	Keuntungan (Profitabilitas)	81
8.1.1.	Total Penjualan Produk	81
8.1.2.	Perhitungan Annual Cash Flow.....	81
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	82
8.2.1.	Perhitungan Depresiasi.....	82
8.2.2.	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	82
8.2.3.	Pay Out Time (POT)	83
8.3.	Total Modal Akhir	84
8.3.1.	Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP).....	84
8.3.2.	<i>Total Capital Sink</i>	85
8.4.	Laju Pengembalian Modal.....	86
8.4.1.	Rate of Return Investment (ROR)	86
8.4.2.	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR).....	86
8.5.	Break Event Point (BEP)	87
BAB IX KESIMPULAN		90
DAFTAR PUSTAKA.....		91
LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA		94
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....		111
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN.....		146
LAMPIRAN IV ANALISA EKONOMI.....		250
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....		269

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Impor Ekspor Asam Laktat	10
Tabel 2.2. Data Pertumbuhan Rata-Rata Asam Laktat	11
Tabel 2.3. Data Impor Polylactic Acid (PLA) di Indonesia.....	12
Tabel 2.4. Kapasitas Produksi Pabrik Asam Laktat di Dunia	12
Tabel 2.5. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Laktat	15
Tabel 5.1. Kebutuhan Utilitas	35
Tabel 5.2. Peralatan dengan Kebutuhan Steam 250°C	35
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Proses	37
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Pendingin	37
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	40
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik Peralatan	40
Tabel 5.7. Kebutuhan Bakar Bakar Boiler	43
Tabel 5.8. Total Kebutuhan Bahan Bakar	43
Tabel 5.9. Total Kebutuhan Refrigerant	44
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Karyawan Shift	74
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	77
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	81
Tabel 8.2. Angsuran Pengembalian Modal (US\$)	83
Tabel 8.3 Kesimpulan Analisa Ekonomi	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Mekanisme Reaksi Pembentukan Asam Laktat	5
Gambar 2.1 Grafik Data Impor Ekspor Asam Laktat 2020-2024.....	10
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pabrik	25
Gambar 3.2 Tata Kota Wilayah Lokasi Pabrik.....	26
Gambar 3.1 Tata Letak Peralatan.....	27
Gambar 3.1 Tata Letak Pabrik	27
Gambar 8.1 Grafik Break Event Point (BEP) Pabrik Pembuatan Asam Laktat Kapasitas 100.000 ton/tahun	88

DAFTAR NOTASI

1. ELEKTRODIALISIS

V_c	: Kapasitas alat, m^3
P	: Panjang alat, m
L	: Lebar alat, m
T	: Tinggi alat, m
I	: Current Efficiency, A
V_p	: Voltage Across Cell, v
P	: Electrical Power, w
U	: Power Requirements, w-hr/l.s

2. HEAT EXCHANGER (HEATER, SUPERHEATER, EVAPORATOR, CHILLER, CONDENSER)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T_2, t_2	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U_o	: Koefisien overall perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m^2
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m^2
N_t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m^3/jam
u_t, U_s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
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, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
I_b	:	Jarak baffle, m
D_e	:	Diameter ekivalen, m
k_f	:	Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	:	Densitas, kg/m^3
μ	:	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, $W/m \cdot ^\circ C$
ΔP	:	Pressure drop, psi

3. KNOCK OUT DRUM

A	:	Vessel Area minimum, m^2
C	:	Corrosion maksimum, in
D	:	Diameter Vessel minimum, m
E	:	Joint efisiensi
H_L	:	Tinggi liquid, m
H_T	:	Tinggi vessel, m
P	:	Tekanan desain, psi
Q_V	:	Laju alir volumetric massa, m^3/jam
Q_L	:	Liquid volumetric flowrate, m^3/jam
S	:	Working stress allowable, psi
t	:	tebal dinding tangki, m
U_V	:	Kecepatan uap maksimum, m/s
V_t	:	Volume Vessel, m^3
V_h	:	Volume Head, m^3
V_t	:	Volume Vessel, m^3
ρ	:	Densitas, kg/m^3
μ	:	Viskositas, cP
ρ_g	:	Densitas gas, kg/m^3

ρ_l : Densitas liquid, kg/m^3

4. KOMPRESSOR

A : Area alir pipa, in^2
BHP : Brake Horse Power, HP
 D_{opt} : Diameter optimum pipa, in
f : Faktor friksi
g : Percepatan gravitasi ft/s^2
 g_c : Konstanta percepatan gravitas, ft/s^2
 H_d, H_s : Head discharge, suction, ft
 H_f : Total friksi, ft
 H_{fc} : Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
 H_{fe} : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
 H_{ff} : Friksi karena fitting dan valve, ft
 H_{fs} : Friksi pada permukaan pipa, ft
ID : Diameter dalam, in
 K_C, K_E : Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L : Panjang pipa, m
 L_e : Panjang ekivalen pipa, m
MHP : Motor Horse Power, HP
NPSH : Net positive suction head, ft.lbf/lb
 N_{RE} : Bilangan Reynold
OD : Diameter luar, in
 P_{uap} : Tekanan uap, psi
 Q_f : Laju alir volumetrik, ft^3/s
 V_d : Discharge velocity, ft/s
 V_s : Suction velocity, ft/s
 ε : Equivalent roughness, ft
 η : Efisiensi pompa
 μ : Viskositas, kg/ms
 ρ : Densitas, kg/m^3

5. MIXING TANK

C	: Corrosion maksimum, in
Dt	: Diameter tangki, m
Di	: Diameter impeller, m
E	: Joint efisiensi
G	: Lebar baffle pengaduk, m
H	: Tinggi head, m
H _L	: Tinggi liquid, m
H _S	: Tinggi silinder, m
H _T	: Tinggi tangki, m
N	: Kecepatan putaran pengaduk, rpm
P	: Tekanan desain, psi
r	: Panjang blade pengaduk, m
rb	: Posisi baffle dari dinding tangki, m
r _i	: jari-jari vessel, in
S	: Working stress allowable, psi
T	: tebal dinding tangki, m
V _S	: Volume silinder, m ³
V _E	: Volume elipsoidal, m ³
V _t	: Volume tangki total, m ³
Wb	: Lebar baffle, m
ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, kg/m .s

6. POMPA

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D _{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g _c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H _d , H _s	: Head discharge, suction, ft

H_f	: Total friksi, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ϵ	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. REAKTOR

CA0	: konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m ³
C	: Tebal korosi yang dizinkan, mm
FA0	: Laju alir umpan, kmol/jam
Hr	: Tinggi Reaktor, m
ID	: Inside Diameter, m
k	: Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol.s
N	: Bilangan Avogadro
OD	: Outside Diameter, m
P	: Tekanan, atm

Qf	: Laju volumetrik feed, m ³ /jam
Re	: Bilangan Reynold
S	: Working Stress yang diizinkan, atm
T	: Temperatur. °C
t	: Tebal dinding vessel, mm
Vt	: Volume reaktor, m ³
X	: Konversi
ρ	: Densitas, kg/m ³
σ	: Diameter Partikel, cm

8. ROTARY VACUUM DRUM FILTER

C _L	: Konstanta filtrasi, lbs/ft ⁴
C _t	: Konsentrasi Filtrat, sec
C _a	: Tetapan filtrasi, ft
V _a	: Kecepatan udara, ft/s
V _f	: Kecepatan filtrat, lb/ft.s
S _r	: Residual saturation
t ₁	: Waktu pembentukan cake, sec
θ ₁	: Daerah pembentukan cake, °
A	: Area filtrasi, ft ²
D	: Diameter Alat, ft
L	: Panjang Alat, ft
HP	: Horse Power, HP

9. TANGKI

C _c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
E _j	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m ³

W : Laju alir massa, kg/jam
 ρ : Densitas

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	94
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	111
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN.....	146
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI.....	250
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS	269

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Pendahuluan

Perkembangan industri yang semakin pesat mendorong permintaan kebutuhan bahan baku juga semakin tinggi, terutama pada industri bahan kimia. Bahan baku yang sangat penting dalam industri kimia salah satunya adalah asam laktat. Asam laktat banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan makanan, kosmetik, obat-obatan, bahan kimia dan peternakan. Selain itu, asam laktat menghasilkan plastik polilaktat yang dapat mudah terurai secara hayati, mudah dibentuk dan banyak digunakan dalam pembuatan kantong makanan sekali pakai.

Di Indonesia kebutuhan akan asam laktat sebagian besar dipenuhi oleh impor sebesar ton pada tahun 2023 (BPS, 2024). Untuk memenuhi kebutuhan asam laktat Indonesia masih mengimpor dari luar dikarenakan di Indonesia tidak ada pabrik yang memproduksi asam laktat. Terdapat dua metode produksi asam laktat yaitu metode fermentasi pati dan metode sintesis kimiawi. Metode fermentasi membutuhkan biaya yang tinggi namun memiliki hasil yang rendah, sedangkan metode sintesis kimiawi membutuhkan asam beracun yang berbahaya. Untuk itu diperlukan pengembangan metode yang efisien untuk menghasilkan asam laktat.

Produk samping dari industri diesel, yaitu gliserol memainkan peran penting dalam mengubah bahan kimia bernilai tambah tinggi. Dalam pemanfaatannya gliserol seringkali menjadi pelarut atau sebagai bahan untuk mengkonversi suatu senyawa. Belakangan ini, penelitian mengenai penggunaan gliserol menjadi asam laktat melalui konversi katalitik menjadi tantangan dalam industri kimia. Pemanfaatan gliserol menjadi asam laktat memungkinkan terjadinya reaksi secara efisien dan menghasilkan asam laktat dengan selektivitas yang tinggi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk menekan nilai impor asam laktat maka Indonesia harus memiliki pemikiran untuk merencanakan pendirian pabrik produsen asam laktat agar memenuhi kebutuhan asam laktat diseluruh industri di Indonesia. Pendirian pabrik asam laktat juga akan membuka lapangan kerja baru. Saat ini, teknologi produksi asam laktat telah dikembangkan dengan menggunakan katalis yang efisien sehingga memungkinkan selektivitas asam laktat meningkat dan membuat hasil konversi serta *yield* produk meningkat.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses Produksi Asam Laktat

Penemuan asam laktat (asam 2-hidroksipropanoat) sebagai bahan kimia pertama kali ditemukan pada tahun 1780 dalam *sour milk* oleh ahli kimia Swedia, Carl Wilhelm Scheele dan menganggap awalnya sebagai komponen susu. Komponen susu tersebut kemudian diberi tata nama baru oleh bapak kimia modern, Antoine Laurent Lavoisier, pada tahun 1789 menjadi *acid lactique*, yang saat ini dikenal sebagai *lactid acid*. Jons Jakob Berzelius pada tahun 1808 mengulangi resep Scheele dimana ia menemukan asam laktat dalam cairan yang diekstrak dari daging. Barzelius pernah mempercayai bahwa asam laktat adalah senyawa individual dan bukan campuran asam asetat dengan beberapa pengotor. Ahli kimia lain, sekitar tahun 1810, kemudian memverifikasi keberadaan asam laktat dalam jaringan organik lain, seperti susu segar, daging sapi, dan darah.

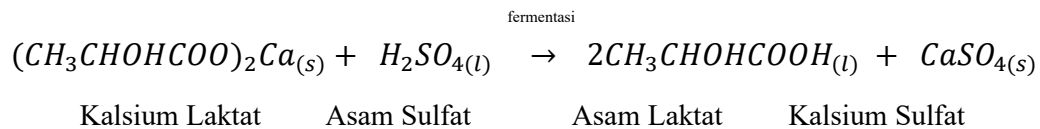
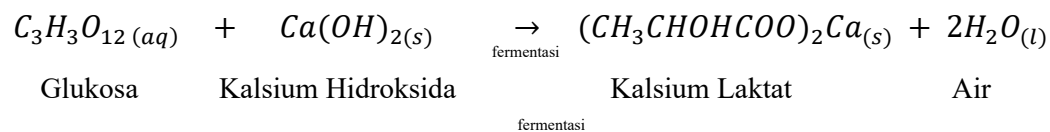
Pada tahun 1839, seorang ilmuwan Prancis, Fremy melakukan fermentasi asam laktat dari berbagai karbohidrat seperti sukrosa, laktosa, mannitol, pati dan dekstrin. Pasteur, pada tahun 1857, kemudian menemukan bahwa asam laktat adalah suatu metabolit fermentasi yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu bukan merupakan komponen dari susu. Schulze pada tahun 1868 menunjukkan kultur bakteri asam laktat pada tempat penyulingan whiskey. Namun tidak sampai tahun 1877, bakteri asam laktat diisolasi pada kultur murni. Hal tersebut dilakukan oleh Joseph Lister yang telah mengisolasi *Streptococcus lactis*. Delbrück, pada periode yang sama, berusaha untuk menentukan suhu yang baik untuk fermentasi asam laktat pada tempat penyulingan wiski, kemudian ia menyimpulkan bahwa suhu yang relatif tinggi akan menghasilkan *yield* asam laktat yang tinggi (Prescott, S.C and C.G. Dunn, 1959).

Produksi industri bioteknologi pertama terjadi pada tahun 1881 dimana Mass merupakan orang pertama yang berhasil memproduksi asam laktat secara komersial. Hal tersebut menjadi hal yang penting dalam dunia industri. Asam laktat saat ini diproduksi secara komersial dari gula jagung, molasses dan gandum. Dalam proses pembuatan asam laktat, dapat menggunakan *Lactobacillus delbrueckii*. Strain yang memberikan hasil konsentrasi asam laktat tinggi biasanya menunjukkan produktivitas yang tinggi, seperti pada *Lb. delbrueckii* yang merupakan strain yang paling efisien. Suhu optimum yang digunakan untuk memproduksi asam laktat berkisar 30-47°C.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Laktat

1.3.1. Proses Fermentasi

Proses pembuatan asam laktat dapat juga diproduksi melalui proses fermentasi dimana proses ini membutuhkan karbohidrat, nutrisi, dan mikroorganisme. Berbagai macam karbohidrat dapat digunakan dalam proses fermentasi ini, yaitu sukrosa, glukosa, atau laktosa yang dapat ditemukan pada jagung, molasses, *milk whey*, dan kentang. Proses ini dapat dilakukan oleh bakteri atau dapat juga dengan jamur. Reaksi yang terjadi untuk menghasilkan asam laktat melalui proses fermentasi sebagai berikut:



(Narayanan dkk, 2004)

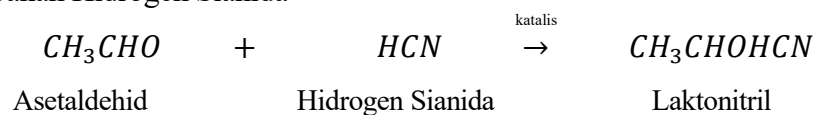
Metode yang dapat digunakan untuk memproduksi asam laktat melalui proses fermentasi adalah batch, fed-batch, dan kontinyu dengan metode yang paling banyak digunakan yaitu fermentasi batch. Fermentasi batch ini digunakan karena mempunyai konversi dan hasil yang lebih unggul dibandingkan dengan fermentasi kontinyu. Namun, fermentasi batch mempunyai produktivitas volumetrik yang lebih rendah. Pada fermentasi kontinyu, dapat terjadi *washout* mikroorganisme dan akumulasi konsentrasi awal sumber karbon khususnya glukosa jika tidak diberikan treatment yang baik. Hal tersebut menjadi inhibitor dan mengganggu pertumbuhan mikroorganisme. Untuk fermentasi *batch*, tidak meninggalkan residu karena semua substrat akan digunakan. *Batch* lebih unggul dari segi konversi dan yield.

Produksi asam laktat pada proses fermentasi memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan proses ini adalah media pertumbuhan bakteri tidak ekonomis, karena terdiri dari beberapa komposisi bahan yang mahal, seperti ekstrak ragi dan pepton. Selain itu, suhu fermentasi yang rendah dapat mengakibatkan terjadinya risiko kontaminasi bakteri dan pencegahan sakarifikasi biomassa pati atau selulosa secara simultan (Abedi dan Hashemi, 2020). Konsentrasi gula awal yang tinggi juga dapat menghambat pertumbuhan strain dan akumulasi asam laktat pada tahap akhir fermentasi dapat mempunyai efek toksik pada sel mikroba.

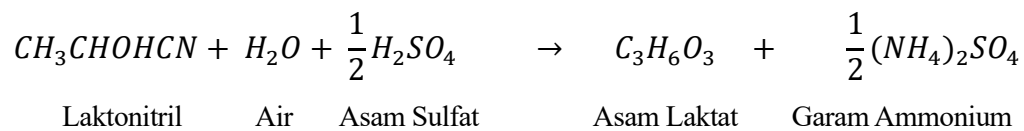
1.3.1. Proses Sintesis Kimia

Sintesis asam laktat didasarkan pada laktonitril yang merupakan hasil samping dari teknologi akrilonitril yang ditemukan oleh Wislicenus tahun 1863. Asam laktat dalam pembuatannya melalui proses sintesis kimia dilakukan dengan mereaksikan secara hidrolisis asetaldehida dan hidrogen sianida untuk menghasilkan laktonitril. Reaksi ini terjadi dalam fase cair pada tekanan yang tinggi dengan suhu diatas 50°C. laktonitril yang telah terbentuk kemudian di-*recovery* dan dimurnikan dengan cara destilasi kemudian dihidrolisis menggunakan asam sulfat dengan penambahan air untuk menghasilkan asam laktat dan garam ammonium. Asam laktat kemudian diesterifikasi dengan metanol dimana reaksi ini menghasilkan metil laktat yang dihilangkan dan dimurnikan dengan distilasi dan dihidrolisis oleh air dengan katalis asam untuk menghasilkan asam laktat dan metanol. Menurut Narayan dkk (2004), proses reaksi yang akan terjadi sebagai berikut:

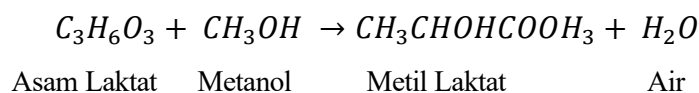
1. Penambahan Hidrogen Sianida



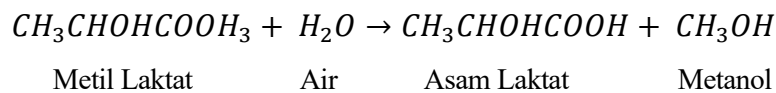
2. Hidrolisis oleh H_2SO_4



3. Esterifikasi



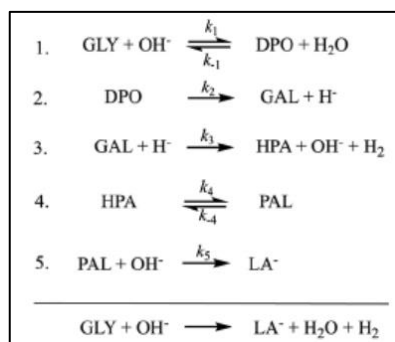
4. Hidrolisis oleh H_2O



Metode sintesis kimia menghasilkan campuran rasemat asam laktat. Musashino, Jepang dan Sterling Chemicals Inc, USA menggunakan teknologi ini. Beberapa proses yang dapat dilakukan dengan sintesis kimia yaitu dengan degradasi gula menggunakan katalis basa, reaksi asetaldehida, oksidasi propilen glikol, karbon monoksida pada suhu dan tekanan tinggi. Kekurangan metode sintesis kimia ini yaitu bahan baku yang cukup mahal, dan ketergantungan bahan baku dengan industri lain.

1.3.1.1. Proses Dehidrogenasi

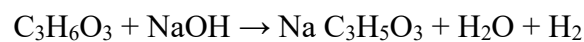
Dehidrogenasi adalah suatu proses untuk memutuskan ikatan hidrogen. Dehidrogenasi menghilangkan hidrogen dari senyawa organik untuk membentuk bahan kimia baru (misalnya, untuk mengubah senyawa jenuh menjadi senyawa tak jenuh). Dalam pembuatan asam laktat, proses dehidrogenasi banyak digunakan karena memanfaatkan produk samping dari biodiesel, yaitu gliserol menjadi asam laktat yang bernilai tinggi. Proses ini menggunakan gliserol serta basa alkali, seperti NaOH dan KOH. Selain itu, pembuatan asam laktat juga banyak dilakukan dengan bantuan katalis yang bertujuan agar kebutuhan energinya dapat lebih rendah.



Gambar 1.1. Mekanisme Reaksi Pembentukan Asam Laktat

Asam laktat dihasilkan melalui mekanisme reaksi yaitu gliserol akan mengalami deprotonasi pada salah satu gugus hidroksil (-OH) dan menghasilkan gliserol alkoksida (DPO) serta air. Gliserol alkoksida akan kehilangan ion hibrida untuk membentuk gliseraldehida (GAL). Dehidrasi kemudian terjadi dalam mekanisme E₂ melalui abstraksi α-proton oleh ion hidrida yang melepaskan gas H₂ dan membentuk 2-hidroksipropenal (HPA). 2-Hidroksipropenal akan mengalami tautomerisasi keto-enol menghasilkan pembentukan piruvaldehida (PAL). Ion laktat selanjutnya terbentuk melalui penataan ulang asam benzilik dari piruvaldehida.

Kelebihan dari proses dehidrogenasi ini adalah tidak adanya kebutuhan hidrogen eksternal yang membuatnya lebih hemat energi dan memungkinkan pemanfaatan gliserol sebagai hasil sampingan dari industri biodiesel, serta menghasilkan selektivitas asam laktat yang tinggi. Reaksi dehidrogenasi gliserol menjadi asam laktat (atau laktatnya) sebagai berikut:



(Rodrigues, 2014)

1.4 Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1 Bahan Baku

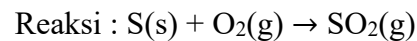
a. Gliserol

Sifat Fisika

Rumus molekul	: C ₃ H ₈ O ₃
Warna	: Kuning
Berat molekul	: 92,06 g/mol
Titik didih pada 1 atm, °C	: 444,6
Titik lebur pada 1 atm, °C	: 120
<i>Specific gravity</i>	: 2,046 g/cm
Densitas pada 140°C	: 1,7865 g/ml (cair)
Entalpi penguapan, j/g	: 278 (400°C)
Viskositas pada 120°C	: 0,0017 Pa.s

Sifat Kimia

a. Dengan udara membentuk sulfur dioksida



b. Dengan asam klorida dan katalis Fe akan menghasilkan hydrogen sulfida

(Sumber : Perry, 2008)

b. NaOH

Sifat Fisika

Rumus molekul	: NaOH
Warna	: Zat Padat Putih
Berat molekul	: 40 g/mol
Titik leleh pada 1 atm, °C	: 318,4
Titik didih pada 1 atm, °C	: 1390
<i>Specific gravity</i>	: 2,13 g/cm
Kelarutan dalam air	: sangat larut
Kebebasan (pKb)	: ~2,43

Sifat Kimia

a. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan bereaksi dengan melepas panas ketika dilarutkan.

- b. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH.

(Sumber : Perry, 2008)

c. Katalis Cu-ZnO@C

Sifat Fisika

Rumus Molekul	: Cu-ZnO@C
Warna	: Abu abu
Berat Molekul	: 83,389 g/mol
Ukuran Partikel Katalis	: 32-110 Mm
Luas Permukaan Spesifik	: 140 m ² /gr

Sifat Kimia

Katalis Cu-ZnO@C memiliki waktu reaksi yang singkat, laju konversi gliserol yang tinggi, dan stabilitas katalis yang sangat baik.

(Sumber : Patent CN 115572219 A)

1.4.2 Produk

a. Asam laktat

Sifat Fisika

Rumus Molekul	: C ₃ H ₆ O ₃
Berat Molekul	: 90,08 g/mol
Wujud dalam kondisi kamar	: Cair, Tidak Bewarna
Titik didih pada 1 atm, °C	: 340
Titik leleh pada 1 atm, °C	: 10,49
Densitas standar 45°C	: 1,8 g/cc
Tekanan uap	: 1 mmHg at 146 °C
<i>Specific gravity</i>	: 1,834 g/cm
<i>Viscosity (mPa s)</i>	: 28,5 (85,3% solution in water, 25C)
<i>pKa</i>	: 3,86
<i>Specific heat at 25 C</i>	: 2,34 J/Kg

Sifat Kimia

1. Larut dalam alcohol
2. Bersifat menyerap air atau higroskopik

(Sumber : John Wiley 2010)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Cilegon. 2024. Kecamatan Ciwandan, BPS Kota Cilegon.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Ekspor dan Impor Asam Laktat di Indonesia*. (Online). <https://www.bps.go.id/exim/>. (Diakses pada Tanggal 28 Desember 2024).
- Castillo Martinez, F. A., Balciunas, E. M., Salgado, J. M., Domínguez González, J. M., Converti, A., & Oliveira, R. P. de S. 2013. Lactic Acid Properties, Applications And Production: A Review. *Trends in Food Science & Technology*. Vol.30(1): 70–83.
- Coulson dan Richardson. 1999. *Chemical Engineering Volume 6 3th Edition*. Elsevier: Buttenworth - Heinemann.
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., dan Walas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design Third Edition*. Elsevier: Buttenworth - Heinemann.
- Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. Prentice-Hall International.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Martinez, F. A. C., Balciunas, E. M., Salgado, J. M., González, J. M. D., Converti, A., & de Souza Oliveira, R. P. (2013). Lactic acid properties, applications and production: A review. *Trends in food science & technology*, 30(1), 70-83.
- Matches Engineering. 2024. *Equipment Cost Estimates*. (Online). www.matches.com. (Diakses pada Januari 2025).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering (Fifth Edition)*. McGraw-Hill.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.

- Nurulfadilah, A. 2015. Potensi Pemanfaatan dan Pengolahan Brine Water dari Proses Desalinasi Air Laut. *Magnesium*. 406.736: 3.
- Perry, R. H. dan Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1998). *Perry's Chemical Engineer's Handbook (Seventh Edition)*. McGraw-Hill.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineer's Handbook (7th Edition)*. McGraw-Hill.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers (Fifth Edition)*.
- Peters, M., dan Timmerhaus, K., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer, 4th Edition*. New York: Mc Graw - Hill Book Co.
- Pourcelly, G. 2002. Electrodialysis with bipolar membranes: principles, optimization, and applications. *Russian Journal of Electrochemistry*. Vol. 38: 919-926.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Solid Liquid Separation*. The Rotary Drum Filter. Diakses pada 24 Februari 2025, dari http://solidliquid-separation.com/VacuumFilters/Drum/drum_1.htm
- Tedesco, M., Hamelers, H. V. M., dan Biesheuvel, P. M. 2016. Nernst-Planck Transport Theory For (Reverse) Electrodialysis: I. Effect Of Co-Ion Transport Through The Membranes. *Journal of Membrane Science*. Vol. 510: 370-381.
- The Yaws Handbook of Vapor Pressure: Antoine Coefficients (Second Edition). Elsevier. www.elsevierdirect.com/rights
- Treyball, R. E. (1981). *Mass Transfer Operations (3rd Edition)*. McGraw-Hill Book Co.
- Valero, F., Barcelo, A., dan Arbos, R. 2011. Electrodialysis Technology. Theory and Applications. *Desalination, Trends and Technology*. Vol. 28: 3-20.

- Van der Bruggen, B. 2015. *Advanced in Membrane Technologies for Water Treatment, 1st Edition Chapter: 6 (Advances in Electrodialysis for Water Treatment)*. Woodhead Publishing: USA.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design* . Butterworth-Heinemann.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill. Yaws, C. L. (2015).
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. The Mc Graw-Hill Companies. United States of America.