

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT (*LACTIC ACID*) DARI
PATI SINGKONG (*CASSAVA STARCH*) DENGAN PROSES
FERMENTASI KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus Prarancang *Distillation Column* (DC-101)

Oleh
HAYYUNINGSIH MAULIDINNA
(1715041027)



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT (*LACTIC ACID*) DARI PATI SINGKONG (*CASSAVA STARCH*) DENGAN PROSES FERMENTASI KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN (Perancangan Distilasi (DC-101))

Oleh
HAYYUNINGSIH MAULIDINNA

Asam laktat merupakan senyawa kimia yang tidak berbau, tidak berwarna, dan bersifat hidroskopis dalam suhu kamar. Sekitar 70% produksi asam laktat digunakan pada industri makanan, asam laktat berpotensi besar memproduksi *polylactic acid* (PLA) sebagai *raw material* di *packaging*, *fibers*, dan *foams*. Selain itu, bisa juga digunakan pada industri obat-obatan dan lain-lain. Penyediaan kebutuhan asam laktat dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik asam laktat memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, penyedia *steam* serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik asam laktat direncanakan sebesar 16.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Lampung Tengah, Lampung. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 180 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi lini.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 890.589.548.251
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 98.954.394.250
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 989.543.942.501
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = Rp 1.155.594.131.204
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 34%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 22%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 2,095 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,489 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 34%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 27%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 34,669%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik propilen oksida ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

Judul Skripsi : PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT
(LACTIC ACID) DARI PATI SINGKONG
(CASSAVA STARCH) DENGAN PROSES
FERMENTASI

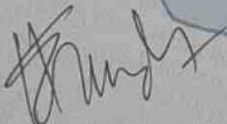
Nama Mahasiswa : Hayyuningsih Maulidinna


No. Pokok Mahasiswa : 1715041027

Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik




Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.
NIP. 196902081997032001


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

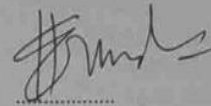
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

Tim Penguji

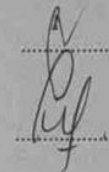
Ketua : Dr. Lilis Hermida S.T., M.Sc.



Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Panca Nugrahini F, S.T., M.T.



Lia Lismeri, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **April 2024**

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.

Bandar Lampung, 19 April 2024



Hayyuningsih Maulidinna

NPM. 1715041027

RIWAYAT HIDUP

Hayyuningsih Maulidinna, penulis laporan ini dilahirkan di Jakarta pada tanggal 27 Juni 1999, putri pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Karya Abdillah dan Ibu Sri Winarsih.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Cipondoh pada tahun 2011, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 23 Tangerang pada tahun 2014 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 7 Kota Tangerang pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi antara lain sebagai Staf Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2018, Sekretaris Departemen Hubungan Luar FT Unila Periode 2019.

Pada tahun 2019, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Lampung Barat, Lampung. Pada tahun 2022, melakukan Kerja Praktik (KP) di PT Avesta Continental Pack dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Burner* 1B (P-202) unit *printing*” dan penulis melakukan penelitian dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Cangkang Kapsul Berbasis *Hydroxypropyl Methylcellulose* (HPMC)” di Laboratorium Fisika Teknik, Teknk Kimia Universitas Lampung.

Motto dan Persembahan

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum
kecuali kaum itu sendiri yang mengubah nasibnya”
(QS. Ar-Ra’d Ayat 11)

“Cause there were pages turned with the bridges burned.
Everything you lose is a step you take. Take the moment and
taste it you’ve got no reason to be afraid”
(Taylor Swift)

“Ilmu adalah kehidupan bagi fikiran”
(Abu Bakar)

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.

Kedua Orang Tuaku

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.

Saudaraku

terimakasih atas dukungan, doa dan keceriannya selama ini.

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 dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Asam Laktat (*Lactic Acid*) dari Pati Singkong (*Cassava Starch*) dengan Proses Fermentasi Kapasitas 16.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (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. Keluarga tercinta, Mama, Ayah, Ronald serta seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan dan semangat yang telah diberikan serta cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi setiap saat.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung juga selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Terima kasih juga telah mengajarkan untuk menjadi insan yang lebih literatif dan teliti.
3. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
4. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Peguji I yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah membimbing kami selama satu tahun dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Lia Lismeri, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah terus mendorong dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.

6. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
8. Beti Wahyuni, *Partner* dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, terimakasih selalu membantu serta sabar dalam satu tahun penyelesaian Tugas Akhir ini, semoga kedepannya selalu sukses dalam karir dan ilmunya.
9. Esterlita Sihombing, Adellia Novaringga, Ferina Safitri, Bunga Veranika, serta Angkatan 2017 lainnya yang selama enam tahun masa perkuliahan selalu bersama dalam menghadapi susah senangnya kehidupan di Teknik Kimia Universitas Lampung, semoga kedepannya kita selalu sukses dalam karir.
10. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

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 April 2024

Penulis,

Hayyuningsih Maulidinna

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisa Pasar.....	4
1.5 Kapasitas Produksi.....	6
1.6 Lokasi Pabrik	7
BAB II PEMILIHAN PROSES	9
2.1 Pemilihan Bahan Baku Proses	9
2.2 Pemilihan Proses Pembuatan Asam Laktat.....	10
2.3 Pemilihan Mikroba.....	13
2.4 Tinjauan Ekonomi.....	15
2.5 Kelayakan Teknis.....	17
2.6 Perhitungan Energi Bebas Gibbs Berdasarkan Reaksi	20
2.7 Uraian Proses	22
2.8 Diagram Alir Proses.....	25
BAB III SPESIFIKASI BAHAN	26
3.1. Bahan Baku Utama	26
3.2. Bahan Penunjang	27
3.3. Produk.....	29
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	30
4.1. Neraca Massa	30
4.2. Neraca Energi.....	36
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	41
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses.....	41
5.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas	70

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	95
6.1. Unit Pendukung Proses	95
6.2. Unit Pengolahan Limbah	107
6.3. Laboratorium.....	107
BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....	112
7.1. Lokasi Pabrik	112
7.2. Tata Letak Pabrik.....	116
7.3. Tata Letak Peralatan Proses	119
7.4. Estimasi Area Lingkungan Pabrik	122
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI	
PERUSAHAAN	123
8.1. <i>Project Master Schedule</i>	123
8.2. Bentuk Perusahaan.....	130
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan	132
8.4. Tugas dan Wewenang	135
8.5. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	143
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan	144
8.7. Jumlah Tenaga Kerja	146
8.8. Kesejahteraan Karyawan	149
8.9. Manajemen Produksi	152
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	155
9.1. Investasi	155
9.2. Evaluasi Ekonomi	159
9.4. Angsuran Pinjaman.....	161
BAB X SIMPULAN DAN SARAN	163
10.1. Simpulan	163
10.2. Saran	163
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI	
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT	
LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS	
LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI	
LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN DISTILLATION	
COLUMN (DC-101)	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.2. Data Impor <i>Lactic Acid</i> di Indonesia	4
Tabel 1.3. Kebutuhan Asam Laktat di Negara Sekitar Indonesia	5
Tabel 1.4. Data Produksi Asam Laktat di Dunia	6
Tabel 2.1. Perbandingan Bahan Baku	9
Tabel 2.2. Bakteri Pengolah Bahan Baku Menjadi Asam Laktat	14
Tabel 2.3. Bahan Baku dan Produk.....	15
Tabel 2.4. Data Energi Pembentukan (ΔH°_f) Pada Suhu 25°C	18
Tabel 2.5. Data Gibbs ΔG° pada Suhu 25°C	20
Tabel 2.6. Perbandingan Produksi Asam Laktat.....	22
Tabel 3.1. Kandungan Pati Singkong.....	26
Tabel 4.1. Neraca Massa Total.....	31
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> -101 (MT-101)	31
Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor-101 (RE-101).....	32
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Netralizer</i> -101 (NT-101)	32
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> -102 (MT-102)	32
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Rotary Drum Filter</i> -101 (RDF-101).....	33
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Culture Tank</i> -101 (CT-101)	33
Tabel 4.8. Neraca Massa Fermentor-101 (FT-101)	34
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> -103 (MT-103)	34
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> -101 (CF-101).....	34
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Acidifier</i> -101 (AC-101)	35
Tabel 4.12. Neraca Massa <i>Rotary Drum Filter</i> -102 (RDF-102).....	35
Tabel 4.13. Neraca Massa Distilasi-101 (MD-101).....	35
Tabel 4.14. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> -101 (MT-101).....	36
Tabel 4.15. Neraca Energi Reaktor-101 (RE-101).....	37
Tabel 4.16. Neraca Energi <i>Netralizer</i> -101 (NT-101).....	37
Tabel 4.17. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> -102 (MT-102).....	37
Tabel 4.18. Neraca Energi <i>Cooler</i> -101 (CL-101)	38
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Culture Tank</i> -101 (CT-101).....	38
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Fermentor</i> -101 (FT-101).....	38
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> -103 (MT-103).....	39
Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Acidifier</i> -101 (AC-101).....	39
Tabel 4.23. Neraca Energi <i>Heater</i> -101 (HE-101).....	39
Tabel 4.24. Neraca Energi Distilasi-101 (MD-101).....	40
Tabel 4.25. Neraca Energi <i>Cooler</i> -101 (CL-101)	40
Tabel 5.1.1. Spesifikasi Gudang Bahan Baku-101 (GD-101).....	41
Tabel 5.1.2. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> -101(SC-101).....	41
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> -101 (BE-101).....	42

Tabel 5.1.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> -101 (ST-101).....	42
Tabel 5.1.5. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> -101 (MT-101)	43
Tabel 5.1.6. Spesifikasi Reaktor Hidrolisis-101 (RE-101)	44
Tabel 5.1.7. Spesifikasi <i> Holding Tank</i> -101 (HT-101)	45
Tabel 5.1.8. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> -101 (SS-101).....	45
Tabel 5.1.9. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> -102 (SC-102).....	46
Tabel 5.1.10. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> -102 (BE-102).....	46
Tabel 5.1.11. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> -102 (MT-102)	47
Tabel 5.1.12. Spesifikasi <i>Netralizer</i> -101 (NT-101)	48
Tabel 5.1.13. Spesifikasi <i>Cooler</i> -101 (CL-102)	49
Tabel 5.1.14. Spesifikasi <i>Rotary Drum Filter</i> -101 (RDF-101).....	50
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i> Holding Tank</i> -102 (HT-102)	50
Tabel 5.1.16. Spesifikasi <i>Culture Tank</i> -101 (CT-101)	51
Tabel 5.1.17. Spesifikasi <i>Fermentor</i> -101 (FT-101).....	52
Tabel 5.1.18. Spesifikasi <i> Holding Tank</i> -103 (HT-103)	53
Tabel 5.1.19. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> -102 (SS-102).....	53
Tabel 5.1.20. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> -103 (SC-103)	54
Tabel 5.1.21. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> -103 (BE-103).....	54
Tabel 5.1.22. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> -103 (MT-103)	55
Tabel 5.1.23. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> -101 (CF-101).....	56
Tabel 5.1.24. Spesifikasi <i>Acidifier</i> -101 (AC-101)	56
Tabel 5.1.25. Spesifikasi <i>Rotary Drum Filter</i> -102 (RDF-102).....	57
Tabel 5.1.26. Spesifikasi <i>Heater</i> -101 (HE-101)	57
Tabel 5.1.27. Spesifikasi <i>Distilasi</i> -101 (MD-101).....	58
Tabel 5.1.28. Spesifikasi <i>Condenser</i> -101 (CD-101).....	58
Tabel 5.1.29. Spesifikasi <i>Accumulator</i> -101 (ACC-101).....	59
Tabel 5.1.30. Spesifikasi <i>Reboiler</i> -101 (RB-101).....	59
Tabel 5.1.31. Spesifikasi <i>Cooler</i> -102 (CL-102)	60
Tabel 5.1.32. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> -102 (ST-102).....	61
Tabel 5.1.33. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> -104 (SC-104)	61
Tabel 5.1.34. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> -104 (BE-104).....	62
Tabel 5.1.35. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> -103 (SC-103)	62
Tabel 5.1.36. Spesifikasi Pompa Proses-101 (PP-101).....	63
Tabel 5.1.37. Spesifikasi Pompa Proses-102 (PP-102).....	63
Tabel 5.1.38. Spesifikasi Pompa Proses-103 (PP-103).....	64
Tabel 5.1.39. Spesifikasi Pompa Proses-104 (PP-104).....	64
Tabel 5.1.40. Spesifikasi Pompa Proses-105 (PP-105).....	65
Tabel 5.1.41. Spesifikasi Pompa Proses-106 (PP-106).....	65
Tabel 5.1.42. Spesifikasi Pompa Proses-107 (PP-107).....	66
Tabel 5.1.43. Spesifikasi Pompa Proses-108 (PP-108).....	66
Tabel 5.1.44. Spesifikasi Pompa Proses-109 (PP-109).....	67
Tabel 5.1.45. Spesifikasi Pompa Proses-110 (PP-110).....	67

Tabel 5.1.46. Spesifikasi Pompa Proses-111 (PP-111).....	68
Tabel 5.1.47. Spesifikasi Pompa Proses-112 (PP-112).....	68
Tabel 5.1.48. Spesifikasi Pompa Proses-113 (PP-113).....	69
Tabel 5.1.49. Spesifikasi Pompa Proses-114 (PP-114).....	69
Tabel 5.1.50. Spesifikasi Pompa Proses-115 (PP-115).....	70
Tabel 5.1.51. Spesifikasi Pompa Proses-116 (PP-116).....	70
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	72
Tabel 5. 2.2. Spesifikasi Gudang Alum (SS-401).....	72
Tabel 5. 2.3. Spesifikasi Gudang NaOH (SS-402)	74
Tabel 5. 2.4. Spesifikasi Gudang Kaporit (SS-403).....	75
Tabel 5. 2.5. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	77
Tabel 5. 2.6. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	77
Tabel 5. 2.7. Spesifikasi <i>Filter Water Tank</i> (FWT-401).....	78
Tabel 5. 2.8. Spesifikasi Tangki Air Domestik (DOWT-401).....	78
Tabel 5. 2.9. Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HT-401).....	79
Tabel 5. 2.10. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401)	79
Tabel 5. 2.11. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	80
Tabel 5. 2.12. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	80
Tabel 5. 2.13. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-404)	81
Tabel 5. 2.14. Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-405).....	81
Tabel 5. 2.15. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-406)	82
Tabel 5. 2.16. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	82
Tabel 5. 2.17. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	83
Tabel 5. 2.18. Spesifikasi Tangki Air Demin (DWT-401)	83
Tabel 5. 2.19. Spesifikasi Dearator-101 (DA-401)	84
Tabel 5. 2.20. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-407).....	84
Tabel 5. 2.21. Spesifikasi Boiler (BO-401)	85
Tabel 5. 2.22. Spesifikasi Tangki BBM (ST-408)	85
Tabel 5. 2.23. Spesifikasi Blower Steam (BS-401)	85
Tabel 5. 2.24. Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-409).....	86
Tabel 5. 2.25. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	86
Tabel 5. 2.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	87
Tabel 5. 2.27. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	87
Tabel 5. 2.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	88
Tabel 5. 2.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	88
Tabel 5. 2.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	89
Tabel 5. 2.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	89
Tabel 5. 2.32. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	90
Tabel 5. 2.33. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	90
Tabel 5. 2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	91
Tabel 5. 2.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	91
Tabel 5. 2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	92

Tabel 5. 2.37. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	92
Tabel 5. 2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	93
Tabel 5. 2.39. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	93
Tabel 5. 2.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	94
Tabel 5. 2.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	94
Tabel 5. 2.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	95
Tabel 5. 2.43. Spesifikasi Bak Limbah (BH-401).....	95
Tabel 5. 2.44. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-601)	96
Tabel 5. 2.45. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601).....	96
Tabel 5. 2.46. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CO-601).....	96
Tabel 5. 2.47. Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-601)	97
Tabel 5. 2.48. Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-602)	97
Tabel 5. 2.49. Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-603)	97
Tabel 5. 2.50. Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-604)	97
Tabel 5. 2.51. Spesifikasi Tangki Solar (ST-701).....	98
Tabel 5. 2.52. Spesifikasi <i>Generator</i> (GS-701)	98
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	100
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	101
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	103
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	116
Tabel 7.1. Rincian Luas Area Pabrik	127
Tabel 8.1. <i>Project Master Schedule of Lactic Acid Plan</i>	129
Tabel 8.2. Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i>	146
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	147
Tabel 8.4. Penggolongan Tenaga Kerja	148
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	155
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	156
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	157
Tabel 9.4. Biaya Administratif.....	158
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	159
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik.....	160
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	162

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Penggunaan dan Permintaan Asam Laktat dari Berbagai Sektor.....	3
Gambar 1.2. Grafik Impor Asam Laktat di Indonesia	4
Gambar 2.1. Diagram Alir Proses	25
Gambar 6.1. Deaerator	102
Gambar 6.2. <i>Cooling Water System</i>	105
Gambar 6.3. Diagram Alir Pengolahan Air	106
Gambar 7.1. Peta Kawasan Bandar Mataram, Lampung Tengah	121
Gambar 7.2. Kawasan Pabrik.....	121
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik	124
Gambar 7.4. Tata Letak Alat Proses	126
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	134
Gambar 9.1. Grafik Analisis Ekonomi.....	161
Gambar 9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i>	161

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang banyak melakukan pengembangan di segala bidang, salah satunya adalah pembangunan di bidang industri. Di era globalisasi ini, Indonesia masih bergantung kepada negara lain untuk memenuhi kebutuhan bahan baku maupun bahan baku penunjang dalam industri kimia, salah satunya adalah *lactic acid* atau asam laktat.

Lactic acid atau asam laktat atau asam 2-hidroksipropanoat ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) merupakan senyawa kimia yang tidak berbau, tidak berwarna dan bersifat higroskopis dalam suhu kamar. Asam laktat pertama kali ditemukan di *sour milk* oleh ahli kimia asal Swedia bernama Karl Wilhelm Scheele pada tahun 1780 (Kompanje *et al*, 2007), kemudian pada tahun 1856, Louis Pasteur mengidentifikasi penggunaan bakteri *Lactobacillus* pada pembuatan asam laktat (Ghaffar *et al*, 2014). Namun, asam laktat baru diproduksi secara komersial oleh Charles E. Avery di Massachusetts pada tahun 1881 (Narayan *et al*, 2004). Penggunaan asam laktat banyak digunakan pada industri farmasi, kosmetik, kimia, dan juga industri pangan.

Lactic acid secara alami ada dalam dua bentuk isomer, yaitu D(-)-*lactic acid* dan L(+)-*lactic acid*. D(-)-*lactic acid* merupakan isomer yang berbahaya bagi manusia sedangkan L(+)-*lactic acid* adalah isomer yang digunakan untuk makanan dan industri farmasi karena tubuh manusia hanya menghasilkan enzim *L-lactate dehydrogenase*. (Zhang, Z. Y., 2007).

Sekitar 70% produksi asam laktat digunakan pada industri makanan karena penggunaannya pada pembuatan yogurt dan keju (Eş, Ismail *et al*, 2018). Selain itu, dikarenakan sifatnya yang higroskopik dan sifat pengemulsi dari beberapa turunan

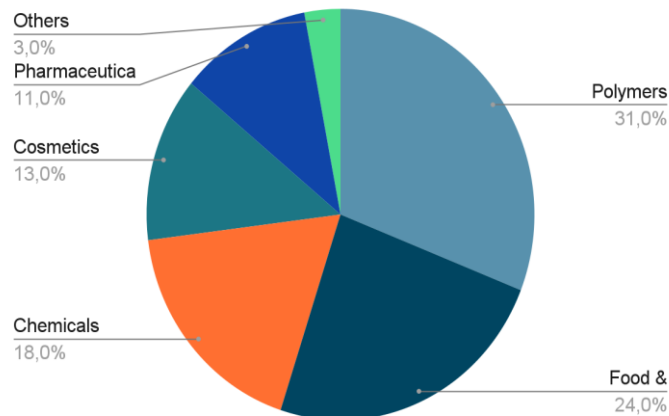
asam laktat seperti *lactate esters* yang digunakan sebagai pengemulsi dan produk makanan. Selain itu, *lactic acid* berpotensi besar memproduksi *polylactic acid polymers* (PLA) sebagai *raw material* di *packaging, fibers*, dan *foams* yang bersifat *biodegradable* dan *biocompatible* sebagai alternatif pengganti plastik *non-biodegradable* yang dihasilkan dari minyak bumi, batu bara, atau gas alam (Eş, Ismail *et al*, 2018). Penggunaan asam laktat di berbagai industri termasuk obat-obatan dan makanan dan minuman, terutama di negara berkembang, seperti India dan Indonesia, diperkirakan akan mendorong permintaan produk ini. Pada tahun 2021, volume pasar asam laktat diperkirakan mencapai 1.390.000 ton didunia dan diperkirakan akan terus meningkat (Fernandez, L., 2022).

Dalam industri, fermentasi asam laktat dilakukan oleh bakteri asam laktat, yang mengubah karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, atau galaktosa menjadi asam laktat. Indonesia merupakan negara agraris dengan sumber daya alam yang sangat melimpah. Hasil pertanian yang dihasilkan di Indonesia salah satunya adalah singkong. Singkong dapat dimodifikasi menjadi *cassava starch* atau pati singkong yang diperoleh dari hasil ekstraksi pati umbi singkong.

Kebutuhan asam laktat di Indonesia saat ini masih tergantung dari negara lain. Hal ini disebabkan belum adanya pabrik asam laktat di Indonesia. pada saat yang sama, asam laktat memiliki potensi ekonomi yang sangat tinggi karena dapat berguna dalam banyak hal, selain itu kebutuhan pasar asam laktat dunia terbuka lebar dikarenakan kebutuhan dan pemanfaatan asam laktat yang meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu dengan dibangunnya pabrik asam laktat akan membantu memenuhi kebutuhan asam laktat di dalam negeri, mengurangi impor asam laktat oleh negara, meningkatkan pendapatan negara pada sektor industri, dan dapat membuka lapangan kerja baru di Indonesia.

1.2. Kegunaan Produk

Asam laktat dapat digunakan untuk berbagai aplikasi dalam industri. Penggunaan dan permintaan asam laktat dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Penggunaan dan Permintaan Asam Laktat dari Berbagai Sektor
(Rawoof, S. A. A., 2020)

Berikut merupakan kegunaan asam laktat pada berbagai sektor (Zhang, Z. Y., 2007 dan Rawoof, S. A. A., 2020):

1. Dalam bidang polimer, asam laktat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *polylactic acid* (PLA) yang merupakan bahan dasar plastik *biodegradable*.
2. Dalam industri makanan, asam laktat digunakan sebagai pengatur pH pada makanan, bahan pengasam pada kembang gula, sirup, dan jus, dan juga digunakan sebagai pengawet pada makanan.
3. Dalam industri kimia, asam laktat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi senyawa-senyawa laktat dan *oxygenated chemicals* seperti *acrylate esters*, propilen glikol, dan propilen oksida.
4. Dalam industri kosmetik, asam laktat digunakan sebagai pencampur zat yang dalam membuat kulit tampak bercahaya dan zat anti jerawat.
5. Dalam industri kesehatan, asam laktat digunakan sebagai salep topikal, *lotion*, larutan parenteral, jahitan bedah, dan prosthesis.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama untuk produksi *lactic acid* adalah pati singkong atau *cassava starch* atau di Indonesia lebih dikenal dengan tepung tapioka yang akan diproses secara fermentasi, dimana pada proses fermentasi bakteri pembentuk asam laktat akan mendominasi. Pati singkong merupakan salah satu bagian yang dapat dimanfaatkan dari tanaman singkong. Singkong adalah salah satu tanaman yang

banyak mengandung karbohidrat. Bahan baku dapat diperoleh dari dalam negeri yaitu PT. Budi Starch & Sweetener, Lampung dengan kapasitas produksi 705.000 ton/tahun (Laporan Tahunan PT. Budi *Starch & Sweetener*,2021).

1.4. Analisa Pasar

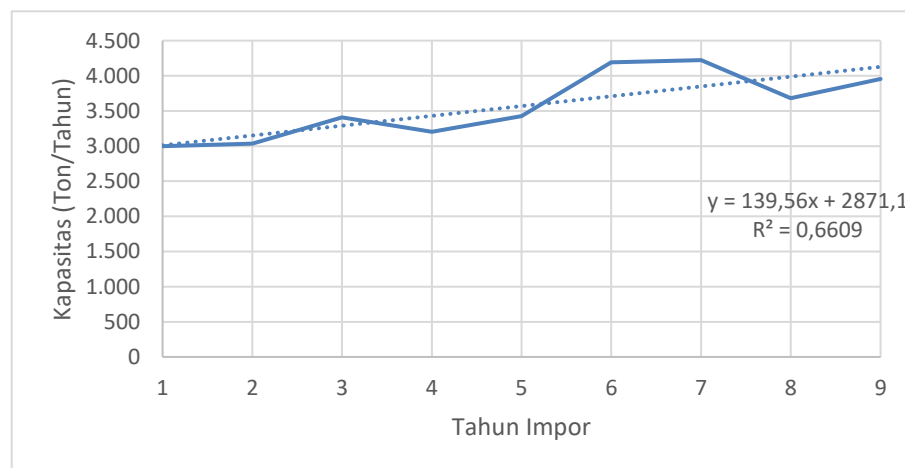
Analisa pasar adalah langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk yang dalam hal ini merupakan asam laktat. Target pemasaran asam laktat yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi impor asam laktat di Indonesia.

1.4.1. Data Impor

Tabel 1.2 Data Impor *Lactic Acid* di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2014	2.998,105
2015	3.036,624
2015	3.409,280
2017	3.201,641
2018	3.425,151
2019	4.192,951
2020	4.222,607
2021	3.678,838
2022	3.955,418

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2014-



2020)

Gambar 1.2 Grafik Impor Asam Laktat di Indonesia

Dari data tabel maka akan dapat ditentukan impor asam laktat di Indonesia pada tahun 2026 dengan persamaan garis linier.

Dari data pada tabel 1.2 didapatkan persamaan grafik melalui metode regresi linear dengan $y = 139,56x + 2.871,1$ sehingga impor Asam Laktat pada tahun 2026 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Impor}_{(2026)} &= 139,56x + 2.871,1 \\ &= 139,56(13) + 2.871,1 \\ &= 4.685,380 \text{ Ton/tahun} \approx 5.000 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan impor asam laktat di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 5.000 ton/tahun. Karena kebutuhan asam laktat ini masih tergolong rendah untuk dijadikan kapasitas produksi pabrik, maka dilakukan pertimbangan lain yaitu menggunakan pasar luar negeri sehingga dapat mengekspor asam laktat. Pada tabel 1.3 dapat dilihat kebutuhan impor asam laktat di Negara sekitar Indonesia.

Tabel 1.3 Kebutuhan Asam Laktat di Negara Sekitar Indonesia

Negara	Jumlah (Ton/Tahun)
Malaysia	6.771,35
Singapura	4.081,41
Thailand	3.721,52
Vietnam	3.751,71
Filipina	4.642,40
Australia	3.745,94
Total	26.714,33

(Sumber: UN Data, 2023)

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan impor di Negara terdekat Indonesia cukup besar dengan jumlah kebutuhan 26.714,33 ton/tahun, hal ini menunjukkan besarnya peluang ekspor asam laktat ke luar negeri.

1.4.2. Data produksi

Produksi asam laktat saat ini hanya terdapat di beberapa negara dan Indonesia belum termasuk ke dalam negara yang memproduksi asam laktat. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan asam laktat dalam negeri, Indonesia harus mengimpor dari luar negeri. Berikut merupakan beberapa pabrik yang memproduksi asam laktat.

Tabel 1.4 Data Produksi Asam Laktat di Dunia

Nama Industri	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)	Lokasi
Corbion	125.000	Netherlands
Cellulac	20.000	London, UK
Galactic	180.000	Belgium
Henan Jindan	128.000	Netherlands
Shandong Boyu	20.000	China
Natureworks LLC	180.000	Minnesota, US

(Sumber: cellulac.com,2014; Natureworks,2007; corbion,2020; galactic,2020; cofco.com,2017; Jindanlactic.com,2021)

1.5. Kapasitas Produksi Pabrik

Dari analisa pasar yang telah dilakukan, maka didapatkan data kebutuhan asam laktat di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 5.000 ton/tahun dimana peluang ekspor adalah sebesar 26.714,33 ton/tahun.

Kebutuhan asam laktat pada tahun 2026 = 5.000 ton/tahun

Peluang ekspor = 26.714,33 \approx 27.000 ton/tahun

Berdasarkan pertimbangan diatas, analisis potensi ketersediaan bahan baku di Provinsi Lampung dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2026 maka diputuskan akan dibuat pabrik Asam Laktat dengan kapasitas 16.000 ton/tahun yang akan memenuhi sekitar 50% sesuai dengan Undang-undang Republik Indonesia Pasal 17 Nomor 5 Tahun 1999.

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka didapatkan kapasitas pabrik asam laktat yang akan didirikan adalah sebesar 16.000 ton/tahun.

Adapun tujuan didirikannya pabrik asam laktat di Indonesia dengan kapasitas produksi 16.000 adalah sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi impor dari negara lain.
2. Bisa mengekspor produk ke negara lain.
3. Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
4. Mendorong pembangunan industri-industri baru berbahan baku asam laktat.

1.6. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang penting pada suatu perancangan pabrik dikarenakan akan berpengaruh secara langsung terhadap keberlangsungan produksi pabrik. Perencanaan penentuan lokasi pabrik yang baik akan membantu menekan biaya distribusi dan produksi. Berdasarkan faktor-faktor yang dapat menjadi acuan dalam penentuan pemilihan lokasi pabrik antara lain yaitu ketersediaan bahan baku, mendekati lokasi konsumen yang berguna untuk distribusi dan pemasaran produk, transportasi, dan utilitas.

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang akan digunakan berupa *cassava starch* atau tepung tapioka berasal dari dalam negeri yaitu PT. Budi *Starch & Sweetener* yang berada di Lampung Tengah. Kemudian, bahan baku pendukung lainnya yaitu Ca(OH)_2 yang didapat dari PT. Darnait Esa Artha, NaOH didapat dari PT. *Asahimas Subentra Chemicals*, H_2SO_4 didapat dari PT. *Indonesian Acids Industry*. Oleh karena itu, lokasi pendirian pabrik prarancangan pabrik ini berada di Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung dengan lokasi ketersediaan bahan baku.

2. Letak Daerah

Pabrik didirikan di sebuah kawasan industri yang tidak padat penduduk sehingga akan tersedia lahan yang cukup luas dengan infrastruktur yang memadai seperti jalan raya memudahkan transportasi maupun pendistribusian produk ke tujuan dengan jalur darat dan dekat dengan lokasi bahan baku.

3. Pemasaran

Dengan prioritas utama yaitu memenuhi kebutuhan asam laktat dalam negeri, maka diharapkan lokasi daerah yang tidak jauh dari konsumen yang kemudian biaya pengangkutan akan lebih murah dan harga jual dapat ditekan, sehingga akan diperoleh harga penjualan maksimal.

4. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan produk. Jalur transportasi baik darat maupun laut yang berperan dalam pendistribusian bahan baku maupun produk cukup memadai, letak Kabupaten Lampung Tengah cukup strategis dalam konteks

pengembangan wilayah. Lampung Tengah cukup strategis dalam konteks pengembangan wilayah. Lampung Tengah dilintasi jalur lintas regional yang menghubungkan antar provinsi maupun antar kabupaten/kota di Provinsi Lampung. Selain itu juga Lampung Tengah memiliki jalan tol yang menghubungkan Pelabuhan Bakauheni (Lampung Selatan) dan Terbanggi Besar (Lampung Tengah) yang akan memperlancar akses ke pulau jawa maupun ekspor-impor.

5. Utilitas

Fasilitas yang terdiri dari penyediaan air dan listrik yang mengharuskan pabrik harus dekat dengan sumber tersebut. Penyediaan air diperoleh dari air Sungai Way Seputih dan untuk penyediaan tenaga listrik diperoleh dari PLN setempat.

6. Tenaga Kerja

Tenaga kerja adalah pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan dapat direkrut dari masyarakat sekitar pabrik dan tenaga kerja ahli dapat direkrut dari masyarakat sekitar pabrik maupun dari luar daerah.

7. Pengolahan Limbah

Limbah pabrik tidak akan dibuang langsung ke lingkungan, tetapi akan diolah terlebih dahulu di Unit Pengolahan Limbah (UPL). Limbah padat beberapa senyawa dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan dapat dijual kembali. Selain itu, untuk limbah cair akan dilakukan penyesuaian pH dengan lingkungan sehingga aman dibuang ke lingkungan.

BAB II

PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

Asam laktat (*lactic acid*) banyak digunakan dalam industri polimer, makanan, kosmetik, farmasi, dan kimia. Asam laktat dapat diproduksi dengan sintesis kimia atau dengan fermentasi bioteknologi.

2.1. Pemilihan Bahan Baku Proses Produksi Asam Laktat

Tahap awal pada pembuatan asam laktat adalah dengan proses fermentasi. Proses fermentasi memerlukan karbohidrat, mikroorganisme, dan nutrisi untuk dapat menghasilkan asam laktat. Asam laktat dari diproduksi dengan proses fermentasi berbagai karbohidrat seperti, sukrosa, glukosa, atau laktosa. Gula yang berupa karbohidrat diubah menjadi glukosa terlebih dahulu untuk dapat diproses untuk menghasilkan asam laktat.

Tabel 2.1 Perbandingan Bahan Baku

Parameter	<i>Cassava Starch</i>	<i>Corn Starch</i>	<i>Wheat Starch</i>
Harga	Rp7.474,464,- (Sumber: Alibaba.com)	Rp7.318,746,- (Sumber: Alibaba.com)	Rp7.007,310,- (Sumber: Alibaba.com)
Komposisi	Karbohidrat: 88,2% Protein: 1,6% Lemak: 0,9% Air : 9,3% (Sumber: Soemarno, 2007)	Karbohidrat: 74,5% Protein: 9% Serat : 1% Lemak: 3,4% Abu : 1,1% (Sumber: Hayati, N., 2018)	Karbohidrat: 78,66% Protein: 6,89% Lemak: 0,92% Abu:0,35% Air: 11,5% Serat: 1,284% Gluten: 6,06 (Sumber: Murtini, E. S., 2005)
<i>Pretreatment</i>	Melarutkan pati dalam air, kemudian dalam larutan ditambahkan zat	Melarutkan pati dalam air, kemudian dalam larutan ditambahkan zat	Melarutkan pati dalam air, kemudian dalam larutan ditambahkan zat

Parameter	<i>Cassava Starch</i>	<i>Corn Starch</i>	<i>Wheat Starch</i>
	asam (H ₂ SO ₄), kemudian netralisasi dengan penambahan basa (NaOH).	asam, kemudian netralisasi dengan penambahan basa.	asam, kemudian netralisasi dengan penambahan basa
Yield (Asam Laktat)	92% (Alsaheb, A. A., <i>et al.</i> , 2019)	83% (Abedi, E., <i>et al.</i> , 2020)	90% (Hofvendahl, K., <i>et al.</i> , 1997)
Kelebihan	- Bahan baku berlimpah - Yield asam laktat tinggi - Kadar karbohidrat lebih tinggi	- Bahan baku berlimpah - Harga bahan baku lebih murah	- Bahan baku berlimpah - Yield asam laktat tinggi - Harga bahan baku lebih murah
Kekurangan	- Harga bahan baku lebih mahal	- Kadar karbohidrat lebih rendah - Yield asam laktat lebih rendah	- Kadar karbohidrat lebih rendah

2.2. Pemilihan Proses Pembuatan Asam Laktat

Asam laktat atau 2-hidroksipropanoat adalah senyawa kimia yang berperan dalam berbagai proses biokimia. Sifat kimia dari asam laktat diantaranya larut dalam dan pelarut organik yang larut dalam air, akan tetapi tidak larut dalam pelarut organik lainnya. Asam laktat juga cairan yang tidak berwarna pada suhu 15°C dan tekanan 1 atm, tidak berbau, dan tidak beracun. Asam laktat mempunyai dua isomer optik yang salah satunya adalah L-(+) *lactic acid* atau (S)-*lactic acid* dan bayangan cerminnya adalah D-(-) *lactic acid* atau (R)-*lactic acid* (Pailin, 2010).

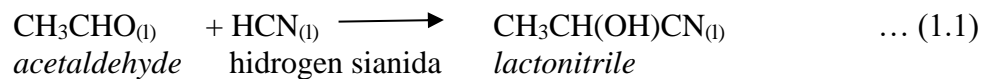
Dalam proses pembuatan asam laktat bahan baku yang sangat berpotensi untuk pembuatan asam laktat yaitu singkong, kentang, gandum, *barley*, sagu, jagung, dan molase (Komesu *et al.*, 2017). Produksi asam laktat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara sintesis kimia dan cara fermentasi. Tetapi, untuk saat ini proses yang lebih banyak digunakan adalah dengan proses fermentasi

Asam laktat dapat diproduksi dengan dua cara, yaitu:

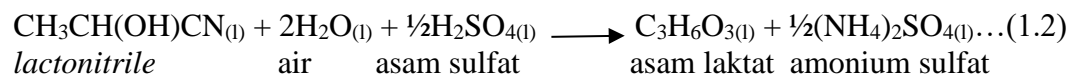
- a. Sintesis Kimia

Produksi asam laktat dengan cara sintesis kimia diawali dengan mereaksikan *acetaldehyde* dengan hidrogen sianida yang kemudian akan menghasilkan *lactonitrile*. Reaksi akan berlangsung dalam fase cair dan dalam tekanan tinggi. *Lactonitrile* yang belum murni akan dimurnikan kembali dengan distilasi, kemudian akan dihidrolisis menjadi asam laktat dengan asam klorida (HCl) atau dengan asam sulfat (H₂SO₄) yang akan menghasilkan garam amonium dan asam laktat. Kemudian asam laktat akan diesterifikasi dengan metanol dan akan membentuk metil laktat yang kemudian akan dimurnikan dengan proses distilasi dan dihidrolisis oleh air dengan katalis asam untuk menghasilkan asam laktat dengan kemurnian yang lebih tinggi dan metanol (Narayanan *et al.*, 2004). Berikut merupakan proses reaksi yang akan terjadi.

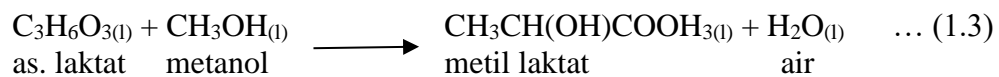
1. Penambahan Hidrogen Sianida



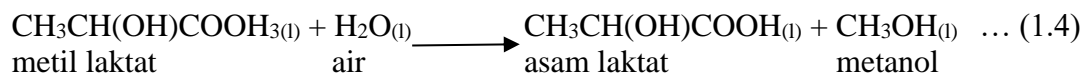
2. Hidrolisis H₂SO₄



3. Esterifikasi



4. Hidrolisis H₂O



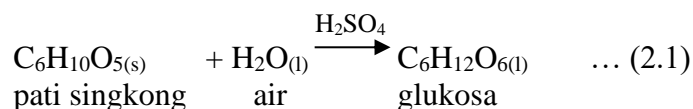
Proses pembuatan asam laktat dengan cara sintesis kimia pertama kali diproduksi perusahaan luar negeri pada tahun 1953 oleh perusahaan Monsanto di Texas, USA. Produksi yang dihasilkan sebesar 40% dari asam laktat yang dikonsumsi di Amerika Serikat atau memproduksi 4.500 ton. Produksi asam laktat melalui proses sintesis kimia membutuhkan biaya yang cukup mahal dan bergantung pada produk

samping dari industri lain. Untuk itu produksi asam laktat dapat diatasi dengan menggunakan proses bioteknologi secara fermentasi (Pal *et al.*, 2009).

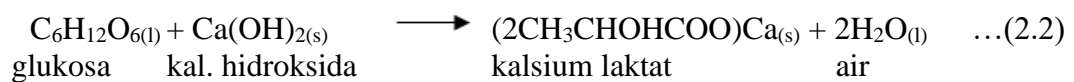
b. Fermentasi

Selain dengan proses sintesis kimia, asam laktat dapat diproduksi dengan proses bioteknologi secara fermentasi. Bahan baku pembuatan asam laktat dengan cara proses fermentasi dapat diproduksi dari berbagai macam karbohidrat seperti sukrosa, glukosa, atau laktosa. Pada proses ini, bahan baku yang digunakan adalah pati. Pati akan dihidrolisis menjadi glukosa secara hidrolisis asam dikarenakan lebih banyak digunakan dan waktu yang lebih singkat. Dalam hidrolisis asam, *yield* dari glukosa yang dihasilkan cukup baik dan nilai kadar gula pereduksi yang cukup tinggi (Hidayat, 2006). Produksi asam laktat dengan proses fermentasi banyak dilakukan dengan metode *batch* fermentasi. Kondisi operasi setiap metode berbeda-beda, untuk bakteri *Lactobacillus delbrueckii* pada suhu 40°C dengan pH 6 selama 68 jam (Alsaheb, 2019). Kemudian untuk bakteri *Lactobacillus amylovorus* pada suhu yang sama dengan pH 5,5 selama 36 jam (Xiaodong, 1997). Berikut merupakan proses pembuatan asam laktat dengan cara fermentasi (Narayanan *et al.*, 2014):

1. Hidrolisis Pati menjadi Glukosa

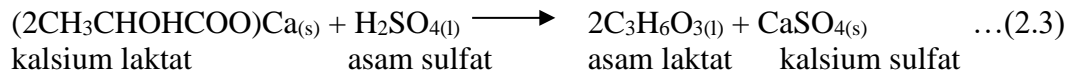


2. Fermentasi



Kalsium laktat didapatkan dari mereaksikan glukosa dengan Ca(OH) atau CaCO₃ sebagai *neutralizing agent*.

3. Pengasaman H₂SO₄



banyak jenis karbohidrat yang telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam laktat. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan asam laktat harus memiliki karakteristik sebagai berikut (Wee,2006):

- Murah
- Tingkat kontaminasi rendah
- Laju produksi cepat
- Produksi asam laktat yang dihasilkan banyak
- Sedikit atau tidak ada pembentukan produk samping
- Dapat beroperasi sepanjang tahun

Proses sintesis kimia asam laktat pertama kali diproduksi pada tahun 1963 di Monsanto, Texas, USA. Produksi yang dihasilkan sebesar 40% dari asam laktat yang dikonsumsi di Amerika Serikat. Produksi asam laktat menggunakan proses sintesis kimia membutuhkan biaya yang cukup besar dan bergantung pada produk samping dari industri lain. Untuk itu, produksi asam laktat dapat diatasi dengan menggunakan proses bioteknologi secara fermentasi (Pal *et al*, 2009).

2.3. Pemilihan Mikroba Pada Proses Fermentasi

Peranan bakteri asam laktat selama proses fermentasi dapat menentukan produk asam laktat yang dihasilkan. Adapun bakteri yang memproduksi asam laktat ada dua tipe yaitu spesies homofermentatif dan heterofermentatif. Homofermentatif merupakan bakteri yang mampu mengubah glukosa menjadi asam laktat sebagai produk utama, sedangkan bakteri heterofermentatif memproduksi asam laktat dalam jumlah sedikit dan produk utama yang dihasilkan yaitu etanol, asam asetat, dan asam format (Rahmadi, 2019). Macam-macam bakteri yang mampu mengubah bahan baku menjadi asam laktat dapat dilihat pada tabel 2.1 (Wee,2006).

Tabel 2.2 Bakteri Pengolah Bahan Baku Menjadi Asam Laktat

<i>Raw Material</i>	<i>Organism</i>	γ (<i>lactic acid</i>) (g/L)	<i>Productivity</i> (g/L.h)
Molase	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NCIMB 8130	90	3,8
	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY1	95,7	4,0
Rye	<i>Lactobacillus paracasei</i> No.8	84,5	2,4
Sweet Sorghum	<i>Lactobacillus paracasei</i> No.8	81,5	2,7
	<i>Lactobacillus paracasei</i> No.8	106,0	3,5
Wheat	<i>Lactobacillus lactis ssp.</i> <i>Lactis</i> ATSS 33620	106,0	1,0
	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY1	102,0	4,8
Corn	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY1	63,5	0,5
	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	10,1	0,8
Cassava	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,8	0,2
Potato	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,2	0,1
Rice	<i>Lactobacillus sp.</i> RKY2	129,0	2,9
Barley	<i>Lactobacillus casei</i> NRRL B- 441	162,0	3,4
	<i>Lactobacillus amylophilus</i> GV6	27,3	0,3
Cellulose	<i>Lactobacillus coryniformis</i> <i>ssp. torquens</i> ATCC 25600	24,0	0,5
Corncob	<i>Rhizopus sp.</i> MK-96-1196	24,0	0,3
Waste Paper	<i>Lactobacillus coryniformis</i> <i>ssp. torquens</i> ATCC 25600	23,1	0,5

<i>Raw Material</i>	Organism	γ (lactic acid) (g/L)	Productivity (g/L.h)
	<i>Rhizopus oryzae</i> NRRL 395	49,1	0,7
Wood	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NRLL B-445	108,0	0,9
	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY1	93,0	1,7
Whey	<i>Lactobacillus helveticus</i> R211	66,0	1,4
	<i>Lactobacillus casei</i> NRRL B- 441	46,0	4,0

2.4. Tinjauan Ekonomi

Tabel 2.3 Bahan Baku dan Produk

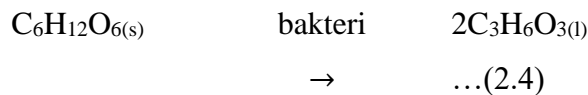
No.	BM (g/mol)	Nama	Senyawa	\$/kg	Rp/kg
1.	90,078	Asam Laktat	$C_3H_6O_3$	3,85	70.000
2.	180,156	Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	0,96	14.948
3.	100,086	Kalsium Karbonat	$CaCO_3$	0,3	4.671
4.	74,093	Kalsium Hidroksida	$Ca(OH)_2$	0,16	2.491
5.	98,078	Asam Sulfat	H_2SO_4	0,72	11.142
6.	136,140	Kalsium Sulfat	$CaSO_4$	1,6	24.914
7.	39,997	Natrium Hidroksida	$NaOH$	2	30.070
8.	18,016	Air	H_2O	0	0
9.	180,156	Pati Singkong	$C_6H_{12}O_6$	0,48	7.474,464

(Kurs: \$1 = Rp15.571)

2.4.1. Proses Pembuatan Asam Laktat

Glukosa dapat diperoleh dari proses hidrolisis pati menjadi glukosa

Reaksi yang terjadi:



1 kg asam laktat (BM = 90,078) = 0,011 kmol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CN}$

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg asam laktat:

$$\begin{aligned} &= \text{koefisien reaksi} \times \text{mol asam laktat} \times \text{BM } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\ &= (1/2) \times (0,011 \text{ kmol}) \times (180,18) = 1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga untuk menghasilkan 1 kg asam laktat dibutuhkan sebanyak 1 kg glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Pada pati singkong mengandung 27,25% glukosa (Hatriati *et al.*, 2020), sehingga untuk menghasilkan 1,00 kg glukosa dibutuhkan pati singkong sebanyak:

$$= 3,6697 \text{ kg pati singkong}$$

Reaksi Fermentasi ...(2.2)

Jika menggunakan *neutralizing agent* $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 1 kg kalsium laktat ($(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}$) (BM = 218,218) = 0,005 kmol kalsium laktat.

Sehingga $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg kalsium laktat:

$$\begin{aligned} &= \text{Mol kalsium laktat} \times \text{BM } \text{Ca}(\text{OH})_2 \\ &= 0,005 \text{ kmol} \times 74,092 = 0,3395 \text{ kg } \text{Ca}(\text{OH})_2 \end{aligned}$$

Jika proses fermentasi dengan menggunakan CaCO_3 , 1 kg kalsium laktat ($(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}$) (BM = 218,218) = 0,005 kmol kalsium laktat.

Sehingga CaCO_3 yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg kalsium laktat:

$$\begin{aligned} &= \text{Mol kalsium laktat} \times \text{BM } \text{CaCO}_3 \\ &= 0,005 \text{ kmol} \times 100,086 = 0,4587 \text{ kg } \text{CaCO}_3 \end{aligned}$$

Reaksi Pengasaman H_2SO_4 ...(2.3)

1 kg asam laktat (BM = 90,078) = 0,011 kmol asam laktat, H_2SO_4 yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg asam laktat ($(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}$) adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{koefisien reaksi} \times \text{mol asam laktat} \times \text{BM } \text{H}_2\text{SO}_4 \\ &= (1/2) \times 0,011 \times 98,078 = 0,5444 \text{ kg } \text{H}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$$

Diketahui kapasitas produksi asam laktat sebanyak 16.000 ton/tahun, sehingga asam laktat yang dibutuhkan untuk menghasilkan 16.000 ton/tahun sebesar:

$$= 16.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= 16.000.000 \text{ kg/tahun}$$

Maka untuk menghasilkan asam laktat sebanyak 16.000.000 kg/tahun dibutuhkan:

a. Pati Singkong

$$= \frac{3,6702 \text{ kg}}{1 \text{ kg asam laktat}} \times 16.000.000 \text{ kg asam laktat}$$

$$= 58.715.596 \text{ kg/tahun pati singkong}$$

b. Ca(OH)_2

$$= \frac{0,3395 \text{ kg Ca(OH)}_2}{1 \text{ kg asam laktat}} \times 16.000.000 \text{ kg asam laktat}$$

$$= 5.432.512 \text{ kg/tahun Ca(OH)}_2$$

c. CaCO_3

$$= \frac{0,4587 \text{ kg}}{1 \text{ kg asam laktat}} \times 16.000.000 \text{ kg asam laktat}$$

$$= 7.338.423 \text{ kg/tahun pati singkong}$$

d. H_2SO_4

$$= \frac{0,5444 \text{ kg CH}_3\text{CHO}}{1 \text{ kg asam laktat}} \times 16.000.000 \text{ kg asam laktat}$$

$$= 8.710.495 \text{ kg/tahun H}_2\text{SO}_4$$

Jumlah harga bahan baku:

- Dengan Menggunakan *Neutralizing Agent* Ca(OH)_2

$$= (\text{Harga Pati Singkong}) + (\text{Harga Ca(OH)}_2) + (\text{Harga H}_2\text{SO}_4)$$

$$= (58.715.596 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.474) + (5.432.512 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}2.491) +$$

$$(8.710.495 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}11.142)$$

$$= (\text{Rp}549.462.455.879/\text{tahun}) \div 16.000.000 \text{ kg/tahun}$$

$$= \text{Rp}34.341/\text{kg}$$

- Dengan Menggunakan *Neutralizing Agent* CaCO_3

$$= (\text{Harga Pati Singkong}) + (\text{Harga CaCO}_3) + (\text{Harga H}_2\text{SO}_4)$$

$$= (58.715.596 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}4.514) + (7.338.423 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}4.671) +$$

$$(8.710.495 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}28.586)$$

$$= (\text{Rp}570.209.153.111/\text{tahun}) \div 16.000.000 \text{ kg/tahun}$$

$$= \text{Rp}35.638/\text{kg}$$

2.5. Kelayakan Teknis

Untuk mengetahui kondisi operasi dalam proses produksi pembuatan asam laktat, maka harus mempertimbangkan beberapa faktor yaitu salah satunya adalah faktor

kelayakan proses secara teknis. Faktor ini mempertimbangkan beberapa hal seperti tekanan operasi, energi gibbs pembentukan (ΔG_f°) dan panas pembentukan standar (ΔH_f°). Tekanan dan suhu reaksi yang digunakan dapat mempengaruhi besarnya konversi dan produk yang dihasilkan.

2.5.1. Perhitungan Energi Kasar Berdasarkan Panas Reaksi

ΔH menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecilnya nilai panas reaksi (ΔH) menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun yang dihasilkan. Nilai ΔH yang bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas dalam proses reaksi berlangsung sehingga semakin besar nilai ΔH maka akan semakin besar energi yang dibutuhkan, sedangkan jika nilai ΔH bernilai negatif (-) maka reaksi akan menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

Diketahui data energi pembentukan standar (ΔH_f°) pada 25°C untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Data Energi Pembentukan (ΔH_f°) pada suhu 25°C

Komponen	Senyawa	ΔH_f° (kJ/mol)
Asam Laktat	CH ₃ CH(OH)COOH	-694,080
Glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	-235,510
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	-813,989
Kalsium Laktat	(CH ₃ CHOHCOO) ₂ Ca	-1.434,520
Kalsium Hidroksida	Ca(OH) ₂	-986,090
Kalsium Karbonat	CaCO ₃	-1207
Kalsium Sulfat	CaSO ₄	-1434,52
Air	H ₂ O	-285,890
Karbon Dioksida	CO ₂	-393

(Sumber: Perry, 1997; Yaw's Handbook 1999)

1. $\Delta H_{(Rx)}$ Menggunakan Proses Fermentasi

Reaksi 1 Hidrolisis pati menjadi glukosa ...(2.1)

$$\Delta H_{f(1)} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= [\Delta H_f \text{ Glukosa}] - [\Delta H_f \text{ Pati} + \Delta H_f \text{ Air}] \\
 &= -235,51 \text{ kJ/mol} - (-878,17 \text{ kJ/mol} + 285,89 \text{ kJ/mol}) \\
 &= -235,51 \text{ kJ/mol} - (-1.164,06 \text{ kJ/mol}) \\
 &= 928,55 \text{ kJ/mol [endoterm]}
 \end{aligned}$$

Reaksi 2 Fermentasi glukosa

- Dengan menggunakan *neutralizing agent* Ca(OH)_2 ... (2.2)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f(2.1)} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta H_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta H_f \text{ Air}] - [\Delta H_f \text{ Glukosa} + \Delta H_f \text{ Ca(OH)}_2] \\
 &= [(2(-1.294) + 2(-285,89))] - [(-235,510 + -986,09)] \text{ kJ/mol} \\
 &= -3.159,78 - (-1.221,6) \text{ kJ/mol} \\
 &= -1.938,18 \text{ kJ/mol [eksoterm]}
 \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan *neutralizing agent* CaCO_3 ... (3.1)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f(2.2)} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta H_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta H_f \text{ CO}_2 + \Delta H_f \text{ Air}] - [\Delta H_f \text{ Glukosa} + \Delta H_f \text{ CaCO}_3] \\
 &= [(2(-1.294) + (-393) + (-285,89))] - [(-235,510 + -1.207)] \text{ kJ/mol} \\
 &= -3.266,89 - (-1.442,51) \text{ kJ/mol} \\
 &= -1.824,38 \text{ kJ/mol [eksoterm]}
 \end{aligned}$$

Reaksi 3 Pengasaman H_2SO_4

... (2.3)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f(3)} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta H_f \text{ Asam Laktat} + \Delta H_f \text{ CaSO}_4] - [\Delta H_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{SO}_4] \\
 &= [(2(-694,08) + (-1.434,52))] - [2(-1.294) + -813,989] \text{ kJ/mol} \\
 &= -2.822,68 - (-3.401,989) \text{ kJ/mol} \\
 &= 579,309 \text{ kJ/mol [endoterm]}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.5 Total ΔH_f Reaksi

No.	<i>Neutralizing Agent</i>	ΔH_f (kJ/mol)	Keadaan Reaksi
1.	Ca(OH)_2	-430,33	Eksotermis
2.	CaCO_3	-316,53	Eksotermis

2.6. Perhitungan Energi Bebas Gibbs Berdasarkan Reaksi

$\Delta G_{(R_x)}$ atau energi gibbs adalah energi bebas dari suatu reaksi. Energi gibbs menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. Jika energi gibbs bernilai positif (+) menunjukkan bahwa suatu reaksi tidak dapat berlangsung spontan sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan, jika energi gibbs bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif nilai energi gibbs maka reaksi tersebut akan semakin kecil.

Tabel 2.5 Data Gibbs (ΔG^0) Pada Suhu 25°C

Komponen	Senyawa	ΔG_f^0 (kJ/mol)
Asam Laktat	$C_3H_6O_3$	-516
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	-915,9
Asam Sulfat	H_2SO_4	-690,003
Kalsium Laktat	$(CH_3CHOHCOO)_2Ca$	0
Kalsium Hidroksida	$Ca(OH)_2$	-898,49
Kalsium Karbonat	$CaCO_3$	-1128,84
Kalsium Sulfat	$CaSO_4$	-1322
Air	H_2O	-237,129
Karbon Dioksida	CO_2	-394,39

(Sumber: Perry,2008; Smith,2001; dan Yaws, 1999)

Reaksi 1 Hidrolisis pati menjadi glukosa ... (2.1)

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{f(1)} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta G_f \text{ Glukosa}] - [\Delta G_f \text{ Pati} + \Delta G_f \text{ Air}] \\
 &= (-915,9 \text{ kJ/mol}) - (-567,77 + (-237,13)) \text{ kJ/mol} \\
 &= (-915,9 \text{ kJ/mol}) - (-804,9 \text{ kJ/mol}) \\
 &= -111 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi 2 Fermentasi glukosa

- Dengan menggunakan *neutralizing agent* $Ca(OH)_2$... (2.2)

$$\Delta G_{f(2.1)} = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= [\Delta G_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta G_f \text{ Air}] - [\Delta G_f \text{ Glukosa} + \Delta G_f \text{ Ca(OH)}_2] \\
 &= (0 + 2(-237,129)) \text{ kJ/mol} - (-915,9 + (-898,49)) \text{ kJ/mol} \\
 &= (-474,258 \text{ kJ/mol}) - (-1814,39 \text{ kJ/mol}) \\
 &= 1340,997 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan *neutralizing agent* CaCO_3 ... (3.1)

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{f(2.2)} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta G_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta G_f \text{ CO}_2 + \Delta G_f \text{ Air}] - [\Delta G_f \text{ Glukosa} + \Delta G_f \\
 &\quad \text{CaCO}_3] \\
 &= [(2(0) + (-394,39) + (-237,129))] - [(-915,9) + (-1.128,84)] \text{ kJ/mol} \\
 &= -631,519 - (-2.044,74) \text{ kJ/mol} \\
 &= 1.413,221 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi 3 Pengasaman H_2SO_4

...(2.3)

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{f(3)} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= [\Delta G_f \text{ Asam Laktat} + \Delta G_f \text{ CaSO}_4] - [\Delta G_f \text{ Kalsium Laktat} + \Delta G_f \text{ H}_2\text{SO}_4] \\
 &= (2(-516) + (-1322)) \text{ kJ/mol} - (0 + (-690,003)) \text{ kJ/mol} \\
 &= (-2354 \text{ kJ/mol}) - (-690,003 \text{ kJ/mol}) \\
 &= -1663,997 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.6 Total ΔG_f Reaksi

No.	<i>Neutralizing Agent</i>	ΔG_f (kJ/mol)	Keadaan Reaksi
1.	Ca(OH)_2	-434,87	Spontan
2.	CaCO_3	-361,78	Spontan

Berdasarkan uraian diatas dari perhitungan ekonomi kasar berdasarkan bahan baku, energi kasar berdasarkan reaksi, dan energi bebas gibbs berdasarkan reaksi maka dapat kita lihat perbedaan antara proses pembuatan asam laktat secara sintesis kimia dan secara fermentasi maka dapat disimpulkan.

Tabel 2.6 Perbandingan Produksi Asam Laktat

No.	Parameter	<i>Neutralizing Agent</i>	
		Ca(OH)_2	CaCO_3
1.	Biaya Produksi	Rp.34.341/kg	Rp35.638/kg

2. Panas Reaksi ($\Delta H_{(Rx)}$)	-430,33 kJ/mol	-316,53 kJ/mol
3. Energi Gibbs ($\Delta G_{(Rx)}$)	-434,87 kJ/mol	-361,78 kJ/mol

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dipilih proses secara fermentasi.

2.7. Uraian Proses

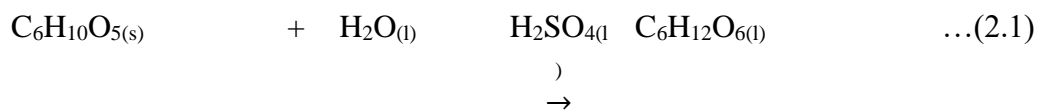
Proses pembuatan asam laktat atau *lactic acid* dengan metode fermentasi menggunakan bahan baku utama yaitu *cassava starch* atau pati singkong dengan bantuan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* karena memiliki kemampuan memproduksi asam laktat dengan tinggi. Pembuatan asam laktat diawali dengan menghidrolisis pati menjadi glukosa, kemudian glukosa akan difermentasi dan menghasilkan asam laktat.

2.7.1. Proses Hidrolisis

Bahan baku yang digunakan yaitu *cassava starch* atau pati singkong. Pati akan dihidrolisis menjadi glukosa secara hidrolisis asam karena lebih banyak digunakan dan lebih singkat. Dalam hidrolisis asam, glukosa yang dihasilkan memiliki *yield* yang cukup tinggi (Hidayat,2004).

Proses diawali dengan mencampurkan pati bersama dengan air menggunakan *mixer-01* pada suhu 95°C dan tekanan 1 atm. Kemudian, ditambahkan katalis H_2SO_4 ke dalam reaktor-01 pada suhu operasi 140°C dengan tekanan 2 atm. Fungsi reaktor disini adalah untuk memecah pati menjadi glukosa dengan penambahan katalis H_2SO_4 dan mengencerkan glukosa sebesar 20%. Katalis H_2SO_4 digunakan untuk mempercepat reaksi dan memperbesar kereaktifan air.

Reaksi yang terjadi adalah:



Selanjutnya, *output* dari reaktor hidrolisis yaitu pati, abu, air, H_2SO_4 , dan glukosa masuk ke dalam *netralizer-01* dengan konversi 100%. Netralizer digunakan untuk menetralkan asam sulfat dengan NaOH agar tidak memperburuk perkembangan bakteri dikarenakan bakteri sangat sensitif dan tidak menyebabkan kerusakan pada alat lainnya. Kemudian glukosa yang sudah diencerkan akan dialirkan ke *culture*

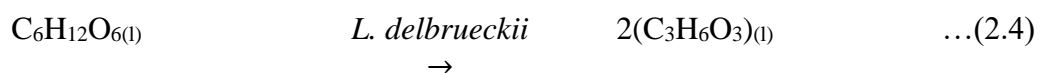
tank (Reaktor-02) dan *fermentor* (Reaktor-03). Untuk pendistribusiannya dibagi menjadi 2 yaitu 10% *feed* dialirkan ke *culture tank* sedangkan 90% lainnya akan dialirkan ke *fermentor*.

2.7.2. Proses Fermentasi

Tahap fermentasi pertama dilakukan pada *culture tank* (Reaktor-02) jenis reaktor *batch*. Komponen keluar dari *netralizer-01* dialirkan dengan pompa menuju reaktor-02 sebanyak 10% dari *feed*. kemudian proses pengembangbiakan bakteri *lactobacillus delbrueckii* dilakukan di dalam reaktor-02 dengan menambahkan beberapa nutrisi antara lain 0,375% *malt sprout* dan 0,25% $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ berfungsi untuk mempertahankan pH agar pH tidak berubah-ubah pada saat berlangsungnya reaksi dikarenakan bakteri sangat rentan terhadap perubahan pH. pH dijaga pada pH optimumnya pada pH 5-6. Reaksi dalam reaktor berlangsung selama 18 jam pada temperatur 40°C dan tekanan 1 atm.

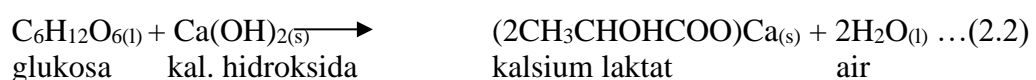
Feed masuk 90% dari *Netralizer-01* dan hasil keluaran dari reaktor-02 yang akan dipompa menuju reaktor-03 yang kemudian akan difermentasikan dengan menambahkan 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 0,25% $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, dan air. Reaktor-03 berfungsi untuk memfermentasikan glukosa menjadi kalsium laktat dengan penambahan bakteri. Reaksi pada reaktor-03 diperoleh konversi asam laktat sebesar 95%. Proses fermentasi akan berlangsung selama 18 jam pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm.

Reaksi yang terjadi adalah:



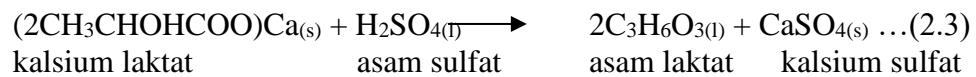
Selama proses fermentasi, pH harus dijaga antara 5-6 dengan menggunakan *neutralizing agent* $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , NH_2OH . Selain untuk menjaga pH, penambahan *neutralizing agent* secara berlebihan akan menghasilkan garam laktat (Presscott, 1959).

Produk hasil fermentasi akan diumpankan ke dalam *rotary drum vacuum filter-01*

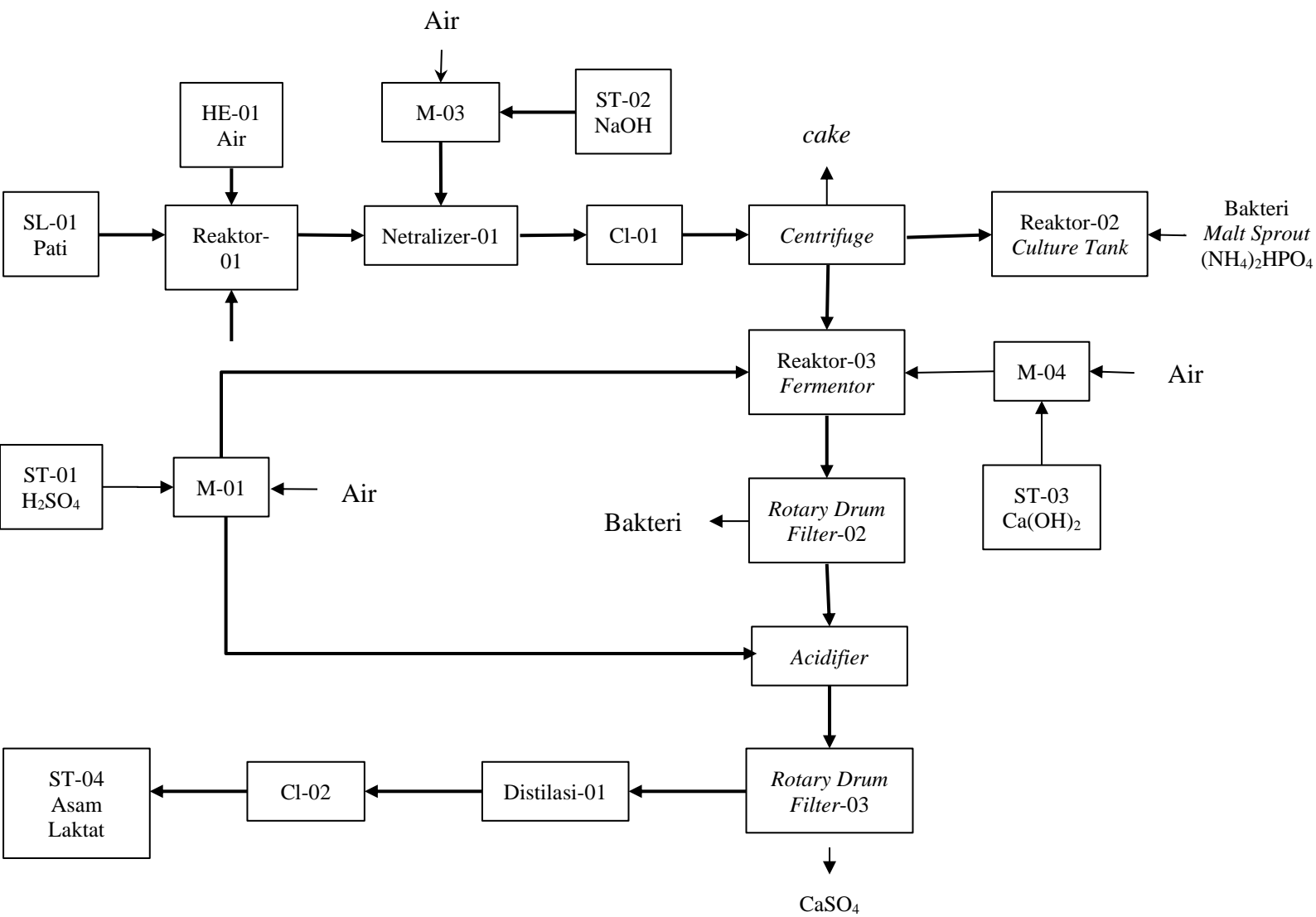


berfungsi untuk menyaring dan memisahkan *cake* dengan abu, H_2O , $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ yang akan masuk ke dalam tahap pemurnian dengan menambahkan air sebagai pencuci.

Larutan kalsium laktat setelah proses pemisahan akan dialirkan menuju *acidifier* (R. Keyes, 1957) dengan penambahan asam sulfat yang akan membentuk asam laktat dan kalsium sulfat yang memiliki kelarutan yang kecil dalam air (Ullman, 2017). Larutan asam laktat dan endapan kalsium sulfat yang terbentuk akan dialirkan kedalam *Rotary Vacuum Evaporator* untuk memisahkan antara endapan CaSO_4 dan



larutan. Selanjutnya larutan asam laktat akan dialirkan ke *distilasi* untuk dimurnikan (R. Keyes, 1957).



2.8. Diagram Alir Proses

BAB III
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku Utama

1. Pati Singkong

Rumus Kimia : $(C_5H_6O_{10})_n$

Bentuk : Serbuk

Warna : Putih

Kandungan :

Tabel 3.1 Kandungan Pati Singkong

Komponen	Persentase
Karbohidrat	88,2
Protein	1,6
Lemak	0,9
Kadar Air	9,3

Sumber: Soemarno, 2007

- **Glukosa**

Rumus Kimia : $C_6H_{12}O_6$

Bentuk : Padat

Warna : Putih

Berat Molekul : 180,16 g/mol

Titik Lebur : $146^{\circ}C$

Specific Gravity : 1,562

Densitas : $1,54 \text{ g/cm}^3$

Kelarutan : Mudah larut dalam air

Sumber: <http://www.sciencelab.com>

3.2. Bahan Baku Penunjang

1. Air (H₂O)

Rumus Molekul	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18 g/mol
Bentuk	: Cair
Warna	: Bening (tidak berwarna)
Densitas	: 1 g/m ³
Titik didih	: 100°C
Temperatur Kritis	: 374,2°C
Tekanan Kritis	: 218 atm

Sumber: Perry's Chemical Engineering's Handbook

2. Bakteri *Lactobacillus delbrueckii*

Ukuran	: 0,5 - 2 μm
Bentuk	: Batang tongkat atau cincin
Kelompok	: Homofermentatif
Sifat	: - Fakultatif anaerob - Tumbuh pada temperatur 45 - 50°C - Tumbuh pada pH 5 - 5,5

Sumber: [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php.Lactobacillus_delbruecki](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Lactobacillus_delbruecki)

3. *Diammonium Phosphate* (NH₄)₂HPO₄

Rumus Molekul	: (NH ₄) ₂ HPO ₄
Berat Molekul	: 132,056 g/mol
Bentuk	: Padat
Densitas	: 1620 kg/m ³
Titik Didih	: 305,36°C
Temperatur Kritis	: 745,08°C
Tekanan Kritis	: 6570,27 kPa
Volume Kritis	: 0,374 8 kg/mol ³

4. *Malt Sprout*

Berat Molekul	: 416,189 g/mol
---------------	-----------------

Densitas	: 4761 kg/mol
Titik Didih	: 2.183,87°C
Temperatur Kritis	: 4.288,43°C
Tekanan Kritis	: 1324,68 kPa
Volume Kritis	: 9,7321 m ³ kgkmol

5. Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Rumus Molekul	: Ca(OH) ₂
Berat Molekul	: 74,1 g/mol
Bentuk	: Padat
Warna	: Putih
Titik Didih	: 2850°C (Penguraian)
Titik Lebur	: 450°C
Kelarutan dalam air	: 1,85°C g/l pada 20°C
Densitas	: 2,24 g/cm ³ pada 20°C

Sumber: MSDS Merck, sigmaaldrich.com, 2023

6. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Berat Molekul	: 98 g/mol
Bentuk	: Cair
Densitas	: 1.84 g/cm ³ pada 20°C
Viskositas	: 26,7 cp pada 25°C
Titik Didih	: 290 - 340°C terdekomposisi pada 340°C
Titik Leleh	: 10,35°C
Tekanan Uap	: 1 mmHg @ 145,8°C

Sumber: <https://www.sciencelab.com> dan MSDS Smartlab, 2017

7. Natrium Hidroksida (NaOH)

Rumus Molekul	: NaOH
Bentuk	: Padat
Warna	: Putih

Berat Molekul	: 40 g/mol
Titik Lebur	: 319 – 322°C
Titik Didih	: 1,39°C pada 1,013 hPa
Densitas	: 2,13 g/cm ³ pada 20°C
Kelarutan dalam air	: 1,090 g/l pada 20°C

Sumber: MSDS *Smartlab*, 2019

3.3. Produk

1. Asam Laktat (C₃H₆O₃)

Rumus Molekul	: CH ₃ CHOHCOOH
Berat Molekul	: 90,08 g/mol
Bentuk	: Cairan
Titik Didih	: 122°C
Titik Leleh	: 17°C
Viskositas	: 954 cp
Densitas	: 1,2 kg/m ³
K _a	: 1,38 × 10 ⁻⁴
pK _a	: 3,86

(Sumber: Ameen, S. 2017)

2. Kalsium Sulfat (CaSO₄)

Rumus Molekul	: CaSO ₄
Berat Molekul	: 136 g/mol
Bentuk	: Padat, bubuk putih
Densitas	: 2,96 g/cm ³
Titik Leleh	: 1450°C

Sumber: Pusat Informasi Bioteknologi Nasional, 2023 dari <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-sulfate>

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi terhadap Prarancangan Pabrik Asam Laktat kapasitas 16.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 34% dan sesudah pajak sebesar 27%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,489 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 42% dengan syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22% kapasitas produksi, yaitu batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti melakukan produksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 34,669%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2. Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Asam Laktat kapasitas 16.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2023. www.alibaba.com. Diakses 30 Januari 2023 pukul: 15.13.
- Anonim. 2024. www.matches.com. Diakses 11 Desember 2024 pukul 22.10.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses 29 Januari 2023 pukul 10.21.
- Brown G. George. 1950. *Unit Operation 6th*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. dan Young Edwin H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson J. M., dan Richardson J. F. 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5th Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- E. Hugot. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. Elsevier Science Publishing Company Inc. 52. Vanderbilt Avenue. New York.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operation 3th Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Google Earth. 2023. earth.google.com. Diakses 1 Februari 2023 pukul 10.23.
- Google Maps. 2023. www.google.com/maps. Diakses 1 Februari 2023 pukul 10.25.
- Hesse, H. C. and Rushton, J. H. 1981. *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand Co. New Jersey.
- Himmelblau, D. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Holman, J. P. 2002. *Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill, Inc. Amerika Serikat.
- Igor, J. K., Joseph, P. M., Paul, C., Charles, C. H. 2001. *Pump Handbook 3rd Edition*. Mc. Graw-Hill Book Co. New York.
- Joshi, M. V. 1981. *Process Equipment Design 2nd Edition*. Bombay, Delhi: Mc. Graw-Hill Book Company, Inc.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill. New York.
- Kirk, R. E., dan Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. International Student Edition. Mc. Graw-Hill Kogasuka Company Ltd. Tokyo.

- Kister, H. Z. 1992. *Distillation Design*. Mc. Graw-Hill. California.
- Laval, A. 2001. *Pump Handbook*. USA.
- Lebanoff, V. S., dan Robert, R. R. 1992. *Centrifugal Pumps Design & Application 2nd Edition*. Gulf Publishing Company. Houston.
- Megyesy, E. F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Publishing. Inc.
- Mc. Cabe, W. L., dan Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Perry, R. H., dan Don, W. G. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. Mc. Graw-Hill. New York.
- Pertamina. 2024. pertamina.com. Diakses 12 Desember 2024 pukul 03.24.
- PLN. 2024. www.pln.co.id. Diakses 12 Desember 2023 pukul 02.15
- Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Pubchem. 2023. Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. Diakses 2 Februari 2023 pukul 15.24.
- Rase, H. F. dan Holmes, J. R. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One: Principles and Techniques*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Severn, W. H., Degler, H. E., dan Miles, J. C. 1954. *Steam, Air, and Gas Power 5th Edition*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Smith, J. M., H. C. Van Ness, dan M. M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics 7th Edition*. Mc. Graw-Hill. New York.
- Timmerhaus, K. D., Max. S. P., dan Ronald E. W. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th Edition*. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Treyball, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation 3rd Edition*. Mc. Graw-Hill, Kogakusha, Ltd. Tokyo.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Yaws. C. L. 1996. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.