

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM LAKTAT
DARI MOLASES DAN SODIUM HIDROKSIDA (NaOH)
KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN
(Skripsi)**

**Tugas Khusus
Perancangan Reaktor Acidifier (RE-301)**

**Oleh:
Galuh Saputra
(1955041003)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

ABSTRACT

MANUFACTURE OF SODIUM LACTATE FROM MOLASES AND SODIUM HIDROXIDE (NaOH) CAPACITY OF 15.000 TONS/YEAR (Design of Reactor Acidifier (RE-301))

Written By:
Galuh Saputra

Design of Sodium lactate plant made from molasses and NaOH is planned to be established in Central Lampung, Lampung. The establishment of the factory is based on consideration of the availability of raw materials, process support units, adequate transportation, easily available labor, and strategic environmental conditions. The plant is planned to produce 15,000 tons of sodium lactate/year, with an operating time of 24 hours/day, for 300 days/year. The raw material used is Molasses as much as 150,000 kg / batch. In the process of making lactic acid through a batch process for 20 hours, the feed is entered in batches, and when the process of making sodium lactate, the lactic acid produced will be flowed in hours. The process of making sodium lactate requires a solution of Sodium hydroxide NaOH, as a mixture in the manufacture of Sodium lactate as much as 1,791.72 kg/hour. The provision of factory utility needs consists of water supply units, steam procurement, air supply, electricity supply units, and sewage treatment units.

The form of the company is a Limited Liability Company (Ltd) using a line and staff company organizational structure with a total of 185 workers.

From economic analysis, it is obtained that :

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp. 1.315.326.212.240,48
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp. 232.116.390.395,38
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp. 1.547.442.602.635,86
Break Even Point	(BEP)	= 42,33%
Shut Down Point	(SDP)	= 29,61%
Pay Out Time	(POT) ^a	= 1,88 years
Return on Investment before taxes	(ROI) ^b	= 45,79%
Return on Investment after taxes	(ROI) ^a	= 36,64%
Discounted Cash Flow	(DCF)	= 44,99%

Considering the explanation above, it is appropriate for the establishment of a Sodium lactate plant to be studied further, because it has high profits in the future.

Keywords: Sodium Lactate, Molases, NaOH, Design, Feasibility.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM LAKTAT DARI MOLASES DAN SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor Acidifier (RE-301))

Oleh:
Galuh Saputra

Prarancangan Pabrik Sodium Laktat berbahan baku molases dan NaOH direncanakan akan didirikan di Lampung tengah, Lampung. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, unit penunjang proses, transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan, dan kondisi lingkungan yang strategis. Pabrik yang direncanakan memproduksi Sodium laktat sebanyak 15.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, selama 300 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Molases sebanyak 150.000 kg/batch. Pada proses pembuatan asam laktat melalui proses semi batch selama 20 jam maka umpan yang dimasukkan dalam satuan batch, dan ketika proses pembuatan sodium laktat, asam laktat yang dihasilkan akan dialirkan dalam satuan jam. Proses pembuatan sodium laktat membutuhkan larutan Sodium hidroksida NaOH, sebagai campuran pada pembuatan Sodium laktat sebanyak "1.791,72 kg/jam". Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan steam, pengadaan udara, unit penyediaan listrik, dan unit pengolahan limbah.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi perusahaan line dan staff dengan jumlah karyawan sebanyak 185 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh :

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp. 1.315.326.212.240,48
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp. 232.116.390.395,38
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp. 1.547.442.602.635,86
Break Even Point	(BEP)	= 42,33%
Shut Down Point	(SDP)	= 29,61%
Pay Out Time	(POT) ^a	= 1,23 tahun
Return on Investment before taxes	(ROI) ^b	= 45,79%
Return on Investment after taxes	(ROI) ^a	= 36,64%
Discounted Cash Flow	(DCF)	= 44,99%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Sodium laktat dikaji lebih lanjut, karena memiliki keuntungan yang tinggi dimasa mendatang.

Kata kunci : Sodium Laktat, Molases, NaOH, Prarancangan, Kelayakan.

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM LAKTAT
DARI MOLASES DAN SODIUM HIDROKSIDA (NaOH)
KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor Acidifier (RE-301))**

**Oleh:
Galuh Saputra
(1955041003)**

(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
2023**

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK SODIUM LAKTAT
DARI MOLASES DAN SODIUM HIDROKSIDA
(NaOH) KAPASITAS PRODUKSI 15.000
TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor
Acidifier (RE-301))**

Nama Mahasiswa

: Galuh Saputra

No. Pokok Mahasiswa

: 1955041003

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



Dr.Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.
NIP. 197208252000032001

Dr. Ellda Purba, S.T., M.Sc.
NIP. 196809021997022005

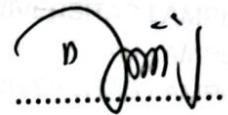
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

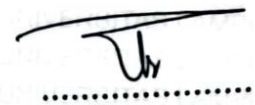
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr.Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.



Sekretaris : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.



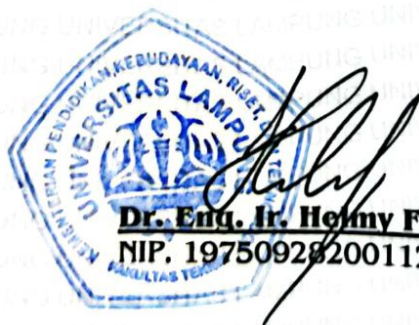
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.T.**



Muhammad Haviz, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 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

Bandar Lampung, 22 Januari 2024



Galuh's

Galuh Saputra

NPM. 1955041003

RIWAYAT HIDUP



Galuh Saputra, penulis dilahirkan di Kota Baturaja, Sumatera Selatan pada tanggal 10 Agustus 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan bapak (alm) Nariyo HS, S.H. dan ibu Lilik Indra Wati. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak - Kanak Lubuk Makmur, pada tahun 2006, Sekolah Dasar di SDN 1 Lubuk Makmur diselesaikan pada tahun

2013, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Lempuing Jaya diselesaikan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 4 Metro pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN). Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Pertamina Lubricants Produksi Unit Jakarta (PUJ), Jakarta Utara dengan Tugas Khusus "Evaluasi Kinerja (Performance) Heat Exchanger Pada Tangki TO-16 Untuk Aditif AP-93163". Pada tahun 2022 penulis melakukan penelitian dengan judul "Imobilisasi Enzim Glukoamilase Pada Silika MCF Asal Abu Ketel Kelapa Sawit Untuk Hidrolisis Pati Sorgum " di Laboratorium Teknik Bioproses dan Enzimatik Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Wakil Sekretaris pada Unit Kegiatan Mahasiswa Panahan Universitas Lampung (UKM Panahan Unila) periode 2022. Kepala Departemen Akademi dan Riset pada Forum Silaturahmi Fakultas Teknik (Fossi-FT) periode 2021. Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung periode 2020 dan 2021, Staff Dinas Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) periode 2020, dan Staff Akademi dan Riset Forum Silaturahmi Fakultas Teknik (Fossi-FT) periode 2020.

Motto dan Persembahan

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya..."

(QS. Al-Baqarah: 286)

"Maka Sesungguhnya Setelah Kesulitan Akan ada Kemudahan dari Pertolongan NYA."

(QS. Al Insyirah: 5)

"Always Believe in Your Dreams, Because If You Don't, You Will Still Have Hope"

(Mahatma Gandhi)

"Sciences is a Provision For The Future Masses, Without Sciences Everything Will be Difficult"

(Albert Einstein)

Sebuah Karyaku....

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT,

*Karena izin-Nya, semua ini dapat terwujud.
Atas nikmat dan karunia-Nya yang aku dapatkan
Atas kekuatan dari-Nya, aku bisa tetap tegar.*

(Alm Ayah), Ibu, dan Seluruh Keluargaku

*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.*

Guru-guruku

*sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan*

Diri Sendiri,

Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah dan tetap berjuang sampai akhir, sesulit apapun cobaan dalam proses penyusunan tugas akhir ini tetap dihadapi dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin.

Sahabat-sahabatku,

Terima kasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya serta waktu bersama selama ini.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga kelak berguna dikemudian hari

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim...

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Prarancangan Pabrik Sodium Laktat dari Molase dan Sodium Hidroksida (NaOH) Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu dari mata kuliah wajib sebagai syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya dan dapat memberikan ilmu yang baru mengenai prarancangan pabrik sodium laktat dari molase dan sodium hidroksida.

Bandar Lampung, 22 Januari 2024

Penulis



Galuh Saputra

1955041003

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan banyak kenikmatan dan segalanya yang membuat penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik, yang berjudul "Prancangan Pabrik Sodium Laktat dari Asam laktat dan NaOH dengan kapasitas 15.000 Ton/Tahun" dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis menyadari banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak selama pelaksanaan dan pengerjaan laporan tugas akhir ini. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang, khususnya Mama (Lilik Indrawati) yang selalu memberikan dukungan, doa dan semangat selama pelaksanaan penelitian dengan baik, serta papa (alm Nariyo, H.S, S.H.) yang memberikan motivasi untuk terus menuntut ilmu dibidang yang penulis sukai.
2. Keluarga Besar tercinta, terimakasih telah memberikan doa dan semangat yang luar biasa dan semoga tetap dalam lindungan Allah SWT.
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberikan saya arahan, serta menjadi Pembimbing Akademik yang telah yang telah memberikan saya arahan dan semangat
4. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang memberikan petunjuk dan bimbingan dalam penyelesaian laporan ini.

5. Ibu Dr. Elida Purba, S. T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan petunjuk dan bimbingan dalam penyelesaian laporan ini.
6. Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang memberikan arahan, solusi, dan masukkan dalam penyusunan laporan.
7. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang memberikan arahan, solusi, dan masukkan dalam penyusunan laporan.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang bermanfaat.
9. *Partner* Penelitian Ketrine Shapa Vitaloka, terimakasih untuk dukungannya.
10. Teman-teman yang telah membantu jalannya penyelesaian laporan ini.
11. *Partner* Tugas Akhir Sekaligus sahabat saya selama kuliah di Teknik kimia 4 tahun ini Sona Erlangga, terimakasih untuk bantuan, dukungan, semangat serta doanya.
12. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia Unila angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dan semangat, serta

Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini.

DAFTAR ISI

COVER	i
ABSTRACT (ENGLISH)	ii
ABSTRAK (INDONESIA)	iii
COVER DALAM	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xii
UCAPAN TERIMAKASIH	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR TABEL	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	3
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	4
1.3.1. Bahan Baku Utama	4
1.3.2. Bahan Pendukung	5
1.4. Kapasitas Perancangan Produk	6
1.5. Lokasi Pabrik	8
1.5.1. Ketersediaan bahan baku.....	8
1.5.2. Sarana Transportasi	9
1.5.3. Pemasaran Produk.....	9
1.5.4. Unit Penunjang (Utilitas)	10
1.5.5. Tenaga Kerja dan Ahli	10
1.5.6. Sosial dan Lingkungan	11
1.5.7. Kondisi Daerah dan Kondisi Tanah	11
BAB II DESKRIPSI PROSES	13
2.1. Proses Pembuatan Sodium Laktat	13

2.1.1.	Proses Sintesis.....	14
2.1.2.	Proses Fermentasi	15
2.2.	Tinjauan Proses.....	18
2.2.1.	Perhitungan ekonomi kasar	18
2.2.2.	Tinjauan Berdasarkan Termodinamika	23
2.3.	Uraian Proses	30
2.4.	Diagram Alir Proses	34
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK		35
3.1.	Bahan Baku Utama.....	35
3.1.1.	Molasses	35
3.1.2.	Sodium Hidroksida	36
3.2.	Bahan Baku Penunjang.....	37
3.2.1.	Air	37
3.2.2.	Asam Sulfat.....	37
3.2.3.	Kalsium Hidroksida	38
3.2.4.	Bakteri <i>Lactobacillus delbrueckii</i>	38
3.3.	Produk Utama	39
3.3.1.	Sodium laktat	39
3.4.	Produk Antara	39
3.4.1.	Kalsium Laktat	39
3.4.2.	Asam Laktat	40
3.5.	Produk Samping	40
3.5.1.	Kalsium Sulfat.....	40
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI		41
4.1.	Neraca Massa	42
4.1.1.	Reaktor Hidrolisis (RE-101)	42
4.1.2.	Holding Tank (HT-101)	42
4.1.3.	Culture Tank (CT-201)	43
	Gambar 4.3. Neraca massa culture tank (CT-201)	43
4.1.4.	Fermentor (RE-201)	44
4.1.5.	<i> Holding Tank</i> (HT-201)	45
4.1.6.	<i> Centrifuge</i> (CG-201)	46
4.1.7.	Membran Filter (M-201)	47
4.1.8.	Mixing Tank (MT-301).....	48

4.1.9.	Reaktor <i>Acidifier</i> (RE-301).....	49
4.1.10.	<i>Rotary Vacuum Filter</i> (RVF-301).....	50
4.1.11.	<i>Recycle Acidifier</i>	51
4.1.12.	<i> Holding Tank</i> (HT-301).....	52
4.1.13.	Evaporator (EV-301).....	52
4.1.14.	Cooler (C-301).....	53
4.1.15.	Dissolving Tank (DT-401).....	54
4.1.16.	Reaktor 401 (RE-401).....	55
4.1.17.	Evaporator (EV-401).....	56
4.1.18.	Cooler (C-401).....	57
4.1.19.	<i>Storage Tank</i> (ST-501).....	58
4.2.	Neraca Energi	59
4.2.1.	Reaktor Hidrolisis (RE-101).....	59
4.2.2.	Culture Tank (CT-201).....	60
4.2.3.	Fermentor (RE-201).....	61
4.2.4.	<i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	62
4.2.5.	Reaktor <i>Acidifier</i> (RE-301).....	63
4.2.6.	<i>Heater</i> (H-301).....	64
4.2.7.	<i>Rotary vacuum filter</i> (RVF-301).....	65
4.2.8.	Evaporator (EV-301).....	66
4.2.9.	Condensor (CD-301).....	67
4.2.10.	Cooler (C-301).....	68
4.2.12.	Reaktor NaOH (RE-401).....	70
4.2.13.	Evaporator (EV-401).....	71
4.2.14.	Condensor (CD-401).....	72
4.2.15.	Cooler (C-401).....	73
BAB V	SPESIFIKASI ALAT	74
5.1.	Alat Proses	74
5.2.1.	Storage Tank Molasses (ST-101)	74
5.2.2.	Reaktor Hidrolisis (RE-101)	75
5.2.3.	 Holding Tank (HT-101)	76
5.2.4.	Storage Tank Ca(OH)₂ (ST-201)	77
5.2.5.	Culture Tank (CT-201)	78
5.2.6.	Fermentor (RE-201)	79

5.2.7.	Holding Tank (HT-201)	80
5.2.8.	Centrifuge (CG-201)	81
5.2.9.	Membran Filter (M-201)	81
5.2.10.	Mixing Tank (MT-301)	82
5.2.11.	Reaktor Acidfier (RE-301)	83
5.2.12.	Heater (H-301)	84
5.2.13.	Rotary Vacuum Filter (RVF-301)	84
5.2.14.	Holding Tank (HT-301)	85
5.2.15.	Evaporator (EV-301)	86
5.2.16.	Condenser (CD-301)	86
5.2.17.	Cooler (C-301)	87
5.2.18.	Dissolving Tank (DT-401)	88
5.2.19.	Reaktor 401 (RE-401)	89
5.2.20.	Evaporator (EV-401)	90
5.2.21.	Condenser (CD-401)	90
5.2.22.	Cooler (C-401)	91
5.2.23.	Storage Tank (ST-501)	92
5.2.24.	Pompa (PP-1)	93
5.2.25.	Pompa (PP-2)	94
5.2.26.	Pompa (PP-3)	95
5.2.27.	Pompa (PP-4)	96
5.2.28.	Pompa (PP-5)	97
5.2.29.	Pompa (PP-6)	98
5.2.30.	Pompa (PP-7)	99
5.2.31.	Pompa (PP-8)	100
5.2.32.	Pompa (PP-9)	101
5.2.33.	Pompa (PP-10)	102
5.2.34.	Pompa (PP-11)	103
5.2.35.	Pompa (PP-12)	104
5.2.36.	Pompa (PP-13)	105
5.2.37.	Pompa (PP-14)	106
5.2.38.	Pompa (PP-15)	107
5.2.39.	Pompa (PP-16)	108
5.2.40.	Pompa (PP-17)	109

5.2.41.	Pompa (PP-18)	110
5.2.42.	Pompa (PP-19)	111
5.2.43.	Pompa (PP-20)	112
5.2.44.	Pompa (PP-21)	113
5.2.45.	Pompa (PP-22)	114
5.2.46.	Pompa (PP-23)	115
5.2.	Alat Utilitas.....	116
5.2.1.	Bak Sedimentasi (BS-111)	116
5.2.2.	Pot Feeder Alum (PF-211).....	117
5.2.3.	Pot Feeder Kaporit (PF-212).....	118
5.2.4.	Tangki Soda Kaustik (ST-211).....	119
5.2.5.	Clarifier (CL-211)	120
5.2.6.	Sand Filter (SF-311).....	121
5.2.7.	Tangki Air Filter (ST-311)	122
5.2.8.	Hot Basin (HB-411).....	123
5.2.9.	Pot Feeder Dispersant (PF-411).....	124
5.2.10.	Pot Feeder Inhibitor (PF-412).....	125
5.2.11.	Cooling Tower (CT-411).....	126
5.2.12.	Cold Basin (CB-411).....	127
5.2.13.	Storage Tank H ₂ SO ₄ (ST-511).....	128
5.2.14.	Cation Exchanger (CE-511)	129
5.2.15.	Anion Exchanger (AE-512).....	130
5.2.16.	Storage Tank Air Demin (ST-611).....	131
5.2.17.	Storage Tank Hidrazin (ST-121).....	132
5.2.18.	Deaerator (DA-121)	133
5.2.19.	Storage Tank Bahan Bakar (ST-221).....	134
5.2.20.	Boiler (BO-221).....	135
5.2.21.	Storage Tank Kondensat (ST-321)	136
5.2.22.	Mixed Bed Polisher (MBP-321).....	137
5.2.23.	Pompa Utilitas 1 (PU-1)	138
5.2.24.	Pompa Utilitas 2 (PU-2)	139
5.2.25.	Pompa Utilitas 3 (PU-3)	140
5.2.26.	Pompa Utilitas 4 (PU-4)	141
5.2.27.	Pompa Utilitas 5 (PU-5)	142

5.2.28.	Pompa Utilitas 6 (PU-6)	143
5.2.29.	Pompa Utilitas 7 (PU-7)	144
5.2.30.	Pompa Utilitas 8 (PU-8)	145
5.2.31.	Pompa Utilitas 9 (PU-9)	146
5.2.32.	Pompa Utilitas 10 (PU-10)	147
5.2.33.	Pompa Utilitas 11 (PU-11)	148
5.2.34.	Pompa Utilitas 12 (PU-12)	149
5.2.35.	Pompa Utilitas 13 (PU-13)	150
5.2.36.	Pompa Utilitas 14 (PU-14)	151
5.2.37.	Pompa Utilitas 15 (PU-15)	152
5.2.38.	Pompa Utilitas 16 (PU-16)	153
5.2.39.	Pompa Utilitas 17 (PU-17)	154
5.2.40.	Pompa Utilitas 18 (PU-18)	155
5.2.41.	Pompa Utilitas 19 (PU-19)	156
5.2.42.	Pompa Utilitas 20 (PU-20)	157
5.2.43.	Pompa Utilitas 21 (PU-21)	158
5.2.44.	Pompa Utilitas 22 (PU-22)	159
5.2.45.	Pompa Utilitas 23 (PU-23)	160
5.2.46.	Cyclone (CY-131)	161
5.2.47.	Air Dryer (AD-231)	162
5.2.48.	Air Compressor (AC-331).....	163
5.2.49.	Blower 1 (BU-1)	163
5.2.50.	Blower 2 (BU-2)	164
5.2.51.	Blower 3 (BU-3)	164
5.2.52.	Blower 4 (BU-4)	165
5.2.53.	Generator (GS-141)	165
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....		166
6.1.	Unit penyediaan air	166
6.1.1.	Air untuk penyediaan umum dan sanitasi	166
6.1.2.	Air pendingin	167
6.1.3.	Air umpan boiler	171
6.1.4.	Air Proses	173
6.1.5.	Air Hidran	174
6.2.	Penyediaan Steam	181

6.3.	Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	182
6.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar	182
6.5.	Unit Penyediaan Udara Instrument.....	182
6.6.	Unit Pengolahan Limbah	183
6.7.	Laboratorium	186
6.8.	Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	190
BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....		193
7.1.	Lokasi Pabrik	193
7.2.	Tata Letak Pabrik.....	198
7.3.	Perkiraan Areal Lingkungan.....	201
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN		205
8.1.	<i>Project Master Schedule</i>	205
8.2.	Bentuk Perusahaan.....	208
8.3.	Struktur Organisasi Perusahaan.....	210
8.4.	Tugas Dan Wewenang	213
8.5.	Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	223
8.6.	Pembagian Jam Kerja Karyawan	224
8.7.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Tenaga Kerja.....	226
8.8.	Kesejahteraan Karyawan	231
8.9.	Manajemen Produksi	235
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....		238
9.1.	Investasi	238
9.1.1.	<i>Fixed Capital Investment</i> (Modal Tetap)	238
9.1.2.	Working Capital Investment (Modal Kerja)	240
9.1.3.	Total Production Cost (TPC)	240
9.2.	Evaluasi Ekonomi	242
9.2.1.	<i>Return On Investment</i> (ROI)	242
9.2.2.	Pay Out Time (POT)	243
9.2.3.	<i>Break Even Point</i> (BEP).....	243
9.2.4.	<i>Shut Down Point</i> (SDP)	243
9.2.5.	Discounted Cash Flow (DCF).....	244
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN		246
10.1.	Kesimpulan.....	246
DAFTAR PUSTAKA		247

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Metode pembuatan asam laktat (a) sintesis (b) fermentasi	13
Gambar 2.3. Diagram alir pembuatan Sodium laktat.....	34
Gambar 4.1. Neraca massa reaktor hidrolisis (RE-101)	42
Gambar 4.4. Neraca massa bioreaktor 1 (RE-201)	44
Gambar 4.5. Neraca massa <i>holding tank</i> (HT-201).....	45
Gambar 4.6. Neraca massa Centrifuge (CG-201)	46
Gambar 4.7. Neraca massa membran filter (M-201)	48
Gambar 4.8. Neraca massa mixing tank (MT-301).....	48
Gambar 4.9. Neraca massa reaktor <i>acidifier</i> (RE-301).....	49
Gambar 4.10. Neraca massa <i>rotary vacuum filter</i> (RVF-301)	50
Gambar 4.11. Neraca massa <i>holding tank</i> (HT-301).....	52
Gambar 4.12. Neraca massa evaporator (EV-301).....	52
Gambar 4.13. Neraca massa cooler (C-301)	53
Gambar 4.14. Neraca massa dissolving tank (DT-401)	54
Gambar 4.15. Neraca massa reaktor 401 (RE-401)	55
Gambar 4.16. Neraca massa evaporator (EV-401).....	56
Gambar 4.17. Neraca massa cooler (C-401)	57
Gambar 4.18. Neraca massa <i>storage tank</i> (ST-501).....	58
Gambar 4.19. Neraca Energi <i>Reactor hidrolisis</i> (RE-101)	59
Gambar 4.20. Neraca Energi <i>Culture Tank</i> (CT-101)	60
Gambar 4.21. Neraca Energi <i>Culture Tank</i> (CT-101)	61
Gambar 4.22. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-301)	62
Gambar 4.23. Neraca Energi <i>Reactor Acidifier</i> (RE-301)	63
Gambar 4.24. Neraca Energi <i>Heater</i> (H-301)	64
Gambar 4.25. Neraca Energi <i>Rotary Vakum Filter</i> (RVF-301).....	65
Gambar 4.26. Neraca Energi <i>Evaporator</i> (EV-301).....	66
Gambar 4.27. Neraca Energi <i>Condensor</i> (CD-301).....	67
Gambar 4.28. Neraca Energi <i>Cooler</i> (C-301)	68
Gambar 4.29. Neraca Energi <i>Dissolving Tank</i> (DT-401).....	69
Gambar 4.30. Neraca Energi <i>Reactor NaOH</i> (RE-401).....	70
Gambar 4.31. Neraca Energi <i>Evaporator</i> (EV-401).....	71

Gambar 4.32. Neraca Energi <i>Condensor</i> (CD-401).....	72
Gambar 4.33. Neraca Energi <i>Cooler</i> (C-401)	73
Gambar. 6.1. Diagram Cooling Water System	171
Gambar. 6.3. Daerator	173
Gambar 7.1. Peta Provinsi Lampung	202
Gambar 7.2. Area Sungai Way Seputih – Lampung	202
Gambar 7.3. Tata letak Pabrik Sodium Laktat	203
Gambar 7.4. Tata letak Alat Pabrik Sodium Laktat.....	204
Gambar 9.4. Grafik Analisis Ekonomi Pabrik Sodium laktat	244
Gambar 9.5. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> Terhadap Umur Pabrik.....	245

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor Sodium Laktat.....	6
Tabel 2.1. Kemampuan bakteri <i>Lactobacillus</i> sp. mengolah bahan mentah	17
Tabel 2.2. Macam-macam bakteri penghasil asam laktat	17
Tabel 2.3. Harga bahan pada proses sintesis (Kurs \$1 = Rp. 15.100 (2023))	18
Tabel 2.4. Harga bahan pada proses fermentasi (Kurs \$1 = Rp. 15.100 (2023))..	20
Tabel 4.2. Neraca massa reaktor hidrolisis (RE-101)	42
Tabel 4.3. Neraca massa holding tank (HT-101).....	43
Tabel 4.4. Neraca massa culture tank (CT-201)	44
Tabel 4.5 Neraca massa bioreaktor 1 (RE-201)	45
Tabel 4.6. Neraca massa <i>holding tank</i> (HT-201).....	46
Tabel 4.7. Neraca massa Centrifuge (CG-201)	47
Tabel 4.8. Neraca massa membran filter (M-201)	48
Tabel 4.9. Neraca massa Mixing tank (MT-201).....	49
Tabel 4.10. Neraca massa reaktor <i>acidifier</i> (RE-301).....	49
Tabel 4.11. Neraca massa <i>rotary vacuum filter</i> (RVF-301)	50
Tabel 4.12. Neraca massa <i>recycle</i> ke reaktor <i>acidifier</i> (RE-301).....	51
Tabel 4.13. Neraca massa <i>recycle</i> menuju <i>rotary vacuum filter</i> (RVF-301).....	51
Tabel 4.14. Neraca massa per jam pada <i>holding tank</i> (HT-301)	52
Tabel 4.15. Neraca massa per jam pada evaporator (EV-301)	53
Tabel 4.16. Neraca massa per jam pada Cooler (C-301).....	53
Tabel 4.17. Neraca massa dissolving tank (DT-401).....	54
Tabel 4.18. Neraca massa reaktor 401 (RE-401)	55
Tabel 4.19. Neraca massa per jam pada evaporator (EV-401)	56
Tabel A.20. Neraca massa per jam pada Cooler (C-401).....	57
Tabel 4.21. Neraca massa per jam pada <i>storage tank</i> (ST-501).....	58
Tabel 4.22. Neraca panas reaktor hidrolisis (RE-101)	59
Tabel 4.23. Neraca panas Culture tank (CT-201).....	60
Tabel 4.24. Neraca panas fermentor (RE-201).....	61
Tabel 4.25. Neraca panas <i>Mixing Tank</i> (MT-201).....	62
Tabel 4.26. Neraca panas reaktor <i>acidifier</i> (RE-301).....	63
Tabel 4.27. Neraca panas <i>Heater</i> (H-301)	64

Tabel 4.28. Neraca panas <i>rotary vacuum filter</i> (RVF-301).....	65
Tabel 4.29. Neraca panas evaporator (EV-301)	66
Tabel 4.30. Neraca panas condensor (CD-301)	67
Tabel 4.31. Neraca panas <i>cooler</i> (C-301).....	68
Tabel 4.32. Neraca panas Dissolving Tank (DT-401)	69
Tabel 4.33. Neraca panas <i>Reactor NaOH</i> (RE-401)	70
Tabel 4.34. Neraca panas <i>Evaporator</i> (EV-401)	71
Tabel 4.35. Neraca panas <i>Condensor</i> (CD-401)	72
Tabel 4.36. Neraca panas <i>Cooler</i> (C-401).....	73
Tabel 5.1. Spesifikasi ST-101	74
Tabel 5.2. Spesifikasi RE-101	75
Tabel 5.3. Spesifikasi HT-101	76
Tabel 5.4. Spesifikasi ST-102.....	77
Tabel 5.5. Spesifikasi CT-201	78
Tabel 5.6. Spesifikasi RE-201	79
Tabel 5.7. Spesifikasi HT-201	80
Tabel 5.8. Spesifikasi CG-201	81
Tabel 5.9. Spesifikasi M-201	81
Tabel 5.10. Spesifikasi MT-301	82
Tabel 5.11. Spesifikasi RE-301	83
Tabel 5.12. Spesifikasi H-301	84
Tabel 5.13. Spesifikasi RVF-301.....	84
Tabel 5.14. Spesifikasi HT-301	85
Tabel 5.15. Spesifikasi EV-301	86
Tabel 5.16. Spesifikasi CD-301	86
Tabel 5.17. Spesifikasi C-301	87
Tabel 5.18. Spesifikasi DT-401	88
Tabel 5.19. Spesifikasi RE-401	89
Tabel 5.20. Spesifikasi EV-401	90
Tabel 5.21. Spesifikasi CD-401	90
Tabel 5.22. Spesifikasi C-401	91
Tabel 5.20. Spesifikasi ST-501	92
Tabel 5.24. Spesifikasi PP-1.....	93
Tabel 5.25. Spesifikasi PP-2.....	94

Tabel 5.26. Spesifikasi PP-3.....	95
Tabel 5.27. Spesifikasi PP-4.....	96
Tabel 5.28. Spesifikasi PP-5.....	97
Tabel 5.29. Spesifikasi PP-6.....	98
Tabel 5.30. Spesifikasi PP-7.....	99
Tabel 5.31. Spesifikasi PP-8.....	100
Tabel 5.32. Spesifikasi PP-9.....	101
Tabel 5.33. Spesifikasi PP-10.....	102
Tabel 5.34. Spesifikasi PP-11.....	103
Tabel 5.35. Spesifikasi PP-12.....	104
Tabel 5.36. Spesifikasi PP-13.....	105
Tabel 5.37. Spesifikasi PP-14.....	106
Tabel 5.38. Spesifikasi PP-15.....	107
Tabel 5.39. Spesifikasi PP-16.....	108
Tabel 5.40. Spesifikasi PP-17.....	109
Tabel 5.41. Spesifikasi PP-18.....	110
Tabel 5.42. Spesifikasi PP-19.....	111
Tabel 5.43. Spesifikasi PP-20.....	112
Tabel 5.44. Spesifikasi PP-21.....	113
Tabel 5.45. Spesifikasi PP-22.....	114
Tabel 5.46. Spesifikasi PP-23.....	115
Tabel 5.47. Spesifikasi BS-111.....	116
Tabel 5.48. Spesifikasi PF-211.....	117
Tabel 5.49. Spesifikasi PF-212.....	118
Tabel 5.50. Spesifikasi ST-211.....	119
Tabel 5.51. Spesifikasi CL-211.....	120
Tabel 5.52. Spesifikasi SF-311.....	121
Tabel 5.53. Spesifikasi ST-311.....	122
Tabel 5.54. Spesifikasi HB-411.....	123
Tabel 5.55. Spesifikasi PF-411.....	124
Tabel 5.56. Spesifikasi PF-412.....	125
Tabel 5.57. Spesifikasi CT-411.....	126
Tabel 5.58. Spesifikasi CB-411.....	127
Tabel 5.59. Spesifikasi ST-511.....	128

Tabel 5.60. Spesifikasi CE-511	129
Tabel 5.61. Spesifikasi AE-512	130
Tabel 5.62. Spesifikasi ST-611	131
Tabel 5.63. Spesifikasi ST-121	132
Tabel 5.64. Spesifikasi DA-121	133
Tabel 5.65. Spesifikasi ST-221	134
Tabel 5.66. Spesifikasi BO-221	135
Tabel 5.67. Spesifikasi ST-321	136
Tabel 5.68. Spesifikasi MBP-321	137
Tabel 5.69. Spesifikasi PU-1	138
Tabel 5.70. Spesifikasi PU-2	139
Tabel 5.71. Spesifikasi PU-3	140
Tabel 5.72. Spesifikasi PU-4	141
Tabel 5.73. Spesifikasi PU-5	142
Tabel 5.74. Spesifikasi PU-6	143
Tabel 5.75. Spesifikasi PU-7	144
Tabel 5.76. Spesifikasi PU-8	145
Tabel 5.77. Spesifikasi PU-9	146
Tabel 5.78. Spesifikasi PU-10	147
Tabel 5.79. Spesifikasi PU-11	148
Tabel 5.80. Spesifikasi PU-12	149
Tabel 5.81. Spesifikasi PU-13	150
Tabel 5.82. Spesifikasi PU-14	151
Tabel 5.83. Spesifikasi PU-15	152
Tabel 5.84. Spesifikasi PU-16	153
Tabel 5.85. Spesifikasi PU-17	154
Tabel 5.86. Spesifikasi PU-18	155
Tabel 5.87. Spesifikasi PU-19	156
Tabel 5.88. Spesifikasi PU-20	157
Tabel 5.89. Spesifikasi PU-21	158
Tabel 5.90. Spesifikasi PU-22	159
Tabel 5.91. Spesifikasi PU-23	160
Tabel 5.92. Spesifikasi CY-131	161
Tabel 5.93. Spesifikasi AD-231	162

Tabel 5.94. Spesifikasi AC-331.....	163
Tabel 5.95. Spesifikasi BU-1	163
Tabel 5.96. Spesifikasi BU-2	164
Tabel 5.97. Spesifikasi BU-3	164
Tabel 5.98. Spesifikasi BU-4	165
Tabel 5.99. Spesifikasi GS-141	165
Tabel 6.1. Kebutuhan air umum.....	167
Tabel 6.2. Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin.....	169
Tabel 6.3.Peralatan yang Membutuhkan Steam	172
Tabel 6.4. Peralatan yang Menggunakan Air Proses.....	173
Tabel 6.5. Kebutuhan air hidran	174
Tabel.6.6. Kebutuhan Air Pabrik.....	174
Tabel 7.1. Rincian luas bangunan	201
Tabel 8.1. Project Master Schedule of Sodium Laktat Plant.....	207
Tabel 8.2. Jadwal Kerja Regu Shift.....	226
Tabel 8.3. Perincian Tingkat Pendidikan.....	227
Tabel 8.4. Jumlah operator berdasarkan jenis alat proses	228
Tabel 8.5. Jumlah operator berdasarkan jenis alat utilitas	229
Tabel 8.6. Penggolongan Tenaga Kerja.....	230
Tabel 9.1. Perincian TCI Pabrik Sodium Laktat	239
Tabel 9.2. Manufacturing Cost.....	241
Tabel 9.3 General Expenses	242
Tabel 9.4. Hasil analisis kelayakan	245

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan pertumbuhan yang lebih tinggi di semua sektor, termasuk sektor industri, diharapkan Indonesia dapat menjadi negara maju dan dapat meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian nasional. Pertumbuhan industri di Indonesia, khususnya pada sektor industri kimia, meningkat baik dalam pembuatan barang jadi maupun yang memasok bahan baku ke sektor lainnya. Pertumbuhan ekonomi dan industri diantisipasi akan meningkat oleh pengembangan sektor kimia. Pengembangan kawasan industri Indonesia akan difokuskan pada empat sektor utama, yaitu makanan dan minuman, fashion, farmasi, dan kosmetik, tegas koordinator kementerian perekonomian Airlangga Hartanto. Industri farmasi telah berubah secara dramatis selama sepuluh tahun terakhir belakangan ini. Pasar farmasi Indonesia telah berubah akibat pandemi COVID-19.

Menurut *Fitch Solutions*, Indonesia diperkirakan akan menjadi negara dengan pertumbuhan sektor farmasi tercepat di kawasan Asia Tenggara (Tommy Kuncara, et al. 2020). Kebutuhan bahan baku produksi akan meningkat seiring dengan ekspansi dan perkembangan industri farmasi di Indonesia. Pandemi COVID-19, menurut mantan Menteri Kesehatan RI Terawan Agus Putranto, telah memberikan peluang untuk mempromosikan produk farmasi dalam negeri dan penggunaan bahan baku lokal dalam proses pembuatan farmasi (Tommy Kuncara, et al. 2020).

Secara mandiri, industri farmasi nasional menghadapi tantangan dalam memperoleh bahan baku, yang akan berdampak pada jumlah impor bahan baku. Sebanyak 95% bahan baku yang digunakan oleh perusahaan farmasi di Indonesia adalah barang impor, menurut informasi dari Kementerian Perindustrian. Paket Kebijakan Ekonomi (PKE) XVI pemerintah bertujuan untuk menangkal tekanan ekonomi daerah dan menurunkan permintaan impor. Sodium laktat merupakan salah satu bahan baku utama sektor kimia yang diimpor ke dalam negeri. (Badan Pusat Statistik, 2020).

Sodium laktat adalah salah satu produk kimia yang masih impor, sodium Laktat ialah senyawa anorganik dengan rumus $C_3H_5NaO_3$. Sodium Laktat merupakan garam alami yang berasal dari fermentasi asam laktat dari sumber gula dan kemudian asam laktat yang dihasilkan dinetralkan dengan natrium hidroksida menghasilkan senyawa sodium laktat atau natrium laktat. Ketika asam laktat dinetralkan dengan NaOH, natrium laktat diproduksi sebagai produk sampingan.

Molase, yang merupakan produk fermentasi gula, dapat digunakan untuk membuat asam laktat. Produk sampingan dari produksi gula tebu, molase berbentuk cairan coklat kental. Potensi molase sebagai bahan baku industri di tanah air belum sepenuhnya terealisasi. Mayoritas molase yang dihasilkan dikirim ke berbagai negara. Melalui perkembangan proses teknologi dalam produksi natrium laktat, teknologi molase, yang selama ini menjadi pemborosan bisnis gula, sedang terdiversifikasi. Penggunaan bioteknologi yang menggunakan bakteri dalam proses pengolahan untuk menciptakan natrium laktat merupakan salah satu cara teknologi molase diversifikasi. Hal ini dianggap dapat meningkatkan nilai ekonomi molase itu sendiri.

Sodium laktat merupakan salah satu bahan kimia yang sangat berpotensi untuk diproduksi sejauh ini sesuai dengan kebutuhan industri. Sampai saat ini belum terdapat produksi Sodium laktat di dalam negeri, sehingga untuk memenuhi permintaan, Indonesia masih perlu mengimpor dari luar negeri. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik sodium laktat yang diharapkan dapat memenuhi konsumsi dalam negeri dalam segala sektor industri, selain itu juga dapat menghemat devisa negara.

1.2. Kegunaan Produk

Sodium Laktat merupakan produk intermediet yang di dapat dari asam laktat. Beberapa manfaat berbeda dapat dilakukan dengan menggunakan sodium laktat. Sodium laktat diproduksi dengan tingkat kemurnian 60% dengan meninjau kebutuhan pasar yang dapat diaplikasikan pada industri farmasi, kosmetik, dan makanan.

Salah satu bahan dalam infus ringer laktat adalah sodium laktat. Sebagai obat-obatan yang sering digunakan oleh berbagai fasilitas kesehatan, ringer laktat dapat digunakan untuk pengobatan umum seperti pada luka bakar, anestesi, diare, aritmia, cairan intravena, dan cairan preload dalam operasi (Leksana, 2006). Ketika seseorang kehilangan cairan tubuh yang terlalu banyak karena suatu penyakit, perdarahan, muntah, atau penyakit lain, infus laktat ringer dilakukan sebagai bantuan pertama. Setiap kemasan ringer laktat dengan volume 500 ml mengandung sekitar 0,6% natrium klorida (NaCl); 0,25% sodium laktat ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$); 0,04% kalium klorida (KCl); dan 0,027% kalsium klorida (CaCl_2) (Pusat Informasi Obat Nasional Badan POM RI, 2015).

Karena dapat menghentikan pertumbuhan dan membunuh bakteri gram negatif yang dapat merusak daging, Sodium laktat digunakan sebagai pengawet daging. Bakteri pembusuk lebih efektif dihambat oleh garam asam laktat seperti Sodium laktat daripada oleh asam laktat murni. Karena sifat dari sodium laktat dapat menyerap kelembaban dengan cepat, lotion selain yang mengandung gliserin juga menggunakan sodium laktat sebagai pelembab.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

1.3.1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi Sodium laktat pada prarancangan pabrik ini yaitu molase dan Natrium Hidroksida (NaOH). Bahan baku tersebut diperoleh dari beberapa industri yang ada di Indonesia.

1. Molase, diperoleh dari produk samping pabrik gula. Lampung secara intensif melakukan berbagai upaya pengembangan perluasan areal dan produksi tebu. Perkebunan tebu di Provinsi Lampung terdiri dari tiga bentuk perkebunan yaitu Perkebunan Besar Negara (PBN), Perkebunan Besar Swaata (PBS), dan Perkebunan Rakyat (PR). Di provinsi Lampung terdapat 4 pabrik gula besar yang memiliki kapasitas lebih dari 80.000 ton/tahun. Hal tersebut dapat menyuplai kebutuhan molasses sebagai bahan baku utama pembuatan Sodium Laktat. Beberapa pabrik di provinsi Lampung diantaranya :

- PT. Gunung Madu Plantation (GMP)

Kapasitas gilingan 20.000 TCD/MT dengan luas lahan yaitu 35.000 ha, produksi gula putih sebesar 200.000 ton/tahun.

- Sugar Group Company

Memiliki luas 60.000 ha berkapasitas 500.000 ton/tahun dengan cabang Pabrik Mataram, PT. Sweetindo Lampung, dan PT. Indo Lampung Perkasa.

- PTPN VII Lampung

Memiliki luas lahan perkebunan 24.000 ha dengan produksi gula yang mencapai 130.000 ton/tahun, di produksi di PT. Bunga Mayang Cinta Manis.

- PT. Pemuka Sakti Manis Indah

Kapasitas gilingan 16.000 TCD (*Ton Cane per Day*) dengan luas lahan 30.000 ha dan 12.000 ha lahan cadangan. Menghasilkan gula putih sebanyak 82.000 ton/tahun.

2. Sodium Hidroksida (NaOH), diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical, Serang, Banten dengan kapasitas produksi NaOH sebesar 700.000 ton/tahun.

1.3.2. Bahan Pendukung

1. Asam Sulfat (H_2SO_4) diperoleh dari PT. Indonesian Acids Industry yang berlokasi di Jakarta Timur, DKI Jakarta dengan kapasitas produksi pabrik ini sebesar 82.500 ton/tahun.
2. Kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ diperoleh dari PT Semesta Jaya Abadi dengan kapasitas 245.000 ton/tahun yang letaknya berada di Surabaya atau PT. Maju Anugerah Mandiri dengan kapasitas 170.000 ton/tahun yang letaknya berada di Jakarta Selatan.

1.4. Kapasitas Perancangan Produk

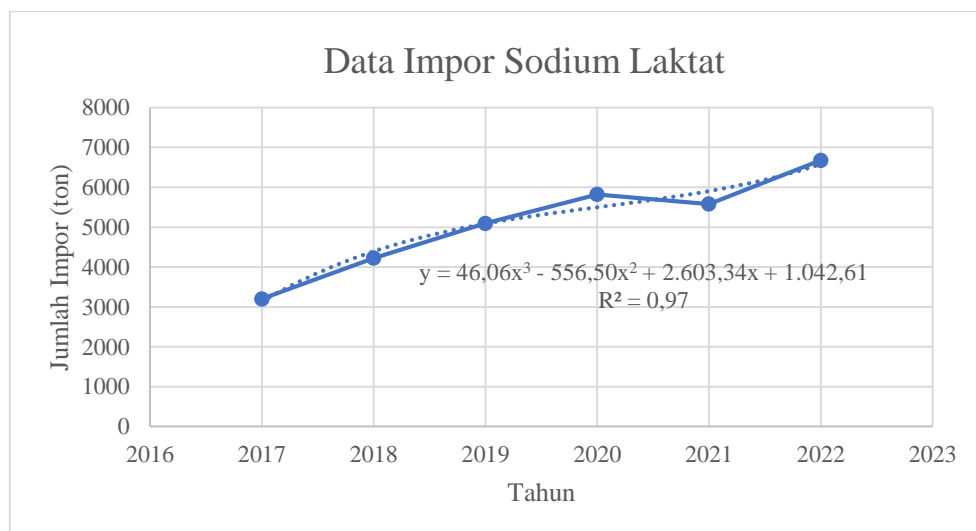
Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam prarancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi maka peluang keuntungan juga semakin besar. Kapasitas produksi yang direncanakan berdasarkan pertimbangan data impor sodium laktat pada Tabel 1.1. berikut.

Tabel 1.1. Data Impor Sodium Laktat

Tahun	Jumlah Impor (kg)	Jumlah Impor (Ton)
2017	3.201.641	3.202
2018	4.225.151	4.225
2019	5.092.951	5.093
2020	5.822.607	5.823
2021	5.578.838	5.579
2022	6.675.418	6.675

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Data tersebut dibuat grafik pada microsoft excel untuk memprediksi impor sodium laktat pada tahun 2028 dengan metode regresi.



Gambar 1.1. Data Impor Sodium Laktat

Pada Gambar 1.1. dengan menggunakan metode regresi polynomial orde 3 diperoleh hasil :

$$y = 46,06x^3 - 556,50x^2 + 2.603,34x + 1.042,61$$

dengan kolerasi $R^2 = 0,97$

Di mana y adalah jumlah impor (ton) sodium laktat pada tahun x sedangkan x adalah tahun yang akan diprediksi jumlah impor sodium laktat. Dari perolehan persamaan di atas dapat diprediksi jumlah impor sodium laktat di Indonesia pada tahun 2028 adalah 31.738 ton.

Jumlah produksi sodium laktat di dalam negeri masih belum ada saat ini karena di Indonesia belum memiliki pabrik sodium laktat, sehingga jumlah ekspor juga tidak ada. Sesuai dengan Pasal 17 Ayat 2 Poin C Undang-Undang Republik Indonesia No. 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat, pabrik sodium laktat yang akan dirancang memiliki rencana kapasitas tidak melebihi dari 50% total prediksi impor sodium laktat di Indonesia untuk menghindari monopoli perdagangan. Maka dapat ditentukan kapasitas pendirian pabrik sodium laktat pada tugas akhir ini adalah 15.000 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan di atas dengan kapasitas produksi sodium laktat sebesar 15.000 ton/tahun diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan Sodium laktat di Indonesia sehingga mengurangi impor dari luar negeri.
2. Memberi kesempatan pada industri-industri yang menggunakan sodium laktat untuk mengembangkan produksinya lebih mudah karena dapat memperoleh bahan baku sodium laktat dengan lebih murah tanpa harus mengimpor.

1.5. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang terpenting dalam menunjang proses produksi dan pemasaran, hal ini diperuntukkan untuk kemajuan pabrik di masa yang akan datang. Penentuan pabrik sangat berpengaruh pada kegiatan industri. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan biaya produksi dan distribusi yang minimum, sehingga akan diperoleh profit yang maksimal.

Berdasarkan hal tersebut, pabrik sodium laktat akan direncanakan didirikan dekat dengan lokasi pemasok bahan baku dan beberapa sektor seperti transportasi, pemasaran dan unit penunjang utilitas yang bertempat di daerah Gunung Batin, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung dan di daerah Anyar, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Penempatan ini berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut.

1.5.1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku menjadi faktor utama dalam kelangsungan produksi suatu pabrik. Dengan pertimbangan tersebut maka kawasan Gunung Batin, Kabupaten Lampung tengah, menjadi pilihan strategis. Bahan baku utama dari pabrik Sodium laktat ini adalah molase, yang merupakan produk samping dari industri pembuatan gula. Terdapat 4 pabrik gula terbesar di Lampung yaitu PT Gunung Madu Plantation, Sugar Group Company, PTPN VII, dan PT. Pemuka Sakti Manis Indah. Sedangkan untuk kebutuhan bahan baku lainnya seperti Sodium hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical, Serang, Banten.

Bahan penunjang lain seperti Asam Sulfat didapatkan dari PT. Indonesian Acids Industry di Jakarta timur dan Kalsium Hidroksida dari PT Semesta Jaya Abadi di Surabaya atau PT. Maju Anugerah Mandiri di Jakarta Selatan.

1.5.2. Sarana Transportasi

Ketersediaan transportasi mendukung distribusi produk dan bahan baku baik meliputi jalur darat maupun laut. Sehingga daerah yang akan dijadikan lokasi pabrik haruslah memiliki fasilitas transportasi yang memadai dan biaya distribusi dapat ditekan seminimal mungkin. Lampung merupakan daerah yang cukup strategis dalam hal transportasi, Kabupaten Lampung Tengah merupakan kawasan industri perkebunan di Lampung yang tergolong ramai dan dekat dengan ibukota provinsi yaitu Bandar Lampung yang memiliki koneksi pasar yang luas. Beberapa fasilitas transportasi mendukung yaitu, Jalan raya Lintas Sumatera, Jalan Tol Lampung – Palembang, Bandar Udara Internasional Raden Inten II, Pelabuhan Panjang, dan Pelabuhan Bakauheni. Sehingga, distribusi produk dan bahan baku dapat dilakukan dengan efisien. Sedangkan pada daerah Anyar, terdapat Jalan raya Anyer, Jalan Tol Merak-Jakarta, Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, Pelabuhan Merak.

1.5.3. Pemasaran Produk

Tujuan pabrik didirikan adalah untuk memenuhi kebutuhan sodium laktat di dalam negeri yaitu sebagai bahan baku atau tambahan dalam pembuatan produk dibidang farmasi, kosmetik, dan makanan. Perusahaan besar dibidang farmasi, kosmetik dan makanan, berada di pulau Jawa yang merupakan pusat industri di Indonesia. Selain itu dapat menyebarkan ke seluruh pulau Sumatera dan daerah lain di Indonesia karena terhubung dengan transportasi yang memadai di daerah Lampung dan Banten. Letak pabrik yang strategis menjadi keuntungan, dan menyuplai kebutuhan Sodium Laktat di Indonesia dibidang farmasi, kosmetik, dan

makanan diperlukan lokasi di Gunung Batin, Lampung, dan Anyer, Banten dapat menjangkau pabrik produsen bahan bahan di atas.

1.5.4. Unit Penunjang (Utilitas)

Unit penunjang operasi produksi pabrik sangat penting untuk menyediakan kebutuhan, kebutuhan tersebut seperti air, listrik, bahan bakar, dan pengolahan limbah. Sumber air sangat berlimpah di Gunung Batin, Lampung Tengah karena dialirin oleh beberapa sungai, sungai tersebut yaitu Sungai Way Pengubuan. Listrik dipenuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang jaringannya terhubung antara Sumatera – Jawa, dan generator yang akan diusahakan atau panel surya yang akan dipasang di beberapa tempat untuk karena intensitas cahaya yang cukup tinggi di daerah Lampung Tengah. Bahan bakar diperoleh dari PT. Pertamina Refinery Unit III Plaju, Palembang. Sedangkan pada daerah Anyer terdapat Sungai Anyer dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) Anyer Banten, PT. Pertamina Refinery Unit VI Balongan. Pengolahan limbah akan diusahakan untuk mengelola limbah agar tidak mencemari lingkungan atau akan diserahkan kepada pihak ketiga untuk dikelola kembali.

1.5.5. Tenaga Kerja dan Ahli

Tenaga kerja sangat penting untuk menunjang jalannya produksi di pabrik. Mencari tenaga kerja di Indonesia terbilang sangat mudah karena ketersediaan sumber daya manusia di negeri ini sangat banyak yang mencapai 278,69 juta jiwa pada pertengahan 2023 (BPS, 2023) dengan berbagai potensi dan kemampuan dibedakan dari tingkatan sarjana, menengah maupun buruh yang terampil. Di pulau Sumatera, khususnya Lampung merupakan daerah industri yang tingkat kepadatan penduduknya cukup tinggi yang mencapai 9 juta jiwa pada tahun 2022 (BPS, 2022),

di beberapa kota atau provinsi terdekat dengan Lampung yaitu Sumatera Selatan, Banten, dan daerah Sumatera atau Jawa juga memiliki tingkat penduduk yang tinggi. Hal ini membuka peluang kerja bagi yang belum mendapatkan pekerjaan.

1.5.6. Sosial dan Lingkungan

Berdirinya Pabrik ini akan menaikkan strata sosial karena membuka peluang pekerjaan untuk beberapa penduduk sebagai tenaga kerja potensial yang belum mendapatkan pekerjaan atau pengangguran. Pabrik harus memiliki jarak yang ditentukan setidaknya 2 kilometer dari pemukiman. Lingkungan hidup dikaitkan dengan undang-undang lingkungan atau peraturan yang berlaku. Perolehan izin pendirian pabrik sangat mudah karena akan didirikan dikawasan industri yang memperoleh perizinan. Masyarakat sekitar telah menerima adanya pendirian industri maka akan lebih cepat dan mudah beradaptasi dengan adanya industri baru karena sudah adanya industri lama seperti pabrik gula putih, pabrik olahan ubi kayu dan pabrik lainnya yang telah berdiri lama di wilayah Gunung Batin, Lampung Tengah, Lampung. Sedangkan untuk di wilayah Anyer, Banten terdapat perusahaan yang bergerak pada sektor petrochemical, dan bahan kimia.

1.5.7. Kondisi Daerah dan Kondisi Tanah

Kondisi tanah di daerah kawasan industri perkebunan, Kecamatan Gunung Batin, Kabupaten Lampung Tengah, yang masih tersedia luas dan telah dikelola oleh pihak yang menaungi industri yang akan berdiri di lahan tersebut, tanah di lokasi tersebut datar dan banyak potensi disekitar lahan tersebut dan air yang berlimpah, kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sangat menguntungkan. Disamping itu Lampung Tengah merupakan salah satu kawasan industri perkebunan di Indonesia yang cukup terintegritas dengan beberapa peraturan, dan

penanggulangan dampak lingkungan dapat dilaksanakan dengan baik. Hal ini akan mendukung pengembangan pabrik dimasa yang akan datang. Sedangkan pada, Kecamatan Anyer, Kabupaten Serang, memiliki potensi yang sama dengan lokasi Gunung Batin, Lampung, namun telah banyaknya kawasan industri di provinsi Banten melebihi kawasan industry di provinsi Lampung.

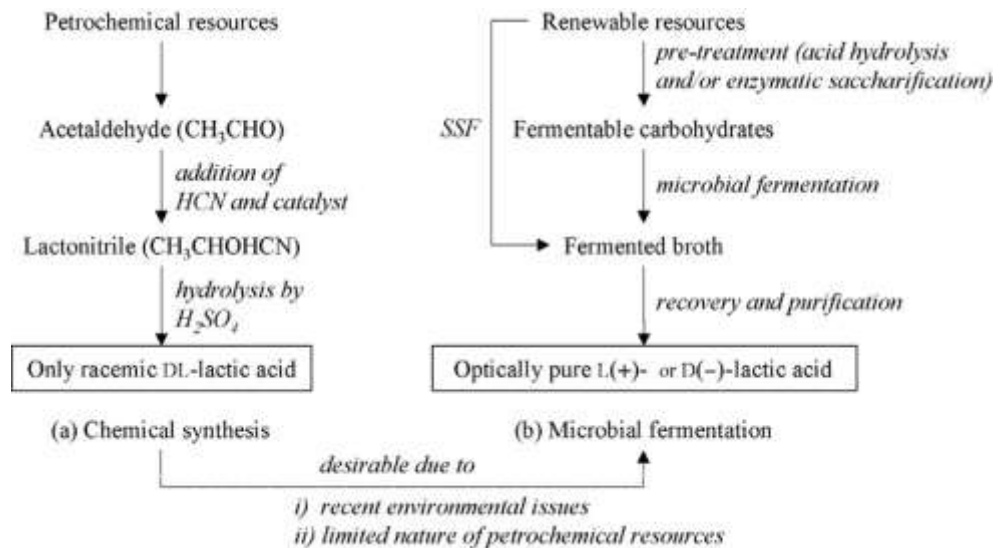
Berdasarkan informasi yang disampaikan di atas banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik. Pada prarancangan pabrik ini dipilih kawasan yang berada di wilayah Gunung Batin, Lampung Tengah, Lampung atas beberapa faktor keunggulan yaitu bahan baku molases yang mencukupi, transportasi yang memadai (cenderung lebih senggang) dan kondisi lingkungan yang cenderung ke arah bahan pangan seperti gula sehingga terdapat peluang baru dengan adanya industri ini.

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1. Proses Pembuatan Sodium Laktat

Pembuatan sodium laktat diperoleh dengan mereaksikan asam laktat ($C_3H_6O_3$) dengan sodium hidroksida (NaOH) yang akan menghasilkan sodium laktat dan air (H_2O) (US Patent 2,143,362. 1939). Pada pemilihan proses ini, potensi molase sebagai bahan baku sodium laktat lebih unggul dari bahan baku lainnya, karena nilai ekonomi dan ketersediaan bahan baku yang memadai. Namun pembuatan sodium laktat hanya terdapat satu proses, sehingga pada pemilihan proses ini akan dibandingkan dengan proses sintesis menggunakan asetaldehida. Berikut ini pemaparan terkait pemilihan proses.



Gambar 2.1. Metode pembuatan asam laktat (a) sintesis (b) fermentasi

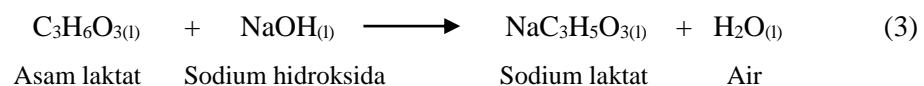
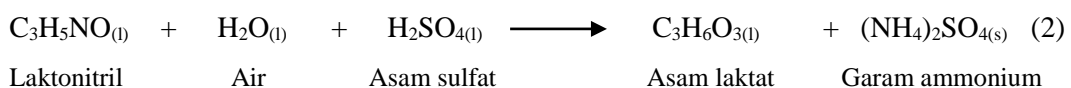
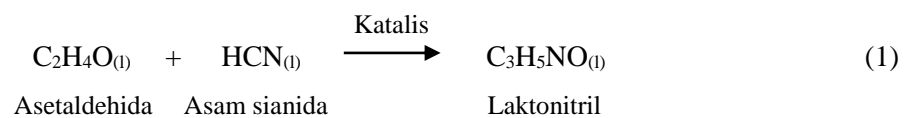
Sumber: Kim, *et al.*, (2006)

Produksi asam laktat menggunakan proses sintesis menghasilkan produk *race-mix* dengan bentuk isomer DL-asam laktat, sedangkan fermentasi membentuk

D (-) atau L (+) - asam laktat tergantung kepada spesies bakteri dan substrat yang digunakan (Tokiwa, 2007). Bahan baku asam laktat dapat diperoleh dari produk samping pabrik gula yaitu molase (US Patent 2,143,362. 1939).

2.1.1. Proses Sintesis

Beberapa cara untuk memproduksi asam laktat sintetis dalam skala industri telah ditemukan. Bahan baku utama pada proses sintesis kimia adalah laktonitril yang dapat diperoleh dengan mereaksikan hidrogen sianida (HCN) dengan asetaldehida (C₂H₄O) menggunakan katalis basa untuk menghasilkan laktonitril (C₃H₅NO). Reaksinya adalah fasa cair dan terjadi pada tekanan atmosfer yang tinggi. Kemudian laktonitril yang belum murni akan dimurnikan dengan proses distilasi, lalu dihidrolisis menjadi asam laktat dengan menggunakan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H₂SO₄) untuk menghasilkan garam amonium ((NH₄)₂SO₄) dan asam laktat. (Narayanan *et al.*, 2004). Kemudian asam laktat direaksikan dengan sodium hidroksida (NaOH) menjadi sodium laktat (NaC₃H₅O₃) dan air (H₂O) (US Patent 2,143,362. 1939). Proses reaksi sintesis yang terjadi adalah sebagai berikut.



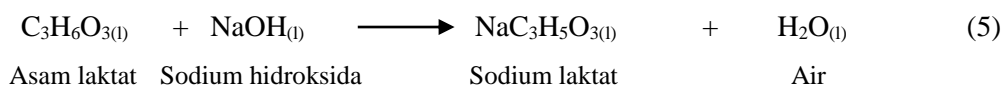
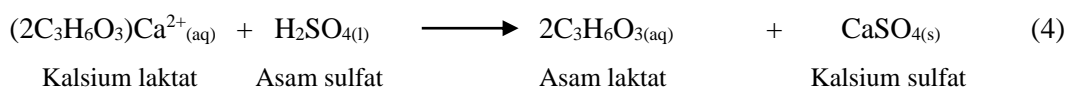
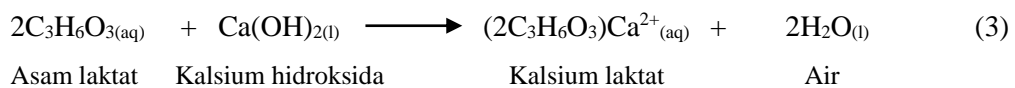
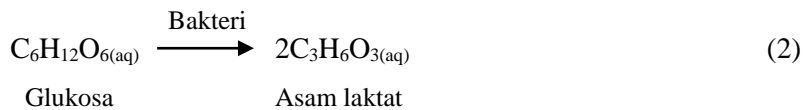
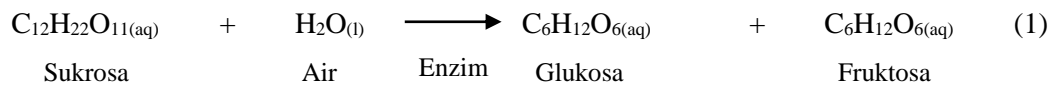
(Narayanan *et al.*, 2004)

Proses sintesis kimia asam laktat digunakan oleh perusahaan Mussashino di Jepang dan Sterling Chemical Inc di USA. Produksi sodium laktat melalui proses

sintesis kimia membutuhkan biaya yang cukup mahal dan bergantung pada produk samping dari industri lain. Untuk itu produksi sodium laktat dapat diatasi dengan menggunakan proses bioteknologi secara fermentasi (Pal et al, 2009).

2.1.2. Proses Fermentasi

Proses fermentasi memerlukan karbohidrat, nutrisi, dan mikroorganismenya untuk menghasilkan asam laktat. Karbohidrat digunakan dalam fermentasi yang terdiri dari heksosa atau senyawa yang dapat dibagi menjadi heksosa, misalnya, dekstrosa, sirup jagung, sirup, jus bit gula, whey, serta beras, gandum, jagung, dan pati kentang. Asam laktat diproduksi dengan memfermentasikan berbagai macam karbohidrat seperti sukrosa, glukosa atau laktosa. Gula-gula tersebut terdapat pada molasses, jagung, kentang dan milk whey (Narayanan *et al.*, 2004). Asam laktat dihasilkan dari fermentasi glukosa oleh bakteri tertentu melalui reaksi :



(Narayanan *et al.*, 2004)

Bakteri yang memproduksi hanya asam laktat saja termasuk keluarga homofermentatif, Sedangkan yang memproduksi asam laktat dan asam volatile

tambahan seperti asam asetat, etanol, asam format, dan karbon dioksida diistilahkan heterofermentatif (Bohnet, 2011). Hanya Bakteri Asam Laktat bersifat homofermentatif yang tersedia untuk produksi komersial asam laktat (Wee, 2006).

Asam laktat di dunia komersial sebagian besar disiapkan oleh fermentasi karbohidrat oleh bakteri, menggunakan mikroba homolactic seperti berbagai varietas modifikasi atau optimalisasi strain genus *Lactobacillus*, yang terutama menghasilkan asam laktat. Komersial asam laktat murni dapat disintesis oleh fermentasi mikroba dari karbohidrat berikut seperti glukosa, sukrosa, laktosa, dan pati / maltosa berasal dari umpan-saham seperti gula bit, molase, whey, dan barley malt. Preferensi bahan baku sepenuhnya tergantung pada harga, ketersediaan, dan biaya masing-masing pemulihan asam laktat dan pemurnian. Metode yang banyak digunakan untuk produksi asam laktat adalah batch fermentasi. Kondisi untuk fermentasi berbeda untuk setiap metode industri tetapi biasanya di kisaran 45-60°C memiliki pH 5.0-6.5 untuk *Lactobacillus delbrueckii*. Sebuah prosedur konvensional untuk produksi asam laktat dengan fermentasi laktosa melibatkan metode pemurnian yang diperlukan untuk mencapai asam laktat murni. "Homofermentive" strain bakteri biasanya digunakan karena mereka membuat sedikitnya jumlah produk sampingan (Bohnet, 2011).

Kim, et al., (2006) mengatakan sangat menguntungkan bila bahan baku mempunyai kriteria:

- Murah
- Tingkat Kontaminasi untuk bakteri rendah
- Laju fermentasi yang tinggi
- Asam laktat yang dihasilkan banyak

- Sedikit atau tidak mengandung produk samping
- Dapat difermentasi tanpa melakukan perlakuan awal
- Dapat beroperasi sepanjang tahun dalam jumlah besar

Tabel 2.1. Kemampuan bakteri *Lactobacillus* sp. mengolah bahan mentah

Bahan Baku	Bakteri	γ (C ₃ H ₆ O ₃)	Produktivitas
		g/L	g/L
Molasses	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	90	3,8
Gandum Hitam	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	84,5	2,4
Sweet Sorgum	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	81,5	2,7
Gandum	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> ATCC 19435	106	3,5
Jagung	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	10,1	0,8
Umbi Kayu	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,8	0,2
Kentang	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,2	0,1
Beras	<i>Lactobacillus</i> sp. RKY2	129	2,9
Barley	<i>Lactobacillus amylophilus</i> GV6	27,3	0,3
Sellulosa	<i>Lactobacillus coryniformis</i> ssp. <i>torquens</i> ATCC 25600	24	0,5
Whey	<i>Lactobacillus helveticus</i> R211	66	4,0

Sumber: Kim, et al., (2006)

Tabel 2.2. Macam-macam bakteri penghasil asam laktat

Homofermenter	Heterofermenter
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>
<i>Lactobacillus lacti</i>	<i>Lactobacillus confusus</i>
<i>Lactobacillus delbruecki</i>	<i>Lactobacillus coprophilus</i>
<i>Lactobacillus leichmanni</i>	<i>Lactobacillus fermentatum</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Lactobacillus sanfrancisco</i>

Sumber: Beuchat (1995)

2.2. Tinjauan Proses

2.2.1. Perhitungan ekonomi kasar

A. Proses pembuatan sodium laktat dengan proses sintesis

Tabel 2.3. Harga bahan pada proses sintesis (Kurs \$1 = Rp. 15.100 (2023))

No.	BM (g/mol)	Nama	Senyawa	\$/kg	Rp/kg
1	44	Asetaldehide	CH ₃ CHO	4,5	67.950
2	27	Asam sianida	HCN	10	151.000
3	98	Asam sulfat	H ₂ SO ₄	2	30.200
4	40	Natrium hidroksida	NaOH	1,25	18.875
5	112	Sodium laktat	NaC ₃ H ₅ O ₃	10	151.000

Sumber: pubchem.gov

Basis : 1 kg

1. Proses laktonitril

$$1 \text{ kg C}_3\text{H}_5\text{NO (BM=71)} = 0,01 \text{ kmol C}_3\text{H}_5\text{NO}$$

- Kebutuhan C₂H₄O = mol C₃H₅NO x BM C₂H₄O
= 0,01 x 44 = 0,620 kg

- Kebutuhan HCN = mol C₃H₅NO x BM HCN
= 0,01 x 27 = 0,380 kg

2. Proses hidrolisis ester

$$1 \text{ kg C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ (BM = 90)} = 0,01 \text{ kmol C}_3\text{H}_6\text{O}_3$$

- Kebutuhan H₂SO₄ = mol C₃H₆O₃ x BM H₂SO₄
= 0,01 x 98 = 1,09 kg

3. Proses sodium laktat

$$1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \text{ (BM = 112)} = 0,01 \text{ kmol NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$$

- Kebutuhan NaOH = mol NaC₃H₅O₃ x BM NaOH
= 0,01 x 40 = 0,36 kg

Diketahui kapasitas produksi: 15.000.000 kg sodium laktat/tahun, Maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } C_2H_4O &= \frac{0,62 \text{ kg } C_2H_4O}{1 \text{ kg } NaC_3H_5O_3} \times 15.000.000 \text{ kg } NaC_3H_5O_3 \\ &= 9.295.775,65 \text{ kg } C_2H_4O/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCN} &= \frac{0,38 \text{ kg HCN}}{1 \text{ kg } NaC_3H_5O_3} \times 15.000.000 \text{ kg } NaC_3H_5O_3 \\ &= 5.704.225,35 \text{ kg HCN/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } H_2SO_4 &= \frac{1,09 \text{ kg } H_2SO_4}{1 \text{ kg } NaC_3H_5O_3} \times 15.000.000 \text{ kg } NaC_3H_5O_3 \\ &= 16.333.333,33 \text{ kg } H_2SO_4/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH} &= \frac{0,36 \text{ kg NaOH}}{1 \text{ kg } NaC_3H_5O_3} \times 15.000.000 \text{ kg } NaC_3H_5O_3 \\ &= 5.357.142,86 \text{ kg NaOH/tahun} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan kebutuhan masing-masing bahan baku per tahun, dapat ditentukan jumlah harga bahan baku sodium laktat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Harga } C_2H_4O + \text{Harga HCN} + \text{Harga } H_2SO_4 + \text{Harga NaOH} \\ &= (9.295.774,65 \times 67.950) + (5.704.225,35 \times 151.000) + \\ &\quad (16.333.333,33 \times 30.200) + (5.357.142,86 \times 18.875) \\ &= \text{Rp } 2.087.368.653.588,20 / 15.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= \text{Rp } 139.157,91 / \text{kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan *Economic Potential* (EP) diketahui keuntungan yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{EP} &= \text{Nilai Produk} - \text{Biaya Bahan Baku} \\ &= (151.000 - 139.157,91) \text{ Rp/kg} \\ &= \text{Rp } 11.842,09/\text{kg} \end{aligned}$$

Smith. (2005)

B. Proses pembuatan sodium laktat dengan proses fermentasi

Tabel 2.4. Harga bahan pada proses fermentasi (Kurs \$1 = Rp. 15.100 (2023))

No.	BM (g/mol)	Nama	Senyawa	\$/kg	Rp/kg
1	-	Molase	-	0,26	4.000
2	246	Malt sprouts	-	2,98	45.000
3	115	Amonium Dihidrogen Pospat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	1,99	30.000
4	124	L. Delbrueckii	-	12,5	188.750
5	74	Kalsium hidroksida	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,002	30
6	98	Asam sulfat	H_2SO_4	2	30.200
7	40	Natrium hidroksida	NaOH	1,25	18.875
8	112	Sodium laktat	$\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$	10	151.000

Sumber: pubchem.gov

Basis : 1 kg

1. Proses hidrolisis

Karena molase terdiri dari beberapa komponen, maka perhitungan ekonomi kasar menggunakan data fraksi komponen yang ada pada molase.

Tabel 2.5. Fraksi komponen dalam molase

Komponen	Fraksi
Sukrosa	0,32
Glukosa	0,14
Fruktosa	0,16
Air	0,2
Impuritis	0,18
Total	1

Sumber : Olbrich, 1973

1 kg molase terdapat 0,32 kg sukrosa dan 0,14 glukosa.

Pada reaksi hidrolisis, sukrosa dalam molase yang dapat dikonversi menjadi glukosa sebesar 89,73% yang didapatkan dari perhitungan kinetika reaksi.

Sehingga, 1 kg molase dapat menghasilkan :

Total glukosa = glukosa dalam molase + glukosa dari reaksi hidrolisis

$$= 0,14 + \left(\frac{0,32}{360} \times 89,73\% \times 180 \right) = 0,29 \text{ kg}$$

Maka, untuk mendapatkan 1 kg glukosa membutuhkan:

- Kebutuhan molase = 1 kg molase / total glukosa
= 1 / 0,29 = 3,43 kg
- Kebutuhan Invertase = 0,5% sukrosa (Sivakumar, 2014)
= 0,5% (0,32 x 3,43) = 0,005 kg

2. Proses fermentasi

1 kg $\text{CaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ (BM = 218) = 0,005 kmol $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Ca}$

- Kebutuhan malt sprouts = 0,375% molase = 3% x 3,43 kg = 0,013 kg
- Kebutuhan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ = 0,25% molase = 0,25% x 3,43 kg = 0,009 kg
- Kebutuhan bakteri = 1,7% molase
= 1,7% x 3,43 kg = 0,06 kg
- Kebutuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ = mol $\text{CaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ x BM $\text{Ca}(\text{OH})_2$
= 0,005 x 74 = 0,34 kg

3. Proses pengasaman

1 kg $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (BM = 90) = 0,011 kmol $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

- Kebutuhan H_2SO_4 = $\frac{1}{2}$ x mol $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ x BM H_2SO_4
= $\frac{1}{2}$ x 0,01 x 98 = 0,54 kg

4. Proses sodium laktat

1 kg $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ (BM = 112) = 0,01 kmol $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$

- Kebutuhan NaOH = mol $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ x BM NaOH
= 0,01 x 40 = 0,36 kg

Diketahui kapasitas produksi: 15.000.000 kg sodium laktat/tahun, Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan molase} &= \frac{3,43 \text{ kg molase}}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 51.524.399,06 \text{ kg molase/tahun} \\
 \text{Kebutuhan enzim} &= \frac{0,005 \text{ kg enzim}}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 82.439,04 \text{ kg enzim/tahun} \\
 \text{Kebutuhan malt sprouts} &= \frac{0,013 \text{ kg nutrisi}}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 193.216,5 \text{ kg malt sprouts/tahun} \\
 \text{Kebutuhan (NH}_4\text{)}_2\text{HPO}_4 &= \frac{0,009 \text{ kg (NH}_4\text{)}_2\text{HPO}_4}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 128.811 \text{ kg (NH}_4\text{)}_2\text{HPO}_4\text{/tahun} \\
 \text{Kebutuhan bakteri} &= \frac{0,06 \text{ kg bakteri}}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 875.914,78 \text{ kg bakteri/tahun} \\
 \text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 &= \frac{0,34 \text{ kg Ca(OH)}_2}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 5.091.743,12 \text{ kg Ca(OH)}_2\text{/tahun} \\
 \text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 &= \frac{0,54 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 8.166.666,67 \text{ kg H}_2\text{SO}_4\text{/tahun} \\
 \text{Kebutuhan NaOH} &= \frac{0,36 \text{ kg NaOH}}{1 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} \times 15.000.000 \text{ kg NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3 \\
 &= 5.357.142,86 \text{ kg NaOH/tahun}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat ditentukan jumlah harga bahan sodium laktat sebagai berikut.

$$\text{Total} = \text{Harga molase} + \text{Harga enzim} + \text{Harga nutrisi} + \text{Harga Ca(OH)}_2 +$$

$$\text{Harga H}_2\text{SO}_4 + \text{Harga NaOH}$$

$$= \text{Rp } 771.593.454.188,39 / 15.000.000 \text{ kg/tahun} = \text{Rp } 51.439,56 / \text{kg}$$

Dengan *Economic Potential* (EP) diketahui keuntungan sebagai berikut.

$$\text{EP} = (151.000 - 51.439,56) \text{ Rp/kg} = \text{Rp } 99.560,44 / \text{kg}$$

Smith. (2005)

2.2.2. Tinjauan Berdasarkan Termodinamika

Perubahan entalpi (ΔH) menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama berlangsungnya reaksi kimia. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) berarti reaksi tersebut menghasilkan panas selama berlangsungnya reaksi. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis maupun endotermis dapat dihitung dengan penentuan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 25°C atau 298 K.

Energi Gibbs (ΔG) digunakan untuk mengetahui reaksi spontan atau tidak spontan. Reaksi berjalan spontan atau tidak, dilihat dari tanda perubahan energi Gibbs tersebut. Jika ΔG bernilai positif (+) maka reaksi tidak spontan atau tidak dapat terjadi tanpa bantuan dari suatu sistem. Tetapi jika tanda ΔG reaksi adalah negatif (-), maka reaksi dapat berlangsung dengan spontan.

A. Proses pembuatan sodium laktat dengan proses sintesis

Tabel 2.6. Data bahan baku proses sintesis pada suhu 25°C

Rumus Molekul	Komponen	$\Delta H_f^\circ 298$	$\Delta G^\circ 298$
CH ₃ CHO	Asetaldehide	- 166,47	- 133,39
CHN	Asam sianida	130,63	120,2
C ₃ H ₅ NO	Laktonitril	- 144	- 209,44
H ₂ O	Air	- 285,84	- 228,77
H ₂ SO ₄	Asam sulfat	- 811,32	- 619
C ₃ H ₆ O ₃	Asam laktat	- 682,96	- 701,3
(NH ₄) ₂ SO ₄	Garam ammonium	-155,1	- 554,61
NaOH	Natrium hidroksida	- 426,6	- 445,3
NaC ₃ H ₅ O ₃	Sodium laktat	- 845,7	- 909,2

Sumber: Perrys (2008) dan Ricard (2005)

1. Proses laktonitril

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_5\text{NO})] - [(\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) + (\Delta H_f^\circ \text{HCN})]$$

$$\Delta H_r = [-144] - [-166,47 + 130,63]$$

$$\Delta H_r = -108,16 \text{ kJ/gmol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G \text{C}_3\text{H}_5\text{NO})] - [(\Delta G \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G \text{HCN})]$$

$$\Delta G = [-209,44] - [-133,9 + 120,2]$$

$$\Delta G = -196,25 \text{ kJ/gmol (spontan)}$$

2. Proses hidrolisis ester

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + \frac{1}{2} (\Delta H_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)] -$$

$$= [(\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_5\text{NO}) + (\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) + \frac{1}{2} (\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta H_r = [-682,96 + \frac{1}{2}(-155,1)] - [-144 + (-285,94) + (-811,32)]$$

$$\Delta H_r = 403,1 \text{ kJ/gmol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + \frac{1}{2} (\Delta G (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)] -$$

$$= [(\Delta G \text{C}_3\text{H}_5\text{NO}) + (\Delta G \text{H}_2\text{O}) + \frac{1}{2} (\Delta G \text{H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta G = [-701,3 + \frac{1}{2}(-554,61)] - [-209,44 + (-288,77) + (-619)]$$

$$\Delta G = -138,7 \text{ kJ/gmol (spontan)}$$

3. Proses sodium laktat

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ \text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) + (\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O})] -$$

$$= [(\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + (\Delta H_f^\circ \text{NaOH})]$$

$$\Delta H_r = [-845,7 + (-285,84)] - [-682,96 + (-426,6)]$$

$$\Delta H_r = -21,98 \text{ kJ/gmol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G \text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3) + (\Delta G \text{H}_2\text{O})] -$$

$$= [(\Delta G \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) + (\Delta G \text{NaOH})]$$

$$\Delta G = [-909,2 + (-288,77)] - [-701,3 + (-405,3)]$$

$$\Delta G = -91,37 \text{ kJ/gmol (spontan)}$$

Setelah didapatkan nilai ΔH_r dan ΔG masing-masing reaksi, maka dapat dihitung total ΔH_r dan ΔG pada proses sintesis.

$$\sum \Delta H_r = (-108,16 + 403,1 + (-21,98)) \text{ kJ/gmol}$$

$$= 272,96 \text{ kJ/gmol (endotermis)}$$

$$\sum \Delta G = (-196,25 + (-138,7) + (-91,37)) \text{ kJ/gmol}$$

$$= -426,32 \text{ kJ/gmol (spontan)}$$

Maka, untuk reaksi yang terjadi pada proses sintesis membutuhkan panas sebesar 272,96 kJ/gmol dan reaksi dapat berlangsung tanpa membutuhkan bantuan energi dari eksternal.

B. Proses pembuatan sodium laktat dengan proses fermentasi

Tabel 2.7. Data bahan baku proses fermentasi pada suhu 25°C

Rumus Molekul	Komponen	$\Delta H_f^{\circ 298}$	$\Delta G^{\circ 298}$
$C_{12}H_{22}O_{11}$	Sukrosa	- 2221,2	- 2341
$C_6H_{12}O_6$	Glukosa / Fruktosa	- 1264,2	- 1337,4
H_2O	Air	- 285,84	- 288,77
$C_3H_6O_3$	Asam laktat	- 682,96	- 701,3
$Ca(OH)_2$	Kalsium hidroksida	-906,09	-788,49
$CaC_3H_5O_3$	Kalsium laktat	-1786,1	-1708
H_2SO_4	Asam sulfat	- 811,32	- 619
$CaSO_4$	Kalsium sulfat	- 1432,7	- 1463,9
$NaOH$	Natrium hidroksida	- 426,6	- 405,3
$NaC_3H_5O_3$	Sodium laktat	- 845,7	- 909,2

Sumber: Perrys (2008) dan Ricard (2005)

1. Proses hidrolisis

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^{\circ} \text{produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^{\circ} C_6H_{12}O_6) + (\Delta H_f^{\circ} C_6H_{12}O_6)] -$$

$$= [(\Delta H_f^{\circ} C_{12}H_{22}O_{11}) + (\Delta H_f^{\circ} H_2O)]$$

$$\Delta H_r = [-1264,2 + (-1264,2)] - [-2221,2 + (-285,84)]$$

$$\Delta H_r = -21,36 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G C_6H_{12}O_6) + (\Delta G C_6H_{12}O_6)] -$$

$$= [(\Delta G C_{12}H_{22}O_{11}) + (\Delta G H_2O)]$$

$$\Delta G = [-1337,4 + (-1337,4)] - [-2341 + (-288,77)]$$

$$\Delta G = -45,03 \text{ kJ/mol (spontan)}$$

2. Proses fermentasi (pembentukan asam laktat)

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ 2C_3H_6O_3)] - [(\Delta H_f^\circ C_6H_{12}O_6)]$$

$$\Delta H_r = [2(-682,96)] - [-1264,2]$$

$$\Delta H_r = -101,72 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G 2C_3H_6O_3)] - [(\Delta G C_6H_{12}O_6)]$$

$$\Delta G = [2(-701,3)] - [-1337,4]$$

$$\Delta G = -65,2 \text{ kJ/mol (spontan)}$$

3. Proses fermentasi (penambahan $Ca(OH)_2$)

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ 2CaC_3H_5O_3) + (\Delta H_f^\circ 2H_2O)] -$$

$$= [(\Delta H_f^\circ 2C_3H_6O_3) + (\Delta H_f^\circ Ca(OH)_2)]$$

$$\Delta H_r = [2(-1786,1) + 2(-285,84)] - [2(-682,96) + (-906,09)]$$

$$\Delta H_r = -85,77 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G 2CaC_3H_5O_3) + (\Delta G 2H_2O)] -$$

$$= [(\Delta G 2C_3H_6O_3) + (\Delta G Ca(OH)_2)]$$

$$\Delta G = [2(-1708) + 2(-288,07)] - [2(-701,3) + (-788,49)]$$

$$\Delta G = -94,45 \text{ kJ/mol (spontan)}$$

4. Proses pengasaman

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ 2C_3H_6O_3) + (\Delta H_f^\circ CaSO_4)] -$$

$$= [(\Delta H_f^\circ 2CaC_3H_5O_3) + (\Delta H_f^\circ H_2SO_4)]$$

$$\Delta H_r = [2(-682,96) + (-1432,7)] - [2(-1786,1) + (-811,32)]$$

$$\Delta H_r = -201,2 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G 2C_3H_6O_3) + (\Delta G CaSO_4)] -$$

$$= [(\Delta G 2CaC_3H_5O_3) + (\Delta G H_2SO_4)]$$

$$\Delta G = [2(-701,3) + (-1463,9)] - [2(-1708) + (-619)]$$

$$\Delta G = -539,5 \text{ kJ/mol (spontan)}$$

5. Proses sodium laktat

- Menghitung ΔH_r

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r = [(\Delta H_f^\circ NaC_3H_5O_3) + (\Delta H_f^\circ H_2O)] -$$

$$= [(\Delta H_f^\circ C_3H_6O_3) + (\Delta H_f^\circ NaOH)]$$

$$\Delta H_r = [-845,7 + (-285,84)] - [-682,96 + (-426,6)] = -21,98 \text{ kJ/mol}$$

- Menghitung ΔG

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G = [(\Delta G NaC_3H_5O_3) + (\Delta G H_2O)] -$$

$$= [(\Delta G C_3H_6O_3) + (\Delta G NaOH)]$$

$$\Delta G = [-909,2 + (-288,77)] - [-701,3 + (-405,3)] = -91,37 \text{ kJ/mol}$$

Maka dapat dihitung total ΔH_r dan ΔG pada proses sintesis.

$$\begin{aligned}\sum \Delta H_r &= (-21,36 + (-101,72) + (-85,77) + (-201,2) + (-21,98)) \text{ kJ/gmol} \\ &= -432,03 \text{ kJ/gmol (endotermis)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \Delta G &= (-45,03 + (-65,2) + (-94,45) + (-539,5) + (-91,37)) \text{ kJ/gmol} \\ &= -835,55 \text{ kJ/gmol (spontan)}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan biaya bahan baku dan juga termodinamika dari masing-masing proses, dapat dilakukan perbandingan yang dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Perbandingan proses pembuatan sodium laktat

Uraian	Proses Sintesis	Proses Fermentasi
Bahan Baku	Asetaldehida dan HCN	Molase
Tooperasi	60°C	45°C
Poperasi	3 atm	1 atm
Konversi	82%	93,28%
ΔH_r (kJ/mol)	272,96	-432,03
ΔG (kJ/mol)	-426,32	-835,55
Keuntungan (Rp./kg)	11.842,09	92.067,72

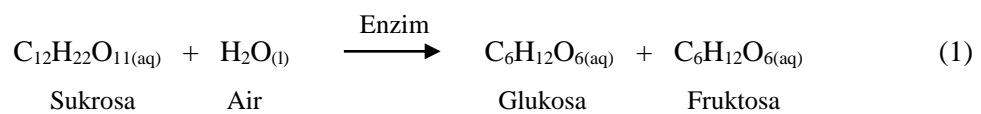
Perbandingan proses dilakukan untuk menentukan proses mana yang lebih efektif dan efisien dalam produksi sodium laktat. Proses pembuatan sodium laktat yang dipilih ialah metode fermentasi dengan alasan:

1. Ketersediaan bahan baku molase yang melimpah di Indonesia.
2. Bahan baku yang terbatas dalam proses kimia sintesis, sedangkan bahan baku proses fermentasi adalah bahan baku yang dapat diperbaharui.
3. Biaya atau harga produksi cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan proses kimia (sintesis).
4. Energi yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan proses sintesis

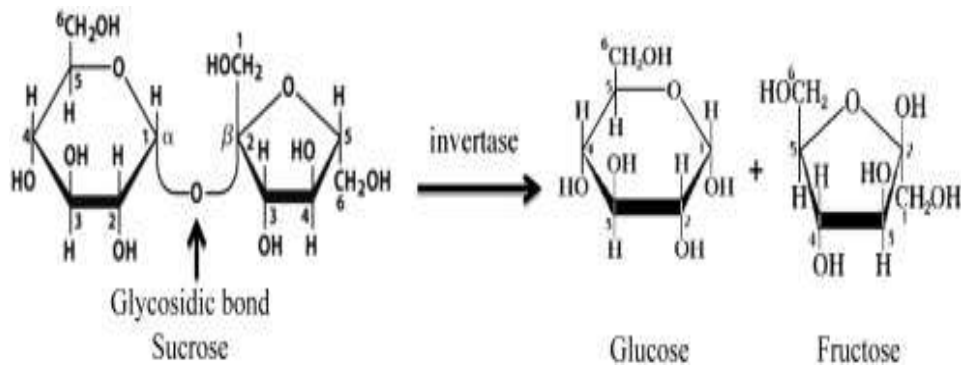
2.3. Uraian Proses

Proses pembuatan Sodium laktat dilakukan secara *semi continue*, dimana proses *batch* dilakukan sampai tangki penyimpanan, setelah tangki penyimpanan dilakukan proses *continue*. Pembuatan asam laktat dengan cara fermentasi secara garis besar terdiri dari : proses hidrolisis, fermentasi, pemurnian dari biomassa yang tersisa, pengasaman, pemurnian asam laktat, dan pembuatan sodium laktat.

1. Proses Hidrolisis



Invertase adalah enzim yang menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang menghasilkan glukosa dan fruktosa. Reaksi invertasi atau hidrolisis sukrosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.

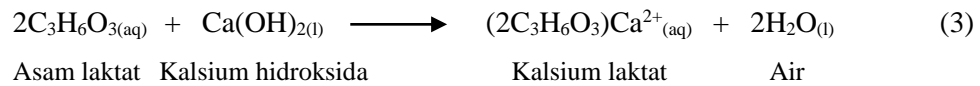
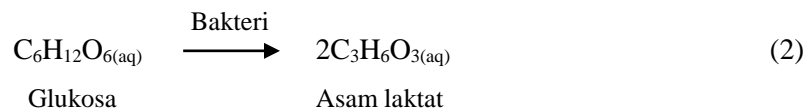


Gambar 2.2. Reaksi hidrolisis dengan enzim invertase

Sumber: Rahman, 2004

Penggunaan enzim invertase yaitu sebesar 0,5% dari kandungan sukrosa yang terdapat pada molase dan digunakan air pengenceran sebanyak 12 % dari kandungan glukosa pada molase. Reaksi hidrolisis berlangsung pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm selama 4 jam dengan konversi reaksi 89,73%. (Sivakumar, 2014)

2. Fermentasi



Bakteri *Lactobacillus delbrueckii* dipilih karena dapat memproduksi asam laktat yang paling tinggi dengan menggunakan substrat yang mengandung senyawa gula (Calabia, 2007). Senyawa gula tersebut antara lain: sukrosa, glukosa, fruktosa, dan maltosa (Robinson, 1988).

Kultur bakteri yang diperlukan untuk proses fermentasi asam laktat terdiri dari malt sprouts (0,375%) dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (0,25%) dengan kecepatan pertumbuhan selama reaksi $2,57 \text{ kg/m}^3 \text{ jam}$ (Dumbrepatil, 2007). Fermentasi asam laktat dilakukan dalam fermentor. Fermentasi dilakukan tanpa mengeluarkan gas inert ke dalam sistem dan media terus diaduk. pH dikontrol pada 6,0 dengan menambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksi berlangsung selama 36 jam.

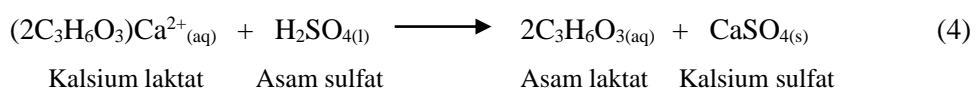
Selama proses fermentasi pH harus dijaga antara 5-6,5 dengan menggunakan buffering agent $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Selain berfungsi untuk menjaga pH, penambahan secara berlebih dari buffering agent tersebut akan menghasilkan garam laktat sebagai bentuk asam laktat. Dengan penambahan buffering agent maka akan terbentuk garam laktat seperti kalsium laktat (Ullman 2007). Hal tersebut dilakukan untuk membentuk asam laktat dengan isomer D(-) atau L(+) yang nantinya akan diasamkan lalu disaring, karena produk yang dihasilkan dari fermentasi yaitu asam laktat dengan isomer Dl. (Narayanan, 2004)

Fermentasi berlangsung pada kondisi operasi selama 36 jam, temperatur 45°C dan tekanan 1 atm. Kinetika laju reaksi untuk reaksi fermentasi glukosa dan fruktosa menjadi asam laktat telah dipelajari oleh Patil (2006). Pada awal proses, bakteri diproduksi dengan mengonsumsi 70% glukosa dalam waktu 24 jam dan hanya 15% fruktosa yang dikonsumsi. Laju konsumsi glukosa lebih cepat dibandingkan fruktosa, sehingga mengakibatkan terjadinya penumpukan fruktosa dan asam laktat pada kaldu fermentasi. Biomassa meningkat dari 0,3 g/jam ke 5,7 g/jam. Fruktosa dan glukosa setelah 36 jam fermentasi masing-masing yang terkonversi menjadi asam laktat adalah 25% dan 95%.

3. Pemisahan biomassa, sisa nutrisi dan kotoran lain

Beberapa teknologi pemisahan bakteri dari hasil fermentasi dapat digunakan tergantung pada bakteri yang digunakan dalam fermentasi. Setelah proses fermentasi, produk yang terbentuk harus dipisahkan dari material pengotor didalamnya. Larutan produk (*filtrat*) dipisahkan dengan padatan (*cake*) menggunakan alat *Centrifuge* untuk memisahkan padatan biomassa dengan larutan, kemudian dipisahkan antara sisa-sisa molasses yang tidak bereaksi dengan larutan kalsium laktat menggunakan membrane filter. Pemisahan ini dilakukan untuk memisahkan larutan dengan sisa-sisa kotoran terutama sisa-sisa biomassa (bakteri dan malt sprouts) dan juga partikel-partikel yang tersuspensi dari molase (Akerberg & Zacchi, 2000).

4. Pengasaman

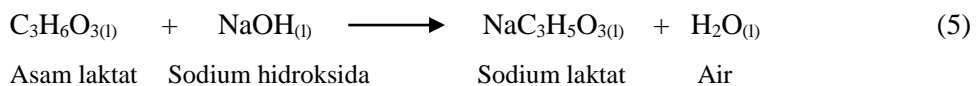


Pembentukan garam laktat selama fermentasi harus diubah menjadi asam laktat. Larutan kalsium laktat setelah proses pemisahan dialirkan menuju acidifier (Keyes, 1957). Penambahan dengan H_2SO_4 ke dalam kalsium laktat digunakan untuk membentuk asam laktat dan $CaSO_4$ (Ullman, 2007). Reaksi di reaktor acidifier berlangsung pada suhu $82^\circ C$ dan tekanan 1 atm dengan konversi reaksi 92%. (Narayanan, 2004)

5. Pemurnian asam laktat

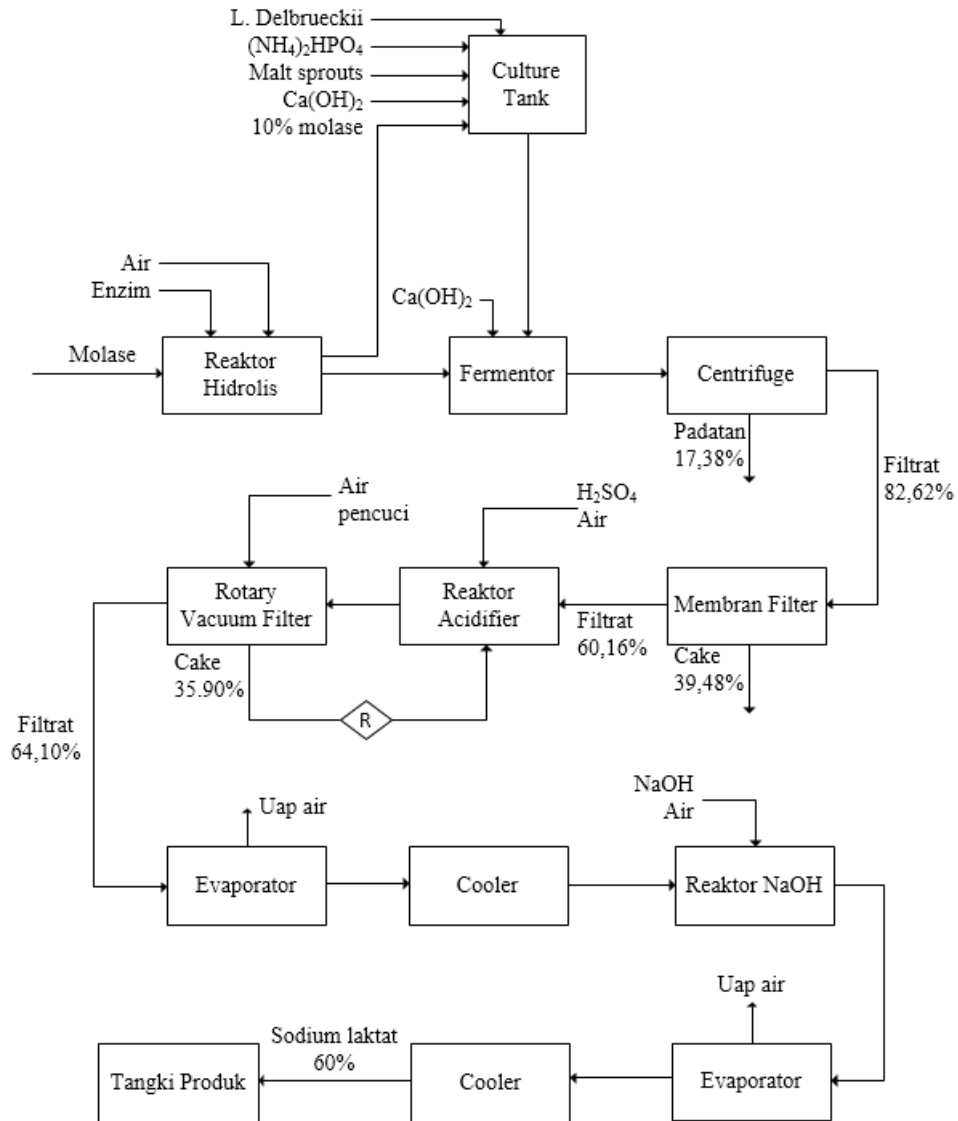
Setelah proses pengasaman, larutan asam laktat yang terbentuk akan masuk ke *Rotary Vacuum Filter* (RVF) untuk memisahkan *filtrat* (asam laktat dan air) dengan *cake* ($CaSO_4$ dan sisa kalsium laktat). *Cake* kemudian dibalikkan ke *reaktor acidifier*, sedangkan *filtrat* akan ditampung terlebih dahulu di *holding tank* yang selanjutnya akan dipekatkan menggunakan *evaporator* sehingga akan didapatkan kemurnian asam laktat 70%.

6. Pembuatan Sodium laktat



Larutan asam laktat dengan kemurnian 70% asam laktat dan 30% air diumpankan ke reaktor NaOH untuk mereaksikan dengan NaOH menjadi Sodium laktat. Asam laktat 70 % direaksikan dengan NaOH 50 % dengan perbandingan berat 30 : 19 (w/w) pada suhu $71^\circ C$ dan tekanan 1 atm dengan konversi 97%. Larutan sodium laktat kemudian dipekatkan menggunakan evaporator sehingga didapatkan konsentrasi sodium laktat sebesar 60%. (US. Paten. 2,143,362. 1939)

2.4. Diagram Alir Proses



Gambar 2.3. Diagram alir pembuatan Sodium laktat

BAB III

SPEKIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku Utama

3.1.1. Molasses

Bentuk : Cairan kental berwarna coklat kehitaman

Titik didih : 107°C

Densitas : 1,4 g/cm³

pH : 5,1

Kandungan:

a. Sukrosa

Wujud : Cairan berwarna coklat

Rumus Molekul : C₁₂H₂₂O₁₂

Berat Molekul : 342 g/mol

Densitas : 1,59 g/cm³

Titik leleh : 187°C

Kelarutan : Mudah larut dalam air dan alkohol

b. Glukosa

Wujud : Cair tidak berwarna

Rumus Molekul : C₆H₁₂O₆

Berat Molekul : 180 g/mol

Densitas : 1,54 g/cm³

Titik leleh : 146°C

Kelarutan : Mudah larut dalam air dan alkohol

c. Fruktosa

Wujud : Cair tidak berwarna

Rumus Molekul : $C_6H_{12}O_6$

Berat Molekul : 180 g/mol

Densitas : 1,54 g/cm³

Titik leleh : 146°C

Kelarutan : Mudah larut dalam air dan alkohol

d. Abu

Wujud : Serbuk putih

Densitas : 1,90 g/cm³

Titik leleh : 2570 °C

Specific gravity : 3,3

Sumber: sciencelab.com, pubchem.org

3.1.2. Sodium Hidroksida

Rumus Molekul : NaOH

Berat Molekul : 40,01 g/mol

Fase : Padat

Warna : Putih

Densitas : 2,1 g/cm³

Titik leleh : 318°C

Titik didih : 1390°C

Kelarutan : 111 gr/100mL air (20°C)

Sumber: pubchem.org

3.2. Bahan Baku Penunjang

3.2.1. Air

Rumus Molekul : H₂O

Berat Molekul : 18 g/mol

Fase : Cair

Warna : Tidak berwarna

Densitas : 1,00 g/cm³

Titik leleh : 374,2 °C

Titik didih : 100 °C

Tekanan kritik : 218 atm

Sumber: Perry's Chemical Engineering's Handbook

3.2.2. Asam Sulfat

Rumus Molekul : H₂SO₄

Berat Molekul : 98,07 g/mol

Fase : Cair

Warna dan bau : Jernih, bau menyengat

Densitas : 1,84 g/cm³

Viskositas : 26,7 cp (20 °C)

Titik leleh : 10,3 °C

Titik didih : 340 °C

Tekanan uap : 1 mm Hg @ 145,8°C

Kelarutan : Mudah larut pada air dingin dan etil alkohol

Sumber : science lab.com

3.2.3. Kalsium Hidroksida

Rumus Molekul : $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Berat Molekul : 74 g/mol

Fase : bubuk padat

Warna : Putih

Densitas : $2,21 \text{ g/cm}^3$

Viskositas : 2,14 cp

Titik leleh : $825 \text{ }^\circ\text{C}$

pH : 9,0

Kelarutan : 0,0013 g/100 mL air ($25 \text{ }^\circ\text{C}$)

Sumber: pubchem.org

3.2.4. Bakteri *Lactobacillus delbrueckii*

Berukuran : $0,5 - 2 \mu\text{m}$

Bentuk : Batang atau Cincin

Jenis : Homofermentatif

Lingkungan : Fakultatif anaerob

Suhu aktif : $45 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

pH aktif : 5 – 5,5

Sumber: pubchem.org

3.3. Produk Utama

3.3.1. Sodium laktat

Rumus Molekul	: $C_3H_5NaO_3$
Berat Molekul	: 112,06 g/mol
Fase	: Cair
Warna	: Kuning muda
Densitas	: 1,31 g/cm ³
Kemurnian	: 60 %
Titik leleh	: 17 °C
Titik didih	: 113 °C
Kelarutan	: Mudah larut
Sumber	: MSDS Sodium lactate 60 %

3.4. Produk Antara

3.4.1. Kalsium Laktat

Rumus Molekul	: $C_6H_{10}CaO_6$
Berat Molekul	: 218,22 g/mol
Fase	: Bubuk Padatan
Warna	: Putih
Densitas	: 1,49 g/cm ³
Titik leleh	: 240°C
Kelarutan	: 9 g/100 mL air
pH	: 8-9
Sumber	: pubchem.org

3.4.2. Asam Laktat

Rumus Molekul : $C_3H_6O_3$

Berat Molekul : 90,08 g/mol

Fase : Cair

Warna : Tidak berwarna

Densitas : 1,3 g/cm³

Titik leleh : 53 °C

Titik didih : 82°C

Viskositas : 954 cP

Sumber : pubchem.org

3.5. Produk Samping

3.5.1. Kalsium Sulfat

Rumus Molekul : $CaSO_4$

Berat Molekul : 172,17 g/mol

Fase : Padat

Warna : Putih

Densitas : 2,32 g/cm³

Titik leleh : 1450 °C

Titik didih : 1193 °C

Kelarutan : 2 g/ 100 ml (20 °C) Larut dalam air

Sumber : pubchem.org

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik sodium laktat dari molasses dan natrium hidroksida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Percent Return on Investment (ROI) sesudah pajak adalah 36,64%.
2. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 1,88 tahun
3. Break Even Point (BEP) sebesar 42,33%
4. Shut Down Point (SDP) sebesar 29,61%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF) sebesar 44,99%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

Sehingga, dari analisis kelayakan tersebut, pabrik sodium laktat layak untuk didirikan.

10.2. SARAN

Berdasarkan dari pertimbangan hasil analisis ekonomi, maka dapat diberikan saran bahwa prarancangan pabrik sodium laktat dari molasses dan natrium hidroksida dengan kapasitas 15.000 ton per tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2023, Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia
- Brown, G. George., 1950. Unit Operation 6^{ed}, Wiley & Sons, USA
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, Process Equipment Design 3ed, John Wiley & Sons, New York.
- Calabia, B. P., & Tokiwa, Y. (2007). Production of D-lactic acid from sugarcane molasses, sugarcane juice and sugar beet juice by *Lactobacillus delbrueckii*. *Biotechnology letters*, 29, 1329-1332.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, New York.
- Fogler.A.H.Scott, 1999, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Geankoplis.Christie.J., 1993, Transport Processes and unit Operation 3th ed , Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Hanson, & Tsao, (1972). Kinetic studies of the lactic acid fermentation in batch and continuous cultures. *Biotechnology and Bioengineering*, 14(2), 233-252.
- Himmeblau.David., 1996, Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Indriani, dkk. (2015). Invertase Dari *Aspergillus Niger* Dengan Metode Solid State Fermentation Dan Aplikasi Di Industri: Kajian Pustaka [In Press September 2015]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4).

- Kern.D.Q., 1983, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Keyes & Clark. 1957. Industrial Chemical, 4 th ed, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, “Encyclopedia of Chemical Technologi”, 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Leksana, E. (2006). SIRS, sepsis, keseimbangan asam-basa, syok dan terapi cairan. CPD IDSAI Jateng-Bagian Anestesi dan Terapi Intensif FK Undip. Semarang.
- Levenspiel.O., 1972, Chemical Reaction Engineering 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, Operasi Teknik Kimia, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy.E.F., 1983, Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Narayanan, N., Roychoudhury, P. K., & Srivastava, A. (2004). L (+) lactic acid fermentation and its product polymerization. Electronic journal of Biotechnology, 7(2), 167-178.
- 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, McGraww-Hill Book Company, New York.

Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.

Pusat Informasi Obat Nasional (Pionas), Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia .2015. Informatorium Obat Nasional Indonesia (IONI), BPOM RI, diakses pada 15 Januari 2023. <http://pionas.pom.go.id/ioni/>

Raju, 1995, Water Treatment Process, McGraw Hill International Book Company, New York

Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3ed, McGraww-Hill Inc, New York.

Tommy Kuncara, S. E., MMSI, C., ACPA, C., Nugroho, T. P., SE, M., Diah Aryati, S. E., ... & Ardhy Lazuardy, S. T. (2020). Prediksi Ekonomi Indonesia Pasca Covid-19. Jakad Media Publishing.

Treyball.R.E., 1983, Mass Transfer Operation 3ed, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulmann, 2007. "Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry". VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.

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

US Patent Office, no. 2,143,362. 1932. "Sodium Lactate and Method of Manufacture"

Wahyu, 2015, Proses Pengolahan Air, www.zeofilt.wordpress.com, Indonesia

Wallas. S.M., 1988, Chemical Process Equipment, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Wee, Y. J., Kim, J. N., & Ryu, H. W. (2006). Biotechnological production of lactic acid and its recent applications. Food Technology and Biotechnology, 44(2), 163-172.

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