

No.:TA/TK/2022/_

**PRARANCANGAN PABRIK POLIMER ASAM LAKTAT DARI ASAM LAKTAT
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Disusun oleh:

Nama : Zukhruf Abdillah Nama : Galih Aji Prakosa
NIM : 18521087 NIM : 18521095

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

2022

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK
POLIMER ASAM LAKTAT DARI ASAM LAKTAT KAPASITAS 70.000
TON/TAHUN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Galih Aji Prakosa

Nama : Zukhruf Abdillah

NIM : 18521095

NIM : 18521087

Yogyakarta, Januari 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Penelitian ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

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



Galih Aji Prakosa

NIM : 18521095



Zukhruf Abdillah

NIM : 18521087

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK POLIMER ASAM LAKTAT DARI ASAM

LAKTAT KAPASITAS 70.000TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Galih Aji Prakosa

Nama : Zukhruf Abdillah

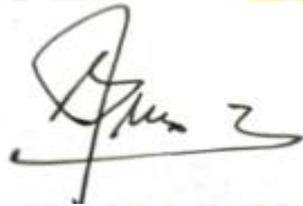
NIM : 18521095

NIM : 18521087

Yogyakarta, 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.

NIP : 875210102

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

NIP : 155211303

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI PRARANCANGAN PABRIK POLIMER
ASAM LAKTAT DARI ASAM LAKTAT KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN
PRARANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Galih Aji Prakosa Nama : Zukhruf Abdillah
NIM : 18521095 NIM : 18521087

**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, 25 November 2022

Tim Penguji,

Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.

Ketua

Soleh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota I

Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, S.T., M.Eng.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIP : 155210506

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Naskah Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Polimer Asam Laktat dari Asam Laktat Kapasitas 70.000 Ton/Tahun” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Adapun dalam penyusunan Naskah Tugas Akhir ini, kami dibantu oleh berbagai pihak yang turut andil dalam proses penyusunan Naskah Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., selaku dekan Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan kemudahan pelayanan administrasi.
2. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Pak Ir. Pratikno Hidayat M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya serta memberikan arahan terkait bimbingan selama penyusunan Naskah Tugas Akhir ini berlangsung.
4. Ibu Lilis Kistriyani S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya serta memberikan arahan terkait bimbingan selama penyusunan Naskah Tugas Akhir ini berlangsung.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang selama ini telah membimbing dan mengajarkan kami.
6. Orang tua dan keluarga atas kasih sayang, perhatian, doa, serta dukungan baik moral maupun material yang telah diberikan.
7. Semua pihak yang telah membantu berjalannya proses penyusunan Naskah Tugas Akhir yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.
8. Serta pembaca yang telah mematuhi untuk tidak merusak, mengotori, menyalahgunakan, ataupun menghilangkan Naskah Tugas Akhir yang telah kami buat.

Kami menyadari bahwa Naskah Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki penulisan Naskah Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Naskah Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis, namun juga bagi para pembaca.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, November 2022

Penulis



LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Ibu Idah Rosidah Nurwahyi dan Bapak Syaiful Fajar serta adik saya Khaira Nafiah yang telah memberikan do'a, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang amat sangat luar biasa. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyaknya, Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih saya kepada ibu dan bapak.

Galih Aji Prakosa sebagai rekan tugas akhir saya yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain.

Teman-teman seperjuangan : Anisa Handayani, Dhani Widiyanto, Fadiah Idzni, Fitriah Hardana, Heppy Noor Afifah, Nikie Noveza Sugianto, Putri Lalita, Rizkie Hustie Ananda, Tsania Rodhiati Alwalidah, yang punya andil besar dalam membentuk karakter pribadi saya menjadi lebih baik. Terima kasih telah membantu saya selama perkuliahan ketika kesusahan dalam menerima materi dan menjadi teman dan saudara yang membantu saya menjalani masa perkuliahan dengan baik dan menyenangkan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya dan dipertemukan di waktu dan tempat terbaik. Aamiin.

(Zukhruf Abdillah)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Bapak Tahan Gunanto dan Ibu Sri Retno Wahyuni serta kedua kakak kandung saya yang telah memberikan do'a, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang amat sangat luar biasa. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyaknya, Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih saya kepada ibu dan bapak.

Zukhruf Abdillah sebagai rekan tugas akhir saya yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain.

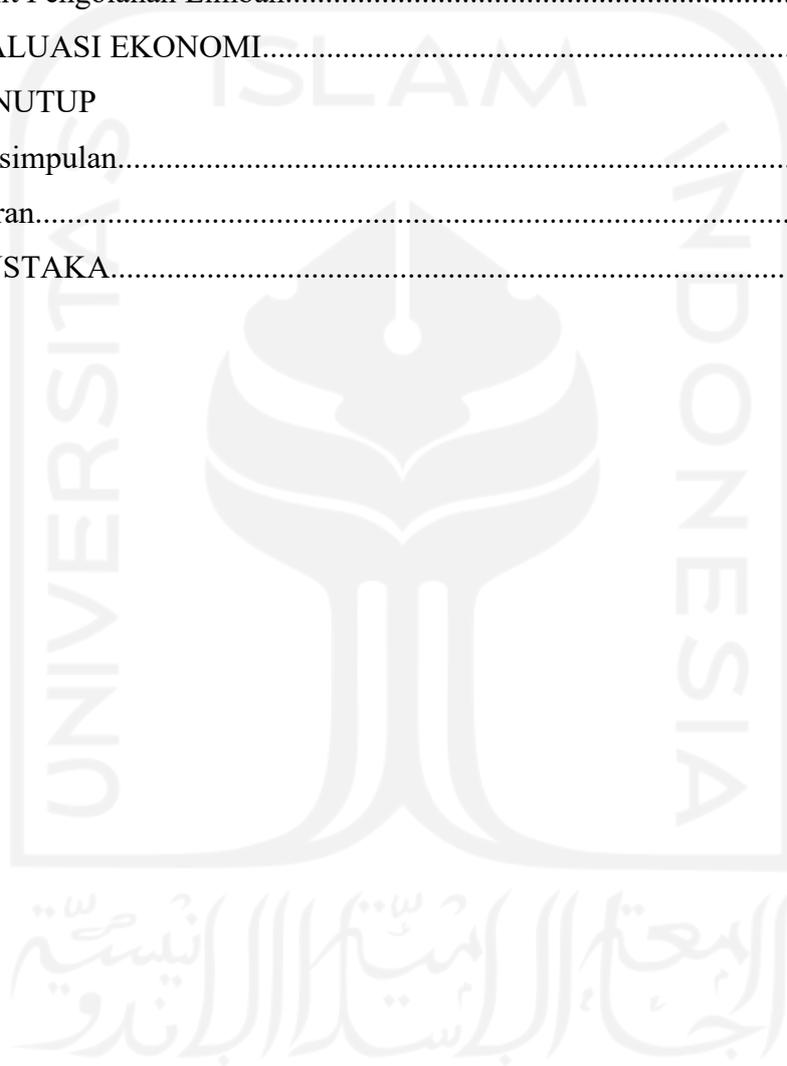
Teman-teman seperjuangan: Anisa Handayani, Dhani Widiyanto, Fadiah Idzni, Fitrah Hardana, Heppy Noor Afifah, Nikie Noveza Sugianto, Putri Lalita, Rizkie Hustie Ananda, Tsania Rodhiati Alwalidah yang punya andil besar dalam membentuk karakter pribadi saya menjadi lebih baik. Terima kasih telah membantu saya selama perkuliahan ketika kesusahan dalam menerima materi dan menjadi teman dan saudara yang membantu saya menjalani masa perkuliahan dengan baik dan menyenangkan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya dan dipertemukan di waktu dan tempat terbaik. Aamiin.

(Galih Aji Prakosa)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	1
1.3 Tinjauan Pustaka.....	4
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	12
2.3 Pengendalian Kualitas.....	12
BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	16
3.2 Deskripsi Proses.....	17
3.3 Spesifikasi Alat.....	20
3.4 Neraca Massa.....	32
3.5 Neraca Panas.....	36
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	
4.1 Lokasi Pabrik.....	39
4.2 Tata Letak Pabrik.....	44
4.3 Tata Letak Alat Proses.....	47
4.4 Organisasi Perusahaan.....	48
BAB V UTILITAS	

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	58
5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>).....	70
5.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	71
5.4 Unit Penyedia <i>Dowtherm</i>	74
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	74
5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	74
5.7 Unit Pengolahan Limbah.....	74
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	76
BAB VII PENUTUP	
7.1 Kesimpulan.....	92
7.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN	

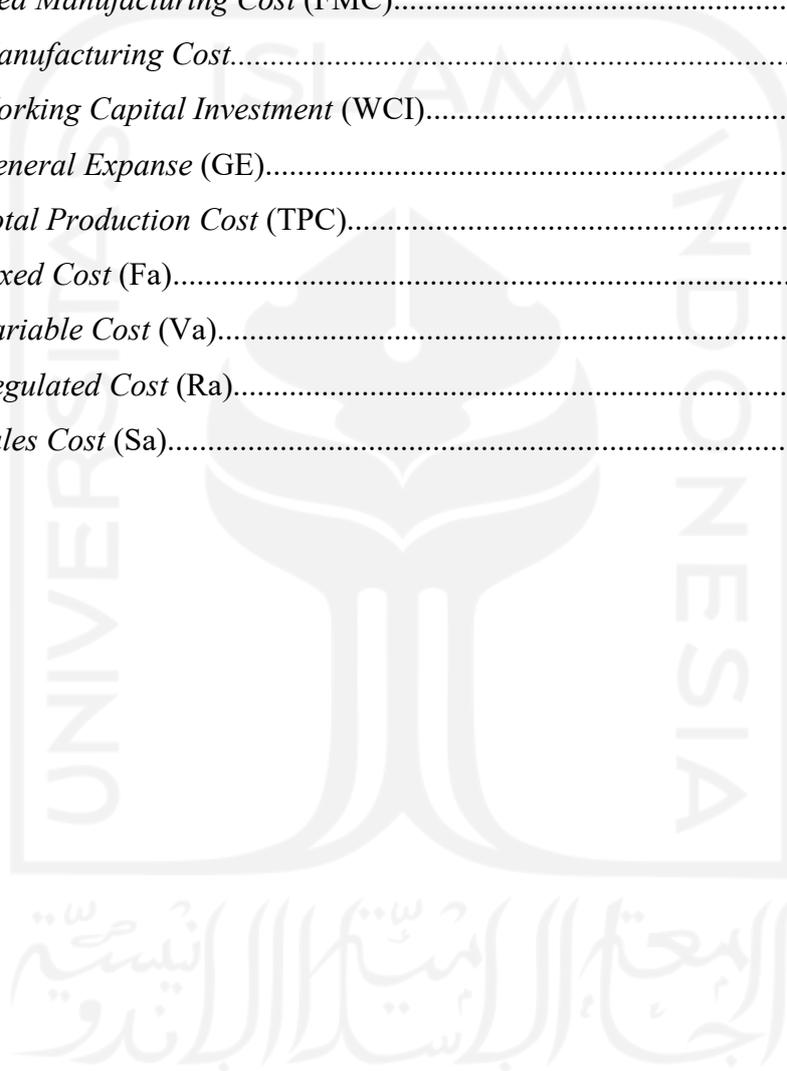


DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Polimer Asam Laktat.....	2
Tabel 1.2 Data Ekspor Polimer Asam Laktat.....	3
Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri.....	4
Tabel 1.4 Pemilihan Proses Produksi PLA.....	9
Tabel 1.5 <i>Heat of Formation</i>	10
Tabel 1.6 Energi Bebas Gibbs.....	10
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	12
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor 1.....	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor 2.....	21
Tabel 3.3 Spesifikasi Evaporator.....	22
Tabel 3.4 Spesifikasi Extruder.....	22
Tabel 3.5 Spesifikasi Mixer.....	23
Tabel 3.6 Spesifikasi Kondensor Parsial.....	24
Tabel 3.7 Spesifikasi Cooler.....	24
Tabel 3.8 Spesifikasi Flash Drum.....	25
Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Asam Laktat.....	25
Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Katalis.....	26
Tabel 3.11 Spesifikasi Silo.....	26
Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa 1.....	27
Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa 2.....	27
Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa 3.....	27
Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa 4.....	28
Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa 5.....	28
Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa 6.....	29
Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa 7.....	29
Tabel 3.19 Spesifikasi Blower 1.....	30
Tabel 3.20 Spesifikasi Blower 2.....	30
Tabel 3.21 Spesifikasi Blower 3.....	30
Tabel 3.22 Spesifikasi Blower 4.....	31
Tabel 3.23 Spesifikasi Blower 5.....	31

Tabel 3.24 Spesifikasi Belt Conveyor.....	31
Tabel 3.25 Neraca Massa Reaktor.....	32
Tabel 3.26 Neraca Massa Fresh Feed.....	32
Tabel 3.27 Neraca Massa pada Hasil Gas Keluaran Reaktor 1.....	32
Tabel 3.28 Neraca Massa pada Reaktor 2.....	33
Tabel 3.29 Neraca Massa Pada Hasil Gas Keluar Reaktor 2.....	33
Tabel 3.30 Neraca Massa Evaporator	34
Tabel 3.31 Neraca Massa Extruder.....	35
Tabel 3.32 Neraca Massa Kondensor Parsial.....	35
Tabel 3.33 Neraca Massa Flash Drum.....	35
Tabel 3.34 Neraca Panas Reaktor 1.....	36
Tabel 3.35 Neraca Panas Reaktor 2.....	36
Tabel 3.36 Neraca Panas Evaporator	37
Tabel 3.37 Neraca Panas Kondensor Parsial.....	37
Tabel 3.38 Neraca Panas Extruder.....	37
Tabel 3.39 Neraca Panas Mixer.....	37
Tabel 3.40 Neraca Panas Cooler.....	37
Tabel 3.41 Neraca Panas Flash Drum.....	38
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	45
Tabel 4.2 Jadwal Kegiatan <i>shift</i> karyawan.....	52
Tabel 4.3 Jumlah Karyawan Pabrik.....	53
Tabel 4.4 Penggolongan Jabatan.....	54
Tabel 4.5 Rincian Gaji Sesuai Jabatan.....	55
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pembangkit Pemanas.....	67
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses Pendingin.....	67
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Proses (<i>Demin Water</i>).....	70
Tabel 5.4 Total Kebutuhan Air.....	70
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Proses.....	71
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	72
Tabel 5.7 Rincian Kebutuhan Listrik.....	73
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat.....	77
Tabel 6.2 Harga Alat Proses.....	79

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas.....	80
Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	86
Tabel 6.5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	86
Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	86
Tabel 6.7 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	86
Tabel 6.8 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	87
Tabel 6.9 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	87
Tabel 6.10 <i>Manufacturing Cost</i>	87
Tabel 6.11 <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	87
Tabel 6.12 <i>General Expense</i> (GE).....	87
Tabel 6.13 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	88
Tabel 6.14 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	88
Tabel 6.15 <i>Variable Cost</i> (Va).....	88
Tabel 6.16 <i>Regulated Cost</i> (Ra).....	88
Tabel 6.17 <i>Sales Cost</i> (Sa).....	88



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Kapasitas Tahun ke-n Impor.....	2
Gambar 1.2 Grafik Kapasitas Tahun ke-n Ekspor.....	3
Gambar 1.3 Struktur Struktur Polimer Asam Laktat.....	5
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif.....	16
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	19
Gambar 4.1 Ukuran dan Lokasi Lahan untuk Berdirinya Pabrik.....	39
Gambar 4.2 Lokasi Pabrik.....	40
Gambar 4.3 <i>Layout</i> Pabrik.....	46
Gambar 4.4 Tata Letak Alat Proses.....	48
Gambar 4.5 Struktur Organisasi Pabrik.....	51
Gambar 5.1 Unit Pengolahan Air.....	61
Gambar 6.1 Grafik Analisis Kelayakan.....	91



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Perhitungan Reaktor.....	A-1
Lampiran B. <i>Process Engineering Flow Diagram</i>	B-1
Lampiran C. Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan.....	C-1



ABSTRAK

Pabrik Polimer Asam Laktat dari Asam Laktat akan dirancang dengan kapasitas sebesar 70.000 ton per tahun dan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari. Untuk memperoleh produk sesuai dengan rancangan kapasitas, dibutuhkan bahan baku berupa asam laktat sebanyak 85.526 ton per tahun dan katalis *Stannous Octoate* sebanyak 426,9 ton per tahun. Bahan baku Asam Laktat dan Katalis *Stannous Octoate* dibeli melalui *Sigmaaldrich*. Proses polimerisasi yang digunakan menggunakan metode *Direct Polycondensation* dengan bantuan katalis *Stannous Octoate*. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan kondisi proses suhu 170°C dan tekanan 1 atm. Produk Polimer Asam Laktat yang dihasilkan kemudian dimurnikan menggunakan alat *Evaporator* dan dibentuk menjadi bentuk *pellet* menggunakan alat *Extruder*. Hasil produk Polimer Asam Laktat ini memiliki kemurnian sebesar 98,2% wt dan disimpan di silo penyimpanan produk dengan kondisi suhu ruangan dan tekanan atmosferis. Pabrik Polimer Asam Laktat ini direncanakan akan dibangun di Kawasan Industri Jababeka di Cikarang, Jawa Barat dengan mempekerjakan sebanyak 235 karyawan. Untuk keperluan utilitas dibutuhkan air sebanyak 28.870 Kg/jam yang disuplai dari Sungai Kali Ulu, steam sebanyak 6.609,45 Kg/Jam, udara instrumen sebanyak 91,8 meter kubik per jam, dan kebutuhan pendingin *Dowtherm A* sebanyak 18.397,9 Kg/Jam. Untuk kebutuhan listrik pabrik dibutuhkan sebesar 523,8 kWh dimana kebutuhan listrik merupakan fasilitas yang disediakan oleh Kawasan Industri Jababeka. Dalam menjalankan operasional, pabrik ini membutuhkan modal tetap sebesar Rp1.086.243.842.036,5,- dan modal kerja sebesar Rp8.149.252.482.217,6,-. Berdasarkan dari hasil evaluasi ekonomi yang dilakukan didapatkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 60,6%, POT sebelum pajak sebesar 1,4 tahun, BEP sebesar 32%, SDP 30%, dan DCFR sebesar 10,95%. Berdasarkan hasil analisis kelayakan yang telah dilakukan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk berdiri.

Kata Kunci : Polimer Asam Laktat, *Direct Polycondensation*, Asam Laktat, *Stannous Octoate*, polimer.

ABSTRACT

Poly Lactic Acid Plant from Lactic Acid will be designed with a capacity of 65,000 tons per year and operates continuously for 330 days per year and 24 hours per day. To obtain a product in accordance with the design capacity, raw materials are needed in the form of lactic acid as much as 85,526 tons per year and *Stannous Octoate* as much as 426.9 tons per year. The raw material for Lactic Acid and *Stannous Octoate* was purchased through *Sigmaaldrich*. The polymerization process used is the *Direct Polycondensation* with the help of a *Stannous Octoate*. The reaction takes place in a continuous stirred tank flow reactor with under a process condition of 170°C and 1 atm. The resulting Poly Lactic Acid product is then purified using 2 *evaporators* and formed into *pellets* using an *extruder*. The results of this Poly Lactic Acid product have a purity of 98.2% wt and stored in a product storage silo under conditions of room temperature and atmospheric pressure. The Poly Lactic Acid Factory is planned to be built in the Jababeka Industrial Estate in Cikarang, West Java by employing as many as 235 employees. For utility purposes, water is required as much as 28,870 kg/hour supplied from the Kali Ulu River, steam as much as 6,609.45 kg/hour, instrument air as much as 91.8 cubic meters per hour, and *Dowtherm A* as much as 18,397.9 kg/hour. For the factory's electricity needs 523.8 kWh, where electricity needs are facilities provided by the Jababeka Industrial Estate. In running operations, this factory requires fixed capital of Rp1,086,243,842,036.5,- and working capital of Rp8,149,252,482,217.6,-. Based on the results of the economic evaluation conducted, the ROI before tax was 60.6%, POT before tax was 1.4 years, BEP was 32%, SDP was 30%, and DCFR was 10.95%. Based on the results of the feasibility analysis that has been carried out, it can be concluded that this factory is feasible to stand.

Keywords: Poly Lactic Acid, *Direct Polycondensation*, Lactic Acid, *Stannous Octoate*, *polymer*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan plastik terus meningkat, seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Hal ini dikarenakan plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah. Akan tetapi, plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk terurai di alam (Auras, 2002). Akibatnya terjadi pencemaran lingkungan yang terus meningkat karena waktu degradasi plastik yang relatif lama seperti penurunan air dan pencemaran tanah (Ranika, 2010)

Kesadaran penduduk dunia pada lingkungan semakin meningkat seiring meningkatnya masalah lingkungan yang timbul akibat kegiatan manusia sehari-hari. Salah satu sumber indikator tersebut adalah meningkatnya jumlah produk bioplastik dari tahun ke tahun. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa produksi bioplastik diproyeksikan akan mencapai 1.200.000 ton atau 1/10 dari total produksi bahan plastik pada tahun 2010. Jumlah ini meningkat seribu kali lipat dari produksi bioplastik pada tahun 1999, yaitu 2.500 ton atau 1/10.000 kali dari produksi bahan plastik. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menghasilkan bahan-bahan plastik yang bersifat biodegradable seperti kolagen, kasein, protein dan lipida yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Akan tetapi, bahan yang paling potensial adalah plastik yang berbahan Polimer Asam Laktat. Polimer Asam Laktat (PLA) merupakan termoplastik biodegradable yang berasal dari sumber daya terbarukan. Polimer Asam Laktat dibentuk melalui proses polimerisasi asam laktat, yang mana asam laktat dapat dibuat melalui proses fermentasi gula.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Data impor-ekspor Polimer Asam Laktat

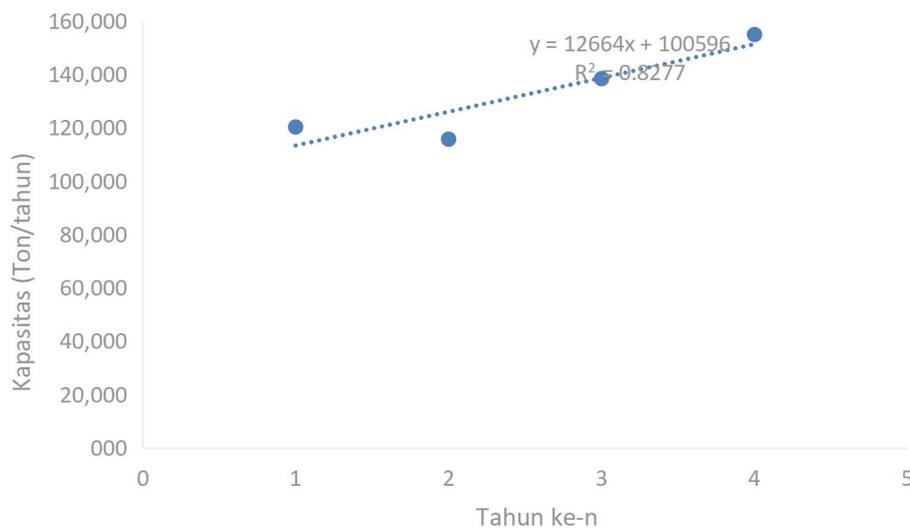
Pertimbangan lain dalam penentuan kapasitas pabrik juga ditentukan oleh analisa *supply and demand* yang akan mempengaruhi besarnya kapasitas produksi dari pabrik, serta mempengaruhi besar kecilnya biaya yang akan

dikeluarkan pada proses perencanaan perancangan pabrik. Berikut merupakan data impor dari Polimer Asam Laktat.

Tabel 1.1 Data Impor Polimer Asam Laktat

Tahun ke-	Tahun	Kapasitas (Ton)
1	2018	120.201
2	2019	115.646
3	2020	138.319
4	2021	154.856

Sumber : <https://www.bps.go.id> , 2021



Gambar 1.1 Grafik Kapasitas Tahun ke-n Impor

Dari data impor Polimer Asam Laktat dari tahun 2018 sampai 2021 yang sudah didapatkan dari BPS maka didapatkan total impor dari Polimer Asam Laktat adalah sebesar 529.022 ton. Polimer Asam Laktat juga di ekspor ke beberapa negara yang ada di Asia seperti China, Jepang, dan Taiwan. Dengan regresi linear maka didapatkan persamaan :

$$y = 12664x + 100596 \quad (1.1)$$

Dimana :

x : Tahun ke-n

y : Kebutuhan Polimer Asam Laktat dalam satuan Ton

Apabila diasumsikan pabrik akan dirancang pada 5 tahun yang akan datang, yaitu pada tahun 2027 maka dengan menggunakan persamaan diatas berlaku sebagai kebutuhan impor dari Poli Asam Laktat.

$$y = 12664(10) + 100596$$

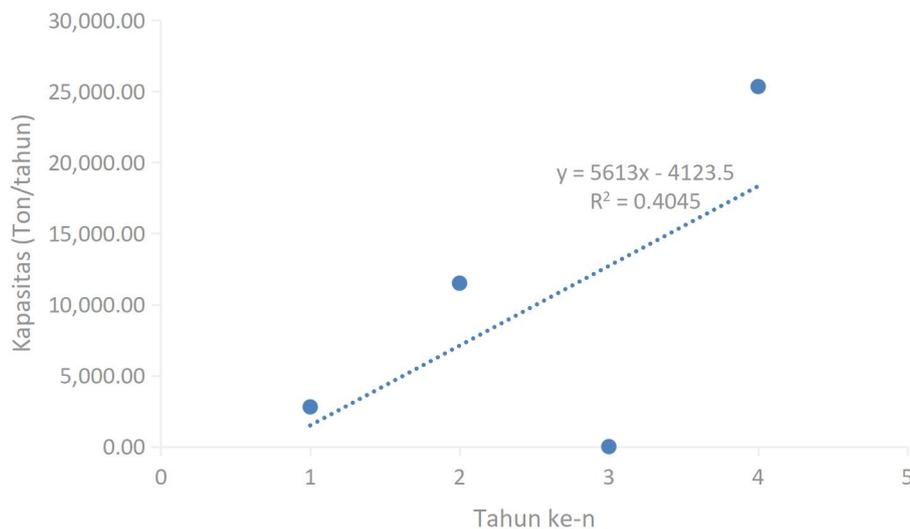
$$y = 227.236$$

Maka pada tahun 2027 apat diperkirakan kebutuhan impor dari Polimer Asam Laktat akan mencapai 227.236 ton per tahun.

Tabel 1.2 Data Ekspor Polimer Asam Laktat

Tahun ke-	Tahun	Kapasitas (Ton)
1	2018	2.795,13
2	2019	11.501,7
3	2020	0
4	2021	25.339

Sumber : <https://www.bps.go.id> , 2021



Gambar 1.2 Grafik Kapasitas Tahun ke-n Ekspor

Dari data ekspor yang didapatkan dari BPS, maka didapatkan total ekspor dari Polimer Asam Laktat dari tahun 2018 sampai tahun 2021 adalah 39.635,83 ton. Dengan regresi linear didapatkan persamaan :

$$y = 5613x + 4123,5 \quad (1.2)$$

Apabila diasumsikan pabrik akan dirancang pada 5 tahun yang akan datang, yaitu pada tahun 2027 maka dengan menggunakan persamaan diatas berlaku sebagai kebutuhan impor dari Poli Asam Laktat.

$$y = 5613(10) + 4123,5$$

$$y = 52.007$$

Maka pada tahun 2027 apat diperkirakan kebutuhan ekspor dari Polimer Asam Laktat akan mencapai 52.007 ton per tahun.

Jika menggunakan analisa *supply and demand* akan didapatkan perkiraan kapasitas sebesar :

(Impor + Produksi) - (Ekspor + Konsumsi)

$(227.236+0)-(52.007+0) = 175.229$ ton per tahun

Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

No	Nama pabrik	Negara	Kapasitas produksi Ton/tahun
1	Naturework	USA	140.000
2	PLAneo	German	100.000
3	Carbion	Thailand	75.000
4	Zhejiang Hisun Material	China	50.000
5	Sulzer	Swis	1.000
Total			416.000

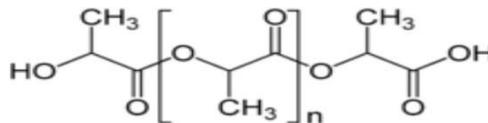
Dari Tabel 1.3.dapat dilihat bahwa kapasitas produksi pabrik Polimer Asam Laktat terendah yang telah berdiri adalah 1.000 ton per tahun dan tertingginya adalah 140.000 ton per tahun. Jika dilihat dari analisa *supply and demand* besarnya kapasitas pabrik didapatkan sebesar 175.229 ton per tahun dimana angka tersebut berada di atas *range* dari kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Maka dari itu direncanakan pabrik Polimer Asam Laktat ini dibangun dengan kapasitas yang diambil sebesar 50% dari besar kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Maka dapat direncanakan kapasitas pabrik Polimer Asam Laktat sebesar 70.000 ton per tahun

1.3 Tinjauan Pustaka

a. Polimer Asam Laktat

Salah satu jenis biodegradable polyester adalah Polimer asam laktat (polylactic acid). Polimer asam laktat (PLA) ditemukan pada tahun 1932 oleh Carothers (DuPont) yang memproduksi PLA dengan berat molekul rendah dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum. Pada tahap selanjutnya, DuPont dan Ethicon memfokuskan pembuatan aplikasi medical grade sutures, implan dan

kemasan obat. Baru-baru ini, beberapa perusahaan seperti Shimadzu dan Mitsui Tuatsu di Jepang telah memproduksi sejumlah PLA untuk aplikasi plastik. Polimer asam laktat atau Poli laktida (PLA) dengan rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ adalah sejenis polimer atau plastik yang bersifat biodegradable, thermoplastic dan merupakan poliester alifatik yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung atau tanaman tebu. Walaupun PLA sudah dikenal sejak abad yang lalu, namun baru diproduksi secara komersial dalam beberapa tahun terakhir dengan keunggulan kemampuan untuk terdegradasi secara biologi.



Gambar 1.3 Struktur Polimer Asam Laktat

Polimer asam laktat merupakan keluarga aliphatic polyesters yang biasanya dibuat dari alfa asam hidroksi yang ditambahkan asam poliglicolat atau polimandelat. Polimer asam laktat memiliki sifat tahan panas, kuat, & merupakan polimer yang elastic (Auras, 2002). Polimer asam laktat yang terdapat di pasaran dapat dibuat melalui fermentasi karbohidrat ataupun secara kimia melalui polimerasi kondensasi dan kondensasi azeotropik (Auras, 2006). Polimer Asam poli laktat dapat terurai di tanah baik dalam kondisi aerob ataupun anaerob dalam kurun waktu enam bulan sampai lima tahun (Auras, 2002). Polimer asam laktat, menggabungkan sifat terbaik dari bahan alami dan bahan buatan. Karena bahan ini dibuat dari gula tumbuhan, maka bahan ini menggunakan sumber yang dapat diperbaharui dan dapat diuraikan kembali sepenuhnya. Selain itu, bahan ini juga mempunyai sifat-sifat yang sama dengan plastik biasa yang terbuat dari hidrokarbon, yaitu kuat, lentur dan murah harganya. Setelah para pecinta lingkungan mulai menunjukkan kepedulian akan merosotnya persediaan bahan bakar dan hilangnya lahan pembuangan, para pengusaha pabrik sudah mencoba untuk mengembangkan beberapa bahan alternatif untuk pengganti plastik biasa yang terbuat dari hidrokarbon. Hasil-hasil riset terbaru menunjukkan polimer

asam laktat mempunyai keunikan dan kelebihan baik dalam permeabilitas, transmisi oksigen, suhu transisi, dan kecepatan mengompos dibandingkan dengan jenis plastik lain. Polimer asam laktat memiliki permeabilitas uap air yang relatif rendah sehingga memungkinkan layak dijadikan kemasan. Polimer asam laktat juga memiliki laju transmisi oksigen (udara) relatif lebih tinggi sehingga bisa digunakan untuk pangan yang diinginkan dalam bentuk cair. Suhu perubahan Polimer asam laktat adalah antara 50-60° C sehingga dapat digunakan untuk kemasan makanan dingin.

Polimerisasi Asam Laktat

Langkah selanjutnya dari sintesa polimer asam laktat adalah polimerisasi asam laktat. Polimerisasi asam laktat sendiri terdiri dari tiga metode, yaitu:

1. Polimerisasi polimer asam laktat dengan metode Polikondensasi Langsung
Polimerisasi kondensasi adalah metoda paling murah untuk menghasilkan Polimer asam laktat, namun sangat sulit untuk mendapatkan Polimer asam laktat dengan berat molekul yang tinggi (Averous, 2008). Polikondensasi langsung (konvensional) ini dimungkinkan, karena adanya gugus hidroksil dan karboksil pada asam laktat. Namun, reaksi polikondensasi konvensional asam laktat ini tidak cukup dapat meningkatkan bobot molekulnya dan pada metode ini dibutuhkan waktu yang sangat lama karena sulitnya untuk mengeluarkan air dari produk yang memadat, sehingga produk air yang dihasilkan justru akan menghidrolisis polimer yang terbentuk. Reaksi polikondensasi konvensional hanya mampu menghasilkan polimer asam laktat dengan bobot kurang dari $1,6 \times 10^4$ (Tito, 2009) yang cirinya seperti kaca yang getas (brittle). Pada perkembangannya, polikondensasi langsung ini selalu melibatkan pengurangan kadar air hasil kondensasi dengan menggunakan pelarut pada tekanan vakum dan temperatur tinggi. Berat molekul dapat ditingkatkan dengan penggunaan coupling atau esterification-promoting agents yang berfungsi memperpanjang ikatan kimia, namun biaya produksi meningkat karena proses yang cukup rumit dan panjang (multistep

process). Chain-extending agents berfungsi untuk mereaksikan gugus hidroksil (OH) atau karboksil yang berada di ujung molekul polimer asam laktat sehingga membentuk polimer telechelic. Penggunaan agen ini memberikan beberapa keuntungan karena reaksi hanya melibatkan sedikit agen dan bisa diselesaikan tanpa perlu dipisahkan dengan proses yang lain. Kemampuan untuk mengembangkan desain kopolimer dengan gugus fungsi yang beraneka macam juga bisa diperluas. Kelemahannya adalah polimer mungkin masih mengandung chain-extending agents yang tidak bereaksi, oligomer dan sisa-sisa pengotor logam yang berasal dari katalis. Beberapa chain-extending agents juga dapat mengurangi sifat biodegradabilitas polimer. Beberapa agen yang digunakan diantaranya anhydride, epoxide and isocyanate. Produk-produk seperti ini digunakan untuk pengembangan polimer asam laktat yang cocok untuk bahan dasar pencampuran (PLA-based blends). Kelemahan penggunaan isosianat sebagai chain extenders adalah sifatnya yang beracun (ecotoxicity). Keuntungan penggunaan esterification-promoting adjuvants adalah produk akhir dengan kemurnian yang tinggi dan bebas dari sisa-sisa katalis dan/atau oligomer. Kekurangannya adalah biaya yang tinggi sehubungan dengan banyaknya tahap yang dilibatkan dan pemurnian tambahan dari residu dan produk samping, karena produk samping yang dihasilkan harus dinetralkan atau bahkan dihilangkan (Averous, 2008).

2. Polimerisasi Polimer asam laktat dengan metode Polikondensasi Azeotropik
Reaksi polikondensasi azeotropik merupakan modifikasi dari reaksi polikondensasi konvensional yang dapat menghasilkan bobot molekul yang lebih tinggi dan tidak menggunakan chain-extenders atau adjuvants dan beberapa kelemahannya (Averous, 2008). Mitsui Chemical (Jepang) telah mengkomersialkan proses ini dimana asam laktat dan katalis didehidrasi secara azeotropik dalam sebuah refluxing, pemanasan dengan temperatur tinggi, pelarut aprotic pada tekanan rendah untuk menghasilkan polimer asam laktat dengan berat molekul mencapai ≥ 300.000 . Reaksi polikondensasi azeotropik menggunakan pelarut seperti difenil eter, xilena,

bifenil dan klorobenzena untuk memudahkan pemisahan air dari produk pada atmosfer normal atau tekanan rendah. Reaksi ini juga dapat menggunakan berbagai jenis katalis seperti asam protonat, logam, oksida logam, logam halida dan garam asam organik dari logam. Logam memiliki orbital p dan d yang bebas dan dapat menginisiasi terbentuknya kompleks koordinasi. Salah satu logam yang dapat digunakan sebagai katalis reaksi polikondensasi azeotropik adalah logam timah. Logam timah memiliki toksisitas yang rendah, merupakan katalis yang direkomendasikan FDA dan dapat dipisahkan dari polimer setelah polimerisasi. Fungsinya adalah untuk mempercepat reaksi pembentukan polimer asam laktat. Polikondensasi azeotropik dalam larutan dapat mencegah terjadinya reaksi pesaing, yaitu pembentukan laktida dan reaksi degradasi polimer asam laktat yang terbentuk (Tito dkk, 2009).

3. Polimerisasi Polimer asam laktat dengan metode Ring Opening Polymerization (ROP) Ring opening polymerization (ROP, reaksi polimerisasi pembukaan cincin) merupakan metoda yang lebih baik untuk menghasilkan polimer asam laktat dengan bobot molekul yang tinggi, dan sekarang telah diadaptasi untuk proses komersial seiring dengan kemajuan teknologi fermentasi dekstrosa jagung. Metoda ini pertama kali diperkenalkan oleh Carothers pada tahun 1932, namun belum bisa menghasilkan polimer asam laktat dengan bobot molekul yang tinggi sampai teknik pemurnian asam laktat membaik, seperti yang dikembangkan oleh DuPont pada tahun 1954. Mekanisme-mekanisme ROP bisa berupa reaksi ionik (anionik atau kationik) atau coordination–insertion, bergantung kepada sistem katalisnya (Averous, 2008). Secara umum, proses ROP pada produksi polimer asam laktat dimulai dari polimerisasi kondensasi asam laktat untuk menghasilkan polimer asam laktat dengan bobot molekul rendah (prepolimer), dilanjutkan dengan depolimerisasi untuk menghasilkan dimer laktida yang berbentuk molekul siklik. Laktida kemudian dengan bantuan katalis dipolimerisasi ROP untuk menghasilkan PLA dengan bobot molekul yang tinggi. Dalam Pra-rancangan pembuatan Pabrik Polimer asam laktat

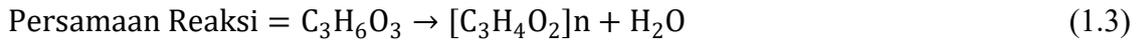
(PLA) ini dipilih proses fermentasi dengan menggunakan bakteri dengan sumber karbon dekstrosa dan nutrient pembatas Diamonium posfat (N). Sedangkan proses polimerisasi Polimer asam laktat dengan metode Ring opening polymerization (ROP, reaksi polimerisasi pembukaan cincin) karena Ring opening polymerization (ROP, reaksi polimerisasi pembukaan cincin) merupakan metoda yang lebih baik untuk menghasilkan polimer asam laktat dengan bobot molekul yang tinggi.

Tinjauan Segi Teknis

Tabel 1.4 Pemilihan Proses Produksi PLA

No	Macam-macam unsur	Proses Polikondensasi	Nilai	Proses CCA	Nilai	Proses ROP	Nilai
1	Fasa Reaktor	Cair-gas	**	Cair-Cair	**	Cair-Cair	**
2	Penambahan zat	-	**	Linkers CCA	*	-	**
3	Patent	European Patent Application (EP 2607399A1), 2013	*	Bonsignore, 1996	*	Cargill Dow Inc, 1992	*
4	Tekanan	Normal	**	Normal	**	13 atm	*
5	Suhu, °C	170-200	**	100-120	**	190-245	*
6	Konversi, %	70-95	**	98,70	**	>90	**
7	Katalis	Sn(II)oct	*	Sn(II)oct, tertiary amine	*	Al, Ti, Zn, Zr based atau Sn(II)oct	*
8	Sifat Katalis	Padat, Cair.	**	padat, cair, berbahaya	*	Padat, berbahaya	*
9	Jenis reaksi	Non-reversibel /endotermis	*	Reversibel/eksotermis	*	Reversibel/eksotermis	*
10	Reaktor	CSTR	**	CSTR, Semi-batch	*	Semi-batch, CSTR	*
11	Berat Molekul, g/mol	>100.000	**	<100.000	*	<100.000	*
12	By Product	H ₂ O	**	H ₂ O	**	H ₂ O	**

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika



Tabel 1.5 Heat of Formation

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	-619,76
$\text{H}_2\text{O(l)}$	-285,83
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-19,5

Sumber : Dean,1961

Enthalpy of Formation :

$$\Delta H^{\circ}_{f(298)} = \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \quad (1.4)$$

$$\Delta H_f = ((\Delta H_f(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n) + (\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}))) - (\Delta H_f(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3))$$

$$\Delta H_f = ((-19,5) + (-285,83)) - (-619,76)$$

$$\Delta H_f = 314,46 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan data entalpi dengan harga enthalpy negatif maka reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis.

Energi bebas gibbs

Tabel 1.6 Energi Bebas Gibbs

Komponen	ΔG°_f (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	-518,2
$\text{H}_2\text{O(l)}$	-237,129
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-286,06

Sumber : Dean,1961

$$\Delta G_{f 298} = \Delta G_{f \text{ produk}} - \Delta G_{f \text{ reaktan}} \quad (1.5)$$

$$\Delta G_f = ((\Delta G_f(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n) + (\Delta G_f(\text{H}_2\text{O}))) - (\Delta G_f(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3))$$

$$\Delta G_f = ((-286,06) + (-237,129)) - (-518,2)$$

$$\Delta H_f = (-4,989) \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, telah dibuktikan bahwa nilai (ΔG°_f) energi bebas gibbs bernilai positif sehingga termasuk reaksi spontan.

Nilai Konstanta laju reaksi dapat dievaluasi melalui cara berikut :

Berdasarkan data dan rasio dari European Patent EP2444442A1, diketahui waktu reaksi = 6 jam, konversi reaksi = 95% , rasio bahan baku dengan katalis = 1:0,5%. Kemudian berdasarkan Penelitian yang berjudul “Studi Polimerisasi Asam Laktat Melalui Metoda Polikondensasi dengan Variabel Suhu dan Konsentrasi Katalis” yang ditulis oleh Kaniasari (2018), didapatkan nilai kinetika reaksi dengan metode dan proses yang sama sebesar 0,6878 m³/kmol.jam pada 170°C dan 0,9283 m³/kmol.jam pada 200°C



BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Sifat Fisis	[C ₃ H ₄ O ₂] _n	H ₂ O	C ₃ H ₆ O ₃	Sn(II)Oct
Specific Gravity	1.25	-	0,8	-
Berat Molekul, g/mol	72.07	18.0153	90,08	405,12
Wujud Fisik	Larutan Cair	Larutan Cair (bening)	Cairan yang berwarna kekuning kuningan	Cairan berwarna kuning
Titik leleh, °C	160-180	-	16,8	<0
Titik flash, °C	121	-	-	-
Kekristalan, %	37	-	-	-
Temperatur glass transition, °C	60-65	-	-	-
Tensile modulus, GPa	2.7-16	-	-	-
Kelarutan di Air	Tidak larut	-	Larut	Terdegradasi di air ke bentuk Sn(IV)
Densitas, g/cm ³	1,3	0,998	1,2	1,251
Titik Didih, °C	-	100	122	Lebih dari 200
Titik Beku, °C	-	0	<16,8	-

Dipilih katalis Sn(II)oct karena mudah untuk diperoleh dan di recovery, serta kandungan logamnya dalam skala kecil masih dapat ditoleransi untuk produk rumah tangga dan ramah lingkungan.

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan proses yang digunakan untuk menjamin tingkat kualitas dalam produk atau jasa. Pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/ tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen. Dalam memperhatikan kualitas dari pabrik polimer asam laktat, terdapat beberapa pengendalian kualitas yang harus dilakukan, diantaranya :

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku adalah untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang digunakan untuk proses. Oleh karena itu, diperlukan pengujian terhadap bahan baku yaitu asam laktat. Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa bahan baku sudah memenuhi standar kualitas yang sudah ditetapkan. Spesifikasi yang ditetapkan hampir sama dengan spesifikasi dari Amerika yaitu ASTM 1972.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses merupakan suatu pengendalian yang memiliki tujuan untuk mempertahankan proses produksi agar menghasilkan produk yang memenuhi standar yang telah ditentukan dan memiliki kualitas yang sesuai standar. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di control room, dilakukan dengan cara automatic control yang menggunakan indikator. Alat pengendalian ini memiliki indikator yang sudah ditetapkan nilainya (set point). Jika terjadi penyimpangan, indicator tersebut dapat memberikan tanda seperti bunyi alarm atau lampu yang kemudian akan dikembalikan sesuai dengan kondisi awal secara otomatis. Beberapa alat kontrol yang umum digunakan pada suatu industri yaitu, flow control, level control, ratio control, dan pressure control. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada saat proses produksi yaitu kerusakan pada alat produksi, kebersihan alat produksi, kesalahan pada operasi, dan lain sebagainya.

1. Flow Controller

Flow controller adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengendalian terhadap laju alir. Karakteristik dari lingkaran pengendalian laju alir ini dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya adalah:

- a. Fase dari aliran tersebut (cair, gas, dan padat)
- b. Metode pengukuran laju alir
- c. Korelasi antara elemen kendali dan perpipaan

d. Jenis pengendali

Berbeda dari pengendalian yang lain, pada pengendali laju alir ini tidak diperlukan positioner. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan kinerja pengendalian. Hal ini disebabkan dari interaksi antara positioner dan katup kendali yang jika mendapat tekanan akan mengurangi kepekaan dari pengendali. Laju alir diukur dengan pelat orifice. Jika terdapat beda tekanan yang melintasi orifice, maka sinyal pengukuran sebanding dengan akar laju alir menambah ketidaklinieran lingkaran pengendalian. Pada katup kendali jenis persentase sama akan menghasilkan perubahan besar pada gain proses sepanjang rentang bukaan katup. Pengendalian laju alir umumnya ditala dengan gain rendah (proportional band) lebar dan waktu integral yang kecil.

2. Level Controller

Umumnya alat ini dipasang pada tangki cairan pada bagian tangki. Fungsi alat ini adalah untuk mengatur tingkat ketinggian dari suatu alat. Pengendalian level secara umumnya mengendalikan proses dari integrator. Hal ini dikarenakan cairan yang terakumulasi merupakan jumlah (integral) dari perbedaan antara aliran masuk dan keluar. Kenyataannya, tinggi permukaan umumnya bukan sebagai penentu laju alir yang masuk ataupun keluar. Pengendalian level ini tidak terlalu kritis. Hanya menjaga level rata-rata selama periode waktu yang panjang disbanding pengendalian yang teliti dari waktu ke waktu. Alat ini memanfaatkan sinyal pneumatic yang nantinya akan diubah menjadi arus listrik yang akan dikirimkan menuju control valve. Jika terdapat gangguan nantinya katup akan terbuka atau tertutup secara otomatis.

3. Ratio Controller

Alat ini berfungsi untuk mengatur aliran yang bercabang agar ratio perbandingan tiap aliran sama. Ratio controller ini dihubungkan dengan flow controller dengan memanfaatkan sinyal elektrik yang akan mengirimkan perintah kepada flow controller jika terdapat gangguan.

4. Temperature Controller

Pengendali suhu bertolak belakang dengan pengendali laju alir. Pada pengendali suhu ini relatif lebih lambat. Umumnya pengendalian suhu ini

memiliki gain proses yang berbanding terbalik dengan aliran proses. Ujung depan yang berfungsi sebagai sensor pada temperature controller adalah termokopel. Jika terjadi gangguan, termokopel ini mampu mengukur variabel proses yang kemudian dikirimkan oleh transmitter dan diumpun balikkan ke pengendali. Sinyal pengukuran yang diumpun balikkan dikurangkan dari setpoint untuk menghasilkan error. Oleh pengendali, error dihitung melalui algoritma tertentu untuk menghasilkan sinyal kendali. Sinyal kendali digunakan untuk melakukan aksi mekanik katup kendali yang nantinya akan mengubah manipulated variable.

5. Pressure Controller

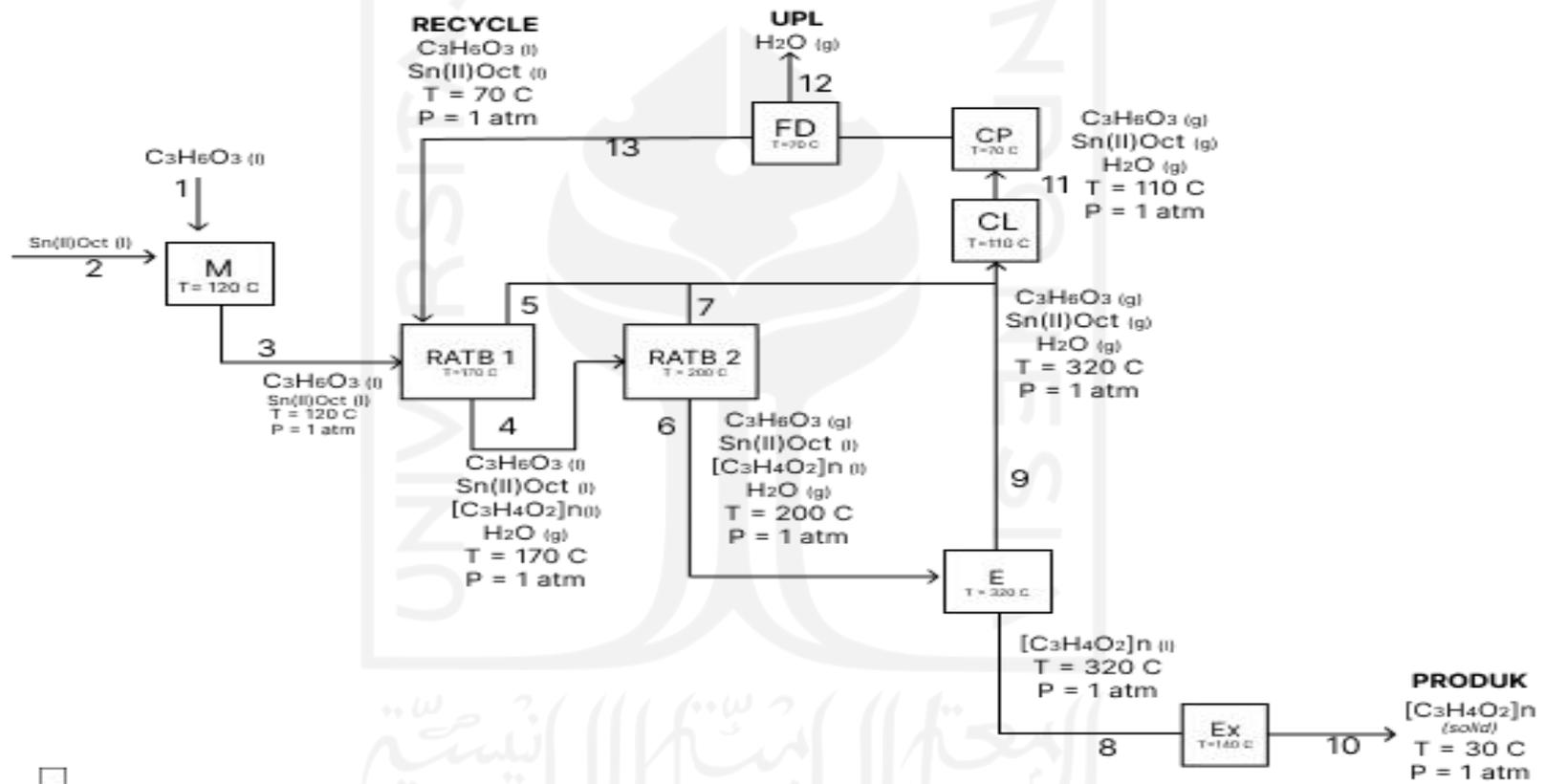
Dalam pengendalian tekanan dapat dikelompokkan sebagai tekanan cair, uap dan gas. Untuk tekanan aliran dapat dibedakan atas pressure regulatornya dan back pressure regulator. Dikatakan pressure regulator jika sensor tekanan diletakkan pada bagian hilir tutup kendali. Sebaliknya, dikatakan back pressure regulator jika sensornya diletakkan pada bagian hulu katup kendali. Pengendalian tekanan cairan tidak umum dilakukan. Jika diperlukan, tekanan cairan dikontrol dengan mengatur aliran yang masuk dan keluar. Pengendalian tekanan ini serupa dengan pengendalian suhu.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk mendapatkan produk standar. Maka, diperlukan bahan baku yang berkualitas dan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara system control. Sehingga didapatkan produk berkualitas tinggi dan dapat digunakan di Indonesia maupun luar negeri. Walaupun sudah ada pengendalian terhadap proses, tetapi hal ini tidak dapat menjamin bahwa tidak ada produk yang kurang baik ataupun bercampur dengan produk lain. Untuk menjaga agar hasil produk sesuai dengan spesifikasi sehingga tidak ada produk yang kurang baik lolos dan jatuh ke tangan konsumen diperlukan adanya pengendalian kualitas.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1. Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.2. Deskripsi Proses

1. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan terdiri dari bahan baku utama yaitu larutan asam laktat dan bahan baku pendamping yaitu katalis dimana pada proses polimerisasi ini digunakan katalis Stannous Octoate. Larutan asam laktat dengan kemurnian 90% dan larutan stannous octoate dibeli dari Sigma-Aldrich.

2. Polimerisasi asam L-Laktat

90% cairan larutan asam laktat, dipompa dari tangki bahan baku kemudian dicampur dengan katalis ke dalam alat mixer dengan pemanas yang dipanaskan sampai suhu 120°C, dikarenakan titik didih asam laktat berada pada suhu 122°C maka dari itu proses pemanasan feed hanya dilakukan sampai suhu 120°C saja. Kemudian feed diumpankan ke dalam reaktor pertama, kondisi reaktor diatur dengan suhu 170°C dan tekanan atmosfer. Setelah dari reaktor pertama aliran di alirkan ke reaktor ke 2 untuk ditingkatkan hasil konversi bahan baku menjadi produk sehingga didapatkan produk polimer dengan berat molekul yang lebih besar, kemudian polimer asam laktat dipisahkan dengan katalis dan monomernya berdasarkan titik didihnya di evaporator, evaporator di operasikan dengan suhu 280°C sehingga air, katalis dan juga asam laktat yang terlarut di dalam produk menguap sehingga produk yang dihasilkan memiliki impuritas yang rendah. Untuk memisahkan air yang terlarut dalam asam laktat dan katalis, dilakukan pemisahan dengan kondensor parsial dan flash drum dengan suhu 70°C, monomer asam laktat dan katalis berubah fase menjadi cair dan gas H₂O tetap pada fase gas dan keluar melalui hasil atas dari alat flash drum, selanjutnya asam laktat yang terpisah dikembalikan ke reaktor untuk meningkatkan hasil yield dari proses polikondensasi. Sebelum masuk ke alat kondensor parsial bahan di alirkan terlebih dahulu menggunakan blower ke cooler untuk diturunkan temperatur nya dari 280°C menjadi 110°C. (Ohara, A *et al.*, 1998)

3. Tahap Reaksi

Reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki berpengaduk sebanyak 2 buah yang disusun secara seri. Umpan masuk ke reaktor adalah asam laktat dan katalis.

Reaksi yang terjadi adalah :



Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$,

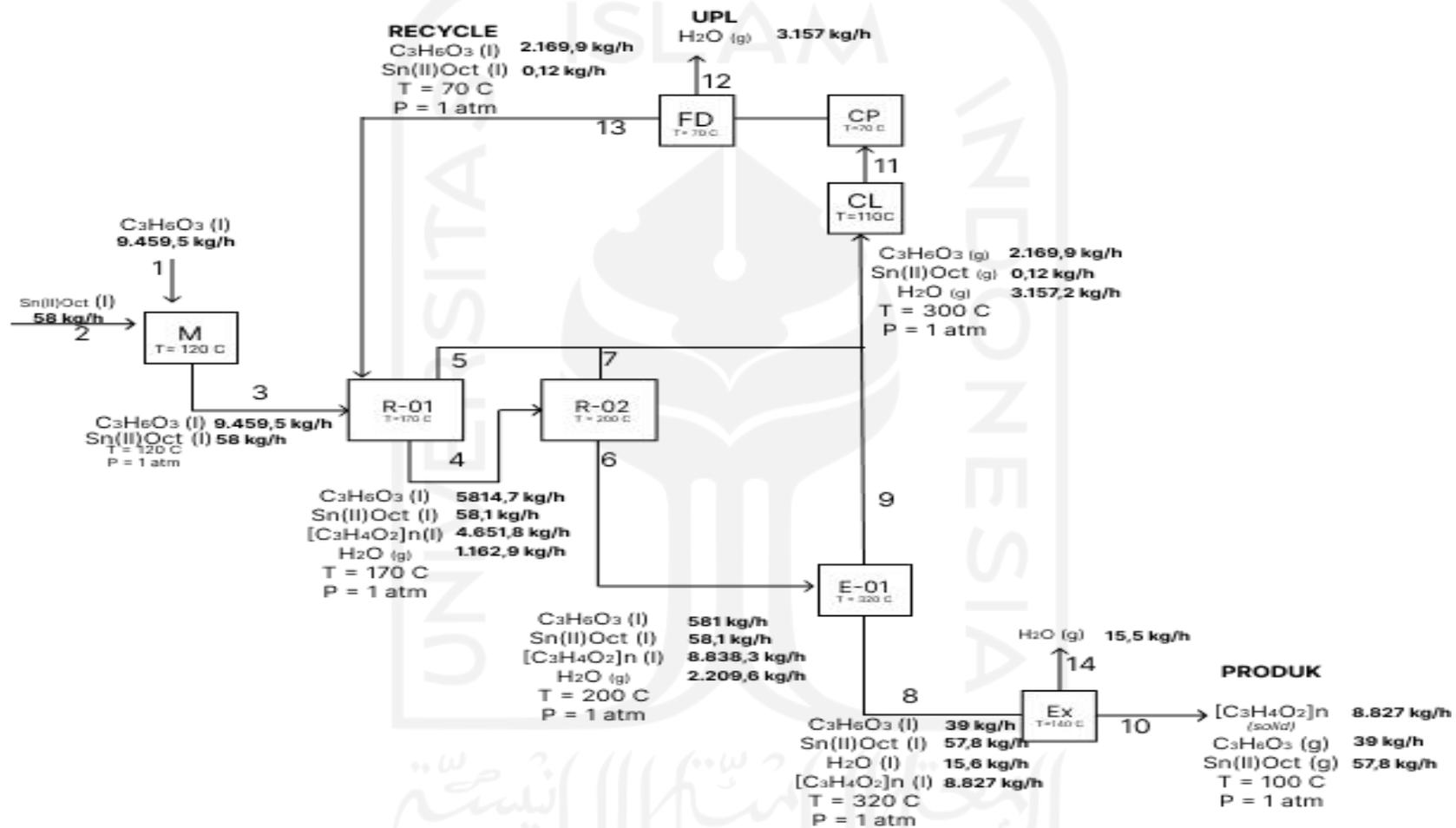
$T = 170^\circ\text{C}$,

$t = 6 \text{ jam}$.

Sebagai pemanas dalam reaktor digunakan koil pemanas sehingga suhu keluar dari reaktor tetap terjaga menjadi 170°C . Produk dan sisa umpan dipisahkan dalam Evaporator. Asam laktat yang tidak bereaksi dipekatkan dengan kondensor parsial sehingga kadar air yang terkandung bisa dihilangkan sebelum dikembalikan ke reaktor. Sedangkan cairan hasil bawah dari evaporator yaitu Polimer Asam Laktat dipompa ke dalam mesin pembentuk pellet (*extruder*). (Yoshida and Paulo, 2013)

4. Tahap Pembutiran

Pembutiran dilakukan dengan menggunakan Extruder berjenis *screw extruder*. Polimer asam laktat diturunkan suhunya sampai dibawah titik lelehnya yaitu pada suhu 140°C . Umpan berupa Polimer asam laktat cair dimasukkan dari atas (Evaporator) kemudian di ekstrusi ke pembentuk *die*. Sedangkan air dialirkan pada keluaran pellet yang terbentuk dari bawah *die* sehingga terjadi transfer panas dari Polimer asam laktat ke air yang mengakibatkan suhu Polimer asam laktat turun dan menjadi padat. Proses ini berlangsung pada suhu 170°C sampai 140°C . Gas H_2O yang masih terkandung akan dihisap oleh sistem *degassing* pada alat *extruder* yang kemudian akan dialirkan ke UPL. Hasil produk dari Extruder diangkut dengan *belt conveyor* menuju *water vessel* untuk diturunkan kembali temperaturnya sebelum memasuki tempat penyimpanan produk (*sililo*). (Ohara, A *et al.*, 1998)



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.3. Spesifikasi Alat

Spesifikasi Alat besar dan Umum :

1. Reaktor 1

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor 1

Spesifikasi	Keterangan
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan monomer asam laktat dengan katalis stannous octoate
Jumlah	1
Jenis	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Harga	Rp. 34.032.035.331,84
Tekanan Operasi, atm	1
Suhu Operasi, °C	170
Kondisi Proses	Isotermal, Isobaris
Bahan Reaktor	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Diameter <i>shell</i> , m	7,4
Tinggi <i>shell</i> , m	7,4
Tinggi reaktor, m	9,98
Tebal <i>shell</i> , in	0,625
Jenis head	<i>Torispherical dished head</i>
Bahan	Stainless steel SA-167 Grade 3 type 304
Konduktivitas panas, W/m.k	0,02
Pengaduk	
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Paddle</i>
Diameter pengaduk (Da), m	1,7
Jarak pengaduk (C), m	1,7
Tinggi pengaduk (W), m	0,34
Lebar pengaduk (L), m	0,43
Lebar <i>baffle</i> (B), m	0,82
Jumlah Baffle	3
Kecepatan Pengadukan (N), rpm	61,9
Power Pengadukan (P), HP	1
Jaket / Koil	
Jenis	Koil Pemanas
Diameter Koil, m	4,8
Tinggi Koil, m	0,3
Tebal Koil, in	1
Lebar Koil, m	0,17

2. Reaktor 2

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor 2

Spesifikasi	Keterangan
Kode	R-02
Fungsi	Mereaksikan monomer asam laktat dengan katalis stannous octoat
Jumlah	1
Jenis	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Mode operasi	Kontinyu
Harga	Rp. 34.032.035.331,84
Tekanan Operasi, atm	1
Suhu Operasi, °C	200
Kondisi Proses	Isotermal, Isobaris
Bahan Reaktor	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304</i>
Diameter <i>shell</i> , m	5,4
Tinggi <i>shell</i> , m	5,4
Tinggi reaktor, m	7,8
Tebal <i>shell</i> , in	0,375
Jenis head	<i>Torispherical dished head</i>
Bahan	Stainless steel SA-167 Grade 3 type 304
Konduktivitas Panas, W/m.k	0,02
Pengaduk	
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Paddle</i>
Diameter pengaduk (Da), m	1,25
Jarak pengaduk (C), m	1,25
Tinggi pengaduk (W), m	0,25
Lebar pengaduk (L), m	0,31
Lebar <i>baffle</i> (B), m	0,6
Jumlah Baffle	3
Kecepatan Pengadukan (N), rpm	90
Power Pengadukan (P), HP	3
Jaket / Koil	
Jenis	Koil Pemanas
Diameter Koil, m	4,34
Tinggi Koil, m	0,37
Tebal Koil, in	1
Lebar Koil, m	0,17

3. Evaporator 1

Tabel 3.3 Spesifikasi Evaporator 1

Spesifikasi		Keterangan			
Kode	E-01				
Fungsi	Menguapkan sisa Asam Laktat, Stannous Octoate, dan Air dari Reaktor				
Tipe	<i>Shell and Tube</i>				
Jumlah	1				
Jenis	Long tube Vertical Evaporator				
Material	<i>Stainless Steel</i>				
Pemanas	<i>Saturated Steam</i>				
Kondisi operasi					
Tekanan Operasi, atm	1,2				
Temperature Operasi, °C	280				
Operating Condition					
Position	Shell		Tube		Unit
Total fluid circulated	9,25		2,6		Kg/s
Fluid	inlet	outlet	inlet	outlet	
Vapor	0	0	0	0,067	Kg/s
Liquid	0	0	2,6	2,48	Kg/s
Steam	9,25	9,25	0	0	Kg/s
Solid	0	0	0	0	Kg/s
Temperature	300	280	200	280	°C
Pressure	1	1	1	1	atm
Mechanical Design					
Shell		Tube		Unit	
Length	3,3	Length	24	ft	
Passes	1	Passes	4		
ID	12	OD	1,25	in	
Baffle spaces	5	Number	40	in	
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,002/2	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,9/2	atm	
Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,1/0,003	Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,1/0,003	Hr.ft ² .F/Btu	

4. Extruder

Tabel 3.4 Spesifikasi Extruder

Spesifikasi		Keterangan	
Kode	Ex-01		
Fungsi	Membentuk produk menjadi bentuk <i>pellet</i>		
Jumlah	1		
Jenis	<i>Under Water Type Extruder</i>		
Material	<i>Stainless Steel</i>		
Kondisi operasi			
Tekanan Operasi, atm	1		
Temperature Operasi, °C	140		

Tabel 3.4 Spesifikasi Extruder (lanjutan)

Spesifikasi Alat	
Ukuran <i>die</i> , mm	5
Diameter <i>Screw</i> , m	0,177
Torsi <i>Screw Conveyor</i> , nm	2165,17
Daya Ekstruksi, HP	29,819
Derajat Pengisian, %	46
Ketebalan <i>Die Plates</i> , m	0,820
Panjang <i>Screw</i> , in	25,1
Luas Area Ekstruksi, m	0,918
Diameter Barrel, m	1,1004
Panjang Barrel, m	3,3
Volume Operasi, m ³	3,138
Air yang Dibutuhkan, kg/jam	2.470,74

5. Mixer

Tabel 3.5 Spesifikasi Mixer

Spesifikasi	Keterangan
Kode	M-01
Fungsi	Mencampurkan <i>fresh feed</i> bahan baku dan katalis
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	120
Tekanan, atm	1
Spesifikasi Alat	
Diameter <i>Shell</i> , m	1,4909
Tinggi <i>shell</i> , m	2,9819
Volume <i>shell</i> , m ³	5,2034
Volume <i>head</i> , m ³	0,0890
Volume <i>mixer</i> , m ³	5,2924
<i>V</i> _{bottom} , m ³	0,0445
Tebal <i>Shell</i> , in	0,25
Tebal <i>Head</i> , in	0,25
Jenis Pengaduk	<i>Turbine 6 Blade Disk Standar</i>
Jumlah Pengaduk	2
Kecepatan Pengaduk, rpm	155
Power Pengaduk, HP	7,5
Jaket / Koil	
Jenis	Koil Pemanas
Diameter Koil, m	1,2
Tinggi Koil, m	0,8
Tebal Koil, in	1
Lebar Koil, m	0,1

6. Kondensor Parsial

Tabel 3.6 Spesifikasi Kondensor Parsial

Spesifikasi	Keterangan
Kode	CD-01
Fungsi	Mengkondensasikan gas Asam Laktat dan Stannous Octoate keluaran Evaporator 1 dan 2
Tipe	<i>Shell and Tube</i>
Jumlah	1
Jenis	<i>Shell and Tube 1 - 2 Horizontal Condenser</i>
Material	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi operasi	
Tekanan Operasi, atm	1
Temperature Operasi, °C	70
Spesifikasi Alat	
Luas Transfer Panas, ft ²	345,576
<i>Cold Fluid</i>	Dowtherm
<i>Hot Fluid</i>	Asam Laktat, Air, Stannous Octoate.
ID <i>Shell</i> , in	13,25
OD <i>Tube</i> , in	1
ID <i>Tube</i> , in	0,9
Jumlah <i>Tube</i>	66 <i>Tube</i>
UD, Btu /ft ² . F. jam	48,86
<i>Dirt Factor</i>	0,014
<i>Pressure Drop Shell</i> , psi	0,0012
<i>Pressure Drop Tube</i> , psi	0,016

7. Cooler

Tabel 3.7 Spesifikasi Cooler

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mendinginkan gas keluaran Evaporator menuju Kondensor
<i>Type</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Suhu Masuk, °C	280
Suhu Keluar, °C	110
<i>Hot Fluid</i>	Asam Laktat, Stannous Octoate (gas)
<i>Cold Fluid</i>	Dowtherm
OD <i>Tube</i> , in	1,5
Panjang, ft	16
ID <i>Tube</i> , in	1,37

Tabel 3.7 Spesifikasi Cooler (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan			
ID <i>Shell</i> , in	10			
Jumlah <i>Tube</i>	10			
HE area, ft ²	0,0056			
Rd, ft ² .F.hr/btu	0,0315			
<i>Pressure Drop Shell</i> , psi	0,76			
<i>Pressure Drop</i> , psi	0,63			
<i>Tube</i>				
Operating Condition				
Position	Shell		Tube	
Fluid	Dowtherm		Hot fluid	
Fluid type	Cold / Hot		Cold / Hot	
	in	out	in	out
Liquid flowrate, kg/jam	2.044	2.044	0	0
Steam flowrate, kg/jam	0	0	5.342	5.342
Temperature, °C	30°C	110°C	280°C	110°C
Pressure, atm	1	1	1	1

8. Flash Drum

Tabel 3.8 Spesifikasi Flash Drum

Spesifikasi	Keterangan			
Kode	FD-01			
Fungsi	Memisahkan cairan asam laktat dan gas H ₂ O			
Jenis	Tangki vertikal dengan <i>torispherical flanged and dished head</i>			
Material	Stainless Steel 316			
Jumlah	1			
Kondisi Operasi				
Suhu, °C	70			
Tekanan, atm	1			
Diameter, ft	1,9			
Tebal Shell, in	0,1875			
Tinggi Shell, ft	39,3			
Tebal Head, in	0,1875			
Tinggi Head, ft	0,5			
Tinggi Total, ft	39,8			
Harga, Rp	Rp 158.212.998,12			

9. Tangki Penyimpan Asam Laktat

Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Asam Laktat

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Menyimpan senyawa Asam laktat

Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Asam Laktat (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan
Waktu Penyimpanan	7 hari
Fasa	Cair
Tipe	Tutup atas berupa <i>Conical roof</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Kapasitas, kg	1.814.194,77
Jumlah	1 buah
Volume, m ³	1.821
Diameter, m	10,36
Tinggi, m	5,27
Jumlah course	3
Tebal Shell, in	0,1875
Tebal tutup atas, in	0,1875
Tebal tutup bawah, in	0,3125
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA-283 Grade A
Harga, Rp	Rp 11.453.743.375

10. Tangki Penyimpan Katalis Stannious Octoate

Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Katalis

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Menyimpan katalis Stannious Octoate
Waktu Penyimpanan	7 hari
Fasa	Cair
Tipe	Tutup atas berupa <i>Conical roof</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Kapasitas, kg	9.070,97
Jumlah	1 buah
Volume, m ³	9
Diameter, m	1,83
Tinggi, m	3,68
Jumlah course	2
Tebal Shell, in	0,1875
Tebal tutup atas, in	0,1875
Tebal tutup bawah, in	0,25
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA-283 Grade A
Harga, Rp	Rp 5.682.506.205

11. Silo

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Menyimpan produk Polimer Asam Laktat
Waktu Penyimpanan	3 hari
Fasa	Padat

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan
Tipe	Tangki silinder vertikal dengan tutup <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>
Kapasitas, kg	27.643
Jumlah	1 buah
Volume, m ³	402,5
Diameter, m	6,18
Tinggi, m	15,44
Jumlah course	3
Tebal Shell, in	0,3125
Tebal Head, in	0,5
Tebal tutup bawah, in	0,25
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA-283 Grade A
Harga, Rp	Rp55.918.895.130

12. Pompa 1 (P-01)

Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa 1

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan bahan baku asam laktat dari tangki penyimpanan ke <i>mixer</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	36,9
Kapasitas, kg/jam	11193,3
ID, m	0,059
OD, m	0,0732
Suhu fluida, °C	30
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	30
Power Motor, HP	1,20
Power Pompa, HP	0,96
Bahan konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 243.535.980

13. Pompa 2 (P-02)

Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa 2

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan katalis Stannous Octoate dari tangki penyimpanan ke <i>mixer</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	400

Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa 2 (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas, kg/jam	58
ID, m	0,077
OD, m	0,0137
Suhu fluida, °C	30
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	5
Power Motor, HP	0,03
Power Pompa, HP	0,0237
Bahan Konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 131.922.756

14. Pompa 3 (P-03)

Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa 3

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran dari <i>mixer</i> ke reaktor 1
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	37,1
Kapasitas, kg/jam	9577
ID, m	0,0077
OD, m	0,0137
Suhu fluida, °C	120
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	28
Power Motor, HP	8,55
Power Pompa, HP	7,35
Bahan Konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 266.177.242

15. Pompa 4 (P-04)

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa 4

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran dari reaktor 1 ke reaktor 2
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	22
Kapasitas, kg/jam	11.747
ID, m	0,0737
OD, m	0,0889
Suhu fluida, °C	170
Instalasi	Vertikal

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa 4 Lanjutan

Spesifikasi	Keterangan
Efisiensi Pompa, %	30
Power Motor, HP	1,06
Power Pompa, HP	0,85
Bahan Konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 243.535.980

16. Pompa 5 (P-05)

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa 5

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan hasil produk PLA dengan impuritasnya ke Evaporator-01
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	49
Kapasitas, kg/jam	9.239
ID, m	0,059
OD, m	0,0732
Suhu fluida, °C	200
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	30
Power Motor, HP	1,33
Power Pompa, HP	1,064
Bahan Konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 243.535.980

17. Pompa 6 (P-06)

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa 6

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran cair dari Evaporator-01 ke Extruder
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	50
Kapasitas, kg/jam	8.998
ID, m	0,059
OD, m	0,0732
Suhu fluida, °C	280
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	30
Power Motor, HP	1,117

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa 6 (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan
Power Pompa, HP	0,894
Bahan Konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 243.535.980

18. Pompa 7 (P-07)

Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa 7

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran recycle ke reaktor 1
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1 buah
Viskositas, cp	28
Kapasitas, kg/jam	2.170
ID, m	0,0737
OD, m	0,0889
Suhu fluida, °C	70
Instalasi	Vertikal
Efisiensi Pompa, %	30
Power Motor, HP	1,082
Power Pompa, HP	0,865
Bahan konstruksi	Commercial Steel
Harga, Rp	Rp 131.922.756

19. Blower 1

Tabel 3.19 Spesifikasi Blower 1

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BL-01
Fungsi	Mengalirkan gas dari reaktor 1 menuju <i>Cooler</i>
Jenis	Blower Sentrifugal
Jumlah	1
Kapasitas, m ³ /jam	23,3
Suhu, °C	170
Tekanan, atm	1
Efisiensi, %	80
Daya Blower, HP	0,08
Harga, Rp	Rp 3.771.457

20. Blower 2

Tabel 3.20 Spesifikasi Blower 2

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BL-02

Tabel 3.20 Spesifikasi Blower 2

Spesifikasi	keterangan
Fungsi	Mengalirkan gas dari reaktor 2 menuju <i>Cooler</i>
Jenis	Blower Sentrifugal
Jumlah	1
Kapasitas, m ³ /Jam	11,6
Suhu, °C	200
Tekanan, atm	1
Efisiensi, %	80
Daya <i>Blower</i> , HP	0,04
Harga, Rp	Rp 3.771.457

21. Blower 3

Tabel 3.21 Spesifikasi Blower 3

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BL-03
Fungsi	Mengalirkan gas dari Cooler menuju Kondensor Parsial
Jenis	Blower Sentrifugal
Jumlah	1
Kapasitas, m ³ /Jam	28,3
Suhu, °C	110
Tekanan, atm	1
Efisiensi, %	80
Daya <i>Blower</i> , HP	0,09
Harga, Rp	Rp 3.771.457

22. Blower 4

Tabel 3.22 Spesifikasi Blower 4

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BL-04
Fungsi	Mengalirkan gas dari Kondesor Parsial menuju UPL
Jenis	Blower Sentrifugal
Jumlah	1
Kapasitas, m ³ /Jam	26,9
Suhu, °C	110
Tekanan, atm	1
Efisiensi, %	80
Daya Blower, HP	0,09
Harga, Rp	Rp 1.877.904

23. Blower 5

Tabel 3.23 Spesifikasi Blower 5

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BL-05
Fungsi	Mengalirkan gas dari Evaporator 1 menuju Cooler
Jenis	Blower Sentrifugal
Jumlah	1
Kapasitas, m ³ /Jam	26,7
Suhu, °C	280
Tekanan, atm	1
Efisiensi, %	80
Daya Blower, HP	0,1
Harga, Rp	Rp 3.771.457

24. Belt Conveyor

Tabel 3.24 Spesifikasi Belt Conveyor

Spesifikasi	Keterangan
Kode	BC-01
Fungsi	Mengangkut produk dari <i>Extruder</i> menuju Silo
Bahan yang diangkut	Polimer asam laktat
Suhu Operasi, °C	30
Tekanan Operasi, atm	1
Jumlah	1
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas, kg/jam	9,848
Lebar <i>Belt</i> , in	14
Luas Penampang <i>Belt</i> , ft ²	0,11
Kecepatan, m/s	0,003
Panjang <i>Belt</i> , ft	10
Total Daya <i>Conveyor</i> , HP	0,25
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA-283 Grade C
Harga, Rp	Rp 11.8933.920

3.4. Neraca Massa

Rasio umpan asam laktat terhadap sn(II)Oct 1:0.005

Diketahui konversi reaksi = 95%

Tabel 3.25 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	11.629,45	129,22	5.814,73	64,61
H_2O	18	0	0	1.162,95	64,61

Tabel 3.25 Neraca Massa Reaktor 1 (lanjutan)

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Sn(II)Oct	405	58,15	0,14	58,15	0,14
[C ₃ H ₄ O ₂] _n	72	0	0	4.651,78	64,61
Cl	35	13,22	0,38	13,22	0,38
Residu (impuritas asam laktat)	50	13,22	0,26	13,22	0,26
SO ₄	96	33,04	0,34	33,04	0,34
Total		11.747,07	130,35	11.747,07	130,35

Tabel 3.26 Neraca Massa pada Fresh Feed

Fresh Feed		Recycle		Komponen
kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	
9.459,54	105,11	2.169,91	24,11	C ₃ H ₆ O ₃
0	0	0	0	H ₂ O
58,03	0,143	0,12	0,00	Sn(II)Oct
0	0	0	0	[C ₃ H ₄ O ₂] _n
9577,038	106,235	2.170,03	24,11	Subtotal
		11.747,07		TOTAL

Tabel 3.27 Neraca Massa pada Hasil Gas Keluar Reaktor 1

Komponen	BM	Keluar	
		kg/jam	kmol/jam
C ₃ H ₆ O ₃	90	1808,27	20,09
H ₂ O	18	963,306	53,52
Sn(II)Oct	405	0,047	0,00012
[C ₃ H ₄ O ₂] _n	72	3,796	0,053
Cl	35	0,011	0,00031
Residu (impuritas asam laktat)	50	0,011	0,00022
SO ₄	96	0,027	0,00028
Total		2775,46	73,66

Tabel 3.28 Neraca Massa pada Reaktor 2

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
C ₃ H ₆ O ₃	90	5.814,73	64,61	581	6,46
H ₂ O	18	1.162,95	64,61	2.209,6	122,76

Tabel 3.28 Neraca Massa pada Reaktor 2

Komponen	BM	Masuk			
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Sn(II)Oct	405	58,1	0,14	58,15	0,14
$[C_3H_4O_2]_n$	72	4.651,8	64,61	8.838,38	122,76
Cl	35	13,22	0,38	13,22	0,38
Residu (impuritas asam laktat)	50	13,22	0,26	13,22	0,26
SO ₄	96	33,04	0,34	33,04	0,34
Total		11.747,07	194,95	11.747,07	253,095

Tabel 3.29 Neraca Massa pada Hasil Gas Keluar Reaktor 2

Komponen	BM	Keluar	
		kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	256,96	2,86
H_2O	18	2058,33	114,35
Sn(II)Oct	405	0,068	0,00017
$[C_3H_4O_2]_n$	72	10,355	0,14
Cl	35	0,016	0,00045
Residu (impuritas asam laktat)	50	0,015	0,0003
SO ₄	96	0,038	0,0004
Total		2.325,78	117,35

Tabel 3.30 Neraca Massa pada Evaporator 1

Komponen	BM	Masuk		Keluar			
		ARUS 3		ARUS 4		ARUS 5	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	143,69	1,60	39,01	0,43	104,682	1,163
H_2O	18	151,23	8,40	15,59	0,87	135,645	7,536
Sn(II)Oct	405	57,85	0,14	57,84	0,14	0,006	0,00
$[C_3H_4O_2]_n$	72	8.828,03	122,61	8.827,12	122,60	0,908	0,013
Cl	35	13,28	0,38	13,28	0,38	0,001	0,00
Residu (impuritas asam laktat)	50	12,98	0,26	12,98	0,26	0,001	0,00
SO ₄	96	32,60	0,34	32,60	0,34	0,003	0,00
Subtotal		9239,67	133,73	8998,42	125,02	241,25	8,71
Total Berat		9.239,666		9.239,667			
Total kmol		133,73		133,73			

Tabel 3.31 Neraca Massa pada Extruder

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		ARUS 7		ARUS 9	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	39,01	0,43	39,01	0,43
H_2O	18	15,59	0,87	15,59	0,87
Sn(II)Oct	405	57,84	0,14	57,84	0,14
$[C_3H_4O_2]_n$	72	8.827,12	122,60	8.827,12	122,60
Cl	35	13,28	0,38	13,28	0,38
Residu (impuritas asam laktat)	50	12,98	0,26	12,98	0,26
SO ₄	96	32,60	0,34	32,60	0,34
Total		8.998,420	125,020	8.998,420	125,020

Tabel 3.32 Neraca Massa pada Kondesor Parsial

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		ARUS 5 & 6		ARUS 8	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	2.169,91	24,11	2.169,91	24,11
H_2O	18	3.157,28	175,40	3.157,28	175,40
Sn(II)Oct	405	0,12	0,000	0,12	0,000
$[C_3H_4O_2]_n$	72	15,06	0,21	15,06	0,21
Cl	35	0,03	0,0008	0,03	0,0008
Residu (impuritas asam laktat)	50	0,03	0,0005	0,03	0,0005
SO ₄	96	0,03	0,0007	0,07	0,0007
Subtotal		5.342,492	199,726	5.342,492	199,726
Total Berat		5.342,492		5.342,492	
Total kmol		199,726		199,726	

Tabel 3.33 Neraca Massa pada Flash Drum

Komponen	BM	Masuk		Keluar			
		ARUS 8		ARUS 10		Arus 11	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
$C_3H_6O_3$	90	2.169,91	24,11	2.169,91	24,11	0	0
H_2O	18	3.157,28	175,40	0	0	3.157,28	175,40
Sn(II)Oct	405	0,12	0,000	0,12	0,000	0	0
$[C_3H_4O_2]_n$	72	15,06	0,21	15,06	0,21	0	0
Cl	35	0,03	0,0008	0,03	0,0008	0	0

Tabel 3.33 Neraca Massa pada Flash Drum (lanjutan)

Komponen	BM	Masuk		Keluar			
		Arus 8		Arus 9		Arus 10	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Residu (impuritas asam laktat)	50	0,03	0,0005	0,03	0,0005	0	0
SO ₄	96	0,07	0,0007	0,07	0,0007	0	0
Total		5.342,4 92	199,726	2.185,21	24,3	3.157,28	175,40

3.5. Neraca Panas

1. Reaktor 1

Tabel 3.34 Neraca Panas Reaktor 1

Neraca Panas Reaktor 1					
Input			Output		
Panas Arus Masuk	2308499,597	kJ/jam	Panas Arus Keluar	2,39 x 10 ⁶	kJ/jam
Panas Reaksi	42605,7911	kJ/jam			
Panas Sistem	3,4 x 10 ⁴	kJ/jam			
Total	2,39 x 10 ⁶	kJ/jam		2,39 x 10 ⁶	kJ/jam

2. Reaktor 2

Tabel 3.35 Neraca Panas Reaktor 2

Neraca Panas Reaktor 2					
Input			Output		
Panas Arus Masuk	1149770,79	kJ/jam	Panas Arus Keluar	2,52 x 10 ⁶	kJ/jam
Panas Reaksi	314,46	kJ/jam			
Panas Sistem	1,37 x 10 ⁶	kJ/jam			
Total	2,52 x 10 ⁶	kJ/jam		2,52 x 10 ⁶	kJ/jam

3. Evaporator 1 (EV-01)

Tabel 3.36 Neraca Panas Evaporator

Neraca Panas Evaporator		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Arus 3	2,3 x 10 ⁶	
Arus 4		2,2 x 10 ⁶

Tabel 3.36 Neraca Panas Evaporator (lanjutan)

Neraca Panas Evaporator		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Arus 5		$4,07 \times 10^5$
Hvap		311,32
ΔH_s masuk	$5,08 \times 10^5$	
ΔH_s keluar		$1,55 \times 10^5$
Total	$2,81 \times 10^6$	$2,81 \times 10^6$

4. Kondensor Parsial (CD-01)

Tabel 3.37 Neraca Panas Kondensor Parsial

Neraca Panas Kondensor Parsial		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q5 + Q6	$6,10 \times 10^5$	
Q8		$2,46 \times 10^5$
Q10		$5,85 \times 10^4$
Qpendingin		$3,05 \times 10^5$
Total	$6,10 \times 10^5$	$6,10 \times 10^5$

5. Extruder (Ex-01)

Tabel 3.38 Neraca Panas Extruder

Neraca Panas Extruder		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q7	$2,14 \times 10^5$	
Q9		$1,37 \times 10^5$
Panas Dilepas		$7,66 \times 10^4$
Total	$2,14 \times 10^5$	$2,14 \times 10^5$

6. Mixer

Tabel 3.39 Neraca Panas Heater

Neraca Panas Heater		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1+Q2	$1,12 \times 10^5$	
Q3		$1,55 \times 10^6$
Qpemanas	$1,44 \times 10^6$	
Total	$1,55 \times 10^6$	$1,55 \times 10^6$

7. Cooler

Tabel 3.40 Neraca Panas Cooler

Neraca Panas Cooler		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q5+Q6	$6,65 \times 10^5$	
Q7		$3,17 \times 10^5$
Qpendingin		$3,48 \times 10^5$
Total	$6,65 \times 10^5$	$6,65 \times 10^5$

8. Flash Drum

Tabel 3.41 Neraca Panas Flash Drum

Neraca Panas Cooler		
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q5+Q6	$3,86 \times 10^5$	
Q7		$3,86 \times 10^5$
Total	$3,86 \times 10^5$	$3,86 \times 10^5$

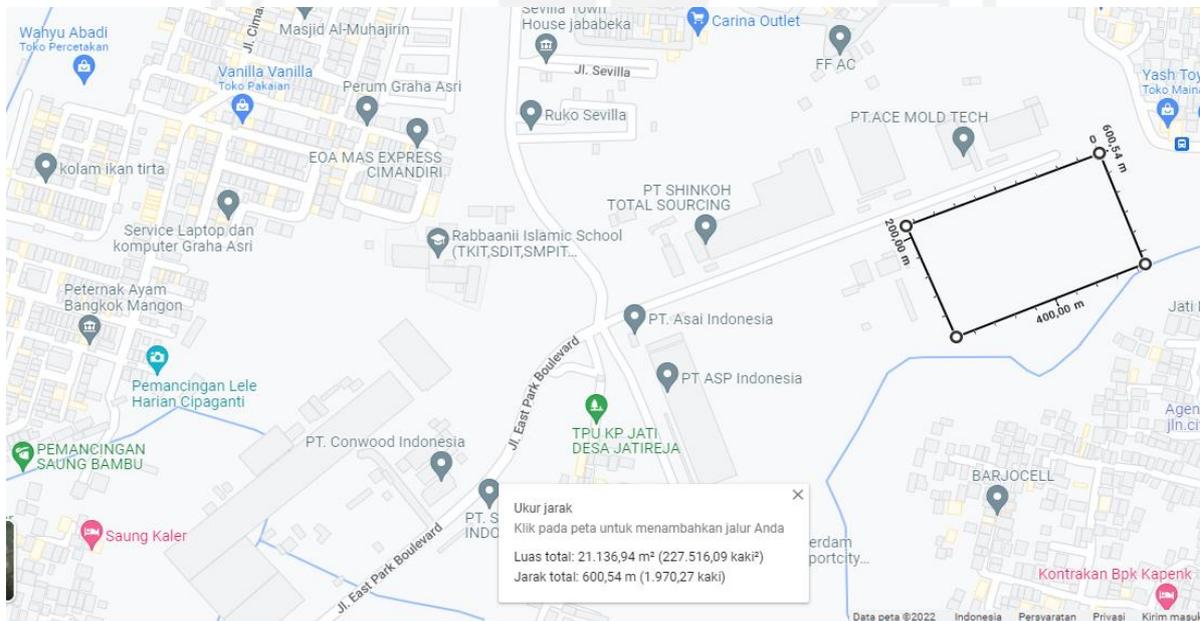
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi pabrik

Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi memberikan pengaruh yang besar terhadap keberlangsungan beroperasinya suatu pabrik. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik harus didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis, antara lain meliputi: distribusi bahan baku dan produk, pemasaran, tenaga kerja, transportasi dan utilitas. Pabrik terletak di Kawasan Industri Jababeka, kecamatan Cikarang Utara Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat.



Gambar 4.1 Ukuran dan Lokasi Lahan untuk Berdirinya Pabrik

Seperti yang bisa dilihat pada gambar, tata letak lokasi lahan pabrik terletak di Jl. Jatireja VI, Cibarusah, Bekasi, Jawa Barat. Tempat tersebut dipilih karena lahan tersebut masih kosong dan siap dibangun, lahan tersebut merupakan lahan industri milik Jababeka yang sedang dijual melalui *website* Rumah.com

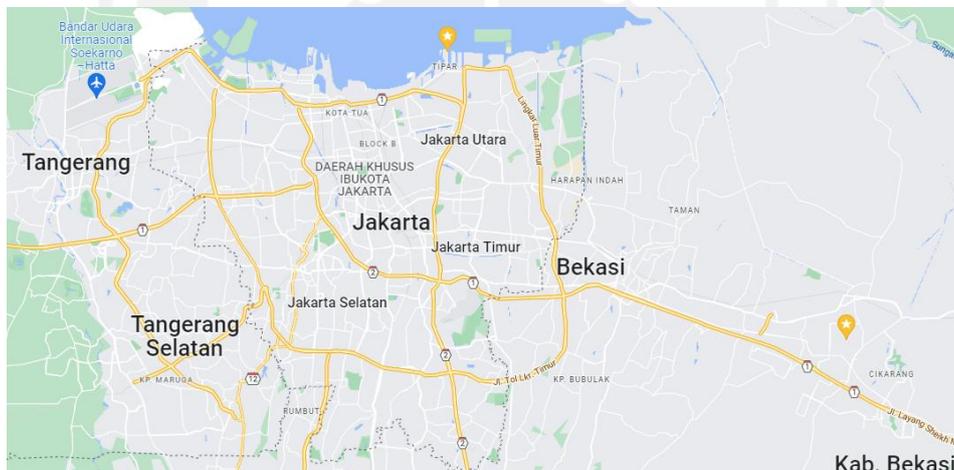
Ada 2 faktor penentu dalam menentukan lokasi pabrik yang akan didirikan, diantaranya :

4.1.1 Faktor Primer

Faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi proses produksi dan distribusi. Faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi :

1. Mendekati Sumber Bahan Baku

Bahan baku utama dalam pembuatan polimer asam laktat ini adalah asam laktat. Untuk saat ini bahan berupa asam laktat hanya bisa didapatkan melalui impor, belum ada pabrik yang memproduksi produk berupa asam laktat di Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia, selama 5 tahun kebelakang asam laktat yang diimpor didatangkan mayoritas melalui Bandar Udara Soekarno-Hatta dan Pelabuhan Petikemas Tanjung Priok maka akan lebih baik jika pemilihan lokasi pabrik mendekati pelabuhan dan bandar udara tersebut.



Gambar 4.2 Lokasi Pabrik

Jika dilihat pada gambar, lokasi pabrik yang akan didirikan pada Kawasan Industri Jababeka (2.267 Ha) pada Kabupaten Bekasi (ditunjukkan dengan *pin point* berwarna kuning di wilayah Cikarang pada gambar 4.2) berjarak kurang lebih 48 KM ke Pelabuhan Petikemas Tanjung Priok (50 menit), dan berjarak 66,7 KM ke Bandar Udara Soekarno-Hatta (1 jam 5 menit).

2. Mendekati Pasar

Polimer asam laktat (PLA) telah mulai dikenal sebagai bahan pengemas pangan karena memiliki ciri yang baik, seperti ciri mekanik, transparansi, keamanan, dan biodegradability. Oleh karena itu produk dari polimer asam laktat ini tentunya dapat digunakan oleh industri yang bergerak di bidang pangan. Terdapat cukup banyak

industri pangan yang berlokasi di sekitar Cikarang, baik di Jakarta, Banten, dan juga Bekasi. Adapun beberapa industri pangan tersebut antara lain :

- a. PT. Sapan Global Industri
- b. PT. Gumindo Perkasa Industri
- c. PT. Sumber Energi Pangan
- d. PT. Pangansari
- e. PT. Bali Maya Permai Food Canning
- f. PT. Megafood Inovasi Pangan

Dan masih banyak lagi, jika menggunakan aplikasi peta seperti *Google Maps* dapat ditemukan lebih dari 20 industri pangan yang tersebar di wilayah Jakarta, Bekasi, dan Banten. Jadi dengan banyaknya industri pangan yang menjadi pasar dari produk polimer asam laktat, dapat dikatakan lokasi pabrik yang dibangun di Kawasan Industri Jababeka ini adalah lokasi yang strategis.

3. Infrastruktur Transportasi

Penetapan lokasi pabrik di Kawasan Industri Jababeka telah memenuhi kriteria lokasi yang memiliki infrastruktur :

a. Transportasi Darat

Lokasi pabrik dapat dikatakan strategis karena sangat dekat dengan akses Jalan Tol Jakarta-Cikampek yang dapat menghubungkan ke beberapa kota strategis baik ke arah barat menuju Karawang atau Cikampek ataupun menuju arah timur ke Jakarta atau Banten dimana daerah tersebut merupakan daerah padat Industri.

b. Transportasi Udara

Dengan tersedianya akses darat yang lengkap maka dari lokasi pabrik ke lokasi Bandar Udara terdekat yaitu Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat ditempuh sejauh 66,7 KM atau 1 jam 5 menit.

c. Transportasi Laut

Dengan tersedianya akses darat yang lengkap maka dari lokasi pabrik ke lokasi Pelabuhan terdekat yaitu Pelabuhan Petikemas Tanjung Priok dapat ditempuh sejauh 48 KM atau sekitar 50 menit.

4. Utilitas

Seperti yang tertulis pada halaman website resmi dari PT. Jababeka Tbk. bahwa setiap perkembangan Jababeka memiliki atau diharapkan memiliki infrastruktur khusus untuk mendukung dan melengkapi kegiatan di setiap pengembangan. Misalnya, Kota Jababeka memiliki pelabuhan kering sendiri, yang memfasilitasi kegiatan impor, ekspor, dan distribusi domestik oleh penghuni perkebunan, 2 pembangkit listrik swasta milik Bekasi Power dan Cikarang Listrindo, serta listrik milik negara (PLN) dengan total 1000 Mw, ketersediaan pasokan gas alam yang didapatkan dari ladang minyak dan tambang batu bara, serta 2 instalasi pengolahan air dengan kapasitas harian yang dapat diperluas hingga 72.600 m³/hari, 2 instalasi pengolahan air limbah dengan kapasitas harian 42.000 m³ per hari, fasilitas FABLAB (Lab fabrikasi) yang dapat menjadi pusat pengembangan Industri 4.0, 2 stasiun pemadam kebakaran yang bekerja 24 jam dengan air hidran yang disediakan tiap 250m di sepanjang jalan, JFAST atau pelayanan terpadu satu pintu bagi perusahaan yang membutuhkan jasa perijinan, pembuatan laporan persyaratan untuk pemerintah, sertifikasi, hingga Analisis Laboratorium Lingkungan, Area saluran telepon / Telex / Faksimili tersedia. Terdaftar dengan Kode Area Jakarta (021). Saat ini tersedia 25.000 jalur Teknologi Informasi yang didukung oleh jaringan serat optik. Lalu yang terakhir JSmart atau Aplikasi media sosial yang dapat digunakan oleh para tenant di Jababeka untuk turut serta meningkatkan pelayanan dan terwujudnya Jababeka menjadi Smart City.

5. Tenaga Kerja

Lokasi yang dipilih mudah memperoleh tenaga kerja yang dibutuhkan oleh pabrik hal ini karena di kawasan industri terdapat banyak dan tergolong padat pemukiman warga. Selain itu Kawasan Industri Jababeka ini dekat dengan beberapa kawasan industri lainnya seperti MM2100 Industrial Town, Suryacipta Industrial Sector, dan Karawang International Industrial City sehingga dapat dikatakan daerah pabrik ini merupakan daerah yang menjadi tujuan banyak tenaga kerja dalam mencari pekerjaan. Kawasan Industri Jababeka juga menyediakan berbagai fasilitas pendidikan seperti St. Leo Jababeka, President Jababeka High School, President University, BPK Penabur, Al Azhar Jababeka

untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kegiatan belajar mengajar demi menciptakan tenaga kerja yang berkualitas.

6. Letak Geografis dan Keadaan Iklim

Secara geografis kawasan Industri Jababeka terletak di Cikarang Selatan, Kab. Bekasi, Prov. Jawa Barat, terletak di antara Purwakarta dan Jakarta. Kota Cikarang ini terkenal dengan area perindustriannya. Di daerah ini pula terdapat beberapa objek vital nasional seperti Objek Vital Nasional milik PT. Pertamina EP Region Jawa-Field Tambun. Kekurangan dari daerah ini adalah kerap banjir saat curah hujan tinggi.

Berdasarkan kondisi iklimnya, Kota Cikarang ini memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata mulai dari 21°C hingga 30°C. Curah hujan maksimum terjadi pada bulan Desember, dan curah hujan minimum terjadi pada bulan Agustus. Kota Cikarang, Kabupaten Bekasi, sebagaimana iklim di rata-rata wilayah Indonesia yaitu tropis dan tidak ekstrim.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik ini meliputi :

1. Perluasan Pabrik

Dalam kurun waktu 10 atau sampai 20 tahun kedepan, memiliki pertimbangan untuk dilakukan ekspansi pabrik dalam. Perluasan pabrik adalah salah satu hal untuk mengembangkan potensi pabrik yang didirikan sehingga hal ini kemungkinan besar terjadi apabila pabrik masih berdiri. Pentingnya hal ini agar tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan. Mengingat juga lokasi dari pabrik yaitu Kawasan Industri Jababeka memiliki luas wilayah yang luas yaitu 2.267 Ha.

2. Perizinan

Untuk perizinan dalam melakukan investasi ataupun mendirikan sebuah aset pada kawasan industri ini sudah diatur dan dikelola dengan baik oleh Jababeka Industrial Estate. Berbagai pelayanan yang ditawarkan guna memberi kemudahan bagi investor. Pelayanan yang dimaksud antara lain JFAST. JFAST (Jababeka Focus to Accelerate Service Tenant) adalah layanan terpadu satu pintu untuk perusahaan yang memerlukan jasa dalam pembuatan perizinan,

penyusunan laporan yang diwajibkan pemerintah, sertifikasi, hingga Analisa Laboratorium Lingkungan. Semua terpadu di layanan JFAST yang terjamin, terlengkap dan terpercaya. Tujuan dari pelayanan JFAST merupakan efisiensi waktu dalam melengkapi kebutuhan yang diperlukan oleh perusahaan, dengan memudahkan dan menyediakan semua yang dibutuhkan pada satu tempat.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Kawasan Industri Jababeka memiliki sejumlah fasilitas yang sangat menunjang kenyamanan penggunanya. Mulai dari perumahan & apartemen seperti Kawana Golf Residence, Monroe Tower, dll. Jababeka Golf & Country Club yang bisa dijadikan destinasi untuk melepas penat setelah bekerja, pusat perbelanjaan seperti Farmers Market dan Living Plaza Jababeka, berbagai fasilitas pusat pendidikan seperti President University dan Al Azhar Jababeka, dll, fasilitas perhotelan seperti Swiss-BeliNN dan Batiqa Hotel, dll, dan yang terakhir yaitu fasilitas rumah sakit yang memberikan pelayanan kesehatan seperti Rumah Sakit Harapan Keluarga, dll.

4. Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar tentunya akan terbuka dengan adanya pembangunan pabrik baru di Kawasan Industri Jababeka ini, hal tersebut dikarenakan dengan didirikannya pabrik baru maka lowongan pekerjaan yang didapatkan oleh masyarakat sekitar menjadi bertambah pula lalu dengan mendukung berkembangnya industri kreatif di area tersebut maka artinya akan menambah kesejahteraan masyarakat. Lalu kegiatan operasional dari pabrik ini tentunya tidak akan mengganggu mobilitas dan keamanan masyarakat sekitar karena kegiatan dari pabrik ini sudah diatur dan diberikan regulasi sedemikian rupa dari Jababeka Industrial Estate agar tidak merugikan sekitar.

4.2 Tata letak pabrik

Tata letak letak pabrik merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat karyawan bekerja, tempat kerja peralatan dan tempat penyimpanan bahan yang ditinjau dari segi hubungan antara satu dengan yang lainnya. Selain peralatan yang tercantum dalam flowsheet proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel dan lain sebagainya harus

terletak pada bagian yang seefisien mungkin, terutama ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi. Selain itu yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat-alat produksi sedemikian rupa sehingga dalam proses produksi dapat memberikan keamanan dan kenyamanan. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

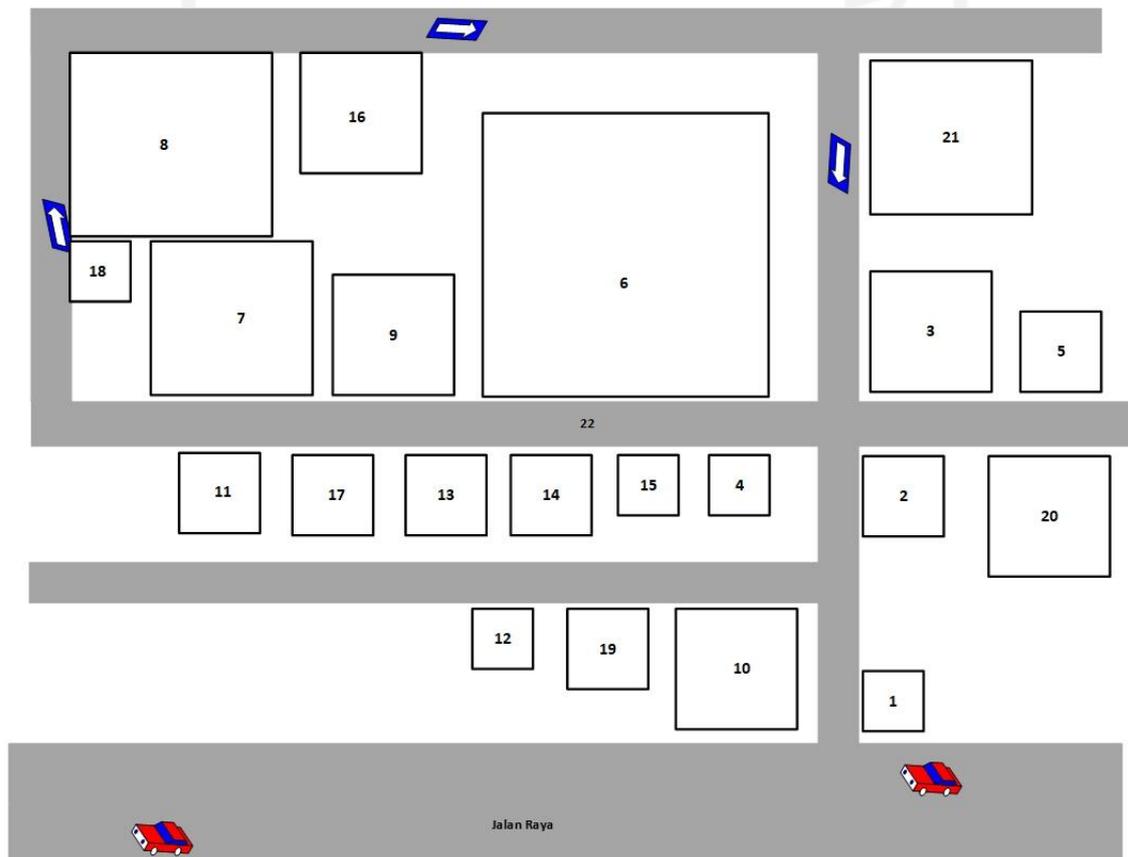
- a. Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung.
 Areal ini terdiri dari :
 1. Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
 2. Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
 3. Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, mess, kantin, aula dan masjid.
- b. Daerah proses, ruang kontrol dan perluasan. Merupakan lokasi alat-alat proses diletakkan untuk kegiatan produksi dan perluasannya. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.
- c. Daerah utilitas dan power station. Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Nama Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos keamanan	15	15	225
2	Stasiun Penimbangan	20	20	400
3	Parkiran karyawan	30	30	900
4	Parkiran Tamu	15	15	225
5	Parkiran Truk	20	20	400
6	Gudang bahan baku	70	70	4900
7	Utilitas	40	40	1600
8	Area produksi Unit	50	50	2500
9	Area Penyimpanan Produk	30	30	900
10	Kantor Utama	30	30	900
11	Laboratorium	20	20	400
12	Kantin	15	15	225
13	Masjid	20	20	400
14	Klinik	15	15	225
15	Bengkel	15	15	225
16	Gudang Peralatan	30	30	900

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik (lanjutan)

No	Nama Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
17	Unit Pemadam Kebakaran	20	20	400
18	Control Room	15	15	225
19	Kantor Produksi dan Proses	20	20	400
20	Mess	30	30	900
21	Unit Pengolahan Limbah	40	40	1600
22	Jalan Aspal Pabrik	100	10	1000
Total Luas Tanah				19850
Total Luas Bangunan				16925



Layout Pabrik dibuat dengan skala 1:1000, dengan keterangan :

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 12. Kantin |
| 2. Stasiun Penimbangan | 13. Masjid |
| 3. Parkir Karyawan | 14. Klinik |
| 4. Parkir Tamu | 15. Bengkel |
| 5. Parkir Truk | 16. Gudang Peralatan |
| 6. Gudang Bahan Baku | 17. Unit Pemadam Kebakaran |
| 7. Utilitas | 18. Control Room |
| 8. Area Produksi Unit | 19. Kantor Produksi dan Proses |
| 9. Area Penyimpanan Produk | 20. Mess |
| 10. Kantor Utama | 21. Unit Pengolahan Limbah |
| 11. Laboratorium | 22. Jalan Aspal Pabrik |



Gambar 4.3 Layout Pabrik

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

a. Aliran bahan baku dan produk

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

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

c. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

d. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan layout peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

e. Pertimbangan ekonomi

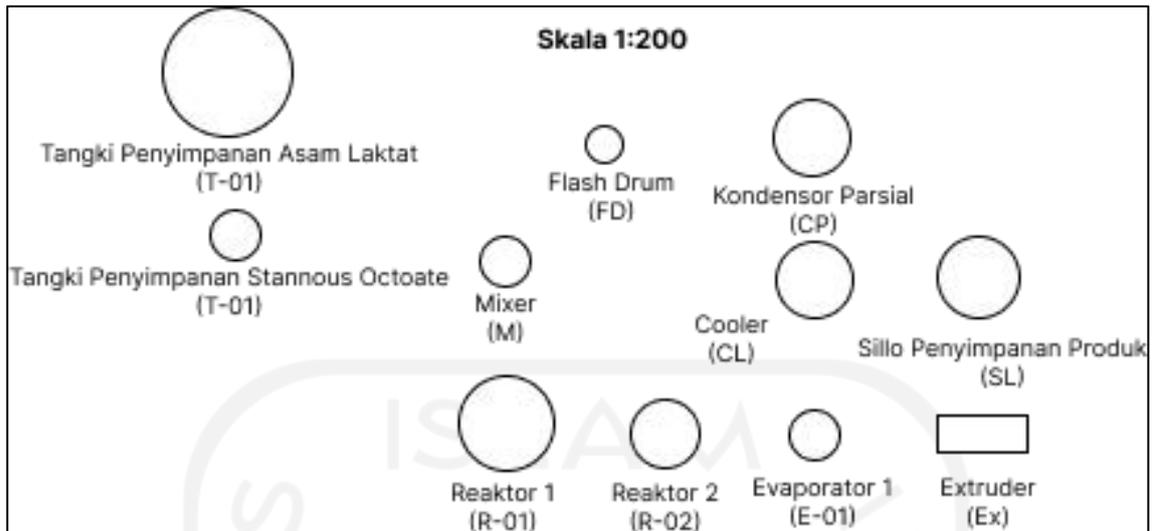
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

f. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

4.3 Tata letak alat proses

Adapun untuk tata letak alat proses ini di gambar dengan skala 1:200 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi perusahaan

A. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab secara keseluruhan dalam hal menetapkan suatu kebijakan, program umum perusahaan, dan organisasi sesuai wewenang yang diberikan.

B. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertanggung jawab mengawasi dan membantu direktur utama dalam memberikan keputusan operasional perusahaan dan melakukan pengawasan umum.

C. Direktur Produksi

Direktur produksi bertanggung jawab atas pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang operasi dan produksi, serta pemeliharaan dan peningkatan kualitas bahan dan alat produksi.

C.1. Manager Produksi

Membantu dan menyetujui tugas direktur produksi dan memberikan saran agar mencapai hasil yang optimal.

C.1.1 Divisi Produksi

Bertanggung jawab untuk mengatur bagian produksi dan operasional alat dan bahan baku hingga menjadi produk sesuai arahan manager atau direktur produksi.

C.1.2 Divisi Pemeliharaan dan Peningkatan Kualitas

Bertanggung jawab atas pemeliharaan serta peningkatan kualitas dari alat dan bahan baku sebelum diproduksi.

D. Direktur Teknologi

Direktur teknologi bertanggung jawab atas mengelola dan meningkatkan teknologi perusahaan, jasa rancang bangun dan rekayasa, mengembangkan aplikasi teknologi informasi, serta melakukan survey teknologi terkait alat-alat proses produksi

D.1 Manager Teknologi

Membantu dan menyetujui tugas direktur teknologi serta mengawasi dan membantu semua divisi agar mendapatkan hasil yang optimal.

D.1.1 Divisi perencanaan bangun dan rekayasa

Memiliki tugas untuk merancang bangun serta perekayasaan teknologi dalam pabrik agar perusahaan berkembang sesuai dengan perkembangan zaman.

D.1.2 Divisi teknologi informatika

Mengelola sebuah teknologi komersial perusahaan serta teknologi komunikasi untuk seluruh karyawan pabrik.

E. Direktur Pemasaran dan Penjualan

Direktur pemasaran dan penjualan bertanggung jawab atas operasi pemasaran dan komersial perusahaan secara keseluruhan seperti merancang dan merencanakan kegiatan pemasaran.

E.1 Manager pemasaran dan penjualan

Membantu direktur pemasaran untuk merancang dan merencanakan serta mengawasi seluruh kegiatan pemasaran.

E.1.1 Divisi Pemasaran dan penjualan

Memiliki tugas untuk distribusi penjualan dengan membangun wilayah penjualan serta memastikan produk agar dapat dipasarkan sesuai dengan hukum dan undang-undang yang berlaku.

E.1.2 Divisi pengembangan dan perencanaan pasar

Memiliki tugas untuk mengembangkan dan merencanakan kebijakan pemasaran serta jaringan pasar

E.1.3 Divisi ekspor dan impor

Bertanggung jawab atas pemesanan bahan baku serta pengelolaan produk ketika akan diekspor

F. Direktur Keuangan

Direktur keuangan bertanggung jawab atas mengawasi semua aspek keuangan perusahaan, membangun hubungan dengan pelanggan, serta melakukan negosiasi bisnis dengan pelanggan.

F.1 Manager Keuangan

Memiliki tugas membantu direktur keuangan menjalankan tugasnya, serta menganalisis kinerja keuangan perusahaan serta risiko dan memastikan administrasi keuangan sesuai dengan yang diinginkan perusahaan.

F.1.1 Divisi pengembangan operasi dan keuangan

Memiliki tugas untuk pengembangan dan perencanaan bisnis, serta menganalisa peluang bisnis perusahaan.

F.1.2 Divisi Akuntansi

Bertanggung jawab atas menyiapkan buku besar dan mendukung direktur atau manager lintas tim dengan prosedur keuangan.

G. Direktur SDM dan Umum

Direktur SDM dan umum adalah bertanggung jawab atas mengembangkan dan menerapkan kebijakan dan memimpin pengelolaan SDM, serta bertanggung jawab atas pengadaan untuk wilayah kerja.

G.1 Manager SDM dan umum

Memiliki tugas untuk membantu direktur SDM, serta bertanggung jawab atas segala hal yang berhubungan dengan karyawan, yaitu rekrutmen, gaji, honor lembur, tunjangan, dan kompensasi sesuai dengan peraturan perusahaan dan K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

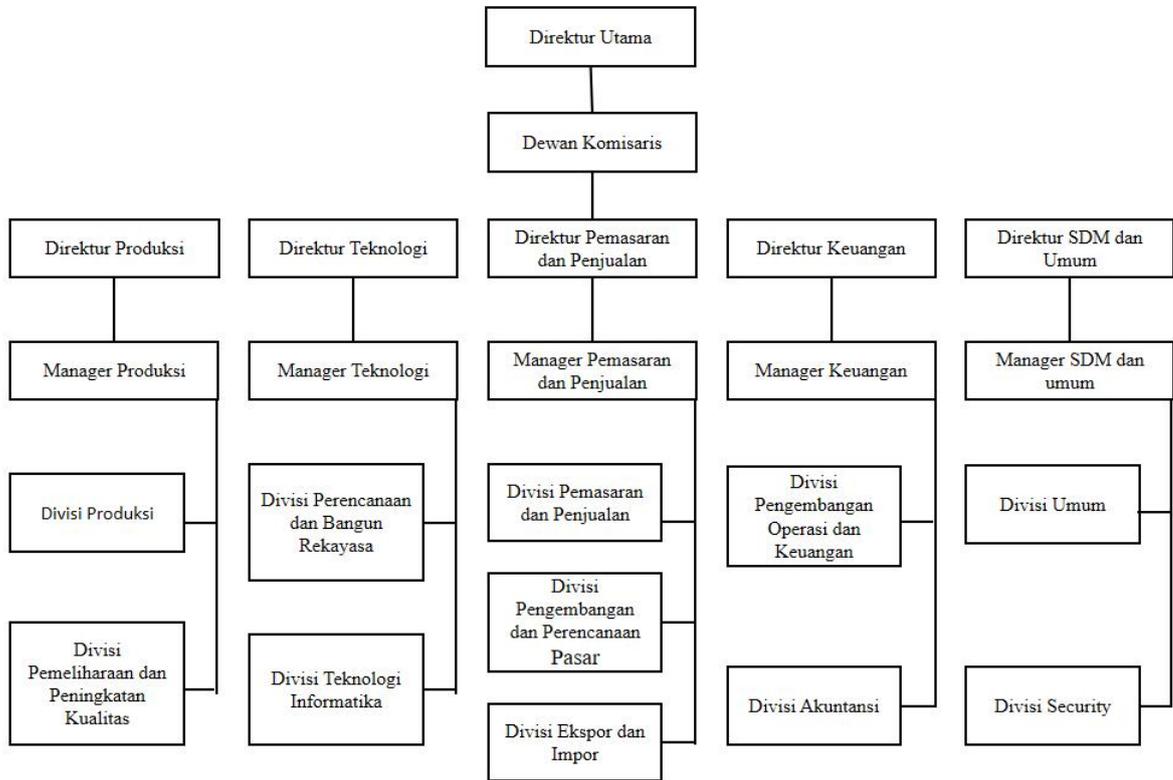
G.1.1 Divisi umum

Memiliki tugas untuk merumuskan kebijakan, mengelola operasi sehari-hari, dan merencanakan penggunaan bahan dan sumber daya manusia.

G.1.2 Divisi Security

Memiliki tugas untuk merencanakan, mengimplementasikan, dan mengawasi operasi keamanan sehari-hari perusahaan.

Berikut merupakan gambar struktur organisasi pabrik.



Gambar 4.5 Struktur Organisasi Pabrik

Status Karyawan

Sistem upah karyawan diciptakan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi 3 golongan, yakni sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masakerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik atau perusahaan apabila diperlukan saja. Karyawan borongan hanya menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik polimer asam laktat akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*.

Sistem kerja untuk karyawan produksi diatur menurut pembagian shift dan dilakukan secara bergantian. Hal tersebut dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus sehingga pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran shift sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 shift sebagai berikut:

Shift I	: Pukul 07.00 – 15.00
Shift II	: Pukul 15.00 – 23.00
Shift III	: Pukul 23.00 – 07.00

Grup shift selama 1 minggu bekerja selama 6 hari per harinya selama 8 jam dan mendapatkan 2 hari libur dengan rincian jam kerja 2 hari shift 1 selanjutnya 2 hari shift 2 dan selanjutnya shift 3 dan pada minggu selanjutnya mendapatkan shift libur. Pada hari minggu dan hari libur hari besar semua karyawan shift tidak libur.

Sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian shift seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari tiap tahunnya.

Tabel 4.2 Jadwal Kegiatan Karyawan *Shift*

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III
Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan : 1,2,3, dst : Hari ke-
A, B, C, dst : Kelompok kerja *shift*
■ : Libur

Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

a. Jumlah Pekerja

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan Pabrik

Jabatan	Jumlah
Direktur Utama	1
Direktur Teknik dan Produksi	1
Direktur Keuangan dan Umum	1
Staff Ahli	1
Ka. Bag Umum	1
Ka. Bag. Pemasaran	1
Ka. Bag. Keuangan	1
Ka. Bag. Teknik	1
Ka. Bag. Produksi	1
Ka. Sek. Instrumentasi dan Perlengkapan	1
Ka. Sek. Personalia	1
Ka. Sek. Humas	1
Ka. Sek. Keamanan	1
Ka. Sek. Pengendalian Mutu	1
Ka. Sek. Pemasaran	1
Ka. Sek. Administrasi	1
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1
Ka. Sek. Proses	1

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan Pabrik (lanjutan)

Jabatan	Jumlah
Ka. Sek. K3	1
Ka. Sek. Laboratorium	1
Ka. Sek. Utilitas	1
Ka. Sek. Litbang	1
Karyawan Personalia	5
Karyawan Humas	10
Karyawan Keamanan	10
Karyawan Pengendalian Mutu	8
Karyawan Pemasaran	8
Karyawan Administrasi	8
Karyawan Kas/Anggaran	8
Karyawan Proses	12
Karyawan Instrumentasi dan Perlengkapan	12
Karyawan Laboratorium	8
Karyawan Pengendali Lapangan	12
Karyawan Utilitas	12
Karyawan K3	8
Karyawan Litbang	8
Operator	50
Dokter	3
Paramedis	6
Sopir	10
Cleaning Service	15

b. Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal tersebut berkaitan dengan tugas dan tanggung jawab dari masing-masing jabatan untuk meningkatkan kualitas pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut adalah rincian penggolongan jabatan pabrik polimer asam laktat yaitu:

Tabel 4.4 Penggolongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1

Tabel 4.4 Penggolongan Jabatan (lanjutan)

Jabatan	Pendidikan
Supir	SLTA
Cleaning Service	SLTA
Satpam	SLTA

c. Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gaji Bulanan

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

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

Tabel 4.5 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)
Direktur Utama	1	50,000,000
Direktur Teknik dan Produksi	1	45,000,000
Direktur Keuangan dan Umum	1	40,000,000
Staff Ahli	1	25,000,000
Ka. Bag Umum	1	35,000,000
Ka. Bag. Pemasaran	1	35,000,000
Ka. Bag. Keuangan	1	35,000,000
Ka. Bag. Teknik	1	37,000,000
Ka. Bag. Produksi	1	35,000,000
Ka.Sek.Instrumentasi dan Perlengkapan	1	35,000,000
Ka. Sek. Personalia	1	30,000,000
Ka. Sek. Humas	1	30,000,000
Ka. Sek. Keamanan	1	25,000,000
Ka.Sek.Pengendalian Mutu	1	20,000,000
Ka. Sek. Pemasaran	1	20,000,000
Ka. Sek. Administrasi	1	20,000,000
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	20,000,000
Ka. Sek. Proses	1	20,000,000
Ka. Sek. K3	1	20,000,000

Tabel 4.5 Rincian Gaji Sesuai Jabatan (lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)
Ka. Sek. Laboratorium	1	20,000,000
Ka. Sek. Utilitas	1	20,000,000
Ka. Sek. Litbang	1	20,000,000
Karyawan Personalia	5	7,000,000
Karyawan Humas	10	7,000,000
Karyawan Keamanan	10	5,000,000
Karyawan Pengendalian Mutu	8	6,000,000
Karyawan Pemasaran	8	6,000,000
Karyawan Administrasi	8	6,000,000
Karyawan Kas/Anggaran	8	6,000,000
Karyawan Proses	12	8,000,000
Karyawan Instrumentasi dan Perlengkapan	12	8,000,000
Karyawan Laboratorium	8	7,500,000
Karyawan Pengendali Lapangan	12	7,500,000
Karyawan Utilitas	12	8,000,000
Karyawan K3	8	7,000,000
Karyawan Litbang	8	7,000,000
Operator	50	6,500,000
Dokter	3	12,000,000
Paramedis	6	5,000,000
Sopir	10	4,000,000
Cleaning Service	15	3,000,000
Σ	235	763,500,000

Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

- 1) Tunjangan
 - a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
 - b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- 2) Cuti
 - a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.

- b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3) Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah tiga pasang untuk setiap tahunnya.

4) Pengobatan

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

5) Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja

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

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

BAB V

UTILITAS

Untuk sebuah pabrik agar dapat beroperasi dengan baik tentu perlu sarana penunjang atau yang disebut unit utilitas. Sarana penunjang tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung suatu proses terutama dalam pembuatan produk agar kualitas produk tetap optimal sesuai dengan ketentuan pabrik. Umumnya utilitas yang berada dalam pabrik meliputi air, steam, listrik, dan bahan bakar.

Unit utilitas memegang peran penting dalam semua operasi yang dilakukan dalam pabrik, dengan adanya utilitas, semua kegiatan dan kebutuhan pabrik dalam memilih bahan baku serta menjalankan operasi dari awal hingga menjadi produk akhir. Unit utilitas yang terdapat pada pabrik Polimer Asam Laktat (PLA) antara lain sebagai berikut :

1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System)
2. Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)
3. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)
4. Unit Penyedia Udara (Instrumen Air System)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

Dalam memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik umumnya dapat menggunakan air sungai, air danau, air sumur, dan juga air laut. Dalam perancangan pabrik Polimer Asam Laktat ini menggunakan sumber air sungai yang tidak jauh dari lokasi pabrik yang berada pada daerah Bekasi, Jawa Barat. Dikarenakan sumber air yang diperoleh memiliki zat yang dapat menyebabkan fouling pada alat-alat penukar panas, maka perlu diadakan pengolahan air sungai secara fisis dan kimia. Pertimbangan pabrik menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi sehingga dapat diperoleh dengan kuantitas yang besar tanpa perlu memikirkan kendala kekurangan air pada pabrik dikarenakan Indonesia

merupakan negara maritim yaitu lebih banyak wilayah perairan dibandingkan daratan.

- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan pengolahan air laut yang lebih rumit akibat terkandungnya unsur garam hingga memerlukan proses desalinasi yang biayanya cukup besar.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik tersebut digunakan untuk keperluan:

1. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut:

- a. Air merupakan material yang dapat diperoleh dalam skala besar.
- b. Pengolahannya mudah
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak terdekomposisi.
- e. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air tersebut digunakan antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, dan masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat Fisika, meliputi :

Suhu : Dibawah suhu udara (25°C)

Warna : Jernih atau bening

Rasa : Tidak memiliki rasa

Bau : Tidak memiliki bau

b. Syarat Kimia, meliputi :

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.

Tidak beracun

Kadar klorin sekitar 0,7 ppm.

c. Syarat Bakteriologis :

Tidak mengandung bakteri-bakteri yang dapat merusak kualitas air, terutama bakteri patogen.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpanboiler adalah sebagai berikut :

a. Zat-zat yang menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan oleh air mengandung larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena proses aerasi ataupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat mengakibatkan kerak (*scale forming*).

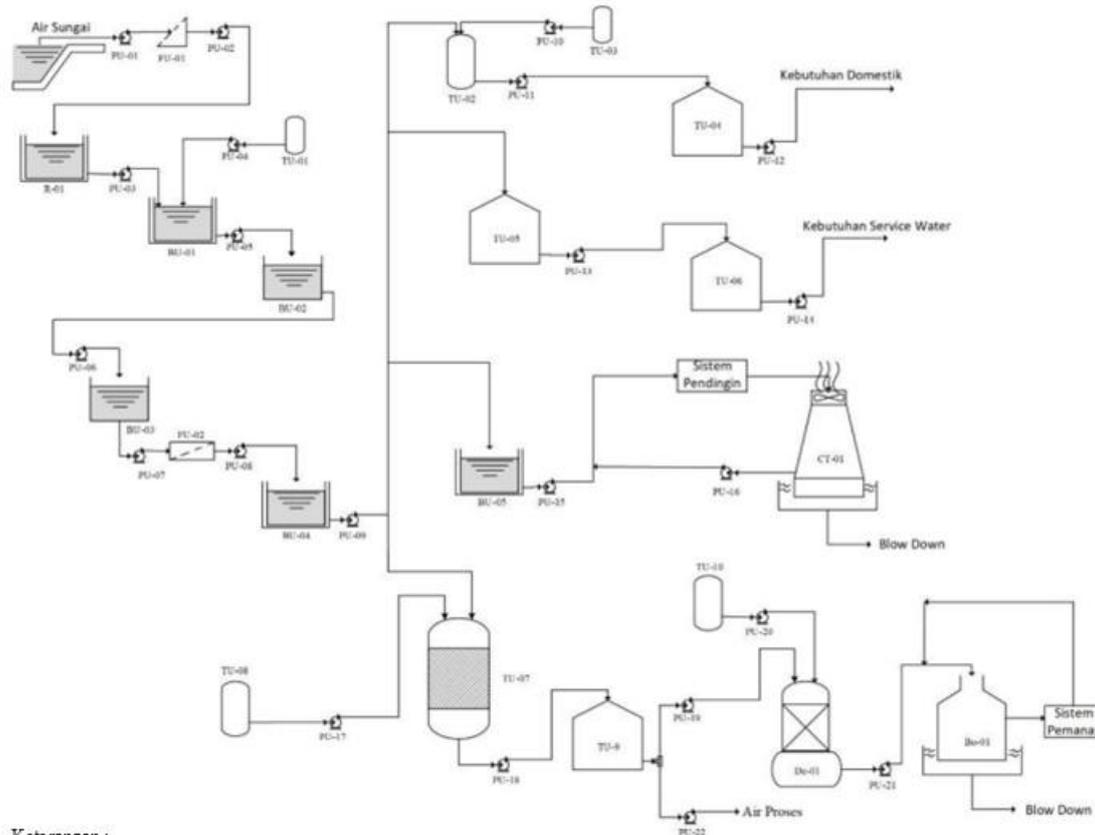
Pembentukan kerak disebabkan oleh adanya kesadahan dan suhu yang tinggi, biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang mengakibatkan *foaming*.

Air yang diperoleh kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek *foaming* terutama terjadi pada alkalitas yang tinggi.

3. Unit Pengolahan Air

Pada perancangan pabrik dibutuhkan sumber air terdekat yaitu air sungai yang nantinya dapat memenuhi keberlangsungan suatu proses. Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :



Keterangan :

- | | | | | | |
|-----|-------|--|-----|-------|---------------------------------|
| 1. | PU | : Pompa Utilitas | 12. | TU-04 | : Tangki Air Kebutuhan Domestik |
| 2. | FU-01 | : Screening | 13. | TU-05 | : Tangki <i>Service Water</i> |
| 3. | R-01 | : Reservoir | 14. | TU-06 | : Tangki Air Bertekanan |
| 4. | BU-01 | : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) | 15. | BU-05 | : Bak <i>Cooling Water</i> |
| 5. | TU-01 | : Tangki Alum | 16. | CT-01 | : <i>Cooling Tower</i> |
| 6. | BU-02 | : Bak Pengendap I | 17. | TU-07 | : <i>Mixed-Bed</i> |
| 7. | BU-03 | : Bak Pengendap II | 18. | TU-08 | : Tangki NaCl |
| 8. | FU-02 | : Sand Filter | 19. | TU-09 | : Tangki Air Demin |
| 9. | BU-04 | : Bak Penampung Air Bersih | 20. | TU-10 | : Tangki N_2H_4 |
| 10. | TU-02 | : Tangki Klorinasi | 21. | De-01 | : Deaerator |
| 11. | TU-03 | : Tangki Kaporit | 22. | BO-01 | : Boiler |

Gambar 5.1 Unit Pengolahan Air

a. Penghisapan

Air yang akan digunakan pada pabrik bersumber pada air sungai yang kemudian akan melewati berbagai proses seperti proses penyaringan (Screening), penampungan (Reservoir), koagulasi, dan proses lainnya yang bertujuan untuk membersihkan air dari sisa kotoran dengan volume partikel terbesar hingga terkecil sehingga ketika digunakan tidak menyebabkan kerusakan.

b. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum air dari sungai dapat digunakan, air dari sumber tersebut harus disaring agar memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah organik ataupun anorganik. Pada tahap screening partikel yang berukuran padat dan besar akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara untuk partikel yang kecil masih akan terbawa bersama air yang kemudian akan diolah ke tahap pengolahan air berikutnya. Tujuan penyaringan yaitu untuk memisahkan kotoran yang besar agar tidak terikut ke pengolahan selanjutnya.

c. Penampungan (*Reservoir*)

Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari sumber air sungai dengan proses sedimentasi. Kotoran yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena adanya gaya gravitasi.

d. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan adalah air tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam dari perpaduan basa lemah dan asam kuat, sehingga jika air yang memiliki suasana basa akan mudah terhidrolisis. Untuk memperoleh sifat alkalis agar terjadi proses flokulasi dengan efektif dengan cara menambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah terjadinya penggumpalan. Sedangkan pada proses Flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

e. Bak Pengendap 1 dan Bak Pengendap 2

Bak pengendap 1 dan 2 ini berfungsi untuk mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi yang bertujuan untuk menghilangkan flokulasi. Endapan yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan pada bak pengendap 1 dan bak pengendap 2.

f. Penyaringan (*Sand Filter*)

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat filter untuk difiltrasi. Unit tersebut berfungsi untuk menghilangkan zat-zat mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang akan diperoleh dari hasil filtrasi adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler (*Boiler Feed Water*).

g. Bak Penampung Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi sudah bisa disebut sebagai air bersih. Kemudian air keluaran proses filtrasi akan ditampung dalam bak penampungan air bersih. Air bersih yang ditampung tersebut dapat langsung digunakan sebagai air layanan umum (*service water*) serta sebagai air pendingin. Air bersih ini juga dapat digunakan untuk Air domestik (*domestic water*) dan air umpan boiler (*boiler feed water*) dengan cara air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan kandungan mineral yang berada didalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin melalui proses demineralisasi.

h. Demineralisasi

Proses demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air yang digunakan untuk *boiler feed water* dan air tersebut harus murni serta bebas dari kandungan mineral yang terlarut didalamnya. Proses demineralisasi ini dapat dilakukan dengan alat yang terdiri dari penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*).

Demineralisasi diperlukan karena air umpan boiler memerlukan syarat sebagai berikut:

- a) Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*. Jika *steam* digunakan sebagai pemanas yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica, hal ini akan menyebabkan turunnya efisiensi operasi sehingga mengakibatkan boiler tidak dapat beroperasi sama sekali.
- b) Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- c) Bebas dari zat yang dapat menyebabkan *foaming*

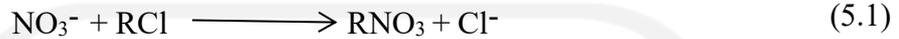
Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik dan anorganik yang tidak larut dalam jumlah dan volume yang besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi.

Pengolahan air dalam unit demineralisasi, yaitu:

Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* yang berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion ketika dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed*, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion, kemudian saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

1. Anion (*Anion Exchanger*)

Anion Exchanger memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa yang memiliki sifat RCI (*Renewable Carbon Initiative*), sehingga anion-anion seperti NO_3^- , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:

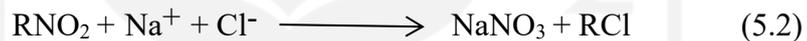


Ion NO_3^- dapat menggantikan ion Cl^- yang ada dalam resin karena selektivitas NO_3^- lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



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

Reaksi regenerasi adalah sebagai berikut:

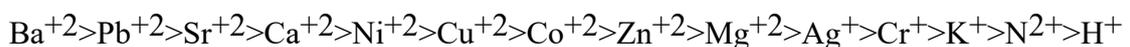


2. Kation (*Cation Exchanger*)

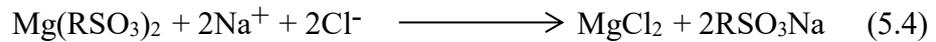
Cation Exchanger merupakan resin penukar kation-kation berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula RSO_3H dan $(\text{RSO}_3)\text{Na}$, dimana pengganti kation-kation yang terkandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ . karena menggunakan ion Na^+ sehingga air yang keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion Na^+ . Reaksi penukar kation :



Ion Mg^{+2} dapat menggantikan ion Na^+ yang terkandung dalam resin karena selektivitas Mg^{+2} lebih besar dibanding selektivitas Na^+ . Berikut merupakan urutan selektivitas kation:



Ketika resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasi adalah sebagai berikut:



i. Deaerator

Unit Dearator berfungsi untuk menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terkandung dalam *feed water*. Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya terdapat kandungan gas-gas terlarut berupa CO₂ dan O₂ yang harus dihilangkan dari air karena dapat menyebabkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam unit deaerator yang diinjeksikan dengan zat-zat kimia sebagai berikut :

Hidrazin yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O₂ yang mampu mengakibatkan terjadinya korosi. Unit Deaerator berkerja dengan cara memanaskan air yang keluar dari proses pertukaran ion yang terjadi di alat penukar ion (*ion exchanger*) dan sisa kondensat yang belum dikirim sebagai umpan boiler, pada unit deaerator air dipanaskan hingga suhu mencapai 90 °C agar gas yang terlarut dalam air yaitu O₂ dan CO₂ dapat dihilangkan. Hal ini disesebabkan gas tersebut mampu menimbulkan reaksi kimia yang mengakibatkan terjadinya bintik-bintik yang semakin lama semakin membesar dan pada akhirnya akan menutupi permukaan pipa-pipa, hal itulah penyebab terjadinya korosi pada pipa-pipa boiler. Oleh karena itu perlu adanya pemanasan yaitu pemanasan yang dilakukan dengan menggunakan koil pemanas yang terdapat didalam deaerator.

4. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*/Pemanas

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam* / pemanas

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	850,7
Reaktor-02	R-02	898,2
Evaporator-01	E-01	33.289,45
Mixer	HE-01	520,3
Total		35.558,2

Direncanakan *steam* yang digunakan adalah saturated steam dengan

kondisi : P = 1 atm

T = 303 K

Faktor keamanan = 20 %

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%

Kebutuhan *steam* = 20% x 35.558,2 Kg/jam

= 42.669,8 kg/jam

Blowdown = 15% x kebutuhan steam

= 15% x 42.669,8 kg/jam

= 6.400,5 kg/jam

Steam Trap = 5% x kebutuhan steam

= 5% x 35.558,2 kg/jam

= 2.133 kg/jam

Kebutuhan air *make up* untuk steam = *Blowdown* + *Steam Trap* (5.6)

= 6.400,5 kg/jam + 2.133 kg/jam

= 8.533,9 kg/jam

b. Air Pendingin

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Extruder	Ex-01	2,471
Total		2,471

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 20\% \times 2,471 \text{ kg/jam}$$

$$= 2,965 \text{ kg/jam}$$

- Jumlah air yang menguap (W_e)

$$= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \quad (5.7)$$

(Perry, Pers. 12-14c)

$$= 0,00085 \times 2,965 \times 5$$

$$= 38 \text{ kg/jam}$$

- *Drift Loss* (W_d)

$$= 0,0002 \times W_c \quad (5.8)$$

(Perry, Pers. 12-14c)

$$= 0,0002 \times 2,965$$

$$= 6 \text{ kg/jam}$$

- *Blowdown* (W_b) (*cycle yang dipilih 4 kali*)

$$= \frac{W_e - (Cycle - 1) W_d}{Cycle - 1} \quad (5.9)$$

(Perry, Pers. 12-14e)

$$= \frac{38 - (4 - 1) 6}{4 - 1}$$

$$= 32 \text{ Kg/jam}$$

Sehingga jumlah makeup air adalah:

$$W_e = 38 \text{ kg/jam}$$

$$W_d = 6 \text{ kg/jam}$$

$$W_b = 32 \text{ kg/jam}$$

- Kebutuhan *Make Up Water* (W_m)

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (5.10)$$

$$W_m = 38 \text{ kg/jam} + 6 \text{ kg/jam} + 32 \text{ kg/jam}$$

$$W_m = 76 \text{ kg/jam}$$

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah sebuah kebutuhan air bersih yang dibutuhkan oleh karyawan dan mess untuk melakukan kegiatan sehari-hari

- Kebutuhan Air karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang mencapai 100-120 liter/hari

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari
= 4.263 kg/jam

Jumlah karyawan = 200 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 853 kg/jam

- Kebutuhan Air area mess

Jumlah mess = 50 rumah

Penghuni mess = 4 orang

Kebutuhan air untuk mess = 1.667 kg/jam

Total kebutuhan air domestik = 853 kg/jam + 1667kg/jam
= 2.519 kg/jam

a. Kebutuhan *Service Water*

Kebutuhan air servis (*service water*) diperkirakan sekitar 1000 Kg/jam. Perkiraan kebutuhan air tersebut akan digunakan untuk pelayanan umum yang meliputi kebutuhan air pada kegiatan didalam laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan sebagainya.

b. Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air proses (*demin water*) merupakan air yang digunakan sebagai bahan tambahan pada proses pada suatu pabrik, adapun kebutuhan air proses atau *demin water* total adalah sebesar 14.037 Kg/jam. Dimana hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Proses (*Demin Water*)

Alat	Fungsi	Air proses (demin) (kg/jam)
Boiler	Membuat saturated steam	14.037
Total		14.037

Sehingga dapat dilihat total kebutuhan air adalah sebesar 28.074 kg/jam dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 5.4 Total Kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	2.519
2	<i>Service Water</i>	1.000
3	<i>Cooling Water</i>	2.965
4	<i>Steam Water</i>	42.670
5	<i>Demin Water</i>	14.037
	Total	63.191

5.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit Pembangkit Steam berfungsi sebagai unit yang mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas : 42.669,8 kg/jam
- Jenis : *Water Tube Boiler*
- Jumlah : 1 buah

Boiler dilengkapi dengan unit bernama *economizer safety valve* dengan fungsi memberi sistem dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* diatur terlebih dahulu kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang kemungkinan masih terkandung pada air dengan cara menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*, selain itu kadar pH juga perlu diatur dengan kisaran 10,5-11,5 karena apabila pH terlalu tinggi maka korosivitasnya juga tinggi.

Sebelum masuk ke dalam *boiler*, umpan dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *economizer*, yaitu sebuah alat penukar panas yang berfungsi untuk menaikkan efisiensi boiler dengan memanfaatkan panas dari gas sisa

pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat tersebut temperatur air dinaikkan hingga 225°C, kemudian baru diuapkan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang dikeluarkan dari alat pembakaran (*burner*) bertujuan untuk memanaskan lorong api dan pipa api. Gas sisa pembakaran tersebut masuk kedalam *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air dalam *boiler* menyerap panas dari dinding dan pipa api membuat air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul hingga mencapai tekanan 1 atm kemudian langsung dialirkan ke steam *header* untuk di distribusikan ke area alat-alat proses. Steam yang digunakan merupakan saturated steam bersuhu 300°C dengan tekanan 125 atm.

5.3 Unit pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik Polimer Asam laktat (PLA) diperoleh dari PLN dan dibantu menggunakan generator diesel, fungsi generator diesel yakni sebagai tenaga cadangan ketika terjadinya gangguan atau pemadaman listrik pada pabrik oleh PLN. Berikut merupakan spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu sebagai berikut :

Kapasitas = 1.600 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

a) Kebutuhan Listrik untuk alat proses.

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Belt Conveyer (SCP 1)	BC-01	0,25	186
Reaktor 1	R-01	1	746
Reaktor 2	R-02	3	2.237
Evaporator 1	E-01	0	0
Extruder	Ex-01	30	22.371
Condensor	CP-01	0	0
Mixer	M-01	7,5	5.593
Blower 1	BL-01	0,08	61
Blower 2	BL-02	0,04	30
Blower 3	BL-03	0,09	70
Blower 4	BL-04	0,1	75

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Proses (lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	Watt
Blower 5	BL-05	0,1	75
Pompa 1	P-01	1,5	1119
Pompa 2	P-02	0,04	30
Pompa 3	P-03	1,5	1119
Pompa 4	P-04	1,5	1119
Pompa 5	P-05	1,5	1119
Pompa 6	P-06	1,5	1119
Pompa 7	P-07	1,5	1119
Total		240	38.184

Power yang dibutuhkan = 38.184 Watt

= 38 kW

b) Kebutuhan Listrik untuk utilitas

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1491
Blower Cooling Tower	BL-01	1	746
Kompresor Udara	CP-01	8	5966
Pompa-01	PU-01	5	3729
Pompa-02	PU-02	10	7457
Pompa-03	PU-03	5	3729
Pompa-04	PU-04	0,05	37
Pompa-05	PU-05	5	3729
Pompa-06	PU-06	5	3729
Pompa-07	PU-07	1,5	1119
Pompa-08	PU-08	3	2237
Pompa-09	PU-09	1,5	1119
Pompa-10	PU-10	0,05	37
Pompa-11	PU-11	1	746
Pompa-12	PU-12	1	746
Pompa-13	PU-13	0,33	249
Pompa-14	PU-14	0,33	249
Pompa-15	PU-15	1	746
Pompa-16	PU-16	0,75	559
Pompa-17	PU-17	0,05	37
Pompa-18	PU-18	3	2237
Pompa-19	PU-19	1,5	1119

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Utilitas (lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	Watt
Pompa-20	PU-20	0,05	37
Pompa-21	PU-21	2	1491
Pompa-22	PU-22	2,5	1864
Total		61	45202

Power yang dibutuhkan = 45.202 Watt

= 45 kW

a) Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

- Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 20 kW
- Listrik yang digunakan untuk penerangan sekitar 150 kW

b) Kebutuhan Listrik untuk bengkel dan laboratorium

- Listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 100 kW

c) Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

- Listrik untuk instrumentasi sekitar 30 kW

Berikut rincian kebutuhan listrik pada pabrik Biodiesel :

Tabel 5.7 Rincian Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	38
	b. Utilitas	45,20
2	a. Listrik Ac	20
	b. Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	100
4	Instrumentasi	30
Total		383,4

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses pada pabrik Polimer Asam Laktat adalah 383,4 kW. Dengan faktor daya sebesar 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 479,2 kW. Kebutuhan listrik didapatkan dari PLN dan generator sebagai cadangan kebutuhan listrik ketika terjadi kendala dan pemadaman listrik yang dilakukan oleh PLN.

5.4 Unit Penyedia Dowtherm

Dowtherm berfungsi untuk, dengan mempertimbangkan faktor keamanan pada alat yang menggunakan dowtherm, maka kebutuhan dowtherm dengan excess 20% untuk alat proses pabrik polimer asam laktat yaitu sebanyak 16.725,42 kg/jam dan make up sebesar 10% sebanyak 18.397,96 kg/jam. Pada alat proses yang membutuhkan dowtherm adalah kondensor yang membutuhkan penurunan suhu yang sangat besar.

5.5 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan berfungsi sebagai unit keperluan untuk alat kontrol pneumatik yakni membuat alat bekerja secara otomatis dan terkontrol. Total kebutuhan udara tekan yang diperlukan pada pabrik Polimer Asam Laktat diperkirakan 91,8 m³/jam.

5.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berfungsi dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar pada alat boiler dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar sebanyak 157,32 kg/jam. Sedangkan untuk bahan bakar *fuel oil* yang digunakan pada boiler sebanyak 719,25 kg/jam. Bahan bakar tersebut akan diperoleh dari PT. Pertamina kabupaten Bekasi.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah pabrik Polimer Asam Laktat (PLA) dapat di kategorikan menjadi limbah cair dan limbah gas. Pertama, limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi seperti air bekas pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah air sanitasi tidak membutuhkan penanganan khusus sama seperti limbah rumah tangga lainnya karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan adalah volume buangan dan tempat pembuangan air limbah. Kedua, limbah cair dari sanitasi air limbah

laboratorium harus diolah agar sesuai dengan peraturan pemerintah yaitu nilai COD maksimal 100 mg/l, BOD maksimal 20 mg/l, TSS maksimal 80 mg/l, oil maksimal 5 mg/l dan pH berkisar antara 6,5-8,5.

Terakhir, limbah hasil proses berupa limbah gas. Gas yang dibuang merupakan gas H₂O dimana H₂O tersebut merupakan hasil samping dari reaksi polimerisasi yang kemudian langsung segera di pisahkan dari campuran reaksi sehingga menjadi limbah. Untuk gas H₂O tersebut tidak membutuhkan penanganan khusus karena tidak mengandung zat kimia yang berbahaya bagi lingkungan.



BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor- faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow Rate*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perludilakukan 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*)
- d. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- e. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Harga Alat

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

Di dalam analisa ekonomi harga–harga alat maupun harga–harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2019 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1991 sampai 2019, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat

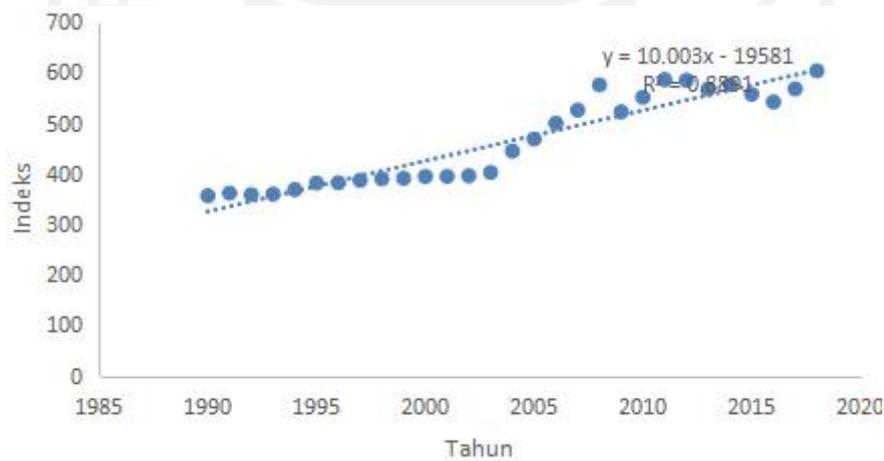
Tahun (X)	Indeks (Y)
1990	356
1991	361
1992	358
1993	359
1994	368
1995	381
1996	382
1997	387
1998	390
1999	391
2000	394
2001	394
2002	396
2003	402
2004	444
2005	468
2006	500
2007	525

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat (lanjutan)

Tahun (X)	Indeks (Y)
2008	575
2009	522
2010	551
2011	586
2012	585
2013	567
2014	576
2015	557
2016	542
2017	568
2018	603

(www.chemengonline.com/pci)

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah $y = 10.003x - 19.581$. Pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas 70.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2024, berikut adalah grafik hasil *plotting* data sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik index harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah $y = 10.003x - 19581$. Pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas 70.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2024, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 0,8891.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan

Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y (N_x / N_y) \quad (6.1)$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2027

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi (2014)

N_x : Index harga pada tahun 2027

N_y : Index harga pada tahun referensi (2014)

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut :

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Harga Total (\$)
Tangki-01	T-01	731.906,13
Tangki-02	T-02	36.311,81
Silo	T-03	357.327,50
Mixer	M-01	712.483,53
Reaktor-01	R-01	2.181.121,28
Reaktor-02	R-02	2.181.121,28
Cooler	C-01	54.528,03
Kondensor Parsial	CD-01	10.929,34
Flash Drum	FD-01	10.131,5
Evaporator-01	E-01	350.933,73
Extruder	Ex	1.151.067,45
Blower-01	BL-01	241,27
Blower-02	BL-02	120,64
Blower-03	BL-03	241,27
Blower-04	BL-04	241,27
Blower-05	BL-05	241,27
Pompa-01	P-01	15.562,20
Pompa-02	P-02	8429,97
Pompa-03	P-03	8444,61
Pompa-04	P-04	17.009,85
Pompa-05	P-05	15.562,20
Pompa-06	P-06	15.562,20
Pompa-07	P-07	17.013,02
Belt Conveyor	BC-01	7600,15
Total		\$ 7.996.138,03
		Rp 121.548.654.559

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Harga Total (\$)
Screening	FU-01	32.336,39
Sand Filter	FU-02	98.699,65
Bak sedimentasi	R-01	126.572,05
Bak Koagulasi Flokulasi	BU-01	38.128,47
Bak Pengendap 1	BU-02	135.380,21
Bak Pengendap 2	BU-03	130.674,48
Bak Air Bersih	BU-04	90.374,13
Bak Air Pendingin	BU-05	13.755,21
Bak penampung sementara	TU-04	1.335.944,44
Mixed Bed	TU-07	15.927,08
Deaerator	De-01	55.262,15
Tangki Larutan Alum	TU-01	13.272,57
Tangki Klorinasi	TU-02	11.342,01
Tangki Kaporit	TU-03	603,30
Tangki Air Servis	TU05	90.374,13
Tangki Air Bertekanan	TU-06	49.591,15
Tangki NaCL	TU-08	11.342,01
Tangki Air Demin	TU-09	433.289,06
Tangki N ₄ H ₄	TU-10	55.382,81
Cooling Tower	CT-01	137.793,40
Pendingin Dowtherm	CT-02	147.928,82
Boiler	BO-01	481.070,31
Kompressor-01	C-01	12.669,27
Tangki Silica Gel-01	TU-13	241,32
Tangki Dowtherm A	TU-11	104.732,64
Tangki Bahan Bakar	TU-12	36.559,90
Pompa 1	PU-01	17.013,02
Pompa 2	PU-02	24.493,92
Pompa 3	PU-03	19.667,53
Pompa 4	PU-04	8446,18
Pompa 5	PU-05	18.340,28
Pompa 6	PU-06	18.340,28
Pompa 7	PU-07	18.340,28
Pompa 8	PU-08	17.013,02
Pompa 9	PU-09	17.013,02
Pompa 10	PU-10	8446,18
Pompa 11	PU-11	13.996,53
Pompa 12	PU-12	13.996,53
Pompa 13	PU-13	8446,18
Pompa 14	PU-14	8446,18
Pompa 15	PU-15	13.996,53
Pompa 16	PU-16	13.996,53
Pompa 17	PU-17	8446,18
Pompa 18	PU-18	17.013,02

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

Nama Alat	Kode Alat	Harga Total (\$)
Pompa 19	PU-19	17.013,02
Pompa 20	PU-20	8446,18
Pompa 21	PU-21	17.013,02
Pompa 22	PU-22	17.013,02
Total		\$ 3.984.183,62
		Rp 60.563.256.400

6.2 Analisa Kelayakan

Pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas 70.000 ton/tahun dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi atau *high risk*, hal ini dapat dilihat dari kondisi operasi dan bahan baku yang digunakan. Dimana kondisi operasi berjalan pada suhu 170-280°C dan tekanan 1 atm serta diagonal hazard MSDS (*Material Safety Data Sheet*) bahan baku pabrik polimer asam laktat beberapa mencapai angka tiga.

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

1. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	= 70.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Tahun pendirian pabrik	= 2027
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 15.200
Upah pekerja asing	= \$ 10/manhour
Upah pekerja Indonesia	= Rp 20.000/manhour
1 manhour asing	= 2 manhour Indonesia
% tenaga asing	= 95% tenaga Indonesia

2. Perhitungan Biaya

a. *Capital Investment*

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas– fasilitas pabrik.

2. *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries and Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi:

1. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

3. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya–biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

c. *General Expense*

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran–
pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang
tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

d. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

$$\% \text{ ROI} = (\text{Keuntungan} / \text{Fixed Capital}) \times 100\% \quad (6.2)$$

e. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) merupakan :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaa yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\% \quad (6.3)$$

f. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) merupakan:

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat

menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Keterangan :

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

g. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).

2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

h. *Discounted Cash Flow Rate Of Return* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

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

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR.

$$(FC + WC) (1 + i)^N = C \sum_{T=1}^{n=x-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.6)$$

Keterangan :

FC : Fixed Capital

WC : Working Capital

SV : Salvage Value

C : Cash Flow (Profit after taxes + Depresiasi + finance)

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DSCFR

6.3 Hasil Perhitungan

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Purchased Equipment Cost (PEC)	\$11.980.321,65	Rp182.111.910.960
2	Delivered Equipment Cost (DEC)	\$2.995.080,41	Rp45.527.977.740
3	Instalation Cost	\$3.426.255,98	Rp52.082.243.031
4	Piping Cost	\$8.308.218,92	Rp126.292.571.200
5	Instrumentation Cost	\$3.270.606,06	Rp49.716.221.035
6	Insulation Cost	\$688.850,37	Rp10.471.159.333
7	Electrical Cost	\$1.797.048,25	Rp27.316.786.644
8	Building Cost	\$9.584.257,32	Rp145.689.528.768
9	Land & Yard Improvement	\$6.235.675,21	Rp94.788.000.000
Physical Plant Cost (PPC)		\$48.286.314,16	Rp733.996.398.710

Tabel 6.5 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Engineering and construction	\$9.657.262,83	Rp146.799.279.741,98
2	Physical Plant Cost (PPC)	\$48.286.314,16	Rp733.996.398.709,89
Direct Plant Cost (DPC)		\$57.943.577,00	Rp880.795.678.451,87

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Type of Capital Investment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Direct Plant Cost (DPC)	\$57.943.577,00	Rp880.795.678.451,87
2	Contractor's fee	\$5.794.357,70	Rp88.079.567.845,19
3	Contingency	\$5.794.357,70	Rp88.079.567.845,19
Fixed Capital Investment (FCI)		\$69.532.292,40	Rp1.056.954.814.142,24

Tabel 6.7 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material	\$450.964.734,55	Rp6.855.078.852.673,92
2	Labor	\$1.586.746,07	Rp24.120.000.000,00
3	Supervision	\$396.686,52	Rp6.030.000.000,00
4	Maintenance	\$27.812.916,96	Rp422.781.925.656,90
5	Plant Supplies	\$4.171.937,54	Rp63.417.288.848,53
6	Royalty and Patents	\$105.914.642,00	Rp1.609.999.999.930,08
7	Utilities	\$466.838.777,17	Rp7.096.378.904.642,17
Direct Manufacturing Cost (DMC)		\$1.057.686.440,80	Rp16.077.806.971.751,60

Tabel 6.8 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Payroll Overhead	\$317.349,21	Rp4.824.000.000,00
2	Laboratory	\$317.349,21	Rp4.824.000.000,00
3	Plant Overhead	\$1.269.396,85	Rp19.296.000.000,00
4	Packaging	\$105.914.642,00	Rp1.609.999.999.930,08
5	Shipping	\$21.182.928,40	Rp321.999.999.986,02
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		\$129.001.665,68	Rp1.960.943.999.916,10

Tabel 6.9 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depreciation	\$41.719.375,44	Rp634.172.888.485,35
2	Property taxes	\$34.766.146,20	Rp528.477.407.071,12
3	Insurance	\$34.766.146,20	Rp528.477.407.071,12
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		\$111.251.667,84	Rp1.691.127.702.627,59

Tabel 6.10 Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	\$1.057.686.440,80	Rp16.077.806.971.751,60
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	\$129.001.665,68	Rp1.960.943.999.916,10
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	\$111.251.667,84	Rp1.691.127.702.627,59
Manufacturing Cost (MC)		\$1.297.939.774,32	Rp19.729.878.674.295,30

Tabel 6.11 Working Capital Investment (WCI)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material Inventory	\$77.616,00	Rp1.179.834.606,72
2	Inproses Inventory	\$162.242.471,79	Rp2.466.234.834.286,91
3	Product Inventory	\$117.994.524,94	Rp1.793.625.334.026,84
4	Extended Credit	\$192.572.076,37	Rp2.927.272.727.145,60
5	Available Cash	\$117.994.524,94	Rp1.793.625.334.026,84
Working Capital Investment (WCI)		\$590.881.214,04	Rp8.981.938.064.092,92

Tabel 6.12 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Administration	\$63.548.785,20	Rp965.999.999.958,05
2	Sales expense	\$635.487.852,02	Rp9.659.999.999.580,48
3	Research	\$52.957.321,00	Rp804.999.999.965,04
4	Finance	\$26.416.540,26	Rp401.555.715.129,41
General Expense (GE)		\$778.410.498,49	Rp11.832.555.714.633,00

Tabel 6.13 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expense	Harga(\$)	Harga (Rp)
1	Manufacturing Cost (MC)	\$1.297.939.774,32	Rp19.729.878.674.295,30
2	General Expense (GE)	\$778.410.498,49	Rp11.832.555.714.633,00
Biaya Total		\$2.076.350.272,81	Rp31.562.434.388.928,30

Tabel 6.14 Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depreciation	\$41.719.375,44	Rp634.172.888.485,35
2	Property taxes	\$34.766.146,20	Rp528.477.407.071,12
3	Insurance	\$34.766.146,20	Rp528.477.407.071,12
Fixed Cost (Fa)		\$111.251.667,84	Rp1.691.127.702.627,59

Tabel 6.15 Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material	\$853.776,00	Rp12.978.180.673,92
2	Packaging	\$105.914.642,00	Rp1.609.999.999.930,08
3	Shipping	\$21.182.928,40	Rp321.999.999.986,02
4	Utilities	\$466.838.777,17	Rp7.096.378.904.642,17
5	Royalty & Patent	\$105.914.642,00	Rp1.609.999.999.930,08
Variable Cost (Va)		\$700.704.765,58	Rp10.651.357.085.162,30

Tabel 6.16 Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Gaji Karyawan	\$1.586.746,07	Rp24.120.000.000,00
2	Payroll Overhead	\$317.349,21	Rp4.824.000.000,00
3	Supervision	\$396.686,52	Rp6.030.000.000,00
4	Plant Overhead	\$1.269.396,85	Rp19.296.000.000,00
5	Laboratorium	\$317.349,21	Rp4.824.000.000,00
6	Maintenance	\$27.812.916,96	Rp422.781.925.656,90
7	Administration	\$63.548.785,20	Rp965.999.999.958,05
8	Sales Expense	\$635.487.852,02	Rp9.659.999.999.580,48
9	Research	\$52.957.321,00	Rp804.999.999.965,04
10	Finance	\$26.416.540,26	Rp401.555.715.129,41
11	Plant Supplies	\$4.171.937,54	Rp63.417.288.848,53
Regulated Cost (Ra)		\$814.282.880,85	Rp12.377.848.929.138,40

Tabel 6.17 Sales Cost (Sa)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Annual Sales Cost	\$2.118.292.840,08	Rp32.199.999.998.601,60
Sales Cost (Sa)		\$2.118.292.840,08	Rp32.199.999.998.601,60

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

1) *Percent Return On Investment (ROI)*

$$\% \text{ ROI} = (\text{Keuntungan} / \text{Fixed Capital}) \times 100\% \quad (6.7)$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 60,36 \%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 44,46 \%$$

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44%. (Aries and Newton, 1955).

2) *Pay Out Time (POT)*

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\% \quad (6.8)$$

$$\text{POT sebelum pajak} = 1,42 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 1,87 \text{ tahun}$$

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimum adalah 2 tahun. (Aries & Newton, P.196)

3) *Break Even Point (BEP)*

$$\text{BEP} = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.9)$$

$$\text{BEP} = 41,9 \%$$

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% – 60%

4) *Shut Down Point (SDP)*

$$\text{SDP} = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.10)$$

$$\text{SDP} = 28,8\%$$

5) *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$(\text{FC} + \text{WC}) (1 + i)^N = C \sum_{T=a}^{n-x-1} (1 + i)^N + \text{WC} + \text{SV} \quad (6.11)$$

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp1.056.954.814.142,2

Working Capital = Rp8.981.938.064.092,9

Salvage Value (SV) = Rp634.172.888.485,35

$$\begin{aligned} \text{Cash flow (CF)} &= \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \\ &\quad \text{finance} \\ &= \text{Rp1.494.775.842.579,55} \end{aligned}$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai i : 0,162

DCFR : 16,1 %

Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank :
5,37 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat

Suku bunga pinjaman tahun 2021 adalah 3,58 %

(Bank Indonesia, 2021)

$1,5 \times 3,58 \% = 5,3 \%$

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini 3,58 %)

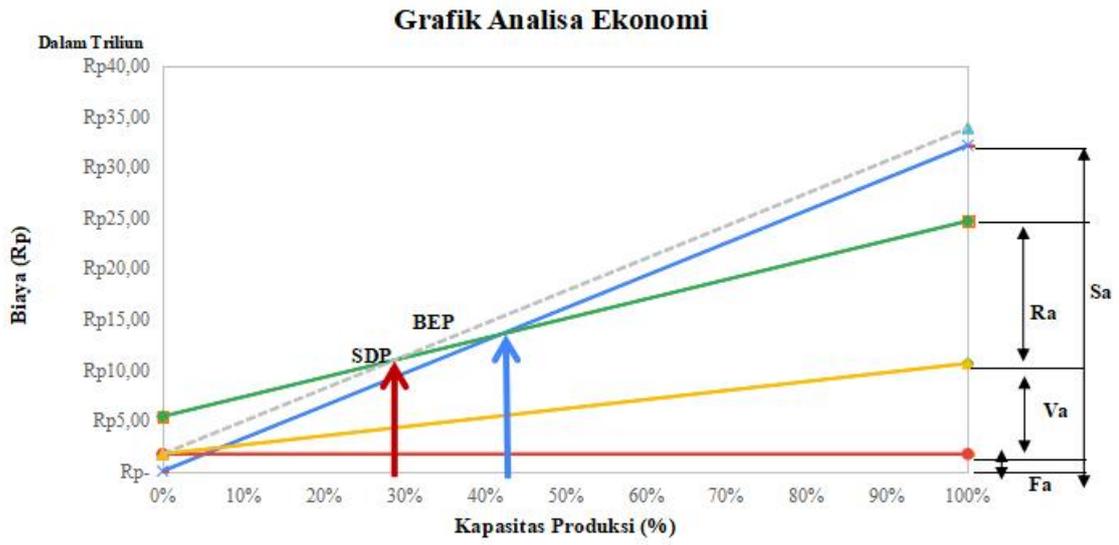
6.4 Analisis keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

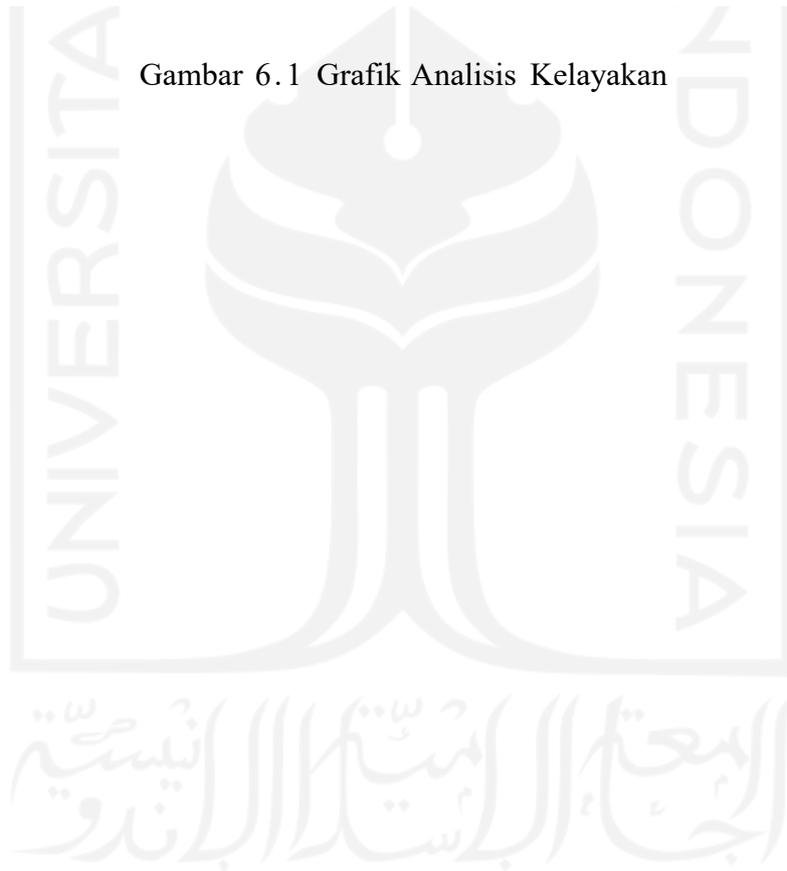
Total penjualan	: Rp 32.199.999.998.601,6	
Total biaya produksi	: Rp 31.562.434.388.928	
Keuntungan	: Total penjualan - Total biaya produksi	(6.12)
	: Rp 637.565.609.637	

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak	: 28 % x Rp 637.565.609.637	
	: Rp 178.518.370.708,5	
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak – pajak	(6.13)
	: Rp 459.047.238.964,8	



Gambar 6.1 Grafik Analisis Kelayakan



BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis pada Bab III dan IV, maka kesimpulan pada prarancangan pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas produksi 70.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

1. Ditinjau dari sifat bahan baku yang tidak berbahaya dan kondisi operasi yang berada pada suhu dan tekanan yang rendah maka pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas produksi 70.000 ton/tahun ini tergolong pabrik beresiko tinggi.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh : Parameter kelayakan dengan kapasitas 70.000 ton/tahun adalah total penjualan produk sebesar Rp 32.199.999.998.601,6/tahun dan keuntungan bersih sebesar Rp 459.047.238.964,8/tahun.
 - b. Return on Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 60,36%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44%. (Aries & Newton, 1955)
 - c. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 1,42 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum adalah 2 tahun. (Aries & Newton, P.196)
 - d. Break Even Point (BEP) sebesar 41,9%, sedangkan Shut Down Point (SDP) sebesar 28,8%.
 - e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 16,1%. Suku bunga simpanan Bank Indonesia 2021 adalah 3,58%. Minimum nilai DCFR adalah 1,5 x bunga simpanan bank ($1,5 \times 3,58\% = 5,37\%$). (Aries & Newton, 1955)
 - f. Dari semua hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik polimer asam laktat dari asam laktat dengan kapasitas produksi 70.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat pendukung serta bahan baku perlu diperhatikan sehingga mampu mengoptimalkan keuntungan yang akan diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pendirian pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk polimer asam laktat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya pembangunan saat ini.
4. Pemenuhan bahan baku didapatkan dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, Robert S., and Robert D. Newton, 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Auras, R.; Harte, B.; Selke, S. 2004. An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*. 4, 835–864.
- Averous, L. 2008. *Polylactic Acid: Synthesis, Properties and Applications*.
- Brown, George Granger., 1950, "Unit Operation", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Brownell, L. E., and Young, E. H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F., 2005, "Chemical Engineering Design vol. 6", 4th ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Dorough, George Lowrance. "UNITED STATES PATENT OFFICE." 1995,970. *POLMERC LACTDE RESN*, March 1935.
- Emel'yanenko, V. N., et al. "CHEMICAL THERMODYNAMICS AND THERMOCHEMISTRY." *The Thermodynamic Properties of SLactic Acid*, vol. 84, no. 9, 2009
- Geankoplis, Christie J., 1993, "Transport Processes and Unit Operation" 3rd ed., Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.
- Gruber, Patrick.; O'Brien, Micheal. 2002. Polylactides. *NatureWorks*. Production of PLA. 235-239.
- Jamshidian, Majid. Et al. 2010. Poly-Lactic Acid: Production, Application, Nanocomposites, and Release Studies. 9. 552-570.
- Kern, Donald Q., 1983, "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGraw-Hill Book Company Japan Ltd., Tokyo.
- Lopes, Milena S.; Jardini, A.; Filho, R. 2014. Synthesis and Characterizations of Poly (Lactic Acid) by Ring-Opening Polymerization for Biomedical Application. 38, 331-336.
- Ludwig, Ernest E., 1999, "Applied Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol.1,2,3", 3rd ed., Gulf Publishing Co., Texas.
- Matsuba, Kenichiro Narashino-shi, and Tsuyoshi Aoki. "EUROPEAN PATENT APPLICATION." EP 2 444 442 A1. *PROCESS FOR PRODUCTION OF POLYLACTIC ACID*, European Patent Office, 2012.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., and Harriott, P., 1993, "Unit Operations of Chemical Engineering", 5th ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.

- Ohara, Hitomi, et al. "United States Patent." 5,770,682. *METHOD FOR PRODUCING POLYLACTIC ACID*, June 1998.
- Oliveira, Juliano ELvis de, and Eliton S. Medeiros. "Journal of Engineered Fibers and Fabrics." *Effect of Solvent on The Physical and Morphological Properties of Poly(Lactic Acid) Nanofibers Obtained by Solution Blow Spinning*, vol. 9, 2014.
- Perry, R. H., and Chilton, C.H., 2008, "Perry's Chemical Engineers Handbook", 8 th ed., McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Peter, M. S., and Timmerhaus, K. D., 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4th ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- PubChem. "National Library of Medicine." *PubChem*, PubChem, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- Purnavita, Sari, et al. "Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017." *PENGARUH JUMLAH KATALIS TIN(II) OCTOATE PADA PEMBUATAN POLI ASAM LAKTAT DENGAN MENGGUNAKAN ASAM LAKTAT DARI ECENG GONDOK*, 2017
- sigmaaldrich. "Merck | Life Science Products & Service Solutions." *Sigma-Aldrich*, <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en>. Accessed 3 November 2022.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 2001, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics"., 6th ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- Tamyiz, Muchammad, and Rudiana Agustini. "Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012." *PENGARUH KONSENTRASI KATALIS TIMAH(II) OKTOAT TERHADAP VISKOSITAS DAN MASSA MOLEKUL POLI(ASAM LAKTAT) PADA POLIMERISASI ASAM LAKTAT DENGAN METODE RING OPENING POLYMERIZATION*, 2012.
- Tuominen, Jukka. 2003. *Polymer Technology. Chain Linked Lactic Acid Polymers: Polymerization and Biodegradation Studies*. Helsinki University of Technology. Department of Chemical Technology.
- Walas, Stanley M., 1990, "Chemical Process Equipment", Butterworth-Heinemann, Newton.
- Yaws, Carl L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Yoshida, Paulo. "EUROPEAN PATENT APPLICATION." EP 2 607 399 A1. *PROCESS FOR PRODUCING POLYLACTIC ACID AND REACTORS FOR USE IN SAID PROCESS*, European Patent Office, 2013.

<https://www.alibaba.com/>

<https://www.shopee.co.id/>

Komponen	BM (kg. km ol)	rho(kg/ m3)	Umpan			Wi	Wi/rho
			Fm(kmol/j am)	Fw(kg/j am)	Fv(m3/j am)	%mol	
C3H6O3	90	1.006,7 6	1.29,2161	524	11,55	0,99889012 21	0,0010
Sn(II)Oct	406	841,53	0,1436	58,1473	0,06	0,07	0,000001
H2O	18						
[C3H4O2]n	72						
TOTAL		1.848,2 9	129,3597	997	11,62	1	0,0010

$$F_v = 10,79 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{a0} = 11,12 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_a = 0,556 \text{ kmol/m}^3$$

C. Panas Reaksi



Entalpi Pembentukan

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)	C_p (25°C) (kJ/Kmol)
C ₃ H ₆ O ₃	-619,76	182,42
H ₂ O	-285,8	75,55
Sn(II)Oct	0	639,565
[C ₃ H ₄ O ₂] _n	-19,5	145,86

Stoikiometri :

	C ₃ H ₆ O ₃ (l)	→	[C ₃ H ₄ O ₂] _n (l)	+	H ₂ O (g)
M	129,22				
R	64,61		64,61		64,61
S	64,61		64,61		64,61

Standard Heat Of Reaction :

Reactant			Product		
C ₃ H ₆ O ₃	-70644,6	kJ/kmol	[C ₃ H ₄ O ₂] _n	-2222,7	kJ/kmol
			H ₂ O	-32577,5	kJ/kmol

Heat of Reaction : 3.5844,38 KJ/kmol

Nilai ΔHr lebih dari 0 maka reaksi bersifat endotermis sehingga membutuhkan panas.

D. Menghitung Dimensi Reaktor

1. Menghitung Volume Shell

$$\frac{F_{A0} \cdot X}{-rA}$$

$$-rA = k \cdot C_a$$

$$k = 0,6878 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$C_a = 0,556 \text{ kmol/m}^3$$

$$V = \frac{119,9 \cdot 95\%}{0,3848} = 321,01 \text{ m}^3$$

2. Menghitung Diameter Shell

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

$$D = 7,42 \text{ m}$$

$$D = 292,2 \text{ in}$$

3. Menghitung Vhead

$$V_{head} = 2 \cdot (V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{dish} = 0,000049 \cdot D^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}, \text{ dipilih } sf = 1,5 \text{ in}$$

$$V_{head} = 108,8 \text{ m}^3$$

4. Menghitung Volume Reaktor

$$V_{reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$V_{reaktor} = 429,8 \text{ m}^3$$

5. Menghitung Volume dan Tinggi Cairan Dalam Shell

$$\text{Volume Bottom} = 0,5 \cdot V_{Head}$$

$$\text{Volume Bottom} = 54,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Cairan} = V_{Shell} - V_{Bottom}$$

$$\text{Volume Cairan} = 266,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Cairan Dalam Shell : } h = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$\text{Tinggi Cairan Dalam Shell} = 6,16 \text{ m}$$

6. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Material bahan reaktor dirancang menggunakan Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304. Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254 :

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (Shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk torispherical.

Spesifikasi:

$$\text{Tebal Shell (Ts)} = 0,625 \text{ in}$$

$$\text{Max.Allowable Stress (f)} = 13650 \text{ psia (Coulson hal 812)}$$

$$\text{Efisiensi sambungan (E)} = 0,80 \text{ (tabel 13.2 brownell 1959:254)}$$

$$\text{Faktor koreksi (C)} = 0,125 \text{ (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)}$$

$$\text{Jari-jari Shell (ri)} = 157,2 \text{ in}$$

Menghitung Tekanan Hidrostatik :

$$P_{Hidrostatik} = \frac{\rho gh}{gc}$$

$$\text{Tekanan Operasi} : 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$G/gc : 1$$

$$\text{Densitas Campuran} : 1848,2 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{Hidrostatik} = 11,4 \text{ psi}$$

Menghitung Tekanan Total :

$$P_{total} = P_{hidrostatik} + P_{operasi}$$

$$P_{total} = 26,11 \text{ psi}$$

Overdesign tekanan 10%, maka tekanan total menjadi 28,7 psi.

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal Shell (ts) = 0,54 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal Shell, dipilih:

$$\text{Ts Standard} : 5/8 \text{ in}$$

$$\text{OD} : 240 \text{ in}$$

E. Menghitung Ukuran Head

Dipilih head dengan bentuk Torispherical Flanged & Dished Head, dengan pertimbangan harganya cukup ekonomis dan digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar.

Menghitung tebal head :

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2 \cdot fE - 0,2P} + C$$

Dimana:

Th = tebal head , m

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head,

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

W = 2,1 in

f = allowable stress = 13650 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = corrosion allowance, = 0,125 in

OD = ID + 2ts

OD = 238,75 in

Dari tabel 5-7 Brownell, hal 91 :

OD : 240 in

Ts : 0,625 in

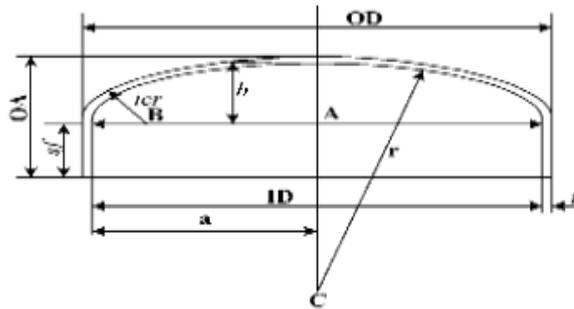
Icr : 6,125 in

r : 180 in

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,3684 in. Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal head, dipilih:

Th standart = 3/8 in

(Gambar 5.8 Brownell hal:87)



keterangan :	
ID =	diameter dalam head
OD =	diameter luar head
t =	tebal head
r =	jari-jari dish
icr =	jari-jari dalam sudut dish
b =	tinggi head
sf =	straight flange

Dengan t_h sebesar $3/8$ in maka nilai sf adalah $1\ 1/2 - 2$, sehingga dipilih nilai sf sebesar 2 in.

$$ID = OD - 2t_s$$

$$ID = 238,75 \text{ in}$$

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

$$a = \frac{238,75}{2}$$

$$a = 119,375 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 119,375 - 6,125$$

$$AB = 113,25 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 180 - 6,125$$

$$BC = 173,875 \text{ in}$$

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

$$AC = \sqrt{173,875^2 - 113,25^2}$$

$$AC = 131,9 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 180 - 131,9$$

$$b = 48,06 \text{ in}$$

$$h_{Head} = t_h + b + sf$$

$$h_{Head} = 50,3 \text{ in} = 1,278 \text{ m}$$

Tinggi Reaktor Total = 2 x tinggi head total + tinggi shell

$$\text{Tinggi Reaktor Total} = 2 \times 1,278 \text{ m} + 7,4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor Total} = 9,9 \text{ m}$$

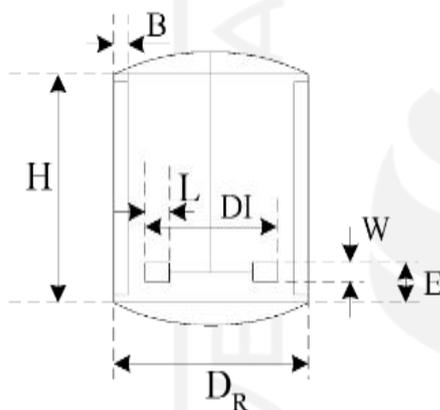
F. Menghitung Ukuran Pengaduk

Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen. Berikut perhitungan pengaduk :

Volume Cairan : $266,6 \text{ m}^3$

Viskositas Cairan : $1,95 \text{ Cp}$

Bahan dan katalis yang diaduk tidak memiliki viskositas yang tinggi namun produk yang akan dihasilkan merupakan polimer yang memiliki nilai viskositas yang tinggi maka dipilih pengaduk jenis Paddle with 2 blades.



Diameter reaktor (D_t) =	7,4 m
Diameter pengaduk (D_I) =	1,7 m
Pengaduk dari dasar (E) =	1,7 m
Tinggi Pengaduk (W) =	0,34 m
Lebar pengaduk (L) =	0,42 m
Lebar baffle (B) =	0,82 m
Jumlah Baffle =	3

Data pengaduk dari buku Brown "Unit Operation" p.507 :

D_i/d_t : $1/4,35$

$E = D_i = 1$

W : $D_i/5$

L : $D_i/4$

B/D_t : $1/9$

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N) :

(Eq. 8-8,P345 Rase, 1977)

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

$$N = \frac{600}{\pi \cdot D_I / 0,3048} \cdot \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot D_I}}$$

Dimana WELH adalah *Water Equivalen Liquid High*

WELH = tinggi cairan x sg

WELH = $12,9 \text{ m}$

Maka, $N = 66,7 \text{ rpm} = 1,1 \text{ rps}$

G. Perancangan Dimensi Pemanas

Media pemanas yang digunakan adalah Saturated Steam.

Komponen	Masuk(kJ/Jam)	Keluar(kJ/Jam)
	Recycle + Fresh Feed	Keluar Reaktor
C ₃ H ₆ O ₃	2308500	2385390,06
H ₂ O		
Sn(II)Oct		
[C ₃ H ₄ O ₂] _n		
Subtotal	2308500	2385390
Panas Reaksi	42606	
Pemanas	34285	
Total	2.385.390,06	2.385.390,06

Massa steam yang dibutuhkan :

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

Kondisi steam yang digunakan :

$$T = 225^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H_s = 2803,3$$

$$\text{Maka, } m = 850,19 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Suhu fluida panas reaktor} = 170^{\circ}\text{C} = 338^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Suhu masuk steam} = 225^{\circ}\text{C} = 437^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar steam} = 215^{\circ}\text{C} = 419^{\circ}\text{F}$$

Fluida panas (°F)	Fluida pemanas (steam)	ΔT , °F
338	419	81
338	437	99

Menghitung LMTD :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{99 - 81}{\ln \frac{99}{81}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 89,7^{\circ}\text{F}$$

Menghitung luas transfer panas :

$$A = \frac{Q}{UD \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk steam dan heavy organics adalah 6-60 Btu/ft² .°F.jam (Kern table 8 pg840), maka diambil UD : 10 Btu/ft².°F.jam.

$$A = 3,8 \text{ m}^2$$

Menghitung luas selubung reaktor :

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 172 \text{ m}^2$$

Luas selimut lebih besar dari luas transfer panas terhitung, maka luas selimut mencukupi sebagai luas transfer panas sehingga digunakan **Jaket Pemanas**. Akan tetapi, karena luas selimut terlalu berbeda jauh dengan luas transfer panas maka lebih baik menggunakan **coil pemanas** sebagai media pemanasnya.

Menentukan kebutuhan panas :

Suhu LMTD			
Komponen`	C	K	°F
Suhu fluida panas masuk reaktor	170	443	338
Suhu fluida panas keluar reaktor	170	443	338
Suhu fluida panas masuk	225	498	437
Suhu fluida panas keluar	215	488	419
	Fluida dingin °F	Fluida Panas °F	Delta T, °F
1	338	419	81
2	338	437	99

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 89,9^{\circ}\text{F}$$

Perancangan Coil Pemanas

Suhu steam masuk :	225	°C =	437	°F =	498,15	K
Suhu steam keluar :	215	°C =	419	°F =	488,15	K
ΔT :	10	°C =	18	°F =	283,15	K
T rata-rata :	220	°C =	428	°F =	493,15	K

Sifat fisis air pada Trata-rata K (Perry 1984 tabel 2-355 page 352)

$$C_p = 2,84 \text{ kJ/kg.K} = 12,2177 \text{ kcal/kmol.K}$$

$$\rho = 812,9 \text{ kg/m}^3$$

Kecepatan Volumetrik Air :

$$Q_v = m \text{ air} / \rho \text{ air}$$

$$Q_v = 1,01 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Menentukan Diameter Minimum Koil :

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s. (Culson pg, 527)

Dipilih :

$$\text{Kecepatan Pemanas} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$= 9000 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air pemanas} = 1,04 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$\text{Luas Penampang } A = \frac{\text{Debit Air Pemanas}}{\text{Kecepatan Pemanas}}$$

$$\text{Luas Penampang } A = 0,0001 \text{ m}^2 = 0,0012 \text{ ft}^2 = 0,17 \text{ in}^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$ID = 0,012 \text{ m} = 0,4705 \text{ in}$$

Dipilih : diameter standard (Kern tabel 11 pg 844)

$$\text{NPS} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} = 80$$

$$\text{OD} = 1,32 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,957 \text{ in}$$

$$\text{Luas Penampang (A')} = 0,718 \text{ in}^2$$

$$L/D = 150,4$$

Menentukan hi (koefisien transfer panas di dalam koil) :

$$\rho \text{ air pemanas} = 819,44 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air pemanas} = 170,7 \text{ cp}$$

k air pemanas = 0,0207 Btu/ft.jam.°F

Cp air pemanas = 0,463 btu/lb.F

Gt = kecepatan aliran massa/luas penampang

$$Gt = 376.166,59 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$v = \frac{Gt}{\rho}$$

$$v = 7.356,6 \text{ ft/jam} = 2.162 \text{ m/jam} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{ID \cdot Gt}{\mu}$$

$$Re = 73 (\text{Laminar} < 4000)$$

Berdasarkan grafik 24 kern1983, p.834 maka nilai jH = 1,2

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \cdot \left(\frac{cp \cdot \mu}{k}\right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu \cdot w}\right)^{-0,14}$$

$$hi = 6,5380 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}$$

Menentukan hio :

$$hio = hi \cdot \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 4,7401 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.}^\circ\text{F}$$

Untuk koil, harga hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi (Kern, pg. 721)

$$hio_{koil} = hio_{pipa} \cdot \left(1 + 3,5 \cdot \frac{D_{koil}}{D_{spiral \ koil}}\right)$$

Diambil : D spiral koil = 75% * Diameter tangki

$$D \text{ spiral koil} = 179,06 \text{ in}$$

$$hio \text{ koil} = 4,8288 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.}^\circ\text{F}$$

Menentukan ho :

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien perpindahan panas dr reaktor ke koil dihitung dengan :

Kern persamaan 20.4 pg.722

$$ho = 0,87 \cdot \left[\frac{k}{D}\right] \cdot \left[\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}\right]^{2/3} \cdot \left[\frac{cp \cdot \mu}{k}\right]^{1/3} \cdot \left[\frac{\mu}{\mu \cdot w}\right]^{0,4}$$

Lp = Di	5,6	ft		
=				
N =	1,108	Rps =	3988	rotation per hour

$\rho =$	1848,28	$\text{kg/m}^3 =$	115,3	lb/ft ³
$\mu =$	22,0003	cP =	53,24078045	lb/ft.jam
cp =	1074,2644	kJ/kg =	256,5343492	Btu/lb.F
k =	2,95E-02	Btu/ft.jam.°F		
OD =	240	In =		
D =	0,957	In =	0,0179	ft
$\mu/\mu_w =$	53,24			

Maka $h_o = 511.306,5 \text{ Btu/ft}^2\text{jam.}^\circ\text{F}$

Menentukan U_c :

$$U_c = \frac{h_o \cdot h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 4,8 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

Menentukan U_d :

Untuk kecepatan air 2,5 m/s, maka $R_d = 0,002$ (water (Kern page 845))

$$U_d = \frac{h_D \cdot U_c}{h_D + U_c}$$

$$h_D = 1/R_d$$

$$h_D = 500 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

$$U_d = 4,78 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{}^\circ\text{F}$$

Menentukan luas bidang transfer panas :

$$A = \frac{Q_{\text{total}}}{U_d \cdot \Delta T_{\text{LMTD}}}$$

$$A = 79,9 \text{ ft}^2$$

Menentukan panjang koil :

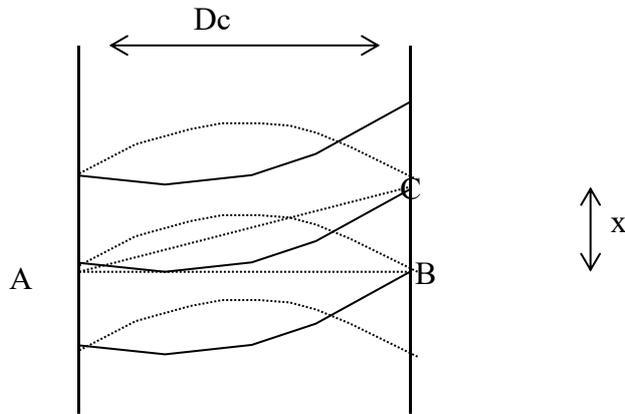
$$L \text{ koil} = A/a''$$

$$L \text{ koil} = 232,3 \text{ ft} = 70,8 \text{ m}$$

Menentukan Jumlah Lengkungan Koil :

$$D_c = 0,8 \cdot (\text{ID tangki reaktor})$$

$$D_c = 191 \text{ in} = 15,9 \text{ ft} = 4,8 \text{ m}$$



$$AB = DC$$

$$BC = x$$

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

$$AC = \sqrt{(Dc)^2 + x^2}$$

$$\text{busur } AB = \frac{1}{2}\pi Dc$$

$$\text{busur } AC = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$\text{Diambil : } x = OD$$

$$X = 1 \text{ in} = 0,11 \text{ ft} = 0,0335 \text{ m}$$

$$AC = 191 \text{ in} = 15,9 \text{ ft} = 4,9 \text{ m}$$

$$\text{Keliling busur } AB = \frac{1}{2}\pi Dc$$

$$\text{Keliling busur } AB = 0,17 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling busur } AC = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$\text{Keliling busur } AC = 24,9 \text{ ft}$$

Panjang satu putaran

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar}$$

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2}\pi(Dc) + \frac{1}{2}\pi(AC)$$

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2}\pi(Dc) + \frac{1}{2}\pi((Dc^2+x^2)^{1/2})$$

$$K \text{ lilitan} = 49,9 \text{ ft} = 599,7 \text{ in} = 15,23 \text{ m}$$

Menentukan banyaknya lilitan :

$$N_{\text{lilitan}} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K_{\text{lilitan}}}$$

$$N_{\text{lilitan}} = 4,7 \approx 5 \text{ lilitan}$$

Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil :

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N \text{ lilitan} - 1) \cdot x + N \text{ lilitan} \cdot OD$$

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = 0,99 \text{ ft} = 0,3 \text{ m} = 11,9 \text{ in}$$

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil. Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan. Karena :

Tinggi cairan (6,16 m) lebih tinggi dari tinggi tumpukan koil (0,3 m) jadi koil tercelup sempurna.

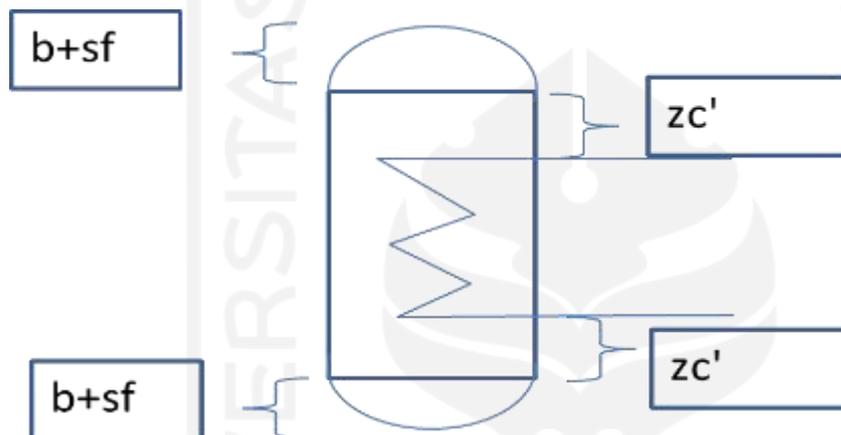
$$V \text{ cairan dalam shell} = 266,6 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} = 0,25 \text{ m}^3$$

$$A \text{ Shell} = 43,2 \text{ m}^2$$

$$Z_c = \frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + A_{\text{shell}}}{V_{\text{Koil}}}$$

$$Z_c = 6,17 \text{ m} = 242,9 \text{ in}$$



Tinggi cairan di dalam reaktor setelah ada koil :

$$Z_{c2} = Z_c + b + sf$$

$$Z_{c2} = 292,9 \text{ in} = 7,4 \text{ m}$$

Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil (hk) = (tinggi cairan setelah ada koil - tumpukan koil)/2

$$hk = 3,57 \text{ m}$$

$$b+sf = 50,06 \text{ in} = 1,27 \text{ m}$$

Asumsi dikatakan benar jika :

1. Tinggi Tumpukan koil < Tinggi Cairan
2. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (hk) > (b+sf)

H. Menghitung Pressure Drop

$$Re = 72,6$$

Untuk $Re = 70$ maka dapat dihitung nilai koefisien friksi :

$$\text{Faktor friksi (f)} = 0,0035 + \frac{0,264}{\text{Re}^{0,42}}$$

$$f = 0,047 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, $s = 1$, dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan $\mu = \mu_w$, maka $\theta t = 1$.

$$\Delta P_T = \frac{f \cdot v^2 \cdot L}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot ID \cdot s \cdot \theta t}$$

$$\Delta P_T = 0,14 \text{ psi} < 2 \text{ psi.}$$



Komponen	BM (kg. km ol)	rho(kg/ m3)	Umpan			Wi	Wi/rho
			Fm(kmol/j am)	Fw(kg/j am)	Fv(m3/j am)	%mol	
C3H6O3	90	958,45	64,6081	5814,72 62	6,07	0,99889012 21	0,0010
Sn(II)Oct	406	841,53	0,1436	58,1473	0,07	0,07	0,000001
H2O	18						
[C3H4O2]n	72						
TOTAL		1.799,9 8	64,7516	5.872,87 35	6,14	1	0,0010

$$F_v = 10,79 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{a0} = 10,53 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_a = 0,526 \text{ kmol/m}^3$$

K. Panas Reaksi



Entalpi Pembentukan

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)	C_p (25°C) (kJ/Kmol)
$C_3H_6O_3$	-619,76	182,42
H_2O	-285,8	75,55
Sn(II)Oct	0	639,565
$[C_3H_4O_2]_n$	-19,5	145,86

Stoikiometri :

	$C_3H_6O_3$ (l)	\rightarrow	$[C_3H_4O_2]_n$ (l)	+	H_2O (g)
M	64,61				
R	58,61		58,61		58,61
S	6		58,61		58,61

Standard Heat Of Reaction :

Reactant			Product		
$C_3H_6O_3$	-70644,6	kJ/kmol	$[C_3H_4O_2]_n$	-2222,7	kJ/kmol
			H_2O	-32577,5	kJ/kmol

Heat of Reaction : 35844,38 kJ/kmol

Nilai ΔH_r lebih dari 0 maka reaksi bersifat endotermis sehingga membutuhkan panas.

L. Menghitung Dimensi Reaktor

7. Menghitung Volume Shell

$$\frac{F_{A0} \cdot X}{-r_A}$$

$$-r_A = k \cdot C_a$$

$$k = 0,9283 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$C_a = 0,526 \text{ kmol/m}^3$$

$$V = \frac{64,6 \cdot 95\%}{0,488} = \mathbf{125,58 \text{ m}^3}$$

8. Menghitung Diameter Shell

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

$$D = \mathbf{5,42 \text{ m}}$$

$$D = \mathbf{213,73 \text{ in}}$$

9. Menghitung Vhead

$$V_{head} = 2 \cdot (V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{dish} = 0,000049 \cdot D^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}, \text{ dipilih } sf = 1,5 \text{ in}$$

$$V_{head} = \mathbf{48,3 \text{ m}^3}$$

10. Menghitung Volume Reaktor

$$V_{reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$V_{reaktor} = \mathbf{173,8 \text{ m}^3}$$

11. Menghitung Volume dan Tinggi Cairan Dalam Shell

$$\text{Volume Bottom} = 0,5 \cdot V_{Head}$$

$$\text{Volume Bottom} = 24,13m^3$$

$$\text{Volume Cairan} = V_{Shell} - V_{Bottom}$$

$$\text{Volume Cairan} = 101,46 m^3$$

$$\text{Tinggi Cairan Dalam Shell} : h = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$\text{Tinggi Cairan Dalam Shell} = 4,39 \text{ m}$$

12. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Material bahan reaktor dirancang menggunakan Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304. Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254 :

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (Shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk torispherical.

Spesifikasi:

$$\text{Tebal Shell (Ts)} = 0,625 \text{ in}$$

$$\text{Max.Allowable Stress (f)} = 13650 \text{ psia (Coulson hal 812)}$$

$$\text{Efisiensi sambungan (E)} = 0,80 \text{ (tabel 13.2 brownell 1959:254)}$$

$$\text{Faktor koreksi (C)} = 0,125 \text{ (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)}$$

$$\text{Jari-jari Shell (ri)} = 157,2 \text{ in}$$

Menghitung Tekanan Hidrostatik :

$$P_{Hidrostatik} = \frac{\rho gh}{gc}$$

$$\text{Tekanan Operasi} : 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$G/gc : 1$$

$$\text{Densitas Campuran} : 1848,2 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{Hidrostatik} = 11,4 \text{ psi}$$

Menghitung Tekanan Total :

$$P_{total} = P_{hidrostatik} + P_{operasi}$$

$$P_{total} = 26,11 \text{ psi}$$

Overdesign tekanan 10%, maka tekanan total menjadi 28,7 psi.

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal Shell (ts) = 0,36 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal Shell, dipilih:

$$\text{Ts Standard} : 3/8 \text{ in}$$

OD

: 216 in

M. Menghitung Ukuran Head

Dipilih head dengan bentuk Torispherical Flanged & Dished Head, dengan pertimbangan harganya cukup ekonomis dan digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar.

Menghitung tebal head :

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2 \cdot fE - 0,2P} + C$$

Dimana:

Th = tebal head , m

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head,

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

W = 1,6 in

f = allowable stress = 13650 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = corrosion allowance, = 0,125 in

OD = ID + 2ts

OD = 215 in

Dari tabel 5-7 Brownell, hal 91 :

OD : 216 in

Ts : 0,375 in

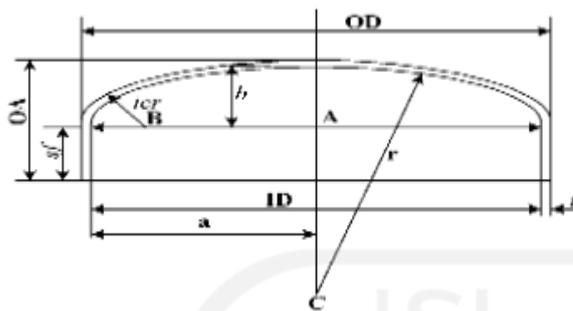
Icr : 13 in

r : 170 in

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,3684 in. Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal head, dipilih:

Th standart = 3/8 in

(Gambar 5.8 Brownell hal:87)



keterangan :	
ID	= diameter dalam head
OD	= diameter luar head
t	= tebal head
r	= jari-jari dish
icr	= jari-jari dalam sudut dish
b	= tinggi head
sf	= straight flange

Dengan t_h sebesar $3/8$ in maka nilai sf adalah $1 \frac{1}{2} - 2$, sehingga dipilih nilai sf sebesar 2 in.

$$ID = OD - 2t_s$$

$$ID = 215 \text{ in}$$

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

$$a = \frac{238,75}{2}$$

$$a = 107,63 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 94,62 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 157 \text{ in}$$

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

$$AC = 125,8 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 44,7 \text{ in}$$

$$h_{Head} = t_h + b + sf$$

$$h_{Head} = 46,97 \text{ in} = 1,19 \text{ m}$$

Tinggi Reaktor Total = 2 x tinggi head total + tinggi shell

$$\text{Tinggi Reaktor Total} = 7,8147 \text{ m}$$

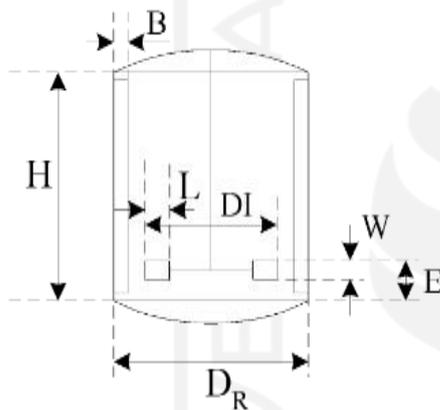
N. Menghitung Ukuran Pengaduk

Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen. Berikut perhitungan pengaduk :

Volume Cairan : **101,46 m³**

Viskositas Cairan : 1,4 Cp

Bahan dan katalis yang diaduk tidak memiliki viskositas yang tinggi namun produk yang akan dihasilkan merupakan polimer yang memiliki nilai viskositas yang tinggi maka dipilih pengaduk jenis Paddle with 2 blades.



Diameter reaktor (Dt) =	5,43	m
Diameter pengaduk (DI) =	1,25	m
Pengaduk dari dasar (E) =	1,25	m
Tinggi Pengaduk (W) =	0,25	m
Lebar pengaduk (L) =	0,31	m
Lebar baffle (B) =	0,6	m
Jumlah Baffle =	3	

Data pengaduk dari buku Brown "Unit Operation" p.507 :

Di/dt : 1/4,35

E = Di = 1

W : Di/5

L : Di/4

B/Dt : 1/9

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N) :

(Eq. 8-8,P345 Rase, 1977)

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

$$N = \frac{600}{\pi \cdot DI / 0,3048} \cdot \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot DI}}$$

Dimana WELH adalah *Water Equivalen Liquid High*

WELH = tinggi cairan x sg

WELH = 9,34 m

Maka, $N = 90,3 \text{ rpm} = 1,5 \text{ rps}$

O. Perancangan Dimensi Pemanas

Media pemanas yang digunakan adalah Saturated Steam.

Komponen	Masuk(kJ/Jam)	Keluar(kJ/Jam)
	Recycle + Fresh Feed	Keluar Reaktor
C3H6O3	1149770,799	2,52E+06
H2O		
Sn(II)Oct		
[C3H4O2]n		
Subtotal	2308500	2,52E+06
Panas Reaksi	314,46	
Pemanas	1,37E+06	
Total	2,52E+06	2,52E+06

Massa steam yang dibutuhkan :

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

Kondisi steam yang digunakan :

$$T = 225^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_s = 2803,3$$

$$\text{Maka, } m = 898,2 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Suhu fluida panas reaktor} = 170^\circ\text{C} = 338^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu masuk steam} = 225^\circ\text{C} = 437^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar steam} = 215^\circ\text{C} = 419^\circ\text{F}$$

Fluida panas (°F)	Fluida pemanas (steam)	ΔT , °F
338	419	81
338	437	99

Menghitung LMTD :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{99 - 81}{\ln \frac{99}{81}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 89,7^{\circ}\text{F}$$

Menghitung luas transfer panas :

$$A = \frac{Q}{UD \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk steam dan heavy organics adalah 6-60 Btu/ft² .°F.jam (Kern table 8 pg840), maka diambil UD : 10 Btu/ft² .°F.jam.

$$A = 95,02 \text{ m}^2$$

Menghitung luas selubung reaktor :

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 92,5362 \text{ m}^2$$

Luas selimut lebih kecil dari luas transfer panas terhitung, maka luas selimut tidak mencukupi sebagai luas transfer panas sehingga digunakan **Jaket Pemanas**. Akan tetapi,

Menentukan kebutuhan panas :

Suhu LMTD			
Komponen`	C	K	°F
Suhu fluida panas masuk reaktor	200	443	338
Suhu fluida panas keluar reaktor	200	443	338
Suhu fluida panas masuk	225	498	437
Suhu fluida panas keluar	215	488	419
	Fluida dingin °F	Fluida Panas °F	Delta T, °F
1	338	419	81
2	338	437	99

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 89,9^{\circ}\text{F}$$

Perancangan Coil Pemanas

Suhu steam masuk :	225	°C =	437	°F =	498,15	K
Suhu steam keluar :	215	°C =	419	°F =	488,15	K
ΔT :	10	°C =	18	°F =	283,15	K
T rata-rata :	220	°C =	428	°F =	493,15	K

Sifat fisis air pada Trata-rata K (Perry 1984 tabel 2-355 page 352)

$$C_p = 2,84 \text{ kJ/kg.K} = 12,2177 \text{ kcal/kmol.K}$$

$$\rho = 812,9 \text{ kg/m}^3$$

Kecepatan Volumetrik Air :

$$Q_v = m \text{ air} / \rho \text{ air}$$

$$Q_v = 1 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Menentukan Diameter Minimum Koil :

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s. (Culson pg, 527)

Dipilih :

$$\text{Kecepatan Pemanas} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$= 9000 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air pemanas} = 1,04 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$\text{Luas Penampang } A = \frac{\text{Debit Air Pemanas}}{\text{Kecepatan Pemanas}}$$

$$\text{Luas Penampang } A = 0,0001 \text{ m}^2 = 0,0012 \text{ ft}^2 = 0,18 \text{ in}^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$ID = 0,012 \text{ m} = 0,4792 \text{ in}$$

Dipilih : diameter standard (Kern tabel 11 pg 844)

$$\text{NPS} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} = 80$$

$$\text{OD} = 1,32 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,957 \text{ in}$$

$$\text{Luas Penampang } (A') = 0,718 \text{ in}^2$$

$$L/D = 150,4$$

Menentukan h_i (koefisien transfer panas di dalam koil) :

$$\rho \text{ air pemanas} = 819,44 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air pemanas} = 170,7 \text{ cp}$$

$$k \text{ air pemanas} = 0,0207 \text{ Btu/ft.jam.}^\circ\text{F}$$

Cp air pemanas = 0,463 btu/lb.F

Gt = kecepatan aliran massa/luas penampang

$$Gt = 376.166,59 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$v = \frac{Gt}{\rho}$$

$$v = 7.356,6 \text{ ft/jam} = 2.162 \text{ m/jam} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{ID \cdot Gt}{\mu}$$

$$Re = 73 (\text{Laminar} < 4000)$$

Berdasarkan grafik 24 kern1983, p.834 maka nilai jH = 1,2

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \cdot \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu \cdot w} \right)^{-0,14}$$

$$hi = 6,5380 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

Menentukan hio :

$$hio = hi \cdot \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 4,7401 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{°F}$$

Untuk koil, harga hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi (Kern, pg. 721)

$$hio_{koil} = hio_{pipa} \cdot \left(1 + 3,5 \cdot \frac{D_{koil}}{D_{spiral \ koil}} \right)$$

Diambil : D spiral koil = 75% * Diameter tangki

$$D_{spiral \ koil} = 161,43 \text{ in}$$

$$hio_{koil} = 4,83 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{°F}$$

Menentukan ho :

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien perpindahan panas dr reaktor ke koil dihitung dengan :

Kern persamaan 20.4 pg.722

$$ho = 0,87 \cdot \left[\frac{k}{D} \right] \cdot \left[\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right]^{2/3} \cdot \left[\frac{cp \cdot \mu}{k} \right]^{1/3} \cdot \left[\frac{\mu}{\mu \cdot w} \right]^{0,4}$$

Lp = Di				
=	4,1	ft		

N =	1,5	Rps =	5418,1	rotation per hour
ρ =	1799,98	kg/m^3 =	112,32	lb/ft ³
μ =	39,46	cP =	95,5	lb/ft.jam
cp =	1126,61	kJ/kg =	269	Btu/lb.F
k =	2,95E-02	Btu/ft.jam.°F		
OD =	216	In =		
D =	0,95	In =	0,0797	ft
μ/μ_w =	95,5			

Maka $h_o = 428.949,24 \text{ Btu/ft}^2\text{jam.}^\circ\text{F}$

Menentukan U_c :

$$U_c = \frac{h_o \cdot h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 4,8 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$$

Menentukan U_d :

Untuk kecepatan air 2,5 m/s, maka $R_d = 0,002$ (water (Kern page 845))

$$U_d = \frac{h_D \cdot U_c}{h_D + U_c}$$

$$h_D = 1/R_d$$

$$h_D = 500 \text{ btu/jam.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$$

$$U_d = 4,79 \text{ btu/jam.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$$

Menentukan luas bidang transfer panas :

$$A = \frac{Q_{\text{total}}}{U_d \cdot \Delta T_{\text{LMTD}}}$$

$$A = 79,9 \text{ ft}^2$$

Menentukan panjang koil :

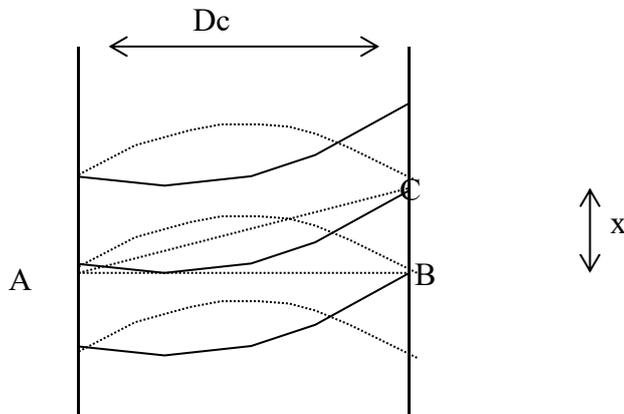
$$L_{\text{koil}} = A/a''$$

$$L_{\text{koil}} = 231,8 \text{ ft} = 70,6 \text{ m}$$

Menentukan Jumlah Lengkungan Koil :

$$D_c = 0,8 \cdot (\text{ID tangki reaktor})$$

$$D_c = 172 \text{ in} = 14,3 \text{ ft} = 4,4 \text{ m}$$



$$AB = DC$$

$$BC = x$$

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

$$AC = \sqrt{(D_c)^2 + x^2}$$

$$\text{busur } AB = \frac{1}{2}\pi D_c$$

$$\text{busur } AC = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$\text{Diambil : } x = OD$$

$$X = 1 \text{ in} = 0,11 \text{ ft} = 0,0335 \text{ m}$$

$$AC = 172,21 \text{ in} = 14,35 \text{ ft} = 4,37 \text{ m}$$

$$\text{Keliling busur } AB = \frac{1}{2}\pi D_c$$

$$\text{Keliling busur } AB = 0,17 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling busur } AC = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$\text{Keliling busur } AC = 22,5 \text{ ft}$$

Panjang satu putaran

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar}$$

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2}\pi(D_c) + \frac{1}{2}\pi(AC)$$

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2}\pi(D_c) + \frac{1}{2}\pi((D_c^2+x^2)^{1/2})$$

$$K \text{ lilitan} = 45,1 \text{ ft} = 540,7 \text{ in} = 13,7 \text{ m}$$

Menentukan banyaknya lilitan :

$$N_{\text{lilitan}} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K_{\text{lilitan}}}$$

$$N_{\text{lilitan}} = 5,3 \approx 6 \text{ lilitan}$$

Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil :

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N \text{ lilitan} - 1) \cdot x + N \text{ lilitan} \cdot OD$$

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = 1,2 \text{ ft} = 0,4 \text{ m} = 14,5 \text{ in}$$

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil. Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan. Karena :

Tinggi cairan (4,4 m) lebih tinggi dari tinggi tumpukan koil (0,4 m) jadi koil tercelup sempurna.

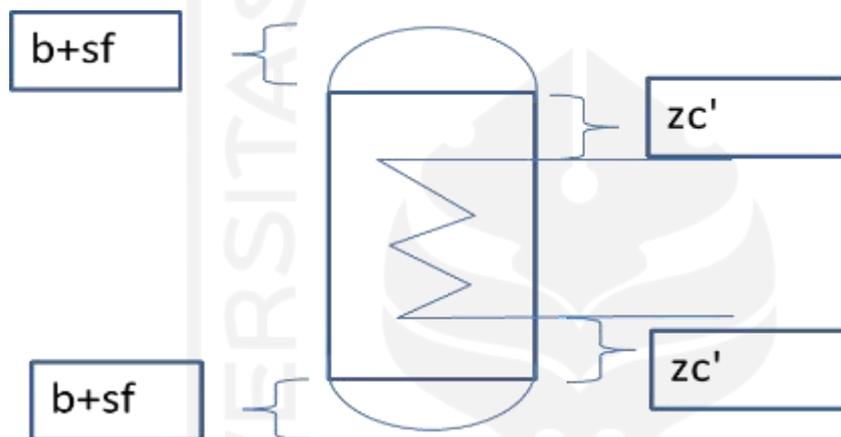
$$V \text{ cairan dalam shell} = 101,46 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} = 0,25 \text{ m}^3$$

$$A \text{ Shell} = 43,2 \text{ m}^2$$

$$Z_c = \frac{V_{\text{cairan dalam shell}} + A_{\text{shell}}}{V_{\text{Koil}}}$$

$$Z_c = 4,4 \text{ m} = 173 \text{ in}$$



Tinggi cairan di dalam reaktor setelah ada koil :

$$Z_{c2} = Z_c + b + sf$$

$$Z_{c2} = 219,8 \text{ in} = 5,5 \text{ m}$$

Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil (h_k) = (tinggi cairan setelah ada koil - tumpukan koil)/2

$$h_k = 2,6 \text{ m}$$

$$b+sf = 46,7 \text{ in} = 1,2 \text{ m}$$

Asumsi dikatakan benar jika :

3. Tinggi Tumpukan koil < Tinggi Cairan

4. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (h_k) > ($b+sf$)

P. Menghitung Pressure Drop

$$Re = 72,6$$

Untuk $Re = 70$ maka dapat dihitung nilai koefisien friksi :

$$\text{Faktor friksi (f)} = 0,0035 + \frac{0,264}{\text{Re}^{0,42}}$$

$$f = 0,047 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

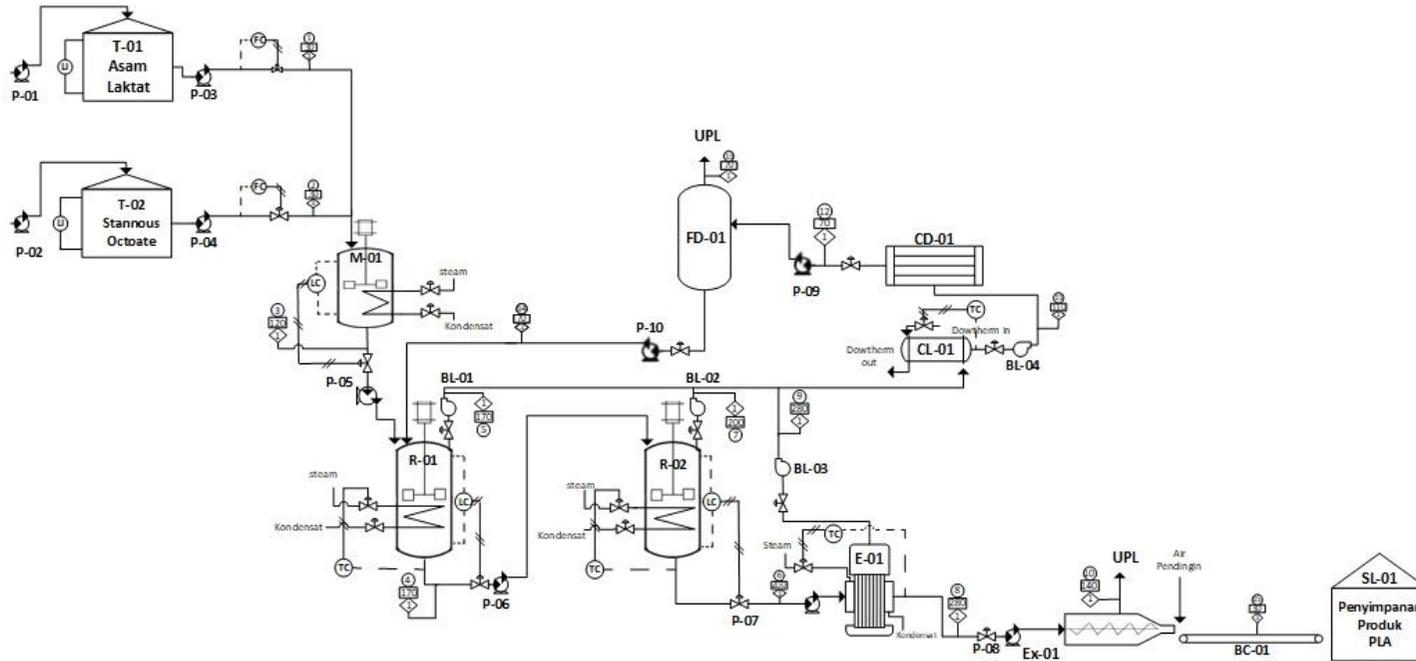
Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, $s = 1$, dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan $\mu = \mu_w$, maka $\theta_t = 1$.

$$\Delta P_T = \frac{f \cdot v^2 \cdot L}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot ID \cdot s \cdot \theta_t}$$

$$\Delta P_T = 0,14 \text{ psi} < 2 \text{ psi.}$$



LAMPIRAN B
PEFD
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ASAM POLI LAKTAT DARI ASAM LAKTAT
KAPASITAS PRODUKSI : 70.000 TON/TAHUN



NO	KOMPONEN	NOMOR URUT														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	$C_2H_2O_3$	11629,45		11.629,45	4006,46	1808,266	1.426,9	256,96	39,01	1046,82		2.169,91	2.169,91		2.169,91	39,01
2	H_2O			199,64	965,206	1.312,23	2038,23	15,39	135,643	15,39	3.157,28	3.157,28	3.157,28		3.157,28	
3	$Sn(O_2)_3$		38,13	38,13	38,1	0,047	37,83	0,068	37,84	0,006	0,12	0,12		0,12	37,84	
4	$C_2H_2O_3$			4647,88	3.796	8828,03	10.333	8.827,12	0,908	13,08	15,06		1,5	8827,12		
5	H_2O	13,22		13,22	13,2	0,011	13,2	0,016	13,2	0,001		0,03	0,03	0,03	13,19	
6	H_2O	13,22		13,22	13,2	0,011	13,2	0,015	12,98	0,001		0,03	0,03	0,03	12,98	
7	H_2O	33,04		33,04	33,04	0,027	32,6	0,038	32,6	0,003		0,07	0,07	0,07	32,59	
JUMLAH		11.689,92	38,13	11.747,05	8.971,62	2.773,46	9.239,60	2.323,78	8.998,34	241,25	15,39	3.342,30	3.342,30	3.137,41	2.183,503	8.982,73

KEFETERANGAN		
T	Tanki	Level Indikator
P	Pompa	Flow Control Valve
R	Reaktor	Level Controller
E	Evaporator	Temperature Controller
M	Mixer	Steam Ann
Ex	Exhauk	Temperature (C)
CD	Kondensator Peral	Tekanan (atm)
BC	Belk Condenser	Pen
BL	Blower	Uraian Tekan
SL	Silo	Sambungan Lantai
HE	Heater	
CL	Clack	

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRARANCANGAN PABRIK POLI ASAM LAKTAT
 DARI ASAM LAKTAT
 KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN

Dikompilasi oleh:
 1. Zakhrif Al-Fahri 18.521.087
 2. Galih Aji Pradono 18.521.095

Dosen Pembimbing:
 1. Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.
 2. I.Ro. Khotam, S.T., M.Eng.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Zukhruf Abdillah

No. Mahasiswa : 18521087

2. Nama Mahasiswa : Galih Aji Prakosa

No. Mahasiswa : 18521095

Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK POLIMER ASAM LAKTAT
DARI ASAM LAKTAT DENGAN KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	07-02-2022	Pengesahan luaran 1	
2	16-04-2022	Masukan terhadap sitasi dari referensi	
3	16-04-2022	Pengesahan luaran 2 dan 3	
4	2-11-2022	Pengesahan luaran 4 dan 5	
5	3-11-2022	Pengesahan luaran 6 dan 7	
6	4-11-2022	Pengesahan luaran 8 dan 9	
7	5-11-2022	Pengesahan luaran 10 dan 11	
8	6-11-2022	Pengesahan luaran 12 dan 13	
9	15-11-2022	Pengesahan lembar persetujuan pembimbing pada naskah tugas akhir	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta,

Pembimbing :



Pratikno Hidayat, Ir., M.Sc.



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Zukhruf Abdillah

No. Mahasiswa : 18521087

1. Nama Mahasiswa : Galih Aji Prakosa

No. Mahasiswa : 18521095

Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK POLIMER ASAM LAKTAT
DARI ASAM LAKTAT DENGAN KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	5-02-2022	Konsultasi penentuan kapasitas pabrik	4
2	16-02-2022	Konsultasi Bab II	4
3	11-03-2022	Konsultasi Luaran 3	4
4	14-04-2022	Konsultasi nilai konstanta laju reaksi	4
5	20-07-2022	Konsultasi diagram alir dan deskripsi proses	4
6	25-07-2022	Konsultasi diagram alir dan deskripsi proses	4
7	22-08-2022	Konsultasi diagram alir, deskripsi proses, dan neraca massa	4
8	31-08-2022	Konsultasi diagram alir, deskripsi proses, dan neraca massa	4
9	12-09-2022	Konsultasi perancangan reaktor	4
10	5-10-2022	Konsultasi perancangan alat besar	4
11	17-10-2022	Konsultasi luaran 5 - luaran 13	4
12	2-11-2022	Konsultasi luaran 5 - luaran 14	4
13	8-11-2022	Pengesahan luaran 3 - luaran 13	4
14	15-11-2022	Pengesahan lembar persetujuan pembimbing pada naskah tugas akhir	4

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta,

Pembimbing :



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

