

SKRIPSI

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL LAKTAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknik Kimia

pada

Universitas Sriwijaya



Muhammad Akbar Ray

NIM. 03031181722003

Erik Salindra

NIM. 03031181722067

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN
PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN METIL LAKTAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

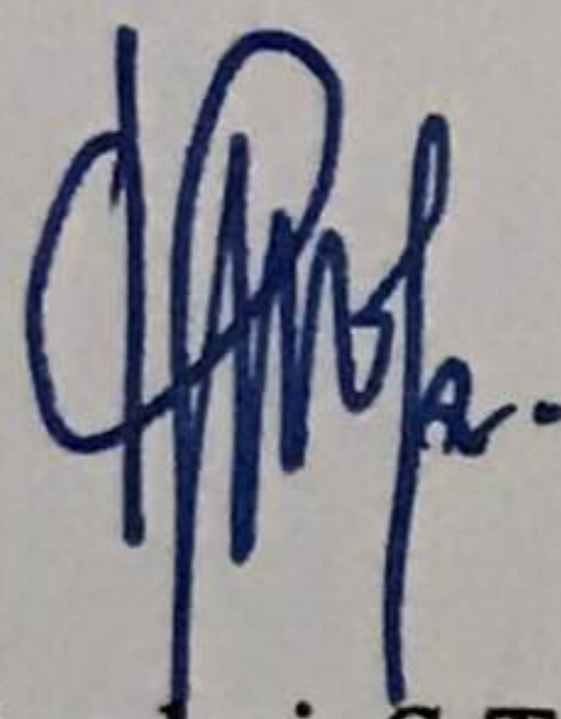
SKRIPSI
Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh :

MUHAMMAD AKBAR RAY 03031181722003
ERIK SALINDRA 03031181722067

Palembang, Januari 2022

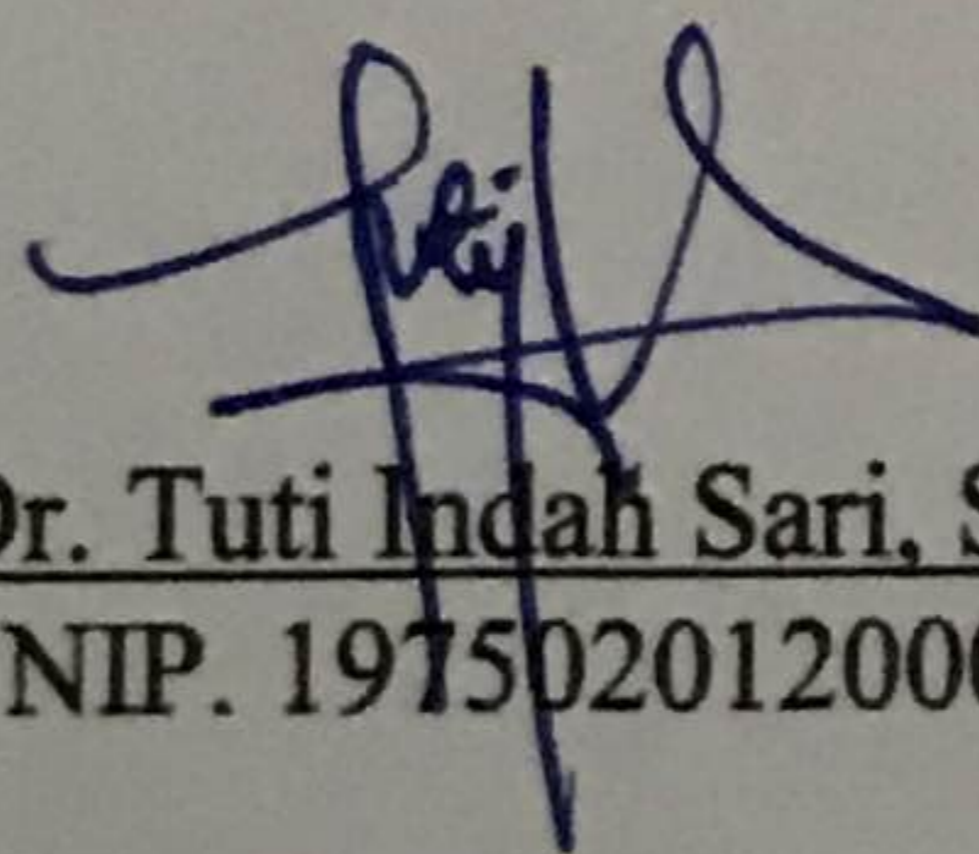
Pembimbing,



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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

MUHAMMAD AKBAR RAY **03031181722003**

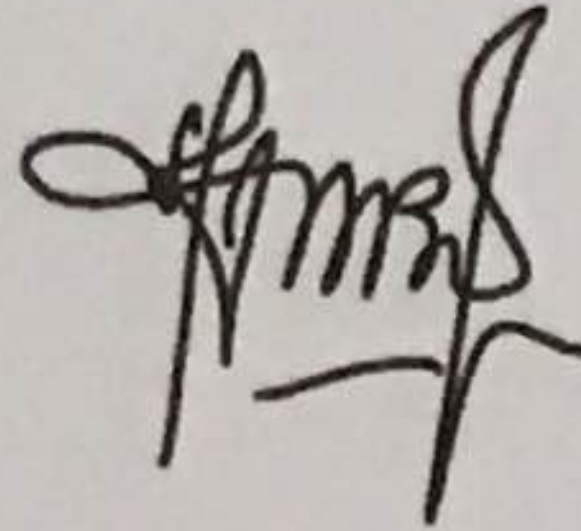
ERIK SALINDRA **03031181722067**

Judul :

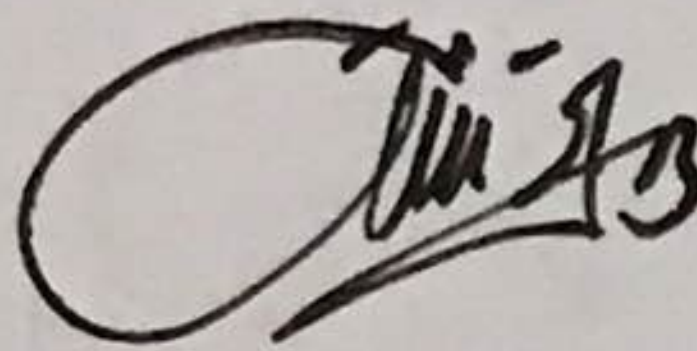
PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL LAKTAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Desember 2021 oleh Dosen Penguji :

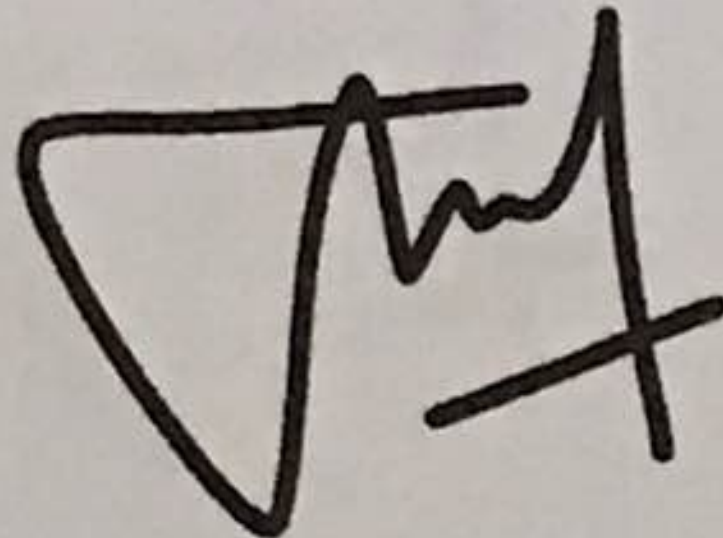
1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA.
NIP. 196010111985032002

()

2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003

()

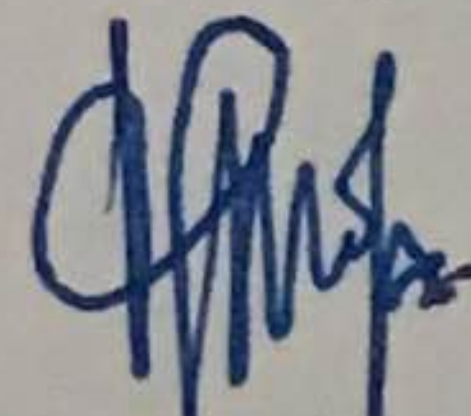
3. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

()

Palembang, Januari 2022

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 198412182008122002

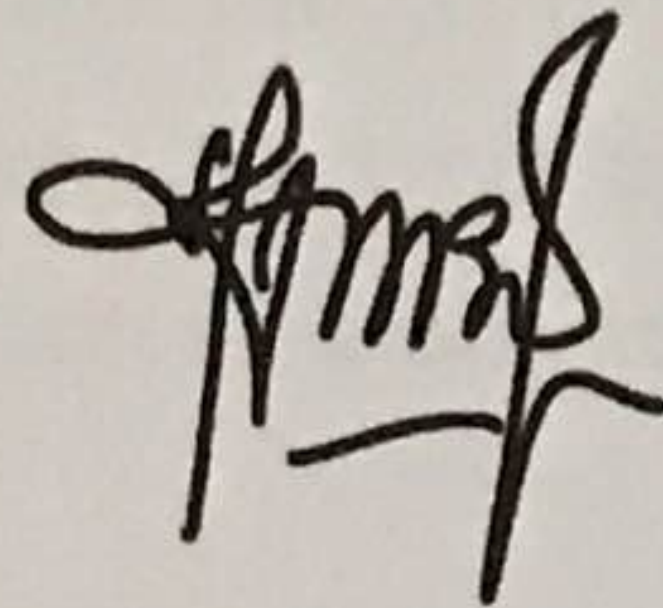
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Laktat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Muhammad Akbar Ray dan Erik Salindra dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Desember 2021

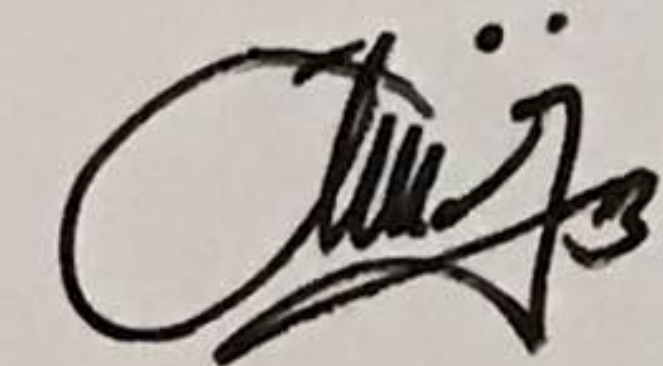
Palembang, Januari 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

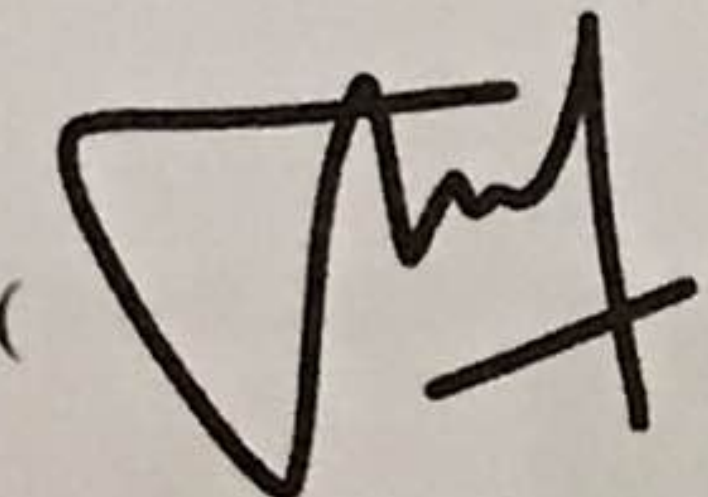
1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA.
NIP. 196010111985032002

()

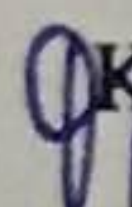
2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003


()

3. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

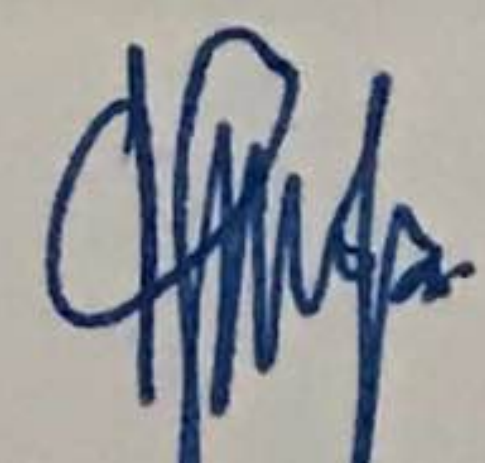
()

Palembang, Januari 2022
Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Kimia


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

Pembimbing Tugas Akhir


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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Akbar Ray
NIM : 03031181722003
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Laktat Kapasitas
20.000 Ton/Tahun
Fakultas/ Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Erik Salindra didampingi oleh 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, Januari 2022



Muhammad Akbar Ray
NIM. 03031181722003



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Erik Salindra
NIM : 03031181722067
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Laktat Kapasitas
20.000 Ton/Tahun
Fakultas/ Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Muhammad Akbar Ray didampingi oleh 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, Januari 2022



Erik Salindra
NIM. 03031181722067



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Laktat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S. T., M. T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing Akademik.
- 3) Ibu Lia Cundari, S. T., M. T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.
- 6) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

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

Palembang, Desember 2021

Penulis

RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL LAKTAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Desember 2021

Muhammad Akbar Ray dan Erik Salindra; Dibimbing oleh Lia Cundari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxvi + 488 halaman, 15 tabel, 7 gambar, 5 lampiran

RINGKASAN

Pabrik pembuatan metil laktat dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2026 di Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 1,75 Ha. Bahan baku dari pembuatan metil laktat ini adalah asam laktat, metanol, dan katalis asam sulfat. Proses pembuatan metil laktat ini mengacu pada US Patent No. 2020/10626069B2 dengan proses esterifikasi asam laktat dengan metanol dibantu katalis asam sulfat membentuk produk metil laktat. Jenis reaktor yang digunakan ialah *continuous stirred tank reactor*. Reaktor beroperasi pada temperatur 100°C dan tekanan 5 atm.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 195 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik metil laktat ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 54.309.899,3214
- Total Penjualan = US\$ 60.000.0000,0000
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 37.023.447,3730
- *Annual Cash Flow* = US\$ 20.699.928,2812
- *Pay Out Time* = 2,52 Tahun
- *Rate Of Return On Investment (ROR)* = 29,6144%
- *Break Even Point (BEP)* = 38,3156%
- *Service Life* = 11 Tahun

Kata Kunci: Metil Laktat, Esterifikasi, *Continous Stirred Tank Reactor*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku	11
2.4. Pemilihan Proses	12
2.5. Uraian Proses	12
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	
3.1. Lokasi Pabrik	14
3.2. Luas Area Pabrik	18
3.3. Tata Letak Pabrik	18
3.4. Pertimbangan Tata Letak Peralatan	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa	21
4.2. Neraca Panas	26
BAB V UTILITAS	
5.1. Unit Pengadaan Air	34
5.2. Unit Pengadaan Steam	38

5.3. Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	39
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	41
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	44
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	
7.1. Bentuk Perusahaan	85
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan	86
7.3. Tugas dan Wewenang	88
7.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	93
7.5. Sistem Kerja.....	94
7.6. Penentuan Jumlah Karyawan	95
BAB VIII ANALISA EKONOMI	
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	101
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	102
8.3. Total Modal Akhir.....	104
8.4. Laju Pengembalian Modal	106
8.5. Break Even Point.....	107
BAB IX KESIMPULAN.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Perbandingan Proses Pembuatan Metil Laktat.....	5
Tabel 2.1.	Data Kebutuhan Metil Laktat.....	10
Tabel 5.1.	Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas.....	34
Tabel 5.2.	Kebutuhan Air Pendingin.....	34
Tabel 5.3.	Total Kebutuhan Air	38
Tabel 5.4.	Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 220 °C	38
Tabel 5.5.	Total Kebutuhan <i>Steam</i>	39
Tabel 5.6.	Kebutuhan Listrik Peralatan.....	39
Tabel 5.7.	Total Kebutuhan Listrik	41
Tabel 5.8.	Total Kebutuhan Bahan Bakar	42
Tabel 7.1.	Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	95
Tabel 7.2.	Jam Kerja Masing-Masing Regu.....	95
Tabel 7.3.	Perincian Jumlah Karyawan.....	97
Tabel 7.4.	Tingkat Pendidikan Pekerja	99
Tabel 8.1.	Total Penjualan Produk	101
Tabel 8.2.	Angsuran Pengembalian Modal	103
Tabel 8.3.	Nilai <i>Slope</i> dan <i>Intercept Break Even Point</i>	108
Tabel 8.4.	Kesimpulan Analisa Ekonomi	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kebutuhan Metil Laktat Tahun 2014-2020.....	10
Gambar 3.1.	Peta Lokasi Pabrik.....	14
Gambar 3.2.	Peta Jarak Antara Lokasi Pabrik dengan PT. Kaltim Metanol Industri dan Pelabuhan PKT Bontang.....	15
Gambar 3.3.	Peta Jarak Antara Lokasi Pabrik dengan Perusahaan Penyedia Air dan Bahan Bakar	16
Gambar 3.4.	Tata Letak Pabrik Pembuatan Metil Laktat	19
Gambar 3.5.	Tata Letak Peralatan Pabrik Pembuatan Metil Laktat.....	20
Gambar 7.1.	Bagan Struktur Organisasi Perusahaan	87
Gambar 8.1.	Grafik <i>Break Even Point</i>	108

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

- C : Allowable corrosion, 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, atm
T : Temperatur operasi, K
t : Tebal dinding accumulator, m
V : Volume total, m³
V_s : Volume silinder, m³
ρ : Densitas, kg/m³

2. HEAT EXCHANGER (CONDENSER, COOLER, HEATER, REBOILER, VAPORIZER)

- A : Luas area perpindahan panas, ft²
a'' : Luas satu buah tube, ft²
a_a : *Area flow annulus*, ft²
a_p : *Area flow inner pipe*, ft²
a't : *Flow area tube*, ft²
B : Jarak *baffle*, in
C_p : Panas spesifik, Btu/lb.°F
D_e : Diameter ekivalen, ft
D_p : Diameter *inner pipe*, ft
f : Faktor friksi
Fl : kecepatan *head/hairpn.* ft
G_a : Laju alir massa *annulus*, lb/jam ft²
G_p : Laju alir massa *inner pipe*, lb/jam ft²
G_s : Laju alir massa *shell*, lb/jam ft²
G_t : Laju alir massa *tube*, lb/jam ft²
h_i : Koefisien perpindahan panas bagian dalam, Btu/hr ft² °F

h_o : Koefisien perpindahan panas bagian luar, Btu/hr ft² °F
 ID : *Inside Diameter*, ft
 j_H : Faktor perpindahan panas
 k : Konduktivitas termal, Btu/hr ft. °F
 L : Panjang *tube*, ft
 N_{Re} : Bilangan Reynold, tak berdimensi
 N_t : Jumlah *tube*, buah
 OD : *Outside Diameter*, ft
 Pr : Bilangan Prandtl, tak berdimensi
 Q : Beban panas, Btu/hr
 R_d : *Dirt factor*, Btu/jam ft² F
 s : Rasio densitas
 T_1, t_1 : Temperatur masuk shell, tube, °F
 T_2, t_2 : Temperatur keluar shell, tube, °F
 t_c : Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
 T_c : Temperatur rata-rata fluida panas, °F
 U_c : *Clean overall coefficient*, Btu/jam ft² F
 U_d : Koefisien overall perpindahan panas, Btu/ jam ft²°F
 V : Kecepatan, ft/s
 W, w : Laju alir massa di shell, tube, lb/jam
 ΔP : *Pressure drop*, psi
 ΔT_{lm} : *Difference log mean temperatur*, °F
 μ : Viskositas, Cp
 ρ : Densitas, lb/ft³

3. KOLOM DISTILASI

A : *Vessel area*, m²
 A_a : *Active area*, m²
 A_d : *Area downcomer*, m²
 A_h : *Area hole*, m²
 A_n : *Area tower*, m²
 C : Faktor korosi yang diizinkan, m
 C_{VO} : *Dry orifice coefficient*, dimensionless

Csb	: Kapasitas uap, m/det
D	: Diameter tower, m
Ds	: Designment space, m
E	: Joint efficiency, dimensionless
E _o	: Overall tray pengelasan, dimensionless
e	: Total entrainment, kg/det
F	: Faktor flooding, dimensionless
F _{LV}	: Parameter aliran, dimensionless
f	: Faktor friksi
H	: Tinggi tower, m
HK	: Heavy Component
h _a	: Areated liquid drop, cm
h _f	: Height of froth, cm
h _{ow}	: Height liquid crast over weir, cm
h _w	: Tinggi weir, cm
L	: Tinggi liquid, m
LK	: <i>Light component</i>
P	: Tekanan desain, atm
Q	: Liquid volumeterik flowrate, m/det
Q _v	: Vapour volumeterik flowrate, m/det
R	: Rasio refluks, dimensionless
R _m	: Rasio refluks minimum
S	: <i>Working stress</i> , atm
S	: Plate teoritis pada aktual refluks
S _m	: Stage teoritis termasuk reboiler
U _v	: Vapour velocity, m/det
ρ _g	: Densitas gas, kg/m ³
ρ _l	: Densitas liquid, kg/m ³

4. POMPA

T	: Temperatur, K
ms	: <i>Flowrate</i> , lb/jam
ρ	: Densitas fluida, lb/ft ³

μ : Viskositas, lb/ft. Hr
 P_{uap} : Tekanan uap, psi
 Q_f : Kapasitas pompa, ft³/s
 m_f : *Flowrate* dengan faktor keamanan, lb/min
 D_{opt} : Diameter dalam optimum pipa, in
 ε : *Equivalent roughness*, ft
 f : *Fanning factor*
 A : Luas penampang, ft²
 BHP : *Brake Horse Power*, HP
 g : Percepatan gravitasi, ft/s²
 g_c : Konstanta percepatan gravitasi, ft/s²
 H_f : Total friksi, ft
 H_{fs} : *Skin friction loss*, ft. lbf/ lb
 H_{fc} : *Sudden contraction friction loss*, ft. lbf/ lb
 H_{fe} : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft. lbf/ lb
 H_{ff} : Friksi karena fitting dan valve, ft. lbf/ lb
 H_d, H_s : *Head discharge, suction*, ft
 ID : *Inside diameter*, in
 OD : *Outside diameter*, in
 K_c, K_e : *Contaction, ekspansion contraction*
 L : Panjang pipa, ft
 L_s : Panjang ekuivalen pipa, ft
 MHP : *Motor Horse Power*, HP
 $NPSH$: *Net Positive Suction Head*, ft .lbf/ lb
 Q_f : Laju alir volumetrik, ft³/s
 N_R : *Reynold Number, dimensionless*
 V_s : *Suction velocity*, ft/s
 V_d : *Discharge velocity*, ft/s
 ΔP : *Differential pressure*, psi
 η : Efisiensi pompa

5. REAKTOR

C_{A_0} : konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m³
 C : Tebal korosi yang dizinkan, atm

D_K : Diameter katalis, cm
 F_{A_0} : Laju alir umpan, kmol/jam
 H_r : Tinggi Reaktor, m
 ID : Inside Diameter, m
 k : Konstanta laju reaksi, $m^3/kmol.s$
 N : Bilangan Avogadro
 OD : Outside Diameter, m
 P : Tekanan, atm
 Q_f : Volumetric Flowrate Umpan
 Re : Bilangan Reynold
 S : Working Stress yang diizinkan, atm
 T : Temperatur. °C
 t : Tebal dinding vessel
 V_t : Volume reaktor, m^3
 X : Konversi
 ρ : Densitas
 σ : Diameter Partikel, cm

6. TANGKI

C : Tebal korosi yang diizinkan
 D : Diameter tangki, m
 E : Efisiensi penyambungan, dimensionless
 He : Tinggi head, m
 H_s : Tinggi silinder, m
 H_t : Tinggi total tangki, m
 P : Tekanan Desain, atm
 S : Working stress yang diizinkan, Psia
 T : Temperatur Operasi, K
 V_h : Volume ellipsoidal head, m^3
 V_s : Volume silinder, m^3
 V_t : Volume tangki, m^3
 W : Laju alir massa, kg/jam
 ρ : Densitas, kg/m^3

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	115
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS	150
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN	224
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI	431

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor industri di seluruh dunia mengalami perkembangan yang sangat pesat, tidak terkecuali Indonesia. Indonesia dalam proporsi ekonominya dapat dikategorikan sebagai negara industri. Sektor industri di Indonesia merupakan kontributor terbesar bagi perekonomian nasional dengan sumbangannya mencapai lebih dari 20% dengan indeks pertumbuhan sebesar 2% pada tahun 2020 (Kemenperin, 2021). Perkembangan yang positif ini menjadi peluang bagi Indonesia untuk memiliki industri yang mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri, termasuk industri kimia.

Salah satu bahan baku yang banyak digunakan dalam industri kimia adalah metil laktat. Metil laktat dengan rumus molekul $\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3$ merupakan senyawa turunan ester yang berbentuk cairan tidak berwarna. Metil laktat salah satu bahan kimia yang termasuk *bio solvent* karena sifatnya yang ramah lingkungan. Senyawa ini digunakan sebagai pelarut organik (dalam pembuatan selulosa asetat, selulosa nitrat, selulosa asetonpropinat, dan etil selulosa). Metil laktat banyak digunakan dalam industri kosmetik dan obat-obatan sebagai pelarut. Senyawa metil laktat juga cocok digunakan untuk mencuci material logam seperti *Printed Circuit Board* (PCB) dan bahan baku dalam pembuatan *varnish* pada industri cat.

Saat ini, kebutuhan metil laktat di dalam negeri masih mengandalkan dari produsen di negara Jepang, Republik Rakyat Tiongkok, dan Amerika Serikat. Berdasarkan informasi yang didapat dari berbagai sumber, sampai saat ini Indonesia juga belum memiliki pabrik yang dapat memproduksi metil laktat. Rencana pembangunan pabrik metil laktat di Indonesia dapat membantu mengatasi kegiatan impor bahan kimia metil laktat yang selama ini dilakukan. Melalui pendirian pabrik metil laktat diharapkan dapat mendorong Indonesia untuk dapat menambah kapasitas produksi dari sektor industri kimia dalam negeri dan membangun kemampuan Indonesia menjadi eksportir dalam sektor ini. Selain itu juga diharapkan dapat menciptakan peluang pemerataan usaha dengan memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku metil laktat.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Metil laktat atau biasa disebut *methyl ester of lactic acid* merupakan salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai pelarut dan bahan baku dalam industri kimia. Pembuatan metil laktat bertujuan untuk menggantikan beberapa *solvent* yang dapat merusak lingkungan dan bersifat *toxic*. Metil laktat sebagai salah satu golongan laktat ester digunakan dalam industri cat dan pelapis dan memiliki banyak keuntungan termasuk sifat *biodegradable*, mudah didaur ulang, nonkorosif, dan *noncarcinogenic*. Untuk meningkatkan penggunaan *green solvent* pada industri kimia, maka produk golongan laktat ester terkhususnya metil laktat mengalami pengembangan dalam proses pembuatannya (Kruthiventi dan Doble, 2007).

Perkembangan metil laktat tidak terlepas dari asam laktat, yang mana diketahui bahwa metil laktat salah satu produk turunan dari asam laktat. Asam laktat pertama kali ditemukan pada tahun 1780 oleh ahli kimia Swedia Scheele. Asam laktat dapat diproduksi dengan fermentasi atau bahan kimia Sintesis. Hal ini hadir dalam banyak makanan, baik secara alami atau sebagai produk dari in-situ mikroba. Sifatnya yang ramah lingkungan membuat, ilmuwan mengembangkan lebih lanjut mengenai asam laktat hingga ditemukan produk-produk turunannya yang memiliki banyak kegunaan seperti metil laktat dan etil laktat (Datta dkk, 1993). Penggunaan senyawa yang ramah lingkungan ini akan mendorong terwujudnya *green chemistry* dan senyawa golongan laktat ester akan memiliki prospek cerah di masa depan

Asam laktat semenjak penemuannya telah dilakukan eksperimen lebuah lanjut hingga dapat diproduksi secara komersial. Asam laktat diproduksi secara sintesis melalui rute *lactonitrile* oleh Sterling Chemicals, Inc dan di Jepang, Musashino Chemical Co. dengan menggunakan teknologi yang sama untuk semua produksi di negara tersebut. Sebelum tahun 1991, konsumsi asam laktat tahunan AS diperkirakan mencapai 18.500. metrik ton, dengan produksi domestik mendekati 8.600 ton, oleh Sterling Chemical dan sisanya diimpor dari Eropa dan Brasil. Konsumsi di seluruh dunia diperkirakan mencapai sekitar 40.000 ton/tahun. Meningkatnya produksi asam laktat di penjuru dunia dan mulai ditemukannya senyawa turunan dari asam laktat membuat beberapa produsen asam laktat juga memproduksi senyawa metil laktat. Produsen di Jepang seperti Musashino Chemical Co. telah memproduksi 10.000 ton/tahun dan produsen di China yaitu Haihang Industry memproduksi sebesar 36.500 ton/tahun.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Metil Laktat

1) Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi substitusi suatu gugus radikal organik dengan ion hidrogen yang berasal dari asam yang diketahui dapat meningkatkan efisiensi dan persen *yield* (Van Kriken dkk, 2020). Dalam reaksi esterifikasi, ikatan yang terputus adalah ikatan C-O dari asam karboksilat bukan ikatan O-H dari asam atau ikatan C-O dari alkohol. Penggunaan reaksi esterifikasi biasanya menggunakan bahan baku asam laktat dan alkohol (metanol). Proses ini biasanya digunakan oleh industri untuk mendapatkan kapasitas produksi yang lebih besar dengan kemurnian produk yang tinggi. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada pembentukan metil laktat dengan reaksi esterifikasi :



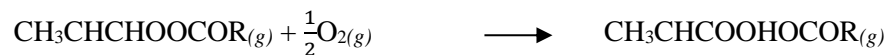
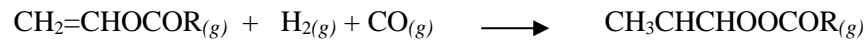
Proses sintesa dilakukan dalam *single reactor* CSTR dengan kondisi operasi temperatur 30-130°C dan tekanan 1-5 atm. Keunggulan menggunakan proses ini ialah ketersediaan bahan baku yang mudah untuk didapat, dan mendapatkan konversi bahan baku yang tinggi sebesar 95%. Proses pemurnian menggunakan *liquid-liquid* separasi yang umumnya menggunakan kolom distilasi. Proses separasi tambahan biasanya digunakan untuk memanfaatkan kembali bahan baku yang tidak bereaksi atau biasanya disebut dengan *recycle*.

Reaksi dimulai dengan mengkombinasikan asam laktat, alkohol, dan katalis, untuk menghasilkan campuran reaksi. Variasi kondisi operasi dapat dilakukan untuk reaksi, bergantung pada alkohol tertentu, efisiensi yang diinginkan, katalis, dan pertimbangan lainnya. Contohnya, reaksi dapat dilakukan pada suhu 30-130°C dan pada tekanan 1-5 atm. Reaksi umumnya terjadi pada tekanan 5 atm. Waktu reaksi bervariasi contohnya 6-8 jam. Katalis yang biasanya digunakan ialah asam sulfat ataupun asam klorida. Penggunaan proses ini akan mendapatkan tingkat kemurnian yang tinggi dengan proses yang tidak panjang.

2) Reaksi Hidroformilasi

Reaksi hidroformilasi antara vinyl asetat, gas hidrogen dan karbondioksida memerlukan penambahan gugus formil (CHO) dan atom hidrogen ke ikatan rangkap karbon-karbon. Reaksi hidroformilasi ini berlangsung dalam 3 tahapan

untuk menghasilkan metil laktat. Tahapan pertama berupa pencampuran vinyl asetat, campuran gas hidrogen dan karbondioksida untuk menghasilkan senyawa acetoxypropionaldehyde. Kemudian dilakukan reaksi oksidasi untuk menghasilkan asam acetoxypropionaldehyde. Dan dilanjutkan direaksikan dengan metanol untuk menghasilkan metil laktat serta produk samping metil asetat dan air. Mekanisme 3 tahapan reaksi hidroformilasi ialah sebagai berikut:



Proses sintesa menggunakan *double reactor* CSTR dimana reaktor pertama menghasilkan produk intermediate dan reaktor kedua menghasilkan metil laktat. Kondisi operasi untuk proses ini pada temperatur 50-120°C dan tekanan 24,5-147 bar, dimana konversi bahan baku sebesar 87%. Penggunaan proses ini akan memiliki banyak peralatan tetapi memiliki kelebihan yaitu terdapat produk samping yang dapat dijual dan menguntungkan secara ekonomi.

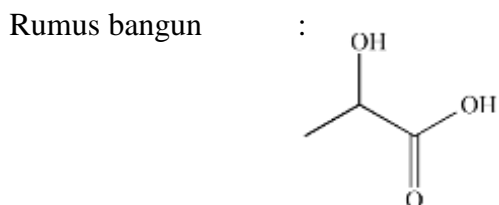
Proses	Bahan Baku	Kondisi Operasi	Produk	Perbandingan Bahan Baku	Kelebihan dan Kekurangan
Esterifikasi	Asam laktat dan Metanol	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur reaksi: 30-130°C • Tekanan reaksi: 1-5 atm 	Metil laktat dan Air	Rasio mol antara asam laktat dan metanol ialah 1:1 dan 1:3	<ul style="list-style-type: none"> • Konversi lebih tinggi • Kemurnian produk yang dihasilkan tinggi • Waktu reaksi yang cukup lama (8 jam) • Terdapat bahan baku yang impor • Konversi yang lebih kecil
Hidroformilasi	Vinil asetat, Hidrogen, dan Karbondioksida	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur reaksi: 50-120°C • Tekanan reaksi 24,5-147 bar 	Metil laktat, Asam Acetoxypionat dan Air	Rasio mol vinyl asetat dan hydrogen 1:0,5 dan 1:5	<ul style="list-style-type: none"> • Peralatan yang dibutuhkan lebih banyak • Terdapat produk samping yang bernilai jual • Kondisi tekanan operasi saat reaksi yang tinggi

1.2. Sifat Fisika dan Kimia

1.2.1. Bahan Baku

1) Asam Laktat

Rumus molekul : $C_3H_6O_3$



Berat molekul : 90,08 g/mol

Titik didih : $122^{\circ}C$ (395,15 K)

Titik beku : $16,8^{\circ}C$ (289,95 K)

Tekanan kritis : 53 atm

Densitas ($25^{\circ}C$) : 1,2 gr/ml

Viskositas ($25^{\circ}C$) : 6,69 cp

Specific gravity : 1,249

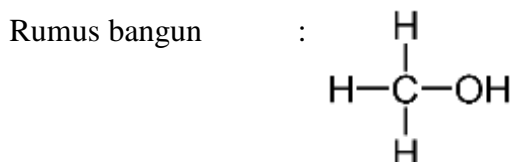
Larut dalam : air, alkohol, eter

Wujud ($25^{\circ}C$) : cair

(Yaws, 1999)

2) Metanol

Rumus molekul : CH_3OH



Berat molekul : 32,04 g/mol

Titik didih : $64,7^{\circ}C$ (337,85 K)

Titik beku : $97,6^{\circ}C$ (370,75 K)

Tekanan kritis : 79,9 atm

Densitas ($25^{\circ}C$) : 0,7866 gr/ml

Viskositas ($25^{\circ}C$) : 0,541 cp

Specific gravity : 0,801

Larut dalam : air, alkohol, eter

Wujud ($25^{\circ}C$) : cair

(Yaws, 1999)

1.2.2. Bahan Pendukung

3) Asam Sulfat

Rumus molekul	: H_2SO_4
Rumus bangun	: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{S}-\text{OH} \\ \\ \text{O} \end{array}$
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Titik didih	: 337°C (610,15 K)
Titik beku	: 10,31°C (283,46 K)
Tekanan kritis	: 68 atm
Densitas (25°C)	: 1,08 gr/ml
Viskositas (25°C)	: 26,7 cp
Specific gravity	: 84
Larut dalam	: air
Wujud (25°C)	: cair

(Yaws, 1999)

1.3.3. Produk Utama

1) Metil Laktat

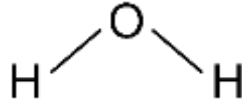
Rumus molekul	: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$
Rumus bangun	: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{OCH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Berat molekul	: 104,10 g/mol
Titik didih	: 144°C (417,15 K)
Titik beku	: -66°C (207,15 K)
Tekanan kritis	: 39,5 atm
Densitas (25°C)	: 1,09 gr/ml
Viskositas (25°C)	: 2,94 cp
Specific gravity	: 1,090
Larut dalam	: air, alkohol, eter
Wujud (25°C)	: cair

(Perry, 1997)

2) Air

Rumus molekul : H₂O

Rumus bangun :



Berat molekul : 18 g/mol

Titik didih : 100°C (373 K)

Titik beku : 0°C (273 K)

Tekanan kritis : 217,81 atm

Densitas (25°C) : 0,9950 gr/ml

Viskositas (25°C) : 0,8949 cp

Wujud (25°C) : cair

(Yaws, 1999)

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2009. Chemical Engineering Cost Plant Index. *Chemical Engineering* www.che.com. Hal. 64.
- _____. 2020. Chemical Engineering Cost Plant Index. *Chemical Engineering* www.che.com. Hal. 48.
- _____. 2021. *Energy Efficiency Guide for Industry in Asia*. (Online): www.energyefficiencyasia.org. (Diakses pada tanggal 10 Oktober 2021)
- _____. 2021. Jln. Kapal Tanker, Lok Tuan, Kota Bontang, Kalimantan Timur (Online). <https://www.google.com/maps/place/Jl.+Kapal+Tanker+II,+Lok+Tuan,+Bontang+Utara,+Kota+Bontang,+Kalimantan+Timur+75321/@0.1717583,117.4840311,654m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x320a13cfca189ac1:0x658878cdc755419c!8m2!3d0.174032!4d117.4687632!5m1!1e4>. (Diakses pada tanggal 15 Agustus 2021).
- _____. 2021. *Lactic Acid Price*. https://www.alibaba.com/product-detail/Lactic-Acid-Lactic-Acid-ManufacturePrice_210717869.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3b4f4c31VyovSo&s=p (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- _____. 2021. *Methanol Price*. https://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Supply-Industrial-Methanol-Cas-67_1600101178285.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.23a34d82HZdyh3 (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- _____. 2021. *Methyl Lactate Price*. https://www.alibaba.com/product-detail/Methyl-lactate-cas-17392-83-5_1556308444.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.1c347c76wnQGgG (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- _____. 2021. *Sulfuric Acid Price*. https://www.alibaba.com/product-detail/The-Factory-Supplies-sulfuric-acid-concentration_1600156138426.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.646129ffVJYDXW (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- _____. 2021. *The Engineering ToolBox*. (Online). <https://www.Engineeringtoolbox.com/>. (Diakses pada tanggal 10 Oktober 2021).

- Badan Pertanahan Nasional. 2021. *Peta Zona Nilai Tanah Kota Bontang*. (Online). <https://bhumi.atrbpn.go.id/#hideWorkbench=1>. (Diakses pada tanggal 10 November 2021).
- Bank Indonesia. 2021. *Kurs Transaksi Bank Indonesia*. (Online). <https://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/default.aspx>. (Diakses pada tanggal 18 Oktober 2021).
- Coker, A. K. 2001. *Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design*. Texas, United States: Gulf Publishing Company.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Datta, R., Tsai, S. P., dan Bonsignore, P. 1993. *Technological and Economic Potential Of Poly (Lactic Acid) And Lactic Acid Derivatives*. International Congress on Chemicals from Biotechnology. Hannover: Germany.
- Doble, M dan Kruthiventi, A. K. 2007. Alternate Solvent in Industry. *Green Chemistry and Engineering*. 93-104.
- Fogler, H. S. 2001. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3th edition*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Hendri. 2008. *Perencanaan Tata Letak Pabrik*. Universitas Mercu Buana: Jakarta.
- Ilmusipil.com. 2021. *Harga Borong Bangunan per Meter Persegi*. (Online). <http://www.ilmusipil.com/harga-borong-bangunan-per-meter-persegi>. (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- Index Mundi. 2021. *Indonesian Liquefied Natural Gas Monthly Price – US Dollars per Million Metric British Thermal Unit*. (Online). <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=indonesian-liquefied-natural-gas>. (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia*, Cetakan Ketiga. Palembang: Universitas Sriwijaya. ISBN 979-587-168-4.
- Kementerian PU. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw - Hill International Edition.

- KLM Technology Group. 2011. *Layout and Spacing (Project Standards and Specifications)*. (Online). https://www.klmttechgroup.com/PDF/ess/PROJECT_STANDARDS_AND_SPECIFICATIONS_layout_and_spacing_Rev1.0.pdf. (Diakses pada tanggal 16 Agustus 2021).
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2021. *Index Cost of Process Equipment*. (Online): <http://matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html> (Diakses pada tanggal 19 dan 20 Oktober 2021)
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook 12th Edition*. Oklahoma: University of Tulsa.
- Nurbana, A. *Cara Perhitungan Kapasitas Cooling Tower*. (Online): www.olah-air.com/2019/11/perhitungan-kapasitas-cooling-tower.html?m=1 (Diakses pada tanggal 11 Oktober 2021).
- Otoritas Jasa Keuangan. 2021. *Suku Bunga Dasar Kredit*. (Online). ojk.go.id/id/kanal/perbankan/pages/suku-bunga-dasar.aspx. (Diakses pada tanggal 20 Oktober 2021).
- PDAM Berau. 2021. *Informasi Tarif*. (Online). <http://pdam.beraukab.go.id/layanan/informasi-tarif/>. (Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021).
- Perry, R. H. and Green D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Perry, R. H. and Green D. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4th Edition*. New York : Mc Graw Hill International Book Co.
- Sinnot, R. K. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 5th Edition*. New York: Buitenworth - Heinemann.
- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.

- Smith, J. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th Edition*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Treybal, R. E. 2005. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.
- Troupe, R. A., dan Kobe, K. A. 1950. Kinetics of Methanol-Lactic Acid Reaction. *Industrial and Engineering Chemistry*. Vol.42(5):801-811.
- UN Comtrade Database, Departement of Economics and Social Affairs. 2021. *Data Impor Bahan Industri Kimia: Methyl Lactate Tahun 2014-2020*. (Online). <https://comtrade.un.org/data/>. (Diakses pada tanggal 20 Februari 2021).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada tanggal 15 Oktober 2021).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas (UUPT). (Online). <https://www.ojk.go.id/sustainable-finance/id/peraturan/undang-undang/Documents/5.%20UU-40-2007%20PERSEROAN%20TERBATAS.pdf>. (Diakses pada tanggal 15 Oktober 2021).
- US Patent No. 1985/4500727. Kitamura, dkk. 1985. *Process For Producing Methyl Lactate..*
- US Patent No. 2009/0203937A1. Barve, P.P., Kulkarni, D., dan Narayan, S. 2009. *Process For Preparing L-(+)-Lactic Acid*.
- US Patent No. 2020/10626069B2. Krieken, V., Haan, A., Breugel, J. 2020. *Method For Preparing Methyl Lactate*.
- Vataruk, W. M., Hall, R. S., dan Matley, J. 2002. Updating the CE Plant Cost Index. *Chemical Engineering* www.che.com. Hal: 62-70.
- Vilbrandt dan Dryden. 1983. *Chemical Engineering Plant Design Fourth Edition*. Ohio:United States.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill
- Yaws, C. L. 2015. *The Yaws Handbook of Vapor Pressure, 2nd Edition*. New York: Elsevier.