

**PRARANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT (C₄H₈O₃)
DARI ASAM LAKTAT (C₃H₆O₃) DAN METANOL (CH₃OH)
KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus

Prarancangan *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201)

(Skripsi)

Oleh:

JIHAN FALAH ARIQOH (1815041050)



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT ($C_4H_8O_3$) DARI ASAM LAKTAT ($C_3H_6O_3$) DAN METANOL (CH_3OH) KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh:

Jihan Falah Ariqoh

Pabrik Metil Laktat berbahan baku asam laktat dan metanol ini akan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur. Pendirian pabrik berdasarkan pada pertimbangan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 21.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Bahan baku yang digunakan adalah asam laktat sebanyak 2.834,3740 kg/jam dan Metanol sebanyak 4.002,3199 kg/jam. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 174 orang.

Analisa kelayakan Perancangan Pabrik Metil Laktat adalah sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 354.231.142.736,78,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 62.511.378.130,02,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 416.742.520.866,80,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 43,65%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 24,70%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,33 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 27,95%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 35,01%

Berdasarkan pertimbangan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik Metil Laktat ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: Metil Laktat, Asam Laktat, Metanol, Ekonomi.

ABSTRACT

MANUFACTURING OF METHYL LACTATE (C₄H₈O₃) FROM LACTIC ACID (C₃H₆O₃) AND METHANOL (CH₃OH) WITH CAPACITY 21.000 TONS/YEAR (Design Of Reactor (RE-201))

By:

Jihan Falah Ariqoh

Methyl Lactate plant with raw materials lactic acid and methanol is planned to be built in Bontang, East Borneo. Establishment of this plant is based on some consideration due to the raw material resources, the transportation, the labors availability and also the environmental condition.

The factory's production capacity is planned 21.000 tons/year with 330 working days in 1 year. The raw materials used consist of 2.834,3740 kg/hour of lactic acid and 4.002,3199 kg/hour of methanol. The business entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 174 labors.

An economic analysis of preliminary plant design of Methyl Lactate are:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 354.231.142.736,78,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 62.511.378.130,02,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 416.742.520.866,80,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 43,65%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 24,70%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,33 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 27,95%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 35,01%

Based on the above considerations, it is proper to study the establishment of Methyl Lactate plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

Kata kunci: Methyl Lactate, Lactic Acid, Methanol, Economics.

**PRARANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT ($C_4H_8O_3$)
DARI ASAM LAKTAT ($C_3H_6O_3$) DAN METANOL (CH_3OH)
KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus

Prarancangan *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201)

Oleh:

**JIHAN FALAH ARIQOH
1815041050**

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT
($C_4H_8O_3$) DARI ASAM LAKTAT ($C_3H_6O_3$) DAN
METANOL (CH_3OH) KAPASITAS 21.000
TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

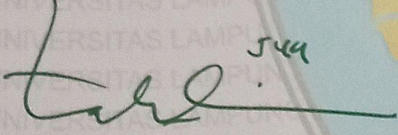
Nama Mahasiswa : **Jihan Falah Ariqoh**

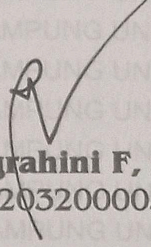
No. Pokok Mahasiswa : 1815041050

Program Studi : Teknik Kimia

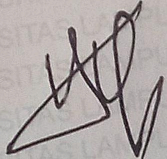
Fakultas : Teknik




Taharuddin, S.T., M.Sc.
NIP. 197001261995121001


Panca Nugrahini F, S.T., M.T.
NIP. 197302032000032001

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Taharuddin, S.T., M.Sc.

Sekretaris : Panca Nugrahini F, S.T., M.T

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

Lia Lismeri, S.T., M.T

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 November 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku



Lampung, 17 November 2023

Jihan Falah Ariqoh

NPM. 1815041050

RIWAYAT HIDUP



Jihan Falah Ariqoh, penulis dilahirkan di Tanggamus, Lampung pada tanggal 09 September 2000, sebagai putri kedua dari dua bersaudara pasangan bapak Andriyanto (alm) dan ibu Siti Nafsiah. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak-kanak TK Islam Aisyiah, pada tahun 2006, Sekolah Dasar di SDN 02 Sumberejo, Tanggamus diselesaikan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 02 Sumberejo, Tanggamus pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Sumberejo, Tanggamus pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Buma Cima Nusantara PTPN VII Unit Bungamayang, Lampung Utara dengan Tugas Khusus “Evaluasi Performa Kerja *Juice Heater* PP 1 Unit Pemurnian”. Di tahun yang sama penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Imobilisasi Enzim Glukoamilase Pada Silika MCF-BBA Untuk Proses Hidrolisis Pati Ubi Kayu” di Laboratorium Mikrobiologi, Teknik Kimia, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung periode 2019, Sebagai Bendahara Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung periode 2020. Selain itu Penulis juga pernah aktif menjadi mentor dan penulis artikel review Jurusan atau Prodi Teknik Kimia Universitas Lampung yang di publikasikan di website intipkuliah.com dengan kode konten X186, menjadi volunteer dalam Unit Kegiatan Mahasiswa KOIN Universitas Lampung, dan menjadi pemateri pelatihan keuangan Himatemia FT Universitas Lampung.

Motto dan Persembahan

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”*

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“And He found you lost, and He guided {you}

(Q.S. Ad Dhuha: 7)

*“Cara terbaik untuk memprediksi masa depan adalah dengan
menciptakannya”*

(Jihan Falah Ariqoh)

•
•
•

Sebuah KaryaKu....

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT

Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.

Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.

Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.

Ibu dan kakakku tersayang

terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan

keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa

dibandingkan dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama

ini. Terimakasih atas segalanya.

Sahabat-sahabatku,

terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya

selama ini.

Para pengajar sebagai tanda hormatku,

terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa

ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat

berguna dan bermanfaat.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,

semoga kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Metil Laktat ($C_4H_8O_3$) dari Asam Laktat ($C_3H_6O_3$) dan Metanol (CH_3OH) Kapasitas 21.000 ton/tahun”** dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar kesarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas berkat, rahmat, hidayah, serta ketentuan-Nya lah tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari betul bahwa manusia hanya bisa merencanakan dan hasil akhirnya tetap Allah SWT yang menentukan.
2. Ibu dan kakakku tercinta terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan. Maaf karena menunggu cukup lama untuk melihatku menjadi sarjana, semoga setelah perjalanan panjang ini penulis bisa memberikan sedikit balasan dengan memberikan kebahagiaan dan kesuksesan serta keluarga kita senantiasa selalu Allah SWT jaga dalam lindungan-NYA. Untuk bapak (alm), semoga bapak bisa melihat keberhasilan yang di raih anak-anaknya dari atas sana dan kita bisa bertukar cerita suatu saat nanti.
3. Ibu Yuli Darni, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
4. Bapak Taharuddin,S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu serta pengalamannya dalam dunia industri sehingga mengajarkan untuk memiliki pola pikir yang lebih logis bukan hanya berdasarkan teori dan rumus saja, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
5. Bunda Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya yang sangat berguna dalam penyelesaian tugas akhir ini, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

6. Ibu Elida Purba, S.T., M.sc. selaku Dosen Penguji I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
7. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II sekaligus Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir Akademik yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Seluruh Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, yaitu Mba Ning yang selalu membantu urusan per-administrasian, Mba Yunani yang senantiasa selalu menghibur dan membantu dalam banyak hal, dan Mas Adi yang selalu membantu menyiapkan perlengkapan ruang seminar.
10. Eva mayanti, teman seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir yang sangat spesial ini, makasih banyak ya Ep atas kesabarannya dalam menghadapi penulis selama ini, setelah melewati fase bingung, fase perdebatan, fase damai dan pasrah, sampe ke fase sulit dalam menghadapi printer (lilac) dan penentuan jadwal seminar wkwwk. Kita keren banget Ep dan kita InshaAllah memang pantas untuk akhirnya dapet gelar S.T ini. Pokonya ya Ep semoga apapun yang sedang kamu rencanakan kedepannya selalu dipermudah dan dalam lindungan Allah SWT. Btw sekarang udah boleh lah ya kalo ada akhi-akhi dateng mau ngajak serius hahaha. See you in the next chapter!
11. Healing Part 2 (Bela, teteh, Rahma, Faza) guys makasih banyak ya udah selalu membantu dalam banyak hal, udah jadi temen cerita seneng dan sedih selama di tekkim, udah jadi panitia inti persiapan seminar, udan selalu ada dan percaya sama Jihan yang banyak banget kurangnya ini, maaf kalo selama ini ada banyak salah dalam tutur kata dan perbuatan baik yang disengaja ataupun ngga. Pokonya makasih kalian sudah memberikan warna dan kehangatan selama meraih gelar S.T ini. Kalian semua keren banget, semoga kita beneran bisa ada healing part 2 dan part-part selanjutnya, dan bisa selalu jadi bestie sampe sukses!
12. Teman – teman tekkim 2018 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun punya andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis, support yang selalu diberikan, tempat bertanya, dan tempat bercanda, terima kasih banyak.

13. Kakak dan adik tingkat serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun sudah banyak membantu selama proses penyelesaian perkuliahan penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 17 November 2023

Penulis,

Jihan Falah Ariqoh

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
JUDUL DALAM	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
SANWACANA.....	viii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.4. Analisis Pasar	4
1.5. Lokasi Pabrik.....	10
II. DESKRIPSI PROSES	
2.1. Jenis-Jenis Proses	12
2.2. Pemilihan Proses.....	32
2.3. Uraian Proses	33

III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku	36
3.2. Spesifikasi Produk	38

IV. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1. Neraca Massa.....	40
4.1.1. Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	40
4.1.2. Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-102).....	40
4.1.3. Neraca Massa Reaktor (RE-201)	41
4.1.4. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> I (DC-301)	41
4.1.5. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301)	42
4.1.6. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301)	42
4.1.7. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> II (DC-302)	43
4.1.8. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-302)	43
4.1.9. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302)	44
4.1.10. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> III (DC-303)	44
4.1.11. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-303).....	45
4.1.12. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-303).....	45
4.2. Neraca Panas.....	45
4.2.1. Neraca Panas <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	46
4.2.2. Neraca Panas <i>Mixed Point</i> (MP-102).....	46
4.2.3. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	46
4.2.4. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-102).....	47
4.2.5. Neraca Panas Reaktor (RE-201)	47
4.2.6. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> I (DC-301)	48
4.2.7. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> II (DC-302).....	48
4.2.8. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> III (DC-303).....	49

V. SPESIFIKASI ALAT

5.1. Spesifikasi Peralatan Proses	50
5.1.1. <i>Storage Tank</i> Metanol (ST-101).....	50
5.1.2. <i>Storage Tank</i> Asam Laktat (ST-102).....	51
5.1.3. <i>Storage Tank</i> Asam Sulfat (ST-103)	52

5.1.4. <i>Storage Tank</i> Metil Laktat (ST-401)	53
5.1.5. Reaktor (RE-201).....	54
5.1.6. <i>Distillation Column</i> I (DC-301).....	55
5.1.7. <i>Condensor</i> (CD-301)	56
5.1.8. <i>Accumulator</i> (AC-301)	57
5.1.9. <i>Reboiler</i> (RB-301)	57
5.1.10. <i>Distillation Column</i> II (DC-302)	58
5.1.11. <i>Condensor</i> (CD-302)	59
5.1.12. <i>Accumulator</i> (AC-302)	60
5.1.13. <i>Reboiler</i> (RB-302)	60
5.1.14. <i>Distillation Column</i> II (DC-303)	61
5.1.15. <i>Condensor</i> (CD-303)	62
5.1.16. <i>Accumulator</i> (AC-303)	63
5.1.17. <i>Reboiler</i> (RB-303)	63
5.1.18. <i>Heater</i> (HE-101)	64
5.1.19. <i>Heater</i> (HE-102)	65
5.1.20. Pompa Proses (PP-101)	66
5.1.21. Pompa Proses (PP-102)	66
5.1.22. Pompa Proses (PP-103)	67
5.1.23. Pompa Proses (PP-301)	67
5.1.24. Pompa Proses (PP-302)	68
5.1.25. Pompa Proses (PP-303)	68
5.1.26. Pompa Proses (PP-304)	69
5.1.27. Pompa Proses (PP-305)	69
5.1.28. Pompa Proses (PP-306)	70
5.1.29. Pompa Proses (PP-307)	70
5.1.30. Pompa Proses (PP-308)	71
5.1.31. Pompa Proses (PP-309)	71
5.1.32. Pompa Proses (PP-310)	72
5.2. Peralatan Utilitas	73
5.2.1. <i>Sedimentation Basin</i> (SB-501)	73
5.2.2. <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT-501).....	73

5.2.3. <i>Dissolving Tank NaOH (DT-502)</i>	74
5.2.4. <i>Dissolving Tank Kaporit (DT-503)</i>	74
5.2.5. <i>Clarifier (CL-501)</i>	75
5.2.6. <i>Sand Filter (SF-501)</i>	76
5.2.7. <i>Storage Tank Filtered Water (ST-501)</i>	77
5.2.8. <i>Storage Tank Domestic Water (ST-502)</i>	78
5.2.9. <i>Cooling Tower (CT-501)</i>	79
5.2.10. <i>Cold Basin (CB-501)</i>	79
5.2.11. <i>Cation Exchanger (CE-501)</i>	80
5.2.12. <i>Anion Exchanger (AE-501)</i>	81
5.2.13. <i>Storage Tank Dispersant (ST-503)</i>	81
5.2.14. <i>Storage Tank Inhibitor (ST-504)</i>	82
5.2.15. <i>Storage Tank Demin Water (ST-505)</i>	83
5.2.16. <i>Deaerator (DA-601)</i>	84
5.2.17. <i>Storage Tank Hidrazin (ST-602)</i>	85
5.2.18. <i>Boiler (BO-601)</i>	86
5.2.19. <i>Storage Tank Bahan Bakar (ST-603)</i>	86
5.2.20. <i>Blower Steam (BS-601)</i>	87
5.2.21. <i>Storage Tank Air Kondensat (ST-601)</i>	87
5.2.22. <i>Cyclone (CY-701)</i>	88
5.2.23. <i>Air Driyer (AD-701)</i>	88
5.2.24. <i>Air Compressor (AC-701)</i>	89
5.2.25. <i>Blower Udara 1 (BL-701)</i>	89
5.2.26. <i>Blower Udara 2 (BL-702)</i>	89
5.2.27. <i>Blower Udara 3 (BL-703)</i>	90
5.2.28. <i>Blower Udara 4 (BL-704)</i>	90
5.2.29. <i>Generator Listrik (GS-801)</i>	90
5.2.30. <i>Bak Penampung Limbah Cair (PL-901)</i>	91
5.2.31. <i>Pompa Utilitas (PU-501)</i>	91
5.2.32. <i>Pompa Utilitas (PU-502)</i>	92
5.2.33. <i>Pompa Utilitas (PU-503)</i>	92
5.2.34. <i>Pompa Utilitas (PU-504)</i>	93

5.2.35. Pompa Utilitas (PU-505)	93
5.2.36. Pompa Utilitas (PU-506)	94
5.2.37. Pompa Utilitas (PU-507)	94
5.2.38. Pompa Utilitas (PU-508)	95
5.2.39. Pompa Utilitas (PU-509)	95
5.2.40. Pompa Utilitas (PU-510)	96
5.2.41. Pompa Utilitas (PU-511)	96
5.2.42. Pompa Utilitas (PU-512)	97
5.2.43. Pompa Utilitas (PU-513)	97
5.2.44. Pompa Utilitas (PU-514)	98
5.2.45. Pompa Utilitas (PU-515)	98
5.2.46. Pompa Utilitas (PU-516)	99
5.2.47. Pompa Utilitas (PU-601)	99
5.2.48. Pompa Utilitas (PU-602)	100
5.2.49. Pompa Utilitas (PU-603)	101
5.2.50. Pompa Utilitas (PU-604)	102

VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Penyediaan Air	103
6.2. Unit Penyediaan Steam	114
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	115
6.4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar	115
6.5. Unit Penyediaan Udara Tekan	115
6.6. Unit Pengolahan Limbah	115
6.7. Unit Laboratorium	116
6.8. Instrumentasi dan pengendalian proses	119

VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	122
7.2. Tata Letak Pabrik	124
7.3. Estimasi Area Pabrik	127
7.4. Tata Letak Peralatan Proses	128

VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Bentuk Perusahaan	131
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	133
8.3. Tugas dan Wewenang	136
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	143
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	144
8.6. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	146
8.7. Kesejahteraan Karyawan	151
8.8. Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	152

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	154
9.2. Evaluasi Ekonomi	159
9.3. Angsuran Pinjaman	162
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	162

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan	164
10.2. Saran	164

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN A****LAMPIRAN B****LAMPIRAN C****LAMPIRAN D****LAMPIRAN E****LAMPIRAN F**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1. Sumber Bahan Baku Utama	3
Tabel 1.2. Data Impor Metil Laktat di Indonesia Tahun 2017 - 2021	4
Tabel 1.3. Perkiraan Data Impor Metil Laktat di Indonesia 2022 - 2027	5
Tabel 1.4. Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara 5 Tahun Terakhir	6
Tabel 1.5. Data Perkiraan Kebutuhan Impor Metil Laktat di Asia Tenggara pada Tahun 2022 - 2027	8
Tabel 1.6. Data Produksi Metil Laktat di Berbagai Negara	9
Tabel 2.1. Entalpi Pembentukan pada 25°C	13
Tabel 2.2. Nilai Konstanta Cp (Kj/mol.K)	15
Tabel 2.3. Nilai Konstanta Cp (Kj/mol.K)	17
Tabel 2.4. Energi Bebas Gibbs Pembentukan pada 25°C	20
Tabel 2.5. Nilai Konstanta Cp (Kj/mol.K)	21
Tabel 2.6. Nilai Konstanta Cp (Kj/mol.K)	24
Tabel 2.7. Harga Bahan Baku	27
Tabel 2.8. Perbandingan Proses Pembuatan Metil Laktat	32
Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-101)	40
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-102)	40
Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor (RE-201)	41
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> I (DC-301)	41
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301)	42
Tabel 4.6. Neraca Massa Reboiler (RB-301)	42
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> II (DC-302)	43
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-302)	43
Tabel 4.9. Neraca Massa Reboiler (RB-302)	44
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> III (DC-303)	44
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-303)	45
Tabel 4.12. Neraca Massa Reboiler (RB-303)	45

Tabel 4.13. Neraca Panas <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	46
Tabel 4.14. Neraca Panas <i>Mixed Point</i> (MP-102).....	46
Tabel 4.15. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	46
Tabel 4.16. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	47
Tabel 4.17. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	47
Tabel 4.18. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> I (DC-301)	48
Tabel 4.19. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> II (DC-302).....	48
Tabel 4.20. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> III (DC-303).....	49
Tabel 5.1.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> CH ₃ OH (ST-101).....	50
Tabel 5.1.2. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C ₃ H ₆ O ₃ (ST-102).....	51
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H ₂ SO ₄ (ST-103).....	52
Tabel 5.1.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C ₄ H ₈ O ₃ (ST-401).....	53
Tabel 5.1.5. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	54
Tabel 5.1.6. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	55
Tabel 5.1.7. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	56
Tabel 5.1.8. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301)	57
Tabel 5.1.9. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	57
Tabel 5.1.10. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	58
Tabel 5.1.11. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302)	59
Tabel 5.1.12. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-302)	60
Tabel 5.1.13. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302)	60
Tabel 5.1.14. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-303).....	61
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-303)	62
Tabel 5.1.16. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-303)	63
Tabel 5.1.17. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-303)	63
Tabel 5.1.18. Spesifikasi Heater (HE-101)	64
Tabel 5.1.19. Spesifikasi Heater (HE-102)	65
Tabel 5.1.20. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	66
Tabel 5.1.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	66
Tabel 5.1.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103)	67
Tabel 5.1.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	67
Tabel 5.1.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	68

Tabel 5.1.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303)	68
Tabel 5.1.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	69
Tabel 5.1.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	69
Tabel 5.1.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-306)	70
Tabel 5.1.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-307)	70
Tabel 5.1.30. Spesifikasi Pompa Proses (PP-308)	71
Tabel 5.1.31. Spesifikasi Pompa Proses (PP-309)	71
Tabel 5.1.32. Spesifikasi Pompa Proses (PP-310)	72
Tabel 5.2.1. Spesifikasi <i>Sedimentation Basin</i> (SB-501)	73
Tabel 5.2.2. Spesifikasi <i>Dissolving Tank Alum</i> (DT-501).....	73
Tabel 5.2.3. Spesifikasi <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT-502).....	74
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Storage Tank Kaporit</i> (DT-503)	74
Tabel 5.2.5. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-501)	75
Tabel 5.2.6. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-501).....	76
Tabel 5.2.7. Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (ST-501).....	77
Tabel 5.2.8. Spesifikasi <i>Storage Tank Domestic Water</i> (ST-502)	78
Tabel 5.2.9. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-501)	79
Tabel 5.2.10. Spesifikasi <i>Cold Bsin</i> (CB-501)	79
Tabel 5.2.11. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-501).....	80
Tabel 5.2.12. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-501)	81
Tabel 5.2.13. Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (ST-503)	81
Tabel 5.2.14. Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (ST-504)	82
Tabel 5.2.15 Spesifikasi <i>Storage Tank Demin Water</i> (ST-505).....	83
Tabel 5.2.16. Spesifikasi <i>Daerator</i> (DA-601).....	84
Tabel 5.2.17. Spesifikasi <i>Storage Tank Hidrazine</i> (ST-602).....	85
Tabel 5.2.18. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-601).....	86
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Storage Tank Bahan Bakar</i> (ST-603).....	86
Tabel 5.2.20. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-601)	87
Tabel 5.2.21. Spesifikasi <i>Air Kondensat</i> (ST-601)	87
Tabel 5.2.22. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-701).....	88
Tabel 5.2.23. Spesifikasi <i>Air Driyer</i> (AD-701).....	88

Tabel 5.2.24. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-701)	89
Tabel 5.2.25. Blower Udara I (BL-701)	89
Tabel 5.2.26. Blower Udara 2 (BL-702)	89
Tabel 5.2.27. Blower Udara 3 (BL-703)	90
Tabel 5.2.28. Blower Udara 4 (BL-704)	90
Tabel 5.2.29. Spesifikasi Generator Listrik (GS-801).....	90
Tabel 5.2.30. Spesifikasi Bak Penampung Limbah Cair (PL-901).....	91
Tabel 5.2.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	91
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502)	92
Tabel 5.2.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	92
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-504)	93
Tabel 5.2.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-505)	93
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-506)	94
Tabel 5.2.37. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-507)	94
Tabel 5.2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-508)	95
Tabel 5.2.39. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-509)	95
Tabel 5.2.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-510)	96
Tabel 5.2.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-511)	96
Tabel 5.2.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-512)	97
Tabel 5.2.43. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-513)	97
Tabel 5.2.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-514)	98
Tabel 5.2.45. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-515)	98
Tabel 5.2.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-516)	99
Tabel 5.2.47. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-601)	99
Tabel 5.2.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-602)	100
Tabel 5.2.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-603)	100
Tabel 5.2.50. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-604)	101
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	104
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin	106
Tabel 6.3. Persyaratan Kualitas Air Pendingin	106
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Umpan Boiler	109
Tabel 6.5. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	120

Tabel 6.6. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	121
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Metil Laktat	128
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	146
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	146
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	148
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	149
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	149
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	155
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	156
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	156
Tabel 9.4. Biaya Administratif	158
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	160
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	161
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor Metil Laktat di Indonesia Tahun 2017 - 2021	5
Gambar 1.2. Grafik Perkiraan Impor Metil Laktat di Indonesia.	6
Gambar 1.3. Grafik Kebutuhan Metil Laktat di Asia Tenggara 5 Tahun Terakhir	7
Gambar 1.4. Grafik Perkiraan Kebutuhan Impor Metil Laktat di Asia Tenggara hingga Tahun 2027	8
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Water System</i>	108
Gambar 7.1. Tata Letak Pabrik.....	127
Gambar 7.2. Tata Letak Alat Proses.....	130
Gambar 7.3. Area Pabrik di daerah Bontang.....	130
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	135
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	162
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	163

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang, saat ini sedang banyak melakukan pengembangan diberbagai sektor, salah satunya sektor industri. Industri sebagai sektor yang paling berkontribusi pada nilai Pendapatan Domestik Bruto (PDB) Indonesia, pengembangannya ditujukan untuk dapat mengurangi ketergantungan terhadap produk luar negeri, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja sekaligus mendorong berkembangnya kegiatan berbagai sektor pembangunan lainnya. Salah satu sektor industri yang sedang berkembang dengan pesat saat ini adalah industri kimia.

Di masa mendatang, bahan kimia yang memiliki banyak kegunaan dan peluang besar adalah metil laktat. Namun di Indonesia belum ada pabrik penghasil metil laktat sehingga masih ketergantungan impor bahan kimia ini dari luar negeri seperti Amerika Serikat, China dan Thailand.

Metil laktat dengan rumus molekul $C_4H_8O_3$ merupakan senyawa turunan ester dari asam laktat yang memiliki karakteristik tidak berwarna, berwujud cair, dan larut dalam air, alkohol maupun eter. Metil laktat merupakan salah satu bahan kimia yang ramah lingkungan sehingga digunakan sebagai *bio solvent*. Selain itu, senyawa ini juga digunakan sebagai pelarut dalam bidang kosmetik dan farmasi, pelarut untuk resin, pelarut untuk tinta, pembersih material logam dan komposit seperti PCB (*Printed Circuit Board*), serta bahan baku dalam pembuatan *varnish* pada industri cat.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan metil laktat yang tinggi di dalam negeri serta adanya peluang ekspor maka dirancang pabrik metil laktat dengan

kapasitas 21.000 ton/tahun dengan bahan baku utama berupa asam laktat dan metanol. Oleh karena itu, pabrik metil laktat perlu didirikan di Indonesia dengan beberapa pertimbangan yaitu:

1. Mendapatkan keuntungan dari pabrik yang akan didirikan.
2. Meningkatkan pendapatan negara khususnya pada sektor industri.
3. Memenuhi kebutuhan metil laktat dalam negeri.
4. Mengurangi kebutuhan impor metil laktat.
5. Menciptakan lapangan pekerjaan.

1.2 Kegunaan Produk

Metil laktat secara umum digunakan dalam beberapa bidang, antara lain:

1) Bidang kosmetik

Pada bidang kosmetik, metil laktat banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk produk perawatan kulit maupun rambut. Bahan kimia ini umumnya digunakan sebagai pelarut dan pengharum (*fragrances*) yang sering ditemui dalam produk pelembab kulit, pembersih wajah, *shampoo*, pewarna rambut, dan produk perawatan lainnya (www.incidecoder.com).

2) Bidang industri kimia

Beberapa kegunaan metil laktat dalam bidang industri yang banyak ditemui saat ini antara lain:

- Digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan asam polilaktat.
- Digunakan sebagai zat antara dalam pemurnian asam laktat.
- Digunakan dalam pembuatan metil akrilat yang merupakan bahan baku untuk pembuatan polimer akrilat.
- Digunakan untuk melarutkan oli yang berguna dalam proses membersihkan permukaan material logam dan komposit seperti PCB (*Printed Circuit Board*), (www.atamanchemicals.com).

3) Bidang Farmasi

Metil laktat dalam bidang farmasi digunakan sebagai bahan baku sintetik yakni menjadi pelarut dalam pembuatan obat, seperti obat bius. (www.musashino.com).

4) Bidang Pertanian

Dalam bidang pertanian, metil laktat termasuk *bio solvent* karena sifatnya yang mudah terurai secara alami sehingga digunakan sebagai pelarut untuk nitroselulosa, selulase asetaprapionat, selulase asetat, serta digunakan sebagai bahan penyusun pestisida, dan bahan awal pembuatan laktida (www.musashino.com).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang dapat digunakan untuk produksi metil laktat adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Sumber Bahan Baku Utama

No.	Bahan baku	Produsen	Kapasitas (ton/tahun)	Sumber
1.	Metanol 99,85% massa	PT. Kaltim Methanol Industri	660.000	www.kaltimethanol.com
2.	Asam Laktat 85% Massa	Shanghai Yancui	96.000	www.yancui.en.alibaba.com
3.	Asam Sulfat 98% Massa	PT. <i>Indonesian</i> <i>Acid Industry</i>	82.500	www.indoacid.com

Pabrik metil laktat diperkirakan memiliki kapasitas 21.000 ton/tahun. Adapun kapasitas pabrik tersebut ditetapkan dengan harapan:

1. Memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi impor metil laktat dari luar negeri.
2. Membuka kesempatan dan mendorong berdirinya industri kimia yang menggunakan metil laktat sebagai bahan bakunya.
3. Menjadikan metil laktat sebagai komoditas yang dapat diekspor.

1.4 Analisis Pasar

Langkah yang dilakukan untuk mengetahui besarnya minat pasar terhadap suatu produk adalah dengan menggunakan analisis pasar. Analisis pasar meliputi data impor, data kebutuhan di luar negeri, dan data produksi metil laktat.

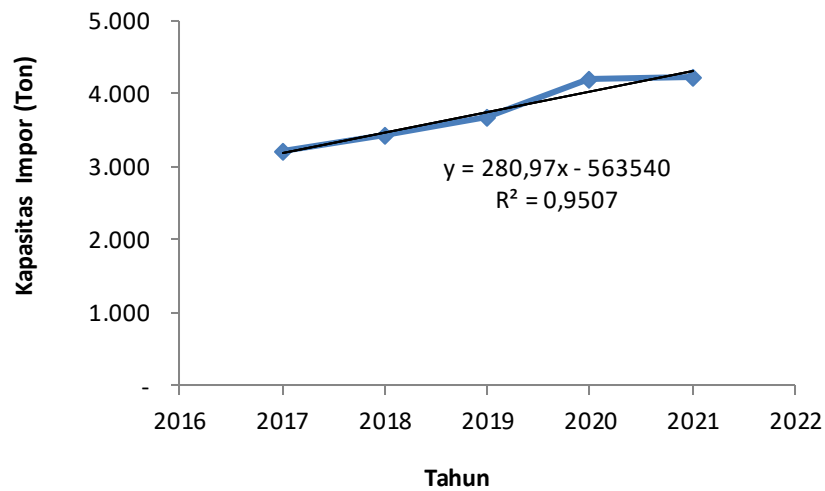
1. Data Impor

Hingga saat ini di Indonesia belum terdapat pabrik metil laktat, maka untuk memenuhi kebutuhan metil laktat tersebut diperoleh dari impor. Berikut data impor metil laktat di Indonesia pada tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.2:

Tabel 1.2 Data Impor Metil Laktat di Indonesia Tahun 2017 – 2021

Tahun	Kapasitas (ton)
2017	3.202,64
2018	3.425,15
2019	3.679,84
2020	4.193,95
2021	4.223,61

(Sumber: Undata, 2017 – 2021)



Gambar 1.1. Grafik Impor Metil Laktat di Indonesia Tahun 2017 – 2021

Berdasarkan Gambar 1.1. dari regresi diperoleh persamaan :

$$Y = 280,97x - 563540$$

Pada tahun 2027 diperkirakan kebutuhan metil laktat di Indonesia mencapai :

$$Y = 280,97 x - 563540$$

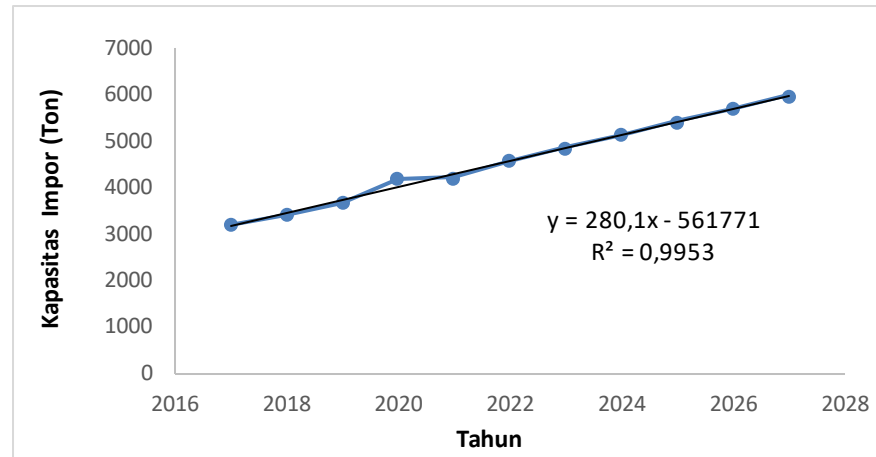
$$Y = 280,97 (2027) - 563540$$

$$Y = 5.986,19 \text{ ton}$$

Berikut adalah data perkiraan impor Metil Laktat di Indonesia pada tahun 2022 hingga 2027 disajikan dalam Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perkiraan Data Impor Metil Laktat di Indonesia 2022 – 2027

Tahun	Kapasitas (ton)
2022	4.581,34
2023	4.862,31
2024	5.143,28
2025	5.424,25
2026	5.705,22
2027	5.986,19



Gambar 1.2. Grafik Perkiraan Impor Metil Laktat di Indonesia

Dengan demikian kebutuhan impor metil laktat di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 5.986,19 ton.

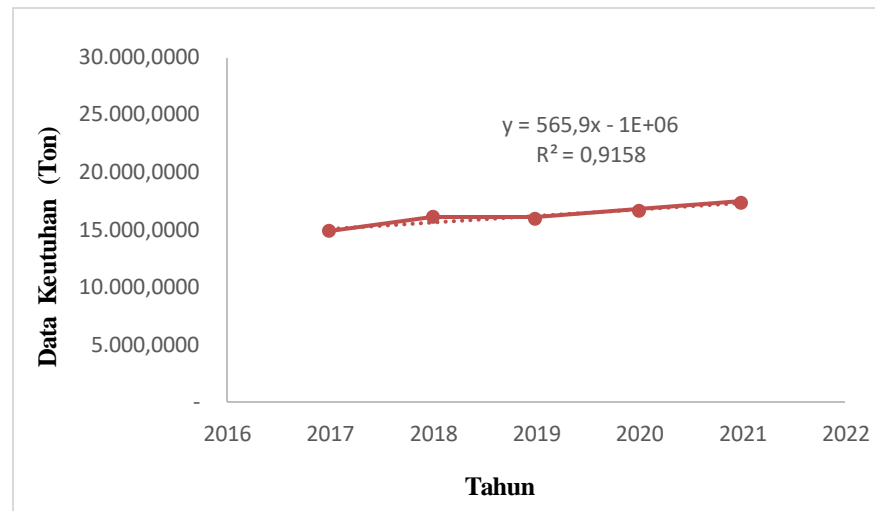
2. Data Impor Asia Tenggara

Metil laktat yang akan diproduksi juga bertujuan untuk menambah devisa negara melalui impor ke negara lain. Berikut kebutuhan metil laktat di Asia Tenggara terlihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4. Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara 5 Tahun Terakhir

Tahun	Impor (Ton)						Total Impor (Ton)
	Malaysia	Philipina	Singapura	Thailand	Vietnam	Myanmar	
2017	5.326,33	1.755,38	2.158,92	1.765,30	3.888,08	34,59	14.928,59
2018	5.937,70	1.920,97	2.503,58	2.376,96	3382,17	57,21	16.178,59
2019	5.085,26	2.293,48	2.787,39	2.498,69	3383,84	70,46	16.119,15
2020	5.087,77	2.573,40	3.071,20	2.582,62	3385,52	86,10	16.786,61
2021	5.090,29	2.853,32	3.355,01	2.666,55	3387,20	101,71	17.454,07

(Sumber: Undata, 2017 – 2021)



Gambar 1.3. Grafik Kebutuhan Metil Laktat di Asia Tenggara 5 Tahun Terakhir

Berdasarkan Gambar 1.3 dari regresi diperoleh persamaan :

$$Y = 565,9x - 1E+06$$

Pada tahun 2027 diperkirakan kebutuhan metil laktat di Asia Tenggara mencapai :

$$Y = 565,9x - 1E+06$$

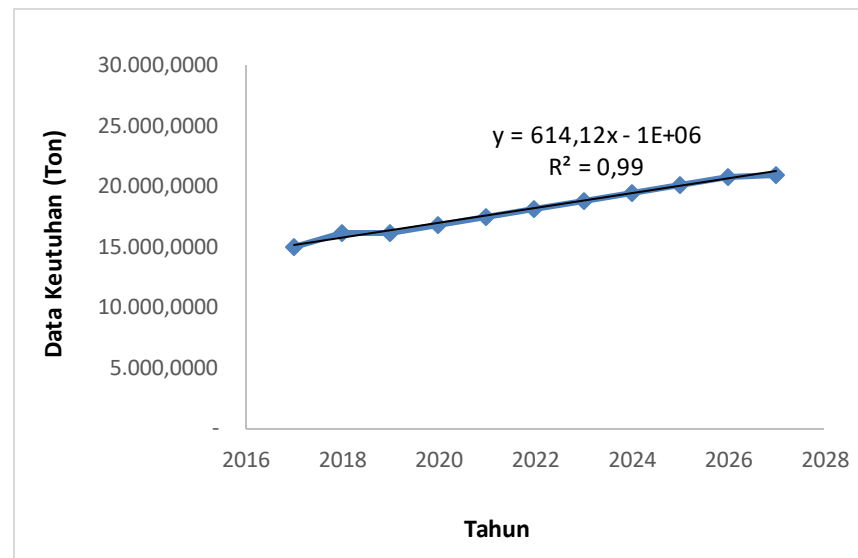
$$Y = 565,9 (2027) - 1E+06$$

$$Y = 21.011,33 \text{ ton}$$

Berikut adalah data perkiraan kebutuhan metil laktat diberbagai negara pada tahun 2022 hingga 2027 yang dihitung dengan menggunakan persamaan regresi disajikan dalam Tabel 1.5

Tabel 1.5 Data Perkiraan Kebutuhan Impor Metil Laktat di Asia Tenggara pada Tahun 2022 – 2027

Tahun	Kapasitas (ton)
2022	18.121,54
2023	18.789,00
2024	19.456,46
2025	20.123,92
2026	20.791,38
2027	21.011,33



Gambar 1.4. Grafik Perkiraan Kebutuhan Impor Metil Laktat di Asia Tenggara hingga Tahun 2027

Dengan demikian kebutuhan metil laktat di berbagai negara pada tahun 2027 sebesar 21.011,33 ton.

3. Referensi Data Produksi Dunia

Di Indonesia belum terdapat pabrik metil laktat, sehingga untuk memenuhi kebutuhan metil laktat diperoleh dari impor. Berikut

merupakan pabrik metil laktat yang sudah beroperasi diberbagai negara dan kapasitas produksi setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.6. Data Produksi Metil Laktat di Berbagai Negara

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Purac	AS	15.000
Shenzhen Esun Industrial Co., Ltd.	China	15.000
Haihang Industry Co. Ltd	China	36.500
Zhengzhou Lambert Holdings	China	40.000
Zhengzhou Yi Bang Industry	China	30.000

(Sumber: www.icis.com)

Berdasarkan data yang diperoleh produksi metil laktat 5 tahun terakhir belum berdiri pabrik baru dan produksi dari pabrik yang sudah ada tidak mengalami peningkatan, sehingga perkiraan total kapasitas produksi di dunia pada tahun 2027 adalah 136.500 ton/tahun.

4. Kapasitas Produksi Pabrik

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah output yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data kebutuhan produk, data impor, serta data produksi yang telah ada.

Berdasarkan pertimbangan di atas dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2027 maka kapasitas pabrik metil laktat yang direncanakan adalah memenuhi kebutuhan Indonesia sebesar 5.986,19 ton dan ditambah dengan 70% kebutuhan impor metil laktat di Asia Tenggara yakni sebesar 14.707,93 ton dikarenakan belum adanya pabrik metil laktat yang berdiri di Asia Tenggara, sehingga total kapasitas pabrik metil laktat yang akan didirikan adalah sebesar 20.694,12 Ton \approx 21.000 Ton/Tahun.

1.5 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada keberadaan suatu pabrik, baik dari segi ekonomi maupun kemungkinan pengembangan pabrik tersebut dimasa yang akan datang. Ada beberapa pertimbangan tertentu yang menjadi dasar dalam menentukan lokasi dari suatu pabrik, antara lain: letak pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku, area pemasaran, transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial masyarakat, dan kemungkinan perluasan area pabrik pada masa yang akan datang.

Pabrik metil laktat ini direncanakan berdiri di kawasan industri kota Bontang, Kalimantan Timur. Pemilihan ini bertujuan untuk mendapatkan keuntungan baik secara teknis maupun ekonomis berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain:

1. Faktor Utama

Faktor utama merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari suatu pabrik, yaitu meliputi proses produksi dan distribusi produk. Faktor utama ini terdiri dari:

a. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku adalah kebutuhan utama bagi keberlangsungan operasi dari suatu pabrik sehingga ketersediaan bahan baku akan sangat diprioritaskan. Salah satu bahan baku yang digunakan dalam pembuatan metil laktat adalah methanol yang direncanakan akan diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri yang terletak di Bontang, sehingga biaya pengiriman bahan baku didapatkan seminimal mungkin. Disamping itu, letak pabrik yang dekat dengan salah satu sumber bahan baku diharapkan bisa membuat penyediaan bahan baku yang tercukupi, lancar dan berkesinambungan.

b. Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran

Pabrik metil laktat ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan diharapkan bisa berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan luar negeri. Kota Bontang, Kalimantan Timur merupakan salah satu kawasan industri dengan posisi strategis yang mempunyai daerah pemasaran cukup baik, terutama untuk memenuhi kebutuhan industri-industri yang ada di Indonesia.

c. Sarana dan Transportasi

Sarana transportasi sangat penting bagi suatu industri. Di daerah Bontang, Kalimantan Timur tersedia sarana transportasi yang cukup memadai, baik darat maupun laut sehingga dapat memudahkan dalam proses pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk.

d. Tenaga Kerja

Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi dengan kepadatan penduduk yang tinggi di pulau Kalimantan, sehingga masalah ketersediaan tenaga kerja dapat diatasi dengan perekrutan dari daerah Kalimantan Timur dan sekitarnya.

e. Kondisi Iklim dan Tanah

Kondisi tanah di daerah Bontang merupakan tanah datar yang relatif cukup luas dengan iklim yang stabil sepanjang tahun sehingga sangat menguntungkan untuk pendirian pabrik ini.

2. Faktor Penunjang

Kota Bontang merupakan kawasan industri sehingga untuk fasilitas pendukung berupa air, listrik, dan sarana lainnya yang berkaitan dengan kebutuhan industri akan lebih mudah diperoleh.

II. DESKRIPSI PROSES

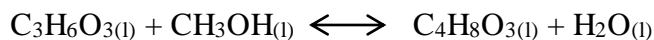
2.1. Jenis-Jenis Proses

Ada beberapa macam reaksi untuk menghasilkan metil laktat, yaitu sebagai berikut:

2.1.1 Berdasarkan Bahan Baku

1. Pembuatan Metil Laktat dari Metanol dan Asam Laktat

Proses pembuatan metil laktat dari metanol dan asam laktat yaitu dengan cara kedua bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor sehingga reaksi esterifikasi terjadi.



Reaksi ini berlangsung pada suhu 100°C dan tekanan 4,54 kg/cm² dengan perbandingan bahan baku metanol dan asam laktat adalah 4:1. Reaksi ini terjadi dengan bantuan dari katalis Asam Sulfat dengan persentase 0,198%. Konversi produk metil laktat yang diperoleh adalah 80,5% (Troupe and Kobe, 1950).

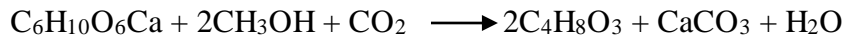
2. Pembuatan Metil Laktat dari Gliserol dan Metanol

Proses pembuatan metil laktat dari gliserol dan metanol terdiri atas 2 tahap. Tahap pertama, gliserol akan dikonversikan menjadi kalsium laktat dengan menggunakan katalis padat CaO dan CuO, reaksi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut terjadi pada suhu 230°C selama 30 menit dengan hasil konversi sebesar 88%.

Tahap kedua, Kalsium Laktat akan direaksikan bersama metanol dengan bantuan CO₂ sehingga menghasilkan Metil Laktat, reaksi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut terjadi pada suhu 180°C selama 4 jam dengan hasil konversi sebesar 84,4% (Ren Shoujie, 2015).

2.1.2 Berdasarkan Tinjauan Termodinamika

Perubahan entalpi (ΔH) menunjukkan panas reaksi yang dibutuhkan ataupun dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecilnya nilai ΔH akan menentukan jumlah energi yang dibutuhkan dan dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi. Sehingga, semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan dan *cost* yang harus dikeluarkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi. Sehingga tidak membutuhkan energi selama proses namun membutuhkan energi untuk penyerapan panas agar reaksi tetap berlangsung pada temperatur reaksinya. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Berikut ini diketahui data energi pembentukan (ΔH_f°) pada 25°C untuk masing - masing komponen :

Tabel 2.1. Entalpi Pembentukan pada 25°C

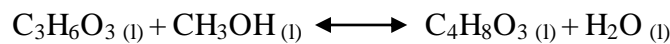
Komponen	Rumus Kimia	$\Delta H_f^\circ_{298} \text{ (KJ/mol)}$
Asam Laktat	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	-610,000
Metanol	CH_3OH	-200,900
Metil Laktat	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$	-571,200
Air	H_2O	-241,800
Gliserol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	-594,43
Kalsium Laktat	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca}$	-1432,7

Komponen	Rumus Kimia	ΔH_f° (KJ/mol)
Hidrogen	H ₂	0
Karbon Dioksida	CO ₂	-393,5
Kalsium Karbonat	CaCO ₃	-1207
Tembaga (II) Oksida	CuO	-155,08
Kalsium Oksid	CaO	-635,5

(Yaws, 1999)

1. Pembuatan Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol

Reaksi :



$$\begin{aligned} \Delta H_{f298}^\circ &= \Delta H_{f \text{ produk}}^\circ - \Delta H_{f \text{ reaktan}}^\circ \\ &= (\Delta H_{f \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3}^\circ + \Delta H_{f \text{ H}_2\text{O}}^\circ) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3}^\circ + \Delta H_{f \text{ CH}_3\text{OH}}^\circ) \\ &= (-571,200 + (-241,800)) - (-610,000 + (-200,900)) \\ &= -21,00 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔH° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ + R = \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Maka nilai ΔH° adalah:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

(Smith, 2001)

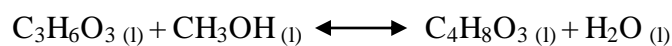
Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K)

Komponen	A	B	C	D
C ₃ H ₆ O ₃	4,890	4,2659E-01	-3,5416E-04	1,5688E-07
CH ₃ OH	40,152	3,10E-01	-1,03E-03	1,46E-06
C ₄ H ₈ O ₃	70,717	8,2005E-01	-2,6119E-03	3,5581E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-1,97E-03	5,35E-07

(Yaws, 1999)

Reaksi:



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 100^\circ\text{C} = 338,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = -21 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3) + (\text{H}_2\text{O})) - (A (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + (\text{CH}_3\text{OH})) \\ &= (70,717 + 92,053) - (4,89 + 40,152) \\ &= 117,728 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\Delta B = 4,30 \times 10^{-2}$$

$$\Delta C = -0,0014397$$

$$\Delta D = 2,47611 \times 10^{-6}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

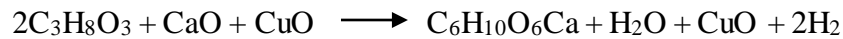
$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= -21 + 8,314 \left[117,728 (373,15 - 298,15) + \frac{4,30 \times 10^{-2}}{2} (373,15^2 - 298,15^2) + \right. \\ &\quad \left. \frac{-0,0014397}{3} (373,15^3 - 298,15^3) + 2,47611 \times 10^{-6} \left(\frac{373,15 - 298,15}{373,15 \times 298,15} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ = -19159,41441$$

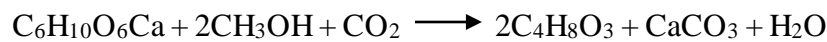
2. Pembuatan Metil Laktat dari Gliserol dan Metanol

Reaksi 1 :



$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^{\circ} &= \Delta H_{f \text{ produk}}^{\circ} - \Delta H_{f \text{ reaktan}}^{\circ} \\ &= ((-1432,7 + (-241,800) + (-155,08)) - ((-594,43) + (-635,5) + (-155,08))) \\ &= 444 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi 2 :



$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^{\circ} &= \Delta H_{f \text{ produk}}^{\circ} - \Delta H_{f \text{ reaktan}}^{\circ} \\ &= ((-571,2 + (-1207) + (-241,8)) - ((-1432,7) + (-200,9) + (-393,5))) \\ &= -7,1 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada suhu operasi

Untuk mengitung ΔH° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H^{\circ} = \Delta H^{\circ} + R = \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT$ menggunakan persamaan berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT = \Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Maka nilai ΔH° adalah:

$$\Delta H^{\circ} = \Delta H_0^{\circ} + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

(Smith, 2001)

Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K)

Komponen	A	B	C	D
CH ₃ OH	40,152	3,10E-01	-1,03E-03	1,46E-06
C ₄ H ₈ O ₃	70,717	8,2005E-01	-2,6119E-03	3,5581E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-1,97E-03	5,35E-07
C ₃ H ₈ O ₃	132,145	8,6007E-01	-1,9745E-03	1,8068E-06
C ₆ H ₁₀ O ₆ Ca	-6,292	2,2434E-01	-3,1732E-05	0
H ₂	25,3990	2,02E-02	3,855E-05	3,19E-08
CO ₂	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09
CaCO ₃	12,572	2,637	-3,120	0
CuO	5,780	0,973	-0,874	0
CaO	6,104	0,443	-1,047	0

(Yaws, 1999)

Reaksi 1 :



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 230^\circ\text{C} = 503,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = 444 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CuO} + 2\text{H}_2)) - (A (2\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \\ &\quad \text{CaO} + \text{CuO})) \\ &= ((-6,292) + 92,053 + 5,78 + 25,3990) - (132,145 + 6,104 + \\ &\quad 5,78) \\ &= -27,0890 \end{aligned}$$

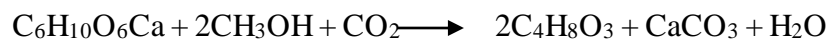
Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta B &= -1,1 \\ \Delta C &= 1,05 \\ \Delta D &= -1,24 \times 10^6\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= 444 + 8,314 \left[-27,0890 (503,15 - 298,15) + \frac{-1,1}{2} (503,15^2 - 298,15^2) + \right. \\ &\quad \left. \frac{1,05}{3} (503,15^3 - 298,15^3) + (-1,24 \times 10^6) \left(\frac{503,15 - 298,15}{503,15 \times 298,15} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= 292393171\end{aligned}$$

Reaksi 2 :



Dimana:

$$\begin{aligned}R &= 8,314 \\ T &= 180^\circ\text{C} = 453,15 \text{ K} \\ T_0 &= 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \\ \Delta H^\circ_{298} &= -7,1 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}\Delta A &= (A (2\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})) - (A (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} + 2\text{CH}_3\text{OH} \\ &\quad + \text{CO}_2)) \\ &= (70,717 + 12,572 + 92,053) - ((-6,292) + 40,152 + 27,437)) \\ &= 114,045\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta B &= 2,84 \\ \Delta C &= -3120,0017 \\ \Delta D &= 2,629 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° :

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) \right. \\ &\quad \left. + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= -7,1 + 8,314 \left[114,045 (453,15 - 298,15) + \frac{2,84}{2} (453,152 - 298,152) + \right. \\ &\quad \left. \frac{-3120,0017}{3} (453,153 - 298,153) + 2,629 \times 10^6 \left(\frac{453,15 - 298,15}{453,15 \times 298,15} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= -5,754 \times 10^{11}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } \Delta H^\circ \text{ total} &= \Delta H^\circ \text{ reaksi 1} + \Delta H^\circ \text{ reaksi 2} \\ &= 292.393.171 + (-5,754 \times 10^{11}) \\ &= -5,75 \times 10^{11}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa pembuatan metil laktat dari asam laktat dan metanol adalah reaksi eksotermis karena ΔH° bernilai negatif. Pada pembuatan metil laktat dari gliserol dan metanol diketahui bahwa reaksi pertama konversi gliserol antara CaO dan CuO menghasilkan kalsium laktat serta reaksi kedua antara kalsium laktat dengan metanol untuk menghasilkan metil laktat adalah reaksi eksotermis karena ΔH° bernilai negatif.

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tidak berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu semakin kecil ΔG° maka reaksi tersebut akan semakin baik karena dapat berlangsung spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil.

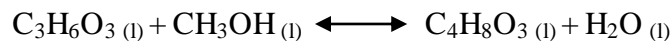
Tabel 2.4. Energi Bebas Gibbs Pembentukan pada 25°C

Komponen	Rumus Kimia	$\Delta G_f^{\circ}{}_{298}$ (kJ/mol)
Asam Laktat	$C_3H_6O_3$	- 516,00
Metanol	CH_3OH	-166,270
Metil Laktat	$C_4H_8O_3$	-451,425
Air	H_2O	-237,129
Gliserol	$C_3H_8O_3$	-802,2037
Kalsium Laktat	$C_6H_{10}O_6Ca$	-1744,7
Hidrogen	H_2	0
Karbon Dioksida	CO_2	-394,4
Kalsium Karbonat	$CaCO_3$	-1128,8
Tembaga (II) Oksida	CuO	-179,28
Kalsium Oksida	CaO	-390,38

(Yaws, 1999)

1. Pembuatan Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol Reaksi:

Reaksi :



$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ}{}_{f298} &= \Delta G^{\circ}{}_{f298} \text{ produk} - \Delta G^{\circ}{}_{f298} \text{ reaktan} \\ &= (-451,425 + (-237,129)) - (-516,000 + (-166,270)) \\ &= - 6,284 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔG° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G^{\circ} = - \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H_o^{\circ} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o^{\circ} - \Delta G_o^{\circ}) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{T - T_0} \right)$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ dT}{R T}$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ dT}{R T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 x T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0)$$

Maka nilai ΔG° adalah:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R & \\ \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T + T_0}{TT_0} \right) \right] - & \\ RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 x T^2} \right) \right] \left(\frac{T + T_0}{2} \right) (T - T_0) \right] & \end{aligned}$$

(Smith, 2001)

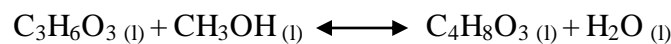
Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Konstanta C_p (kJ/mol.K)

Komponen	A	B	C	D
$C_3H_6O_3$	4,890	4,2659E-01	-3,5416E-04	1,5688E-07
CH_3OH	40,152	3,10E-01	-1,03E-03	1,46E-06
$C_4H_8O_3$	70,717	8,2005E-01	-2,6119E-03	3,5581E-06
H_2O	92,053	-4,00E-02	-1,97E-03	5,35E-07

(Yaws, 1999)

Reaksi :



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 100^\circ C = 338,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ C = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = -21 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = -6,284 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}\Delta A &= (A(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3) + (\text{H}_2\text{O})) - (A(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + (\text{CH}_3\text{OH})) \\ &= (70,717 + 92,053) - (4,89 + 40,152) \\ &= 117,728\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

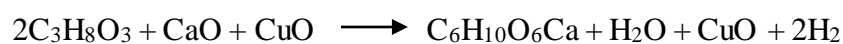
$$\begin{aligned}\Delta B &= 4,30 \times 10^{-2} \\ \Delta C &= -0,0014397 \\ \Delta D &= 2,47611 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta H_o^\circ - \frac{T}{T_o}(\Delta H_o^\circ - \Delta G_o^\circ) + R \left[\Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_o^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T+T_o}{TT_o} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_o} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_o^2 \times T^2} \right) \right] \left(\frac{T+T_o}{2} \right) (T - T_o) \right] \\ \Delta G^\circ &= -21 - \frac{373,15}{298,15}((-21) - (-6,284)) + 8,314 \left[117,728 (373,15 - 298,15) + \frac{0,043047}{2} (373,15^2 - 298,15^2) + \frac{-0,00143967}{3} (373,15^3 - 298,15^3) + \Delta D \left(\frac{373,15 + 298,15}{373,15 \times 298,15} \right) \right] - 8,314 \times 373,15 \left[117,728 \ln \frac{373,15}{298,15} + \left[0,043047 + \left(-0,00143967 + \frac{2,47611 \times 10^{-6}}{298,15^2 \times 373,15^2} \right) \right] \left(\frac{373,15 + 298,15}{2} \right) (373,15 - 298,15) \right] \\ \Delta G^\circ &= 1,33 \times 10^3\end{aligned}$$

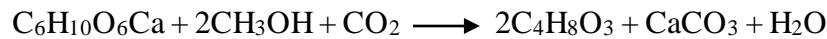
2. Pembuatan Metil Laktat dari Gliserol dan Metanol Reaksi :

Reaksi 1:



$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ_{f298 \text{ produk}} - \Delta G^\circ_{f298 \text{ reaktan}} \\ &= (-1744,7 + (-237,129) + (-179,28)) - (-802,2037 + (-390,38) + (-179,28)) \\ &= 789,2453 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi 2:



$$\begin{aligned}\Delta G_{f,298}^\circ &= \Delta G_{f,298}^\circ \text{ produk} - \Delta G_{f,298}^\circ \text{ reaktan} \\ &= (-451,425 + (-1128,8) + (-237,129)) - (-1744,7 + (-166,27) + (-394,4)) \\ &= 488,016 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔG° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = -\frac{\Delta C_p^\circ}{R}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_{o^\circ} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_{o^\circ} - \Delta G_{o^\circ}) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_o^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_o}{T - T_o} \right)$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_o} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_o^2 x T^2} \right) \left(\frac{T + T_o}{2} \right) \right] (T - T_o)$$

Maka nilai ΔG° adalah:

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta H_{o^\circ} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_{o^\circ} - \Delta G_{o^\circ}) + R \\ &\quad \left[\Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_o^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T + T_o}{TT_o} \right) \right] - \\ &\quad RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_o} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_o^2 x T^2} \right) \right] \left(\frac{T + T_o}{2} \right) \right] (T - T_o)\end{aligned}$$

(Smith, 2001)

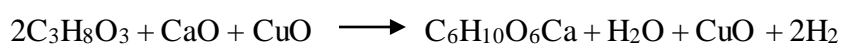
Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K)

Komponen	A	B	C	D
CH ₃ OH	40,152	3,10E-01	-1,03E-03	1,46E-06
C ₄ H ₈ O ₃	70,717	8,2005E-01	-2,6119E-03	3,5581E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-1,97E-03	5,35E-07
C ₃ H ₈ O ₃	132,145	8,6007e-01	-1,9745e-03	1,8068e-06
C ₆ H ₁₀ O ₆ Ca	-6,292	2,2434e-01	-3,1732e-05	0
H ₂	25,3990	2,02E-02	3,855E-05	3,19E-08
CO ₂	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09
CaCO ₃	12,572	2,637	-3,120	0
CuO	5,780	0,973	-0,874	0
CaO	6,104	0,443	-1,047	0

(Yaws, 1999)

Reaksi 1 :



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 230^\circ\text{C} = 503,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = 444 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = 789,2453 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (C_6H_{10}O_6Ca + H_2O + CuO + 2H_2)) - (A (2C_3H_8O_3 + \\ &\quad CaO + CuO)) \\ &= ((-6,292) + 92,053 + 5,78 + 25,3990) - (132,145 + 6,104 + \\ &\quad 5,78) \\ &= -27,0890 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta B &= -1,1 \\ \Delta C &= 1,05 \\ \Delta D &= -1,24 \times 10^6\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ = & \Delta H_o^\circ - \frac{T}{T_o}(\Delta H_o^\circ - \Delta G_o^\circ) + R \left[\Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_o^2) + \right. \\ & \left. \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T+T_o}{TT_o} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_o} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{\Delta D}{T_o^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T+T_o}{2} \right) \right] (T - T_o) \left. \right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ = & 444 - \frac{503,15}{298,15}(444 - 789,2453) + 8,314 \left[(-27,0890 (503,15 - \right. \\ & 298,15) + \frac{-1,1}{2}(503,15^2 - 298,15^2) + \\ & \left. \frac{1,05}{3}(503,15^3 - 298,15^3) - 1,24 \times 10^6 \left(\frac{503,15 + 298,15}{503,15 \times 298,15} \right) \right] - \\ & 8,314 \times 503,15 \left[-27,0890 \ln \frac{503,15}{298,15} + \left[-1,1 + \left(1,05 + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{-1,24 \times 10^{-6}}{298,15^2 \times 503,15^2} \right) \left(\frac{503,15 + 298,15}{2} \right) \right] (503,15 - 298,15) \left. \right]\end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ = -6,69 \times 10^7$$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada suhu operasi
Untuk menghitung ΔG° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = -\frac{\Delta C_p^\circ}{R}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_o^\circ - \frac{T}{T_o}(\Delta H_o^\circ - \Delta G_o^\circ) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_o^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_o}{T - T_o} \right)$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

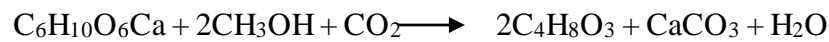
$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0)$$

Maka nilai ΔG° adalah:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \\ &\quad \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T + T_0}{TT_0} \right) \right] - \\ &\quad RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2} \right) \right] \left(\frac{T + T_0}{2} \right) (T - T_0) \right] \end{aligned}$$

(Smith, 2001)

Reaksi 2 :



Dimana:

$$\begin{aligned} R &= 8,314 \\ T &= 180^\circ\text{C} = 453,15 \text{ K} \\ T_0 &= 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \\ \Delta H^\circ_{298} &= -7,1 \text{ kJ/mol} \\ \Delta G^\circ_{298} &= 488,016 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (2\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})) - (A (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} + 2\text{CH}_3\text{OH} \\ &\quad + \text{CO}_2)) \\ &= (70,717 + 12,572 + 92,053) - ((-6,292) + 40,152 + 27,437)) \\ &= 114,045 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta B &= 2,84 \\ \Delta C &= -3120,0017 \\ \Delta D &= 2,629 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_o^\circ - \frac{T}{T_o}(\Delta H_o^\circ - \Delta G_o^\circ) + R \left[\Delta A (T - T_o) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_o^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_o^3) + \Delta D \left(\frac{T+T_o}{T T_o} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_o} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_o^2 x T^2} \right) \left(\frac{T+T_o}{2} \right) \right] (T - T_o) \right]$$

$$\Delta G^\circ = -7,1 - \frac{453,15}{298,15}(-7,1 - 488,016) + 8,314 \left[(114,045 (453,15 - 298,15) + \frac{2,839982}{2}(453,15^2 - 298,15^2) + \frac{-3,12 \times 10^3}{3}(453,15^3 - 298,15^3) + 2,629 \times 10^{-6} \left(\frac{453,15 + 298,15}{453,15 \times 298,15} \right) \right] - 8,314 \times 453,15 \left[114,045 \ln \frac{453,15}{298,15} + \left[2,839982 + \left(-3,12 \times 10^3 + \frac{2,629 \times 10^{-6}}{298,15^2 \times 453,15^2} \right) \left(\frac{453,15 + 298,15}{2} \right) \right] (453,15 - 298,15) \right]$$

$$\Delta G^\circ = 1,09 \times 10^{11}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \Delta G^\circ \text{ total} &= \Delta G^\circ \text{ reaksi 1} + \Delta G^\circ \text{ reaksi 2} \\ &= -6,69 \times 10^7 + 1,09 \times 10^{11} \\ &= 1,09 \times 10^{11} \end{aligned}$$

2.1.3 Berdasarkan Tinjauan Ekonomi

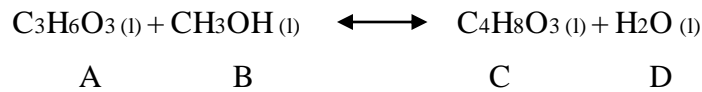
Tabel 2.7. Harga Bahan Baku

Komponen	Rumus Kimia	BM	Harga (/kg)
Asam Laktat	C3H6O3	90,08	Rp. 12.263
Metanol	CH3OH	32,04	Rp. 5.843
Asam Sulfat	H2SO4	98,08	Rp. 1.139
Metil Laktat	C4H8O3	104,10	Rp. 47.586
Gliserol	C ₃ H ₈ O ₃	92,09	Rp. 29.070
Calcium Oxide	CaO	56,08	Rp. 5.552
Copper Oxide	CuO	79,55	Rp. 111.035
Karbon Dioksida	CO ₂	44,01	Rp. 15.862

Sumber: *www.ICIS.com, diakses pada tanggal 20 Oktober 2022.

**www.alibaba.com, diakses pada tanggal 20 Oktober 2022.

1. Pembuatan Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol



Komponen	Awal	Reaksi	Sisa
A	nAo	-nAo.X	nA= nAo-nAo.X
B	nBo	-nAo.X	nB= nBo-nAo.X
C	nCo	+nAo.X	nC= nCo+nAo.X
D	nDo	+nAo.X	nD= nDo+nAo.X

Konversi (X) = 80,05%

Produk yang terbentuk dari reaksi di atas adalah Metil Laktat, apabila terbentuk 1 kg Metil Laktat, maka:

$$n \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3 = \frac{m \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3}{\text{BM} \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3}$$

$$n \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3 = \frac{1 \text{ kg}}{104,10 \text{ kg/kmol}}$$

$$n \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3 = 0,0096 \text{ kmol}$$

Dimana:

$$n \text{ C}_4\text{H}_8\text{O}_3 = n\text{C}$$

$$n\text{C} = n\text{Co} + n\text{Ao}.X$$

$$0,0096 \text{ kmol} = 0 + n\text{Ao} (0,8005)$$

$$n\text{Ao} = 0,0120 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned}
 m\text{Ao} &= n\text{Ao} \times \text{BM} \text{ A} \\
 &= 0,0120 \text{ kmol} \times 90,08 \text{ kg/kmol}
 \end{aligned}$$

$$m \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3 = 1,0809 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga} \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3 &= 1,0809 \times \text{Rp} 12.263/\text{kg} \\
 &= \text{Rp} 13.256/\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$n\text{Bo} = n\text{Ao} \times 3,97$$

$$= 0,0120 \text{ kmol} \times 3,97$$

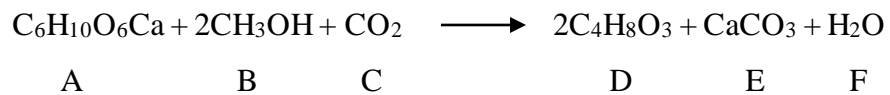
$$= 0,0476 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned}
 m_{Bo} &= n_{Bo} \times BM_B \\
 &= 0,0476 \text{ kmol} \times 32,04 \text{ kg/kmol} \\
 m_{CH_3OH} &= 1,5264 \text{ kg} \\
 \text{Harga } CH_3OH &= 1,5264 \times \text{Rp } 5.843/\text{kg} \\
 &= \text{Rp } 8.918,81 /\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Potensial Ekonomi} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp}47.586/\text{kg} - (\text{Rp}13.256/\text{kg} + \text{Rp}8.918,81/\text{kg}) \\
 &= \text{Rp } 25.411,17/\text{kg}
 \end{aligned}$$

2. Pembuatan Metil Laktat dari Gliserol dan Metanol

Reaksi :



Komponen	Awal	Reaksi	Sisa
A	n_{Ao}	$-n_{Ao} \cdot X$	$n_A = n_{Ao} - n_{Ao} \cdot X$
B	n_{Bo}	$-2n_{Ao} \cdot X$	$n_B = n_{Bo} - 2n_{Ao} \cdot X$
C	n_{Co}	$+n_{Ao} \cdot X$	$n_C = n_{Co} + n_{Ao} \cdot X$
D	n_{Do}	$+2n_{Ao} \cdot X$	$n_D = n_{Do} + 2n_{Ao} \cdot X$
E	n_{Eo}	$+n_{Ao} \cdot X$	$n_E = n_{Eo} + n_{Ao} \cdot X$
F	n_{Fo}	$+n_{Ao} \cdot X$	$n_F = n_{Fo} + n_{Ao} \cdot X$

Konversi (X) = 88%

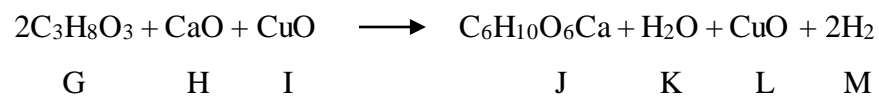
Produk yang terbentuk dari reaksi di atas adalah Metil Laktat, apabila terbentuk 1 kg Metil Laktat, maka :

dimana :

$$\begin{aligned}
 n_{C_4H_8O_3} &= n_D \\
 n_D &= n_{Do} + 2n_{Ao} \cdot X \\
 0,0096 &= 0 + 2n_{Ao} (0,88) \\
 n_{Ao} &= 0,0055 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{A_0} &= 1,1911 \text{ kg} \\
 m_{C_6H_{10}O_6Ca} &= 1,1911 \text{ kg} \\
 \text{Harga} &= 1,1911 \text{ kg} \times \text{Rp}23.793 \\
 &= \text{Rp}28.338,73/\text{kg} \\
 n_{B_0} &= 2n_{A_0} \\
 &= 2 (0,0055 \text{ kmol}) \\
 &= 0,0109 \text{ kmol} \\
 m_{B_0} &= 0,3498 \text{ kg} \\
 m_{CH_3OH} &= 0,3498 \text{ kg} \\
 \text{Harga } CH_3OH &= 0,3498 \text{ kg} \times \text{Rp}5.843/\text{kg} \\
 &= \text{Rp}2.043,59/\text{kg} \\
 n_{C_0} &= n_{A_0} \\
 &= 0,0055 \text{ kmol} \\
 m_{C_0} &= 0,2402 \text{ kg} \\
 m_{CO_2} &= 0,2402 \text{ kg} \\
 \text{Harga } CO_2 &= 0,2402 \text{ kg} \times \text{Rp}15.862 \\
 &= \text{Rp}3.810/\text{kg}
 \end{aligned}$$

Reaksi :



Komponen	Awal	Reaksi	Sisa
G	n_{G_0}	$-2n_{A_0} \cdot X$	$n_G = n_{G_0} - 2n_{A_0} \cdot X$
H	n_{H_0}	$-1/2n_{A_0} \cdot X$	$n_H = n_{H_0} - 1/2n_{A_0} \cdot X$
I	n_{I_0}	$-1/2n_{A_0} \cdot X$	$n_I = n_{I_0} - 1/2n_{A_0} \cdot X$
J	n_{J_0}	$+1/2n_{A_0} \cdot X$	$n_J = n_{J_0} + 1/2n_{A_0} \cdot X$
K	n_{K_0}	$+1/2n_{A_0} \cdot X$	$n_K = n_{K_0} + 1/2n_{A_0} \cdot X$
L	n_{L_0}	$+1/2n_{A_0} \cdot X$	$n_L = n_{L_0} + 1/2n_{A_0} \cdot X$
M	n_{M_0}	$+n_{A_0} \cdot X$	$n_M = n_{M_0} + n_{A_0} \cdot X$

Konversi (X) = 84,4%

Produk yang terbentuk dari reaksi di atas adalah *Calcium Lactate*, dari hasil perhitungan reaksi sebelumnya, didapatkan mol *Calcium Lactate* yang terbentuk adalah :

$$\begin{aligned} n \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} &= n\text{J} = 0,0055 \text{ kmol} \\ n\text{J} &= n\text{Jo} + 1/2n\text{Go}.X \\ 0,00546 &= 0 + 1/2n\text{Go} (0,844) \\ n\text{Go} &= 0,0032 \text{ kmol} \\ m\text{Go} &= 0,7056 \text{ kg} \\ m \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3 &= 0,7056 \text{ kg} \\ \text{Harga} &= \text{Rp}20.511/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n\text{Ho} &= 1/2 (n\text{Go}) \\ &= 0,0016 \text{ kmol} \\ m\text{Ho} &= 8,9760 \text{ kg} \\ m \text{ CaO} &= 8,9760 \text{ kg} \\ \text{Harga CaO} &= \text{Rp}49.834/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n\text{Io} &= 1/2 (n\text{Go}) \\ &= 0,00162 \text{ kmol} \\ m\text{Io} &= 179,512 \text{ kg} \\ m \text{ CuO} &= 0,12861 \text{ kg} \\ \text{Harga CuO} &= \text{Rp}19.932/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku Total} &= \text{Harga} (\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= \text{Rp}26.365,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potensial Ekonomi} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku Total} \\ &= \text{Rp}47.586 - \text{Rp}26.365,58 \\ &= \text{Rp}21.220,42 \end{aligned}$$

2.2. Pemilihan Proses

Perbandingan proses pembuatan metil laktat terdapat pada tabel 2.8. dibawah ini.

Tabel 2.8 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Laktat

Bahan Baku Utama	C ₃ H ₆ O ₃ (impor) CH ₃ OH (lokal)	C ₃ H ₈ O ₃ (lokal) CH ₃ OH (lokal)
Bahan Baku Penunjang	Tidak ada	CaO, CO ₂
Katalis	H ₂ SO ₄	CuO
Kemurnian Bahan Baku	C ₃ H ₆ O ₃ 85% CH ₃ OH 99,85 wt%	C ₃ H ₈ O ₃ 99,5 wt% CH ₃ OH 99,85 wt%
Reaktor	RATB	RATB & <i>Bubble Reaktor</i>
T (°C) dan P (atm)	T = 100°C P = 4,4 atm	T Reaksi 1 = 230°C T Reaksi 2 = 180°C P Reaksi 1 = 1 atm P Reaksi 2 = 1 atm
Konversi (% mol/mol)	80,5%	Reaksi 1 = 84,4% Reaksi 2 = 88%
ΔH pada T (kJ/mol)	-19159,4144 (Eksotermis)	-5,75 x 10 ¹¹ (Eksotermis)
ΔG pada T (kJ/mol)	1,33 x 10 ³ (tidak spontan)	1,09 x 10 ¹¹ (tidak spontan)
Keuntungan Produksi Kelebihan	Rp 25.411,17 <ul style="list-style-type: none"> • Suhu reaksi lebih rendah • Reaksi berjalan dengan 1 tahap • Waktu reaksi lebih singkat • Keuntungan produksi lebih tinggi 	Rp 21.220,42 <ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku tidak impor • Konversi pada reaksi lebih besar • Menggunakan katalis padat

Berdasarkan Tabel 2.8 bahan baku yang akan dipilih dalam proses pembuatan metil laktat adalah metanol dan asam laktat, dengan beberapa pertimbangan, yaitu:

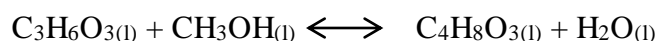
- Suhu reaksi yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi
- Reaksi berjalan dengan 1 tahap
- Waktu reaksi yang dibutuhkan lebih singkat
- Keuntungan produksi lebih tinggi

2.3. Uraian Proses

2.3.1 Tinjauan Proses Secara Umum

Reaksi antara asam laktat dengan metanol adalah reaksi substitusi suatu gugus radikal organik dengan ion hidrogen yang berasal dari asam. Mekanisme penggantian radikal organik dengan ion hidrogen dapat berlangsung dengan baik. Pada reaksi ini yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan putusya salah satu ikatan yaitu ikatan karbonil-oksigen atau alkil oksigen. Dengan putusya ikatan tersebut, maka akan terbentuk air.

Reaksi:



Reaksi esterifikasi dapat dipercepat dengan asam kuat seperti asam sulfat. Katalis hanya menaikkan kecepatan esterifikasi tetapi tidak merubah kesetimbangan reaksi. Dengan adanya katalis berupa asam kuat dapat menambah muatan positif, sehingga asam akan mengesterifikasi lebih cepat (Kirk Othmer, 1998).

Jika ditambahkan asam (HA) kedalam campuran sebagai katalisator, maka oksigen akan bertindak sebagai oksidan berkoordinat dengan asam. Asam sulfat dipilih sebagai katalisator karena efisiensi tinggi, harga murah, dan efek korosif terhadap logam lebih rendah daripada

asam lain. Namun bila suhu terlalu tinggi dan pemakaian terlalu banyak, maka asam sulfat akan dapat mendehidrasi alkohol yang digunakan. Oleh karenanya untuk mengantisipasi efek korosif dari asam organik dan asam sulfat pada suhu yang relatif tinggi, peralatan yang digunakan berupa *stainless steel* atau *carbon steel*.

2.3.2 Deskripsi Proses

Proses pembuatan metil laktat dengan reaksi esterifikasi menggunakan asam laktat dan metanol sebagai bahan baku utamanya. Proses yang terjadi dapat dibagi menjadi tiga tahapan sebagai berikut:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi pembentukan produk
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

Uraian tiap-tiap tahap adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan bahan baku

- a. Metanol

Konsentrasi metanol yang digunakan adalah 99,85%. Metanol dari tangki penyimpanan (ST-01) di pompa ke dalam *Heat Exchanger* (HE-101) untuk dipanaskan sampai 100°C kemudian dialirkan ke dalam Reaktor (RE-201).

- b. Asam Laktat

Konsentrasi asam laktat yang digunakan adalah 85%. Bahan baku asam laktat disimpan dalam tangki penyimpanan (ST-02). Asam laktat dari tangki penyimpanan (ST-02) serta asam sulfat dari tangki penyimpanan (ST-03) dipompa menuju *Heat Exchanger* (HE-02) untuk dipanaskan sampai 100°C kemudian dialirkan ke dalam Reaktor (RE-201).

2. Tahap reaksi pembentukan produk

Reaksi bekerja pada fase cair - cair di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan bantuan katalis H_2SO_4 . Reaktor dirancang untuk beroperasi pada suhu 100°C dan tekanan 4,4 atm.

Besarnya konversi asam laktat mencapai 80,5%. Reaksi bersifat eksotermis, untuk itu agar suhu reaksi dapat dijaga konstan maka pada reaktor dipasang koil pendingin. Produk reaktor adalah metil laktat, air, sisa reaktan dari metanol dan asam laktat serta katalis asam sulfat. Selanjutnya produk keluar reaktor (RE-201) diumpankan ke *Distillation Column* 1 (DC-301).

3. Tahap pemurnian produk

Hasil keluaran reaktor berupa cairan yang terdiri atas metil laktat, air, metanol, asam laktat dan asam sulfat selanjutnya diumpankan ke *Distillation Column* 1 (DC-301). Di dalam *Distillation Column* terjadi pemisahan antara metanol dengan asam laktat, asam sulfat, metil laktat dan air. Hasil atas *Distillation Column* pertama (DC-301) berupa metanol 99,99%. Metanol kemudian dikondensasi dalam kondensor (CD-301) yang selanjutnya akan diumpankan kembali menuju RE-201 sebagai *recycle*. Hasil bawah *Distillation Column* pertama (DC-301) terdiri dari asam laktat, asam sulfat, metil laktat dan air dialirkan dengan pompa menuju *Distillation Column* kedua (DC-302) untuk memisahkan antara air dengan asam laktat, asam sulfat, dan metil laktat.

Hasil atas *Distillation Column* kedua (DC-302) berupa air. Air tersebut kemudian dikondensasikan dalam kondensor (CD-302) yang selanjutnya dialirkan menuju unit utilitas. Sedangkan hasil bawah *Distillation Column* kedua (DC-302) berupa produk asam laktat, asam sulfat dan metil laktat dialirkan menuju *Distillation Column* ketiga (DC-303) untuk memisahkan produk yang berupa metil laktat dari asam laktat dan asam sulfat. Hasil atas DC-303 yang berupa metil laktat di alirkan menuju tangki penyimpanan produk (ST-04). Sedangkan hasil bawah DC-303 yang berupa asam laktat dan asam laktat dikembalikan menuju RE-201 sebagai *recycle*.

III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan metil laktat terdiri dari bahan baku utama dan bahan baku penunjang

3.1.1 Bahan Baku Utama

Bahan baku pembuatan metil laktat adalah asam laktat dan metanol.

1. Asam Laktat

Sifat Fisis:

Rumus molekul	: C ₃ H ₆ O ₃
Berat molekul	: 90,08 g/mol
Bentuk	: Cair
Titik didih (pada tekanan 1 atm)	: 122°C
Titik beku	: 16,8°C
Tekanan Kritis	: 53 atm
Densitas (pada 25°C)	: 1,2 gr/cm ³
Viskositas (pada 25°C)	: 6,69 cp
Specific gravity (pada 25°C)	: 1,249
Kelarutan	: air, alkohol, eter
Panas pembentukan (pada 25°C)	: -527,57 kJ/mol
Warna	: tidak berwarna

(Yaws, 1999)

Sifat Kimia

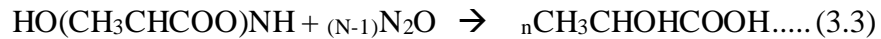
Jika direaksikan dengan alkohol dapat membentuk alkil laktat.

Reaksi:





Reaksi hidrolisa dapat terjadi pada polimer asam laktat menjadi monomernya



2. Metanol

Sifat Fisis:

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat molekul	: 32, 04 g/mol
Bentuk	: Cair
Titik didih (pada tekanan 1 atm)	: 64,47°C
Titik beku (pada tekanan 1 atm)	: -97,6°C
Tekanan Kritis	: 79,9 atm
Densitas (pada suhu 25°C)	: 0,7866 gr/ml
Viskositas (pada suhu 25°C)	: 0,541 cp
Spesific gravity (pada suhu 25°C)	: 0,801
Larut dalam	: air, alkohol, eter
Panas pembentukan (pada suhu 25°C)	: -238,40 kJ/mol

(Yaws, 1999)

Sifat Kimia

Atom hidrogen pada gugus hidroksil dapat didistribusi dengan logam aktif membentuk metoksida.

Reaksi:



Metanol direaksikan dengan asam salisilat dan asam sulfat dengan cara dipanaskan perlahan-lahan dan ditutup kapas lalau didinginkan maka akan membentuk metil salisilat.

3.1.2 Bahan Baku Penunjang

1. Asam Sulfat

Sifat Fisis:

Rumus molekul	: H_2SO_4
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Bentuk	: Cair
Titik didih (pada tekanan 1 atm)	: 337°C
Titik beku (pada tekanan 1 atm)	: 10,31°C
Tekanan Kritis	: 127,76 atm
Densitas (pada suhu 25°C)	: 1,83 gr/ml
Viskositas (pada suhu 25°C)	: 0,0235 cp
Larut dalam	: air, alkohol
Panas pembentukan (pada suhu 25°C)	: -801,14kJ/mol

(Yaws, 1999)

3.2 Spesifikasi Produk

1. Metil Laktat

Sifat Fisis:

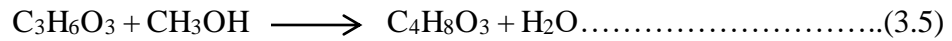
Rumus molekul	: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$
Berat molekul	: 104,10 g/mol
Bentuk	: Cair
Titik didih (pada tekanan 1 atm)	: 144°C
Titik beku	: 66°C
Tekanan Kritis	: 39,5 atm
Densitas (pada suhu 25°C)	: 1,09 gr/ml
Viskositas (pada suhu 25°C)	: 2,94 cp
Specific gravity (pada suhu 25°C)	: 1,090
Larut dalam	: air, alkohol, eter
Panas pembentukan (pada suhu 25°C)	: -528,20 kJ/mol

(Chemcad 6, 2010)

Sifat Kimia:

Metil laktat dari reaksi esterifikasi antara metanol dengan asam laktat

Reaksi:



2. Air

Sifat Fisis:

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18 g/mol
Bentuk	: Cair
Titik didih (pada tekanan 1 atm)	: 100°C
Titik beku	: 0°C
Tekanan Kritis	: 217,81 atm
Densitas (pada suhu 25°C)	: 0,9950 gr/ml
Viskositas (pada suhu 25°C)	: 0,8949 cp
Panas pembentukan (pada suhu 25°C)	: -285,83 kJ/mol

(Yaws, 1999)

Sifat Kimia:

Mudah melarutkan zat-zat cair ataupun padatan.

X. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 27,95%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,332 tahun
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 43,65% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60 % kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,70%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 35,01%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang yaitu 10,159% sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

B. SARAN

Pabrik Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol dengan kapasitas 21.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

Alfa Laval. 2001. Pump Handbook : USA.

Aries, R.S., and Newton, R.d. 1995. Chemical Engineering Cost Estimation.
McGraw Hill Company : New York

Badan dunia UNESCO, 2022.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1955. Introduction to Chemical
Engineering. McGraw Hill Company : New York.

Ball, Bruce E., and Will J Carter.2002.ASME Section VIII Div.1

Broughton, J. 1994. Process Utility System Introduction to Design, Operation and
Maintenance. Institute of Chemical Engineers : United Kingdom

Brown, G.G. 1950. Unit Operations. John Wiley & Sons : New York.

Brownell.L.E. and Young.E.H. 1959. Process Equipment Design 3ed, John Wiley
& Sons : New York.

Chemcad Data Equation., 2010. Chemcad 6.2.0.3348. Copyright © 1998-2009
Chemstations Inc.

Coulson.J.M. and Ricardson.J.F. 1983. Chemical Engineering vol 6. Pergamon
Press Inc : New York.

Coulson. J.,M. and Ricardson. J.,F. 2005. Chemical Engineering vol 6 4ed. Elsevier.

Degremont. 1979. Water Treatment Hadbook. 5 th Edition. John Wiley & Sons : New York.

Evans, Jr. 1971. Equipment Design Hand Book for Refineries and Chemical Plants. Dl. 1. Volume 1. Gulf Publishing Company : University of Michigan.

Fogler, Scott H. 1999. Elements of Chemical Reaction Engineering, 3rd ed, Prentice Hall International Inc : USA.

Garret, D. E. 1989. Chemical Engineering Economics. Van Nostrand Reinhol : New York.

Geankoplis, C.J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International : Canada.

Himmelblau. 1996. Basic Principles and calculations in Chemical Engineering. Prentice-Hall International : Tokyo.

Joshi, M.V. 1981. Proses Equipment Design. McGraw Hill Company Ltd.

Kemenkes No. 32 Tahun 2017.

Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Tentang Penetapan Upah Minimum Kota Bontang Tahun 2023, No. 561/K.850/2022.

Keputusan Kepala Bapedal Tentang Pedoman Umum Dan Pedoman Teknis Laboratorium Lingkungan, No.113 Tahun 2000.

Kern.D.Q. 1965. Process Heat Transfer. International Edition. McGraw-Hill Book : Co-Singapore.

Kern.D.Q. 1983. Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company: New York.

Kirk, R. E., and Othmer, D. F. 1998. Encyclopedia of Chemical Technology. The Interscience Encyclopedia Inc : New York.

Kister, H. Z. 1992. Distillation Design. McGraw-Hill : New York, USA.

L. K. Wang, N.K. Shamma, and Y.T. Hung. 2009. Advanced Biological Treatment Processes, vol.9. Humana Press.

Leyes, C.E. & Othmer D.F. 1945. Esterification of Butanol and Acetic Acid. Industrial and Engineering Chemistry, vol.37, No.10. pp. 968-977.

Ludwig, E.E. 1995. Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants. 3rd, vol 1. Gulf Publishing Inc, Houston.

McCabe, W.L. & Smith, J.C. 1985. Operasi Teknik Kimia. Erlangga : Jakarta.

McCabe, W. L. & Smith, J. M. 1999. Unit Operation of Chemical Engineering, 4th ed. McGraw Hill Book Company : Singapore.

Missen, R.W., Mims, C.A, and Saville, B.A. 1999. Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken.

Moss, R. D. 2004. Pressure Vessel Design Manual 3th edition. Gulf Professional Publishing : USA.

Peraturan Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan Tentang Tata Cara Pendaftaran Dan Pembayaran Iuran Bagi Peserta Pekerja Bukan Penerima Upah Dan Peserta Bukan Pekerja, No. 1 Tahun 2015

Perry.R.H. and Green.D. 1997. Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed. McGraw-Hill Book Company : New York.

Peter.M.S. and Timmerhause K.D. 1991. Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed, McGraw-Hill Book Company : New York.

Peter.M.S. and Timmerhause K.D. 2003. Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed. McGraw-Hill Book Company : New York.

Powell, S. 1954. Water Conditioning for Industry, 1st edition. Mc Graw Hill Book Company : London.

Raju. 1995. Water Treatment Process. Mc Graw Hill Book Company : New York.

Rase, H.F. & Holmes, J.R. 1977. Chemical Reactor Design for Process Plant. vol 2, Principles and Techniques, John Wiley & Sons Inc : New York.

Severn, W. H., Degler, H. E. & Milles, J. C. 1954. Steam, Air and Gas Power, 5th edition. John Wiley & Sons Inc : New York.

Shoujie, R., Ye, X. P. 2014. *Lactic Acid Production from Glycerol using CaO as Solid Base Catalyst*. Fuel Processing Technology, 140:40-47.

Smith, J. M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Smith, J. M., Van Ness, H. H. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 7th ed. McGraw Hill International Book Company : Singapore.

Stoecker, W. F., Jones, J.W. 1982. "Refrigeration and Air Conditioning". McGraw-Hill Book Company : New York.

Tangki SNI Merek Penguin, 2022.

Towler, G., & Sinnott, R. 2013. *Chemical Engineering Design*, 2nd ed., Elsevier Ltd : United Kingdom.

Treybal, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company : Singapore.

Troupe, Ralph A and Kenneth A Kobe. 1950. *Kinetics of Methanol-Lactic Acid Reaction*, Journal of IEC (Industrial Engineering and Chemistry), Vol. 42, No 5. University of Texas, Austin : Texas.

Ulrich.G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc : New York.

Undang-Undang Tentang Cipta Kerja, UU No.11 Tahun 2020 Pasal 81.

Undang-Undang Tentang Perseroan Terbatas, UU No. 40 tahun 2007, LN No. 106 Tahun 2007, TLN No. 4756.

Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*, 4th edition, McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd : Tokyo.

Walas, S.M..1990. *Chemical Process Equipment*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann
Series in Chemical Engineering : USA.

Wilson, E. T. 2005. Clarifier Design. Mc Graw Hill Book Company : London.

Yaws, C.L. 1999. Chemical Properties Handbook, Mc Graw Hill Book Company :
New York.

<https://incidecoder.com/ingredients/methyl-lactate> diakses pada tanggal 4 Juli
2022.

<http://water.me.vccs.edu/> diakses pada tanggal 20 Juni 2023

<https://data.un.org> diakses pada tanggal 2 September Juli 2022

www.atamanchemicals.com diakses pada tanggal 4 Juli 2022

www.bi.go.id diakses pada tanggal 07 Agustus 2023

www.indoacid.com diakses pada tanggal 23 Juli 2022

www.matche.com diakses pada tanggal 29 Agustus 2023

www.kaltimethanol.com diakses pada tanggal 23 Juli 2022

www.musashino.com diakses pada tanggal 4 Juli 2022

www.pertamina.com diakses pada tanggal 26 Juli 2023

www.yancui.en.alibaba.com diakses pada tanggal 23 Juli 2022