

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI  
MOLASE DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Oleh :**

**Nama : Addina Fauzia Devi**

**Nama : Fauzan**

**NIM : 18521074**

**NIM : 18521207**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2022**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE**  
**DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	:	Addina Fauzia Devi	Nama	:	Fauzan
NIM	:	18521074	NIM	:	18521207

Yogyakarta, 17 November 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



**Addina Fauzia Devi**



**Fauzan**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE**  
**DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

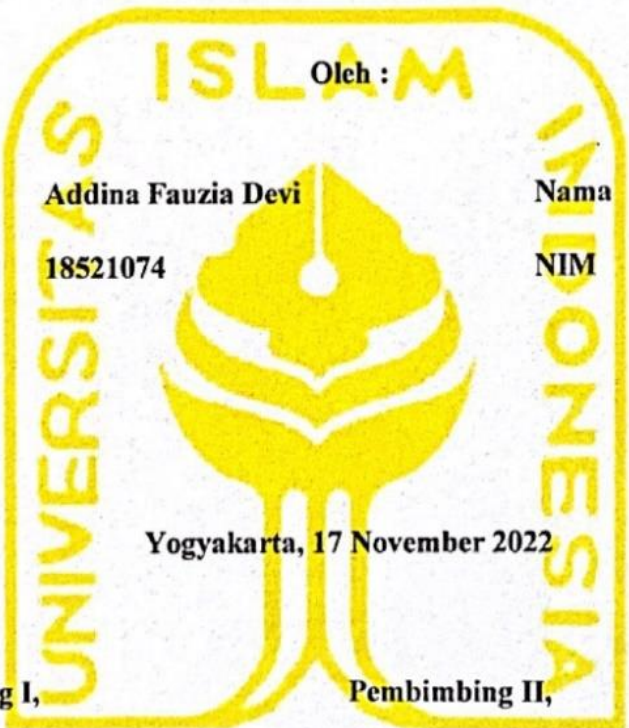
**PRARANCANGAN PABRIK**


**ISLAM** Oleh :


Nama : <b>Addina Fauzia Devi</b>	Nama : <b>Fauzan</b>
NIM : <b>18521074</b>	NIM : <b>18521207</b>

Yogyakarta, 17 November 2022

Pembimbing I,	Pembimbing II,
---------------	----------------



  
**Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.**

  
**Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE**  
**PERANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Addina Fauzia Devi

NIM : 18521074

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 Desember 2022

Tim Penguji

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.  
Ketua Penguji

  
20 Januari 2023

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.  
Anggota I

  
10 Januari 2023

Lucky Wahyu Nuzulia, S.T., M.Eng.  
Anggota II

  
20 Januari 2023.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri



Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Asam Laktat dari Molase dengan Kapasitas 5.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan banyak pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Teman-teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr., Wb.*

Yogyakarta, 17 November 2022

## LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

*Assalamu'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatNya, karuniaNya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak dr. Nur Mubakir dan Ibu Rusnida Nur, S.H., kakak apt. Anggita Devi, S.Farm dan kakak ipar Gerry Tri Satya Daru, S.T., serta adik saya Raisya Paramita Devi yang selalu memberikan doa tiada henti, semangat, motivasi dan kasih sayang yang luar biasa. Terima kasih banyak telah berjuang dan berkorban banyak hal untuk saya hingga saya bisa mencapai tahap ini dengan penuh kasih sayang.

Terima kasih kepada Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahannya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Terima kasih partner saya Fauzan sebagai partner perancangan pabrik saya ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan di waktu dan tempat yang terbaik.

Terimakasih kepada sahabat saya Firda Dwita Putri yang telah menjadi tutor terbaik dalam pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih selalu support saya dalam segala hal dan mendengarkan keluh kesah saya serta menemani saya dimanapun saya berada. Sahabat-sahabat Grup Moon, Tsania, dan Sobat Picnic (Rizka, Japira, Tita, Meny, Kila, Silvi) terima kasih sudah menjadi teman yang saling support dan selalu satu frekuensi. Semoga kita semua menjadi manusia kuat dan mendapatkan ilmu yang bermanfaat serta sukses untuk kedepannya, Aamiin.

Teknik Kimia UII 2018, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian selalu sehat, bahagia, serta dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(Addina Fauzia Devi)



## LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

*Assalamu'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatNya, karuniaNya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Iman Sutriman dan Ibu Jamilah Salim Basyaib, S.Sos., yang selalu memberikan doa tiada henti, semangat, motivasi dan kasih sayang yang luar biasa. Terima kasih banyak telah berjuang dan berkorban banyak hal untuk saya hingga saya bisa mencapai tahap ini dengan penuh kasih sayang.

Terimakasih kepada Bapak Hamid Basyaib, S.H., selaku paman saya yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk bisa melanjutkan pendidikan sampai dibangku kuliah. Terimakasih banyak untuk dukungan moral maupun material yang diberikan selama saya berada di jogja. Terimakasih kepada Bapak Dr. Suparman Marzuki, S.H., M.Si., dan Bapak Dr. Despan Heryansyah, S.H., M.H., yang telah membantu saya ketika awal mula menginjakan kaki di tanah jogja sampai saya bisa beradaptasi.

Terima kasih kepada Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Terima kasih partner saya Addina Fauzia Devi sebagai partner perancangan pabrik saya ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Terimakasih kepada teman-teman kontrakan persekutan duniawi yang selalu support saya dalam segala hal dan mendengarkan keluh kesah saya serta menemani saya dimanapun saya berada. Teman-teman Jamtek, LEM, dan Kepanitiaan lainnya, terimakasih sudah mau berproses bersama dan memberikan kesan berharga untuk saya selama menjadi mahasiswa. Semoga kita semua menjadi manusia kuat dan mendapatkan ilmu yang bermanfaat serta sukses untuk kedepannya, Aamiin.

Teknik Kimia UII 2018 yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian selalu sehat, bahagia, serta dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(Fauzan)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
ABSTRAK.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik.....	4
1.3. Tinjauan Pustaka.....	7
1.3.1. Asam Laktat.....	7
1.3.2. Pembuatan Asam Laktat dari Molase.....	12
1.4. Tinjauan Kinetika dan Termodinamika.....	16
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	21
2.1. Spesifikasi Produk.....	21
2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	22
2.3. Pengendalian Kuantitas.....	25
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	26
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi.....	26
2.3.3. Pengendalian Terkait Waktu Produksi.....	29
2.3.4. Pengendalian Kualitas Produk.....	29
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	32
3.1. Diagram Alir Proses dan Material.....	32

3.2.	Uraian Proses.....	34
3.3.	Spesifikasi Alat.....	36
3.3.1.	Reaktor Hidrolisis.....	36
3.3.2.	Reaktor Innoculum.....	37
3.3.3.	Reaktor Fermentor.....	38
3.3.4.	Reaktor Sulfuric.....	40
3.3.5.	Filter Press.....	41
3.3.6.	Netralizer.....	42
3.3.7.	Rotary Vacuum Filter .....	44
3.3.8.	Bleaching.....	44
3.3.9.	Evaporator.....	45
3.3.10.	Heater.....	46
3.3.11.	Cooler.....	48
3.3.12.	Pompa .....	50
3.3.13.	Screw Conveyor.....	55
3.3.14.	Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	55
3.3.15.	Tangki Penyimpanan Produk.....	57
3.4.	Neraca Massa .....	57
3.4.1.	Neraca Massa Total.....	58
3.4.2.	Neraca Massa Tiap Alat.....	58
3.5.	Neraca Panas.....	64
3.5.1.	Neraca Panas Total.....	64
3.5.2.	Neraca Panas Tiap Alat.....	64
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....</b>		<b>70</b>
4.1.	Lokasi Pabrik.....	70
4.1.1.	Faktor Primer.....	71
4.1.2.	Faktor Sekunder.....	73
4.2.	Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	74
4.3.	Tata Letak Mesin atau Alat (Machines).....	76

4.4.	Organisasi Perusahaan.....	79
4.4.1.	Bentuk Perusahaan.....	79
4.4.2.	Struktur Organisasi.....	80
4.5.	Tugas dan Wewenang .....	83
4.6.	Jam Kerja Karyawan.....	86
4.7.	Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Pekerja.....	88
4.8.	Catatan.....	92
4.9.	Kesejahteraan Pegawai.....	93
<b>BAB V UTILITAS.....</b>		<b>95</b>
5.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	95
5.1.1.	Unit Penyediaan Air.....	95
5.1.2.	Unit Pengolahan Air.....	98
5.1.3.	Kebutuhan Air.....	101
5.2.	Unit Pembangkit Steam.....	103
5.3.	Unit Pembangkit Listrik.....	103
5.4.	Unit Penyedia Udara Tekan.....	106
5.5.	Unit Pengolahan Limbah.....	106
5.6.	Spesifikasi Alat-Alat Utilitas.....	107
<b>BAB VI EVALUASI EKONOMI.....</b>		<b>117</b>
6.1.	Evaluasi Ekonomi.....	117
6.2.	Penaksiran Harga Alat.....	118
6.3.	Dasar Perhitungan.....	121
6.4.	Perhitungan Biaya.....	121
6.5.	Analisa Kelayakan.....	122
6.6.	Hasil Perhitungan.....	126
6.7.	Hasil Analisa Kelayakan.....	130
6.8.	Analisa Resiko Pabrik.....	134
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>137</b>
7.1.	Kesimpulan.....	137

7.2. Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA .....	139
LAMPIRAN A.....	142
LAMPIRAN B.....	166
LAMPIRAN C.....	168



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Data kapasitas ekspor dan impor asam laktat di Indonesia .....	4
<b>Tabel 1.2</b> Perbandingan proses dalam produksi asam laktat .....	11
<b>Tabel 1.3</b> Kelebihan dan kekurangan metode pembuatan asam laktat.....	12
<b>Tabel 1.4</b> Bakteri penghasil asam laktat.....	14
<b>Tabel 1.5</b> Bahan dan bakteri penghasil asam laktat .....	15
<b>Tabel 1.7</b> Data $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ masing-masing komponen .....	18
<b>Tabel 1.8</b> Data a, b, dan c masing-masing komponen.....	19
<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi produk utama dan produk samping.....	22
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi bahan baku .....	23
<b>Tabel 2.3</b> Identifikasi hazard bahan kimia dan pengelolaannya.....	24
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Filter Press .....	43
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Rotary Vacuum Filter .....	45
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi Tangki Bleaching.....	46
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi Evaporator.....	47
<b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi Heater-01 .....	48
<b>Tabel 3.6</b> Spesifikasi Heater-02 dan Heater-03.....	49
<b>Tabel 3.7</b> Spesifikasi Cooler-01, Cooler-02, dan Cooler-04.....	50
<b>Tabel 3.8</b> Spesifikasi Cooler-03 .....	51
<b>Tabel 3.9</b> Spesifikasi P-01 dan P-02.....	52
<b>Tabel 3.10</b> Spesifikasi P-03 dan P-04.....	53
<b>Tabel 3.11</b> Spesifikasi P-05 dan P-06.....	53
<b>Tabel 3.12</b> Spesifikasi P-07 dan P-08.....	54
<b>Tabel 3.13</b> Spesifikasi P-09 dan P-10.....	54
<b>Tabel 3.14</b> Spesifikasi P-11 dan P-12.....	55
<b>Tabel 3.15</b> Spesifikasi P-13 dan P-14.....	55
<b>Tabel 3.16</b> Spesifikasi P-15 dan P-16.....	56
<b>Tabel 3.17</b> Spesifikasi P-17 .....	56
<b>Tabel 3.18</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	57

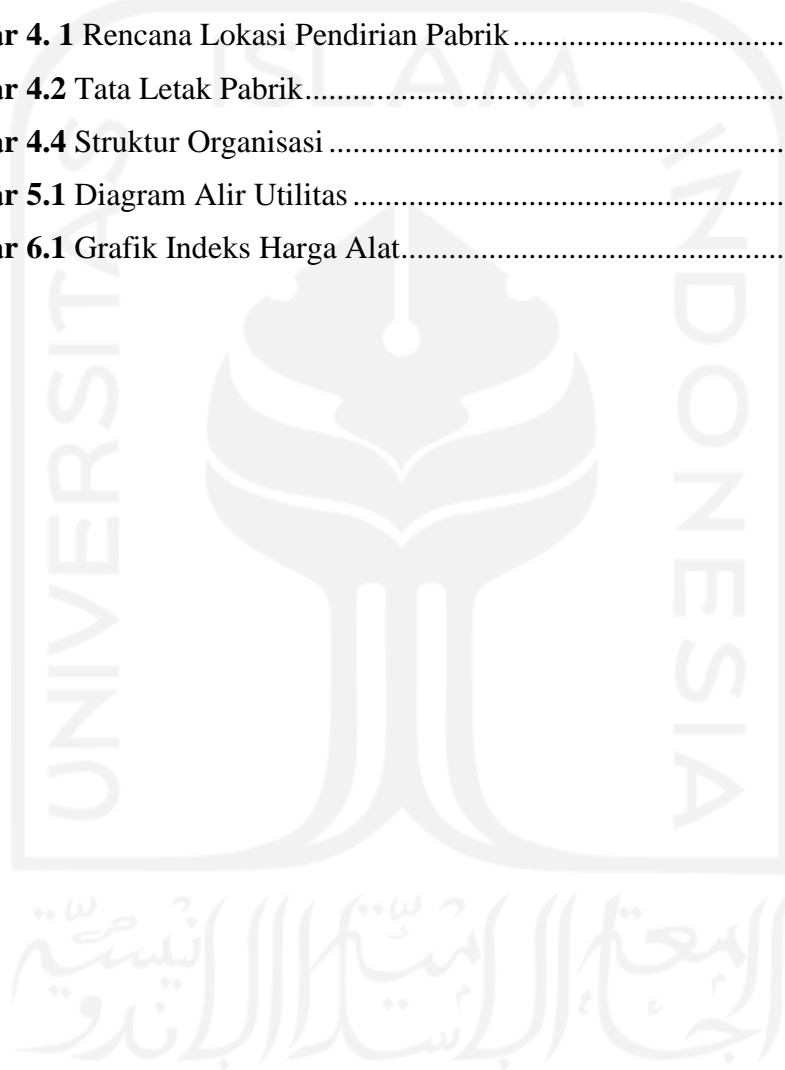
<b>Tabel 3.19</b> Spesifikasi TP-01 dan TP-02.....	58
<b>Tabel 3.20</b> Spesifikasi TP-03 dan TP-04.....	58
<b>Tabel 3.21</b> Spesifikasi TP-05 dan TP-06.....	59
<b>Tabel 3.22</b> Neraca Massa Total.....	60
<b>Tabel 3.23</b> Neraca Massa FP-01.....	61
<b>Tabel 3.24</b> Neraca Massa R-01.....	61
<b>Tabel 3.25</b> Neraca Massa N-01.....	62
<b>Tabel 3.26</b> Neraca Massa R-02.....	62
<b>Tabel 3.27</b> Neraca Massa R-03.....	63
<b>Tabel 3.28</b> Neraca Massa RVF-01.....	63
<b>Tabel 3.29</b> Neraca Massa R-04.....	64
<b>Tabel 3.30</b> Neraca Massa RVF-02.....	64
<b>Tabel 3.31</b> Neraca Massa B-01.....	65
<b>Tabel 3.32</b> Neraca Massa FP-02.....	65
<b>Tabel 3.33</b> Neraca Massa EV-01.....	66
<b>Tabel 3.34</b> Neraca Massa B-02.....	66
<b>Tabel 3.35</b> Neraca Massa FP-03.....	66
<b>Tabel 3.36</b> Neraca Panas Total.....	67
<b>Tabel 3.37</b> Neraca Panas FP-01.....	67
<b>Tabel 3.38</b> Neraca Panas H-01.....	68
<b>Tabel 3.39</b> Neraca Panas R-01.....	68
<b>Tabel 3.40</b> Neraca Panas N-01.....	68
<b>Tabel 3.41</b> Neraca Panas C-01.....	68
<b>Tabel 3.42</b> Neraca Panas R-02.....	69
<b>Tabel 3.43</b> Neraca Panas R-03.....	69
<b>Tabel 3.44</b> Neraca Panas H-02.....	69
<b>Tabel 3.45</b> Neraca Panas RVF-01.....	69
<b>Tabel 3.46</b> Neraca Panas H-03.....	70
<b>Tabel 3.47</b> Neraca Panas R-04.....	70
<b>Tabel 3.48</b> Neraca Panas C-02.....	70
<b>Tabel 3.49</b> Neraca Panas RVF-02.....	70
<b>Tabel 3.50</b> Neraca Panas C-03.....	71



<b>Tabel 3.51</b> Neraca Panas B-01 .....	71
<b>Tabel 3.52</b> Neraca Panas FP-02 .....	71
<b>Tabel 3.53</b> Neraca Panas EV-01.....	72
<b>Tabel 3.54</b> Neraca Panas C-04 .....	72
<b>Tabel 3.55</b> Neraca Panas B-02 .....	72
<b>Tabel 3.56</b> Neraca Panas FP-03 .....	72
<b>Tabel 4. 1</b> Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	78
<b>Tabel 4. 2</b> Jadwal shift kerja karyawan .....	91
<b>Tabel 4.4</b> Jumlah Penggolongan Jabatan.....	93
<b>Tabel 4.5</b> Rincian gaji karyawan .....	94
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	104
<b>Tabel 5.2</b> Kebutuhan Air Steam .....	105
<b>Tabel 5.3</b> Kebutuhan Air Proses.....	105
<b>Tabel 5.4</b> Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	107
<b>Tabel 5.5</b> Kebutuhan Listrik Alat Utilitas .....	108
<b>Tabel 6.1</b> Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) .....	123
<b>Tabel 6.2</b> Physical Plant Cost (PPC).....	130
<b>Tabel 6.3</b> Direct Plant Cost (DPC).....	131
<b>Tabel 6.4</b> Fixed Capital Investement (FCI).....	131
<b>Tabel 6.5</b> Working Capital Investement (WCI) .....	132
<b>Tabel 6.6</b> Direct Manufacturing Cost (DMC) .....	132
<b>Tabel 6.7</b> Indirect Manufacturing Cost (IMC). .....	133
<b>Tabel 6.8</b> Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	133
<b>Tabel 6.9</b> General Expense (GE).....	133
<b>Tabel 6.10</b> Analisa Laba Bersih .....	134
<b>Tabel 6.11</b> Annual Fixed Cost (Fa) .....	136
<b>Tabel 6.12</b> Regulated Cost (Ra) .....	136
<b>Tabel 6.13</b> Variabel Cost (Va).....	137
<b>Tabel 6.14</b> Analisa Kelayakan Pabrik .....	138

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Data pertumbuhan ekspor asam laktat di Indonesia .....	5
<b>Gambar 1.2</b> Data pertumbuhan impor asam laktat di Indonesia .....	5
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir kualitatif.....	33
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alir kuantitatif.....	34
<b>Gambar 4. 1</b> Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	73
<b>Gambar 4.2</b> Tata Letak Pabrik.....	81
<b>Gambar 4.4</b> Struktur Organisasi .....	85
<b>Gambar 5.1</b> Diagram Alir Utilitas .....	120
<b>Gambar 6.1</b> Grafik Indeks Harga Alat.....	124



## ABSTRAK

Asam laktat adalah pelarut alami yang digunakan sebagai bahan pembersih logam. Pada industri farmasi, asam laktat digunakan sebagai pengental dan salah satu bahan dalam pembuatan tablet. Penggunaan asam laktat pada produk kosmetika juga ditemui sebagai pelembab kulit yang mampu memperbaiki kulit kering, menghilangkan bekas jerawat, memperbaiki warna kulit, dan mencegah kerusakan jaringan kulit. Sebanyak 70% dari total asam laktat yang diperdagangkan digunakan dalam makanan dan pengolahan makanan sebagai pengatur pH, bahan pengawet dan buffer agent.

Indonesia dikenal sebagai eksportir molase dunia. Sejak 1980 hingga 2016, rata-rata ekspor molase Indonesia mencapai 459.910 ton per tahun dengan rata-rata pertumbuhan 16,36% per tahun. Negara yang menjadi tujuan ekspor molase Indonesia ada Jepang, Timor Leste, dan Inggris. Hal ini menunjukkan bahwa produksi molase di Indonesia sangat melimpah maka perlu untuk memanfaatkan molase ini menjadi produk lain yang lebih tinggi mutu dan kualitasnya sehingga akan menaikkan harga jual.

Asam laktat merupakan salah satu produk yang dapat dibuat dari bahan baku molase. Sukrosa yang terkandung pada molase akan dihidrolisis pada suhu 60°C untuk mendapatkan glukosa dan fruktosa. Glukosa dan fruktosa akan difermentasi oleh bakteri *L. delbrueckii* pada fermentor dengan suhu 40°C. Konsentrasi asam laktat ditingkatkan dengan proses evaporasi pada *double effect evaporator* hingga diperoleh asam laktat dengan konsentrasi 85%.

Pabrik asam laktat yang tergolong *low risk* ini akan didirikan di Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, dengan modal tetap sebesar \$18.777.456,69 dan modal kerja sebesar \$13.082.182. Analisis kelayakan menunjukkan ROI *before tax* 32,42%, ROI *after tax* 25,93%, POT *before tax* 2,5 tahun, POT *after tax* 2,9 tahun, BEP 45,91% , SDP 29,22%, dan DCFRR 16,52%. Berdasarkan evaluasi ini, pabrik dinilai menarik dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : asam laktat, molase, hidrolisis, fermentasi

## ABSTRACT

Lactic acid is a natural solvent used as a metal cleaning agent. In the pharmaceutical industry, lactic acid is used as a thickener and an ingredient in tablet manufacture. The use of lactic acid in cosmetic products is also found as a skin moisturizer that can improve dry skin, remove acne scars, improve skin tone, and prevent skin tissue damage. As much as 70% of the total traded lactic acid is used in food and food processing as a pH regulator, preservative and buffer agent.

Indonesia is known as a world exporter of molasses. From 1980 to 2016, the average export of Indonesian molasses reached 459,910 tons per year with an average growth of 16.36% per year. Countries that are export destinations for Indonesian molasses are Japan, Timor Leste, and the United Kingdom. This shows that the production of molasses in Indonesia is very abundant, so it is necessary to utilize this molasses into other products of higher quality and quality so that it will increase the selling price.

Lactic acid is a product that can be made from molasses. Sucrose contained in molasses will be hydrolyzed at 60°C to get glucose and fructose. Glucose and fructose will be fermented by *L. delbrueckii* bacteria in a fermentor with a temperature of 40°C. The concentration of lactic acid is increased by the evaporation process in the double effect evaporator to obtain lactic acid with a concentration of 85%.

This low risk lactic acid factory will be built in Central Lampung Regency, Lampung Province, with a fixed capital of \$18,777,456.69 and working capital of \$13,082,182. Feasibility analysis shows ROI before tax 32.42%, ROI after tax 25.93%, POT before tax 2.5 years, POT after tax 2.9 years, BEP 45.91% , SDP 29.22%, and DCFRR 16 .52%. Based on this evaluation, the factory is considered attractive and worthy of further study.

Key word : Lactid acid, Molasses, hydrolysis, fermentation

المجلة العلمية  
الاستاذة الدكتورة  
الانوار

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Asam laktat atau asam 2-hidroksi propanoat memiliki rumus kimia  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ . Asam laktat ini memiliki sifat larut dalam air, alkohol, dan eter namun tidak larut dalam kloroform, eter disulfida, dan karbon disulfida. Asam ini tidak berwarna sampai kekuningan, tidak berbau, korosif dan higroskopis pada suhu kamar. Berat molekulnya adalah 90,08 gr/mol dan berat jenisnya 1,249 dengan tekanan 14 mmHg. Densitasnya 1,2060 gr/ml dengan titik beku 16,8 °C dan panas pembakaran 3,615 kal/gr (Narayan, 2004).

Asam laktat di pasar global biasa digunakan sebagai *polylactic acid* untuk bahan baku plastik bio-degradable. Plastik dari asam laktat ini menyumbang pendapatan terbesar karena daya tahan, kekuatan mekanis, dan tingkat transparansi yang lebih baik dari jenis plastik bio-degradable lainnya. Aplikasi asam laktat pada industri makanan dan minuman juga sangat sering dijumpai. Asam laktat memiliki kemampuan untuk meningkatkan rasa dan meningkatkan umur simpan makanan dan minuman dengan mengendalikan perkembangan mikroorganisme patogen (Vidra, 2017)

Asam laktat adalah pelarut alami yang digunakan sebagai bahan pembersih logam. Pada industri farmasi, asam laktat digunakan sebagai pengental dan salah satu bahan dalam pembuatan tablet. Penggunaan asam

laktat pada produk kosmetika juga ditemui sebagai pelembab kulit yang mampu memperbaiki kulit kering, menghilangkan bekas jerawat, memperbaiki warna kulit, dan mencegah kerusakan jaringan kulit. Sebanyak 70% dari total asam laktat yang diperdagangkan digunakan dalam makanan dan pengolahan makanan sebagai pengatur pH, bahan pengawet dan buffer agent (Jin Bo et al., 2005).

Asam laktat merupakan salah satu asam organik yang diproduksi dalam skala besar. Bahan baku yang paling umum digunakan adalah karbohidrat yang dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti tebu, pati jagung, ekstrak ragi, singkong, kentang, gandum, dan masih banyak lagi. Penggunaannya terutama di negara berkembang seperti India, Cina, dan Indonesia diperkirakan akan mendorong permintaan pasar akan asam laktat. Sedangkan dalam ukuran global, pasar asam laktat senilai 2,7 miliar USD pada tahun 2020 dan diperkirakan akan berkembang sebesar 8% dari tahun 2021 hingga 2028. Namun sayangnya dari peluang pasar yang besar ini Indonesia masih belum memiliki pabrik yang memproduksi asam laktat (Retnaningtyas, 2003).

Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai penghasil asam laktat adalah molase. Molase adalah cairan tetes tebu kental berwarna coklat yang merupakan sisa dari proses pengkristalan gula pasir yang dihasilkan oleh industri gula tebu. Molase memiliki kandungan sukrosa yang cukup tinggi sekitar 48-55% sehingga dapat digunakan sebagai sumber yang baik dalam pembuatan etanol. Biasanya digunakan sebagai bahan baku etanol, alkohol,

asam sitrat, MSG, dan gasohol (Prescott dan Dunn, 1959).

Indonesia dikenal sebagai eksportir molase dunia. Sejak 1980 hingga 2016, rata-rata ekspor molase Indonesia mencapai 459.910 ton per tahun dengan rata-rata pertumbuhan 16,36% per tahun. Negara yang menjadi tujuan ekspor molase Indonesia ada Jepang, Timor Leste, dan United Kingdom. Hal ini menunjukkan bahwa produksi molase di Indonesia sangat melimpah maka perlu untuk memanfaatkan molase ini menjadi produk lain yang lebih tinggi mutu dan kualitasnya sehingga akan menaikkan harga jual (Komesu dkk, 2017).

Banyaknya kegunaan dari asam laktat membuktikan bahwa pabrik asam laktat memiliki pasar yang sangat besar. Produksi molase di Indonesia sangatlah melimpah sehingga sangat cocok dijadikan bahan baku pada pabrik asam laktat ini. Selain itu molase yang didapatkan dari bahan alam dan mudah ditemukan, menyebabkan molase memiliki harga yang relatif murah. Dengan mempertimbangkan konsumsi asam laktat dunia dengan persen pertumbuhan 8%, pabrik asam laktat dari molase ini layak untuk didirikan.

## **1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik**

Pabrik yang akan didirikan memiliki kapasitas sebesar 5.000 ton/tahun, hal ini didasarkan pada kebutuhan asam laktat di Indonesia yang masih harus mengimpor asam laktat dari luar negeri setiap tahunnya.

### **1.2.1. Impor dan Ekspor**

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik, jumlah rata-rata ekspor asam laktat dari tahun 2014 sampai 2021

menunjukkan angka di 197 ton per tahun. Sedangkan untuk rata-rata impor 3.437 ton per tahun. Dari data BPS ini menunjukkan bahwa Indonesia sangat membutuhkan peningkatan pasokan asam laktat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta untuk mengurangi jumlah impor asam laktat tiap tahunnya. Data impor dan ekspor asam laktat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

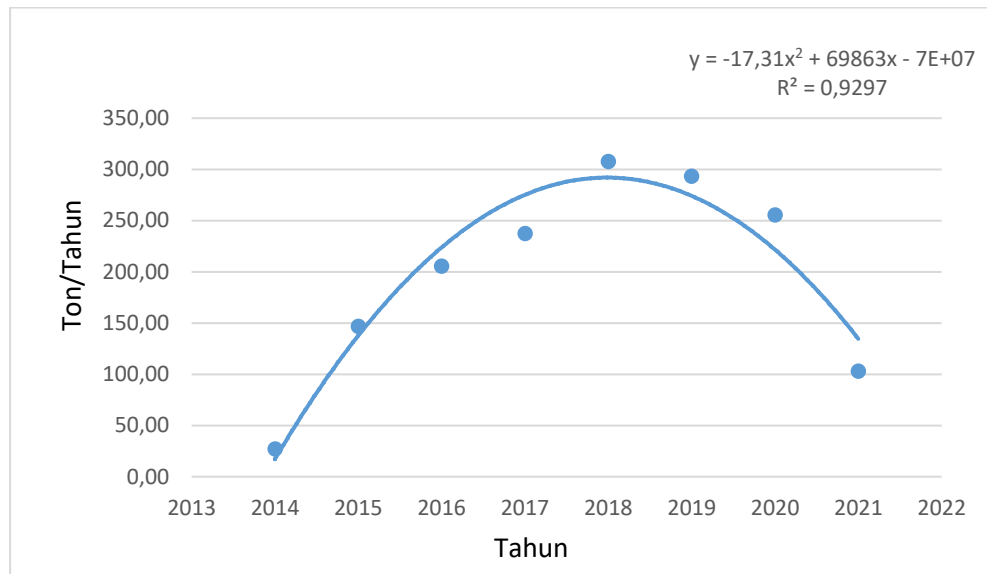
**Tabel 1.1** Data kapasitas ekspor dan impor asam laktat di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Ekspor (Ton/Tahun)</b>	<b>Impor (Ton/Tahun)</b>
2014	27	2.998
2015	146	3.037
2016	205	3.409
2017	237	3.202
2018	307	3.425
2019	293	4.193
2020	255	4.223
2021	103	3.009

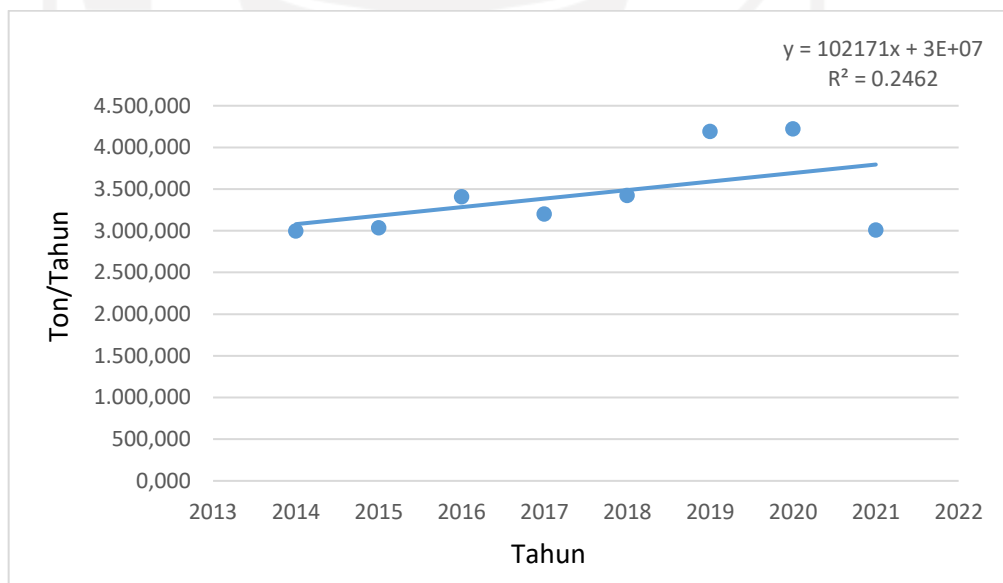
(Badan Pusat Statistik, 2022)

Proses produksi asam laktat direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2027. Untuk mengetahui perkiraan kebutuhan asam laktat pada tahun 2027 dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Grafik hasil regresi data ekspor di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan grafik hasil regresi data impor di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.2.





**Gambar 1.1** Data pertumbuhan ekspor asam laktat di Indonesia



**Gambar 1.2** Data pertumbuhan impor asam laktat di Indonesia

### 1.2.2. Produksi Luar Negeri

Dalam menentukan kapasitas pabrik dibutuhkan data produksi perusahaan lain sebagai tolak ukur untuk berdirinya pabrik asam laktat di Indonesia.

Dikarenakan belum adanya pabrik produksi asam laktat yang berdiri di Indonesia, digunakan data produksi asam laktat dari luar negeri sebagai acuan untuk memastikan kapasitas pabrik yang didirikan sesuai dengan pabrik yang sudah berdiri atau mendekati. Berikut disajikan data-data produksi perusahaan lain di beberapa negara.

**Tabel 1.2** Data kapasitas pabrik yang sudah ada

No.	Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1.	China	Musahino Chemical Co.	3.000
2.	Perancis	Marckolsheim	4.500
3.	Belgia	Galactic	5.000
4.	China	COFCO Biochemical	10.000

(Lipi.go.id)

#### 1.2.3. Konsumsi Asam Laktat

Data konsumsi asam laktat digunakan untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan dibuat. Berdasarkan sumber BPS tahun 2013-2019 diperoleh data kebutuhan asam laktat di Indonesia sebagai berikut.

**Tabel 1.3** Data konsumsi asam laktat

No.	Tahun	Data Kebutuhan (ton)
1.	2013	3.361
2.	2014	2.971
3.	2015	2.889
4.	2016	-
5.	2017	274
6.	2018	824
7.	2019	1.441

(Badan Pusat Statistik, 2013-2019)

#### 1.2.4. Peluang

Dari Gambar 1.1 dan 1.2, terlihat bahwa angka ekspor asam laktat tahun 2020 hingga 2021, dan angka impor di tahun 2021 mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini kemungkinan salah satunya

disebabkan oleh pandemi yang mempengaruhi semua sektor kehidupan termasuk ekonomi dan industri. Kemudian dari Gambar 1.1 dan 1.2, terlihat hasil regresi data ekspor persamaan :

$$\begin{aligned}
 y &= -17.31x^2 + 69863x - 7E+07 \\
 &= -17.31(14)^2 + 69863(14) - 7E+07 \\
 &= -690253,1076
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan regresi linier data ekspor diperoleh hasil yang minus, maka diasumsikan tidak ada ekspor pada tahun 2027. Sedangkan untuk data impor didapatkan persamaan :

$$\begin{aligned}
 y &= 102171x + 3E+07 \\
 &= 102171(14) + 3E+07 \\
 &= 4.430
 \end{aligned}$$

hasil regresi linier data impor menunjukkan bahwa tahun 2027 Indonesia kemungkinan akan mengimpor asam laktat sebanyak 4.430 ton. Maka peluang yang diambil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= \text{demand} - \text{supply} \\
 &= 4.430,394 - 0 \\
 &= 4.430 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Asumsi : ditambahkan 15% dari peluang

$$\approx 5.000 \text{ ton/tahun}$$

Penambahan hasil 15% dimaksudkan agar produk selain dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, juga dapat diekspor ke luar negeri. Terdapat 3 negara tujuan ekspor produk asam laktat yaitu Jepang, Timor

Leste, dan Inggris yang ketiganya merupakan negara dengan permintaan asam laktat paling tinggi di dunia. Dari hasil kedua persamaan dan perhitungan diatas, didapatkan bahwa pada tahun 2027, kebutuhan asam laktat di Indonesia adalah sekitar 5.000 ton. Berdasarkan data ekspor impor dan perhitungan regresi yang telah dilakukan, pengambilan kapasitas pabrik didasarkan dengan kebutuhan konsumsi dalam negeri pada tahun 2027 dan diharapkan bisa mengekspor produksi asam laktat ke luar negeri. Maka ditetapkan kapasitas pabrik asam laktat yang dipilih adalah 5.000 ton/tahun.

### **1.3. Tinjauan Pustaka**

#### **1.3.1. Asam Laktat**

Asam laktat merupakan asam hidrosikaboksilat paling sederhana berwarna kuning sampai tidak berwarna pada suhu 15°C dan tekanan 1 atm. Asam laktat ditemukan pertama kali di dalam susu oleh Scheele dari Swedia pada tahun 1780. Kemudian asam laktat ini mulai diproduksi pada tahun 1881 oleh Charles E. Avery di AS. Molekul asam laktat ditemukan secara alami pada tumbuhan, mikroorganisme, dan hewan, dan juga dapat diproduksi oleh fermentasi karbohidrat atau dengan sintesis kimia dari batubara, produk minyak bumi, dan gas alam (Komesu, dkk. 2017).

Pada survei yang dilakukan di pasar global, asam laktat memiliki berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi baru dan paling banyak digunakan untuk asam laktat yaitu produksi polimer PLA (Polylactic Acid) yang merupakan alternatif plastik biodegradable,

biokompatibel, dan ramah lingkungan. Kemudian terbanyak kedua untuk makanan dan minuman. Lalu juga digunakan untuk industri, produk perawatan tubuh, farmasi, dan lain sebagainya (Grand View Research, 2021).

Dalam produksi asam laktat dalam skala industri diperlukan beberapa faktor seperti biaya yang rendah, hasil produk tinggi, tidak ada pembentukan produk samping yang berbahaya, dan kemurnian produk tinggi. Contoh bahan baku yang hanya membutuhkan sedikit pemurnian adalah yang mengandung karbohidrat seperti jagung, kentang, tepung terigu. Selain itu produksi asam laktat dapat diproduksi juga menggunakan bahan baku molase. Saat ini molase dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi alkohol, ragi, atau sebagai pakan ternak. Molase mengandung karbohidrat yang telah siap difermentasi tanpa perlakuan pendahuluan karena sudah berbentuk gula. Molase merupakan sejenis sirup yang merupakan produk samping dari proses pengkristalan gula yang berwarna coklat tua dan baunya menyengat.. Sulit dikristalkan menjadi gula karena mengandung glukosa dan fruktosa yang sulit dikristalkan serta memiliki nilai sucrose ratio reducing (SRR) rendah (Khoeriyah & Prabowo 2016). Molase ini memiliki nilai yang tinggi untuk Chemical Oxygen Demand (COD) yaitu 60.000 mg/L dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) sebesar 25.000 mg/L (Vidra 2017).

Pada pembuatan asam laktat dapat dilakukan dengan sintesis kimia atau fermentasi bioteknologi.

#### a. Sintesis Kimia Asam Laktat

Pada metode sintesis kimiawi ini menggunakan laktonitril yang merupakan produk sampingan dari teknologi akrilonitril, proses ini ditemukan oleh Wislicenus tahun 1863. Pabrik pertama yang memproduksi asam laktat dengan sintesis kimia dalam jumlah besar adalah Monsanto di Texas, Amerika Serikat pada tahun 1963 dengan produksi 4.500 ton. Pabrik Sterling Chemicals menggunakan metode ini namun berhenti melakukan produksi di awal 1990. Musashino Chemical juga menggunakan metode ini namun kemudian mengubah proses produksinya menjadi fermentasi (Komesu dkk, 2017).

Ada banyak proses yang dapat dilakukan di metode sintesis kimia seperti degradasi gula menggunakan katalis basa, oksidasi propilen glikol, hidrolisis asam kloropropionat, oksidasi asam nitrat propilena, dan reaksi asetaldehid, karbon monoksida, dan air pada suhu dan tekanan tinggi. Namun dari semua proses yang ada, tidak ada satupun proses yang dinilai feasible secara teknis maupun ekonomi kecuali proses yang menggunakan laktonitril sebagai bahan bakunya. Kekurangan lain pada metode ini yaitu bahan bakunya mahal, ketergantungan bahan baku dengan industri lain, dan produk yang dihasilkan tidak murni (Tambunan dkk, 2019).

#### b. Fermentasi Karbohidrat

Fermentasi adalah proses penguraian senyawa kompleks (sukrosa) menjadi sederhana (glukosa) dengan bantuan mikroorganism

sehingga menghasilkan energi. Fermentasi asam laktat dapat dilakukan dengan menggunakan jamur atau dapat juga menggunakan bakteri. Fermentasi asam laktat dapat dilakukan oleh jamur *Rhizopus oryzae* dalam kondisi aerob, namun jamur ini memiliki pertumbuhan yang lambat dan tingkat produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan bakteri asam laktat. Sehingga fermentasi menggunakan bakteri asam laktat lebih banyak digunakan (Nurkhamidah, 2019).

Pabrik yang telah menggunakan metode ini ada Archer Daniels Midland pada awal 1990-an, Purac (Belanda), Galactic (Belgia), Cargill (AS), CCA (Changzhou) Biochemical Co. Ltd., Henan Jindan Lactic Acid Co. Ltd., Mushahino Chemical Co. Ltd., dan NatureWorks LLC yang paling besar di Amerika Serikat dengan kapasitas produksi 180.000 ton per tahun yang mulai beroperasi pada 2002 (Komesu dkk, 2017).

Adapun perbandingan dari masing-masing metode produksi asam laktat dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Perbandingan proses dalam produksi asam laktat

Parameter	Sintesis Kimiawi	Fermentasi
Suhu operasi	Tinggi, 573K <sup>d</sup>	Cenderung rendah, 30-47 °C <sup>d</sup>
Tekanan operasi	Tinggi <sup>a</sup>	Lebih rendah <sup>a</sup>
Konsumsi energi	Tinggi <sup>c</sup>	Lebih rendah <sup>c</sup>
Bahan baku	Tidak dapat diperbarui <sup>a</sup>	Sumber daya terbarukan <sup>a</sup>
Yield	75-85% <sup>e</sup>	85-95% <sup>e</sup>
Kemurnian produk	Mengandung impurities <sup>b</sup>	Produk murni <sup>b</sup>
Biaya produksi	Mahal <sup>a</sup>	Murah <sup>a</sup>

(Kurniawan (a), Murbawani (b), Tambunan (c), Gustaref (d), Bohnet (e))

**Tabel 1.5** Kelebihan dan kekurangan metode pembuatan asam laktat

<b>Metode</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Sintesis Kimiawi	Menggunakan proses kontinyu <sup>a</sup>	Korosif pada reaktor <sup>a</sup>
		Kemurnian produk rendah <sup>b</sup>
		Bahan tidak terbarukan <sup>a</sup>
Fermentasi Karbohidrat	Bahan baku yang murah dan mudah didapatkan <sup>a</sup>	Menggunakan proses batch <sup>a</sup>
	Suhu dan tekanan produksi rendah sehingga menghemat biaya operasional <sup>a</sup>	Membutuhkan waktu kontak lebih dari 48 jam <sup>a</sup>
	Kemurnian produk tinggi <sup>b</sup>	
	Konsumsi energi rendah <sup>a</sup>	

(Gustaref (a), Murbawani (b))

Dengan melihat dan memperhatikan beberapa kelebihan dan kekurangan proses pembuatan asam laktat, maka pada perancangan ini dipilih metode fermentasi untuk proses pembuatan asam laktat pada prarancangan yang kami susun dengan memperhatikan faktor berikut ini :

1. Bahan baku yang mudah diperoleh. Indonesia dikenal sebagai eksportir molase dunia sehingga bahan baku sangat melimpah.
2. Harga bahan baku yang murah dan terbarukan. Bahan baku yang diambil dari tumbuhan menjadikan lebih ramah lingkungan.
3. Kemurnian produk tinggi dan resiko rendah. Kondisi operasi yang tidak tinggi sehingga tergolong pabrik yang beresiko rendah.
4. Kondisi operasi tidak tinggi sehingga menekan biaya operasional.

### 1.3.2. Pembuatan Asam Laktat dari Molase

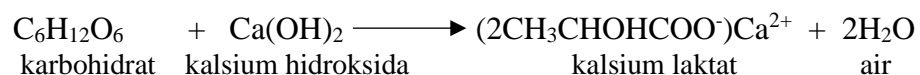
Proses pembuatan asam laktat secara fermentasi ini terdiri dari

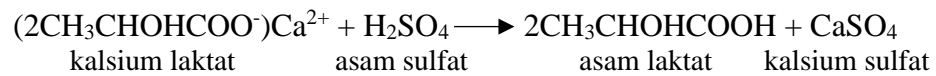


tiga tahap yaitu tahap hidrolisis sukrosa, tahap fermentasi, dan tahap penambahan asam sulfat. Pada tahap hidrolisis ini ditambahkan yeast untuk membantu mengubah sukrosa menjadi glukosa. Sebelumnya molase disterilisasi terlebih dahulu. Proses hidrolisis dilakukan didalam reaktor hidrolisis berlangsung pada kondisi suhu 40°C dan tekanan atmosfer. Selanjutnya glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis dilakukan fermentasi pada fermentor dengan penambahan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* dan berlangsung pada suhu antara 46°C tekanan atmosfer. Kondisi pada tangki dijaga agar suhunya tetap dan massa inkubasi selama 24 jam (Prescott and Dunn, 1959).

Di dalam fermentor juga ditambahkan kalsium hidroksida atau Ca(OH<sub>2</sub>) sebanyak 4%. Penambahan kalsium hidroksida bertujuan untuk menjaga pH 5-6 agar terbentuk kalsium laktat. Fermentasi berlangsung sempurna sekitar 4-6 hari. Kemudian larutan dipanaskan pada suhu 82°C untuk mengkoagulasikan laktatbulmin dan membunuh semua mikroorganisme aktif. Kalsium laktat yang terbentuk kemudian ditambahkan asam sulfat sehingga menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dan kalsium sulfat sebagai produk samping. Untuk menghilangkan warna ditambahkan karbon aktif sebagai adsorben, kemudian larutan dipekatkan dengan evaporator (Prescott and Dunn, 1959).

Reaksinya adalah :





Karbohidrat dan kalsium hidroksida difermentasi dan dilakukan penetralan sehingga menghasilkan kalsium laktat dan air. Kemudian kalsium laktat yang terbentuk dihidrolisis dengan menggunakan asam sulfat untuk menghasilkan asam laktat dan kalsium sulfat. Kalsium sulfat yang tidak larut dipisahkan dengan cara penyaringan, asam laktat yang dihasilkan dihidrolisis, diesterifikasi, didistilasi, kemudian dihidrolisis (Narayan et al., 2004).

Bakteri asam laktat dikategorikan menjadi homofermentatif dan heterofermentatif. Pada homofermentatif, bakteri hanya memproduksi asam laktat saja karena dengan sempurna mengubah glukosa menjadi asam laktat. Pada heterofermentatif, bakteri selain memproduksi asam laktat juga memproduksi etanol dan CO<sub>2</sub>. Macam bakteri penghasil asam laktat dapat dilihat pada Tabel 1.6 dan bahan dan bakteri yang memproduksi asam laktat pada Tabel 1.7.

**Tabel 1.6** Bakteri penghasil asam laktat

<b>Homofermentatif</b>	<b>Heterofermentatif</b>
<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 lactis</i>	<i>Lactobacillus confuses</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	<i>Lactobacillus coprophilus</i>
<i>Lactobacillus lechmannii</i>	<i>Lactobacillus fermentatum</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Lactobacillus sanfrancisco</i>

(Beucht, 1995)

**Tabel 1.5** Bahan dan bakteri penghasil asam laktat

Raw material	Organism	$\gamma$ (lactic acid)	Productivity
		g/L	g/ (L-h)
Molasses	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NCIMB 8130	90.0	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>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> ATCC 19435	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 amyloovor</i> ATCC 33620	10.1	0.8
Cassava	<i>Lactobacillus amyloovor</i> ATCC 33620	4.8	0.2
Potato	<i>Lactobacillus amyloovor</i> ATCC 33620	4.2	0.1
Rice	<i>Lactobacillus</i> sp. 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> ssp. <i>torquens</i> ATCC 25600	24.0	0.5
Corn cob	<i>Rhizopus</i> sp. MK-96-1196	24.0	0.3
Waste paper	<i>Lactobacillus coryniformis</i> ssp. <i>torquens</i> ATCC 25600	23.1	0.5
	<i>Rhizopus oryzae</i> NRRL 395	49.1	0.7
Wood	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NRRL 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

(Young-Jung Wee, Jin-Nam Kim 2006)

*Lactobacillus delbrueckii* adalah bakteri yang biasa digunakan dalam pembuatan asam laktat skala industri. Termasuk dalam jenis batang gram-positif, nonmotile, dan tidak membentuk spora. Dapat hidup di kondisi anaerob maupun aerob, namun optimal di anaerob. Bakteri ini dapat tumbuh pada pH rendah sekitar 5,4-6 dan suhu sekitar 30-46°C dengan pertumbuhan optimal pada pH 6 dan suhu 30°C. Bakteri ini dapat memproduksi asam laktat dari fermentasi karbohidrat seperti tepung terigu dan gula. *Lactobacillus delbrueckii* dipilih karena merupakan bakteri asam laktat dengan jenis homofermentatif yang dapat memproduksi asam laktat tinggi dan dapat tumbuh pada suhu dan pH yang optimal. Bakteri ini juga tidak menghasilkan produk samping yang membahayakan (Komesu dkk, 2017).

Asam laktat biasanya diproduksi dalam reaktor batch meskipun

juga dapat diproduksi pada reaktor kontinyu dan fed-batch. Fermentasi batch memiliki konversi dan hasil yang lebih unggul dibandingkan dengan fermentasi kontinyu, namun memiliki produktivitas volumetrik yang lebih rendah. Pada fermentasi kontinyu jika tidak diberikan treatment yang baik akan maka akan terjadi washout mikroorganismenya dan akumulasi konsentrasi awal sumber karbon khususnya glukosa, hal ini dapat menjadi inhibitor dan mengganggu pertumbuhan mikroorganismenya. Sedangkan dalam proses batch, semua substrat akan digunakan sehingga tidak meninggalkan residu. Batch lebih unggul dari segi konversi dan yield dibandingkan dengan proses yang kontinyu (Tambunan, 2019).

#### **1.4. Tinjauan Kinetika dan Termodinamika**

##### **1.4.1. Tinjauan Kinetika**

Tinjauan kinetika digunakan untuk memperkirakan kecepatan pertumbuhan dan pembentukan produk (Russel, 1987). Pada pembentukan asam laktat dari molase yang menggunakan proses fermentasi ini menggunakan reaktor batch atau reaktor plug flow steady state. Pada reaktor batch, diasumsikan bahwa reaksi dimulai pada  $t = 0$  dengan mekanisme reaksi dapat direpresentasikan oleh persamaan Michaelis-Menten (Henri, 1902).

##### **A. Reaksi Hidrolisis**

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot (C_6H_{10}O_5)$$

Diasumsikan  $C_a = C_6H_{10}O_5$

Laju reaksi :

$$-r_A = k \cdot C_a$$

$$\frac{d(C_a)}{dt} = r_A$$

$$\frac{d(C_{a0} - C_{a0} \cdot x)}{dt} = r_A$$

$$\frac{d(C_{a0})}{dt} - C_{a0} \frac{dx}{dt} = r_A$$

$$-C_{a0} \frac{dx}{dt} = k \cdot C_a$$

$$-C_{a0} \frac{dx}{dt} = k \cdot C_{a0}(1 - x)$$

$$-k \int \frac{1}{dt} = \int \frac{dx}{(1 - x)}$$

$$-k \cdot t = \ln(1 - x)$$

$$t = \frac{1}{k} - \ln(1 - x)$$

(Ajaala, 2020)

## B. Reaksi Fermentasi

- Produksi biomassa

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \left( \frac{S}{K_s + S} \right) \left( \frac{K_p}{K_p + S} \right) x$$

- Penyerapan sukrosa

$$-\frac{dc}{dt} = \frac{1}{Y_p} \frac{dP}{dt}$$

- Produksi asam laktat

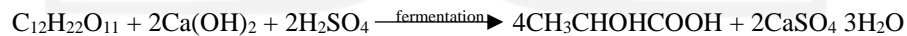
$$\frac{dP}{dt} = k_4 \left( \frac{dx}{dt} \right) + k_5 \left( \frac{S}{K_s' + S} \right) x$$

(Rogers, 1978)

Dimana S adalah konsentrasi sukrosa (g/l). X adalah konsentrasi biomassa. K<sub>s</sub> adalah konstanta Monod (g/l). Y<sub>p</sub> adalah yield pembentukan asam laktat. Fase pembentukan sel paling aktif yaitu pada fase pertumbuhan yang akan digunakan untuk penentuan parameter kinetika menggunakan matlab.

#### 1.4.2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat dan arah dari reaksi yang berlangsung. Bagaimana sifat dan arah reaksi dapat dilihat dari perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) dan  $\Delta G_f^\circ$  dari masing-masing komponen reaksi yang ada. Perhitungan panas pembentukan standar asam laktat dapat dilihat pada tabel 1.8.



**Tabel 1.8** Data  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	-2226,1 <sup>a</sup>	-1320,1 <sup>a</sup>
Ca(OH) <sub>2</sub>	-985,2 <sup>b</sup>	-897,5 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> O	-285,84 <sup>b</sup>	-237,1 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-735,13 <sup>b</sup>	-653,47 <sup>b</sup>
CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	-621,00 <sup>c</sup>	-516,00 <sup>c</sup>
CaSO <sub>4</sub>	-1434,5 <sup>b</sup>	-1322,0 <sup>b</sup>

(Daniel (a), CRS (b), Yaws (c))

**Tabel 1.9** Data a, b, dan c masing-masing komponen

Komponen	a	B	c	D
Ca(OH) <sub>2</sub>	89,5 x 10 <sup>-3</sup>	-	-	-
H <sub>2</sub> O	75,4 x 10 <sup>-3</sup>	-	-	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	139,1 x 10 <sup>-3</sup>	15,59 x 10 <sup>-5</sup>	-	-

(Felder, 2005)

- Menghitung  $\Delta H^{\circ}r$

$$\Delta H_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = -2.226,1 \text{ kJ/mol}$$

(NIST WebBook)

$$\Delta H_{\text{Ca(OH)}_2} = -986,09 \text{ kJ/mol}$$

(NIST WebBook)

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{SO}_4} = -735,13 \text{ kJ/mol}$$

(Perry, 7<sup>th</sup> edition)

$$\Delta H_{\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}} = -694,1 \text{ kJ/mol}$$

(Yaws, 1999)

$$\Delta H_{\text{CaSO}_4} = -1.294 \text{ kJ/mol}$$

(NIST WebBook)

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = -285,84 \text{ kJ/mol}$$

(Yaws, 1999)

$$\Delta H^{\circ}r = \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta H^{\circ}_f 4\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \Delta H^{\circ}_f 2\text{CaSO}_4 + \Delta H^{\circ}_f 2\text{H}_2\text{O}) -$$

$$(\Delta H^{\circ}_f \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \Delta H^{\circ}_f 2\text{Ca(OH)}_2 + \Delta H^{\circ}_f 2\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$= ((4 \times (-694,1)) + (2 \times (-1294)) + (2 \times (-285,84))) - ((-2226,1)$$

$$+ (2 \times (-986,09)) + (2 \times (-735,13)))$$

$$= -543,64 \text{ kJ/mol K}$$

Nilai  $\Delta H < 0$  sehingga reaksi bersifat eksotermis.

- Menghitung  $\Delta G^\circ$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G^\circ 4\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \Delta G^\circ \text{CaSO}_4 + \Delta G^\circ 3\text{H}_2\text{O}) - \\ &\quad (\Delta G^\circ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \Delta G^\circ 2\text{Ca(OH)}_2 + \Delta G^\circ 2\text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= ((4 \times (-516)) + (-1322) + (3 \times (-237,1))) - ((-910) + (2 \times (- \\ &\quad 897,5) + (2 \times (-653,47))) \\ &= -997,26 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = -R \cdot T \cdot \ln K_{298}$$

$$\begin{aligned} \ln K &= \frac{\Delta G^\circ_{R 298}}{-R \cdot T} \\ &= \frac{-997260 \text{ J/mol}}{-8,314 \text{ J/mol K} \times 298 \text{ K}} \end{aligned}$$

$$K = 6,4575 \times 10^{174}$$

Didapatkan nilai konstanta kesetimbangan pada keadaan standar 298 K sebesar  $6,4575 \times 10^{174}$ . Kemudian dari konstanta keadaan standar, dapat dicari nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada 315 K.

$$\ln \frac{K}{K^\circ} = -\frac{\Delta H R^\circ}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K}{2,3544 \times 10^{64}} = -\frac{-5149831}{8,314} \left( \frac{1}{315} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\frac{K}{2,3503 \times 10^{64}} = \exp(-11,2177)$$

$$K = 8,6749 \times 10^{169}$$

Dengan nilai konstanta kesetimbangan yang didapat adalah 8,6749



$\times 10^{169}$  maka reaksi yang terjadi adalah reaksi yang bersifat irreversible atau searah.



## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan asam laktat dirancang berdasarkan variabel utama yaitu : spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

#### 2.1. Spesifikasi Produk

##### a. Sifat Fisis Produk

**Tabel 2.1** Spesifikasi produk utama dan produk samping

Spesifikasi Produk		
Spesifikasi	Bahan	
	Asam Laktat	Kalsium Sulfat
Wujud	Cairan	Padatan
Rumus Molekul	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	CaSO <sub>4</sub>
Berat Molekul, g/mol	90,08 g/mol	136,14 g/mol
Titik Didih, °C	173,85°C	1193°C
Densitas, g/cm <sup>3</sup>	1,249 g/cm <sup>3</sup>	2,96 g/cm <sup>3</sup>
Spesifik Gravity, suhu 20°C	1,249	0,21
Kadar Impuritas (%)	15%	9%

##### b. Sifat Kimia Produk

- Sifat Kimia Asam Laktat

Dapat terjadi reaksi substitusi dengan gugus alkohol.



- Sifat Kimia Kalsium Sulfat

Pada temperatur 170°C akan terbentuk anhidrit.



## 2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

### a. Sifat Fisik Bahan Baku

**Tabel 2.2** Spesifikasi bahan baku

Spesifikasi Bahan Baku			
Spesifikasi	Bahan		
	Molase	Asam Sulfat	Kalsium Hidroksida
Wujud	Cairan	Cairan	Padatan
Rumus Molekul	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>
Komposisi	32% sukrosa 20% air 16% fruktosa 14% glukosa 8% abu 10% padatan pengotor		
Berat Molekul, g/mol	201,22 g/mol	98,08	74,09
Titik Didih, °C	>100°C	336,85°C	2850°C
Densitas g/cm <sup>3</sup>	1,400 g/cm <sup>3</sup>	1,834 g/cm <sup>3</sup>	2,2 g/cm <sup>3</sup>
Spesifik Gravity, pada 20°C	1,4	1,26	2,24

(Sumber: Cuban Research Institute of Sugar Cane Derivatives, 1988,

PT. Metabisulphite Nusantara & PT. Nusantara Megah)

### b. Sifat Kimia Bahan Baku

- Sifat Kimia Molase

Mengandung banyak karbohidrat sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku proses fermentasi alkohol maupun fermentasi lain.

- Sifat Kimia Asam Sulfat

Higroskopis atau mampu melarutkan logam-logam yang ada dalam bijih sulfida.

- Sifat Kimia Kalsium Hidroksida

Ketika dipanaskan sampai suhu 510°C akan terdekomposisi menjadi kalsium oksida dan air.



**Tabel 2.3** Identifikasi hazard bahan kimia dan pengelolaannya

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses								
Komponen	Hazard						Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>		

**Bahan Baku**

Molase							Viskositas (cps) pada 20°C : sekitar 5000-20000. Larut dalam air. Bukan zat atau campuran berbahaya selama berada dalam kondisi normal. <sup>b</sup>	Hindari kontak langsung dengan kulit, mata, dan pakaian. Gunakan alat pelindung diri yang sesuai. Simpan di tempat berventilasi baik (baja ringan, stainless steel, polietilen, PVC) pada suhu ruang. Jauhkan dari kontaminasi mikrobiologi atau air pengencer. <sup>b</sup>
--------	--	--	--	--	--	--	--	--

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses								
Komponen	Hazard						Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>		

**Bahan Baku**

Kalsium Hidroksida			√	√	√			Autoignition temperature : >400°C. Densitas : 2,240 g/cm <sup>3</sup> pada 20°C. Menyebabkan iritasi kulit, kerusakan mata yang serius, dan iritasi pada saluran pernafasan. <sup>a</sup>	Hindari menghirup debu/asap/gas/kabut/uap/semburan. Cuci kulit dengan seksama setelah menangani. Gunakan hanya di luar ruangan atau di tempat yang berventilasi baik. Kenakan sarung tangan/pelindung mata/pelindung wajah. Simpan di wadah tertutup rapat dan kering. <sup>a</sup>
Asam Sulfat				√	√			Densitas : 1,80-1,84 g/cm <sup>3</sup> . Larut dalam air. Dapat korosif terhadap logam. Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata. <sup>a</sup>	Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah. Hindarkan inhalasi uap atau kabut. Simpan di tempat dingin. Simpan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. Kontener yang terbuka harus ditutup lagi dengan hati-hati dan dijaga tetap berdiri untuk mencegah kebocoran. <sup>a</sup>

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses								
Komponen	Hazard						Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>		

**Produk**

Asam Laktat				√	√			Densitas : 1,21 g/cm <sup>3</sup> pada 20°C. Larut dalam air pada suhu 20°C. Menyebabkan iritasi kulit. Menyebabkan kerusakan mata yang serius. <sup>a</sup>	Simpan di wadah yang tertutup sangat rapat. Simpan pada suhu yang direkomendasikan, lihat label produk. <sup>a</sup>
Kalsium Sulfat								Bukan zat atau campuran berbahaya. <sup>a</sup>	Sediakan ventilasi pembuangan yang sesuai di tempat dimana debu terbentuk. Simpan di tempat sejuk. Pastikan wadah tertutup rapat di tempat kering dan memiliki ventilasi baik. <sup>a</sup>

(Sumber : (a)Sigma-Aldrich corporation, 2022 (b)Premier Molasses, 2013)

### 2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (Quality Control) pada pabrik pembuatan asam laktat dari molase ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, pengendalian kualitas terkait waktu produksi, dan pengendalian kualitas produk. Untuk memperoleh dan menjaga produk

agar sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, maka produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang ada. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu diharapkan pula untuk waktu pembuatan produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain :

#### 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku disini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan bahan baku untuk nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Dimana ditinjau dari beberapa pertimbangan apakah bahan baku yang ada sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu, sebelum dimulai tahap proses produksi perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku yang berupa Molase ( $C_6H_{12}NNaO_3S$ ), Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan Kalsium Hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) dengan tujuan agar bahan yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik. Semua pengawasan terkait mutu bahan baku dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Setelah dilakukan analisa, apabila kualitas bahan baku yang ada tidak sesuai maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dilakukan pengembalian kepada supplier.

### 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik terdiri dari aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dialakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi kesalahan dan penyimpangan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di set yaitu berkaitan dengan *flow rate* bahan baku maupun produk, *level control* maupun *temperature control*, dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda-tanda lain. Saat terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal hal ini bisa dilakukan secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses produksi pabrik yaitu kontrol terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan temperatur, tekanan, dan sebagainya. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut :

1. *Flow rate*

Merupakan salah satu alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

2. *Temperature control*

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya *temperature control* memiliki *set point*/batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter di



dalamnya. Dimana ketika nilai suhu benda (nilai aktual) yang diukur melebihi *set point* hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja.

### 3. *Level control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan atau diatur, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa nyala lampu dan bunyi alarm.

Pengendalian kualitas proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mana mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat. Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengawasan selama proses berlangsung dan pengawasan produk asam laktat pada saat berada di tangki penyimpanan (silo produk) sebelum dilakukan pendistribusian pada konsumen. Secara umum pengendalian kualitas atau mutu proses dilakukan dengan menggunakan tiga metode, antara lain :

#### 1. Pengawasan proses secara langsung

Pada pengendalian mutu ini tim *quality control* secara langsung mengawasi dari masing-masing proses, dengan cara memperhatikan perlakuan terhadap aliran bahan baku dan mesin produksi.

2. Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Pengendalian proses secara otomatis yang terdapat dalam mesin produksi misalnya keadaan tekanan saat terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, banyaknya material dalam suatu alat, dan lain-lain. Apabila terjadi penyimpangan terhadap bahan baku selama proses, maka secara otomatis mesin produksi akan berhenti.

3. Pengawasan kondisi parameter mesin

Pada pengawasan proses dengan cara ini lebih ditekankan pada parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Apabila tidak sesuai dengan standar maka harus diatur lagi *settingan* mesinnya agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

2.3.3. Pengendalian Terkait Waktu Produksi

Dalam mencapai kuantitas/jumlah tertentu perlu adanya waktu tertentu yang harus diperhitungkan sebelumnya. Maka dari itu pengendalian waktu dibutuhkan untuk mengefisienkan waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung, agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana dan target yang sudah dirancang.

2.3.4. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas

produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Untuk memperoleh mutu atau kualitas produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan, serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan analisa produk terlebih dahulu sebelum dipasarkan. Uji yang dilakukan adalah pengujian kemurnian produk serta komposisi komponen yang terkandung dalam produk asam laktat tersebut apakah sudah sesuai dan layak untuk digunakan.

Selain itu dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Sedangkan faktor internal adalah terkait kemampuan pabrik yang ingin dibangun, yaitu :

a. Kemampuan Pasar

Terdapat dua kemungkinan dimana yang pertama adalah kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Yang kedua kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Dari kedua kemampuan tersebut ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan

mempertimbangkan untung dan rugi. Kemudian rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan untuk tahun berikutnya. Serta bisa dilakukannya tindakan dan upaya untuk mencari daerah pemasaran lain agar produk bisa terjual.

b. Kemampuan Pabrik

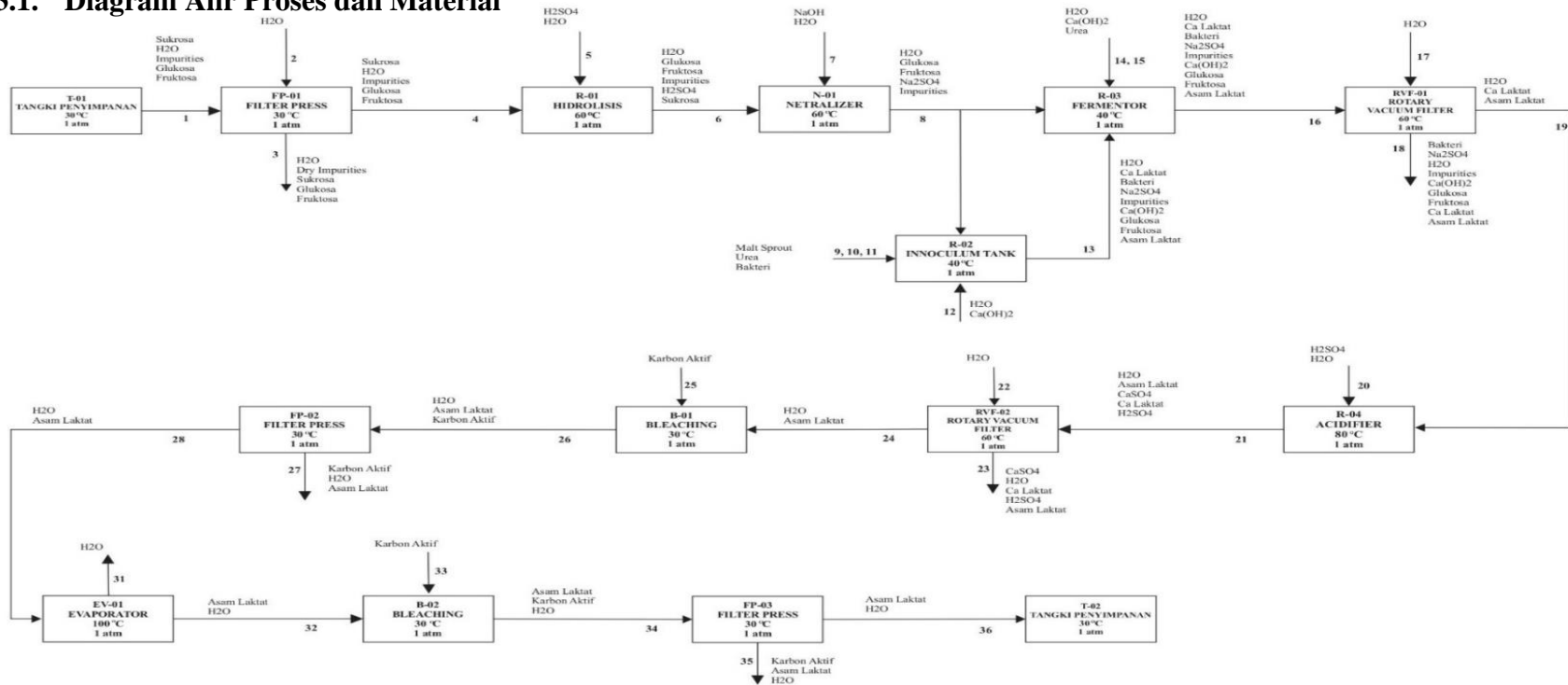
Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor yaitu berupa material dimana dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

Kemudian terkait manusia sebagai tenaga kerja dimana kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian yang menimpa pabrik. Oleh karena itu perlu dilakukannya semacam *training* atau pelatihan pada setiap karyawan di pabrik tersebut yang nantinya akan meningkatkan keterampilan dan cara berpikir dalam menjalankan suatu pekerjaan.

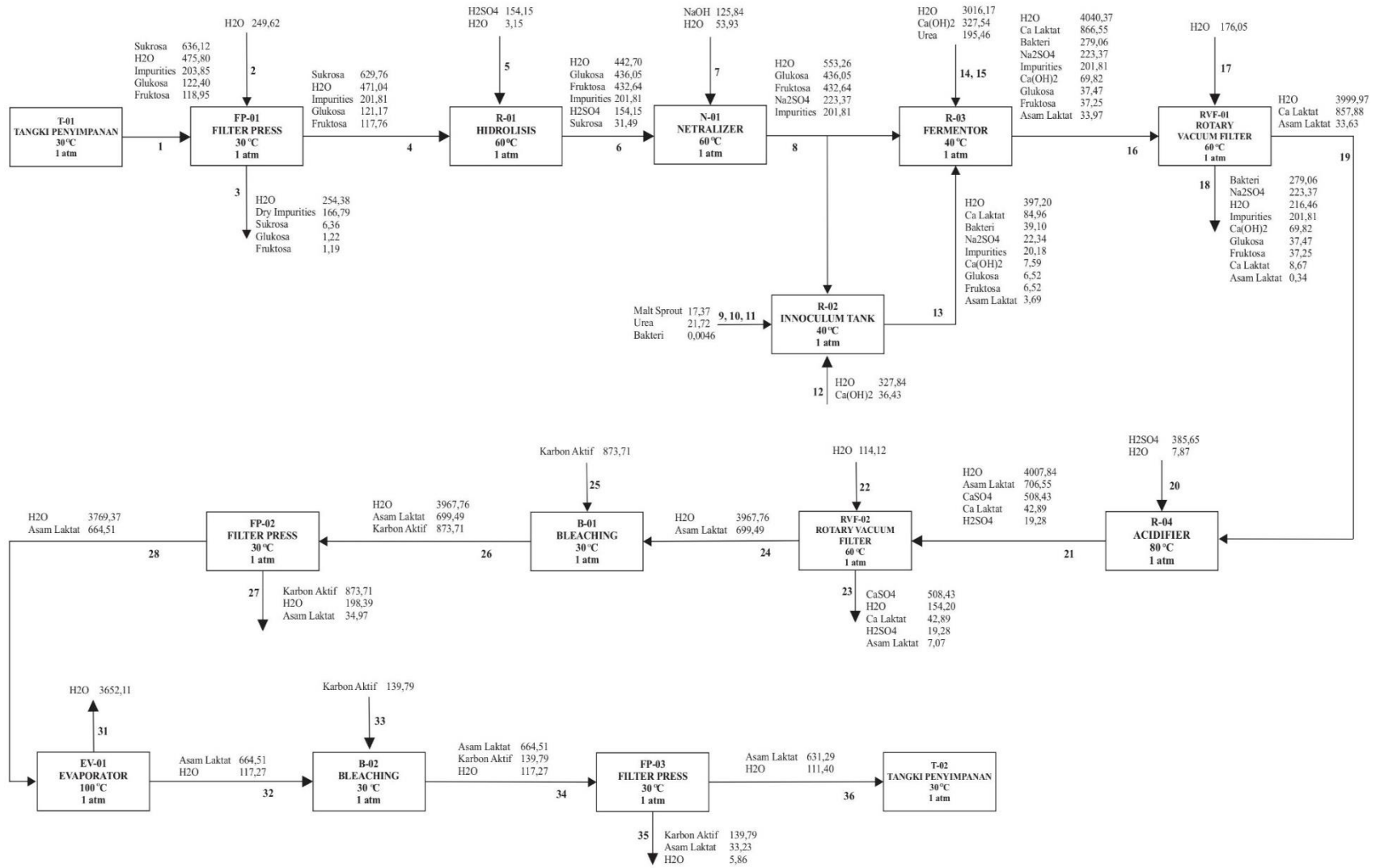
# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

### 3.1. Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif



Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif

### 3.2. Uraian Proses

Molase yang merupakan produk samping dari industri gula diangkut ke pabrik asam laktat menggunakan truk tangki molase. Molase yang berasal dari truk tangki molase dialirkan menuju tangki penyimpanan molase menggunakan pompa. Molase yang disimpan pada tangki pada kondisi suhu 30°C dan 1 atm dialirkan menuju plate and frame filter untuk memisahkan pengotor padatan dari cairan molase. Pengotor padat tersebut harus dipisahkan karena dapat mengurangi kinerja alat dan proses fermentasi. Molase yang telah dibersihkan mengandung 32% sukrosa kemudian dialirkan menuju heater untuk dinaikkan suhunya menjadi 60°C. Dari heater menuju tangki hidrolisis dengan bantuan pompa. Pada tangki hidrolisis terjadi reaksi hidrolisis sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa dengan bantuan asam sulfat. Pada reaksi hidrolisis suhu diatur tetap pada 60°C dan tekanan 1 atm.

Dari tangki hidrolisis cairan dipompa masuk ke netralizer untuk ditambahkan NaOH agar cairan bersifat netral atau tidak lagi asam. Keluaran netralizer dialirkan menuju cooler untuk menurunkan suhu cairan hingga 40°C (Shuler & Kargi, 2002) yang merupakan suhu optimum proses fermentasi pembentukan asam laktat. Kemudian dialirkan menuju tangki inokulum sebanyak 10% untuk proses adaptasi dan pertumbuhan bakteri yang kemudian keluarannya akan dialirkan juga ke fermentor. Proses tersebut bertujuan untuk menjaga konsentrasi bakteri tetap tinggi sehingga proses fermentasi berjalan dengan optimal (Warr, 1996). Sementara 90% cairan

keluaran alat penukar panas dialirkan langsung menuju fermentor menggunakan pompa.

Pada fermentor terjadi reaksi utama pembentukan asam laktat oleh bakteri *Lactobacillus delbrueckii*. Proses fermentasi berlangsung dengan suhu 40°C, tekanan 1 atm, dan pH 6,5 (Shuler & Kargi,2002). Proses fermentasi berlangsung selama waktu 20 jam dengan waktu pemasukan dan pengosongan selama total 5 jam, maka untuk 1 siklus *batch* dibutuhkan waktu 25 jam. Untuk mengendalikan pH pada fermentor ditambahkan kalsium hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub>. Produk yang dihasilkan oleh fermentor masih mengandung pengotor seperti padatan bakteri yang mati dan sisa nutrisi sehingga dibutuhkan proses purifikasi. Cairan yang keluar dari fermentor akan difilter menggunakan *rotary vacuum filter* sehingga menghasilkan cairan yang bersih dari pengotor yang sebelumnya dinaikkan suhunya pada heater hingga 60°C. Padatan pengotor tersebut akan diangkat menggunakan *screw conveyor* untuk diolah di pengolahan limbah. Suhu cairan diatur hingga 80°C menggunakan heater sebelum masuk *acidifier*.

Pada *acidifier* terjadi reaksi antara kalsium laktat yang terbentuk pada fermentor dengan asam sulfat membentuk asam laktat dan kalsium sulfat. Kalsium sulfat yang berwujud padat akan dipisahkan dari cairan produk pada *rotary vacuum filter* dan diangkat dengan *screw conveyor* untuk diolah ke *rotary dryer* sebelum masuk ke tangki produk samping. Cairan diturunkan suhunya hingga 30°C menggunakan cooler dan dipompa menuju tangki fixed bed untuk dibersihkan dari pembau dan pewarna dengan



menggunakan karbon aktif. Cairan produk yang mengandung asam laktat sebesar 19% akan dikonsentrasikan menggunakan *double effect evaporator* untuk meningkatkan kualitas. Produk akhir berupa asam laktat dengan konsentrasi 85% didinginkan hingga 30°C menggunakan cooler. Produk dipompa menuju tangki fixed bed yang kedua agar produk lebih bersih. Terakhir produk ditampung dalam tangki produk dengan kondisi suhu 30°C dan 1 atm.

### 3.3. Spesifikasi Alat

#### Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Untuk menghidrolisis Sukrosa menjadi Glukosa & Fruktosa
Jenis	: Silinder vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: <i>Batch</i>

Jumlah	: 1 Buah
Harga	: \$ 454.200

#### Kondisi Operasi

P	: 1 atm
T	: 60°C
pH	: 5,5
Kondisi Proses	: Isotermal Adiabatis

#### Konstruksi dan Material

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304  
 Volume Reaktor : 51,73 m<sup>3</sup>  
 Diameter : 4,01 m<sup>3</sup>  
 Tebal Shell : 0,31 in  
 Tinggi total : 4,01 m<sup>3</sup>  
 Jenis Head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

**Insulasi**

Bahan : Sukrosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)

**Spesifikasi Khusus**

Tipe Pengaduk : *6 flat blade turbine impeller*  
 Ukuran Pengaduk : 1,42 m  
 Kecepatan Pengaduk : 56 rpm  
 Daya : 60 hP  
 Jumlah baffle : 4 buah  
 Ukuran baffle : 0,24 m

3.3.1. Reaktor Hidrolisis

3.3.2. Reaktor Innoculum

Kode : R-02  
 Fungsi : Untuk mengembangbiakkan bakteri  
*Lactobacillus delbrueckii*  
 Jenis : Silinder vertikal dengan *Head* dan *Bottom*  
 berbentuk *Torispherical*

Mode Operasi : *Batch*  
Jumlah : 1 Buah  
Harga : \$ 52.500

**Kondisi Operasi**

P : 1 atm  
T : 40°C  
pH : 6,5  
Kondisi Proses : Isotermal Adiabatis

**Konstruksi dan Material**

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C  
Volume Reaktor : 1,6 m<sup>3</sup>  
Diameter : 1,24 m<sup>3</sup>  
Tebal Shell : 0,19 in  
Tinggi total : 1,24 m<sup>3</sup>

**Insulasi**

Bahan : Bakteri *Lactobacillus delbrueckii*

**Spesifikasi Khusus**

Tipe Pengaduk : *6 flat blade turbine impeller*  
Ukuran Pengaduk : 1,42 m  
Kecepatan Pengaduk : 37 rpm  
Daya : 7,5 hP  
Jumlah baffle : 4 buah  
Ukuran baffle : 0,24 m

Mode Transfer Panas

UD	: 75 Btu/ft <sup>2</sup> F
Luas Transfer Panas	: 241.26 ft <sup>2</sup>
Tebal Jacket	: ½ in

### Spesifikasi Umum

#### 3.3.3. Reaktor Fermentor

Kode	: R-03
Fungsi	: Untuk fermentasi glukosa dan fruktosa menjadi asam laktat
Jenis	: Silinder vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: <i>Batch</i>
Jumlah	: 1 Buah
Harga	: \$ 52.500
<b>Kondisi Operasi</b>	
P	: 1 atm
T	: 40°C
pH	: 6
Kondisi Proses	: Isotermal Adiabatis

### Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA 283 Grade C
Volume Reaktor	: 15,13 m <sup>3</sup>
Diameter	: 2,65 m <sup>3</sup>

Tebal Shell : 0,25 in  
Tinggi total : 2,65 m<sup>3</sup>

**Insulasi**

Bahan : Glukosa dan Fruktosa

**Spesifikasi Khusus**

Tipe Pengaduk : 6 flat blade turbine impeller

Ukuran Pengaduk : 0,91 m

Kecepatan Pengaduk : 45 rpm

Daya : 3 hP

Jumlah baffle : 4 buah

Ukuran baffle : 0,15 m

Mode Transfer Panas

UD : 75 Btu/ft<sup>2</sup>F

Luas Transfer Panas : 2.205,03 ft<sup>2</sup>

Banyak lilitan Koil : 4 Lilitan

**Spesifikasi Umum**

3.3.4. Reaktor Sulfuric

Kode : R-04

Fungsi : Untuk mereaksikan Kalsium Laktat dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Jenis : Silinder vertikal dengan *Head* dan *Bottom* berbentuk *Torispherical*

Mode Operasi : CSTR

Jumlah : 1 Buah  
Harga : \$ 606.000

### **Kondisi Operasi**

P : 1 atm  
T : 80°C  
Kondisi Proses : Isotermal Adiabatis

### **Konstruksi dan Material**

Bahan : Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304  
Volume Reaktor : 52,34 m<sup>3</sup>  
Diameter : 4,0213 m<sup>3</sup>  
Tebal Shell : 0,31 in  
Tinggi total : 4,0213 m<sup>3</sup>

### **Insulasi**

Bahan : Kalsium Laktat

### **Spesifikasi Khusus**

Tipe Pengaduk : *6 flat blade turbine impeller*

Ukuran Pengaduk :  
Kecepatan Pengaduk : 56 rpm  
Daya : 0,5 Hp  
Jumlah baffle : 4 buah  
Ukuran baffle : 0,241 m

### **Spesifikasi Umum**

### 3.3.5. Filter Press

**Tabel 3.1** Spesifikasi Filter Press

Nama Alat	<i>Filter Press-01</i>	<i>Filter Press-02</i>	<i>Filter Press-03</i>
Kode	FP-01	FP-01	FP-03
Fungsi	Memisahkan partikel padatan impurities.	Memisahkan carbon aktif dengan filtratnya.	Memisahkan carbon aktif dengan filtratnya.
Jenis	<i>Plate and Frame Filter Press</i>	<i>Plate and Frame Filter Press</i>	<i>Plate and Frame Filter Press</i>
Material	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi			
Tekanan, atm	1	1	1
Suhu, °C	30	30	30
Spesifikasi			
Kapasitas, kg/jam	1.973,5258	5.540,96	921,57
Luas area filtrasi, m <sup>2</sup>	15,54	54,98	13,81
Jumlah <i>plate and frame</i>	4	11	3

### 3.3.6. Netralizer

Nama dan kode : Netralizer / N-01

Fungsi : Mereaksikan asam sulfat dan natrium hidroksida menjadi sodium sulfat dan air.

Jenis	: Silinder vertical dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical
Material	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Mode Operasi	: Batch
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	: 1
Suhu, °C	: 60
Spesifikasi	
Shell	
Diameter, m	: 1,01
Tinggi, m	: 1,01
Tebal, in	: 0,19
Volume, m <sup>3</sup>	: 0,81
Head	
Tinggi head (OA), m	: 0,23
Tebal head, in	: 0,19
Volume head, m <sup>3</sup>	: 0,04
Reaktor	
Volume reaktor, m <sup>3</sup>	: 0,89
Tinggi reaktor, m	: 1,46
Flat Blade Turbines Impellers	
Jenis	: Turbin 6 blade disk standar
Diameter pengaduk (DI), m	: 0,32



Jarak pengaduk ( $Z_i$ ), m	: 0,24
Tinggi pengaduk (H), m	: 0,06
Lebar pengaduk (L), m	: 0,08
Lebar baffle (W), m	: 0,05
Jumlah baffle	: 4
Jumlah turbin	: 6
Jumlah impeller	: 1
Kecepatan pengadukan (N), rpm	: 320
Power pengadukan (P), HP	: 5
Koil	
Panjang koil, m	: 4,34
Tinggi tumpukan koil, m	: 0,14
Jumlah banyaknya lilitan	: 2
Jumlah	: 1
Harga, \$	: 312,9

### 3.3.7. Rotary Vacuum Filter

**Tabel 3.2** Spesifikasi Rotary Vacuum Filter

Nama alat	Rotary Vacuum Filter-01	Rotary Vacuum Filter-02
Kode	RVF-01	RVF-02
Fungsi	Memisahkan padatan (cake) dan larutan (filtrat).	Memisahkan padatan (cake) dan larutan (filtrat).
Jenis	<i>Rotary Vacuum Filter</i>	<i>Rotary Vacuum Filter</i>
Jumlah	1	1
Tekanan, atm	1	1
Suhu, °C	60	60

Spesifikasi		
Diameter filter, m	0,76	0,74
Panjang filter, m	1,51	1,02
Luas permukaan filter, m <sup>2</sup>	3,59	3,42
Waktu Siklus		
Tahap filtrasi, detik	6,24	404,54
Tahap dewatering, detik	17,41	380,89
Second watering, detik	8,6	8,6
Kecepatan putar, rpm	1,47	1,47
Power blower, HP	0,05	0,05

### 3.3.8. Bleaching

**Tabel 3.3** Spesifikasi Tangki Bleaching

Nama dan kode	Bleaching-01 / B-01	Bleaching-02 / B-02
Fungsi	Menyerap warna abu dengan menggunakan karbon aktif.	Menyerap warna abu dengan menggunakan karbon aktif.
Jenis	Silinder vertical dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical	Silinder vertical dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	1	1
Suhu, °C	30	60
Dimensi Shell		
Diameter, m	1,55	0,82
Tinggi, m	1,55	0,82
Volume, m <sup>3</sup>	2,9	0,43
Tebal shell, in	0,19	0,25
Dimensi Head		
Tinggi head (OA), m	0,34	0,47
Tebal head, in	0,19	0,19
Volume head, m <sup>3</sup>	0,09	0,03
Dimensi Reaktor		
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Volume reaktor, m <sup>3</sup>	3,09	0,48
Tinggi reaktor, m	2,22	1,75
Dimensi Impeller		
	<i>Paddle with 4 blades</i>	<i>Paddle with 4 blades</i>
Jenis Impeller	<i>Paddle with 4 blades</i>	<i>Paddle with 4 blades</i>

Diameter pengaduk (DI), m	0,38	0,56
Jarak pengaduk (Zi), m	0,11	0,16
Tinggi pengaduk (Wi), m	0,09	0,14
Lebar pengaduk (L), m	0,09	0,14
Lebar baffle (Wb), m	0,04	0,06
Jumlah baffle	4	4
Jumlah turbin	4	4
Jumlah impeller	1	1
Kecepatan pengadukan (N), rpm	320	155
Power pengadukan (P), HP	15	10
Jumlah	1	1
Harga, \$	46.200	

### 3.3.9. Evaporator

**Tabel 3.4** Spesifikasi Evaporator

Operating Condition					
Position	Shell		Tube		Unit
Total fluid circulated					(kg/s)
Fluid	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
Vapor			2.207,1	1.826,05	(kg/s)
Liquid	4.433,8	781,78			(kg/s)
Steam			1.259.325	376.671	(kg/s)
Solid	664,51	664,51			(kg/s)
Temperatur	86		302		(F)
Pressure	1		1		(atm)
Mechanical Design					
Number of effect					Unit
<b>Shell</b>		<b>Tube</b>			
Length	12	Length	12		(ft)
Passes	2	Passes	2		
ID	12	OD	1		(in)
Baffle spaces	1	Number	0,67		(in)
		Surface area (1 <sup>st</sup> effect)	0,2618		(ft <sup>2</sup> )
		Surface area (2 <sup>nd</sup> effect)	0,355		(ft <sup>2</sup> )
$\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$	0,044	$\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$	0,1003		atm
$Rd_{cal} / Rd_{min}$		$Rd_{cal} / Rd_{min}$	0,004297		hr.ft <sup>2</sup> .F/Btu

### 3.3.10. Heater

**Tabel 3.5** Spesifikasi Heater-01

Spesifikasi <i>Heater-01</i>				
Kode	H-01			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran samping (filtrate) dari filter press (FP-01) dari suhu 30°C menjadi suhu 60°C			
Jumlah	1 alat			
Tipe	Shell and Tube Heat Exchanger			
Jenis Bahan	Stainless Steel SA-167 Grade 3			
Jumlah Tube	131 buah			
Cold Fluid : Annulus, (Lights Organic)				
BWG	18	in	0,46	m
IDt	0,65	in <sup>2</sup>	0,01	m <sup>2</sup>
ODt	0,75	in	0,02	m
<i>Flow area</i>	0,33	in	0,01	m
<i>Passes</i>	1			
Hot Fluid : Inner pipe (Steam)				
IDs	17,25	in	0,44	m
Baffle	8,63	in <sup>2</sup>	1,89	m <sup>2</sup>
Passes	1	in	0,03	m
		in	11,76	m
A	462,88	ft <sup>2</sup>		

Ud	146,16	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F		
Uc	655,91	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F		
Rd	0,005			
Rd min	0,001			
Jumlah Alat	1	Unit		

**Tabel 3.6** Spesifikasi Heater-02 dan Heater-03

Nama Alat	Heater-02	Heater-03
Kode	H-02	H-03
Jumlah	1	1
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran samping (filtrate) dari filter press (FP-01) dari suhu 30°C menjadi suhu 60°C	Menaikkan temperatur keluaran samping (filtrate) dari rotary vacuum filter (RVF-01) dari suhu 60°C menjadi suhu 80°C
Tipe	Double Pipe Heat Exchanger	Double Pipe Heat Exchanger
Jenis Bahan	Stainless Steel SA-167 Grade 3	Stainless Steel SA-167 Grade 3
Jumlah <i>Hairpins</i>	3	
Panjang <i>Hairpins</i> , ft	15	
<i>Inner pipe</i>		
IPS, in	4	4
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	3,14	3,14
OD	4,5	4,5
ID	4,026	4,026
<i>Surface Area</i> , ft <sup>2</sup> /ft	1,178	1,178
<i>Annulus</i>		
IPS, in	3	3
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	7,88	7,88
OD	3,5	3,5
ID	3,068	3,068
<i>Surface Area</i> , ft <sup>2</sup> /ft	0,917	0,917
A, ft <sup>2</sup>	462,88	588,45
Ud, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	146,16	198,18
Uc, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	655,91	1.206,98
Rd	0,005	0,005

Rd min	0,001 – 0,002	0,001 – 0,002
--------	---------------	---------------

### 3.3.11. Cooler

**Tabel 3.7** Spesifikasi Cooler-01, Cooler-02, dan Cooler-04

Nama Alat	Cooler-01	Cooler-02	Cooler-04
Kode	C-01	C-02	C-04
Jumlah	1	1	1
Fungsi	Menurunkan temperature produk keluaran dari neutralizer (N-01) dari suhu 60°C menjadi 40°C	Menaikkan temperatur keluaran samping (filtrate) dari filter press (FP-01) dari suhu 30°C menjadi suhu 60°C	Menaikkan temperatur keluaran samping (filtrate) dari rotary vacuum filter (RVF-01) dari suhu 60°C menjadi suhu 80°C
Tipe	Double Pipe Heat Exchanger	Double Pipe Heat Exchanger	Double Pipe Heat Exchanger
Jenis Bahan	Stainless Steel SA-167 Grade 3	Stainless Steel SA-167 Grade 3	Stainless Steel SA-167 Grade 3
Jumlah <i>Hairpins</i>	3	3	
Panjang <i>Hairpins</i> , ft	15	12	10
<i>Inner pipe</i>			
IPS, in	4	4	4
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	3,14	3,14	3,14
OD	4,5	4,5	4,5
ID	4,026	4,026	4,026
<i>Surface Area</i> , ft <sup>2</sup> /ft	1,178	1,178	1,178
<i>Annulus</i>			

IPS, in	3	3	3
Flow Area, in <sup>2</sup>	7,88	7,88	7,88
OD	3,5	3,5	3,5
ID	3,068	3,068	3,068
Surface Area, ft <sup>2</sup> /ft	0,917	0,917	0,917
A, ft <sup>2</sup>	5,19	462,88	6,22
Ud, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	215,55	146,16	314,55
Uc, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	3128,13	655,91	3655,77
Rd	0,0043	0,005	0,005
Rd min	0,001 – 0,002	0,001 – 0,002	0,001 – 0,002

**Tabel 3.8** Spesifikasi Cooler-03

Spesifikasi Cooler-03				
Kode	: C-03			
Fungsi	: Menurunkan temperature produk keluaran dari rotary vacuum filter (RVF-01) dari suhu 60°C menjadi 30°C			
Jumlah	: 1 alat			
Tipe	: Shell and Tube Heat Exchanger			
Jenis Bahan	: Stainless Steel SA-167 Grade 3			
Jumlah Tube	: 131 buah			
Cold Fluid : Annulus, (Lights Organic)				
BWG	18	in	0,46	m
IDt	0,65	in <sup>2</sup>	0,01	m <sup>2</sup>
ODt	0,75	in	0,02	m
Flow area	0,33	in	0,01	m
Passes	1			
Hot Fluid : Inner pipe (Steam)				
IDs	17,25	in	0,44	m
Baffle	8,63	in <sup>2</sup>	1,89	m <sup>2</sup>
Passes	1	in	0,03	m
		in	11,76	m

A	462,88	ft <sup>2</sup>		
Ud	146,16	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F		
Uc	655,91	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F		
Rd	0,005			
Rd min	0,001			
Jumlah Alat	1	Unit		

### 3.3.12. Pompa

**Tabel 3.9** Spesifikasi P-01 dan P-02

<b>Parameter</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari TP-01 menuju FP-01	Mengalirkan fluida dari FP-01 menuju R-01
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>
Viskositas	0,164 cP	0,188 cP
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	4,6174 gal/min	4,6053 gal/min
<i>Pump Head</i>	3,03 m	2,73 m
Suhu Fluida	30°C	50°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,0103 ft <sup>3</sup> /s	0,0103 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,7147 ft/s	1,7102 ft/s
IPS	1 in	1 in
Flow Area	0,86 in <sup>2</sup>	0,86 in <sup>2</sup>
OD	1,32 in	1,32 in
ID	1,049 in	1,049 in
Power Pompa	0,055 Hp	0,058 Hp
Power Motor	1/12 Hp	1/12 Hp
Harga (\$)	\$.3000	\$.3000



**Tabel 3.10** Spesifikasi P-03 dan P-04

<b>Parameter</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari R-01 menuju N-01	Mengalirkan fluida dari N-01 menuju R-03
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>
Viskositas	1,954 cP	0,181 cP
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	4,9574 gal/min	4,7092 gal/min
<i>Pump Head</i>	4,27 m	2,12 m
Suhu Fluida	40°C	40°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,0110 ft <sup>3</sup> /s	0,0105 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,841 ft/s	1,7488 ft/s
IPS	1 in	1 in
Flow Area	0,86 in <sup>2</sup>	0,86 in <sup>2</sup>
OD	1,32 in	1,32 in
ID	1,049 in	1,049 in
Power Pompa	0,064 Hp	0,063 Hp
Power Motor	1/12 Hp	1/12 Hp
Harga (\$)	\$.3100	\$.3100

**Tabel 3.11** Spesifikasi P-05 dan P-06

<b>Parameter</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari N-01 menuju R-02	Mengalirkan fluida dari R-02 menuju R-03
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>
Viskositas	0,181 cP	0,506 cP
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	0,5232 gal/min	2,1544 gal/min
<i>Pump Head</i>	1,49 m	2,29 m
Suhu Fluida	40°C	40°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,0012 ft <sup>3</sup> /s	0,0048 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,614 ft/s	2,274 ft/s
IPS	0,25 in	0,5 in
Flow Area	0,10 in <sup>2</sup>	0,30 in <sup>2</sup>
OD	0,54 in	0,84 in
ID	0,364 in	0,622 in
Power Pompa	0,007 Hp	0,023 Hp

Power Motor	1/20 Hp	1/20 Hp
Harga (\$)	\$.1700	\$.2400

**Tabel 3.12** Spesifikasi P-07 dan P-08

<b>Parameter</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari R-03 menuju RVF-01	Mengalirkan fluida dari RVF-01 menuju R-04
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>
Viskositas	0,51 cP	0,425 cP
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	20,9595 gal/min	19,7833 gal/min
<i>Pump Head</i>	2,29 m	4,81 m
Suhu Fluida	60°C	80°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,047 ft <sup>3</sup> /s	0,044 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	2,007 ft/s	1,895 ft/s
IPS	2 in	2 in
Flow Area	3,35 in <sup>2</sup>	3,35 in <sup>2</sup>
OD	2,38 in	2,38 in
ID	2,067 in	2,067 in
Power Pompa	0,224 Hp	0,1915 Hp
Power Motor	1/3 Hp	1/3 Hp
Harga (\$)	\$.4500	\$.4400

**Tabel 3.13** Spesifikasi P-09 dan P-10

<b>Parameter</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari R-04 menuju RVF-02	Mengalirkan fluida dari RVF-02 menuju B-01
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>
Viskositas	3,054 cP	3,789 cP
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	24,2612 gal/min	19,2893 gal/min
<i>Pump Head</i>	5,11 m	1,24 m
Suhu Fluida	80°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,054 ft <sup>3</sup> /s	0,043 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	2,324 ft/s	1,848 ft/s
IPS	2 in	2 in

Flow Area	3,35 in <sup>2</sup>	3,35 in <sup>2</sup>
OD	2,38 in	2,38 in
ID	2,067 in	2,067 in
Power Pompa	0,208 Hp	0,1844 Hp
Power Motor	1/3 Hp	1/4 Hp
Harga (\$)	\$.4600	\$.4400

**Tabel 3.14** Spesifikasi P-11 dan P-12

<b>Parameter</b>	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari B-01 menuju FP-02	Mengalirkan fluida dari FP-02 menuju EVP-01
Bahan Konstruksi	<i>Commersial Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Commersial Steel, Mixed flow impellers</i>
Viskositas	3,192 cP	3,194 Cp
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	19,2671 gal/min	19,2671 gal/min
<i>Pump Head</i>	0,81 m	5,04 m
Suhu Fluida	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,043 ft <sup>3</sup> /s	0,043 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,845 ft/s	1,845 ft/s
IPS	2 in	2 in
Flow Area	3,35 in <sup>2</sup>	3,35 in <sup>2</sup>
OD	2,38 in	2,38 in
ID	2,067 in	2,067 in
Power Pompa	0,219 Hp	0,219 Hp
Power Motor	1/3 Hp	1/3 Hp
Harga (\$)	\$.4400	\$.4400

**Tabel 3.15** Spesifikasi P-13 dan P-14

<b>Parameter</b>	<b>P-13</b>	<b>P-14</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari EVP-01 menuju B-02	Mengalirkan fluida dari B-02 menuju FP-03
Bahan Konstruksi	<i>Commersial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commersial Steel, Mixed flow impellers</i>
Viskositas	3,793 cP	14,597 Cp
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	3,3235 gal/min	3,0561 gal/min
<i>Pump Head</i>	0,29 m	1,32 m
Suhu Fluida	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal

<i>Rate Volumetrik</i>	0,074 ft <sup>3</sup> /s	0,068 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,997 ft/s	1,836 ft/s
IPS	1 in	1 in
Flow Area	0,53 in <sup>2</sup>	0,53 in <sup>2</sup>
OD	1,05 in	1,05 in
ID	0,824 in	0,824 in
Power Pompa	0,032 Hp	0,038 Hp
Power Motor	1/20 Hp	1/20 Hp
Harga (\$)	\$.2700	\$.2700

**Tabel 3.16** Spesifikasi P-15 dan P-16

<b>Parameter</b>	<b>P-15</b>	<b>P-16</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari FP-03 menuju TP-05	Mengalirkan fluida dari TP-02 menuju R-01 & R-04
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>
Viskositas	17,123 cP	19,344 Cp
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	2,8235 gal/min	1,2885 gal/min
<i>Pump Head</i>	3,08 m	6,05 m
Suhu Fluida	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
<i>Rate Volumetrik</i>	0,006 ft <sup>3</sup> /s	0,0029 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,697 ft/s	1,36 ft/s
IPS	1 in	1 in
Flow Area	0,53 in <sup>2</sup>	0,53 in <sup>2</sup>
OD	1,05 in	1,05 in
ID	0,824 in	0,824 in
Power Pompa	0,031 Hp	0,021 Hp
Power Motor	1/20 Hp	1/20 Hp
Harga (\$)	\$.2600	\$.2200

**Tabel 3.17** Spesifikasi P-17

<b>Parameter</b>	<b>P-17</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida dari TP-03 menuju N-01
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi :	
Kapasitas	0.47 gal/min
<i>Pump Head</i>	5,07 m
Suhu Fluida	40°C
Instalasi	Horizontal

<i>Rate Volumetrik</i>	0,001 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	1,44 ft/s
IPS	0,25 in
Flow Area	0,1 in <sup>2</sup>
OD	0,54 in
ID	0,364 in
Power Pompa	0,007 Hp
Power Motor	1/20 Hp
Harga (\$)	\$.1600

### 3.3.13. Screw Conveyor

**Tabel 3.18** Spesifikasi *Screw Conveyor*

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut <i>cake</i> dari RVF-02) menuju TP-06	Mengangkut <i>cake</i> dari TP-04 menuju Reaktor (R-02)	Mengangkut <i>cake</i> dari TP-04 menuju Reaktor (R-03)
Jenis	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-283</i>	<i>Carbon Steel SA-283</i> <i>Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283</i>
<b>Kondisi Operasi:</b>			
- Suhu	30°C	40°C	40°C
- Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
<b>Dimensi:</b>			
- Diameter screw	3 in	3 in	3 in
- Kecepatan	45 rpm	45 rpm	45 rpm
- Power Motor	1/20 HP	1/20 HP	1 HP

### 3.3.14. Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung

**Tabel 3.19** Spesifikasi TP-01 dan TP-02

Tangki	TP-01	TP-02
Fungsi	Menyimpan kebutuhan bahan baku (Molases)	Menyimpan kebutuhan bahan ( $H_2SO_4$ )
Lama	7 Hari	7 Hari
Fase	Cair	Cair
Jumlah	1 Buah	1 Buah
Jenis Tangki	Silinder tegak tertutup	Silinder tegak tertutup
Kondisi Operasi	Suhu ( $^{\circ}C$ ) : 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm) : 1 atm	Suhu (C) : 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm) : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : High Alloy Steel SA-240 Grade A Type 410 Volume Tangki ( $m^3$ ) : 176,3206 $m^3$ Diameter (m) : 9,144 m Tinggi (m) : 3,6576 m Jumlah course : 2 plate Tebal shell (in) : 3/16 in	Bahan Konstruksi : High Alloy Steel SA-240 Grade S Type 304 Volume Tangki ( $m^3$ ) : 98,3316 $m^3$ Diameter (m) : 7,62 m Tinggi (m) : 3,6576 m Jumlah course : 2 plate Tebal shell (in) : 3/16 in
Head & Bottom	Jenis head : <i>conical</i> Tebal head (in) : 3/8 in Jenis bottom : <i>flat</i> Tebal bottom (in) : 3/8 in	Jenis head : <i>conical</i> Tebal head (in) : 5/16 in Jenis bottom : <i>flat</i> Tebal bottom (in) : 3/8 in
Harga (Rp)	Rp. 800.000.000	Rp. 550.000.000

**Tabel 3.20** Spesifikasi TP-03 dan TP-04

Tangki	TP-03	S-01
Fungsi	Menyimpan kebutuhan bahan (NaOH)	Menyimpan kebutuhan bahan ( $Ca(OH)_2$ )
Lama	14 Hari	7 Hari
Fase	Cair	Cair
Jumlah	1 Buah	1 Buah
Jenis Tangki	Silinder tegak tertutup	Silinder tegak tertutup
Kondisi Operasi	Suhu (C) : 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm) : 1 atm	Suhu (C) : 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm) : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 167 Grade 11 tipe 316	Bahan Konstruksi : High Alloy Steel SA-240 Grade S Type 304

	Volume Tangki (m <sup>3</sup> ) : 34,4673 m <sup>3</sup> Diameter (m) : 6,096 m Tinggi (m) : 1,8288 m Jumlah course : 1 plate Tebal shell (in) : 3/16 in	Volume Tangki (m <sup>3</sup> ) : 528,8812 m <sup>3</sup> Diameter (m) : 12,192 m Tinggi (m) : 5,4864 m Jumlah course : 3 plate Tebal shell (in) : 3/16 in
Head & Bottom	Jenis head : <i>conical</i> Tebal head (in) : 1/4 in Jenis bottom : <i>flat</i> Tebal bottom (in) : 5/16 in	Jenis head : <i>conical</i> Tebal head (in) : 7/16 in Jenis bottom : <i>flat</i> Tebal bottom (in) : 1/2 in
Harga (Rp)	Rp. 280.000.000	Rp. 1.640.000.000

### 3.3.15. Tangki penyimpanan produk

**Tabel 3.21** Spesifikasi TP-05 dan TP-06

Tangki	TP-04	S-02
Fungsi	Untuk menyimpan produk Asam Laktat (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> )	Untuk Menyimpan Produk samping Kalsium sulfat (CaSO <sub>4</sub> )
Lama	7 Hari	7 hari
Fase	Cair	Padat
Jumlah	1 Buah	1 Buah
Jenis Tangki	Silinder tegak tertutup	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Kondisi Operasi	Suhu (C) : 30 °C Tekanan (atm) : 1 atm	Suhu (C) : 30 °C Tekanan (atm) : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S Type 410</i> Volume Tangki (m <sup>3</sup> ) : 107,7374 m <sup>3</sup> Diameter (m) : 7,62 m Tinggi (m) : 3,6567 m Jumlah course : 2 plate Tebal shell (in) : 3/16 in	Bahan Konstruksi : <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S Type 410</i> Volume Tangki (m <sup>3</sup> ) : 57,4598 m <sup>3</sup> Diameter (m) : 6,09 m Tinggi (m) : 3,6567 m Jumlah course : 2 plate Tebal shell (in) : 3/16in
Head & Bottom	Jenis head : <i>conical</i> Tebal head (in) : 5/16 in Jenis bottom : <i>flat</i> Tebal bottom (in) : 3/8 in	Jenis head : <i>flat</i> Tebal head (in) : 3/16 in Jenis bottom : <i>conical</i> Tebal bottom (in) : 5/16 in
Harga (Rp)	Rp. 585.000.000	Rp. 575.568.307

### 3.4. Neraca Massa

Bahan Baku : Molase  
Produk : Asam Laktat  
Kapasitas Produksi : 5.000 ton/tahun  
Waktu Operasi/Tahun : 330 hari  
Basis Perhitungan : 1146,21 kg/jam  
Konversi : 85%

#### 3.4.1. Neraca Massa Total

**Tabel 3.22** Neraca Massa Total

Komponen	Massa Input (Kg/Jam)	Massa Output (Kg/Jam)
Sukrosa	366,79	18,16
Glukosa	160,47	29,54
Fruktosa	183,39	30,97
H <sub>2</sub> O	3.341,75	3.523,60
Dry Impurities	114,62	114,62
Impurities	91,70	91,70
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	432,80	120,47
NaOH	98,34	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		174,55
<i>Malt Sprout</i>	14,07	
Urea	158,55	
<i>L. Delbureckii</i>	0,0036	226,01
Ca (OH) <sub>2</sub>	294,77	56,55
Asam Laktat		601,19
Ca Laktat		7,02
CaSO <sub>4</sub>		433,45
Carbon Aktif	834,01	834,01
<b>Total</b>	<b>6.261,83</b>	<b>6.261,83</b>

#### 3.4.2. Neraca Massa Tiap Alat



a. Filter Press (FP-01)

**Tabel 3.23** Neraca Massa FP-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
Sukrosa	366,79		3,67	363,12
Fruktosa	183,39		1,83	181,56
Glukosa	160,47		1,60	158,87
Air	229,24	183,39	2,29	410,34
Impurities	91,70		0,92	90,78
Dry Impurities	114,62		114,62	
<b>Total</b>	1.146,21	183,39	124,94	1.204,67
	1.329,61		1.329,61	

b. Reaktor Hidrolisis (R-01)

**Tabel 3.24** Neraca Massa R-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
	Aliran 4 & 5	Aliran 6
Sukrosa	363,12	18,16
Glukosa	158,87	340,43
Fruktosa	181,56	363,12
H <sub>2</sub> O	412,80	394,65
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	120,47	120,47
Impurities	90,78	90,78
<b>Total</b>	1.327,60	1.327,60

c. Netralizer (N-01)

**Tabel 3.25** Neraca Massa N-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8
Glukosa	340,43		340,43
Fruktosa	363,12		363,12
H <sub>2</sub> O	394,65	42,15	481,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	120,47		0,00
NaOH	0,00	98,34	0,00
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,00		174,55
Impurities	90,78		90,78
<b>Total</b>	1.309,44	140,49	1.449,93
	1.449,93		1.449,93

d. Inoculum Tank (R-02)

**Tabel 3.26** Neraca Massa R-02

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)			Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 10	Aliran 11,12 & 13	Aliran 14	Aliran 15
Glukosa	34,04			5,28
Fruktosa	36,31			5,28
H <sub>2</sub> O	48,10		265,52	324,98
Impurities	9,08			9,08
<i>Malt Sprout</i>	0,00	14,07		
Urea	0,00	17,59		
<i>L.Delbureckii</i>	0,00	0,0036		31,66
Ca (OH) <sub>2</sub>	0,00		29,50	6,15
<i>Asam Laktat</i>	0,00			2,99
Ca laktat	0,00			68,80
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	17,46			17,46
<b>Total</b>	144,99	31,66	295,02	471,68
	471,68			471,68

e. Fermentor (R-03)

**Tabel 3.27** Neraca Massa R-03

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)			Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 9	Aliran 15	Aliran 16 & 17	Aliran 18
Glukosa	306,38	5,28		29,54
Fruktosa	326,81	5,28		30,97
H <sub>2</sub> O	432,94	324,98	2.442,77	3.305,22
Impurities	81,70	9,08		90,78
Urea			158,30	0,00
<i>L.Delbureckii</i>		31,66		226,01
Ca (OH) <sub>2</sub>		6,15	265,27	56,55
Asam Laktat		2,99		27,51
Ca laktat		68,80		701,81
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	157,10	17,46		174,55
<b>Total</b>	1.304,93	471,68	2.866,34	4.642,94
	4.642,94			4.642,94

f. Rotary Vacuum Filter (RVF-01)

**Tabel 3.28** Neraca Massa RVF-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 18	Aliran 19	Aliran 20	Aliran 21
Glukosa	29,54		29,54	
Fruktosa	30,97		30,97	
H <sub>2</sub> O	3.305,22	125,31	158,36	3.272,17
Impurities	90,78		90,78	
<i>L.Delbureckii</i>	226,01		226,01	
Ca (OH) <sub>2</sub>	56,55		56,55	
Asam Laktat	27,51		0,28	27,23
Ca Laktat	701,81		7,02	694,79
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174,55		174,55	
<b>Total</b>	4.642,94	125,31	774,06	3.994,20
	4.768,26		4.768,26	

g. Reaktor Sulfuric (R-04)

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)		Massa Keluar (Kg/Jam)
	Aliran 21	Aliran 22	Aliran 23
Asam Laktat	27,23		600,91
Ca Laktat	694,79		0,00
H <sub>2</sub> O	3.272,17	6,37	3.278,55
CaSO <sub>4</sub>			433,45
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		312,34	0,00
<b>Total</b>	3.994,20	318,71	4.312,91
	4.312,91		4.312,91

**Tabel 3.29** Neraca Massa R-04

h. Rotary Vacuum Filter (RVF-02)

Komponen	Masuk Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 23	Aliran 24	Aliran 25	Aliran 26
Asam Laktat	600,91		6,01	594,90
Ca Laktat	0,00		0,00	
H <sub>2</sub> O	3278,55	86,69	119,47	3.245,76
CaSO <sub>4</sub>	433,45		433,45	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,00		0,00	
<b>Total</b>	4.312,91	86,69	558,93	3.840,67
	4.399,60		4.399,60	

**Tabel 3.30** Neraca Massa RVF-02

i. Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 25	Aliran 27	Aliran 28
Asam Laktat	6,01	6,01	
H <sub>2</sub> O	119,47	2,39	117,09
Carbon Aktif	433,45	433,45	
<b>Total</b>	558,93	441,85	117,09
		558,93	

**Tabel 3.31 Rotary Dryer (RD-01)**

j. Bleaching (B-01)

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 28	Aliran 29	Aliran 30
Asam Laktat	594,90		594,90
H <sub>2</sub> O	3.245,76		3.245,76
Carbon Aktif		718,97	718,97
<b>Total</b>	3.840,67	718,97	4.559,64
	4.559,64		4.559,64

**Tabel 3.31 Neraca Massa B-01**

k. Filter Press (FP-02)

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 30	Aliran 31	Aliran 32
Asam Laktat	594,90	29,75	565,16
H <sub>2</sub> O	3.245,76	162,29	3.083,47
Carbon Aktif	718,97	718,97	
<b>Total</b>	4.559,64	911,01	3.648,63
	4.559,64	4.559,64	

**Tabel 3.32 Neraca Massa FP-02**

l. Double Effect Evaporator (EV-01)

**Tabel 3.33** Neraca Massa EV-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 32	Aliran 35	Aliran 36
Asam Laktat	565,16		565,16
H <sub>2</sub> O	3.083,47	1.491,87	1.591,60
<b>Total</b>	3.648,63	1.491,87	2.156,76
	3.648,63	3.648,63	

m. Bleaching (B-02)

**Tabel 3.34** Neraca Massa B-02

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 36	Aliran 37	Aliran 38
Asam Laktat	565,15		565,16
H <sub>2</sub> O	99,73		99,73
Carbon Aktif		115,04	115,04
<b>Total</b>	664,89	115,04	779,93
	779,93		779,93

n. Filter Press (FP-03)

**Tabel 3.35** Neraca Massa FP-03

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 38	Aliran 39	Aliran 40
Asam Laktat	565,16	38,36	536,90
H <sub>2</sub> O	99,73	4,99	94,75
Carbon Aktif	115,04	115,04	
<b>Total</b>	779,93	148,28	631,65
	779,93	779,93	

### 3.5. Neraca Panas

#### 3.5.1. Neraca Panas Total

**Tabel 3.36** Neraca Panas Total

Alat	$Q_{\text{masuk}}$ (Kj/Jam)	$Q_{\text{keluar}}$ (Kj/Jam)
FP-01	121.444	121.444
H-01	15.214.061	15.214.061
R-01	129.860	129.860
N-01	164.433	164.433
C-01	45.834	45.834
R-02	446.278	446.278
R-03	4.103.069	4.103.069
H-02	649.834	649.834
RVF-01	855.908	855.908
H-03	4.167.994	4.167.994
R-04	5.756.847	5.756.847
C-02	19.877	19.877
RVF-02	704.632	704.632
RD-01	67.810	67.810
C-03	18.837	18.837
B-01	2.547.352	2.547.352
FP-02	469.457	469.457
EV-01	6.145.313	6.145.313
C-04	30.996	30.996
B-02	598.955	598.955
FP-03	28.878	28.878
<b>Total</b>	<b>42.178.369</b>	<b>42.178.369</b>

#### 3.5.2. Neraca Panas Tiap Alat

##### a. Filter Press (FP-01)

**Tabel 3.37** Neraca Panas FP-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
$Q_{\text{in}}$	127.449,51	
$Q_{\text{out1}}$		114.391,48
$Q_{\text{out2}}$		7.052,97
$Q_{\text{steam}}$	-6.005,06	
<b>Total</b>	<b>121.444,45</b>	<b>121.444,45</b>

b. Heater (H-01)

**Tabel 3.38** Neraca Panas H-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	2.173.468,06	
Qout		15.214.061,47
Qsteam	13.040.593,40	
<b>Total</b>	<b>15.214.061,47</b>	<b>15.214.061,47</b>

c. Reaktor Hidrolisis (R-01)

**Tabel 3.39** Neraca Panas R-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	96.804,2	
Qout		25.013,45
Qreaksi	33.055,62	
Qpemanas		104.846,4
<b>Total</b>	<b>129.860</b>	<b>129.860</b>

d. Netralizer (N-01)

**Tabel 3.40** Neraca Panas N-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	113.879,11	
Q Reaksi	50.553,96	
Qout		164.433,08
<b>Total</b>	<b>164.433,08</b>	<b>164.433,08</b>

e. Cooler (C-01)

**Tabel 3.41** Neraca Panas C-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	45.834,52	
Qout		19.645,09
Qpendingin		26.189,44
<b>Total</b>	<b>45.834,52</b>	<b>45.834,52</b>



f. Reaktor Innoculum (R-02)

**Tabel 3.42** Neraca Panas R-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	22.373,90	
Qout		22.613,54
Qreaksi	423.904,87	
Qpendingin		423.665,23
<b>Total</b>	<b>446.278,77</b>	<b>446.278,77</b>

g. Reaktor Fermentor (R-03)

**Tabel 3.43** Neraca Panas R-03

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	226.033,68	
Qout		230.884,68
Qreaksi	3.877.035,62	
Qpendingin		3.872.184,62
<b>Total</b>	<b>4.103.069,30</b>	<b>4.103.069,30</b>

h. Heater (H-02)

**Tabel 3.44** Neraca Panas H-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	278.968,23	
Qout		649.834,89
Qsteam	370.866,66	
<b>Total</b>	<b>649.834,89</b>	<b>649.834,89</b>

i. Rotary Vacuum Filter (RVF-01)

**Tabel 3.45** Neraca Panas RVF-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	1.677.504,48	
Qout		855.908
Qsteam	-821.596,48	
<b>Total</b>	<b>855.908</b>	<b>855.908</b>

j. Heater (H-03)

**Tabel 3.46** Neraca Panas H-03

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	1.492.110,21	
Qout		4.167.994,76
Qsteam	2.675.884,56	
<b>Total</b>	<b>4.167.994,76</b>	<b>4.167.994,76</b>

k. Reaktor Acidifier (R-04)

**Tabel 3.47** Neraca Panas R-04

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	825.592,55	
Qout		866.133,9
Qreaksi	4.931.255,37	
Qpendingin		4.890.714,01
<b>Total</b>	<b>5.756.847,92</b>	<b>5.756.847,92</b>

l. Cooler (C-02)

**Tabel 3.48** Neraca Panas C-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	19.877,75	
Qout		8.014,65
Qpendingin		11.863,10
<b>Total</b>	<b>19.877,75</b>	<b>19.877,75</b>

m. Rotary Vacuum Filter (RVF-02)

**Tabel 3.49** Neraca Panas RVF-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	1.564.371,47	
Qout1		704.632,37
Qsteam	-859.739,10	
<b>Total</b>	<b>704.632,37</b>	<b>704.632,37</b>

n. Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	38.265,13	
Qout1		67.810,5
Qsteam	29.545,37	
<b>Total</b>	<b>67.810,5</b>	<b>67.810,5</b>

o. Cooler (C-03)

**Tabel 3.50** Neraca Panas C-03

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	18.837,44	
Qout		7.034,34
Qpendingin		11.803,10
<b>Total</b>	<b>18.837,44</b>	<b>18.837,44</b>

p. Bleaching (B-01)

**Tabel 3.51** Neraca Panas B-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	2.547.352,99	
Qout		2.547.351,01
Qsteam		1,98
<b>Total</b>	<b>2.547.352,99</b>	<b>2.547.352,99</b>

q. Filter Press (FP-02)

**Tabel 3.52** Neraca Panas FP-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Qin	180.349,26	
Qout1		440.816,17
Qout2		28.641,53
Qsteam	289.108,44	
<b>Total</b>	<b>469.457,70</b>	<b>469.457,70</b>

r. Double Effect Evaporator (EV-01)

**Tabel 3.53** Neraca Panas EV-01

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Q <sub>in</sub>	86.067,01	
Q <sub>out1</sub>		152.807,59
Q <sub>out2</sub>		616.299,03
H <sub>vap</sub>		3.9811.128,01
ΔH <sub>s</sub> masuk	6.059.246,58	
ΔH <sub>s</sub> keluar		1.395.078,96
<b>Total</b>	<b>6.145.313,59</b>	<b>6.145.313,59</b>

s. Cooler (C-04)

**Tabel 3.54** Neraca Panas C-04

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Q <sub>in</sub>	30.996,5	
Q <sub>out</sub>		15.256,56
Q <sub>pendingin</sub>		15.732,10
<b>Total</b>	<b>30.996,5</b>	<b>30.996,5</b>

t. Bleaching (B-02)

**Tabel 3.55** Neraca Panas B-02

Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Q <sub>in</sub>	589.955,19	
Q <sub>out</sub>		598.955,11
Q <sub>steam</sub>	0,08	
<b>Total</b>	<b>589.955,26</b>	<b>598.955,11</b>

u. Filter Press (FP-03)

**Tabel 3.56** Neraca Panas FP-03

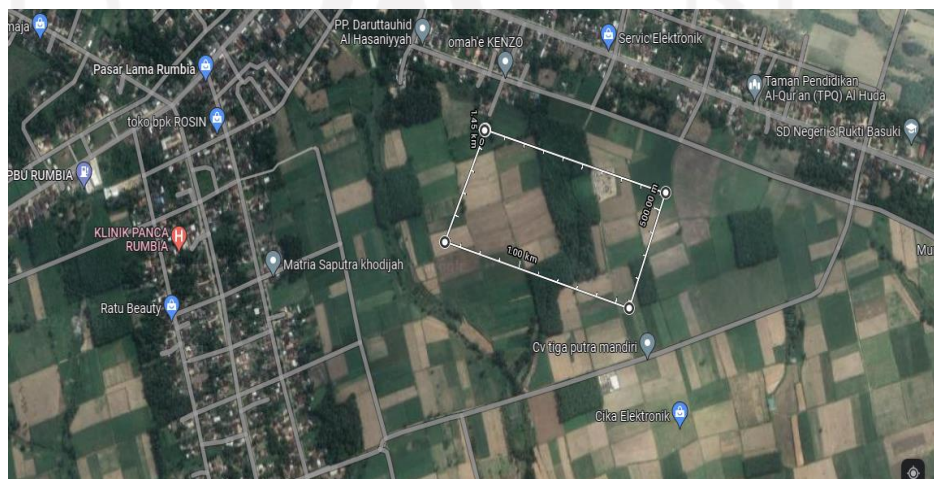
Komponen	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Q <sub>in</sub>	18.249,42	
Q <sub>out1</sub>		12.780,51
Q <sub>out2</sub>		16.097,74
Q <sub>steam</sub>	10.628,82	
<b>Total</b>	<b>28.878,24</b>	<b>28.878,24</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi merupakan salah satu kegiatan awal salah satu kegiatan awal yang harus ditentukan sebelum perusahaan mulai beroperasi. Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan pabrik karena lokasi pabrik yang terencana dengan baik akan menentukan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi dan juga akan menjaga kelangsungan dan keberhasilan suatu pabrik serta berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Dengan pertimbangan tersebut, perancangan pabrik asam laktat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun ini akan didirikan di Way Seputih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung melihat dari potensi Way Seputih yang dapat memenuhi kebutuhan bahan baku utama untuk proses produksi. Lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar.



**Gambar 4. 1** Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Adapun pertimbangan pertimbangan dalam pemilihan lokasi

pabrik ini adalah sebagai berikut:

#### 4.1.1. Faktor Primer

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi proses produksi dan distribusi, berikut faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik :

##### a. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pabrik Asam laktat yang akan didirikan ini seperti Molase dari tiga pabrik gula, yaitu PG Gunung Madu (Terusan Nunyai, Lampung Tengah), PG Bunga Mayang (Kotabumi, Lampung), dan PG Cinta Manis (Ogan Ilir, Sumatera Selatan), dimana memiliki kemurnian Brix 80 dan *purity* 32% dengan jumlah total sekitar 65.000 ton per tahun. *Purity* 30% artinya 32% dari massa total merupakan sukrosa. Proses pengangkutan bahan baku molase menuju pabrik dilakukan melalui transportasi darat dengan diangkut oleh truk pengangkut., serta air yang diperoleh dari air sungai way seputih yang telah diproses dan lokasinya tidak jauh dari pabrik.

##### b. Pemasaran Produk

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek,

Asam Laktat yang dihasilkan merupakan produk intermediet untuk pembuatan produk produk seperti MSG, alcohol, asam sitrat, asam asetat, dan juga biofuel.

c. Penyediaan Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, akan tetapi pabrik memiliki generator pembangkit listrik sendiri untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik yang bahan bakar generatornya diperoleh dari pertamina.

d. Transportasi

Transportasi yang dapat digunakan untuk pembelian bahan baku dan pendistribusian produk hasil produksi dapat melalui dua jalur, yaitu jalur darat dan jalur laut. Letak geografis daerah yang dekat laut mempermudah penggunaan fasilitas transportasi untuk mendistribusikan produk serta mengimpor bahan baku.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Selain itu, faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja sehingga dapat

diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

#### 4.1.2. Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Berikut faktor-faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik :

##### a. Kebijakan Pemerintah

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan faktor kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kawasan yang dipilih merupakan kawasan industri sehingga pembangunan dan pengembangan di daerah tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah.

##### b. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan berdirinya pabrik Asam Laktat, hal ini disebabkan akan terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat karena akan tersedianya lapangan pekerjaan baru bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan.

##### c. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri



sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

#### **4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisir biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin, baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik serta pabrik dapat berjalan maksimal.

Berikut faktor-faktor yang perlu diperhatikan:

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Kepuasan dan keselamatan kerja sehingga memberikan suasana kerja yang nyaman, aman, tertib dan rapi sehingga kinerja menjadi lebih baik.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan

konstruksinya yang memenuhi syarat.

- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4. 1** Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m <sup>2</sup> )	Lebar (m <sup>2</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Area Proses	105	195	7.884
2.	Area Utilitas	50	25	2.500
3.	Bengkel	20	15	300
4.	Gudang Peralatan	20	15	300
5.	Kantin	7	10	70
6.	Kantor Teknik dan Produksi	20	15	300
7.	Kantor Utama	30	25	750
8.	Laboratorium	13	15	195
9.	Parkir Utama	20	35	700
10.	Parkir Truk	20	25	500
11.	Ruang Timbang Truk	10	12	120
12.	Poliklinik	7	5	35
13.	Pos Keamanan	4	5	20
14.	<i>Control Room</i>	20	10	200
15.	Control Utilitas	10	15	150
16.	<i>Area Mess</i>	25	35	875
17.	Masjid	12	15	180
18.	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
19.	Unit Pengolahan Limbah	15	20	300
20.	Taman	6	40	21

21.	Taman 2	50	5	250
22.	Daerah Perluasan	25	100	2.500
	Luas Bangunan			26.692 m <sup>2</sup>
	Luas Tanah			31.827 m <sup>2</sup>

#### 4.3. Tata Letak Mesin atau Alat (Machines)

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses adalah :

##### a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dari produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

##### b. Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan para tenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

##### c. Pencahayaan

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai

standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

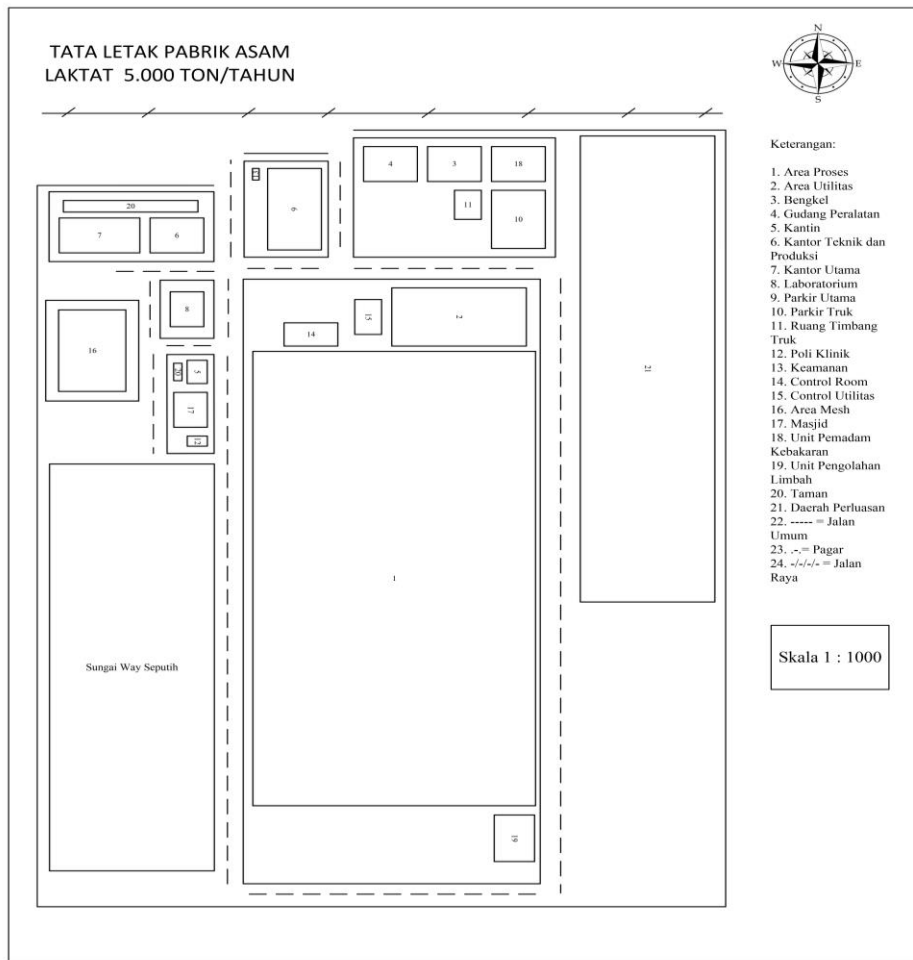
Dalam hal tata letak peralatan perlu diperhatikan agar para pekerja dapat menuju dan mencapai keseluruhan tempat alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat dan tanggap untuk diperbaiki agar tidak terlalu mengganggu proses produksi yang sedang berjalan, selain itu keamanan para pekerja selama bertugas perlu diprioritaskan.

e. Pertimbangan Ekonomi

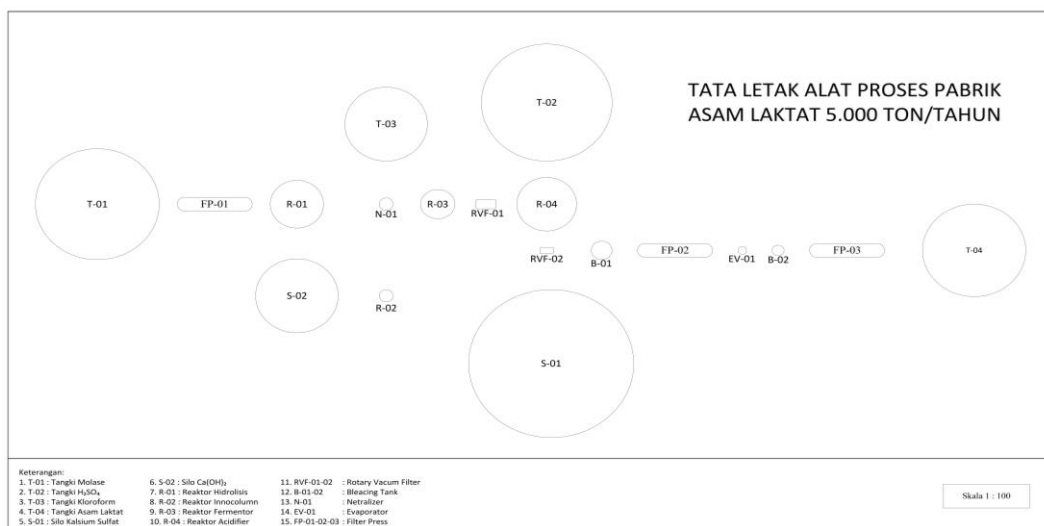
Biaya produksi diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupa sehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien akan tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

f. Jarak Antar Alat Proses

Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat lainnya. Adapun gambar tata letak pabrik, yaitu :



**Gambar 4.2** Tata Letak Pabrik



**Gambar 4.3** Tata Letak Alat Proses

## 4.4. Organisasi Perusahaan

### 4.4.1. Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan Pabrik Asam Laktat dari Molase ini diperlukan manajemen yang baik, maka dari itu diperlukan suatu struktur organisasi yang baik dan terstruktur sehingga tanggungjawab dan pembagian tugas jelas dan berjalan dengan baik. Pabrik dengan kapasitas 5.000 ton/tahun yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Berikut merupakan alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT), yaitu :

- a. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.

- e. Lapangan usaha lebih luas karena suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
- f. Pemilik dan pengurus perusahaan merupakan orang-orang yang berbeda satu sama lain, pemilik perusahaan yaitu para pemegang saham dan pengurus perusahaan yaitu direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

Adapun ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

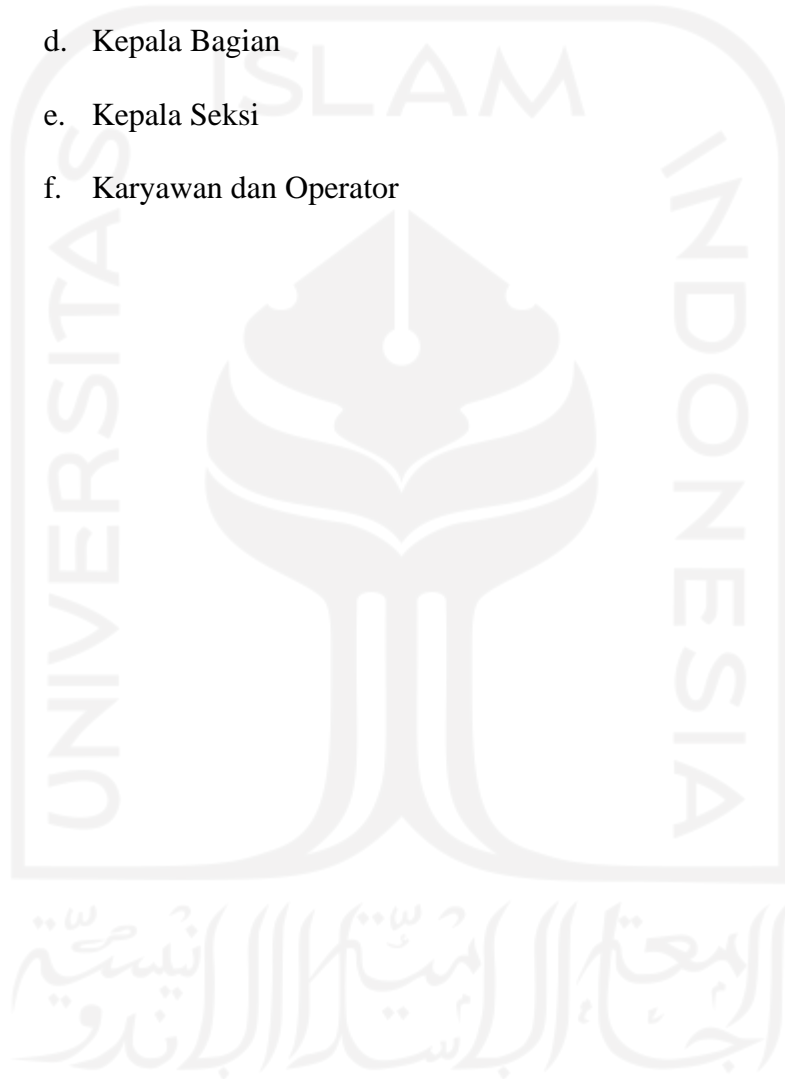
- a. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang undang hukum dagang.
- b. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
- c. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- d. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang perburuhan.

#### 4.4.2. Struktur Organisasi

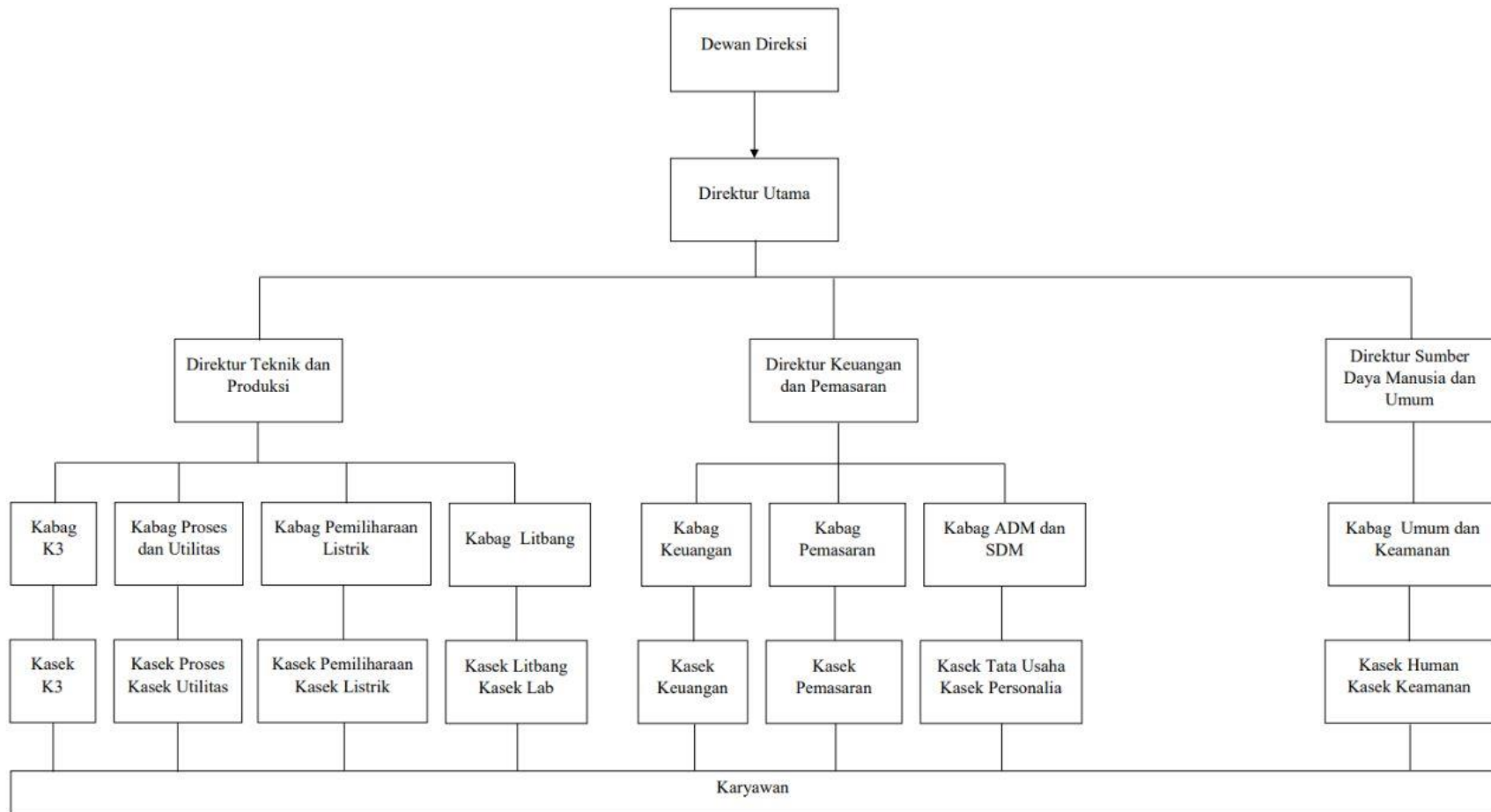
Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing.

Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu :

- a. Dewan Komisaris
- b. Direktur Operasi dan Produksi
- c. Direktur Administrasi dan Umum
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi
- f. Karyawan dan Operator







**Gambar 4.4** Struktur Organisasi

#### 4.5. Tugas dan Wewenang

##### 1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris atau pemilik saham memegang kekuasaan tertinggi dalam suatu perusahaan. Dewan komisaris terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk usaha untuk menjalankan pabrik.

Tugas dan wewenang pemegang saham antara lain:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

##### 2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Dalam pelaksanaannya, Direktur utama membawahi Direktur Operasi & Produksi dan Direktur Administrasi & Umum. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain :

- a. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
- b. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- c. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian

umum.

### 3. Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Tugas umum kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan kerja sesuai bidangnya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari :

#### a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses, dan Seksi Utilitas.

#### b. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

Tugas : Mengatur dan menjaga jumlah pasokan Listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan uji kelayakan terhadap setiap instrumen dalam area pabrik. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan membawahi seksi Pemeliharaan dan bengkel dan seksi listrik dan instrumentasi.

#### c. Kepala Bagian Teknologi

Tugas : Bertanggungjawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

#### d. Kepala Bagian Administrasi Keuangan

Tugas : Mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi seksi keuangan, pelaporan keuangan & manajemen dan seksi akuntansi biaya.

e. Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Tugas : Menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

f. Kepala Bagian Umum

Tugas : Mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala bagian UMUM membawahi Seksi Pelayanan Umum, dan Seksi Keamanan.

g. Kepala Bagian IT

Tugas : Mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

4. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing- masing. Setiap kepala seksi bertanggungjawab terhadap kepala bagian masing- masing sesuai dengan seksinya.

a. Kepala Seksi Proses

b. Kepala Seksi Utilitas

- c. Bengkel dan Pemeliharaan
- d. Kepala Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- e. Kepala Seksi Administrasi Pemasaran
- f. Kepala Seksi Administrasi Penjualan
- g. Kepala Seksi Pengolahan Energi
- h. Kepala Seksi Pengendalian Kualitas
- i. Kepala Seksi Keamanan
- j. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- k. Kepala Seksi Akuntansi Biaya
- l. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- m. Kepala Seksi Keuangan
- n. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

#### **4.6. Jam Kerja Karyawan**

Pabrik Asam Laktat dari Molase akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

##### **1. Karyawan non shift**

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja

selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin-Kamis: 08.00-16.00 WIB (istirahat 12.00-13.00)

Jumat: 08.00-16.00 (istirahat 11.30-13.30)

Sabtu-Minggu: Hari libur, termasuk hari libur nasional

## 2. Karyawan shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 shift dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 08.00 16.00

Shift Sore: 16.00-00.00

Shift Malam: 00.00-08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

**Tabel 4. 2** Jadwal shift kerja karyawan

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L
B	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M
C	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P
D	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S

Hari/Regu	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M
B	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
C	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P
D	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

#### 4.7. Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Pekerja

##### 1. Jumlah Pekerja

**Tabel 4.3** Jumlah Pekerja

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan komisaris	2
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Operasi dan Produksi	1
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1

6	Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian	1
7	Ka. Bag. Teknologi	1
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1
9	Ka. Bag. PSDM	1
10	Ka. Bag. Umum	1
11	Ka. Bag. IT	1
12	Ka. Sek. Proses	1
13	Ka. Sek. Utilitas	1
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1
20	Ka. Sek. Keamanan	1
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1
22	Ka. Sek. Akuntansi Biaya	1
23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1
24	Ka. Sek. Keuangan	1
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
26	Karyawan Pemasaran	5
27	Karyawan K3	5
28	Karyawan Kas/Anggaran	4
29	Karyawan Proses dan Utilitas	18
30	Karyawan Pemeliharaan	5
31	Perawat	2
32	Satpam	6
33	Supir	4
34	Cleaning Service	10
	Total	85



## 2. Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

**Tabel 4.4** Jumlah Penggolongan Jabatan

<b>Jabatan</b>	<b>Penggolongan</b>
Dewan Komisaris	S-2
Direktur Utama	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Satpam	SLTA
Supir	SLTA
Cleaning Service	SLTA

## 3. Sistem Gaji Pegawai

### a. Gaji harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap.

### b. Gaji bulanan

Gaji bulanan adalah gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

### c. Gaji lembur

Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang sudah ditentukan.

Perincian gaji sesuai dengan jabatan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Rincian gaji karyawan

<b>No.</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan</b>
1	Dewan Komisaris	2	Rp 45.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000
3	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp35,000,000
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1	Rp35,000,000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp10,000,000
6	Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan	1	Rp10,000,000
7	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp10,000,000
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1	Rp10,000,000
9	Ka. Bag. PSDM	1	Rp10,000,000
10	Ka. Bag. Umum	1	Rp10,000,000
11	Ka. Bag. IT	1	Rp10,000,000
12	Ka. Sek. Proses	1	Rp7,500,000
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp7,500,000
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp7,500,000
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1	Rp7,500,000
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1	Rp7,500,000
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1	Rp7,500,000
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1	Rp7,500,000
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp7,500,000
20	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp7,500,000
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1	Rp7,500,000
22	Ka. Sek. Akuntansi Biaya	1	Rp7,500,000
23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1	Rp7,500,000
24	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp7,500,000
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamtan Kerja	1	Rp7,500,000

26	Karyawan Pemasaran	5	Rp6,000,000
27	Karyawan K3	6	Rp6,000,000
28	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp6,000,000

#### 4.8. Catatan

##### a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu dan tidak bisa diakumulasikan.

##### b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

##### c. Kerja lembur (Overtime)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

##### d. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

#### **4.9. Kesejahteraan Pegawai**

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan, diantaranya sebagai berikut :

1. Tunjangan

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang.
- c. Tunjangan lembur untuk karyawan yang bekerja di luar jam kerja diberikan berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- a. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu 1 tahun.

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang- undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan

perusahaan.

5. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain :

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik asam laktat ini adalah dengan penyediaan utilitas. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik asam laktat, terdiri dari :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air
2. Unit penyedia setam
3. Unit penyedia listrik
4. Unint penyediaan bahan bakar
5. Unit penyediaan udara
6. Unit pengolahan limbah

#### **5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

##### **5.1.1. Unit Penyediaan Air**

Air merupakan salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik, pada umumnya sumber air diperoleh dari air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut. Dalam produksi asam laktat

ini, air sungai dipilih untuk keperluan lingkungan pabrik. Air sungai Way Seputih yang dekat dengan lokasi pabrik digunakan untuk keperluan pabrik sebagai :

#### 1. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger* dan *condenser parcial*) dari alat yang membutuhkan pendinginan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air sungai sebagai pendingin adalah :

- a. Partikel-partikel besar/makroba (makhluk hidup sungai dan konstituen lain).
- b. Partikel-partikel kecil/mikroba (ganggang dan mikroorganisme sungai).

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relative tinggi per satuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperature pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

## 2. Air Umpan Boiler

Umpan atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu :

- a. Tidak membuih (berbusa).
- b. Tidak membentuk kerak dalam reboiler.
- c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa.
- d. Air umpan boiler.

## 3. Air Sanitasi

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi juga berasal dari air sungai. Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan pertamanan. Air sanitasi harus memenuhi beberapa syarat, yang meliputi syarat fisik, syarat kimia, dan syarat bakteriologis.

- a. Syarat Fisika, meliputi :
  - Suhu : dibawah suhu udara
  - Warna : jernih



- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b. Syarat Kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri terutama *pathogen* yang dapat merubah fisik air.

c. Syarat Bakteriologis :

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri *pathogen*.

### 5.1.2. Unit Pengolahan Air

Berikut merupakan tahap-tahap pengolahan air :

#### 1. Clarifier

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan yang digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisik, kimia maupun *ion exchanger*.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan, kemudian air bahan baku dialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih keluar melalui pinggiran *clarifier* sedangkan flok yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi.

## 2. Penyaringan

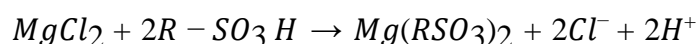
Air hasil dari clarifier dialirkan menuju saringan pasir dengan tujuan untuk memisahkan dengan partikel-partikel padatan yang terbawa. Air setelah penyaringan tersebut dialirkan menuju tangki penampung yang kemudia didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi.

## 3. Demineralisasi

Air umpan boiler harus bebas dari garam yang terlarut, maka proses demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung. Berikut adalah tahapan pengolahan air umpan boiler :

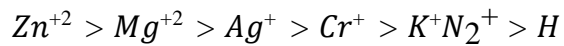
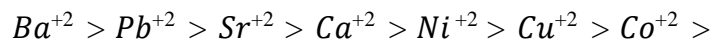
### a. Cation Exchanger

*Cation Exchanger* merupakan resin penukar kation-kation. Untuk *cation exchanger* berupa resin yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula  $RSO_3H$  dan  $(RSO_3)Na$ , dimana pengganti kation-kation yang terkandung dalam air akan diganti dengan ion  $H^+$  atau  $Na^+$ . karena disini menggunakan ion  $H^+$ , sehingga air akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ . reaksi penukar kation.

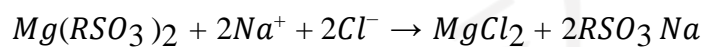


Ion  $Mg^{+2}$  dapat menggantikan ion  $H^+$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $Mg^{+2}$  lebih besar dari selektivitas  $H^+$ .

Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :



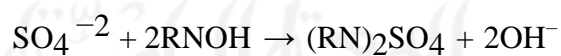
Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang akan digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :<sup>+</sup>



*b. Anion Exchanger*

*Anion Exchanger* memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula  $RSO_3H$ . Sehingga anion-anion seperti  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ , dan  $SO_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut :



Ion  $SO_4^{-2}$  dapat menggantikan ion  $OH^-$  yang ada dalam resin, karena selektivitas  $SO_4^{-2}$  lebih besar dari selektivitas  $OH^-$ . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



4

3

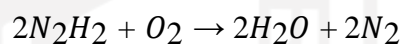
4

Saat resin anion telah jenuh maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl.

c. *Daerasi*

*Daerasi* adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $O_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam daerator dan diinjeksi Hidrazin ( $N_2H_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi :



Air yang keluar dari daerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

5.1.3. Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

**Tabel 5.1** Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Cooler-01	C-01	314
Cooler-02	C-02	4.479
Cooler-03	C-03	4.321
Cooler-04	C-04	453
Jumlah		9.567

Untuk keperluan keamanan diambil kelebihan 20% maka total kebutuhan air pendingin sebesar 11.480 kg/jam.

## 2. Air Steam

**Tabel 5.2** Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater-01	H-01	4.999
Heater-02	H-02	142
Heater-03	H-03	134
Jumlah		5.275

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20% maka kebutuhan air steam menjadi 6.330 kg/jam.

## 3. Kebutuhan Air Proses

**Tabel 5.3** Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Filter Press-01	FP-01	725
Reaktor Hidrolisis	R-01	474
Netralizer	N-01	497
Innoculum Tank	R-02	383
Fermentor	R-03	3.911
Rotary Vacuum Filter-01	RVF-01	4.216
Acidifier	R-04	4.008
Rotary Vacuum Filter-02	RVF-02	4.122
Jumlah		18.337

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20% maka kebutuhan air proses menjadi 22.004 kg/jam.

## 4. Air Rumah Tangga dan Kantor

Diperkirakan kebutuhan air tiap orang adalah 100 L/hari atau sama dengan 1,02 kg/L. Jumlah karyawan pabrik adalah 85 orang.

Maka, kebutuhan untuk semua karyawan adalah 8.309 kg/jam Total kebutuhan air rumah tangga dan kantor adalah 11.642 kg/jam.

Perkiraan kebutuhan untuk layanan umum seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, dll adalah sebesar 500 kg/jam. Kebutuhan air total keseluruhan adalah 51.957 kg/jam.

## 5.2. Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk *boiler*. Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan *boiler*, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Air kemudian dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu alat penukar panas dengan tujuan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran residu *boiler*. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul kemudian dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

## 5.3. Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN.

Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena :

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan.

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk AC.
2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel.
3. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas.
4. Listrik untuk penerangan.
5. Listrik untuk instrumentasi

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan listrik untuk alat proses

**Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Alat Proses**

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Reaktor	R-01	60	44.742,00
	R-02	7,5	5.592,75
	R-03	3	2.237,10
	R-04	0,5	372,85
Rotary Vacuum Filter	RVF-01	0,05	37,29
	RVF-02	0,05	37,29
Netralizer	N-01	5	3.728,50
Bleaching	B-01	15	11.185,50
	B-02	10	7.457,00
Screw Conveyor	SC-01	0,05	37,29
	SC-02	0,05	37,29
	SC-03	0,05	37,29
	SC-04	0,05	37,29
Pompa	P-01	0,83	618,93

	P-02	0,83	618,93
	P-03	0,83	618,93
	P-04	0,83	618,93
	P-05	0,05	37,29
	P-06	0,05	37,29
	P-07	0,33	248,57
	P-08	0,33	248,57
	P-09	0,33	248,57
	P-10	0,25	186,43
	P-11	0,33	248,57
	P-12	0,25	186,43
	P-13	0,05	37,29
	P-14	0,05	37,29
	P-15	0,05	37,29
	P-16	0,05	37,29
	P-17	0,05	37,29
<b>Total</b>		106,80	79.643,25

2. Kebutuhan listrik untuk alat utilitas

**Tabel 5.5** Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Cooling Tower	CT-01	5	3.728,50
Kompresor Udara Tekan	KU-01	3	2.237,10
Blower	BL-01	5	3.728,50
Pompa-01	PU-01	1,5	1.118,55
Pompa-02	PU-02	3	2.237,10
Pompa-03	PU-03	2	1.491,40
Pompa-04	PU-04	0,05	37,29
Pompa-05	PU-05	2	1.491,40
Pompa-06	PU-06	2	1.491,40
Pompa-07	PU-07	0,5	372,85
Pompa-08	PU-08	1	745,70
Pompa-09	PU-09	1,5	1.118,55
Pompa-10	PU-10	0,05	37,29
Pompa-11	PU-11	1	745,70
Pompa-12	PU-12	0,13	93,21
Pompa-13	PU-13	0,05	37,29
Pompa-14	PU-14	0,5	372,85
Pompa-15	PU-15	0,5	372,85
Pompa-16	PU-16	0,05	37,29



Pompa-17	PU-17	0,05	37,29
Pompa-18	PU-18	3	2.237,10
Pompa-19	PU-19	0,75	559,28
Pompa-20	PU-20	0,5	372,85
Pompa-21	PU-21	0,5	372,85
Pompa-22	PU-22	0,75	559,28
<b>Total</b>		34,38	25.633,44

Kebutuhan listrik lain seperti alat-alat kontrol, penerangan, peralatan kantor, bengkel, laboratorium, dan perumahan adalah 88,69 Kw. Jadi total kebutuhan listrik adalah 193,97 kW. Energi utama diperoleh dari listrik PLN dengan kekuatan 200 kW.

#### 5.4. Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara *pneumatic*. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 24,3 m<sup>3</sup>/jam pada tekanan 5,5 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi *silica gel* untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

#### 5.5. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik asam laktat dapat diklasifikasikan menjadi dua :

1. Bahan buangan cairan Buangan cairan dapat berupa :
  - a. Air buangan yang mengandung zat organik.
  - b. Buangan air domestik.
  - c. *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi

dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

2. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air dan gas dari EV-01, serta Cake dari RVF-01 dan Filter *Press*.

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

#### 5.6. Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

1. Saringan / screening (FU-01)

Fungsi : menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar misalnya daun, ranting, dan sampah lainnya

Bahan : Alumunium

Jumlah Air : 67.147,02 kg/jam

Spesifikasi : (*Brown, 1961*)

- Ukuran lubang saringan yang digunakan berdiameter 1 cm.
- Ukuran saringan digunakan panjang 10 ft dan lebar 8 ft.

2. Bak Pengendapan Awal (BU-01) / Sedimentasi

Fungsi : mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai.

Tipe : berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah Air : 63.789,67 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 10,70 m
- Lebar = 10,70 m
- Tinggi = 5,35 m

3. Bak Floktuator / Bak Penggumpal (BU-02)

Fungsi : Menambahkan koagulan untuk mengikat kotoran dan menggumpalkan kotoran.

Jumlah Air : 67.147,02 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 4,5 m
- Lebar = 4,5 m

Pengaduk :

- Jenis = *Marine propeller 3 blade (brown, hal 507)*
- Diameter = 1,51 m
- Power = 2 hP

4. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%.

Jumlah Air : 63.789,67 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,84 m

- Tinggi = 1,69 m

5. Bak Pengendap I (BU-03)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi).

Tipe : berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah Air : 60.600 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,35 m

- Lebar = 8,35 m

- Tinggi = 4,18 m

6. Bak Pengendap II (BU-04)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawadari laut dengan proses flokulasi.

Tipe : berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah Air : 60.600 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,35 m

- Lebar = 8,35 m

- Tinggi = 4,18 m

7. Sand Filter (SF-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Jumlah Air : 51.957,08 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 2,41 m

- Lebar = 2,41 m

- Tinggi = 1,20 m

8. Bak Penampungan Sementara (BU-05)

Fungsi : Menampung sementara raw water setelah disaring dari *sand filter*.

Jumlah Air : 51.957,08 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 5 m

- Lebar = 5 m

- Tinggi = 2,5 m

9. Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke

dalam air untuk kebutuhan rumah tangga.

Jumlah Air : 11.642,12 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,61 m

- Tinggi = 2,61 m

10. Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01).

Jumlah Air : 11.642,12 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,34 m

- Tinggi = 0,68 m

11. Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Tipe : Tangki silinder tegak.

Jumlah Air : 11.642,12 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 7,53 m

- Tinggi = 7,53 m

12. Tangki Service Water (TU-05)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum.

Tipe : Tangki silinder tegak.

Jumlah Air : 500.000 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,64 m

- Tinggi = 2,64 m

13. Bak Air Pendingin (BU-06)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin.

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah Air : 11.480,54 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 6,51 m

- Lebar = 6,51 m

- Tinggi = 3,25 m

14. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan

Jumlah Air : 11.480,54 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 1,65 m
- Lebar = 1,65 m
- Tinggi = 3,25 m

15. Blower Cooling Tower (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan

Daya Motor : 5 hP

16. Mixed Bed (MB-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO<sub>4</sub>, dan NO<sub>3</sub>.

Jumlah Air : 28.334,42 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,92 m
- Tinggi = 1,68 m
- Tebal = 0,19 in



17. Tangki NaCl (TU-06)

Fungsi : Menampung larutan NaCl *Cation Exchanger*.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah Air : 11.480,54 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,74 m

- Tinggi = 2,74 m

18. Tangki NaOH (TU-07)

Fungsi : Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi *Anion Exchanger*.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah NaOH : 2.269,36 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 3,47 m

- Tinggi = 3,47 m

19. Tangki Demin (TU-08)

Fungsi : Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan boiler.

Tipe : Tangki silinder tegak.

Jumlah air : 28.334,42 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 10,13 m
- Tinggi = 10,13 m

20. Daerator (DE-01)

Fungsi : Menghilangkan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terikat dalam *feed water* yang dapat menyebabkan kerak pada *reboiler*.

Tipe : Tangki silinder tegak.

Jumlah air : 6.330,1 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 3,39 m
- Tinggi = 6,77 m

21. Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (TU-10)

Fungsi : Menyimpan larutan N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

Tipe : silinder tegak.

Jumlah air : 12.660,2 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,7 m
- Tinggi = 5,4 m

22. Boiler (BO-01)

Fungsi : Membuat *saturated steam*

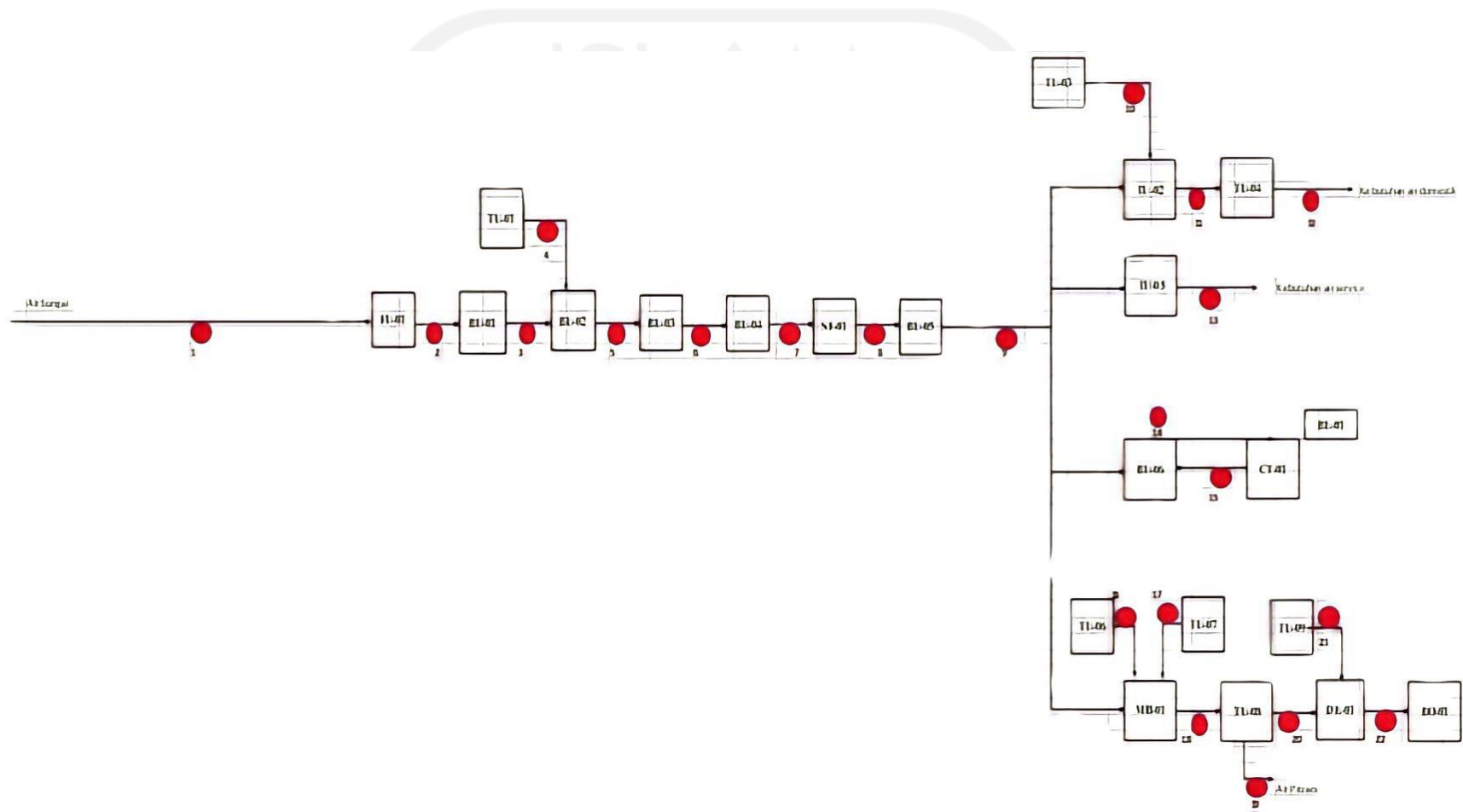
Tipe : *Water tube*

Dimensi bak :

- Diameter = 2,7 m

- Tinggi = 5,4 m





Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

## BAB VI

### EVALUASI EKONOMI

#### 6.1. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow (Rate DFCR)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi:

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

## 6.2. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Asam laktat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2027. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga- harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2027 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1972 sampai 2000 dan ditentukan dengan persamaan regresi linier. Berikut adalah indeks harga yang di dalam Teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

**Tabel 6.1** Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)

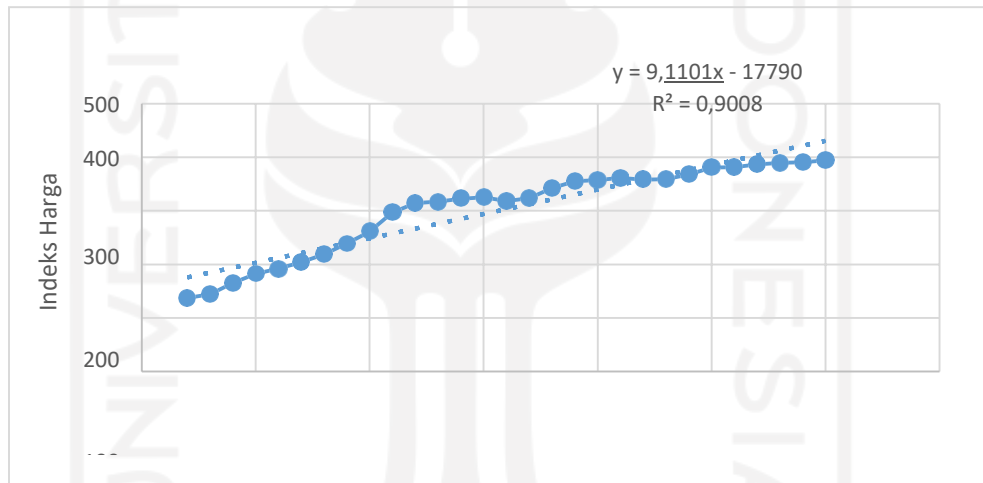
<b>No</b>	<b>(Xi)</b>	<b>Indeks (Yi)</b>
1	1972	137,2
2	1973	144,1
3	1974	165,4
4	1975	182,4
5	1976	192,1
6	1977	204,1
7	1978	218,8
8	1979	238,7
9	1980	261,2
10	1981	297,0
11	1982	314,0
12	1983	317,0
13	1984	322,7
14	1985	325,3
15	1986	318,4
16	1987	323,8
17	1988	342,5
18	1989	355,4
19	1990	357,6
20	1991	361,3
21	1992	358,2
22	1993	359,2
23	1994	368,1
24	1995	381,1
25	1996	381,7
26	1997	386,5
27	1998	389,5

No	(Xi)	Indeks (Yi)
28	1999	390,6
29	2000	394,1

([www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci))

Persamaan yang diperoleh adalah:  $y = 9,1101x - 17790$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, sehingga indeks pada tahun 2027 sebesar = 676,17. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 6.1** Grafik Indeks Harga Alat

Harga-harga alat pada pabrik Asam laktat dari Molase diperoleh dari matches ([www.matche.com](http://www.matche.com)) dan beberapa referensi lainnya. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Klaus D. Timmerhaus & Max S. Peters, 1991). Maka harga alat pada tahun 2028 saat pabrik didirikan dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries dan Newton, 1955)



Dalam hubungan ini:

$E_x$  : Harga pembelian pada tahun

$E_y$  : Harga pembelian pada tahun referensi

$N_x$  : Index harga pada tahun

$N_y$  : Index harga pada tahun referensi

### 6.3. Dasar Perhitungan

Kapasitas produk Asam Laktat	:	5.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	:	330 hari
Umur pabrik	:	10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	:	2027
Kurs mata uang tahun 2022	:	1 US\$ = Rp 15.448

### 6.4. Perhitungan Biaya

#### 1. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari *Fixed Capital Investment* dan *Working Capital Investment*. *Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik. *Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

#### 2. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut

Aries & Newton tabel 23, *Manufacturing Cost* meliputi *Direct Cost*, *Indirect Cost*, dan *Fixed Cost*. *Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk. *Indirect Cost* adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik. *Fixed Cost* adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

### 3. *General Expense*

*General Expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

## 6.5. Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

### 1. *Percent Return On Investment (ROI)*

*Return On Investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau annual sales ( $S_a$ ) dan total *manufacturing cost*. Finance akan dihitung sebagai

komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Finance akan berkontribusi terhadap cash flow dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI before tax sebesar 44%

## 2. *Pay Out Time* (POT)

*Pay Out Time* (POT) adalah :

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

Persamaan untuk menentukan POT :

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})}$$

## 3. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point (BEP)* adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.
- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

Persamaan untuk menentukan BEP :

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

Dalam hal ini :

*Fa* : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

*Ra* : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

*Va* : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

*Sa* : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

#### 4. *Shut Down Point (SDP)*

*Shut Down Point (SDP)* adalah :

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

Persamaan untuk menentukan SDP :

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa-Va-0,7 Ra)} \times 100\%$$

#### 5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)*

*Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)* adalah :

- a. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun,

didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

$$(FC+WC)(I+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow: profit after taxes + depresiasi + finance*

N : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

### 6.6. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Asam laktat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan.

Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.10

**Tabel 6.2** Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Purchased Equipment cost	67.969.675.266	4.388.425
2	Delivered Equipment Cost	16.992.418.816	1.097.106
3	Instalasi cost	10.537.151.581	680.325

4	Pemipaan	36.843.829.323	2.378.802
5	Instrumentasi	16.886.563.433	1.090.272
6	Insulasi	2.517.291.399	162.528
7	Listrik	6.796.967.527	438.842
8	Bangunan	33.365.000.000	2.154.193
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	20.688.149.625	1.335.719
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>212.597.046.971</b>	<b>13.736.211</b>

**Tabel 6.3** Direct Plant Cost (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	42.519.409.394	2.745.242
<b><i>Total (DPC + PPC)</i></b>		<b>255.116.456.365</b>	<b>16.471.453</b>

**Tabel 6.4** Fixed Capital Investment (FCI)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	255.116.456.365	16.471.453
2	Kontraktor	10.204.658.255	658.858
3	Biaya tak terduga	25.511.645.636	1.647.145
<b><i>Fixed Capital Investment (FCI)</i></b>		<b>290.832.760.256</b>	<b>18.777.457</b>

**Tabel 6.5** Working Capital Investment (WCI)

<b>No</b>	<b>Type of Expenses</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Raw Material Inventory</i>	32.406.532.771	2.092.310
2	<i>Inproses Onventory</i>	21.433.041.868	1.383.813
3	<i>Product Inventory</i>	42.866.083.735	2.767.625
4	<i>Extended Credit</i>	63.050.321.879	4.070.809
5	<i>Available Cash</i>	42.866.083.735	2.767.625
<b>Working Capital (WC)</b>		<b>202.622.063.987</b>	<b>13.082.182</b>

**Tabel 6.6** Direct Manufacturing Cost (DMC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material</i>	356.471.860.476	23.015.408,98
2	<i>Labor</i>	11.847.795.024	764.946,35
3	<i>Supervision</i>	1.184.779.502	76.494,63
4	<i>Maintenance</i>	17.449.965.615	1.126.647,40
5	<i>Plant Supplies</i>	2.617.494.842	168.997,11
6	<i>Royalty and Patents</i>	6.935.535.407	447.789,02
7	<i>Utilities</i>	2.372.690.896	153.191,48
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>398.880.121.762</b>	<b>25.753.475</b>



**Tabel 6.7** Indirect Manufacturing Cost (IMC).

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	1.777.169.254	114.742
2	<i>Laboratory</i>	1.184.779.502	76.495
3	<i>Plant Overhead</i>	5.923.897.512	382.473
4	<i>Packaging and Shipping</i>	34.677.677.033	2.238.945
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>43.563.523.301</b>	<b>2.812.655</b>

**Tabel 6.8** Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	23.266.620.820	1.502,197
2	<i>Propertu taxes</i>	2.908.327.603	187.775
3	<i>Insurance</i>	2.908.327.603	187.775
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>29.083.276.026</b>	<b>1.877.746</b>

**Tabel 6.9** General Expense (GE)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	14.145.807.633	913.316
2	<i>Sales Expense</i>	66.013.768.952	4.262.143
3	<i>Research</i>	37.722.153.687	2.435.510
4	<i>Finance</i>	9.869.096.485	637.193
<b><i>General Expenses(GE)</i></b>		<b>127.750.826.757</b>	<b>8.248.162</b>

**Tabel 6.10** Analisa Laba Bersih

No	Type of Expense	Biaya (Rp)
1	Total Penjualan	693.553.540.664
2	Total <i>Production Cost</i>	599.277.747.846
	<b>Total Keuntungan</b>	<b>94.275.792.818</b>
	Keuntungan setelah dikurangi dengan pajak 20%	<b>75.420.634.254</b>



## 6.7. Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

1. Asam laktat

Produksi = 5.000 ton/tahun

Harga Jual = Rp. 85.186/kg

([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com))

2. Kalsium sulfat

Produk = 4.400 ton/tahun

Harga Jual = Rp. 60.404/kg

([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com))

Total Penjualan = Rp. 693.553.540.664/tahun

Pajak = 20%

Biaya pajak = Rp. 138.710.708.132/tahun

Keuntungan setelah pajak = Rp. 554.884.832.531/tahun

Pajak ditentukan sebesar 20% dari peraturan pemerintah tentang pajak pendapatan.

<http://perpajakan.ddtc.co.id/peraturan-pajak>

A. *Return on Investement (ROI)*

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 32,42%

ROI setelah pajak = 25,93%

B. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 2,5 Tahun

POT setelah pajak = 2,9 Tahun

C. *Break Event Point (BEP)*

**Tabel 6.11** Annual Fixed Cost (Fa)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	23.226.620.820	1.502.197
2	<i>Property taxes</i>	2.908.327.603	187.775
3	<i>Insurance</i>	2.908.327.603	187.775
<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>		<b>29.083.276.026</b>	<b>1.877.746</b>

**Tabel 6.12** Regulated Cost (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	11.847.795.024	764.946
2	<i>Plant overhead</i>	5.923.897.512	382.473
3	<i>Payroll overhead</i>	1.777.169.254	114.742
4	<i>Supervision</i>	1.184.779.502	76.495
5	<i>Laboratory</i>	1.184.779.502	76.495
6	<i>Administration</i>	14.145.807.633	913.316
7	<i>Finance</i>	9.869.096.485	637.193
8	<i>Sales expense</i>	66.013.768.952	4.262.143
9	<i>Research</i>	37.722.153.687	2.435.510
10	<i>Maintenance</i>	17.449.965.615	1.126.647
11	<i>Plant supplies</i>	2.617.494.842	168.997
<b><i>Regulated Cost (Ra)</i></b>		<b>169.736.708.009</b>	<b>10.958.957</b>

**Tabel 6.13** Variabel Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	356.471.860.476	23.015.409
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	34.677.033	2.238.945
3	<i>Utilities</i>	2.372.690.896	153.191
4	<i>Royalties and Patents</i>	6.935.535.407	447.789
<b><i>Variabel Cost (Va)</i></b>		400.457.763.811	25.855.335

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

$$\text{BEP} = \frac{(\text{Fa} + 0,3 \text{ Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra})} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 45,91 \%$$

D. *Shut Down Point (SDP)*

$$\text{SDP} = \frac{(0,3 \text{ Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra})} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 29,22\%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{FCI} = \text{Rp } 290.832.760.256$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 202.622.063.987$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 23.266.620.820$$

$$\text{Cash Flow (CF)} = \text{Annual Profit} + \text{Depresiasi} + \text{Finance}$$

$$= \text{Rp } 85.291.232.936$$

$$n = N - 1$$

$$(FC+WC)(I+i)^N = C \sum_{n=0}^N (I+i)^N + WC + SV$$

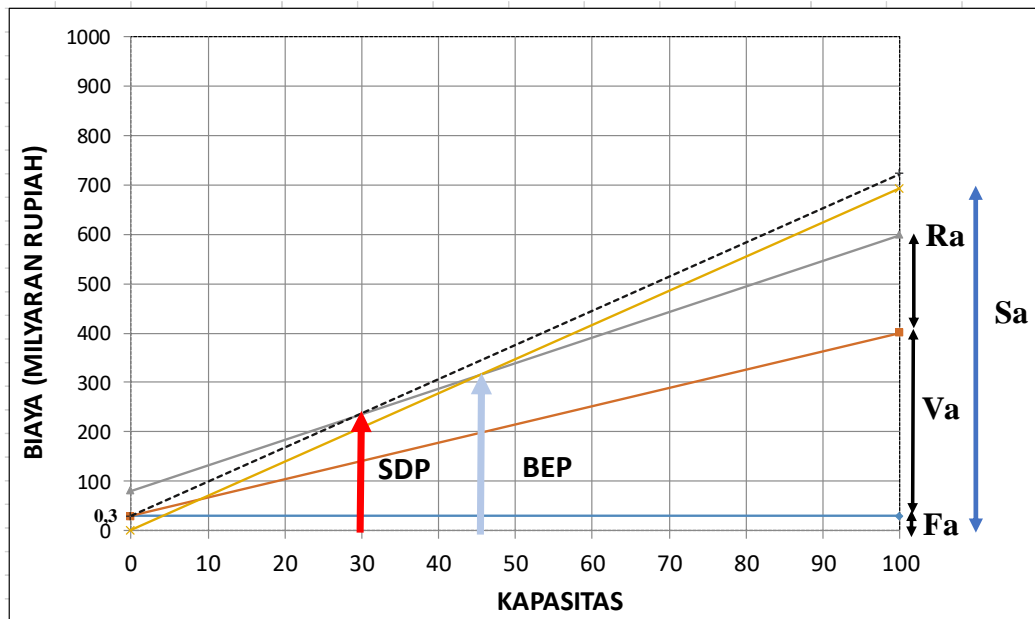
$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i = 16,52\%$

**Tabel 6.14** Analisa Kelayakan Pabrik

Parameter	Terhitung	Pernyataan	Kriteria
<b>ROI sebelum pajak</b>	32,42%	1. Pabrik <i>High Risk</i> minimal 44% 2. Pabrik <i>Low Risk</i> minimal 11%	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk <i>Low Risk</i> , ditinjau juga dari spesifikasi bahan dan operasi yang digunakan)
<b>POT sebelum pajak</b>	2,5 tahun	1. Pabrik <i>High Risk</i> maksimal 2 tahun 2. Pabrik <i>Low Risk</i> maksimal 5 tahun	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk <i>Low Risk</i> , ditinjau juga dari spesifikasi bahan dan kondisi operasi yang digunakan)
<b>BEP</b>	45,91%	40-60%	Memenuhi
<b>SDP</b>	29,22%	20-30%	Memenuhi
<b>DCFRR</b>	16,52%	Interest = 1,5 x bunga simpanan bank (5,63%)	Memenuhi

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik asam laktat dari molase dapat dilihat dan pahami melalui gambar berikut berikut :



**Gambar 6.2** Grafik Analisa Ekonomi

## 6.8. Analisa Resiko Pabrik

Untuk mendirikan sebuah pabrik, resiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Adapun parameter – parameter untuk menentukan pabrik asam laktat yang akan berdiri termasuk pabrik beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Berikut parameter yang dilihat :

### 1. Kondisi Operasi

- Suhu : Suhu tertinggi terdapat pada R-04 yang beroperasi pada suhu 80 °C
- Tekanan : Semua tekanan pada pabrik ini beroperasi sebesar 1 atm.

## 2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

- Bahan Baku

Molase merupakan bahan baku dari pembuatan Asam laktat. Molase merupakan bahan kimia berwarna coklat kental dan tidak mudah terbakar, serta memiliki bau khas.

- Produk

Produk yang dihasilkan oleh pabrik merupakan Asam laktat yaitu senyawa kimia yang tidak berwarna, bersifat korosif, dan dapat membuat iritasi.

- Sumber Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik Asam laktat adalah Molase yang dapat diperoleh dari PG. Gunung madu yang terletak di Terusan Nunyai, Lampung Tengah dan PG. Bunga Mayang yang terletak di Kota Bumi, Lampung.

- Limbah Pabrik

Limbah pabrik hasil Asam laktat merupakan hasil bawah Rotary Vacuum Filter yang berupa cake yang akan dialirkan ke UPL

- Hasil Perhitungan Ekonomi

Berdasarkan tabel 6.14 analisa kelayakan ekonomi pabrik Asam laktat memenuhi semua parameter kelayakan ekonomi.



Dari hasil analisis ekonomi pabrik diatas, dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam laktat yang akan berdiri termasuk kedalam pabrik yang memiliki resiko rendah (*low risk*) dilihat dari karakteristik bahan baku dan produk yang tidak mudah terbakar serta penggunaan kondisi operasi rendah.



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan Perancangan Pabrik Asam Laktat dari Molase dengan Kapasitas 5.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendirian pabrik Asam Laktat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta mendorong berkembangnya industri lainnya yang berbahan baku molase.
2. Pabrik Asam Laktat berbentuk Perseroan terbatas (PT) didirikan di daerah Lampung Timur, Lampung dengan luas tanah keseluruhan 31.827 m<sup>2</sup> dan luas bangunan 26.692 m<sup>2</sup>. Jumlah karyawan 85 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. Berdasarkan hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini, didapatkan sebagai berikut :
  - Presentasi *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 32,42% dan setelah pajak adalah 25,93%.
  - *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2 tahun 6 bulan dan setelah pajak adalah 2 tahun 10 bulan.

- Nilai *Break Even Point* (BEP) adalah 45,91% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 25,93%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40% - 60% dan SDP sebesar 20% - 30%. (Aries & Newton, 1955)
  - *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 16,52%.
4. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik Asam Laktat layak dikaji untuk didirikan karena memiliki indikator ekonomi yang menguntungkan.

## 7.2. Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk asam laktat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G. G., Foust, A. S., Katz, D. L., Schneidewind, R., White, R. R., Wood, W. P., Brown, G. M., ... York, J. L. (1950). Unit Operations. New York:
- Dumbrepatil, A., Adsul, M., Chaudhari, S., Khire, J., & Gokhale, D. (2008). Utilization of molase sugar for lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* mutant Uc-3 in batch fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(1), 333–335.
- Geankopolis, C. J. (2018). Transport processes and separation process principles
- Erickson, P. S., Murphy, M. R., & Davis, C. L. (1986). Malt Sprouts as a Source of Supplemental Protein for Ruminants. *Journal of Dairy Science*, 69(11), 2959–2962.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80752-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80752-4)
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Indeks Harga Perdagangan Besar Menurut Sektor (Tahunan) 2000-2016*. (Online).  
<http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/930>
- Yaws, C. L. (1999). *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L. Yaws, 1996 .pdf* (pp. 1–772).
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Matches. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. (online).  
[www.matche.com](http://www.matche.com).

- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley Eastern Limited: New York.
- Narayanan, N., Roychoudhury, P. K., 2004, “L(+) Lactic Acid Fermentation and its Product Polimerization”, *Electronic Journal of Biotechnology*, Chile
- Aries, R. S. and Newton, R. D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, pp. 1-16; 52; 77-78; 97-119; 163-164; 177; 185-197; 203-209, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Beuchat, L. R., 1995, “Application of Biotechnology to Fermented Foods, Food Technology, January 1995.
- Komesu, A., Oliveira, J. A. R, Martins, L. H. S., Maciel, M. R. W. M., Filho, R. M., 2017, “Lactic Acid Production to Purification: A Review”, *BioResources* vol 12
- Olbrich, H. (1963). *The Molasses*. Berlin: Biotechnologie-Kempe GmbH.
- Prescott, S. C., and Dunn, C. G., 1949, “Industrial Microbiology”, McGraw-Hill, New York
- Retnaningtyas, A. Y., Hidayat, R. R., & Winardi, S. (2017). Studi Awal Proses Fermentasi pada Desain Pabrik Bioethanol dari Molasses. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 123–126.
- Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, pp. 324-329, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Wee, Y., Kim, J., & Ryu, H. (2006). Biotechnological Production of Lactic Acid and Its Recent Applications. *Food Technology and Biotechnology*, 44(2), 163–172.
- Zhang, Z. and Jin, B. 2009. L(+) Lactic Acid Production Using Sugarcane Molasses and Waste Potato Starch An Alternative Approach. *Proc Aust Soc Sugar Cane Technol*, 31: 372-379.
- Russel, P.D. 1987. *Fermentation and Bioreactor Design*. Elsevier Applied Science, London.
- Kirk, R. E., and Othmer, D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 18. Interscience Publishing Inc. New York
- Chandrasekaran, M. (2013). *Valorization of Food Processing By Product*. New York: CRC Press.

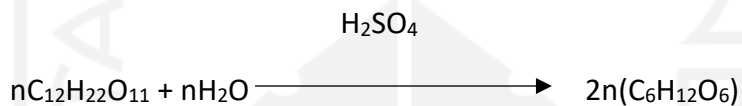
## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN REAKTOR

#### REAKTOR HIDROLISIS (R-01)

A Menghitung Kecepatan Volumetris Umpan

Reaksi :



Komponen	Massa (Kg/jam)	Flow (Kmol/jam)	Fraksi massa (xi)	$\rho^\circ$ komponen (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$ camp	Fv (m <sup>3</sup> /Jam)
Sukrosa	363.12	1.06	0.27	1600	437.63	4.41
Glukosa	158.87	0.88	0.12	1540	184.28	9.69
Fruktosa	181.56	1.01	0.14	1540	210.61	8.48
H <sub>2</sub> O	412.80	22.93	0.31	1023.01	318.09	2.48
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	120.47	1.23	0.09	1826.97	165.78	15.17
Abu	90.78		0.07			
<b>Total</b>	<b>1327.60</b>	<b>27.12</b>	<b>1</b>	<b>7529.98</b>	<b>1316.39</b>	<b>40.23</b>

1. Menghitung Fv

$$F_v = \frac{\text{Massa, kg/jam}}{\text{Densitas, kg/L}}$$

$$F_v = 40,23 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 40.226,01 \text{ L/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi Umpan

$$C = \frac{\text{mol, kmol/jam}}{F_v, \text{m}^3/\text{jam}}$$

Reaktan pembatas pada reaksi ini adalah  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , maka  $C_{12}H_{22}O_{11}$  adalah senyawa A

$$C_{A0} = \frac{mol A}{\Sigma Fv} = 0,026 \text{ kmol/m}^3$$

$$= 2,64 \times 10^{-5} \text{ kmol/L}$$

### 3. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

(Ajaala, 2020)

Dimana :

$$A = 1,57$$

$$E_a = 13,3 \text{ kJ/mol}$$

$$R = 0,008314 \text{ kJ/mol} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$T = 333^\circ\text{K}$$

Dari rumus diatas maka diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi

sebesar :

$$K = 0,0128/\text{Menit}$$

$$= 0,7721/\text{Jam}$$

### 4. Menentukan Waktu Reaksi

Asumsi :



1. Reaksi orde 1 karena nilai  $C_a$  sangat kecil sebesar  $2,64 \times 10^{-5}$  sehingga dapat diabaikan. Maka persamaan menjadi :

$$(-r_A = k.C_a)$$

2. Reaksi berlangsung *Irreversible*.
3. Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi didalam reaktor.
4. Kecepatan alir volumetrik ( $F_v$ ) masuk reaktor sama dengan kecepatan alir volumetrik ( $F_v$ ) keluar reaktor.

$$\frac{d(C_a)}{dt} = r_A$$

$$\frac{d(C_{a0} - C_{a0}.x)}{dt} = r_A$$

$$\frac{d(C_{a0})}{dt} - C_{a0} \frac{dx}{dt} = r_A$$

$$-C_{a0} \frac{dx}{dt} = k.C_a$$

$$-C_{a0} \frac{dx}{dt} = k.C_{a0}(1 - x)$$

$$-k \int \frac{1}{dt} = \int \frac{dx}{(1 - x)}$$

$$-k.t = \ln(1 - x)$$

$$t = \frac{1}{k} \cdot -\ln(1 - x)$$

Dimana :

K : Konstanta kecepatan reaksi : 0,7721/jam

Ca0 : Konsentrasi reaktan A mula-mula :  $2,64 \times 10^{-5}$  kmol/L

t : Waktu reaksi : 1 Jam

Xa : Konversi reaksi : 95%

Dari rumus diatas maka diperoleh waktu reaksi sebanyak 3,8795 jam  
atau dibulatkan menjadi 4 jam.

#### B Perancangan Reaktor

Volume cairan dalam reaktor

$$\begin{aligned}V \text{ cairan} &= 10527,1 \text{ gallon} \\ &= 39849,42 \text{ litter} \\ &= 39,85 \text{ m}^3 \\ &= 1407,27 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Volume Reaktor setelah *overdesign* 20%

$$\begin{aligned}V \text{ reaktor} &= 12632,52 \text{ gallon} \\ &= 47819,2 \text{ litter} \\ &= 47,82 \text{ m}^3 \\ &= 1688,72 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

## 1. Menentukan Diameter dan Tinggi Tangki Reaktor

Dipilih Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan sistem Batch berbentuk silinder vertikal.

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor adalah 1 : 1

$$(D : H = 1 : 1) \quad (\text{P.43, Brownell \& Young})$$

Dengan menggunakan persamaan:

$$\sqrt[3]{\frac{4 \cdot \text{Volume shell}}{\pi}}$$

Maka didapatkan dimensi reaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 3,93 \text{ m} \\ &= 154,91 \text{ in} \\ &= 12,91 \text{ ft} \end{aligned}$$

Karena perbandingan diameter dan tinggi reaktor adalah 1:1, diperoleh tinggi reaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Reaktor} &= 3,93 \text{ m} \\ &= 154,91 \text{ in} \\ &= 12,91 \text{ ft} \end{aligned}$$

## 2. Menentukan Tebal Dinding (*Shell*) Reaktor

Persamaan yang digunakan

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{(f \cdot E - 0,6P)} + C \quad (\text{Eq. 13.1, P.254, Brownell \& Young})$$

Dimana :

$t_s$  : Tebal dinding *shell*, in

P : Tekanan Design = 24,84 Psi

$r_i$  : Jari-jari reaktor = 77,45 in

E : Effisiensi sambungan las = 0,8

F : Tekanan maksimal yang diizinkan = 17000 Psi

C : Korosi yang diizinkan = 0,125

Maka didapatkan tebal *shell* sebesar = 0,26 in

Sehingga diperoleh tebal *shell* standar = 0,31 in

= 5/16

### 3. Menentukan Tebal Head

Bahan Konstruksi : StainlessStell SA-167 Grade 3 Type 304

Bentuk Head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis *head*, antara lain:

- *Flanged & Standard Dished Head*

Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki berdiameter kecil.

- *Torispherical Flanged & Dished Head*

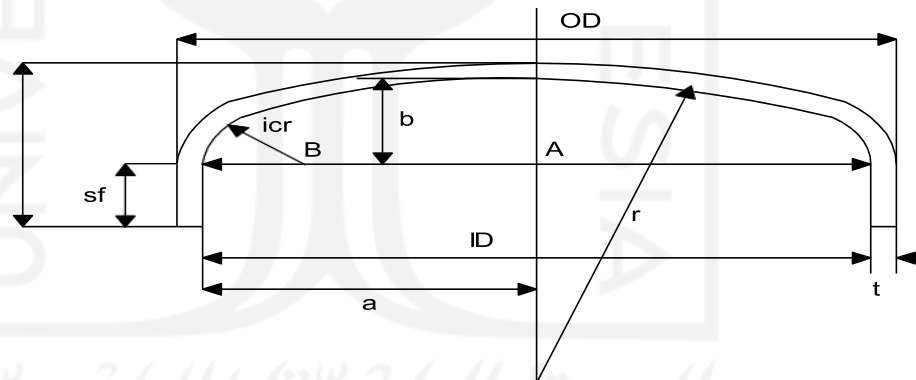
**Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis.**

- *Elliptical Dished Head*

Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.

- *Hemispherical Head*

Digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi, kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.



Keterangan gambar :

ID : diameter dalam *head*

OD : diameter luar *head*

a : jari-jari dalam *head*

t : tebal *head*

r : jari-jari dalam *head*

icr : *inside corner radius*

b : *deep of dish*

sf : *straight of flanged*

OA : tinggi *head*

Tebal head dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C \quad (\text{Eq. 7.77, P.138, Brownell \& Young})$$

Dimana nilai W diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad (\text{Eq. 7.76, P.138, Brownell \& Young})$$

Sehingga diperoleh :

- w (stress-intensification factor for torispherical dishead head) sebesar 1,69 in
- Tebal head yang diperoleh sebesar 0,22 in
- Tebal head standard sebesar 0,25 in atau 1/4 in

#### 4. Menentukan Ukuran Head

$$ID = 167,375 \text{ in}$$

$$I_{cr} = 10,125 \text{ in (Tabel 5.7, P. 90, Brownell and Young)}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 83,69 \text{ in}$$

$$AB = a - i_{cr}$$

$$= 73,56 \text{ in}$$

$$BC = r - i_{cr}$$

$$= 133,875 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 111,853 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 32,147 \text{ in}$$

$$S_f \text{ (Staright of Flange)} = 2 \text{ in (Tabel 5.4, P.87, Brownell and Young)}$$

$$\text{Jadi, tinggi head total (OA)} = S_f + b + th$$

$$= 34,4 \text{ in}$$

$$= 0,87 \text{ m}$$

$$\text{Volume head total} = (V_{head} + V_{sf})$$

Persamaan volume head untuk *Torispherical Dishead Head* adalah :

- $V_h = 0,000049 \times ID^3$   
(Eq 5-11, P.88, Brownell & Young)

$$V_h = 0,1054 \text{ ft}^3$$

$$= 0,0029 \text{ m}^3$$

$$= 182,15 \text{ in}^3$$

- $V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 s f$

$$= 21,8027 \text{ ft}^3$$

$$= 0,6174 \text{ m}^3$$

$$= 37675,1 \text{ in}^3$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{Volume head total} = 21,9081 \text{ ft}^3$$

$$= 0,6204 \text{ m}^3$$

$$= 37857,3 \text{ in}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = V_{shell} + 2 V_{head}$$

$$= 49,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 2 \text{ OA} + \text{tinggi shell}$$

$$= 3,9346 \text{ m}$$

## 5. Perancangan Penganduk Reaktor

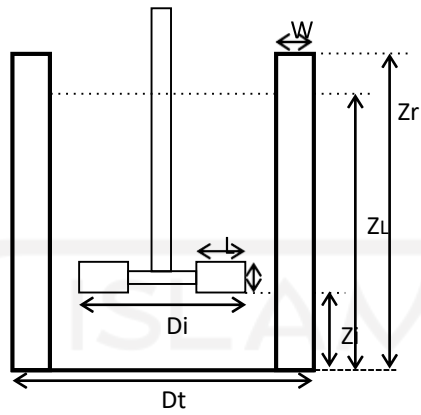


<b>Komponen</b>	<b>Massa (Kg/Jam)</b>	<b>ρ campuran</b>
Sukrosa	363.12	437.6276562
Glukosa	158.87	184.2822709
Fruktosa	181.56	210.6083095
H <sub>2</sub> O	412.80	309.3731561
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	120.47	162.4069048
Impurities	90.78	
<b>Total</b>	<b>1327.60</b>	<b>1304.298298</b>

Diperoleh :

μ campuran : 0,9058 cp  
: 0,0006086 lb/ft.s  
ρ campuran : 1304,2982 kg/m<sup>3</sup>  
: 1,3043 kg/litter

: 81,4247 lb/ft<sup>3</sup>  
ρ air : 994,9603 kg/m<sup>3</sup>



Jenis pengaduk : 6 flat blade turbine impeller

Diketahui :

$D_t$  : 167,375 in

$D_t/D_i$  : 3

$D_i$  : 55,7916 in

$Z_i/D_i$  : 0,75

$Z_i$  : 41,8438 in

$Z_l/D_i$  : 2,7

$Z_l$  : 150,6375 in

$W/D_i$  : 0,17

$W$  : 9,4846 in

$L/D_i$  : 0,25

L : 13,9479 in

H/Di : 0,2

H : 11,1583 in

Diperoleh spesifikasi pengaduk sebagai berikut :

- Diameter dalam tangki (Dt) : 4,25 m
- Diameter pengaduk (Di) : 1,42 m
- Jarak pengaduk (Zi) : 1,06 m
- Tinggi Pengaduk (H) : 0,28 m
- Lebar pengaduk (L) : 0,35 m
- Lebar *baffle* (W) : 0,24 m
- Jumlah *baffle* : 4 buah
- Tinggi *baffle* : 3,15 m
- Tinggi cairan dalam reaktor (ZL) : 3,83 m

## 6. Menentukan Jumlah *Impeller*

WELH (*Water Equivalen Liquid High*)

$$Sg = \rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}}$$

$$= 1,3109$$

$$\text{WELH} = h_{\text{cairan}} \times Sg$$

$$= 4,2433 \text{ m}$$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = \frac{\text{WELH}}{D}$$

$$= 0,9981$$

Maka, jumlah pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah (Eq. 8.9, P.345, HF. Rase)

### 7. Menentukan Kecepatan Pengaduk dalam Reaktor

Digunakan persamaan :

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ DI}} = \left( \frac{\pi \text{ DI } N}{600} \right)^2$$

(Eq. 8.8, P.345, HF. Rase)

Dimana :

WELH : *Water Equivalen Liquid High*

Di : Diameter pengaduk (ft)

N : Kecepatan putaran pengaduk (rpm)

H : Tinggi pengaduk (ft)

Diubah menjadi :

$$N = \frac{600}{\pi \text{ DI}} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \text{ DI}}}$$

$$N = 50,3013 \text{ rpm}$$

$$N = 0,8383 \text{ rps}$$

Sehingga diperoleh N standar = 56 rpm

$$= 0,9333 \text{ rps}$$

### 8. Menentukan Bilangan Reynold

$$Re = \frac{N D_i^2 P}{\mu}$$

$$= 2697451,309$$

Karena  $Re > 2100$ , maka alirannya turbulen

Dari (fig, 477, P.507, Brown) didapatkan :

$$P_o = 6$$

$$G_c = 32,2 \text{ (lb.mass).(ft)/(lb.force).(s}^2\text{)}$$

### 9. Menentukan Power Pengaduk

$$P = \frac{P_o N^3 D_i^5 \rho}{G_c}$$

Dimana :

$$P_o : 6$$

$$N : 0,9333 \text{ rps}$$

$$D_i : 4,6481 \text{ ft}$$

$$\rho : 81,4247 \text{ lb/ft}^3$$

$$G_c : 32,2 \text{ (lb.mass).(ft)/(lb.force).(s}^2\text{)}$$

Sehingga diperoleh :

$$P : 2678,3515 \text{ ft.lbf/s}$$

$$: 48,7 \text{ HP}$$

Efisiensi motor sebesar = 88% (Fig.14.38, Peter)

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\text{Efisiensi motor}}$$

$$= 55,9777 \text{ HP}$$

$$\text{Daya motor standar} = 60 \text{ HP}$$

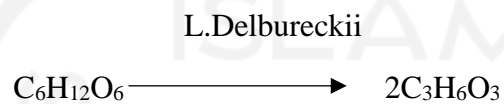
## REAKTOR FERMENTOR (R-02)

Komponen	Massa (kg/jam)	Flow (kmol/jam)	Fraksi massa (xi)	f° komponen (kg/m3)	f camp	Vfeed (m3/jam)
Sukrosa	18,16	0,05	0,0039	1.600	6,23	0,01
Glukosa	311,66	1,73	0,07	1.540	102,97	0,2
Fruktosa	332,08	1,84	0,07	1.540	109,72	0,21
H <sub>2</sub> O	3.200,69	177,82	0,69	1.013,78	696,14	3,16
Abu	90,78		0,02			
Urea	158,3	2,64	0,03	1.620	55,02	0,09
<i>L.Delbureckii</i>	31,66		0,01	945	6,42	0,03
Ca(OH) <sub>2</sub>	271,42	3,67	0,06	2.240	130,44	0,12
Asam laktat	2,99	0,03	0,0006	1.210	0,78	0,00247
Ca laktat	68,8	0,32	0,01	1.490	21,99	0,05

Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174,55	1,23	0,04	2.468	92,43	0,07
<b>Total</b>	<b>4.661,1</b>	<b>189,33</b>	<b>1</b>	<b>15.667</b>	<b>1.222,14</b>	<b>3,96</b>

#### A Menghitung Kecepatan Volumetris Umpan

Reaksi I : Konversi 85%



Reaksi II : Konversi 95%



#### 1. Menghitung F<sub>v</sub>

$$F_v = \frac{\text{Massa, kg/jam}}{\text{Densitas, kg/L}}$$

$$F_v = 3,96 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 3958,31 \text{ L/jam}$$

#### 2. Menghitung Konsentrasi Umpan

$$C = \frac{\text{mol, kmol/jam}}{F_v, \text{m}^3/\text{jam}}$$

Reaktan pembatas pada reaksi ini adalah C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, maka C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> adalah senyawa A

$$C_{A0} = \frac{\text{mol } A}{\Sigma F_v} = 0,9 \text{ kmol/m}^3$$

$$= 9,03 \times 10^{-4} \text{ kmol/L}$$

### 3. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

TABLE 2. Estimation of parameter values\*

Model	Parameters†	$k_1$	$k_2$	$K_3$	$K_p$	$K_1$	$k_3$	$SS_{RES}$	DF	$MS_{RES}$
Biomass										
(a)	6	0.492	0.113					0.0443	46	$0.963 \times 10^{-3}$
(b)	10	0.545		0.296				0.0253	42	$0.602 \times 10^{-3}$
(c)	6	0.482			101.3			0.0452	46	$0.983 \times 10^{-3}$
(d)‡	11	0.556		0.0956	68.8			0.0089	41	$0.217 \times 10^{-3}$
(e)	12	0.553		0.0956	76.0		$0.49 \times 10^{-9}$	0.0089	40	$0.225 \times 10^{-3}$
(f)	12	0.568		0.0967	74.2	449		0.0088	40	$0.220 \times 10^{-3}$
Lactose										
		$Y_p$	$Y_G$	$m$						
(g)‡	5	0.883						1.158	47	0.0246
(h)	6	0.976	1.245					1.136	46	0.0247
(i)	7	0.997	1.026	$0.352 \times 10^{-8}$				1.134	45	0.0252
Lactic acid										
		$k_4$	$k_5$	$K_5'$						
(j)	6	6.602	0.191					3.623	46	0.0787
(k)	10	6.121	0.081					2.005	42	0.0477
(l)‡	11	2.678	2.542	0.371				1.176	41	0.0287

\* $SS_{RES}$ , sums of squares of residuals; DF, degrees of freedom;  $MS_{RES}$ , mean square residuals; other abbreviations, see Table 1.  
 †Including initial values (4) and  $LT$  values (0 or 4), numerical values of which are omitted (see text).  
 ‡Model chosen as *best*.

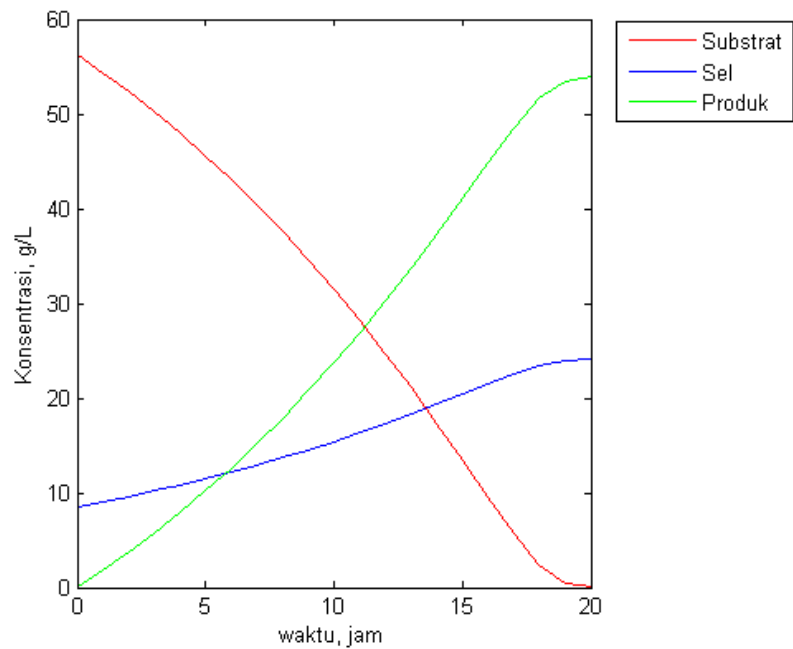
### Gambar 3.1 Kinetika Reaksi

Data kinetika untuk reaktor fermentor dilihat dari gambar diatas dengan melihat sumber dari Rogers, 1978. *Kinetic analysis of batch and continuous of Streptococcus cremoris* dan memperoleh harga konstanta kecepatan reaksinya adalah 0,556/jam.

### 4. Menentukan Waktu Reaksi

Waktu reaksi di reaktor fermentor ditentukan dengan matlab dengan melihat dari neraca massa sel, neraca massa substrat dan neraca massa produk. Diperoleh hasil perhitungan matlab sebagai berikut :





**Gambar 3. Konsentrasi Substrat, Sel dan Produk pada berbagai Waktu**

**Tabel Nilai Konsentrasi Substrat, Sel dan Produk**

Waktu, Jam	Konsentrasi Substrat (Cs), g/L	Konsentrasi Sel (Cc), g/L	Konsentrasi Produk (Cp), g/L
0	56,2390	8,5425	0,0000
1	54,3504	9,0675	1,8131
2	52,3486	9,6240	3,7348
3	50,2273	10,2137	5,7712
4	47,9803	10,8384	7,9283
5	45,6010	11,4999	10,2124
6	43,0829	12,1999	12,6298
7	40,4196	12,9403	15,1867
8	37,6046	13,7229	17,8890
9	34,6325	14,5491	20,7423
10	31,4984	15,4204	23,7510
11	28,1993	16,3375	26,9181
12	24,7351	17,3006	30,2437
13	21,1109	18,3081	33,7230
14	17,3408	19,3562	37,3422
15	13,4574	20,4358	41,0703

16	9,5306	21,5274	44,8401
17	5,7155	22,5880	48,5026
18	2,4456	23,4971	51,6417
19	0,5192	24,0326	53,4910
20	0,0546	24,1618	53,9370

Dari hasil tersebut maka digunakan waktu reaksi selama 20 jam.

## B Perancangan Reaktor

Volume cairan dalam reaktor

$$\begin{aligned}
 V \text{ cairan} &= 2614,19 \text{ gallon} \\
 &= 9895,79 \text{ liter} \\
 &= 9,89 \text{ m}^3 \\
 &= 349,47 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Volume Reaktor setelah *overdesign* 20%

$$\begin{aligned}
 V \text{ reaktor} &= 3137,03 \text{ gallon} \\
 &= 11874,95 \text{ liter} \\
 &= 11,87 \text{ m}^3 \\
 &= 419,36 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

### 1. Menentukan Diameter dan Tinggi Tangki Reaktor

Dipilih Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan sistem Batch berbentuk silinder vertikal.

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor adalah 1 : 1

$$(D : H = 1 : 1)$$

(P.43, Brownell & Young)

Dengan menggunakan persamaan:

$$\sqrt[3]{\frac{4 \cdot \text{Volume shell}}{\pi}}$$

Maka didapatkan dimensi reaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 2,47 \text{ m} \\ &= 97,37 \text{ in} \\ &= 8,11 \text{ ft} \end{aligned}$$

Karena perbandingan diameter dan tinggi reaktor adalah 1:1, diperoleh tinggi reaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Reaktor} &= 2,47 \text{ m} \\ &= 97,37 \text{ in} \\ &= 8,11 \text{ ft} \end{aligned}$$

## 2. Menentukan Tebal Dinding (*Shell*) Reaktor

Persamaan yang digunakan

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{(f \cdot E - 0,6P)} + C \quad (\text{Eq. 13.1, P.254, Brownell \& Young})$$

Dimana :

$t_s$  : Tebal dinding *shell*, in

$P$  : Tekanan Design = 21,93 Psi

$r_i$  : Jari-jari reaktor = 48,68 in

$E$  : Efisiensi sambungan las = 80%

$F$  : Tekanan maksimal yang diizinkan = 12.650 Psi

$C$  : Korosi yang diizinkan = 0,125 in

Maka didapatkan tebal *shell* sebesar = 0,23 in

Sehingga diperoleh tebal *shell* standar = 0,25 in

= 1/4

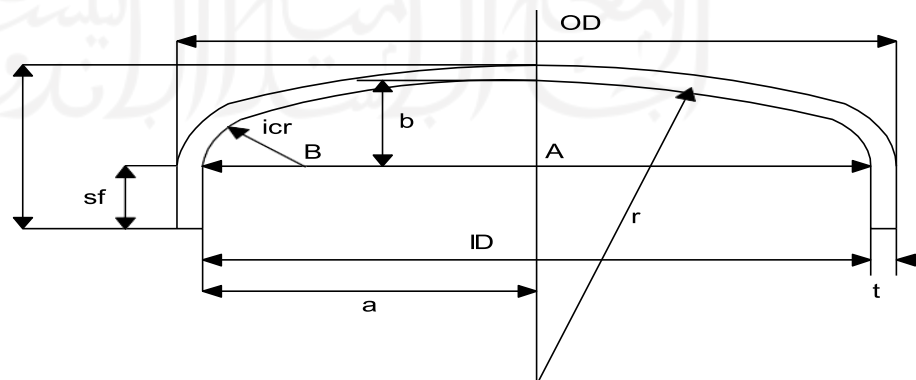
### 3. Menentukan Tebal Head

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Bentuk Head : Torispherical Flanged & Dished Head

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis *head*, antara lain:

- *Flanged & Standard Dished Head*  
Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki berdiameter kecil.
- *Torispherical Flanged & Dished Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis.
- *Elliptical Dished Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.
- *Hemispherical Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi, kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.



Keterangan gambar :

ID : diameter dalam *head*

OD : diameter luar *head*

a : jari-jari dalam *head*

t : tebal *head*

r : jari-jari dalam *head*

icr : *inside corner radius*

b : *deep of dish*

sf : *straight of flanged*

OA : tinggi *head*

Tebal head dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C \quad (\text{Eq. 7.77, P.138, Brownell \& Young})$$

Dimana nilai W diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad (\text{Eq. 7.76, P.138, Brownell \& Young})$$

Sehingga diperoleh :

- w (stress-intensification factor for torispherical dishead head) sebesar in
- Tebal head yang diperoleh sebesar in
- Tebal head standard sebesar in atau in

#### 4. Menentukan Ukuran Head

$$ID = 97,37 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 6,5 \text{ in (Tabel 5.7, P. 90, Brownell and Young)}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 53,75 \text{ in}$$

$$AB = a - i_{cr}$$

$$= 47,25 \text{ in}$$

$$BC = r - i_{cr}$$

$$= 95,5 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 82,99 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 19,01 \text{ in}$$

$$S_f \text{ (Staright of Flange)} = 2 \text{ in (Tabel 5.4, P.87, Brownell and Young)}$$

$$\text{Jadi, tinggi head total (OA)} = S_f + b + th$$

$$= 21,19 \text{ in}$$

$$= 0,54 \text{ m}$$

$$\text{Volume head total} = (V_{head} + V_{sf})$$

Persamaan volume head untuk *Torispherical Dishhead Head* adalah :

- $V_h = 0,000049 \times ID^3$

(Eq 5-11, P.88, Brownell & Young)

$$V_h = 0,026 \text{ ft}^3$$

$$= 7,41 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$= 45,23 \text{ in}^3$$

- $V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 s f$

$$= 8,61 \text{ ft}^3$$

$$= 0,24 \text{ m}^3$$

$$= 14.884,69 \text{ in}^3$$

Sehingga diperoleh :

$$\text{Volume head total} = 8,64 \text{ ft}^3$$

$$= 0,24 \text{ m}^3$$

$$= 14.929,93 \text{ in}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = V_{shell} + 2 V_{head}$$

$$= 12,36 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 2 \text{ OA} + \text{tinggi shell}$$

$$= 3,54 \text{ m}$$

## 5. Perancangan Penganduk Reaktor

Diperoleh :

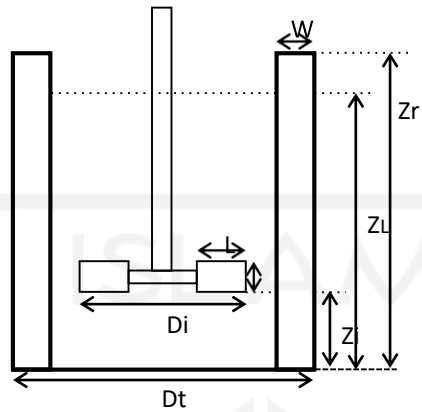
$$\mu \text{ campuran} : 0,57 \text{ cp}$$

$$: 3,86 \times 10^{-4} \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ campuran} : 1222,14 \text{ kg/m}^3$$

$$: 1,22 \text{ kg/litter}$$

$\rho$  air : 1013,78 kg/m<sup>3</sup>



Jenis pengaduk : 6 flat blade turbine impeller

Diketahui :

$D_t$  : 107,5 in

$D_t/D_i$  : 3

$D_i$  : 35,83 in

$Z_i/D_i$  : 1,3

$Z_i$  : 46,58 in

$Z_L/D_i$  : 3,6

$Z_L$  : 129 in

$W/D_i$  : 0,17

$W$  : 6,09 in

$L/D_i$  : 0,25

$L$  : 8,96 in

$H/D_i$  : 0,2

$H$  : 7,16 in



Diperoleh spesifikasi pengaduk sebagai berikut :

- Diameter dalam tangki (Dt) : 2,73 m
- Diameter pengaduk (Di) : 0,91 m
- Jarak pengaduk (Zi) : 1,18 m
- Tinggi Pengaduk (H) : 0,18 m
- Lebar pengaduk (L) : 0,23 m
- Lebar *baffle* (W) : 0,15 m
- Jumlah *baffle* : 4 buah
- Tinggi cairan dalam reaktor (ZL) : 3,27 m

#### 6. Menentukan Jumlah *Impeller*

WELH (*Water Equivalen Liquid High*)

$$\begin{aligned} S_g &= \rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}} \\ &= 1,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= h_{\text{cairan}} \times S_g \\ &= 2,48\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma_{\text{Impeller}} &= \frac{\text{WELH}}{D} \\ &= 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka, jumlah pengaduk yang digunakan sebanyak buah (Eq. 8.9, P.345, HF. Rase)

#### 7. Menentukan Kecepatan Pengaduk dalam Reaktor

Digunakan persamaan :

$$\frac{\text{WELH}}{2 D_i} = \left( \frac{\pi D_i N}{600} \right)^2$$

(Eq. 8.8, P.345, HF. Rase)

Dimana :

WELH : *Water Equivalen Liquid High*

Di : Diameter pengaduk (ft)

N : Kecepatan putaran pengaduk (rpm)

H : Tinggi pengaduk (ft)

Diubah menjadi :

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 D_i}}$$

$$N = 41,29 \text{ rpm}$$

$$N = 0,68 \text{ rps}$$

Sehingga diperoleh N standar = 45 rpm

$$= 0,75 \text{ rps}$$

## 8. Menentukan Bilangan Reynold

$$Re = \frac{N D_i^2 P}{\mu}$$

$$= 1.212.413$$

Karena  $Re > 2100$ , maka alirannya turbulen

Dari (fig, 477, P.507, Brown) didapatkan :

$$P_o = 6$$

$$G_c = 32,2 \text{ (lb.mass).(ft)/(lb.force).(s}^2\text{)}$$

## 9. Menentukan Power Pengaduk

$$P = \frac{P_o N^3 D_i^5 \rho}{G_c}$$

Dimana :

Po : 6

N : 0,68 rps

Di : 2,99 ft

f : 76,29 lb/ft<sup>3</sup>

Gc : 32,2 (lb.mass).(ft)/(lb.force).(s<sup>2</sup>)

Sehingga diperoleh :

P : 1098,59 ft.lbf/s

: 1,99 HP

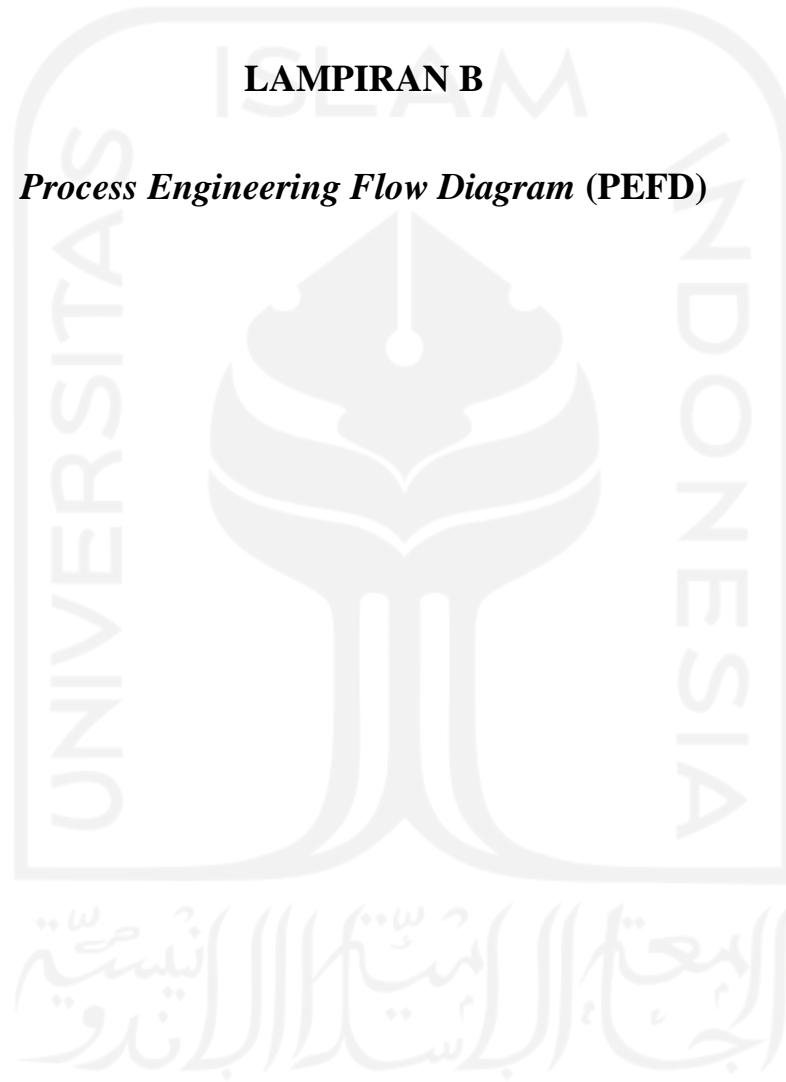
Efisiensi motor sebesar = 87% (Fig.14.38, Peter)

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{P}{\text{Efisiensi motor}} \\ &= 2,29 \text{ HP} \end{aligned}$$

Daya motor standar = 3 HP

**LAMPIRAN B**

***Process Engineering Flow Diagram (PEFD)***





## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Fauzan  
No. MHS : 18521207
2. Nama Mahasiswa : Addina Fauzia Devi  
No. MHS : 18521074

Judul Prarancangan \*) :

### PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	10 Juni 2022	Bimbingan Luaran 1 (Kapasitas Pabrik)	
2	12 Juli 2022	Bimbingan Luaran 2 (Pemilihan Proses)	
3	11 Agst 2022	Bimbingan Luaran 2 (Tinjauan Termodinamika)	
4	27 Agst 2022	Bimbingan Luaran 3	
5	6 Sept 2022	Bimbingan Luaran 4	
6	10 Okt 2022	Bimbingan Luaran 4 & 5	
7	27 Okt 2022	Bimbingan Luaran 6, 7, & 9	
8	9 Nov 2022	Bimbingan Luaran 10 sampai 13	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 10 November 2022

Pembimbing,



Ifa Puspasari, Dr., S.T., M.Eng.

\*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Fauzan  
No. MHS : 18521207
2. Nama Mahasiswa : Addina Fauzia Devi  
No. MHS : 18521074
- Judul Prarancangan \*) :

### PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN


- Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022  
Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	22 Des 2021	Perkenalan	
2	28 Des 2021	Bimbingan Luaran 1 (Kapasitas Pabrik)	
3	03 Feb 2022	Bimbingan Luaran 2 (Tinjauan Termodinamika)	
4	24 Feb 2022	Bimbingan Luaran 2 (Tinjauan Kinetika)	
5	27 Mei 2022	Bimbingan Luaran 3	
6	22 Juni 2022	Bimbingan Luaran 4	
7	21 Sept 2022	Bimbingan Luaran 4	
8	04 Okt 2022	Bimbingan Luaran 5	
9	08 Nov 2022	Bimbingan Luaran 6	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 10 November 2022

Pembimbing,



Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.

- \*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
  - Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy