

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE
DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Ixaura Puteri Akeda

NIM : 21521018

Nama : Dewi Nur Khasanah

NIM : 21521021

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ixaura Puteri Akeda

NIM : 21521018

Nama : Dewi Nur Khasanah

NIM : 21521021

Yogyakarta, 10 Agustus 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini Adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini Adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mahasiswa 1



Ixaura Puteri Akeda

Mahasiswa 2



Dewi Nur Khasanah

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE
DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Ixaura Puteri Akeda

Nama : Dewi Nur Khasanah

NIM : 21521018

NIM : 21521021



Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Pembimbing,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

NIK. 155211305

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM LAKTAT DARI MOLASE
DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/ TAHUN**

Oleh :

Nama : Ixaura Puteri Akeda

NIM : 21521018

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 12 September 2025

Tim Penguji

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T

NIK. 155211305

Ketua Penguji

18 September 2025

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

NIK. 055210503

Penguji I

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

NIK. 105210101

Penguji II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia,



Prof. Dr. Sholeh Ma'mun, S.T., MT., Ph.D.

NIK. 995200445

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM LAKTAT DARI MOLASE
DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/ TAHUN

Oleh :

Nama : Dewi Nur Khasanah

NIM : 21521018

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 12 September 2025

Tim Penguji

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T

NIK. 155211305

Ketua Penguji

15 Sept 2025

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.

NIK. 175210103

Penguji I

Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.

NIK. 235210101

Penguji II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia,



Prof. Dr. Sholeh Ma'mun, S.T., MT., Ph.D.

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas ke hadirat Allah SWT dengan segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Asam Laktat dari Molase dengan Kapasitas 9.000 Ton/Tahun” dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Melalui penyusunan tugas akhir ini, penyusun berusaha menerapkan ilmu pengetahuan, keterampilan serta wawasan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari sepenuhnya bahwa banyak hambatan yang dihadapi. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Orang tua dan Keluarga yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta semangat yang tidak pernah putus.
2. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga serta memberikan arahan dan bimbingan yang sangat berharga bagi penyusun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman seperjuangan serta semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan, motivasi dan bantuan dalam berbagai bentuk hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Teknik Kimia serta dapat menjadi referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Wassalamualaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 18 Agustus 2025

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kemudahan kepada saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar. Bangga sekali rasanya saya bisa bergabung menjadi mahasiswi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Saya menyadari bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, saya menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Terimakasih kepada Mama Widuri Sri Hartati yang selalu memberikan dukungan, semangat dan selalu memberikan doa tiada henti serta kasih sayang tulus dalam kehidupan saya.
2. Terimakasih kepada Alm. Papa Dadang yang telah menjadi sosok panutan dan guru kehidupan terbaik bagi saya. Yang meskipun telah tiada namun ajaran dan nasihat beliau tetap menjadi pedoman dalam kehidupan saya. Yang semasa hidupnya selalu mendukung dan mendorong saya untuk terus menuntut ilmu dan meraih cita-cita. Yang jasanya dalam membesarkan dan mendidik saya tidak akan pernah terlupakan. Semoga beliau mendapat tempat terbaik di sisi Allah SWT dan bangga melihat pencapaian anaknya dari alam sana.
3. Terimakasih kepada kakak tersayang, Ryza Tivari Dewi Shaputri, A.Md yang selalu menjadi support system, pendengar yang baik dan menjadi tempat berbagi dalam setiap suka maupun duka perjalanan.
4. Terimakasih kepada semua keluarga besar kasmidjan family dan kakak sepupu saya, Yuanita Purnama Dewi yang telah memberikan dukungan moral maupun material kepada saya untuk bisa melanjutkan perkuliahan hingga selesai.
5. Terima kasih kepada Satria Abimanyu atas cinta, kesabaran, dan dukungan yang senantiasa mengiringi setiap langkahku. Doa, semangat serta kehadiranmu menjadi sumber kekuatan yang berarti dalam kehidupan yang saya jalani dan tetap terus menjadi

pendamping yang tulus juga baik.

6. Terimakasih kepada sahabat kecil ku, Anindita Zulfa Nur'aini yang telah menjadi bagian dalam perjalanan hidupku sejak masa kanak-kanak hingga saat ini. Yang selalu menemani dengan canda, tawa, dan menjadi cerita indah dalam ingatan. Kehadiran mu bukan hanya sebagai teman bermain tetapi juga sebagai sahabat sejati yang memberi makna dalam kebersamaan, menjadi penyemangat, serta menjadi pengingat indah nya persahabatan yang tulus.
7. Terimakasih kepada partner tugas akhir saya, Dewi Nur Khasanah atas kerja sama, kesabaran, serta semangat yang diberikan sepanjang perjalanan penyusunan tugas akhir ini.
8. Terimakasih kepada Nabila Yulia Islakhiati, Juanita Jihan Kamila, dan Ariffianto Syahalief Rachman selaku sahabat seperjuangan teknik kimia yang telah menerima dengan tulus pertemanan dengan saya. Yang selalu menjadi tempat cerita keluh kesah permasalahan akademik maupun non-akademik serta sigap membantu, mencari solusi dan selalu memberikan saran yang baik.

(Ixauro Puteri Akeda)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kemudahan kepada saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar. Bangga sekali rasanya saya bisa bergabung menjadi mahasiswi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Saya menyadari bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, saya menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Sumarno dan Ibu Mujinem yang selalu mendoakan saya tiada henti, memberi semangat, motivasi, dan kasih sayang yang luar biasa. Terimakasih banyak telah berjuang dan berkorban banyak hal untuk saya hingga saya bisa mencapai tahap ini.
2. Terimakasih kepada kakak saya Nuria Puji Lestari dan Hanifa Ristyanto, yang selalu berusaha sekuat tenaga dalam setiap keadaan untuk mendukung saya. Terima kasih atas segala bentuk perhatian, dukungan tanpa henti, serta pengorbanannya hingga saya dapat berada pada tahap ini.
3. Terimakasih kepada Ixaura Puteri Akeda, selaku rekan sekaligus partner dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas kerja keras dan perjuangan yang telah kita lalui bersama hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga ilmu dan pengalaman yang kita peroleh dapat menjadi berkah serta memberikan manfaat bagi langkah kita di masa yang akan datang dan semoga kita dapat dipertemukan lagi di waktu dan tempat yang terbaik.
4. Terima kasih kepada Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas segala waktu yang telah diluangkan, ilmu yang diberikan, serta bimbingan dan arahan yang senantiasa Ibu berikan dengan penuh kesabaran, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Terimakasih kepada sahabat saya Nabilla Yulia dan Arifianto yang telah menjadi teman sekaligus tutor terbaik dalam proses penyusunan Tugas Akhir

ini. Terima kasih atas segala bentuk dukungan yang tiada henti, kesediaan untuk mendengarkan setiap keluh kesah saya, serta kebersamaan yang senantiasa hadir di berbagai situasi. Semoga kita semua senantiasa menjadi pribadi yang kuat, memperoleh ilmu yang bermanfaat, dan meraih kesuksesan di masa mendatang. Aamiin

6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia UII 2021 Semoga kalian selalu sehat, bahagia, serta dapat meraih apa yang dicita-citakan. Dan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu saya selama perkuliahan sehingga bisa mencapai di tahap ini.

(Dewi Nur Khasanah)

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
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 Produksi	2
1.2.1 Impor.....	2
1.2.2 Ekspor	3
1.2.3 Konsumsi	4
1.2.4 Peluang.....	5
1.2.5 Pabrik Komersial	5
1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku	6
1.3 Tinjauan Pustaka	6
1.3.1 Asam Laktat.....	6
1.3.2 Pembuatan Asam Laktat dari Molase.....	9
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika.....	11
1.4.1 Tinjauan Kinetika.....	11
1.4.2 Tinjauan Termodinamika	12
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1 Spesifikasi Produk	15
2.1.1 Sifat Fisis Produk Utama dan Produk Samping	15

2.1.2 Sifat Kimia Produk	15
2.1.3 Identifikasi Hazard Produk	16
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	16
2.2.1 Sifat Fisis Bahan Baku dan Bahan Pendukung	16
2.2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	17
2.3 Pengendalian Kualitas.....	18
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	19
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi	19
2.3.3 Pengendalian Terkait Waktu Produksi.....	20
2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk	20
BAB III PERANCANGAN PROSES	21
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	21
3.2 Uraian Proses	23
3.3. Spesifikasi Alat	24
3.3.1 Reaktor Hidrolisis	24
3.3.2 Reaktor Netralizer	25
3.3.3 Reaktor Fermentor.....	26
3.3.4 Reaktor Acidifier	27
3.3.5 Filter Press	28
3.3.6 Evaporator.....	29
3.3.7 Centrifuge.....	30
3.3.8 Screw Conveyor.....	31
3.3.9 Innoculum Tank.....	31
3.3.10 Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung	32
3.3.11 Tangki Penyimpanan Produk.....	34
3.3.12 Pompa	35
3.3.13 Heater	43
3.3.14 Cooler.....	45
3.5 Neraca Massa.....	48
3.5.1 Neraca Massa Total	48
3.5.2 Neraca Massa Tiap Alat	49
3.6.1 Neraca Panas Total	54
3.6.2 Neraca Panas Tiap Alat	55
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	61
4.1 Lokasi Pabrik.....	61

4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	64
4.2.1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	65
4.2.2 Tata Letak Alat Proses	66
4.3 Organisasi Perusahaan	66
4.3.1 Bentuk Perusahaan.....	66
4.3.2 Struktur Organisasi	68
4.4 Pembagian Tugas dan Wewenang	69
4.4.1 Dewan Komisaris.....	69
4.4.2 Direktur Utama	69
4.4.3 Kepala Bagian.....	69
4.4.4 Kepala Seksi	70
4.5 Jam Kerja.....	71
4.5.1 Karyawan <i>Non-Shift</i>	72
4.5.2 Karyawan Shift	72
4.6 Gaji Karyawan.....	73
4.6.1 Jumlah Pekerja	73
4.6.2 Penggolongan Jabatan.....	75
4.6.3 Sistem Gaji Pegawai	75
4.7 Kesejahteraan Pegawai	77
BAB V UTILITAS	79
5.1 Unit penyediaan dan pengolahan air	79
5.1.1 Unit penyediaan Air	79
5.1.2 Unit Pengolahan Air	80
5.1.3 Kebutuhan Air	83
5.2 Unit Pembangkit Steam	84
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	85
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	88
5.5 Unit Pengolahan Limbah	88
5.6 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas	89
BAB VI PERHITUNGAN EVALUASI EKONOMI.....	116
6.1 Evaluasi Ekonomi.....	116
6.2 Penaksiran Harga Alat	117
6.3 Dasar Perhitungan	119
6.4 Perhitungan Biaya	120
6.5 Analisis Kelayakan.....	120

6.6 Hasil Perhitungan	124
6.7. Hasil Analisis Kelayakan.....	127
6.8 Analisis Resiko pabrik.....	130
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	133
7.1 Kesimpulan.....	133
7.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA.....	134
LAMPIRAN A	135
PERHITUNGAN REAKTOR.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data kapasitas impor asam laktat di Indonesia.....	3
Tabel 1.2 Data kapasitas ekspor asam laktat di Indonesia.....	34
Tabel 1.3 Pabrik asam laktat di dunia.....	5
Tabel 1.4 Ketersediaan Bahan Baku.....	67
Tabel 1.5 Perbandingan metode Sintesis Kimia dan Fermentasi.....	8
Tabel 1.6 Bakteri Penghasil Asam Laktat	13
Tabel 1.7 Data $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ masing-masing komponen.....	16
Tabel 1.8 Data a,b, dan c masing-masing komponen	17
Tabel 2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk Utama dan Produk Samping.....	19
Tabel 2.2 Identifikasi Hazard Produk	20
Tabel 2.3 Spesifikasi Sifat Fisis Bahan Baku dan Bahan Pendukung	20
Tabel 2.4 Identifikasi Hazard Bahan Baku	22
Tabel 3.1 Spesifikasi Filter Press.....	34
Tabel 3.2 Spesifikasi Evaporator	36
Tabel 3.3 Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	39
Tabel 3.4 Spesifikasi T-03 dan T-04	40
Tabel 3.5 Spesifikasi T-05 dan S-01.....	41
Tabel 3.6 Pompa-01, Pompa-02	41
Tabel 3.7 Pompa-03 dan Pompa-04.....	42
Tabel 3.8 Pompa-05 dan Pompa-06.....	43
Tabel 3.9 Pompa-07 dan Pompa-08.....	43
Tabel 3.10 Pompa-09 dan Pompa-10.....	44
Tabel 3.11 Pompa-11 dan Pompa-12.....	45
Tabel 3.12 Pompa-13 dan Pompa-14.....	45
Tabel 3.13 Pompa-15 dan Pompa-16.....	46
Tabel 3.14 Pompa-17 dan Pompa-18.....	47
Tabel 3.15 Pompa-19 dan Pompa-20.....	47
Tabel 3.16 Pompa-21 dan Pompa-22.....	48
Tabel 3.17 Heat Exchanger 1 (HE-01)	49
Tabel 3.18 Heat Exchanger 2 (HE-02)	49
Tabel 3.19 Cooler (CL-01)	50

Tabel 3.20 Cooler (CL-02)	51
Tabel 3.21 Cooler (CL-03)	47
Tabel 3.22 Neraca Massa Total	48
Tabel 3.23 Neraca Massa RVF-01.....	49
Tabel 3.24 Neraca Massa R-01.....	50
Tabel 3.25 Neraca Massa R-02.....	50
Tabel 3.26 Reaktor Fermentor (R-03)	51
Tabel 3.27 Neraca Massa RVF-02.....	51
Tabel 3.28 Neraca Massa R-04.....	52
Tabel 3.29 Neraca Massa EV-01	52
Tabel 3.30 Neraca Massa CF-01.....	53
Tabel 3.31 Neraca Massa RD-01	53
Tabel 3.32 Neraca Massa EV-02	54
Tabel 3.33 Neraca Panas Total	54
Tabel 3.34 Neraca Panas R-01.....	55
Tabel 3.35 Neraca Panas R-02.....	55
Tabel 3.36 Neraca Panas R-03.....	55
Tabel 3.37 Neraca Panas R-04.....	56
Tabel 3.38 Neraca Panas EV-01	57
Tabel 3.39 Neraca Panas EV-02	57
Tabel 3.40 Neraca Panas HE-01	58
Tabel 3.41 Neraca Panas HE-02	58
Tabel 3.42 Neraca Panas CL-01	59
Tabel 3.43 Neraca Panas CL-02	59
Tabel 3.44 Neraca Panas CL-03	60
Tabel 4.1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	81
Tabel 4.2 Jadwal Shift Kerja Karyawan	73
Tabel 4.3 Jumlah Pekerja.....	73
Tabel 4.4 Penggolongan Jabatan	75
Tabel 4.5 Rincian Gaji Karyawan.....	76
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin.....	
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses.....	
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Steam.....	

Tabel 5.4	Kebutuhan Listrik Alat Proses.....
Tabel 5.5	Kebutuhan Listrik Alat Utilitas
Tabel 6.1	Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).....
Tabel 6.2	Physical Plant Cost (PPC)
Tabel 6.3	3 Direct Plant Cost (DPC).....
Tabel 6.4	Fixed Capital Investment (FCI).....
Tabel 6.5	Working Capital Investment
Tabel 6.6	Direct Manufacturing Cost (DMC).....
Tabel 6.7	Indirect Manufacturing Cost (IMC)
Tabel 6.8	Fixed Manufacturing Cost (FMC)
Tabel 6.9	General Expense
Tabel 6.10	Analisis Laba Bersih
Tabel 6.11	Annual Fixed Cost (Fa)
Tabel 6.12	Regulated Cost (Ra)
Tabel 6.13	Variabel Cost (Va)
Tabel 6.14	Analisis Kelayakan Pabrik

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor asam laktat di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Grafik Ekspor asam laktat di Indonesia	4
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif.....	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	2127
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik.	33
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik.....	68
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	70
Gambar 4.4 Struktur Organisasi	682
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.	3109
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga Alat.....	119

ABSTRAK

Asam laktat merupakan senyawa kimia organik penting yang banyak digunakan pada industri pangan, farmasi, kosmetik hingga sebagai bahan baku *polylactic acid* (PLA) yang bersifat *biodegradable*. Kebutuhan asam laktat di Indonesia masih bergantung pada impor sehingga diperlukan pendirian pabrik untuk memenuhi konsumsi domestik sekaligus mengurangi ketergantungan dari luar negeri. Pada perancangan ini direncanakan pendirian pabrik asam laktat dengan kapasitas 9.000 ton/tahun menggunakan bahan baku molase yaitu produk samping industri gula yang melimpah, murah serta berpotensi memberikan nilai tambah ekonomi. Proses produksi dilakukan melalui fermentasi molase menggunakan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* yang menghasilkan kalsium laktat. Kemudian direaksikan dengan asam sulfat untuk menghasilkan produk utama asam laktat dan kalsium sulfat sebagai produk samping. Bahan baku utamanya meliputi molase, kalsium hidroksida, asam sulfat serta nutrisi pendukung fermentasi. Untuk mendukung proses, utilitas yang dibutuhkan mencakup penyediaan air, listrik, steam, udara tekan, serta sistem pengolahan limbah cair dan padat. Analisis risiko menunjukkan bahwa pabrik tergolong berisiko rendah (*low-risk*) karena bahan baku dan produk tidak mudah terbakar serta beroperasi pada kondisi tekanan atmosfer dan suhu relatif rendah. Hasil analisis ekonomi menunjukkan indikator kelayakan yang menguntungkan yaitu *Return on Investment* (ROI) sebesar 25,56% sebelum pajak dan 20,45% setelah pajak, *Pay Out Time* (POT) 2,8 tahun sebelum pajak dan 3,3 tahun setelah pajak, *Break Even Point* (BEP) sebesar 54,13%, *Shut Down Point* (SDP) 27,93% serta *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 19,20%. Dengan parameter tersebut, pabrik asam laktat ini dinyatakan layak secara teknis maupun ekonomi untuk didirikan dan diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri sekaligus mendukung pengembangan industri kimia berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: asam laktat, fermentasi, *lactobacillus delbrueckii*, molase, perancangan pabrik.

ABSTRACT

Lactic acid is an important organic chemical compound that is widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries, as well as a raw material for polylactic acid (PLA), which is biodegradable. The demand for lactic acid in Indonesia still relies on imports, so there is a need to establish a factory to meet domestic consumption while also reducing dependence on foreign sources. In this design, the establishment of a lactic acid factory with a capacity of 9,000 tons per year is planned, using molasses as raw material, which is a by-product of the sugar industry that is abundant, inexpensive, and has the potential to provide economic added value. The production process is carried out through the fermentation of molasses using *Lactobacillus delbrueckii*, which produces calcium lactate, and then is reacted with sulfuric acid to produce the main product, lactic acid, and calcium sulfate as a by-product. The main raw materials include molasses, calcium hydroxide, sulfuric acid, and supporting nutrients for fermentation. To support the process, The required utilities include the provision of water, electricity, steam, compressed air, as well as liquid and solid waste treatment systems. The risk analysis shows that the plant is categorized as low-risk because the raw materials and products are not easily flammable and operate under atmospheric pressure and relatively low temperature conditions. The economic analysis results indicate favourable feasibility indicators, namely a Return on Investment (ROI) of 25,56% before tax and 20,45% after tax, Pay Out Time (POT) of 2,8 years before tax and 3,3 years after tax, a Break Even Point (BEP) of 54,13%, a Shut Down Point (SDP) of 27,93%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 19.20%. With these parameters, this lactic acid plant is deemed technically and economically feasible for establishment and is expected to meet domestic needs while supporting the development of a sustainable chemical industry in Indonesia.

Keywords: lactic acid, fermentation, *lactobacillus delbrueckii*, molasses, plant design.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Asam laktat merupakan bahan baku untuk industri polimer PLA (*polylactic acid*) yang bersifat *biodegradable* dan *biocompatible*. Harga PLA masih di atas harga plastik konvensional, upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi harga produksi PLA agar bisa bersaing dengan plastik konvensional, salah satunya yaitu mencari alternatif yang bisa membantu. (Huang et al., 2005; Zhou et al., 1999; Efremenko et al., 2006). Gula murni seperti glukosa, sukrosa, laktosa, molase, pati-patian, selulosa, dan gliserin sisa biodiesel adalah sumber asam laktat. Ada dua cara berbeda untuk menghasilkan asam laktat yaitu dapat secara kimiawi melalui proses yang dikenal sebagai fermentasi dan biologis melalui proses yang dikenal sebagai asam laktat. Proses fermentasi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sintesis secara kimiawi salah satunya adalah biaya produksi yang lebih rendah karena beroperasi pada suhu yang lebih rendah (John et al., 2007).

Bahan baku yang dipilih juga sangat mempengaruhi biaya produksi. Penggunaan polisakarida seperti selulosa dan pati memerlukan sejumlah proses yang berbeda. Ini termasuk delignifikasi yaitu menghilangkan lignin dari selulosa, sakarifikasi, yang memecahkan ikatan karbohidrat menjadi glukosa dan fermentasi yang menghasilkan asam laktat. Karena biayanya yang tinggi, substrat murni glukosa dan laktosa tidak efisien sebagai alternatif nya adalah penggunaan molase dari limbah industri gula merupakan bahan baku murah yang dapat digunakan untuk menghasilkan asam laktat (Nandasana & Kumar, 2007). Molase adalah salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan asam laktat. Molase adalah cairan tetes tebu kental berwarna coklat yang berasal dari sisa dari proses pengkristalan gula pasir yang diproduksi oleh industri gula tebu. Memiliki kandungan sukrosa yang tinggi sekitar 48 – 55 %, molase dapat digunakan sebagai bahan utama untuk membuat etanol, alkohol, dan asam sitrat, MSG. (Prescott dan Dunn, 1959).

Indonesia adalah negara terkenal sebagai eksportir molase. Ekspor molase Indonesia ke Jepang, Timor Leste, dan United Kingdom meningkat rata-rata 16,36% setiap tahun dari 1980 hingga 2016. Produksi molase yang tinggi di Indonesia harus dimanfaatkan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, yang 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 sangat

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 15%, pabrik asam laktat dari molase ini layak untuk didirikan.

1.2 Penentuan Kapasitas Produksi

Dalam perancangan pabrik asam laktat ada beberapa faktor yang dipertimbangkan termasuk nilai kapasitas impor, ekspor, produksi, dan kebutuhan konsumsi. Kapasitas produksi tersebut ditentukan dengan menggunakan analisis supply dan demand.

1.2.1 Impor

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), angka impor Asam Laktat di Indonesia pada tahun 2019 hingga tahun 2023 menunjukkan angka 321 ton per tahun. Volume impor asam laktat mencatat peningkatan yang signifikan pada periode yang sama, peningkatan impor ini menunjukkan peningkatan permintaan asam laktat dalam negeri mungkin karena pertumbuhan industri di Indonesia. Data impor asam laktat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Data kapasitas asam laktat di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/ Tahun)
2019	8.291
2020	8.309
2021	7.286
2022	9.856
2023	10.209

Pabrik asam laktat ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2029. Untuk mengetahui kebutuhan impor asam laktat pada tahun 2029 dapat menggunakan regresi linier seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Impor asam laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 didapatkan hasil regresi linier impor. Untuk data impor didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y &= 4,3497x \\
 &= 4,3497 (2029) \\
 &= 8.825,54 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

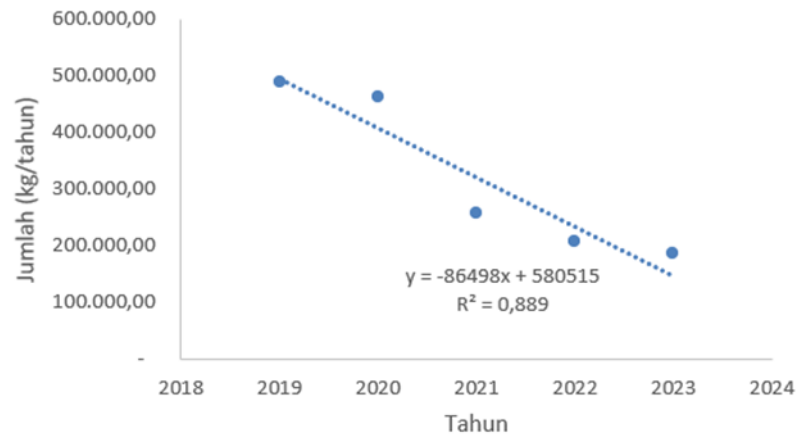
1.2.2 Ekspor

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), angka ekspor Asam Laktat di Indonesia pada tahun 2019 hingga tahun 2023 menunjukkan angka 8.790 ton per tahun. Volume ekspor asam laktat mengalami penurunan dari tahun ke tahun, penurunan ekspor ini dapat mengindikasikan adanya pengalihan produksi untuk kebutuhan dalam negeri. Data ekspor asam laktat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1. 1 Data kapasitas ekspor asam laktat di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/ Tahun)
2019	490
2020	464
2021	258
2022	208
2023	186

Pabrik asam laktat ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2029 untuk mengetahui kemungkinan ekspor asam laktat pada tahun 2029 dapat menggunakan regresi linier seperti pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor asam laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2 didapatkan hasil regresi ekspor. Untuk data ekspor didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y &= -86.498x + 580.515 \\
 &= -86.498 (2029) + 580.515 \\
 &= -174.923.927 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan regresi linier data ekspor tersebut diperoleh nilai minus sehingga dapat diasumsikan bahwa pada tahun 2029 banyaknya ekspor asam laktat di Indonesia dianggap 0 atau tidak ada ekspor.

1.2.3 Konsumsi

Konsumsi asam laktat di Indonesia terbagi dalam beberapa sektor Industri. Salah satunya pada Industri makanan. Kegunaan asam laktat di Industri makanan adalah untuk mengatur pH makanan dan mengawetkan makanan. Biasanya penggunaan asam laktat pada industri makanan ini berkisar 5-10%. Berdasarkan data produksi di PT Yakult Indonesia penggunaan asam laktat sebanyak 19.573,125 ton/ tahun, PT Greenfields Indonesia penggunaan asam laktat sebanyak 900 ton/ tahun, dan PT Cisarua Mountain Dairy Tbk penggunaan asam laktat sebanyak 5.671,3 ton/ tahun. Sehingga banyaknya total konsumsi asam laktat di Indonesia sebesar 26.144,425 ton/tahun.

1.2.4 Peluang

Berdasarkan hasil perhitungan regresi linier data impor tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan pada tahun 2029 Indonesia akan mengimpor asam laktat sebanyak 8.825,54 ton/tahun. Maka untuk mengetahui peluang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\ &= (0 + 26.144,425) \text{ ton/tahun} - (8.825,54+0) \text{ ton/tahun} \\ &= 17.318,885 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

1.2.5 Pabrik Komersial

Dalam penentuan kapasitas pabrik dibutuhkan data kapasitas dari pabrik lain yang sudah berdiri sebagai tolak ukur berdirinya pabrik asam laktat di Indonesia. Dikarenakan belum adanya pabrik produksi asam laktat yang berdiri di Indonesia, digunakan data kapasitas produksi asam laktat di luar negeri sebagai acuan untuk memastikan kapasitas pabrik yang akan didirikan sesuai berada dalam *range* yang tepat. Berdasarkan data pabrik yang sudah berdiri, kapasitas minimal produksi asam laktat dari molase sebesar 3000 ton/ tahun dan maksimal 20.000 ton/ tahun. Beberapa pabrik produksi asam laktat yang sudah berdiri dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1. 2 Pabrik asam laktat di dunia

No	Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/ Tahun)
1	China	Musashino Chemical Co	3.000
2	Perancis	Marckolsheim	4.500
3	Belgia	Galactic	5.000
4	China	COFCO Biochemical	10.000
5	Korea Selatan	Shandong Boyu Chemical Co	20.000

Sumber : Lipi.go.id

1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk kelancaran proses produksi. Tanpa bahan baku maka proses produksi akan terhenti dan itu akan merugikan perusahaan. Untuk ketersediaan bahan baku untuk produksi asam laktat dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 3 Ketersediaan Bahan Baku

No	Bahan Baku	Perusahaan	Kapasitas (Ton/ Tahun)
1	Molase	PT Gunung Madu Plantations (GMP)	40.000
2	Ca(OH)_2	PT Kurnia Mineral	32.000
3	H_2SO_4	PT Petro Jordan Abadi	600.000
4	<i>Bakteri Lactobacillus Delbrueckii</i>	PT Cangzhou Pangoo International trade, China	30.000
5	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	PT Graha Chemical	75.000
6	<i>Malt</i>	PT Central Pasifik Prima	60.000

Potensi produksi diperkirakan mencapai 17.318,885 ton/ tahun, namun kapasitas pabrik ditetapkan hanya 9.000 ton/ tahun. Bahan baku utama berupa molase berasal dari proses penggilingan tebu yang hanya berlangsung pada musim giling tertentu. Penetapan kapasitas ini diharapkan dapat menjaga operasi pabrik tetap stabil sesuai ketersediaan bahan baku sepanjang tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Asam Laktat

Asam laktat merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, Asam Laktat mempunyai bentuk cairan jernih, tidak berwarna dan higroskopis yang merupakan asam karboksilat dengan gugus hidroksil sehingga sering disebut sebagai asam alfa-hidroksil (AHA). Carl Wilhelm Scheele adalah penemu asam laktat dan menemukan asam

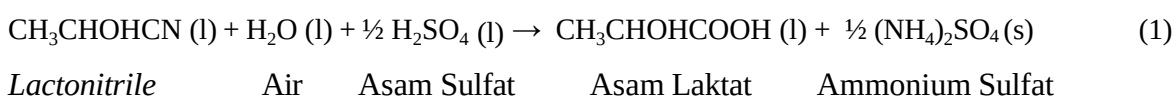
laktat dalam susu asam pada tahun 1780. Pada tahun 1895 asam laktat ini pertama kali diproduksi dalam skala industri oleh perusahaan kimia atau farmasi terkenal *Boehringer Ingelheim*. Asam Laktat diambil dari nama latin laktat yang berarti susu dan terdapat bakteri asam laktat yang diproduksi pertama kali oleh ilmuwan Perancis yang bernama Louis Pasteur. Asam Laktat banyak digunakan berbagai industri seperti industri makanan dipercaya karena mengandung bakteri probiotik yang baik untuk manusia maupun hewan.

Selain itu, asam laktat dimanfaatkan dalam industri makanan yang menggunakan sekitar 70% asam laktat yang diproduksi karena peranannya dalam pembuatan yogurt dan keju. Produk utama dari ko-fermentasi *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* adalah yogurt, agregasi misel kasein terjadi selama pembuatan keju karena pelepasan asam laktat yang menyebabkan pH turun (Salminen, Ouwehand, Wright, & Daly, 1993). Dalam industri kimia asam laktat dapat digunakan untuk konversi kimia menjadi bahan yang berguna seperti propilen oksida, propilen glikol, asam akrilat. Pada sifat kimia nya asam laktat ini bersifat asam lemah yang dapat berperan sebagai donor dan akseptor hidrogen. Menurut survei pasar global, asam laktat memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari yang paling sering digunakan adalah dalam pembuatan polimer PLA (*Polylactic Acid*) adalah alternatif plastik biodegradable, biokompatibel, dan ramah lingkungan (Grand View Research, 2021). Proses pembuatan asam laktat dapat diproduksi dengan proses sintesis kimia dan proses fermentasi mikrobiologi:

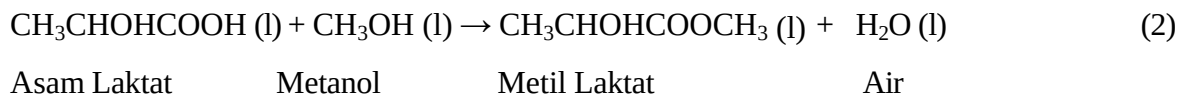
1. Sintesis Kimia

Metode sintesis kimia untuk menghasilkan asam laktat adalah dengan mereaksikan aetaldehida cair dan hidrogen. Reaksi ini menggunakan katalis basa dan terjadi pada tekanan atmosfer yang tinggi (Pal dkk, 2009). Setelah itu, dihidrolisis dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam laktat dan garam ammonium. Setelah itu, asam laktat di esterifikasi dengan metanol untuk menghasilkan metil laktat. Selama proses distilasi, metil laktat dipisahkan dan dihidrolisis oleh air dan katalis asam menghasilkan asam laktat dan methanol yang kemudian di *recycle*, seperti berikut:

a. Hidrolisis dengan Asam Sulfat



b. Esterifikasi

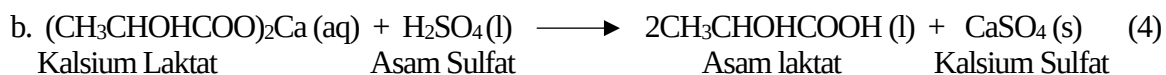
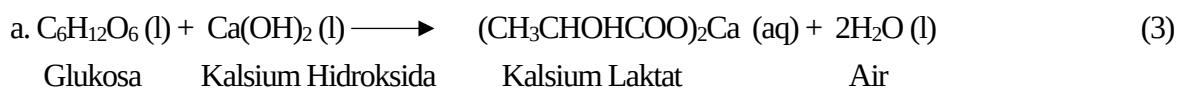


Pada metode sintesis kimia asam laktat menghasilkan campuran rasemat asam laktat dapat juga dengan degradasi gula dengan katalis basa, hidrolisis asam kloropropinat dan air pada suhu tinggi.

2. Proses Fermentasi

Fermentasi karbohidrat memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan sintesis kimia, seperti produksi isomer murni dan penggunaan sumber daya terbarukan sebagai substrat fermentasi. Ketika substrat murni seperti sukrosa dari tebu dan gula bit digunakan maka diperoleh hasil fermentasi dengan kemurnian tinggi dengan biaya rendah.

Asam laktat dihasilkan dari fermentasi melalui reaksi :



(Murbawani dkk, 2017)

Pada pemilihan jenis mikroorganisme, substrat, dan kondisi pertumbuhan, proses fermentasi akan menghasilkan asam laktat dengan satu isomer atau campuran dua isomer dengan perbandingan yang berbeda. Berikut perbandingan proses pembuatan asam laktat menggunakan sintesis kimia dan fermentasi untuk menentukan yang lebih efektif dan efisien:

Tabel 1. 4 Perbandingan metode Sintesis Kimia dan Fermentasi

No	Aspek	Sintesis Kimia	Fermentasi
1	Suhu	300 °C	30-47 °C
2	Tekanan	1 atm	3 atm
3	Yield	75 – 85%	85 – 95%

No	Aspek	Sintesis Kimia	Fermentasi
4	Kemurnian	80 – 90%	>90%
5	Waktu	6 jam	24 – 72 jam

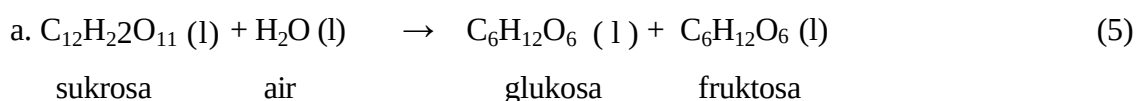
Sumber: Kurniawan, Tambunan

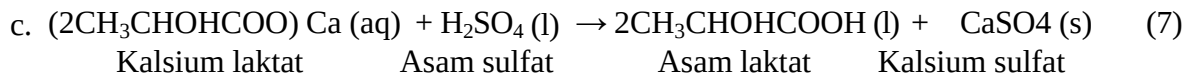
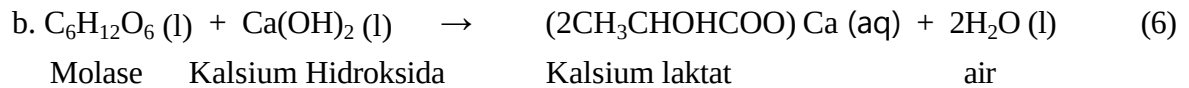
Dari kedua proses tersebut maka pabrik asam laktat ini akan didirikan menggunakan proses fermentasi dengan bahan baku molase dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus Delbrueckii* dengan pertimbangan:

- Fermentasi berlangsung pada suhu dan tekanan lebih rendah (30-47 °C dan 1 atm), sehingga lebih menghemat energi dan meminimalkan resiko degradasi produk.
- Fermentasi mampu mencapai yield produk yang lebih tinggi (85 – 95%) dibandingkan dengan sintesis kimia (75 – 85%), sehingga lebih efisien dalam penggunaan bahan baku.
- Fermentasi menghasilkan asam laktat optis murni (>90%).
- Jika ditinjau dari bahan dan peralatan yang digunakan, fermentasi lebih hemat biaya karena menggunakan sumber bahan baku alami yang lebih murah dan peralatan yang lebih sederhana karena kondisi operasi ringan.

1.3.2 Pembuatan Asam Laktat dari Molase

Pembuatan asam laktat dari molase ini terdiri dari tiga tahap yaitu hidrolisis sukrosa, fermentasi, dan penambahan asam sulfat. Pada tahap hidrolisis, ragi ditambahkan untuk membantu mengubah sukrosa menjadi glukosa. Ini terjadi di dalam reaktor hidrolisis pada tekanan atmosfer dan suhu 40°C. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis di fermentasi pada fermentor dengan bakteri *Lactobacillus Delbrueckii* ditambahkan. Fermentasi dilakukan pada suhu antara 40°C Pada tekanan atmosfer. Selain memasukkan bakteri, fermentor ditambahkan kalsium hidroksida dan terbentuk kalsium laktat kemudian ditambahkan dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dan kalsium sulfat sebagai produk samping. Reaksi pembuatan asam laktat dari molase seperti berikut:





(Nia Fitria, 2014).

Produksi asam laktat dalam skala industri membutuhkan beberapa faktor seperti biaya yang rendah, hasil produk yang tinggi, tidak ada pembentukan produk samping yang berbahaya, dan kemurnian produk yang tinggi. Bahan baku yang hanya membutuhkan sedikit pemurnian seperti tepung terigu, jagung, kentang, dan sebagainya juga dapat digunakan untuk membuat asam laktat. Molase merupakan sejenis sirup yang merupakan produk samping dari proses pengkristalan gula yang berwarna coklat tua. Molase mengandung gula dengan kadar antara 50 - 60 % serta asam amino dan mineral dibandingkan dengan karbohidrat dalam bahan lain seperti jagung dan kentang, molase memiliki jumlah karbohidrat yang berbeda. Jagung dan kentang membutuhkan pretreatment untuk menghidrolisis karbohidrat menjadi gula yang dapat difermentasi tetapi molase memiliki karbohidrat yang siap untuk difermentasi tanpa pretreatment (Hidayat, 2006). Selama proses fermentasi bakteri asam laktat terbagi menjadi jalur homofermentatif dan heterofermentatif, berikut merupakan bakteri penghasil asam laktat.

Tabel 1. 5 Bakteri Penghasil Asam Laktat

Homofermentatif	Heterofermentatif
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Lactobacillus Brevis</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus Buchneri</i>
<i>Lactobacillus Acidophilus</i>	<i>Lactobacillus Cellobious</i>
<i>Lactobacillus Lactis</i>	<i>Lactobacillus Confuses</i>
<i>Lactobacillus Delbrueckii</i>	<i>Lactobacillus Coprophilus</i>
<i>Lactobacillus Leichmannii</i>	<i>Lactobacillus Fermentatum</i>
<i>Lactobacillus Salivarius</i>	<i>Lactobacillus Sanfrancisco</i>

Sumber: Beucht, 1995

Bakteri *Lactobacillus Delbrueckii*, *Enterococcus Faecalis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* dan *Bacillus coagulans* adalah bakteri yang banyak digunakan dalam proses fermentasi asam laktat dengan menggunakan bahan baku molase (Ahmad dkk, 2020). Bakteri homofermentatif mengubah gula menjadi asam laktat, sedangkan bakteri heterofermentatif mengubah gula menjadi asam asetat, etanol, dan asam asetat. Enzim fruktosa difosfat aldolase, heksosa isomerase, dan fosfoketolase digunakan untuk memecah gula menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga mudah dicerna sebagai sumber energi (Puryana, 2011). Sehingga metode fermentasi yang paling efektif untuk menghasilkan kandungan asam laktat adalah dengan menggunakan bakteri homofermentatif. Bakteri *Lactobacillus Delbrueckii* adalah bakteri yang paling baik digunakan karena mampu memproduksi asam laktat tinggi bahkan pada konsentrasi molase tinggi.

Asam laktat biasanya diproduksi dalam reaktor batch, tetapi juga dapat diproduksi dalam reaktor fermentasi kontinyu dan kontinyu. Fermentasi batch memiliki konversi dan hasil yang lebih baik daripada fermentasi kontinyu, tetapi fermentasi batch memiliki produktivitas volumetrik yang lebih rendah. Pada fermentasi kontinyu harus dilakukan proses pretreatment yang baik karena kalau tidak akan terjadi washout mikroorganisme, hal itu dapat mengganggu bakteri. Proses batch menghasilkan lebih banyak konversi dan *output* daripada proses kontinyu karena semua substrat digunakan (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 menggunakan molase ini menggunakan reaktor batch. Laju pertumbuhan sel μ (jam^{-1}) menurut persamaan Monod (Keller and Dunn, 1987):

$$\mu = \frac{\mu_{max} \cdot S}{S + K_s} \quad (1)$$

Substitusi persamaan (1), maka didapatkan persamaan:

$$\frac{dx}{dt} = \mu_{max} \left(\frac{S}{S + K_s} \right) x \quad (2)$$

$$\frac{dx}{dt} = 0,831 \left(\frac{S}{12 + 0,73} \right)$$

$$\frac{ds}{dt} = - \frac{1}{Y_{x/s}} \cdot \mu_{max} \cdot \left(\frac{S}{S + K_s} \right) x \quad (3)$$

$$\frac{ds}{dt} = - \frac{1}{0,27} \cdot 0,831 \cdot \left(\frac{S}{12 + 0,73} \right) x$$

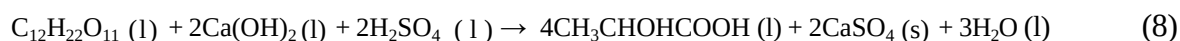
$$\frac{dp}{dt} = - \frac{1}{Y_{p/s}} \cdot \mu_{max} \cdot \left(\frac{S}{S + K_s} \right) x \quad (4)$$

$$\frac{dp}{dt} = - \frac{1}{0,956} \cdot 0,831 \cdot \left(\frac{S}{12 + 0,73} \right) x$$

Dimana S merupakan konsentrasi sukrosa (g/L). X merupakan konsentrasi biomassa (g/L). K_s merupakan Konstanta Monod (g/L). max merupakan laju pertumbuhan spesifik maksimum (jam⁻¹). Y_{p/s} merupakan yield pembentukan asam laktat terhadap substrat (g asam laktat/ g sukrosa). Y_{x/s} merupakan yield biomassa terhadap substrat (g biomassa/ g sukrosa). Fase pembentukan sel paling aktif yaitu pada fase eksponensial yang mana akan digunakan untuk penentuan parameter kinetika.

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat dan arah reaksi yang berlangsung. Sifat dan arah reaksi dapat dilihat dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH^0_f) dan (ΔG^0_f) dari masing-masing komponen pada P = 1 atm dan T = 298 K. Perhitungan panas pembentukan standar dapat dilihat pada tabel 1.4. Reaksi yang terjadi pada pembentukan asam laktat sebagai berikut:



Tabel 1. 6 Data ΔH^0_f dan ΔG^0_f masing-masing komponen

Komponen	ΔH^0_f (kJ/ mol)	ΔG^0_f (kJ/ mol)
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-2226,1 ^a	-1321,1 ^a
Ca(OH) ₂	-985,6 ^b	-894,9 ^b
H ₂ O	-241,80 ^c	-228,60 ^c
H ₂ SO ₄	-735,13 ^c	-653,47 ^c
CH ₃ CHOHCOOH	-621,00 ^c	-516,00 ^c
CaSO ₄	-1417,2 ^b	-1305,0 ^b

Sumber : Daniel(a), Perry(b), dan Yaws(c)

Tabel 1. 7 Data a,b, dan c masing-masing komponen

Komponen	a	B	C
Ca(OH) ₂	89,5 x 10 ⁻³	-	-
H ₂ O	75,4x10 ⁻³	-	-
H ₂ SO ₄	139,1x10 ⁻³	15,59 x 10 ⁻⁵	-

Sumber: Felder, 2005

a. Menghitung ΔH_f

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f &= \Delta H^0_f \text{produk} - \Delta H^0_f \text{reaktan} && (\text{Pers. 5}) \\
 &= (\Delta H^0_f 4\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \Delta H^0_f 2\text{CaSO}_4 + \Delta H^0_f 3\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^0_f \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \Delta H^0_f \\
 &\quad 2\text{Ca(OH)}_2) \\
 &= ((4 \times (-621)) + (2 \times (-1417,2)) + (3 \times (-241,80))) - ((-2226,1) + (2 \times (-985,6)) + (2 \times (-735,13))) \\
 &= -376,24 \text{ kJ/ mol}
 \end{aligned}$$

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

b. Menghitung ΔG^0_f

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0_f &= \Delta G^0_f \text{produk} - \Delta G^0_f \text{reaktan} && (\text{Pers. 6}) \\
 &= (\Delta H^0_f 4\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \Delta H^0_f 2\text{CaSO}_4 + \Delta H^0_f 3\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^0_f \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \\
 &\quad \Delta H^0_f 2\text{Ca(OH)}_2) \\
 &= ((4 \times (-516)) + (2 \times (-1305)) + (3 \times (-228,60))) - ((-1321,1) + (2 \times (-894,91)) + (2 \times (-653,47))) \\
 &= -941,96 \text{ kJ/ mol}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan Smith Van Ness :

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0_{R298} &= -RT \ln k_{298} \\
 \ln K &= \Delta G^0_{R298} - RT \\
 &= -941960 \text{ J/ mol} - 8,314 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

$$298K \ln K = 380,195$$

$$K = e^{380,195}$$

$$= 1,314 \times 10^{165}$$

Nilai k yang didapatkan cukup besar, sehingga reaksi yang terjadi adalah reaksi irreversible (searah).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Perancangan produk pada perancangan asam laktat ini bertujuan untuk mengetahui kualitas produk yang akan digunakan yang terdiri dari spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian bahan baku.

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Sifat Fisis Produk Utama dan Produk Samping

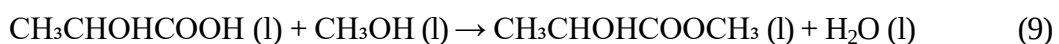
Tabel 2. 1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk Utama dan Produk Samping

Komponen	Kalsium Laktat	Kalsium Sulfat
Rumus Molekul	$C_6H_{10}CaO_6$	$CaSO_4$
Berat Molekul (BM)	90,08 g/mol	136,14 g/mol
Densitas	0,46 g/cm ³	2,96 g/cm ³
Titik Didih (°C)	122°C	1.193 °C
Bentuk	Cairan	Padatan
Warna	Tidak bewarna hingga kuning muda	Putih

2.1.2 Sifat Kimia Produk

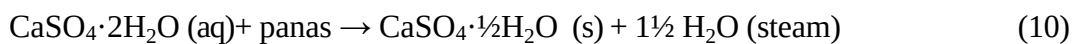
a. Sifat Kimia Asam Laktat

Dapat terjadi reaksi substitusi dengan gugus alkohol.



b. Sifat Kimia Kalsium Sulfat

Pada temperatur 170°C akan terbentuk anhidrit.



2.1.3 Identifikasi Hazard Produk

Tabel 2. 2 Identifikasi Hazard Produk

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
Asam Laktat	 Corrosive	Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata.	Menghindari kontak dengan kulit, jaga jarak aman dan gunakan pakaian pelindung yang sesuai. Simpan dalam tempat terkunci
	 Irritant		
Kalsium Sulfat	-	Bukan bahan atau campuran berbahaya	Tertutup sangat rapat, Kering. Hindarkan kelembaban.

Sumber: Sigma-Aldrich corporation, 2022

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Sifat Fisis Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sifat Fisis Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi	Molase	Asam Sulfat	Kalsium Hidroksida
Rumus Molekul	$C_{12}H_{22}O_{11}$	H_2SO_4	$Ca(OH)_2$
Komposisi	14% Glukosa 16% Fruktosa 32% Sukrosa 10% Serat Kasar 5 % Abu 23 % Air	-	-
Berat Molekul	201,22 g/mol	98,08 g/mol	74 g/mol
Densitas	1,400 g/cm ³	1,823 g/cm ³	304 g/cm ³

Spesifikasi	Molase	Asam Sulfat	Kalsium Hidroksida
Titik Didih	>100°C	337°C	2850°C
Bentuk	Cairan kental coklat kehitaman	Cairan berminyak yang tidak berwarna	Kristal tak berwarna atau bubuk putih

Sumber: *Fermentation Technologist* by Hubert Olbrich, PT. Nusantara Megah

2.2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung

a. Molase

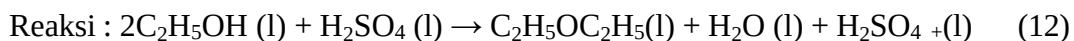
Mengandung banyak karbohidrat sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku proses fermentasi alkohol maupun fermentasi lain.

b. Asam Sulfat

Dengan basa membentuk garam dan air.



Dengan alkohol membentuk eter dan air.



(sumber : Sander, 1983)

c. Kalsium Hidroksida

Ketika dipanaskan sampai suhu 510°C akan terdekomposisi menjadi kalsium oksida dan air. $\text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{s}) \rightarrow \text{CaO} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ (13)

2.2.3 Identifikasi Hazard Bahan Baku

Tabel 2. 4 Identifikasi Hazard Bahan Baku

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
Molase	-	Bukan zat atau campuran berbahaya selama berada dalam kondisi normal	Hindari kontak dengan kulit, mata, dan pakaian. Simpan dalam tangki berventilasi (baja ringan, baja tahan karat, polietilena, PVC) pada suhu ruangan, hindari kontaminasi mikrobiologis atau pengenceran dengan air.

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
Asam Sulfat	 Irritant  Corrosive	Bahan berbahaya korosif, tidak dapat terbakar	Simpan hanya dalam wadah aslinya. Tertutup sangat rapat. Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar)
Kalsium Hidroksida	 Toxic  Corrosive  Irritant	Menyebabkan iritasi kulit, menyebabkan kerusakan mata yang serius, dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.	Hindari menghirup debu, cuci kulit dengan seksama setelah menangani, gunakan hanya di luar ruangan atau di tempat yang berventilasi baik.

Sumber: Premier Molasses, 2013

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) dalam proses produksi asam laktat berbahan dasar molase mencakup beberapa aspek penting, yaitu pengendalian kualitas bahan baku, proses produksi, waktu pelaksanaan produksi, dan kualitas produk akhir. Produksi yang dilakukan diharapkan mampu menghasilkan produk bermutu tinggi, sesuai dengan standar kualitas dan jumlah yang direncanakan. Selain itu, proses produksi juga diharapkan dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Dengan demikian, diperlukan penerapan pengendalian proses produksi untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku yang dimaksud bertujuan untuk memastikan bahwa bahan baku yang digunakan dalam produksi memenuhi standar mutu tertentu agar produk akhir yang dihasilkan juga berkualitas. Proses ini meliputi berbagai kegiatan, seperti inspeksi bahan baku yang masuk, pengujian laboratorium untuk memastikan spesifikasi teknis terpenuhi (misalnya kandungan kimia, kekuatan fisik, atau tingkat kebersihan), serta dokumentasi dan pemantauan kualitas secara berkelanjutan. Metode yang sering digunakan mencakup inspeksi visual, pengambilan sampel acak, uji coba pada kondisi simulasi, dan audit pemasok. Manfaat dari pengendalian kualitas bahan baku mencakup pengurangan risiko produk yang cacat, meningkatkan efisiensi produksi, dan menghemat biaya akibat pengurangan limbah atau perbaikan produk. Selain itu, pengendalian yang baik juga membantu mematuhi regulasi dan standar industri yang berlaku (Rohmah et al., 2021; Basri & Suryadi, 2019).

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi di pabrik melibatkan alur kerja dan perangkat yang berfungsi sebagai sistem pengendalian. Proses pengawasan operasi dilakukan melalui alat kontrol yang terpusat di ruang kendali (*control room*) dan dioperasikan menggunakan sistem kontrol otomatis dengan indikator. Jika terjadi kesalahan atau penyimpangan selama proses berlangsung, seperti pada laju aliran bahan baku atau produk, kontrol level, atau kontrol suhu, penyimpangan tersebut dapat terdeteksi melalui sinyal atau tanda, seperti bunyi alarm, nyala lampu, atau indikator lainnya. Ketika penyimpangan teridentifikasi, proses harus dikembalikan ke kondisi normal, baik secara manual maupun otomatis. Beberapa alat kontrol yang digunakan dalam proses produksi mencakup pengendalian kondisi operasi seperti suhu, tekanan, dan parameter lainnya. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut :

a. Flowrate

Merupakan salah satu alat yang dipasang untuk mengetahui banyaknya bahan yang mengalir pada setiap arus yang masuk dan keluar proses.

b. Temperature Control

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya memiliki *set point* yang ditentukan di dalamnya. Ketika suhu aktual yang terukur melebihi nilai *set point*, maka alat kontrol akan bekerja.

c. Level Control

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding alat proses untuk mengontrol ketinggian cairan yang ada dalam alat proses apakah sudah sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

2.3.3 Pengendalian Terkait Waktu Produksi

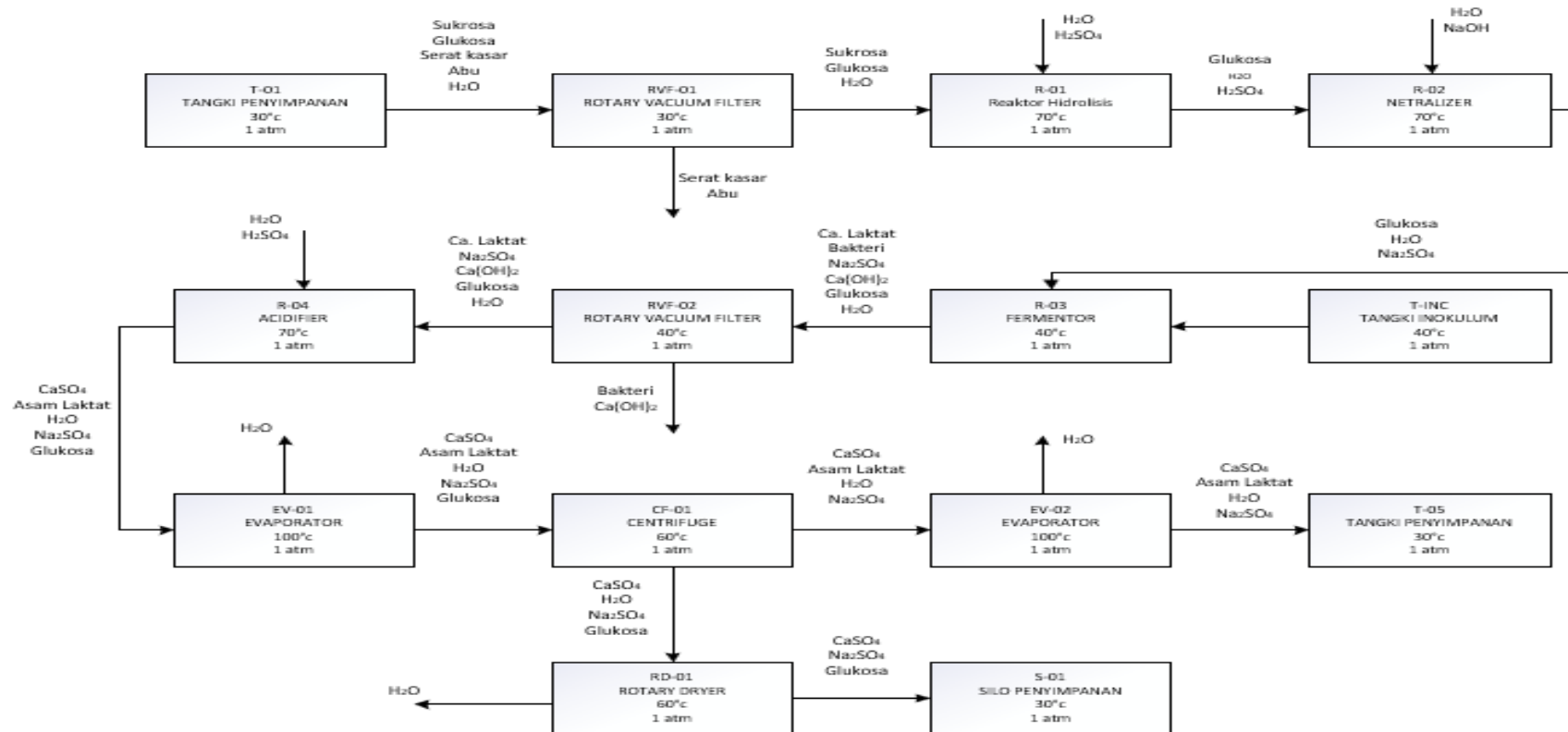
Pengendalian terkait waktu produksi dalam suatu industri bertujuan untuk memastikan bahwa setiap tahap produksi berjalan sesuai jadwal untuk mencapai efisiensi dan memenuhi target waktu. Dengan pengendalian waktu yang efektif, industri dapat memaksimalkan produktivitas dan meminimalkan risiko kerugian perusahaan.

2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk

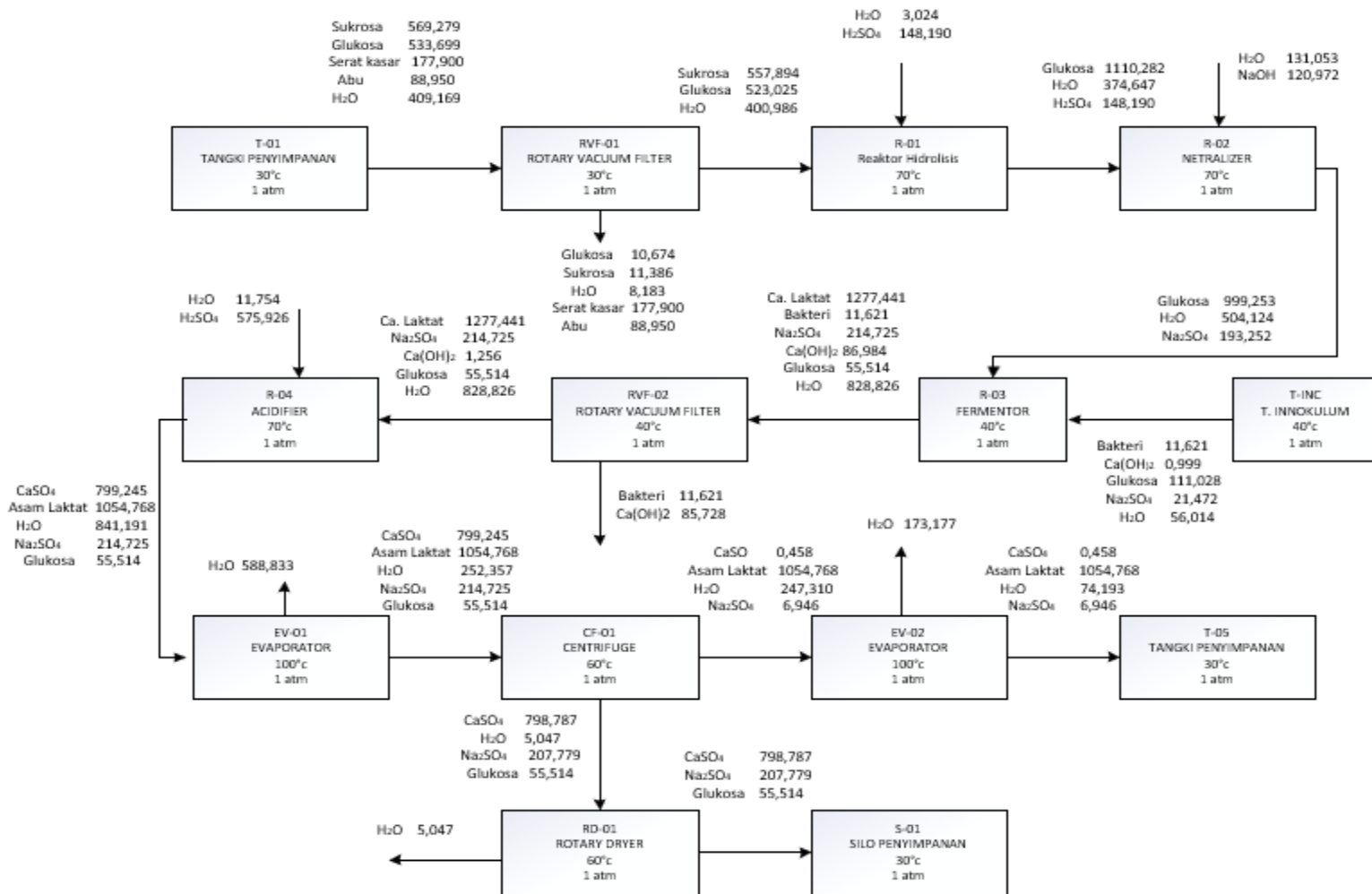
Pengendalian kualitas produk dalam suatu industri merupakan proses sistematis yang dirancang untuk memastikan bahwa barang atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Proses ini melibatkan berbagai langkah, mulai dari inspeksi bahan baku, pemantauan proses produksi, hingga pengujian produk akhir, dengan tujuan mendeteksi dan memperbaiki kesalahan atau cacat sebelum produk didistribusikan ke konsumen. Pengendalian kualitas bertujuan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi biaya produksi akibat cacat produk, serta memenuhi peraturan atau standar industri yang berlaku. Dalam praktiknya, pengendalian kualitas dapat dilakukan dengan menggunakan alat statistik seperti diagram kontrol atau metode seperti Six Sigma untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses produksi (Juran & Gryna, 1993).

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 disimpan pada tangki penyimpanan dengan suhu 30°C kemudian dipompa menuju rotary vacuum filter untuk memisahkan pengotor padatan dari cairan molase. Molase yang dibersihkan mengandung 32% Sukrosa dialirkan menuju heater untuk dinaikkan suhunya menjadi 70°C. Dari heater dialirkan menuju tangki hidrolisis, pada tangki tersebut terdapat proses pemecahan sukrosa menjadi glukosa. Kemudian cairan dialirkan menuju tangki neutralizer untuk menetralkan asam sulfat dengan cara menambahkan NaOH. Selanjutnya keluaran dari neutralizer akan diumpankan ke tangki inokulum sebanyak 10% untuk proses adaptasi. Pada tangki tersebut ditambahkan dengan malt, bakteri, Ca(OH)_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Sedangkan 90% keluaran dari netralizer akan dialirkan ke dalam fermentor menggunakan pompa. Pada fermentor terjadi reaksi pembentukan asam laktat oleh bakteri *Lactobacillus Delbrueckii*. Proses fermentasi berlangsung pada 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 4 jam, maka untuk siklus batch dibutuhkan waktu 24 jam. Untuk mencegah agar PH tidak terlalu asam selama proses fermentasi ditambahkan Ca(OH)_2 dan juga terdapat penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan H_2O . Produk yang dihasilkan oleh fermentor masih mengandung pengotor seperti bakteri yang mati dan sisa nutrisi sehingga dibutuhkan proses pemurnian. Cairan yang keluar dari fermentor di filter menggunakan Rotary Drum Vacuum Filter sehingga padatan dan pengotornya dapat dipisahkan dari cairannya. Padatan pengotor akan diolah di pengolahan limbah. Cairan yang keluar dari filter kemudian dialirkan menuju acidifier. Pada acidifier terjadi reaksi antara kalsium laktat yang terbentuk pada fermentor dengan penambahan asam sulfat sehingga membentuk asam laktat dan kalsium sulfat. Reaksi pengasaman tersebut berlangsung pada suhu 70°C. Selanjutnya hasil keluaran dari acidifier akan dialirkan ke *evaporator* 1 untuk menguapkan airnya.

Setelah dari *evaporator* akan dialirkan menuju *centrifuge* untuk pemisahan cairan dan padatannya. Kalsium sulfat berwujud padat yang sudah dipisahkan di *centrifuge* akan dikeringkan dalam *rotary dryer*. Kemudian akan diangkut menggunakan *screw conveyor* menuju tangki penyimpanan kalsium sulfat. Cairan diumpankan lagi ke *evaporator* untuk menghilangkan air yang tersisa dan meningkatkan kualitas asam laktat yang dihasilkan. Setelah itu, produk akhir berupa asam laktat didinginkan hingga 30°C menggunakan cooler dan produk ditampung di dalam tangki produk dengan kondisi suhu 30°C dan 1 atm.

3.3. Spesifikasi Alat

3.3.1 Reaktor Hidrolisis

Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Untuk menghidrolisis sukrosa menjadi Glukosa dan Fruktosa
Jenis	: Silinder Vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: <i>CSTR</i>
Jumlah	: 1 Buah
Harga	: \$ 52.130

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 70 °C
pH	: 5
Kondisi Operasi	: Isothermal Adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Reaktor	: 32,822 m ³
Diameter	: 3,470 m
Tebal Shell	: 5/16 in
Tinggi Total	: 4,781 m
Jenis Head	: <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>

Insulasi

Bahan	: Sukrosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)
-------	---

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: <i>Turbine with 6 Flat Blades</i>
Ukuran Pengaduk	: 0,55 m
Kecepatan Pengaduk	: 140 rpm
Daya	: 15 hp
Jumlah Baffle	: 4 buah
Ukuran Baffle	: 0,15 m

3.3.2 Reaktor Netralizer

Spesifikasi Umum

Kode	: R-02
Fungsi	: Untuk Mereaksikan Asam Sulfat dengan Natrium Hidroksida menjadi Natrium Sulfat dan Air
Jenis	: Silinder Vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: CSTR
Jumlah	: 1 Buah
Harga	: \$ 29.823

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 40 °C
Waktu Tinggal	: 1 Jam
Kondisi Operasi	: Isothermal Adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Reaktor	: 1,70 m ³
Diameter	: 1,30 m
Tebal Shell	: 0,187 in
Tinggi Total	: 1,818 m
Jenis Head	: <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk : *Turbine with 6 Flat Blades*

Ukuran Pengaduk : 0,43 m

Kecepatan Pengaduk : 174 rpm

Daya : 3 hp

Jumlah Baffle : 4 buah

Ukuran Baffle : 0,12 m

3.3.3 Reaktor Fermentor

Spesifikasi Umum

Kode : R-03

Fungsi : Untuk Proses Fermentasi Glukosa dengan Kalsium Hidroksida menjadi Kalsium Laktat dan Air

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

Mode Operasi : *Batch*

Jumlah : 7 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 40 °C

Waktu Tinggal : 20 Jam

Kondisi Operasi : Isothermal Adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade C

Volume Reaktor : 13,21 m³

Diameter : 2,56 m

Tebal Shell : 0,25 in

Tinggi Total : 3,56 m

Jenis Head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: <i>Turbine with 6 Flat Blades</i>
Ukuran Pengaduk	: 0,85 m
Kecepatan Pengaduk	: 69 rpm
Daya	: 200 hp
Jumlah Baffle	: 4 buah
Ukuran Baffle	: 0,43 m

Jacket

Luas Transfer Panas	: 45,25 ft ²
UD	: 75 btu/ft ² .F
Tebal Jacket	: 7/16 in

3.3.4 Reaktor Acidifier

Spesifikasi Umum

Kode	: R-04
Fungsi	: Untuk Mereaksikan Kalsium Laktat dengan Asam Sulfat menjadi Asam Laktat dan Kalsium Sulfat
Jenis	: Silinder Vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: CSTR
Jumlah	: 1 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 70 °C
Waktu Tinggal	: 1 Jam
Kondisi Operasi	: Isothermal Adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Reaktor	: 19, 33 m ³
Diameter	: 3,1 m
Tebal Shell	: 0,325 in

Tinggi Total : 4,26 m

Jenis Head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk : *Turbine with 6 Flat Blades*

Ukuran Pengaduk : 0,93 m

Kecepatan Pengaduk : 73 rpm

Daya : 8 hp

Jumlah Baffle : 4 buah

Ukuran Baffle : 0,26 m

Jacket

Luas Transfer Panas : 45,25 ft²

UD : 75 btu/ft².F

Tebal Jacket : 5/16 in

3.3.5 Rotary Drum Vacuum Filter

Tabel 3.1 Spesifikasi Rotary Drum Vacuum Filter

Nama Alat	Rotary Vacuum Filter-01	Rotary Vacuum Filter-02
Kode	RDVF-01	RDVF-02
Fungsi	Untuk memisahkan molase dari padatan pengotornya	Untuk memisahkan padatan dan cairan hasil fermentasi
Jenis	Plate and Frame	Plate and Frame
Material	Carbon Steel SA-129 grade A	Carbon Steel SA-129 grade A
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	1	1
Jumlah	1	1
Suhu, °C	30	40

Spesifikasi		
Kode	RDVF-01	RDVF-02
Kapasitas, kg/jam	1.683,241	2.409,290
Luas area filtrasi, m ²	0,000000466	0,000070451
Diameter filter, m	0,0003	0,0033
Panjang filter, m	0,0017	0,021
Waktu Siklus		
Tahap filtrasi, detik	60	60
Tahap dewatering, detik	32,10	3
Second watering, detik	33	3
Kecepatan putar, rpm	1	1
Power blower, hp	1/20	1/20

3.3.6 Evaporator

Tabel 3. 2 Spesifikasi Evaporator

Nama Alat	Evaporator – 01	Evaporator – 02
Kode	EV- 01	EV – 02
Fungsi	Untuk menguapkan sebagian air sehingga beberapa zat berubah fase menjadi padatan	Untuk menguapkan sebagian air sehingga beberapa zat berubah fase menjadi padatan
Tipe	Long Tube Vertikal	Long Tube Vertikal
Jumlah	1	1
Kondisi Operasi		
Temperatur	100 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Laju alir	2.965,442 kg/jam	1.309,481 kg/jam

Dimensi.		
Kode	EV- 01	EV – 02
Volume Disengagement	37,0315 m ³	12,913 m ³
Diameter Disengagement	0,874 m	0,615 m
Tinggi Disengagement	1,748 m	1,230 m
Tebal shell	3/16 in	3/16 in
Spesifikasi Khusus		
Shell Side	Steam	Steam
IDs	8 in	8 in
Baffle Space	2 in	2 in
BWG	10	10
Tube Side	Heavy Organic	Heavy Organic
OD	36 in	26 in
Jumlah Passes (n)	6	6
Jumlah Tube (buah)	160,737	41,434
Area per Tube (A't)	0,355 in ²	0,355 in ²

3.3.7 Centrifuge

Spesifikasi Umum

Kode	: CF-01
Fungsi	: Untuk memisahkan padatan dan cairan hasil fermentasi
Jenis	: <i>Disk Bowl Centrifuge</i>
Jumlah	: 1 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 60 °C
Waktu Tinggal	: 1 Jam

Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jenis Head	: <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>

Spesifikasi Khusus

Laju alir	: 2365,75 kg/jam
Bowl diameter	: 13 in
Kecepatan Pengaduk	: 7500 rpm
Max <i>centrifuge</i> force	: 10.400
<i>Throughput</i> cairan	: 50 gal/min
Power daya	: 6 Hp

3.3.8 Screw Conveyor

Spesifikasi Umum

Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengangkut Kalsium Sulfat keluaran dari Rotary Dryer
Jenis	: <i>Horizontal Screw</i>
Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C

Kondisi Operasi

Suhu	: 30 °C
Teknan	: 1 atm

Dimensi

Diameter Screw	: 9 in
Kecepatan	: 40 rpm
Power Motor	: 1,5 Hp

3.3.9 Innoculum Tank

Spesifikasi Umum

Kode	: T-INC
Fungsi	: Untuk proses pertumbuhan bakteri
Jenis	: Silinder Vertikal dengan <i>flat Bottom</i> dan <i>Head</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode Operasi	: <i>Batch</i>
Jumlah	: 1 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 40 °C
Waktu Tinggal	: 4 Jam
Kondisi Operasi	: Isothermal Adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Reaktor	: 0,735 m ³
Diameter	: 0,979 m
Tebal Shell	: ¼ in
Tinggi Total	: 1,395 m
Jenis Head	: <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: <i>Turbine with 6 Flat Blades</i>
Ukuran Pengaduk	: 0,32 m
Kecepatan Pengaduk	: 218 rpm
Daya Motor	: 3 hp
Jumlah Baffle	: 4 buah
Ukuran Baffle	: 0,166 m

3.3.10 Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung**Tabel 3. 3** Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Kode	T-01	T-02
Fungsi	Untuk menyimpan kebutuhan bahan baku molase	Untuk menyimpan kebutuhan H ₂ SO ₄
Waktu Tinggal	3 hari	5 hari
Fase	Cair	Cair

Kode	T-01	T-02
Jumlah	1	1
Bahan	Carbon steel SA-129 grade A	Carbon steel SA-129 grade A
Jenis Tangki	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Kondisi operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Volume Tangki : 145,57 m ³ Diameter : 5,7 m Tinggi : 7,9 m Tebal shell : ½ in	Volume Tangki : 59,20 m ³ Diameter : 4,22 m Tinggi : 8 m Tebal shell : ¾ in
Head & Bottom	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 3/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 7/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>

Tabel 3. 4 Spesifikasi T-03 dan T-04

Kode	T-03	T-04
Fungsi	Untuk menyimpan kebutuhan NaOH	Untuk menyimpan kebutuhan H ₂ SO ₄
Waktu Tinggal	10 hari	3 hari
Fase	Cair	Cair
Jumlah	1	1
Bahan	Carbon steel SA-129 grade A	Carbon steel SA-129 grade A
Jenis Tangki	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>

Kode	T-03	T-04
Kondisi operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Volume Tangki : 30,60 m ³ Diameter : 3,40 m Tinggi : 5,57 m Tebal shell : ¾ in	Volume Tangki : 126,3 m ³ Diameter : 5,43 m Tinggi : 7,46 m Tebal shell : 3/16 in
Head & Bottom	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 7/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 3/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>

3.3.11 Tangki Penyimpanan Produk

Tabel 3. 5 Spesifikasi T-05 dan S-01

Kode	T-05	S-01
Fungsi	Untuk menyimpan produk Asam Laktat (C ₃ H ₆ O ₃)	Untuk menyimpan produk samping Kalsium Laktat (CaSO ₄)
Waktu Tinggal	3 hari	7 hari
Fase	Cair	Cair
Jumlah	1	1
Bahan	Carbon steel SA-129 grade A	Carbon steel SA-129 grade A
Jenis Tangki	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>	Silinder Vertikal <i>flat Bottom</i> dengan <i>Head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Kondisi operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Volume Tangki : 81,11 m ³ Diameter : 4,70 m Tinggi : 8,38 m	Volume Tangki : 77,59 m ³ Diameter : 4,4 m Tinggi : 8,86 m

	Tebal shell : ½ in	Tebal shell : ⅝ in
Head & Bottom	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 3/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>	Jenis head : <i>torispherical</i> Tebal head : 3/16 in Jenis bottom : <i>flat</i>

3.3.12 Pompa

Tabel 3. 6 Pompa-01, Pompa-02

Kode alat	P-01	P-02
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	3100 cP	14780 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	9,067 gal/min	6,77 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,020 ft ³ /s	0,015 ft ³ /s
Kecepatan aliran	2,27 ft/s	1,69 ft/s
IPS	1,25 in	1,25 in
Flow Area	1,28 in ²	1,28 in ²
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,27 in	1,27 in
Power pompa	3,57 Hp	0,27 Hp
Power motor	5 Hp	½ Hp

Tabel 3. 7 Pompa-03 dan Pompa-04

Kode alat	P-03	P-04
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	371,28 cP	3.647,28 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	12,41gal/min	6,303 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,027 ft ³ /s	0,014 ft ³ /s
Kecepatan aliran	3,111 ft/s	1,58 ft/s
IPS	1,25 in	1,25 in
Flow Area	1,28 in ²	1,28 in ²
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,27 in	1,27 in
Power pompa	3,56 Hp	2,07 Hp
Power motor	5 Hp	3 Hp

Tabel 3. 8 Pompa-05 dan Pompa-06

Kode alat	P-05	P-06
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	20,203 cP	20,203 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	12,41gal/min	2,084 gal/min

Kode alat	P-05	P-06
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,00099 ft ³ /s	0,0046 ft ³ /s
Kecepatan aliran	0,607 ft/s	0,931 ft/s
IPS	½ in	1 in
Flow Area	0,235 in ²	0,718 in ²
OD	0,84 in	1,32 in
ID	0,546 in	0,957 in
Power pompa	3,56 Hp	0,55 Hp
Power motor	5 Hp	1 Hp

Tabel 3. 9 Pompa-07 dan Pompa-08

Kode alat	P-07	P-08
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	3399 cP	183 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	7,475 gal/min	0,561 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,0166 ft ³ /s	0,0012 ft ³ /s
Kecepatan aliran	1,873 ft/s	0,766 ft/s
IPS	1,25 in	½ in
Flow Area	1,28 in ²	0,235 in ²

Kode alat	P-07	P-08
OD	1,66 in	0,84 in
ID	1,278 in	0,546 in
Power pompa	0,32 Hp	4,28 Hp
Power motor	1 Hp	7,5 Hp

Tabel 3. 10 Pompa-09 dan Pompa-10

Kode alat	P-09	P-10
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	6676 cP	14780 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	7,644 gal/min	0,561 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,017 ft ³ /s	0,015 ft ³ /s
Kecepatan aliran	1,916 ft/s	1,698 ft/s
IPS	1,25 in	1,25 in
Flow Area	1,28 in ²	0,28 in ²
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,278 in	1,278 in
Power pompa	2,63 Hp	0,232 Hp
Power motor	5 Hp	1 Hp

Tabel 3. 11 Pompa-11 dan Pompa-12

Kode alat	P-11	P-12
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	4126 cP	3792 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	0,856 gal/min	0,561 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,002 ft ³ /s	0,05 ft ³ /s
Kecepatan aliran	1,95 ft/s	3,506 ft/s
IPS	$\frac{2}{3}$ in	1,5 in
Flow Area	0,141 in ²	2,04 in ²
OD	0,675 in	1,9 in
ID	0,423 in	1,61 in
Power pompa	2,37 Hp	0,44 Hp
Power motor	3 Hp	0,75 Hp

Tabel 3. 12 Pompa-13 dan Pompa-14

Kode alat	P-13	P-14
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	3952 cP	0,016 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	0,856 gal/min	1,933 gal/min

Kode alat	P-13	P-14
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,047 ft ³ /s	0,004 ft ³ /s
Kecepatan aliran	3,288 ft/s	3,23 ft/s
IPS	1,5 in	0,67 in
Flow Area	2,04 in ²	0,192 in ²
OD	1,9 in	0,675 in
ID	1,61 in	0,493 in
Power pompa	1,47 Hp	3,42 Hp
Power motor	2 Hp	5 Hp

Tabel 3. 13 Pompa-15 dan Pompa-16

Kode alat	P-15	P-16
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	3952 cP	935 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	0,856 gal/min	9,038 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,047 ft ³ /s	0,020 ft ³ /s
Kecepatan aliran	3,288 ft/s	2,265 ft/s
IPS	1,5 in	1,25 in
Flow Area	2,04 in ²	1,28 in ²

Kode alat	P-15	P-16
OD	1,9 in	1,66 in
ID	1,61 in	1,278 in
Power pompa	0,21 Hp	0,22 Hp
Power motor	$\frac{1}{3}$ Hp	$\frac{1}{3}$ Hp

Tabel 3. 14 Pompa-17 dan Pompa-18

Kode alat	P-17	P-18
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	1212 cP	935 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	6,705 gal/min	9,038 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,015 ft ³ /s	0,015 ft ³ /s
Kecepatan aliran	1,681 ft/s	1,681 ft/s
IPS	1,25 in	1,25 in
Flow Area	1,28 in ²	1,28 in ²
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,278 in	1,278 in
Power pompa	2,79 Hp	0,55 Hp
Power motor	5 Hp	$\frac{3}{4}$ Hp

Tabel 3. 15 Pompa-19 dan Pompa-20

Kode alat	P-19	P-20
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	66,23 cP	68,956 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	5,92 gal/min	9,038 gal/min
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	0,013 ft ³ /s	0,012 ft ³ /s
Kecepatan aliran	2,198 ft/s	2,345 ft/s
IPS	1,25 in	1 in
Flow Area	0,864 in ²	0,718 in ²
OD	1,32 in	1,32 in
ID	1,049 in	0,957 in
Power pompa	0,41 Hp	1,83 Hp
Power motor	0,75 Hp	3 Hp

Tabel 3. 16 Pompa-21 dan Pompa-22

Kode alat	P-21	P-22
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A	Carbon steel SA-129 Grade A
Viskositas	97,786 cP	30,012 cP
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi		
Kapasitas	5,92 gal/min	2,569 gal/min

Kode alat	P-21	P-22
Suhu	30°C	30°C
Instalasi	Horizontal	Horizontal
Rate Volumetrik	4,960 ft ³ /s	0,006 ft ³ /s
Kecepatan aliran	2,216 ft/s	1,908 ft/s
IPS	1 in	¾ in
Flow Area	0,718 in ²	0,432 in ²
OD	1,32 in	1,05 in
ID	0,957 in	1,742 in
Power pompa	0,12 Hp	0,58 Hp
Power motor	½ Hp	¾ Hp

3.3.13 Heater

Tabel 3. 17 Heat Exchanger 1 (HE-01)

Kode :	HE-01			
Fungsi :	Memanaskan molase keluaran dari RVFD 1 sebelum masuk ke Reaktor Hidrolisis			
Jumlah :	1 alat			
Tipe :	Double Pipe			
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A		Carbon steel SA-129 Grade A	
Jumlah Hairpins	1 Buah			
Panjang Hairpins	12	Ft	3.6576	m
Cold Fluid : Annulus, (Less than 2.0 cp)				
IPS	4	In	0.1016	m
Flow Area	2.63	in ²	0.066802	m ²
OD	4.5	In	0.1143	m
ID	4.026	In	0.1022604	m
Surface Area	1.178	(ft ² /ft)	0.0299212	m

Kode :	HE-01			
Hot Fluid : Inner pipe (steam)				
IPS	3	In	0.0762	m
Flow Area	1.5	in²	0.00096774	m²
OD	3.5	In	0.0889	m
ID	3.068	In	0.0779272	m
Surface Area	0.917	(ft²/ft)		
A	12.70680081	ft²		
Ud	50	Btu/Jam.ft².F		
Uc	2166.733647	Btu/Jam.ft².F		
Rd	0.01954			
Rd min	0.001			
Jumlah Alat	1	Unit		

Tabel 3. 18 Heat Exchanger 2 (HE-02)

Kode :	HE-02			
Fungsi :	Memanaskan hasil keluaran dari RVFD 2 sebelum masuk ke Reaktor Acidifier			
Jumlah :	1 alat			
Tipe :	Double Pipe			
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A		Carbon steel SA-129 Grade A	
Jumlah Hairpins	1	Buah		
Panjang Hairpins	12	Ft	3.6576	m
Cold Fluid : Annulus, (Less than 2.0 cp)				
IPS	4	In	0.1016	m
<i>Flow Area</i>	3.14	in ²	0.079756	m ²
OD	4.5	In	0.1143	m
ID	4.026	In	0.1022604	m
<i>Surface Area</i>	1.178	(ft ² /ft)	0.0299212	m
Hot Fluid : Inner pipe (steam)				

Kode :	HE-02			
IPS	3	In	0.0762	m
<i>Flow Area</i>	7.38	in ²	0.004761281	m ²
OD	3.5	In	0.0889	m
ID	3.068	In	0.0779272	m
<i>Surface Area</i>	0.917	(ft ² /ft)		
A	14.01483586	ft ²		
Ud	50	Btu/Jam.ft ² .F		
Uc	636.3976203	Btu/Jam.ft ² .F		
Rd	0.01843			
Rd min	0.001			
Jumlah Alat	1	Unit		

3.3.14 Cooler

Tabel 3. 19 Cooler (CL-01)

Kode :	CL-01			
Fungsi :	Menurunkan suhu keluaran R-02 sebelum ke R-03			
Jumlah :	1 alat			
Tipe :	Double Pipe			
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A		Carbon steel SA-129 Grade A	
Jumlah Hairpins	1	Buah		
Panjang Hairpins	12	Ft	3.6576	m
Cold Fluid : Annulus, (Less than 2.0 cp)				
IPS	4	In	0.1016	m
<i>Flow Area</i>	3.14	in ²	0.079756	m ²
OD	4.026	In	0.1022604	m
ID	40	In	1.016	m
<i>Surface Area</i>	1.178	(ft ² /ft)	0.0299212	m
Hot Fluid : Inner pipe (steam)				

Kode :	CL-01			
IPS	3	In	0.0762	m
<i>Flow Area</i>	7.38	in ²	0.004761281	m ²
OD	3.5	In	0.0889	m
ID	3.068	In	0.0779272	m
<i>Surface Area</i>	0.917	(ft ² /ft)		
A	6.005	ft ²		
Ud	650	Btu/Jam.ft ² .F		
Uc	25315.07747	Btu/Jam.ft ² .F		
Rd	0.00150			
Rd min	0.001			
Jumlah Alat	1	Unit		

Tabel 3. 20 Cooler (CL-02)

Kode :	CL-02			
Fungsi :	Menurunkan suhu keluaran EV-01 sebelum ke Centrifuge			
Jumlah :	1 alat			
Tipe :	Double Pipe			
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A		Carbon steel SA-129 Grade A	
Jumlah Hairpins	1	Buah		
Panjang Hairpins	12	Ft	3.6576	M
Cold Fluid : Annulus, (Less than 2.0 cp)				
IPS	4	In	0.1016	m
<i>Flow Area</i>	3.14	in ²	0.079756	m ²
OD	4.026	In	0.1022604	m
ID	40	In	1.016	m
<i>Surface Area</i>	1.178	(ft ² /ft)	0.0299212	m
Hot Fluid : Inner pipe (steam)				
IPS	3	In	0.0762	m

Kode :	CL-02			
<i>Flow Area</i>	7.38	in ²	0.004761281	m ²
OD	3.5	In	0.0889	m
ID	3.068	in	0.0779272	m
<i>Surface Area</i>	0.917	(ft ² /ft)		
A	7.055	ft ²		
Ud	650	Btu/Jam.ft ² .F		
Uc	20818.01501	Btu/Jam.ft ² .F		
Rd	0.00149			
Rd min	0.001			
Jumlah Alat	1	Unit		

Tabel 3. 21 Cooler (CL-03)

Kode :	CL-03			
Fungsi :	Menurunkan suhu Produk keluaran EV-02 sebelum masuk ke Tangki Penyimpanan			
Jumlah :	1 alat			
Tipe :	Double Pipe			
Jenis Bahan	Carbon steel SA-129 Grade A		Carbon steel SA-129 Grade A	
Jumlah Hairpins	1	buah		
Panjang Hairpins	12	ft	3.6576	m
Cold Fluid : Annulus, (Less than 2.0 cp)				
IPS	4	in	0.1016	m
<i>Flow Area</i>	3.14	in ²	0.079756	m ²
OD	4.026	in	0.1022604	m
ID	40	in	1.016	m
<i>Surface Area</i>	1.178	(ft ² /ft)	0.0299212	m
Hot Fluid : Inner pipe (steam)				
IPS	3	in	0.0762	m
<i>Flow Area</i>	7.38	in ²	0.004761281	m ²
OD	3.5	in	0.0889	m

Kode :	CL-03			
ID	3.068	in	0.0779272	m
<i>Surface Area</i>	0.917	(ft ² /ft)		
A	20.376	ft ²		
Ud	650	Btu/Jam.ft ² .F		
Uc	151446.3812	Btu/Jam.ft ² .F		
Rd	0.00153			
Rd min	0.003			
Jumlah Alat	1	Unit		

3.5 Neraca Massa

Bahan Baku	: Molase
Produk	: Asam Laktat
Kapasitas Produksi	: 9.000 ton/tahun
Waktu Operasi/Tahun	: 330 hari
Basis Perhitungan	: 1136,364 kg/jam
Konversi	: 93 %

3.5.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 22 Neraca Massa Total

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
Sukrosa	569,279	11,386
Glukosa	533,699	66,900
H ₂ O	668,748	856,333
Serat Kasar	177,900	177,900
Abu	88,950	88,950
H ₂ SO ₄	742,117	
NaOH	120,972	

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
Na ₂ SO ₄		214,725
<i>Malt Sprout</i>	0,299	
<i>L.Delbureckii</i>	9,992	11,621
Ca(OH) ₂	520,611	85,728
Asam Laktat		1054,768
CaSO ₄		799,245
Total	3.367,555	3.367,555

3.5.2 Neraca Massa Tiap Alat

- a. Rotary Vacuum Filter (RVF-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa RVF-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3
Glukosa	533,699	523,025	10,674
Sukrosa	569,279	557,894	11,386
Serat Kasar	177,900		177,900
Abu	88,950		88,950
H ₂ O	409,169	400,986	8,183
Total	1778,997	1481,905	297,093
	1778,997	1778,997	

b. Reaktor Hidrolisis Tank (R-01)

Tabel 3. 24 Neraca Massa R-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6
Glukosa	523,025		1110,282
Sukrosa	557,894		
H ₂ O	400,986	3,024	374,647
Asam Sulfat		148,190	148,190
Total	1481,905	151,215	1633,120
	1633,120		1633,120

c. Reaktor Netralizer (R-02)

Tabel 3. 25 Neraca Massa R-02

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8
Glukosa	1110,282		1.110
H ₂ O	374,647	131,053	560,138
NaOH		120,972	
Asam Sulfat	148,190		
Natrium Sulfat			214,725
Total	1633,120	252,025	1885,144
	1885,144		1885,144

d. Reaktor Fermentor (R-03)

Tabel 3. 26 Reaktor Fermentor (R-03)

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)			Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 9	Aliran 10	Aliran 11	Aliran 12
Glukosa	999,253		111,028	55,514
H ₂ O	504,124	57,735	56,014	
Natrium Sulfat	193,252		21,472	214,725
Ca Laktat				1.277
Kalsium Hidroksida		519,612	0,999	86,984
Bakteri			11,621	11,621
Total	1.696	577,346	201,135	2.475
	2.475			2.475

e. Rotary Vacuum Filter (RVF-02)

Tabel 3. 27 Neraca Massa RVF-02

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 12	Aliran 13	Aliran 14
Glukosa	55,514	55,514	
Ca Laktat	1.277	1.277	
Bakteri	11,621		11,621
Natrium Sulfat	214,725	214,725	
Kalsium Hidroksida	86,984	1,256	85,728
H ₂ O	828,826	828,826	
Total	2.475	1481,905	97,349
	2.475	2.475	

f. Reaktor Acidifier (R-04)

Tabel 3. 28 Neraca Massa R-04

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)		Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 15	Aliran 16	Aliran 17
Glukosa	55,514		55,514
H ₂ O	828,826	11,754	841,191
Ca Laktat	1,277		
Kalsium Sulfat			799,245
Kalsium Hidroksida	1,256		
Natrium Sulfat	214,725		214,725
Asam Sulfat		575,926	1.054
Total	2.377	587,680	2.965
	2.965		2.965

g. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 29 Neraca Massa EV-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 17	Aliran 18	Aliran 26
Glukosa	55,514	55,514	
Asam Laktat	1.054	1.054	
Natrium Sulfat	214,725	214,725	
Kalsium Hidroksida	86,984		
H ₂ O	841,191	252,357	588,833
Kalsium Sulfat		799,245	
Total	2.965	2.376	588,833
	2.965	2.965	

h. Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 30 Neraca Massa CF-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 19	Aliran 20	Aliran 21
Glukosa	55,514		55,514
Asam Laktat	1.054	1.054	
Natrium Sulfat	214,725	6,946	207,779
H ₂ O	252,357	247,310	5,047
Kalsium Sulfat	799,245	0,458	798,787
Total	2.376	1.309	1.062
	2.376	2.376	

i. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 31 Neraca Massa RD-01

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)
	Aliran 21	Aliran 20
Glukosa	55,514	55,514
Natrium Sulfat	207,779	207,779
H ₂ O	5,047	
Kalsium Sulfat	798,787	
Total	1.062	1.062
	1.062	1.062

j. Evaporator (EV-02)

Tabel 3. 32 Neraca Massa EV-02

Komponen	Massa Masuk (Kg/jam)	Massa Keluar (Kg/jam)	
	Aliran 20	Aliran 24	Aliran 27
Asam Laktat	1.054	1.054	
Natrium Sulfat	6,946	6,946	
H ₂ O	247,310	74,193	173,117
Kalsium Sulfat	0,458	0,458	
Total	1.309	1.136	173,117
	1.309	1.309	

3.6.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 33 l Total

Komponen	Qmasuk (Kj/Jam)	Qkeluar (Kj/ Jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	248.442.346,683	248.101.284,797
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	36.522,035	30.048,983
H ₂ SO ₄	216.760,555	6.163,881
H ₂ O	2.919.784,738	3.210.694,372
NaOH	56.121,227	
Na ₂ SO ₄	156.313,527	216.947,614
Ca(OH) ₂	156.160,257	26.074,736
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	26.471,500	26.115,284
CaSO ₄	78.100,636	71.879,551
C ₃ H ₆ O ₃	822.039,926	1.197.072,455
Q reaksi		-37.830.425,245
Q pendingin		39.640.972,535
Qsteam	1.786.207,870	
Total	254.696.828,958	254.696.828,958

3.6.2 Neraca Panas Tiap Alat

a. Reaktor Hidrolisis (R-01)

Tabel 3. 34 Neraca Panas R-01

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
$C_6H_{12}O_6$	32.979,576	21.289,584
$C_{12}H_{22}O_{11}$	33.183,259	
H_2SO_4	6.613,881	1.963,275
H_2O	79.188,480	23.510,780
Q reaksi		1.401.910,609
Q steam	1.400.001,759	
Total	1.551.516,957	1.551.516,957

b. Reaktor Netralizer (R-02)

Tabel 3. 35 Neraca Panas R-02

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
$C_6H_{12}O_6$	468.323,465	468.323,465
H_2SO_4	41.232,970	
H_2O	557.588,948	628.759,353
NaOH	56.121,227	
Na_2SO_4		61.712,318
Q reaksi		-6.830.996
Q beban pendingin		6.795.467,473
Total	1.123.266,611	1.123.266,611

c. Fermentor (R-03)

Tabel 3. 36 Neraca Panas R-03

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
$C_6H_{12}O_6$	386.959,456	19.347,973
Na_2SO_4	53.960,869	53.960,869

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Ca(OH) ₂	155.688,933	26.012,717
C ₆ H ₁₀ CaO ₆		6.261,660
H ₂ O	614.413,665	855.032,296
Q reaksi		-9.731.350,391
Q beban pendingin		9.981.757,799
Total	1.211.022,923	1.211.022,923

d. Reaktor Acidifier (R-04)

Tabel 3. 37 Neraca Panas R-04

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	247.482.794,158	247.482.794,158
Na ₂ SO ₄	65.222,546	65.222,546
H ₂ O	1.161.476,744	1.162.321,371
CaSO ₄		251.256.179,49
H ₂ SO ₄	169.363,703	
Ca(OH) ₂	450,651	
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	19.853,625	
C ₃ H ₆ O ₃		1.060.702,203
Q reaksi		-22.669.989,463
Q beban pendingin		21.599.398,508
Total	248.899.161,428	248.899.161,428

e. Evaporator 1 (EV-01)

Tabel 3. 38 Neraca Panas EV-01

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	3.500,463	6.345,009
C ₃ H ₆ O ₃	150.028,600	240.646,524
H ₂ O	164.401,891	119.269,050
Na ₂ SO ₄	9.225,322	15.888,154
CaSO ₄	28.106,379	46.877,199
Q steam	64.255,903	
Total	406.792,744	406.792,744

f. Evaporator 2 (EV-02)

Tabel 3. 39 Neraca Panas EV-02

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₃ H ₆ O ₃	150.028,600	240.646,524
H ₂ O	48.334,156	35.065,100
Na ₂ SO ₄	298,418	513,946
CaSO ₄	16,092	26,839
Q steam	77.548,304	
Total	276.225,572	276.225,572

g. Heater (HE-01)

Tabel 3. 40 Neraca Panas HE-01

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	3.236,035	29.124,318
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	3.338,776	30.048,983
H ₂ O	8.304,353	74.739,177
Q steam	119.033,316	
Total	133.912,480	133.912,480

h. Heater (HE-02)

Tabel 3. 41 Neraca Panas HE-02

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	1.064,479	3.193,437
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	6.617,875	19.853,625
Na ₂ SO ₄	2.968,798	8.906,394
H ₂ O	52.012,468	156.037,405
Ca(OH) ₂	20,673	62,0197
Q steam	125.368,588	
Total	188.052,881	188.052,881

i. Cooler (CL-01)

Tabel 3. 42 Neraca Panas CL-01

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	57.481,878	19.160,626
Na ₂ SO ₄	8.015,754	2.671,918
H ₂ O	94.907,977	31.635,992
Q pendingin		106.937,074
Total	160.405,611	160.405,611

j. Cooler (CL-02)

Tabel 3. 43 Neraca Panas CL-02

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	5.663,696	2.643,058
CaSO ₄	46.833,079	21.855,437
Na ₂ SO ₄	15.202,233	7.094,375
C ₃ H ₆ O ₃	253.928,508	118.499,970
H ₂ O	81.081,131	37.837,861
Q pendingin		214.777,946
Total	402.708,649	402.708,649

k. Cooler (CL-03)

Tabel 3. 44 Neraca Panas CL-03

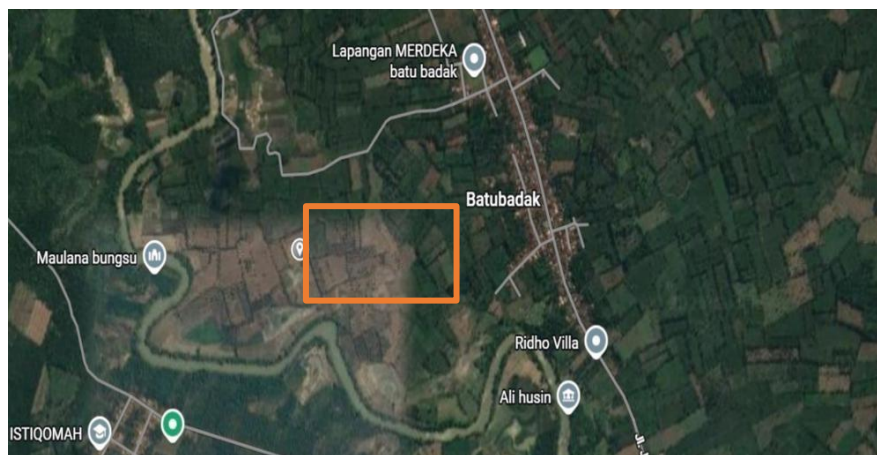
Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
C ₃ H ₆ O ₃	268.054,218	17.870,281
Na ₂ SO ₄	474,101	31,606
CaSO ₄	26,795	1,786
H ₂ O	23.047,873	1.536,524
Q pendingin		272.162,789
Total	291.602,988	291.602,988

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan suatu perencanaan dari salah satu komponen suatu pabrik sebelum mulai beroperasi. Faktor penting dalam perancangan pabrik yaitu letak lokasi yang terencana dan terstruktur dengan baik. Dengan pertimbangan tersebut, perancangan pabrik asam laktat dari molase dengan kapasitas 9.000 ton/tahun ini akan didirikan di Jl. Kenanga, Peniangan, Kecamatan Marga Sekampung, Provinsi Lampung. Lokasi tersebut memiliki lahan yang luas dan sesuai untuk pembangunan fasilitas produksi, gudang, serta area pendukung lainnya. Lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik

Berikut pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik :

1. Penyediaan Bahan Baku

Penyediaan bahan baku molase untuk pabrik yang akan dibangun direncanakan berasal dari PT. Gunung Madu Plantation salah satu produsen gula terbesar di Indonesia. Lokasi PT. Gunung Madu Plantation memiliki jarak tempuh sekitar 3 jam dari lokasi pabrik yang direncanakan, sehingga memberikan keuntungan signifikan dalam aspek logistik dan kontinuitas pasokan. Molase yang merupakan produk samping dari proses pengolahan tebu menjadi gula, akan dipasok secara rutin sesuai dengan kebutuhan kapasitas produksi pabrik. Proses pengadaan bahan baku ini dilakukan melalui sistem kerja sama pasokan jangka panjang, di mana jadwal pengiriman molase telah diatur secara terkoordinasi untuk memastikan ketersediaan bahan baku yang stabil. Jarak yang relatif dekat memungkinkan pengiriman dilakukan dengan menggunakan truk tangki khusus yang dirancang untuk menjaga kualitas molase selama proses transportasi, meminimalkan risiko kontaminasi, dan

mencegah penurunan mutu akibat waktu penyimpanan yang terlalu lama. Kedekatan geografis ini juga mengurangi biaya transportasi, mempercepat siklus pengiriman, serta memudahkan pengendalian persediaan di pabrik. Dengan pasokan molase yang terjamin baik dari segi kuantitas maupun kualitas, operasional pabrik dapat berjalan secara berkesinambungan tanpa hambatan berarti, sekaligus mendukung efisiensi biaya produksi dan menjaga kualitas produk akhir yang dihasilkan.

2. Penyediaan Utilitas

Lokasi pabrik yang direncanakan berada di dekat Sungai Sekampung memberikan keuntungan strategis dalam penyediaan utilitas, khususnya pasokan air yang merupakan komponen vital dalam operasional industri pengolahan berbasis molase. Air diperlukan dalam berbagai proses produksi seperti fermentasi, pencucian peralatan, pendinginan, serta pengolahan limbah cair sebelum dibuang kembali ke lingkungan. Dengan kedekatan geografis ini, pabrik dapat memanfaatkan air Sungai Sekampung sebagai sumber utama pasokan air baku. Sistem pengambilan air dirancang menggunakan pompa industri berkapasitas tinggi yang terhubung dengan unit pengolahan air (water treatment plant). Unit ini akan menjalankan proses filtrasi, sedimentasi, dan desinfeksi untuk memastikan kualitas air memenuhi standar teknis dan higienis yang berlaku, baik untuk kebutuhan proses produksi maupun utilitas penunjang lainnya. Selain untuk keperluan proses produksi, pasokan air dari Sungai Sekampung juga akan digunakan dalam sistem pendingin mesin dan fasilitas utilitas lainnya seperti boiler dan menara pendingin (cooling tower). Kedekatan sumber air ini dapat mengurangi biaya infrastruktur pipa distribusi menekan biaya operasional serta menjamin kontinuitas pasokan air sepanjang tahun.

3. Transportasi

Penyediaan bahan baku untuk pabrik ini direncanakan memanfaatkan dua jalur utama yaitu jalur darat dan jalur laut untuk menjamin kelancaran pasokan, efisiensi biaya, serta fleksibilitas distribusi.

a. Transportasi Jalur Darat

Jalur darat menjadi moda transportasi utama terutama untuk pasokan molase dari PT. Gunung Madu Plantation yang berjarak sekitar 3 jam dari lokasi pabrik. Bahan baku akan diangkut menggunakan truk tangki khusus molase yang dilengkapi dengan sistem penutup kedap udara untuk menjaga kualitas bahan baku selama perjalanan. Infrastruktur

jalan yang memadai di wilayah ini, termasuk akses ke jalan provinsi dan jalan kabupaten, mendukung kelancaran distribusi bahan baku secara teratur.

b. Transportasi Jalur Laut

Untuk bahan baku tambahan atau pasokan dari pemasok di luar Pulau Sumatra, jalur laut akan dimanfaatkan melalui pelabuhan terdekat di wilayah Lampung seperti Pelabuhan Panjang. Bahan baku akan dikirim menggunakan kapal kargo atau kapal tanker sesuai jenis dan volume muatan.

4. Tenaga Kerja

Provinsi Lampung, khususnya wilayah sekitar Marga Sekampung, dikenal sebagai daerah dengan tingkat ketersediaan tenaga kerja yang cukup tinggi, baik untuk posisi tenaga kerja terampil (skilled labor) maupun tenaga kerja umum (unskilled labor).

a. Tenaga Kerja Umum (Unskilled Labor)

Wilayah Lampung memiliki populasi penduduk yang mayoritas bekerja di sektor pertanian dan perkebunan sehingga banyak tenaga kerja lokal yang terbiasa dengan pekerjaan fisik, sistem shift dan lingkungan kerja lapangan. Mereka dapat dengan mudah dilatih untuk mendukung pekerjaan produksi, pengemasan, dan operasional harian pabrik.

b. Tenaga Kerja Terampil (Skilled Labor)

Lampung memiliki sejumlah lulusan dari sekolah kejuruan (SMK) dan perguruan tinggi vokasi yang memiliki kompetensi di bidang teknik mesin, listrik, pengolahan pangan, dan teknologi kimia, yang relevan dengan proses produksi asam laktat.

5. Kebijakan Pemerintah

a. Pemerintah Provinsi Lampung melalui Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) telah menerapkan sistem pelayanan perizinan yang terintegrasi secara online sehingga proses pendirian pabrik dapat dilakukan secara cepat dan transparan.

b. Pemerintah Kabupaten Lampung Timur menetapkan kebijakan pengelolaan lingkungan yang mewajibkan industri melakukan pengolahan limbah sesuai baku mutu, termasuk air buangan dan emisi udara. Dukungan teknis dari dinas lingkungan hidup setempat tersedia untuk membantu perusahaan menyusun dokumen UKL-UPL atau

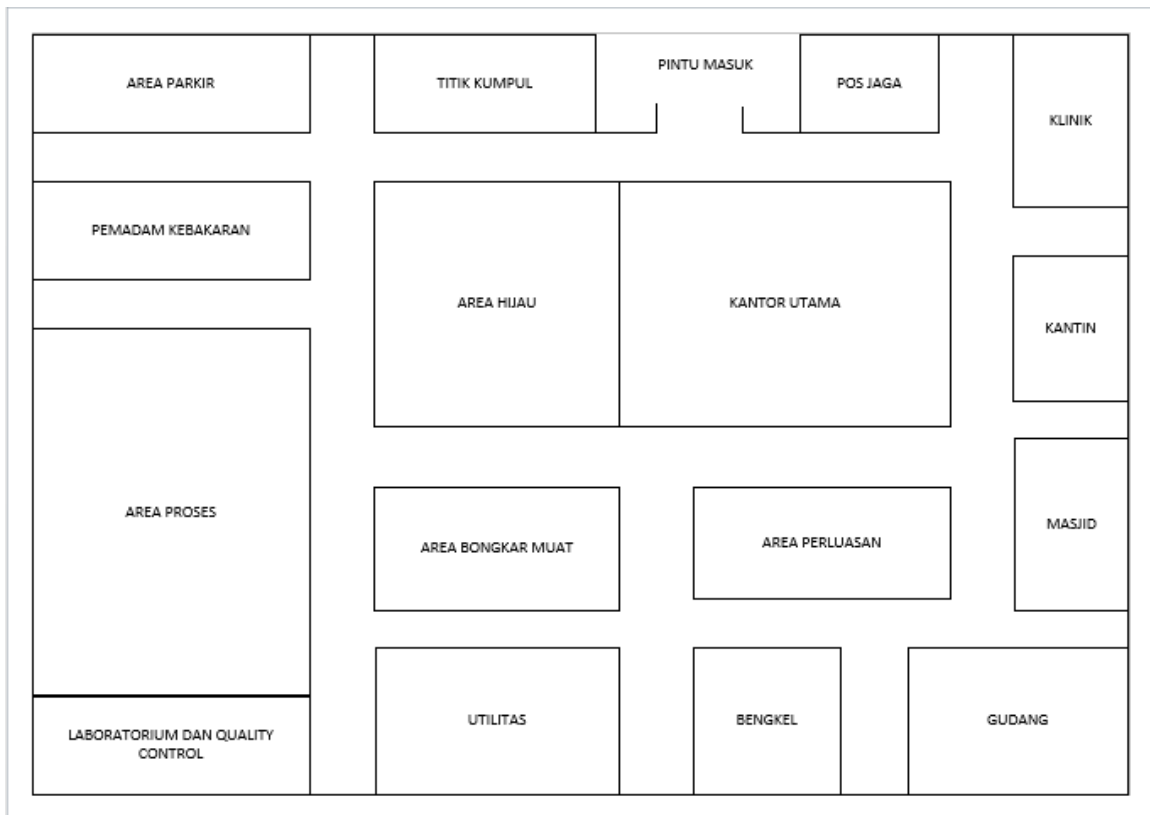
AMDAL sekaligus memastikan kegiatan produksi ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran di sekitar lokasi pabrik. Sikap masyarakat pada dasarnya mendukung keberadaan pabrik selama kegiatan industri memberikan manfaat ekonomi yang signifikan, memperluas kesempatan kerja, dan tidak merusak lingkungan sekitar. Transparansi perusahaan dalam memberikan informasi terkait operasional dan pengelolaan lingkungan akan memperkuat kepercayaan publik.

6. Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat mendukung keberadaan pabrik Asam Laktat ini selama kegiatan industri memberikan manfaat ekonomi yang signifikan, memperluas kesempatan kerja dan tidak merusak lingkungan sekitar. Transparansi perusahaan dalam memberikan informasi terkait operasional dan pengelolaan lingkungan akan memperkuat kepercayaan publik.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan bagian dari pabrik yang akan didirikan seperti penempatan laboratorium, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat bekerja karyawan, *control room*, unit utilitas, dan lain sebagainya. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini untuk mempermudah pengaturan antara fasilitas produksi dengan area kerja sehingga proses produksi dan area kerja dapat berjalan secara efektif. Ada beberapa faktor untuk mendesain tata letak pabrik seperti urutan dari proses produksi, distribusi pada pengadaan bahan baku dan utilitas, pembuangan limbah cair dan service area seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah yang diatur agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja. Berikut desain dari tata letak pabrik, tata letak alat proses dan perkiraan luas tanah bangunan.



Skala 1:1000

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

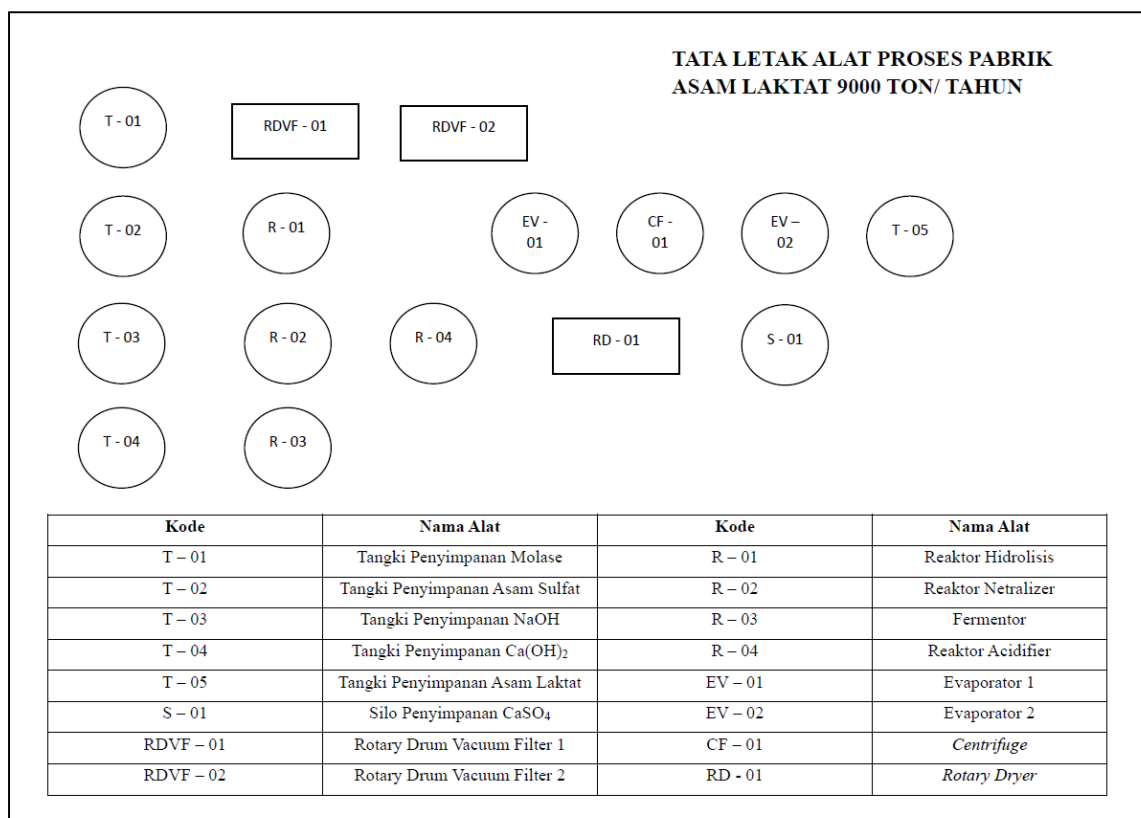
4.2.1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Area	Panjang (m ²)	Lebar (m ²)	Luas (m ²)
1.	Gedung Perkantoran	30	20	600
2.	Klinik	8	7	56
3.	Masjid	12	10	120
4.	Kantin	10	10	100
5.	Gedung Pemadam Kebakaran	20	15	300
6.	Gedung Laboratorium dan <i>Quality Control</i>	20	15	300
7.	Pos Jaga	5	5	25
8.	Area Proses	150	100	15.000
9.	Area Utilitas	100	100	10.000
10.	Area Bongkar Muat	50	50	2.500
11.	Area perluasan	100	100	10.000

No	Area	Panjang (m ²)	Lebar (m ²)	Luas (m ²)
12.	Gudang	20	20	400
13.	Bengkel	30	20	600
14.	Area Hijau	100	50	5.000
15.	Titik Kumpul	20	10	200
16.	Area Parkir	60	50	3.000
17.	Jalur Evakuasi	150	10	1.500
Total				49.701

4.2.2 Tata Letak Alat Proses



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.3 Organisasi Perusahaan

4.3.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik asam laktat berbahan baku molase ini memerlukan sistem manajemen yang terencana dan terstruktur dengan baik. Untuk mewujudkannya, diperlukan

pembentukan struktur organisasi yang jelas sehingga pembagian tugas dan tanggung jawab setiap bagian dapat berjalan efektif dan efisien. Pabrik Asam Laktat dari Molase dengan kapasitas produksi sebesar 9.000 ton/tahun ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bentuk badan usaha yang memperoleh modal melalui penjualan saham yang di mana setiap pemegang saham memiliki satu atau lebih lembar saham. Dalam PT, setiap pemegang saham berkewajiban untuk menyetor penuh nilai nominal saham yang dimilikinya.

Alasan pemilihan bentuk Perseroan Terbatas (PT) untuk pabrik ini antara lain:

1. Kemudahan memperoleh modal yaitu melalui penjualan saham kepada masyarakat atau investor.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas pada jumlah modal yang disetorkan, sehingga operasional perusahaan sepenuhnya dikelola oleh manajemen.
3. Kelangsungan usaha lebih terjamin karena keberadaan perusahaan tidak bergantung pada pemegang saham, direksi maupun karyawan tertentu.
4. Manajemen yang efisien di mana pemegang saham dapat menunjuk dewan komisaris dan direksi yang kompeten serta berpengalaman.
5. Peluang ekspansi usaha lebih besar berkat kemampuan menghimpun modal dalam jumlah besar.
6. Pemisahan fungsi kepemilikan dan pengelolaan, di mana pemegang saham berperan sebagai pemilik sedangkan pengelolaan operasional dilakukan oleh direksi di bawah pengawasan dewan komisaris.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) sebagai berikut :

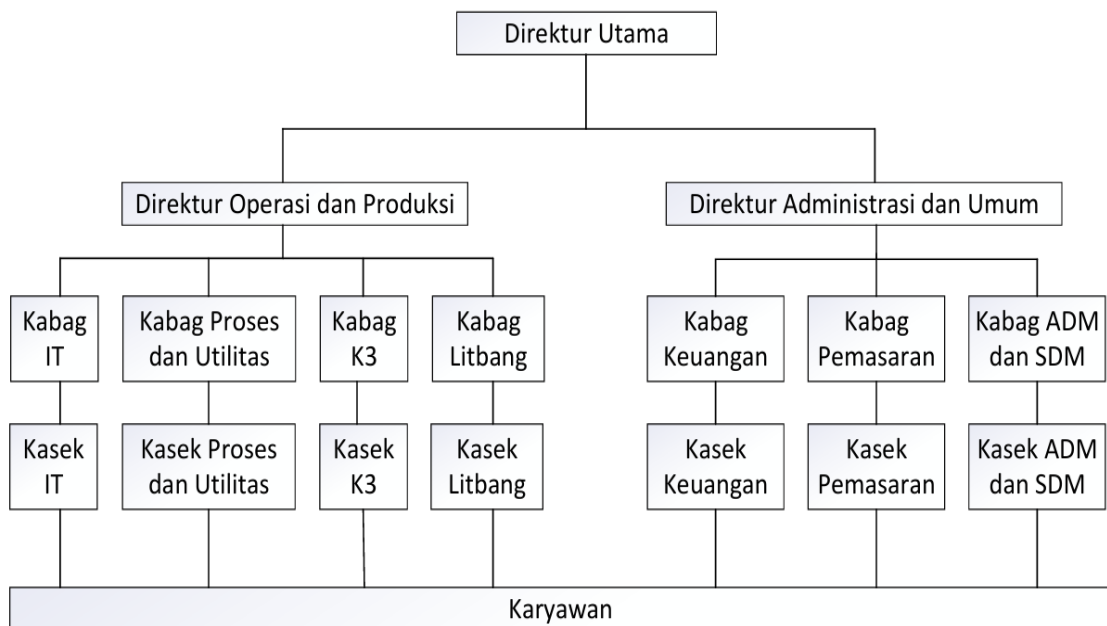
1. Perusahaan didirikan melalui akta notaris sesuai ketentuan dalam kitab undang-undang hukum dagang.
2. Kepemilikan perusahaan berada di tangan para pemegang saham.
3. Modal perusahaan tercantum dalam akta pendirian dan berbentuk saham.
4. Direksi yang memimpin perusahaan dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pengelolaan karyawan sepenuhnya menjadi tanggung jawab direksi dengan tetap mengacu pada peraturan perundang-undangan ketenagakerjaan.

4.3.2 Struktur Organisasi

Dalam suatu perusahaan, struktur organisasi menjadi elemen penting yang berperan dalam mengatur jalannya kegiatan operasional. Untuk memastikan proses produksi di pabrik dapat berlangsung secara optimal, diperlukan sistem manajemen yang terarah dengan pembagian tugas serta kewenangan yang jelas. Hal ini bertujuan agar setiap individu memahami peran dan tanggung jawabnya masing-masing, sehingga koordinasi kerja dapat tercapai secara efektif.

Tingkatan kepemimpinan yang terdapat dalam perusahaan antara lain:

- 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

4.4 Pembagian Tugas dan Wewenang

4.4.1 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris atau pemilik saham memegang kekuasaan tertinggi dalam suatu perusahaan. Dewan Komisaris tidak terlibat langsung dalam pengelolaan operasional harian, namun memegang peran penting dalam menjaga kepatuhan, tata kelola dan arah strategis perusahaan. Tugas dan Wewenang dewan komisaris antara lain :

1. Mengangkat dan memberhentikan direktur
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.4.2 Direktur Utama

Direktur Utama adalah pimpinan tertinggi direksi yang bertanggung jawab penuh atas pengelolaan perusahaan sehari-hari. Ia menjadi pengambil keputusan strategis dan operasional, serta menjadi representasi resmi perusahaan di hadapan pihak internal maupun eksternal. Tugas dan wewenang direktur utama antara lain :

1. Memimpin jalannya perusahaan secara keseluruhan.
2. Mengkoordinasikan semua divisi/bagian agar target perusahaan tercapai.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham
4. Menyetujui penggunaan anggaran sesuai kebijakan yang berlaku.

4.4.3 Kepala Bagian

Kepala Bagian adalah pimpinan suatu bidang atau divisi tertentu di dalam perusahaan yang bertanggung jawab mengelola, mengkoordinasikan, dan mengawasi seluruh kegiatan operasional di lingkup bagiannya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Mengelola dan memastikan kelancaran operasional unit proses serta unit utilitas agar target produksi pabrik tercapai dengan cara mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, kepala bagian proses dan utilitas memimpin seksi proses dan seksi utilitas.

2. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

Bertanggung jawab mengelola serta memastikan ketersediaan pasokan listrik yang memadai untuk memenuhi kebutuhan pabrik, sekaligus melakukan pengujian kelayakan instrumen di seluruh area pabrik secara berkala. Kepala bagian perencanaan dan pengendalian pemeliharaan memimpin seksi pemeliharaan dan bengkel serta seksi listrik dan instrumentasi.

3. Kepala Bagian IT

Mengelola dan memastikan kelancaran arus informasi serta menjaga kualitas beserta peralatan pendukung pabrik, seperti komputer, perangkat kontrol, dan fasilitas lainnya.

4. Kepala Bagian Umum

Mengelola berbagai aktivitas pendukung di lingkungan pabrik seperti memastikan kebersihan kantor, keamanan, dan kebutuhan lainnya. Kepala bagian umum memimpin seksi pelayanan umum serta seksi keamanan.

5. Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Memelihara kualitas sumber daya manusia di perusahaan melalui program pelatihan kerja dan kegiatan lainnya guna memastikan setiap pegawai tetap memiliki etos kerja yang tinggi.

4.4.4 Kepala Seksi

Kepala seksi bertugas melaksanakan pekerjaan di lingkup bagiannya sesuai rencana yang telah ditetapkan oleh masing-masing kepala bagian. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian sesuai dengan bidang atau seksinya. Berikut merupakan uraian kepala bagian beserta tugasnya:

1. Kepala Seksi Pemasaran dan Umum

Kepala seksi pemasaran mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

2. Kepala Seksi Keuangan

Kepala seksi keuangan memiliki tanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

3. Kepala Seksi Personalia

Kepala Seksi Personalia bertanggung jawab mengkoordinasikan seluruh kegiatan yang berkaitan dengan kepegawaian, serta menyelenggarakan aktivitas yang menjalin hubungan antara perusahaan dengan pemerintah dan masyarakat.

4. Kepala Seksi Keamanan

Kepala seksi keamanan memiliki tugas mengawasi masalah keamanan perusahaan.

5. Kepala Seksi Proses dan utilitas

Kepala seksi proses bertugas memimpin secara langsung dan memantau kelancaran proses produksi dan kepala seksi utilitas bertanggung jawab atas penyediaan air, bahan bakar, uap (steam) serta udara bertekanan untuk keperluan proses dan instrumentasi.

6. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Kepala seksi bahan baku dan produk bertugas memastikan ketersediaan bahan baku, menjaga kualitas dan kemurniannya serta mengawasi mutu produk yang dihasilkan.

7. Kepala Seksi Utilitas

Kepala seksi utilitas bertanggung jawab atas penyediaan air, bahan bakar, uap (steam) serta udara bertekanan untuk keperluan proses dan instrumentasi.

8. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kepala seksi kesehatan dan keselamatan kerja bertugas mengelola serta mengawasi kesehatan karyawan beserta keluarganya sekaligus menangani aspek keselamatan kerja di lingkungan perusahaan.

4.5 Jam Kerja

Pabrik ini beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan waktu kerja 24 jam per hari. Hari-hari di luar jadwal operasi dimanfaatkan untuk perbaikan, perawatan atau penghentian sementara (shutdown). Berdasarkan pengaturan jam kerjanya, karyawan dibagi menjadi dua kelompok yaitu karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

4.5.1 Karyawan Non-Shift

Karyawan non-shift merupakan karyawan yang tidak terlibat langsung dalam proses produksi. Kelompok ini mencakup direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh pegawai dengan tugasnya berada di kantor. Karyawan non-shift bekerja 5 hari dalam seminggu dengan pembagian jam kerja sebagai berikut:

1. Jam Kerja

Hari Senin – Jum'at : Jam 08-00– 16.00 WIB

2. Jam Istirahat

Hari Senin – Kamis : Jam 12.00 – 13.00 WIB

Hari Jumat : Jam 11.30 – 13.30 WIB

4.5.2 Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang terlibat langsung dalam proses produksi atau mengelola bagian-bagian tertentu di pabrik yang berkaitan dengan keamanan dan kelancaran produksi sehingga posisinya tidak dapat ditinggalkan. Kelompok ini meliputi operator produksi, personel bagian teknik, bagian gudang, bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, serta petugas keamanan selama proses produksi berlangsung. Karyawan shift dibagi menjadi tiga giliran kerja dengan pembagian jam kerja sebagai berikut:

1. Shift pagi : Jam 08.00– 16.00 WIB

2. Shift sore : Jam 16.00– 00.00 WIB

3. Shift malam : Jam 00.00– 08.00 WIB

Jadwal kerja dibagi ke dalam empat minggu dan empat kelompok. Masing-masing kelompok memperoleh satu hari libur dari tiga kali giliran shift. Setiap kelompok menjalani enam hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift kemudian melanjutkan ke shift berikutnya. Pada hari libur nasional atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang mendapat jadwal tetap bekerja. 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	P	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	S	L
B	P	P	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	M
C	S	S	S	L	M	M	M	M	M	M	L	P	P	P	P
D	M	M	M	M	M	M	L	P	P	P	P	P	S	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	P	L	S	S	S	S	S	M	M	M
B	L	S	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	M
C	S	S	L	M	M	M	M	M	M	L	P	P	P	P	P
D	M	M	M	M	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S

Keterangan:

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

4.6 Gaji Karyawan

4.6.1 Jumlah Pekerja

Tabel 4. 3 Jumlah Pekerja

No	Jabatan	Jumlah
1.	Direktur Utama	1
2.	Direktur Operasi dan Produksi	1
3.	Direktur Administrasi dan Umum	1
4.	Kepala Bagian Keuangan	1

No	Jabatan	Jumlah
5.	Kepala Bagian IT	1
6.	Kepala Bagian Pemasaran dan Umum	1
7.	Kepala Bagian ADM dan SDM	1
8.	Kepala Bagian proses dan utilitas	1
9.	Kepala Bagian K3	1
10.	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	1
11.	Kepala Seksi Keuangan	1
12.	Kepala Seksi IT	1
13.	Kepala Seksi Pemasaran dan Umum	1
14.	Kepala Seksi ADM dan SDM	1
15.	Kepala Seksi Proses dan utilitas	1
16.	Kepala Seksi K3	1
17.	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1
18.	Engineer Proses dan Utilitas	4
19.	Karyawan Pemasaran	6
20.	Karyawan Personalia	4
21.	Karyawan Administrasi dan Keuangan	4
22.	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4
23.	Karyawan quality control	6
24.	Karyawan bahan baku dan produk	6
25.	Karyawan K3	4
26.	Operator Proses	10
27.	Operator Utilitas	8
28.	Dokter	2
29.	Perawat	4

No	Jabatan	Jumlah
30.	Satpam	8
31.	Supir	4
32.	Cleaning Service	10
Total		101

4.6.2 Penggolongan Jabatan

Tabel 4. 4 Penggolongan Jabatan

Jabatan	Penggolongan
Direktur Utama	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Perawat	D3
Karyawan	D3/S1
Satpam	SMK/SMA/D1
Supir	SMK/SMA/D1
Cleaning Service	SMK/SMA

4.6.3 Sistem Gaji Pegawai

a. Gaji Harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak teta

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

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan
1.	Direktur Utama	1	Rp 50.000.000
2.	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp 40.000.000
3.	Direktur Administrasi dan Umum	1	Rp 40.000.000
4.	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 12.000.000
5.	Kepala Bagian Pemasaran dan Umum	1	Rp 12.000.000
6.	Kepala Bagian ADM dan SDM	1	Rp 12.000.000
7.	Kepala Bagian IT	1	Rp 12.000.000
8.	Kepala Bagian proses dan utilitas	1	Rp 12.000.000
9.	Kepala Bagian K3	1	Rp 12.000.000
10.	Kepala Bagian Penelitian dan pengembangan	1	Rp 12.000.000
11.	Kepala Seksi IT	1	Rp 10.000.000
12.	Kepala Seksi Pemasaran dan Umum	1	Rp 10.000.000
13.	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp 10.000.000
14.	Kepala Seksi ADM dan SDM	1	Rp 10.000.000
15.	Kepala Seksi proses dan utilitas	1	Rp 10.000.000
16.	Kepala seksi K3	1	Rp 10.000.000
17.	Kepala Seksi Penelitian dan Perkembangan	1	Rp 10.000.000
18.	Engineer Proses dan Utilitas	4	Rp 9.000.000
19.	Karyawan Pemasaran	6	Rp 7.000.000
20.	Karyawan Personalia	4	Rp 7.000.000
21.	Karyawan Administrasi dan Keuangan	4	Rp 7.000.000
22.	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4	Rp 7.500.000
23.	Karyawan quality control	6	Rp 7.500.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan
24.	Karyawan bahan baku dan produk	6	Rp 7.000.000
25.	Karyawan K3	4	Rp 7.500.000
26.	Operator Proses	10	Rp 7.500.000
27.	Operator Utilitas	8	Rp 7.500.000
28.	Dokter	2	Rp 10.000.000
29.	Perawat	4	Rp 7.000.000
30.	Satpam	8	Rp 5.500.000
31.	Supir	4	Rp 5.000.000
32.	Cleaning Service	10	Rp 4.000.000
Total		101	Rp 390.000.000

4.7 Kesejahteraan Pegawai

Fasilitas kesejahteraan sosial yang diberikan perusahaan kepada karyawan meliputi:

1. Tunjangan
 - a. Tunjangan berupa gaji pokok yang disesuaikan dengan golongan masing-masing karyawan.
 - b. Tunjangan jabatan yang diberikan sesuai posisi atau jabatan yang diemban.
 - c. Tunjangan lembur bagi karyawan yang bekerja di luar jam kerja dihitung berdasarkan total jam lembur yang dilakukan.
2. Pakaian Kerja

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

Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang mengalami sakit dengan disertai surat keterangan dari dokter. Sementara itu, cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun
4. Pengobatan

Biaya pengobatan karyawan yang sakit akibat kecelakaan kerja sepenuhnya ditanggung oleh perusahaan sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku sedangkan biaya pengobatan

untuk penyakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijakan perusahaan.

5. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja

Perusahaan memberikan BPJSTK apabila jumlah karyawan melebihi 10 orang dengan gaji bulanan sebesar Rp1.000.000,00. Selain itu, disediakan berbagai fasilitas untuk mendukung kenyamanan dan kelancaran aktivitas karyawan di pabrik antara lain transportasi antar-jemput dengan mobil dan bus, kantin untuk memenuhi kebutuhan makan terutama saat makan siang, sarana ibadah seperti masjid, pakaian seragam kerja beserta perlengkapan keselamatan seperti safety helmet, safety shoes, kacamata, masker, ear plug dan sarung tangan tahan api serta fasilitas kesehatan berupa poliklinik yang dilengkapi tenaga medis dan paramedis.

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan kumpulan unit atau bagian dalam suatu pabrik kimia yang berperan menyediakan kebutuhan pendukung bagi proses produksi. Dalam pabrik asam laktat, ketersediaan utilitas menjadi salah satu faktor penting yang memastikan kelancaran proses produksi. Sarana penunjang ini mencakup berbagai fasilitas selain bahan baku dan bahan tambahan yang diperlukan agar proses produksi dapat berlangsung sesuai target yang diharapkan. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik asam laktat terdiri dari :

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

5.1 Unit penyediaan dan pengolahan air

5.1.1 Unit penyediaan Air

Air merupakan salah satu komponen penting baik sebagai bahan baku maupun penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik umumnya berasal dari sumur, sungai, danau, atau laut. Dalam proses produksi asam laktat dari molase kapasitas 9.000 ton/tahun ini, sumber air yang digunakan berasal dari Sungai Sekampung yang lokasinya di belakang pabrik dan dimanfaatkan untuk mendukung berbagai kebutuhan operasional pabrik serta lingkungan sekitarnya. Penggunaan air sebagai berikut:

1. Umpan Boiler

Umpan atau steam di pabrik dimanfaatkan sebagai media pemanas. Air yang digunakan sebagai umpan boiler harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu tidak menimbulkan buih, tidak membentuk kerak pada reboiler, tidak menyebabkan korosi pada pipa dan memenuhi standar kualitas air umpan boiler.

2. Air Pendingin

Air pendingin yang dihasilkan oleh menara pendingin digunakan untuk mendinginkan peralatan seperti heat exchanger dan kondensor. Air sungai dapat dimanfaatkan sebagai sumber pendingin, namun perlu diperhatikan kandungan partikel besar dan mikroba di dalamnya. Air yang digunakan akan didaur ulang dan didinginkan kembali, dengan penambahan air make up untuk mengganti yang hilang akibat penguapan dan kebocoran. Air dipilih sebagai media pendingin karena tersedia melimpah, mudah diolah, mampu menyerap panas besar, stabil terhadap perubahan suhu, dan tidak mudah terdekomposisi.

3. Air Sanitasi

Sumber air untuk kebutuhan konsumsi dan sanitasi berasal dari air sungai, yang digunakan untuk keperluan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan taman. Air sanitasi harus memenuhi standar fisika, kimia, dan bakteriologis yaitu:

- a. Fisika: suhu lebih rendah dari udara, warna jernih, tanpa rasa dan bau.
- b. Kimia: bebas zat organik, anorganik terlarut, bahan beracun, dan bakteri yang dapat mengubah sifat air.
- c. Bakteriologis: tidak mengandung bakteri, khususnya bakteri patogen.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahap-Tahap pengolahan air :

1. Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan dalam pengolahan air utilitas dari air sungai berfungsi untuk menghilangkan partikel padat tersuspensi seperti lumpur, pasir dan kotoran yang terkandung dalam air. Dengan membiarkan partikel-partikel tersebut mengendap di dasar bak dan air menjadi lebih jernih dan bersih sebelum memasuki tahap pengolahan selanjutnya. Proses pengendapan ini sangat penting karena dapat memperlancar proses filtrasi dan treatment sekaligus mencegah kerusakan pada peralatan sistem utilitas yang disebabkan oleh partikel kasar yang dapat menyumbat atau merusak mesin. Dengan demikian, bak pengendapan berperan krusial dalam memastikan kualitas air yang digunakan memenuhi standar untuk keperluan produksi di pabrik.

2. Bak Pencampuran Cepat

Bak pencampuran cepat berfungsi sebagai tempat di mana bahan kimia seperti Ca(OH)_2 (kapur tohor), Na_2CO_3 (natrium karbonat), dan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (alum) ditambahkan dan dicampur secara merata ke dalam air. Penambahan bahan kimia ini bertujuan untuk mengatur pH air, mengendapkan kotoran, serta mempercepat proses penggumpalan (koagulasi) partikel-partikel halus yang tersuspensi dalam air. Ca(OH)_2 berperan menetralkan keasaman air dan meningkatkan pH, Na_2CO_3 membantu mengikat ion-ion yang tidak diinginkan, sementara alum berfungsi sebagai koagulan yang mengumpulkan partikel kecil menjadi gumpalan yang lebih besar sehingga lebih mudah diendapkan dan disaring. Proses pencampuran cepat ini memastikan bahan kimia tersebar merata sehingga efektivitas pengolahan air menjadi optimal sebelum masuk ke tahap filtrasi.

3. Saringan Pasir

Saringan pasir berfungsi untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih tersisa dalam air setelah proses pengendapan (klarifikasi). Meskipun sebagian besar kotoran dan partikel padat telah mengendap di clarifier tetapi masih ada partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sempurna. Saringan pasir ini bekerja sebagai tahap filtrasi mekanis untuk menangkap dan menghilangkan partikel-partikel tersebut sehingga air menjadi lebih jernih dan bersih.

4. Bak air Bersih

Bak air bersih yang terletak setelah saringan pasir dalam pengolahan air utilitas dari air sungai berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air yang telah melalui proses penyaringan dan pengolahan sebelumnya.

5. Tangki deklorinasi

Tangki deklorinasi dalam pengolahan air utilitas dari air sungai berfungsi untuk menghilangkan sisa klorin yang masih terkandung dalam air setelah proses desinfeksi. Klorin biasanya digunakan untuk membunuh mikroorganisme berbahaya dan bakteri dalam air agar aman digunakan. Namun, kelebihan klorin dapat berdampak negatif pada proses produksi dan peralatan, serta dapat membahayakan kesehatan jika air tersebut digunakan secara langsung. Oleh karena itu, tangki deklorinasi digunakan untuk menetralkan atau mengurangi kadar klorin agar air yang keluar dari tangki tersebut aman, tidak korosif, dan sesuai dengan standar kualitas air utilitas yang dibutuhkan oleh pabrik.

6. Menara Pendingin

Menara pendingin bekerja dengan cara mengalirkan air ke dalam kolom atau struktur khusus di mana air tersebut bersentuhan dengan udara, sehingga terjadi perpindahan panas dan air menjadi lebih dingin melalui proses penguapan. Fungsi utama menara pendingin adalah menjaga agar suhu air tetap rendah sehingga peralatan produksi yang menggunakan air sebagai media pendingin dapat beroperasi secara efisien dan mencegah kerusakan akibat suhu tinggi. Dengan demikian, menara pendingin sangat penting dalam menjaga kestabilan suhu dan kelancaran proses produksi di pabrik.

7. Penukar Kation

Penukar kation adalah resin khusus yang menggantikan ion-ion positif dalam air, seperti Mg^{2+} , dengan ion H^+ atau Na^+ . Resin ini umumnya berbentuk RSO_3H atau $(RSO_3)Na$. Ion dengan muatan ganda seperti Mg^{2+} lebih mudah menggantikan ion H^+ karena selektivitasnya lebih tinggi. Setelah resin jenuh, proses regenerasi dilakukan menggunakan larutan $NaCl$ untuk mengembalikan kemampuan resin dengan mengganti ion yang terikat menjadi ion Na^+ . Proses ini memastikan resin dapat digunakan kembali untuk menukar ion dalam air.

8. *Anion Exchanger*

Penukar anion adalah resin dengan sifat basa yang berfungsi menangkap ion negatif dalam air, seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} . Resin ini biasanya memiliki formula RSO_3H . Ion SO_4^{2-} dapat menggantikan ion OH^- dalam resin karena memiliki selektivitas lebih tinggi. Urutan selektivitas anion dimulai dari SO_4^{2-} , I^- , NO_3^- , CrO_4^{2-} , Br^- , Cl^- , hingga OH^- yang paling rendah. Setelah resin anion penuh atau jenuh, proses regenerasi dilakukan menggunakan larutan $NaCl$ agar resin dapat berfungsi kembali.

9. Tangki Kondensat

Tangki kondensat dalam pengolahan air utilitas dari air sungai berfungsi untuk menampung dan mengumpulkan uap air yang telah mengalami kondensasi atau perubahan dari bentuk uap menjadi cair. Air kondensat ini biasanya berasal dari proses pendinginan atau pemanasan dalam sistem pabrik. Fungsi utama tangki ini adalah menyimpan air kondensat agar dapat digunakan kembali dalam siklus produksi, sehingga menghemat penggunaan air baru dan meningkatkan efisiensi pemakaian air di pabrik. Selain itu, tangki kondensat juga membantu menjaga kestabilan tekanan dan suhu dalam sistem serta

mencegah kerusakan pada peralatan akibat fluktuasi kondisi operasional.

5.1.3 Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Cooler-01	CL-01	1.094
Cooler-02	CL-02	1.291
Cooler-03	CL-03	1.636
Jumlah		4.020

Over design dari kebutuhan air pendingin sebesar 20% maka total kebutuhan air pendingin sebesar 4.824 kg/jam.

2. Air Steam

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/jam)
Heater-01	HE-01	43
Heater-02	HE-02	46
Evaporator-01	EV-01	470
Evaporator-02	EV-02	404
Jumlah		963

Over design dari kebutuhan air steam sebesar 20% maka total kebutuhan air steam sebesar 1.156 kg/jam.

3. Kebutuhan Air Proses

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Fermentor	R-03	93.579
Netralizer	R-02	79.956
Acidifier	R-04	358
Jumlah		173.894

Over design dari kebutuhan air pendingin sebesar 20% maka total kebutuhan air pendingin sebesar 208.672 kg/jam.

4. Air Rumah

Kebutuhan air tiap orang diperkirakan sebesar 100 L/hari atau setara dengan 1,02 kg/L. Dengan jumlah karyawan pabrik sebanyak 101 orang maka total kebutuhan air untuk seluruh karyawan mencapai 421 kg/jam. Sementara itu, kebutuhan air gabungan untuk rumah tangga dan kantor adalah sebesar 313 kg/jam. Perkiraan kebutuhan untuk layanan umum seperti bengkel 200 kg/hari, poliklinik 300 kg/hari, laboratorium 500 kg/hari, pemadam kebakaran 1000 kg/hari, dan kantin, musholla, kebun membutuhkan 4000 kg/hari. Kebutuhan air total keseluruhan adalah 983 kg/jam.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan uap dalam proses produksi dengan menyediakan uap bagi boiler. Sebelum air dari instalasi pengolahan air (water treatment plant) digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu dilakukan penyesuaian kadar silika, oksigen, dan zat terlarut lainnya dengan menambahkan bahan kimia ke dalam tangki boiler feed water. Selanjutnya, air dialirkan ke economizer yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan energi panas dari gas hasil pembakaran residu boiler sebelum masuk ke boiler. Gas buang dari proses pembakaran tersebut melewati economizer terlebih dahulu sebelum akhirnya dikeluarkan melalui cerobong asap. Setelah uap terbentuk disalurkan ke steam header untuk di distribusikan ke peralatan proses yang membutuhkannya.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Pasokan listrik di pabrik ini utamanya berasal dari PLN dengan cadangan listrik yang disediakan oleh generator pabrik untuk mengantisipasi gangguan pasokan dari PLN setempat. Hal ini dilakukan agar pasokan listrik tetap berjalan tanpa putus meskipun terjadi gangguan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena memiliki keunggulan, yaitu:

- a. Menghasilkan daya listrik yang besar.
- b. Tegangan Listrik dapat disesuaikan baik dinaikkan maupun diturunkan sesuai kebutuhan.

Kebutuhan Listrik di pabrik meliputi :

1. Listrik untuk pendingin udara (AC).
2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel.
3. Listrik untuk proses produksi dan utilitas.
4. Listrik untuk penerangan.

Keunggulan menggunakan listrik dari PLN adalah biaya yang relatif rendah namun kekurangannya adalah kontinuitas pasokan listrik kurang terjamin dan tegangan listrik bisa tidak stabil. Sebaliknya, apabila listrik disuplai sendiri menggunakan generator, kontinuitas pasokan listrik dapat terjaga dengan baik namun biaya bahan bakar dan perawatan menjadi faktor yang harus diperhatikan. Energi listrik sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan alat-alat proses, utilitas, instrumentasi, penerangan serta perangkat kontrol. Berikut adalah rincian kebutuhan listrik di pabrik ini:

1. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Reaktor 1 (Hidrolisis)	R-01	7,5	5.592
Reaktor 2 (Netralizer)	R-02	3	2.237
Reaktor 3 (Fermentor)	R-03	1000	745.700
Reaktor 4 (Acidifier)	R-04	8	5.965
Rotary Vacuum Filter 1	RVF-01	25	18.642

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Rotary Vacuum Filter 2	RVF-02	25	18.642
Rotary Dryer	RD-01	10	7.457
Evaporator 1	EV-01	60	44.742
Evaporator 2	EV-01	3	2.237
Centrifuge	CF-01	6	4.474
Screw Conveyor	SC-01	1,5	1.118
Pompa 1	P-01	1	745
Pompa 2	P-02	5	3.728
Pompa 3	P-03	5	3.728
Pompa 4	P-04	3	2.237
Pompa 5	P-05	5	3.728
Pompa 6	P-06	1	745
Pompa 7	P-07	1	745
Pompa 8	P-08	7,5	5.592
Pompa 9	P-09	5	3.728
Pompa 10	P-10	1	745
Pompa 11	P-11	3	2.237
Pompa 12	P-12	$\frac{3}{4}$	559
Pompa 13	P-13	2	1.491
Pompa 14	P-14	5	3.728
Pompa 15	P-15	$\frac{1}{3}$	248
Pompa 16	P-16	$\frac{1}{3}$	248
Pompa 17	P-17	5	3.728
Pompa 18	P-18	$\frac{3}{4}$	559

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Pompa 19	P-19	$\frac{3}{4}$	559
Pompa 20	P-20	3	2.237
Pompa 21	P-21	$\frac{1}{6}$	124
Pompa 22	P-22	$\frac{3}{4}$	559
Total		1.189	898.817

2. Kebutuhan listrik untuk alat utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Bak Pencampur cepat	BPC-01	2	1.491
Blower Cooling Tower	BL-01	$\frac{1}{2}$	372
Kompresor	C-01	5	3.728
Pompa Utilitas 1	PU-01	$\frac{1}{4}$	186
Pompa Utilitas 2	PU-02	$\frac{1}{4}$	186
Pompa Utilitas 3	PU-03	$\frac{1}{4}$	186
Pompa Utilitas 4	PU-04	$\frac{1}{4}$	186
Pompa Utilitas 5	PU-05	1	745
Pompa Utilitas 6	PU-06	15	11.185
Pompa Utilitas 7	PU-07	— 172	5.592

Alat	Kode Alat	Daya	
		hP	Watt
Pompa Utilitas 8	PU-08	10	7.457
Total		1.156	862.402

Kebutuhan listrik tambahan untuk alat kontrol, penerangan sebesar 3.081 kW, peralatan kantor, bengkel, laboratorium serta area perumahan mencapai 180 kW. Dengan demikian, total konsumsi listrik keseluruhan mencapai 14.874 kW. Sumber utama energi listrik berasal dari PLN dengan kapasitas sebesar 29.005 kW.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara bertekanan digunakan untuk menggerakkan peralatan kontrol yang bekerja secara pneumatik. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 53 m³/jam dengan tekanan sekitar 6,9 atm. Penyediaan udara tekan dilakukan menggunakan kompresor yang dilengkapi dengan pengering (dryer) berisi silica gel yang berfungsi untuk menyerap kandungan air hingga kadar maksimal 1,33 kg/jam.

5.5 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik asam laktat terbagi menjadi dua kategori:

1. Limbah cair meliputi:
 - a. Air buangan yang mengandung zat organik.
 - b. Air buangan domestik.
 - c. Blow down dari sistem pendingin (*cooling water*).
 - d. Air buangan domestik bersumber dari toilet di area pabrik dan perkantoran. Air ini kemudian dikumpulkan dan diolah melalui unit stabilisasi dengan metode lumpur aktif, aerasi, serta penambahan gas klorin.
2. Limbah padat terdiri dari lumpur hasil pengolahan air dan gas dari unit EV-01 dan EV-02, serta cake dari RVF-01 dan RVF-02. Untuk mencegah dampak pencemaran dari limbah padat, dilakukan pengelolaan khusus dengan membangun fasilitas pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

5.6 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

1. Bak Pengendapan Awal (BU-01)

Fungsi	: Untuk mengendapkan kotoran yang ada pada air sungai
Tipe	: Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang
Jumlah Air	: 179.860 kg/jam
Panjang	: 13,73 m
Lebar	: 6,86 m
Tinggi	: 6,86 m

2. Bak Pencampur cepat (BU-02)

Fungsi	: Menggendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran .
Jumlah Air	: 170.867 kg/jam
Diameter	: 6,39 m
Tinggi	: 6,39 m
Jumlah Impeller	: 1 buah
Power Motor	: 2 Hp

3. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi	: Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu
Tipe	: Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang
Jumlah Air	: 0,550 kg/jam
Volume	: 11,10 m ³
Diameter	: 1,80 m
Tinggi	: 3,61 m

4. 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 dengan beton bertulang
Jumlah Air	: 162.324 kg/ jam.
Volume	: 1.169 m ³

Panjang : 13,27 m
Lebar : 13,27 m
Tinggi : 6,63 m

5. Bak Pengendap II (BU-04)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi.

Jumlah Air : 154.208 kg/jam
Volume : 1.111 m³
Panjang : 13,05 m
Lebar : 13,05 m
Tinggi : 6,52 m

6. Sand Filter (FU-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin
Jumlah Air : 146.497 kg/jam
Volume : 18 m³
Panjang : 3,31 m
Lebar : 3,31 m
Tinggi : 1,65 m

7. Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jumlah Air : 733 kg/jam
Volume : 0,73 m³
Diameter : 0,97 m
Tinggi : 0,97 m

8. Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi

Diameter : 0,13 m

Tinggi : 0,13 m

9. Tangki Air Bersih (T-01)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah

tangga Tipe : Berbentuk Tangki silinder berpengaduk

Jumlah Air : 139.172 kg/jam

Volume : 619 m³

Diameter : 9,23 m

Tinggi : 9,23 m

10. Tangki Service Water (T-02)

Fungsi : Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah Air : 250 kg/jam

Diameter : 2,09 m

Tinggi : 2,09 m

11. Bak Air Pendingin (BU-06)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah Air : 4.020 kg/jam

Panjang : 6,14 m

Lebar : 6,14 m

Tinggi : 3,07 m

12. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat-alat proses dengan media pendingin udara

Jumlah Air : 4.020 kg/jam

Panjang : 0,36 m

Lebar : 0,36 m

Tinggi : 16,76 m

13. Blower Cooling Tower (BL-01)

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

Kebutuhan Udara : 1.597 m³/jam

Power : ½ Hp

14. Mixed Bed (MB-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO₄, dan NO₃.

Jumlah Air : 963 kg/jam

Diameter : 0,10 m

Tinggi : 0,91 m

Tebal : $\frac{3}{16}$ in

15. Tangki NaCl (TU-04)

Fungsi : Menampung larutan NaCl Cation

Exchanger. Tipe : Tangki Silinder

Jumlah Air : 4.020 kg/jam

Diameter : 0,27 m

Tinggi : 0,27 m

16. Tangki NaOH (TU-05)

Fungsi : Menampung larutan NaCl Cation
Exchanger. Tipe : Tangki Silinder
Jumlah Air : 4.020 kg/jam
Diameter : 5,26 m
Tinggi : 5,26 m

17. Tangki Umpan Boiler (TU-06)

Fungsi : Mencampur Kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler
sebelum dibangkitkan sebagai steam alam boiler
Tipe : Tangki Silinder
Jumlah Air : 1.194 kg/jam
Diameter : 1,22 m
Tinggi : 1,22 m

18. Tangki N₂H₄ (TU-07)

Fungsi : Mencampur Kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler
sebelum dibangkitkan sebagai steam boiler
Tipe : Tangki Silinder
Jumlah Air : 1.194 kg/jam
Diameter : 22,79 m
Tinggi : 22,79 m

19. Boiler (B-01)

Fungsi : Membuat saturated steam
Tipe : Water Tube
Jumlah Air : 963 kg/jam
Diameter : 0,07 m
Panjang : 0,30 m
Luas perpindahan : 93,30 m²

20. Tangki Kondensat (TU-08)

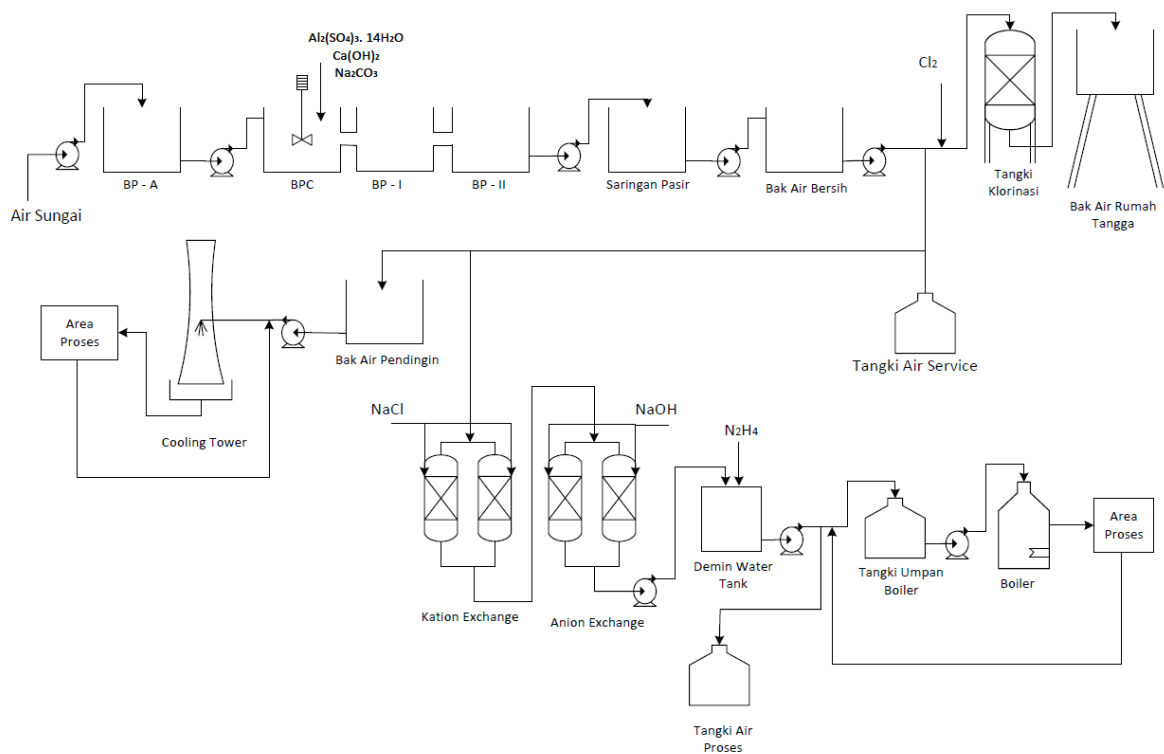
Fungsi : Menyimpan air umpan boiler selama

Tipe : Water Tube

Jumlah Air : 963 kg/jam

Diameter : 0,78 m

Tinggi : 0,78 m



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

BAB VI

PERHITUNGAN EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Pada tahap pra-rancangan pabrik, diperlukan analisis ekonomi guna memperkirakan kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi. Analisis ini mencakup peninjauan kebutuhan modal, besarnya keuntungan yang dapat diperoleh, jangka waktu pengembalian investasi, serta titik impas ketika total biaya produksi sebanding dengan pendapatan yang dihasilkan. Selain itu, analisis ekonomi juga bertujuan untuk menentukan apakah pabrik yang direncanakan layak dan menguntungkan untuk didirikan atau tidak. 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 analisis 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 dapat berubah sewaktu-waktu sesuai dengan kondisi ekonomi yang memengaruhinya. Oleh karena itu, sulit untuk mengetahui harga pasti setiap tahunnya. Maka diperlukan suatu metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun tertentu, dengan terlebih dahulu mengetahui indeks harga peralatan pada tahun tersebut.

Pabrik asam laktat direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun, dengan tahun evaluasi ditetapkan pada 2030. Dalam analisis ekonomi, harga peralatan maupun komponen biaya lain dihitung berdasarkan nilai pada tahun analisis. Untuk menentukan harga pada tahun analisis, digunakan indeks harga pada tahun tersebut. Perkiraan indeks harga tahun 2027 diperoleh secara umum dari data indeks periode 1972–2000 menggunakan persamaan regresi linier. Indeks harga ini dikenal dalam bidang Teknik Kimia sebagai Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).

Tabel 6. 1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)

Tahun	Annual Index
1972	137.2
1973	144.1
1974	165.4
1975	182.4
1976	192.1
1977	204.1
1978	218.8
1979	238.7

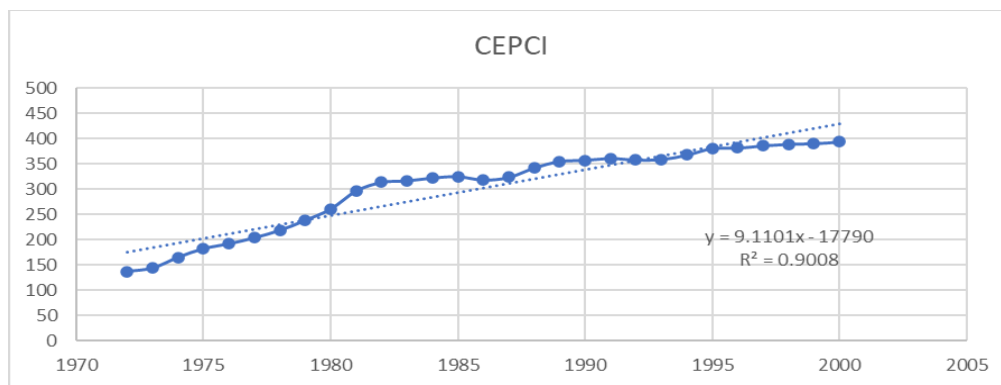
Tahun	Annual Index
1980	261.2
1981	297
1982	314
1983	317
1984	322.7
1985	325.3
1986	318.4
1987	323.8
1988	342.5
1989	355.4
1990	357.6
1991	361.3
1992	358.2
1993	359.2
1994	368.1
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
2000	394.1

Sumber : www.chemengonline.com/pci

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$Y = 9,1101x - 17.790$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, sehingga indeks pada tahun 2030 sebesar = 703,503. Grafik plotting data dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga Alat

Harga peralatan pada pabrik Asam Laktat berbahan baku molase diperoleh dari situs matches (www.matche.com) serta beberapa sumber referensi lainnya. Selain itu, penentuan harga peralatan juga merujuk pada referensi dari Klaus D. Timmerhaus & Max S. Peters (1991). Dengan demikian, estimasi harga peralatan pada tahun 2027, saat pabrik akan didirikan, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries dan Newton, 1959})$$

Indeks Harga Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun

Ny : Index harga pada tahun referensi

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk Asam Laktat	: 9.000 ton/ tahun
Satu tahun operasi	: 330 hari
Umur pabrik	: 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	: 2027
Kurs mata uang tahun 2025	: 1US\$ = Rp 16.354,38

6.4 Perhitungan Biaya

1. Capital Investment

Capital Investment merupakan total pengeluaran yang dibutuhkan untuk membangun serta mengoperasikan fasilitas pabrik. Investasi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu Fixed Capital Investment dan Working Capital Investment. Fixed Capital Investment mencakup biaya yang digunakan untuk pembangunan fasilitas pabrik, sedangkan Working Capital Investment adalah modal yang diperlukan untuk menjalankan operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu.

2. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost adalah total biaya yang terdiri dari Direct, Indirect, dan Fixed Manufacturing Cost yang berhubungan dengan proses pembuatan produk. Berdasarkan Aries & Newton (tabel 23), komponen Manufacturing Cost mencakup Direct Cost, Indirect Cost, serta Fixed Cost. Direct Cost merupakan biaya yang berhubungan langsung dengan proses produksi. Indirect Cost adalah biaya yang timbul secara tidak langsung akibat berjalannya operasi pabrik. Sementara itu, Fixed Cost adalah biaya tetap yang harus dikeluarkan baik ketika pabrik beroperasi maupun tidak, dan sifatnya tidak bergantung pada waktu maupun tingkat produksi.

3. General Expense

General Expense, atau yang biasa disebut pengeluaran umum, merupakan kategori biaya yang mencakup seluruh bentuk pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi manajerial, administratif, serta operasional perusahaan secara keseluruhan, namun tidak diklasifikasikan sebagai bagian dari Manufacturing Cost. Dengan kata lain, General Expense mencerminkan beban finansial yang diperlukan untuk mendukung keberlangsungan fungsi organisasi dan pengelolaan perusahaan yang sifatnya berada di luar lingkup langsung proses produksi.

6.5 Analisis Kelayakan

Untuk menentukan sejauh mana tingkat keuntungan yang dihasilkan dapat dikategorikan signifikan atau sebaliknya, sehingga memungkinkan penilaian apakah suatu pabrik layak disebut potensial atau tidak, diperlukan suatu proses analisis serta evaluasi kelayakan yang sistematis. Evaluasi ini berfungsi sebagai instrumen penilaian menyeluruh

terhadap aspek finansial maupun operasional pabrik. Adapun beberapa pendekatan atau metode yang umum digunakan dalam menyatakan tingkat kelayakan tersebut antara lain:

1. Percent Return On Investment (ROI)

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

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

Perhitungan keuntungan didasarkan pada nilai penjualan tahunan atau *annual sales* (S_a) yang dibandingkan dengan total *manufacturing cost*. Komponen finansial dalam analisis ini juga mencakup beban pengembalian utang yang timbul selama masa konstruksi pabrik, di mana aspek keuangan tersebut berperan langsung dalam memengaruhi arus kas (*cash flow*) operasional pabrik. Tingkat pengembalian investasi (*Return on Investment/ROI*) sebelum pajak ditetapkan berbeda menurut kategori risiko: untuk pabrik dengan tingkat risiko relatif rendah, nilai minimum ROI sebelum pajak diproyeksikan sebesar 11%, sedangkan untuk pabrik yang tergolong berisiko tinggi, standar minimum ROI sebelum pajak meningkat signifikan hingga mencapai 44%.

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah :

- a. Lamanya periode waktu yang diperlukan hingga penerimaan kumulatif melampaui besarnya investasi awal, atau jumlah tahun yang dibutuhkan agar *Capital Investment* dapat kembali melalui keuntungan sebelum dikurangi depresiasi.
- b. Periode minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan, dihitung berdasarkan akumulasi keuntungan tahunan ditambah nilai penyusutan.
- c. Estimasi waktu pengembalian investasi yang diperoleh dari akumulasi keuntungan bersih, yang berfungsi untuk mengetahui dalam kurun berapa tahun modal yang telah diinvestasikan dapat dipulihkan sepenuhnya.
- d. Batas maksimum *Pay Out Time (POT)* ditentukan berdasarkan tingkat risiko pabrik, yaitu 5 tahun untuk pabrik dengan risiko rendah, sedangkan untuk pabrik dengan risiko tinggi hanya diperkenankan hingga 2 tahun.

Persamaan untuk menentukan POT :

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

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi merupakan kondisi keseimbangan di mana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian.
- b. Suatu keadaan yang menunjukkan tingkat produksi atau penjualan ketika total biaya sebanding dengan total pendapatan. Melalui analisis Break Even Point (BEP), dapat ditentukan harga jual minimum, jumlah unit penjualan terendah yang harus dicapai, serta target harga dan volume penjualan yang diperlukan untuk memperoleh keuntungan.
- c. Kapasitas produksi yang terjadi pada saat pendapatan penjualan (sales) sama dengan total biaya (total cost). Apabila pabrik beroperasi di bawah BEP maka akan mengalami kerugian, sedangkan operasi di atas BEP akan menghasilkan keuntungan.
- d. Secara umum, nilai BEP berkisar antara 40% hingga 60% dari kapasitas produksi.

Persamaan untuk menentukan BEP :

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

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 :

- Kondisi atau titik penentuan ketika aktivitas produksi dihentikan, yang dapat disebabkan oleh tingginya *Variable Cost* atau keputusan manajerial akibat tidak ekonomisnya kegiatan produksi karena tidak menghasilkan keuntungan.
- Persentase kapasitas minimum yang harus dicapai oleh pabrik dalam satu tahun untuk memenuhi target produksi yang diharapkan. Apabila kapasitas minimum tersebut tidak terpenuhi, maka pabrik tidak dapat melanjutkan operasional dan harus dihentikan.
- produksi di mana biaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan operasi pabrik melebihi biaya yang diperlukan untuk menutup pabrik sekaligus tetap membayar *Fixed Cost*.
- Titik kritis dalam proses produksi ketika pabrik mengalami kondisi kebangkrutan, sehingga keberlangsungan operasional tidak lagi memungkinkan dan pabrik harus ditutup.

Persamaan untuk menentukan SDP :

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

5. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah :

- Analisis kelayakan ekonomi dengan metode *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* dilakukan dengan mempertimbangkan perubahan nilai uang terhadap waktu, serta menghitung investasi yang belum kembali pada setiap akhir tahun sepanjang umur operasional pabrik.
- Tingkat suku bunga maksimum yang masih memungkinkan suatu proyek melunasi kewajiban pinjaman pokok beserta bunga kepada pihak bank selama masa operasi pabrik.
- Estimasi besarnya keuntungan tahunan yang dihasilkan, dihitung berdasarkan nilai investasi yang tidak kembali pada akhir setiap tahun selama umur pabrik berlangsung.

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

$$(FC + WC)(I + i)N = C \sum (I + i) N + WC + SV$$

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

Pembangunan pabrik asam laktat menuntut adanya perencanaan keuangan yang matang disertai dengan analisis kelayakan yang komprehensif guna mengevaluasi sejauh mana pendirian pabrik tersebut layak secara ekonomis maupun finansial. Proses evaluasi ini menghasilkan perhitungan yang dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Adapun hasil analisis perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC)

Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Purchased equipment cost (PEC)	139,632,235,198	8,537,911
Delivered Equipment Cost (DEC)	34,908,058,799	2,134,478
Biaya Pemasangan	15,359,545,872	939,170
Piping Cost (biaya pemipaan)	33,411,641,825	2,042,978
Instruentation Cost (Biaya Instrumentasi)	44,078,433,210	2,695,207
Insulation Cost (Biaya Isolasi)	6,058,862,979	370,473
Electrical Cost (Biaya Listrik)	20,944,835,280	1,280,687
Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Building Cost (Biaya Bangunan)	8,128,250,000	497,008
Land & Yard Improvement	12,425,250,000	759,751
Total PPC	314,947,113,163	19,257,661

Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC)

Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Engineering and Contruktion</i>	65,382,889,414	3,997,882
<i>DPC (direct plant cost)</i>	392,297,336,482	23,987,295
Total (DPC + PPC)	457,680,225,896	27,985,177

Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
Direct Plant Cost	392,297,336,482	23,987,295
Cotractor's fee	39,229,733,648	2,398,729
Contingency	39,229,733,648	2,398,729
Total FCI	470,756,803,779	28,784,754

Tabel 6. 5 Working Capital Investment

Working Capital Investment (WCI)	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	37,210,543,733	2,275,265
<i>Inproses Onventory</i>	27,037,972,974	1,653,256
<i>Product Inventory</i>	54,075,945,947	3,306,512
<i>Extended Credit</i>	49,090,909,091	3,001,698
<i>Available Cash</i>	54,075,945,947	3,306,512
Total WCI	221,491,317,693	13,543,241

Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct Manufacturing Cost (DMC)	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material</i>	409,315,981,067	25,027,912
<i>Labor</i>	8,196,000,000	501,150
<i>Supervision</i>	1,229,400,000	75,173
<i>Maintenance</i>	18,830,272,151	1,151,390
<i>Plant Supplies</i>	2,824,540,823	172,709
<i>Royalty and Patents</i>	48,029,189,074	2,936,778
<i>Utilities</i>	9,605,837,815	587,356
Total	498,031,220,930	30,452,467

Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	1,229,400,000	75,173
<i>Laboratory</i>	1,229,400,000	75,173
<i>Plant Overhead</i>	6,147,000,000	375,863
<i>Packaging and Shipping</i>	27,000,000,000	1,650,934
Total	35,605,800,000	2,177,142

Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	47,075,680,378	2,878,475
<i>Property taxes</i>	9,415,136,076	575,695
<i>Insurance</i>	4,707,568,038	287,848
Total	61,198,384,491	3,742,018

Tabel 6. 9 General Expense (GE)

<i>General Expenses(GE)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Administration</i>	17,845,062,163	1,091,149
<i>Sales Expense</i>	130,863,789,193	8,001,758
<i>Research</i>	47,586,832,434	2,909,730
<i>Finance</i>	27,689,924,859	1,693,120
Total	223,985,608,648	13,695,757

Tabel 6. 10 Analisis Laba Bersih

<i>Type of Expense</i>	Biaya (Rp)
Total Penjualan	960,583,781,489
Total Production Cost	818,821,014,069
Keuntungan Sebelum Pajak	141,762,767,420
Pajak (20% dari keuntungan)	28,352,553,484
Keuntungan Setelah Pajak	113,410,213,936

6.7. Hasil Analisis Kelayakan

Penjualan :

1. Asam Laktat

Produksi = 9.000 ton/ tahun

Harga Jual = Rp 60.000/ Kg

2. Kalsium Laktat

Produksi = 8.462,471 ton/ tahun

Harga Jual = 48.000/ Kg

Total Penjualan = Rp 943.760.430.229

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp 823.443.822.265

Biaya Pajak = Rp 24.063.321.593

Keuntungan Setelah Pajak = Rp 96.253.286.372

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

A. *Return on Investment (ROI)*

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

ROI sebelum pajak = 25,56%

ROI setelah pajak = 20,45%

B. *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 2,8 tahun

POT setelah pajak = 3,3 tahun

C. Break Event Point (BEP)

Tabel 6. 11 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Tipe og Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	47.075.680.378	2.878.475,39
2	<i>Property taxes</i>	9.415.136.076	575.695,08
3	<i>Insurance</i>	4.707.568.038	287.847,54
Fixed Cost (Fa)		61.198.384.491	3.742.018,01

Tabel 6. 12 Regulated Cost (Ra)

No	Tipe of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor Cost	8.196.000.000	501.150,15
2	Plant Overhead	6.147.000.000	375.862,61
3	Payroll Overhead	1.229.400.000	75.172,52
4	Supervision	1.229.400.000	75.172,52
5	Laboratory	1.229.400.000	75.175,52
6	Administration	17.814.780.130	1.089.297,19
7	Finance	27.680.748.485	1,692.558,72
8	Sales Expense	130.641.720.956	7.988.179,37
9	Research	47.506.080.348	2.904.792,50
10	Maintenance	18.830.272.151	1.151.390,16
11	Plant Supplies	2.824.540.823	172.708,52
Regulated Cost (Ra)		263.329.342.893	16.101.456,79

Tabel 6. 13 Variabel Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	409.315.981.067	25.027.911,85
2	Packaging & Shipping	2.885.345	176,43
3	Utilities	9.437.604.302	577.068,91
4	Royalties and Patents	27.000.000.000	1.650.933,88
Variable Cost (Va)		445.756.470.713	27.256.091,07

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa

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

$$BEP = 54,13 \%$$

D. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 27,93\%$$

E. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

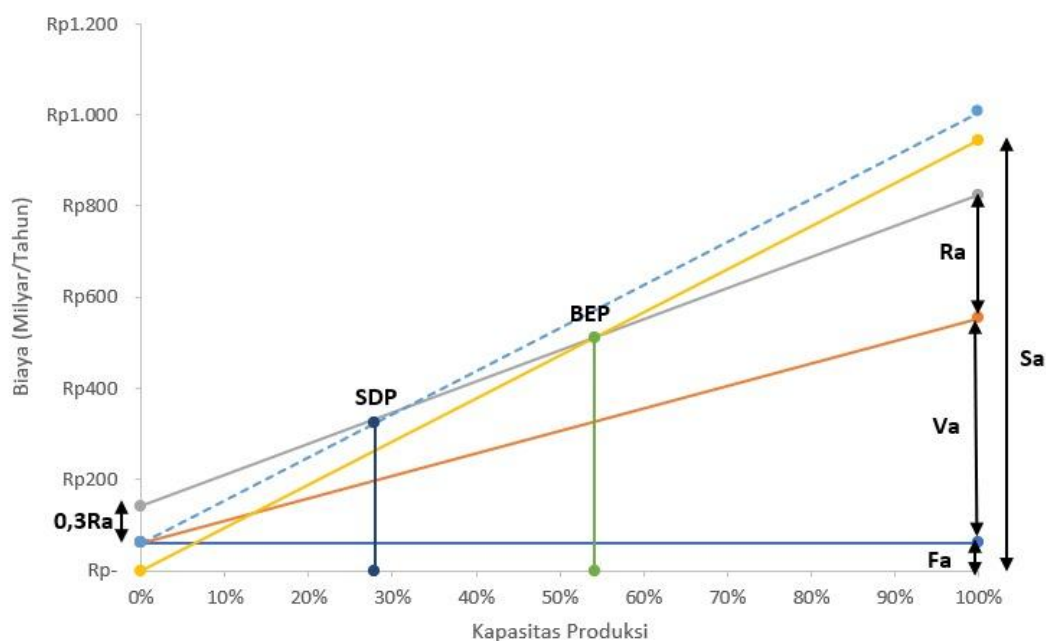
Umur Pabrik	: 10 Tahun
FCI	: Rp 470,756,803,779
Working Capital	: Rp 221,491,317,693
Salvage Value (SV)	: Rp 47,075,680,377.88
Cash Flow (CF)	: Rp 188,175,819,173

$$(FC + WC)(I + i)^N = C \sum (I + i)^N + WC + SV$$

Berdasarkan trial dan error diperoleh nilai $i = 19,20\%$

Tabel 6. 14 Analisis Kelayakan Pabrik

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak ROI setelah pajak	25,56 % 20,45 %	ROI before taxes max low 44%
POT sebelum pajak POT setelah pajak	2,8 tahun 3,3 tahun	POT before taxes maksimum, high 5 tahun
BEP	54,13 %	Berkisar 40-60%
SDP	27,93 %	
DCFR	19,20%	>1,5 bunga bank = minimum 8,6%



Gambar 6.2 Grafik Analisis Ekonomi

6.8 Analisis Resiko pabrik

Dalam proses pendirian suatu pabrik, aspek risiko merupakan faktor krusial yang harus dianalisis secara cermat, khususnya terkait klasifikasi apakah pabrik tersebut tergolong berisiko rendah (*low-risk*) atau berisiko tinggi (*high-risk*). Penentuan tingkat risiko ini tidak dapat

dilepaskan dari berbagai parameter evaluatif yang menjadi dasar kategorisasi. Oleh karena itu, untuk menilai apakah pabrik asam laktat yang direncanakan masuk dalam kategori berisiko rendah atau berisiko tinggi, digunakan sejumlah parameter penilaian sebagai berikut:

1. Kondisi Operasi

- b. Suhu : Suhu tertinggi terdapat pada evaporator yaitu 100°C
- c. Tekanan : Semua tekanan pada proses ini adalah 1 atm.

2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

a. Bahan Baku

Molase berperan sebagai bahan baku utama dalam proses produksi asam laktat. Substansi ini memiliki karakteristik fisik berupa cairan kental berwarna coklat dengan viskositas tinggi, bersifat tidak mudah terbakar, serta ditandai dengan aroma khas yang menjadi ciri identifikatifnya. Dengan sifat kimia-fisika tersebut, molase dianggap sebagai salah satu bahan dasar yang potensial dalam menunjang proses fermentasi maupun sintesis kimia pada pembuatan asam laktat.

b. Produk

Produk utama yang dihasilkan dari proses operasional pabrik adalah asam laktat, yakni suatu senyawa kimia yang secara fisik tidak berwarna, namun memiliki sifat korosif serta berpotensi menimbulkan efek iritasi apabila terjadi kontak langsung dengan jaringan tubuh atau permukaan tertentu.

c. Sumber Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik asam laktat adalah molase yang didapat dari PT Gunung Madu Plantation.

d. Limbah Pabrik

Limbah yang dihasilkan dari aktivitas produksi asam laktat akan dialirkan dan ditangani secara khusus melalui unit pengelolaan limbah, di mana proses pengolahan dilakukan untuk meminimalkan dampak lingkungan sekaligus memastikan bahwa limbah yang dilepaskan memenuhi standar baku mutu yang berlaku.

e. Hasil Perhitungan Ekonomi

Berdasarkan Tabel 6.14 analisis kelayakan ekonomi pabrik asam laktat memenuhi semua

parameter kelayakan ekonomi.

Dari hasil diatas, maka 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 9.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pendirian pabrik Asam Laktat dengan kapasitas 9.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, serta mendorong berkembangnya industri lainnya yang berbahan baku molase.
- b. Pabrik Asam Laktat berbentuk Perseroan terbatas (PT) didirikan di daerah Lampung Timur, Lampung dengan luas tanah keseluruhan 49.701 m² dan luas bangunan 2.501 m². Jumlah karyawan 101 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
- c. Berdasarkan hasil perhitungan analisis terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini, didapatkan sebagai berikut :
 1. Presentasi *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 25,56% dan setelah pajak adalah 20,45%.
 2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,8 tahun dan setelah pajak adalah 3,3 tahun.
 3. Nilai *Break Even Point* (BEP) adalah 54,13% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 27,93%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40% - 60% dan SDP sebesar 20% - 30%. (Aries & Newton, 1955)
 4. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 19,20%.
- d. 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 :

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

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Indeks Harga Perdagangan Besar Menurut Sektor (Tahunan) 2000-2016*. (Online). <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/930>
- Brown, G. G., Foust, A. S., Katz, D. L., Schneidewind, R., White, R. R., Wood, W.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley Eastern Limited: New York.
- Geankoplis, C. J. (2018). Transport processes and separation process principles.
- Matches. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. (online). www.matche.com.
- P., Brown, G. M., ... York, J. L. (1950). Unit Operations. New York:
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition*. McGraw- Hill Book Co: New York.
- Prescott, S. C., and Dunn, C. G., 1949, "Industrial Microbiology", McGraw-Hill, New York
- Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, pp. 324-329, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Yaws, C. L. (1999). *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L. Yaws, 1996.pdf* (pp. 1–772).

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR HIDROLISIS

Fungsi : Untuk memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Kondisi Operasi
 $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $P = 1\text{ atm}$

Konversi : 95 %

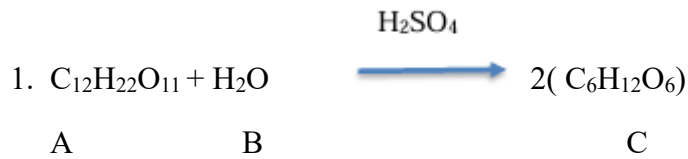
A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180	2,906	523,025
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342	1,631	557,894
H_2SO_4	98	1,512	148,190
H_2O	18	22,445	404,010
Total		28,49	1.633,120

B. Densitas pada suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Komponen	Densitas (kg/m ³)	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	ρ campuran (kg/m ³)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	1.140	523,025	0.32	365,143
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	1.487	557,894	0.34	508,294
H_2SO_4	1.785	148,190	0.09	162,003
H_2O	975	404,010	0.025	241,086
Total	5.387	1.633,120	1	1276,53

STOIKIOMETRI REAKSI



	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	H_2O	$2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	H_2SO_4
Mula – mula	1,631	22,445	2,906	1,512
Reaksi	1,631	1,631	3,263	
Sisa	0,000	20,814	15.13	1,512

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetris

$$F_v = \frac{\text{Massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= 1,279 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1.279 \text{ liter/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi Mula-Mula

$$C_{A0} = \frac{n_{A0}}{F_v}$$

$$\text{Total umpan mula -mula } C_{A0} = 0,00127 \text{ kmol/liter}$$

$$C_{B0} = \frac{n_{B0}}{F_v}$$

$$\text{Total umpan mula-mula } C_{B0} = 0,0175 \text{ kmol/liter}$$

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - X)$$

$$\text{Total konsentrasi } C_A \text{ keluar reaktor} = 0.000063 \text{ kmol/liter}$$

$$C_B = C_{B0} - (C_{A0} \cdot X)$$

$$\text{Total konsentrasi } C_B \text{ keluar reaktor} = 0,000877 \text{ kmol/liter}$$

3. Harga Konstanta Reaksi

Asumsi :

1. Reaksi orde 1.

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.

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (\text{Ajaala,2020})$$

Dimana :

$$A = 1,57$$

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

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

$$T = 343^\circ\text{K}$$

Dari rumus diatas maka diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksi sebesar :

$$k = 0,014/ \text{ menit}$$

$$= 0,888/\text{jam}$$

4. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{k \cdot C_A}$$

Dimana:

$$F_{A0} : \text{Laju alir umpan mula-mula} = 1,631 \text{ kmol/jam}$$

$$X : \text{Konversi reaksi} = 95\%$$

$$k : \text{Konstanta kecepatan laju reaksi} = 0,888/\text{jam}$$

Dari rumus persamaan diatas didapatkan volume reaktor sebesar :

$$= 27.351,37 \text{ liter}$$

$$= 27,351 \text{ m}^3$$

5. Menentukan Waktu Tinggal

$$t = \frac{V}{F_v}$$

$$= 21,379 \text{ jam}$$

6. Menghitung Volume Reaktor

Volume cairan dalam reaktor

$$\begin{aligned}V \text{ cairan} &= 7.225,467 \text{ gallon} \\&= 27.348,394 \text{ litter} \\&= 27,351 \text{ m}^3 \\&= 965,913 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Volume Reaktor setelah overdesign 20%

$$\begin{aligned}V \text{ reaktor} &= 8.670,561 \text{ gallon} \\&= 103.513,674 \text{ litter} \\&= 32,822 \text{ m}^3 \\&= 1.159,096 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

7. Menghitung Diameter dan Tinggi Tangki Reaktor

Dipilih Reaktor Alir Tangki Berpengaduk berbentuk flat and bottom torispherical

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor adalah 1 : 1

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

Dengan menggunakan persamaan :

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

Maka didapatkan dimensi reactor sebagai berikut :

$$\text{Diameter} = 3,47 \text{ m}$$

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

$$\text{Tinggi Reaktor} = 3,47 \text{ m}$$

8. Menghitung Tebal Dinding (Shell) Reaktor

Persamaan yang digunakan:

$$t_s = \frac{P_d r_i}{fE - 0,6P_d} + C \quad (\text{Eq. 14.34, p.275, Brownell \& Young})$$

Dimana :

ts = tebal shell, in

Pd = tekanan dalam tangki, psi

f = allowable stress, 12650 psi

ri = Jari – jari dalam storage, in

E = Efisiensi pengelasan, 80%

c = Faktor korosi, 0.125 in

Dari hasil perhitungan didapat tebal shell sebesar 0.283 in

sehingga dipilih tebal *shell* standar sebesar 0.312 in = $\frac{5}{16}$ in

9. Perancangan Tebal Head

Persamaan yang digunakan :

$$W = \frac{1}{4}(3 + \sqrt{r_c/r_1})$$
$$t = \frac{pr_c W}{2fE - 0.2p} + c$$

(P.138, Brownell & Young)

Dimana :

th = tebal *head*, in

icr = *inside coner radius*, in

r = jari-jari dalam head

OD = diameter luar head, in

ID = diameter dalam head, in

b = *depth of dish*, in

OA = tinggi head

Sf = *straight of flanged*

Didapatkan hasil dari persamaan :

th = 0,1875 in

icr = $8\frac{3}{8}$ in

r = 132 in

OD = 138 in

ID	= 136,640 in
P	= 23,468 psi
W	= 2,720 in
Sf	= 1.8 in
b	= 23,881 in

diperoleh nilai tebal *head* dan *bottom* dari perhitungan sebesar 0,1282 in sehingga tebal *head* standar 0,1875 in dan didapatkan sf = 1,8 in.

H head	= sf + b + th
	= 25,809 in
Tinggi total reaktor	= 2.H <i>head</i> + H <i>shell</i>
	= 188,257 in
	= 4,781 m

10. Menghitung dimensi pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah *flat six blade turbine* dengan hasil perhitungan :

Dt	= 3,470 m
Diameter <i>propeller</i> (Da)	= 1,156 m
Panjang propeller dari dasar (C)	= 1,156 m
Tebal Propeller (W)	= 0,231 m
Tebal Baffle (J)	= 0,590 m
Panjang Propeller (L)	= 0,289 m
Tinggi cairan (H)	= 2,892 m
Jumlah <i>baffle</i>	= 4
Jumlah pengaduk	= 1

11. Menghitung Kecepatan Pengaduk dalam Reaktor

a. Spesifik gravity dan kecepatan pengaduk

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

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

WELH : Water Equivalen Liquid High, ft
 Da : Diameter pengaduk, ft
 N : Kecepatan putaran pengaduk, rpm
 H : Tinggi Pengaduk, ft

Didapatkan hasil :

Sg = 1,208
 WELH = 12,146 ft
 N = 63,705 rpm
 = 1,058 rps

b. Menghitung power pengaduk

$$P = \frac{Np \rho N^3 Di^5}{gc}$$

Np (*power number*) = 4
 ρ = 79,655 lb/ft³
 N = 1,058 rps
 Di = 3,794 ft
 Gc = 32,2 (lb.mass).(ft)/(lb.force).(s²)

Sehingga diperoleh:

P = 9.206,684 ft.lb/s
 = 16,737 Hp

Efisiensi motor sebesar 87%

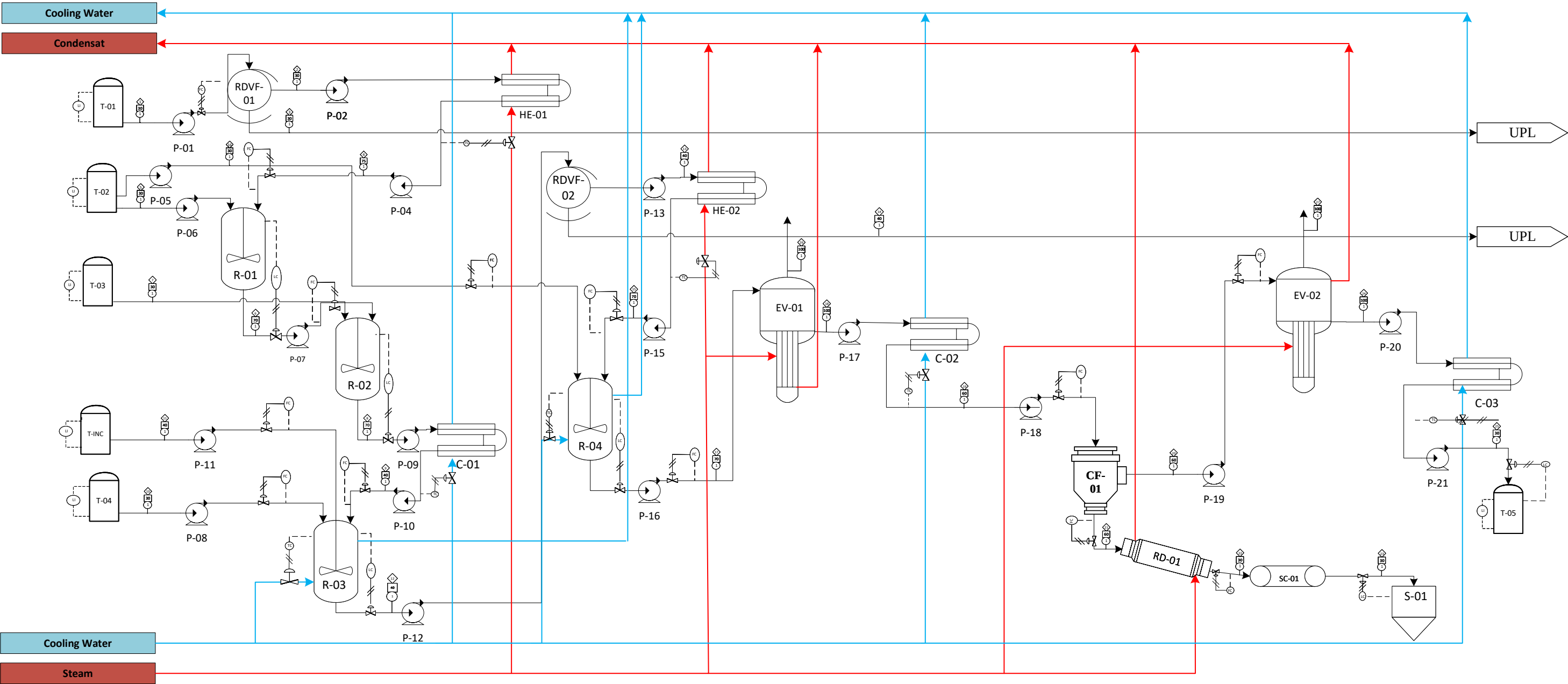
Daya motor = $\frac{P}{\text{Efisiensi motor}}$
 = 14,561 Hp

Daya motor standar = 15 Hp

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE

DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/ TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/Jam)																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
C ₆ H ₁₂ O ₆	533,699	523,025	10,674	523,025		1.110,282		999,253	999,253		111,028	55,514	55,514		55,514		55,514	55,514	55,514		55,514	55,514	55,514					
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	569,279	557,894	11,386	557,894																								
Serat Kasar	177,900		177,900																									
Abu	88,950		88,950																									
H ₂ O	409,169	400,986	8,183	400,986	3,024	374,647	131,053	504,124	504,124	57,735	56,014	828,826	828,826		828,826	11,754	841,191	252,357	252,357	247,310	5,047			74,193	74,193	588,833	173,117	
H ₂ SO ₄					148,190	148,190										575,926												
NaOH							120,972																					
Na ₂ SO ₄								193,252	193,252		21,472	214,725	214,725		214,725		214,725	214,725	214,725	6,946	207,779	207,779	207,779	6,946	6,946			
Ca(OH) ₂										519,612	0,999	86,984	1,256	85,728	1,256													
Bakteri											11,621	11,621		11,621														
C ₆ H ₁₀ CaO ₆												1.277,441	1.277,441		1.277,441													
CaSO ₄																	799,245	799,245	799,245	0,458	798,787	798,787	798,787	0,458	0,458			
C ₇ H ₁₄ O ₇																	1.054,768	1.054,768	1.054,768	1.054,768				1.054,768	1.054,768			
Total	1.778,997	1.481,905	297,093	1.481,905	151,215	1.633,120	252,025	1.696,630	1.696,630	577,346	201,135	2.475,111	2.377,762	97,349	2.377,762	587,680	2.965,441	2.376,601	2.376,601	1.309,481	1.067,127	1.062,080	1.062,080	1.136,364	1.136,364	588,833	173,117	

Keterangan Alat	
R-01	Reaktor Hidrolisis
R-02	Reaktor Netralizer
R-03	Fermentor
R-04	Acidifier
RDVF-01	Rotary Drum Vacuum Filter-01
RDVF-02	Rotary Drum Vacuum Filter-02
EV-01	Evaporator-01
EV-02	Evaporator-02
RD-01	Rotary Dryer-01
SC-01	Screw Conveyor-01
CF-01	Centrifuge-01
T-01	Tangki Penyimpanan Molase
T-02	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat
T-03	Tangki Penyimpanan NaOH
T-04	Tangki Penyimpanan Ca(OH) ₂
T-05	Tangki Penyimpanan Asam Laktat
T-INC	Tangki Innokulum
S-01	Tangki Penyimpanan Kalsium Laktat

Instrumen Kontrol	
LC	Level Controller
TC	Temperature Controller
FC	Flow Controller
LI	Level Indicator

Keterangan Simbol	
	Tekanan, atm
	Suhu °C
	Nomor Arus
	Pipa
	Control Valve
	Sensor Electric
	Sensor Pneumatic



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI MOLASE
KAPASITAS 9.000 TON/ TAHUN

DISUSUN OLEH :

1. IXAURA PUTERI AKEDA (21521018)
2. DEWI NUR KHASANAH (21521021)

DOSEN PEMBIMBING
Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.