

**PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI
ASAM LAKTAT DAN METANOL DENGAN
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Raihana Abdul Aziz Baraba

Nama : Arya Aditya Wisesa

NIM : 21521045

NIM : 20521204

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raihana Abdul Aziz Baraba

Nama : Arya Aditya Wisesa

NIM : 21521045

NIM : 20521204

Yogyakarta, 31 Mei 2025

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

Td. Tangan



Raihana Abdul Aziz Baraba

Td. Tangan



Arya Aditya Wisesa

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI ASAM LAKTAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Disusun Oleh:

Nama : Raihana Abdul Aziz Baraba Nama : Arya Aditya Wisesa
NIM : 21521045 NIM : 20521204

Yogyakarta, 31 Mei 2025

Pembimbing,


Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.,

NIK. 165210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI ASAM LAKTAT
DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Raihana Abdul Aziz Baraba

NIM : 21521045

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, 27 Juni 2025

Tim Penguji,
Ketua Penguji

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



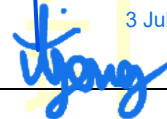
Anggota I

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



Anggota II

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



3 Juli 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

NIM. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, tak lupa shalawat serta salam senantiasa dihaturkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dengan baik dengan judul: **“PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI ASAM LAKTAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN”**. Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia pada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Proses penyusunan Tugas Akhir ini merupakan penerapan ilmu teknik kimia yang telah penulis pelajari selama masa studi, sekaligus upaya untuk berkontribusi dalam pengembangan industri kimia berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas taufik dan segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan materiil, dan moril tanpa henti. selama menempuh masa Pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri U niversitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia U niversitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia U niversitas Islam Indonesia.
6. Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan industri kimia di Indonesia.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 31 Mei 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamu'alaikum Warahamatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Dengan kasih dan cinta-Nya, saya diberikan kekuatan, ilmu, dan pemahaman yang membantu saya menyelesaikan tugas ini tepat waktu. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada orang-orang yang sangat saya cintai dan sayangi, sebagai berikut:

1. *My beloved family, Abi, and Mama who gives me endless affection, support, and prayer in every step I take. Rania, Shafina, Sabrina as the sisters of the author who are always encourage and motivates me when I feel down. Thank you very much for always be there for me.*
2. Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih atas dukungan, motivasi, dan bimbingan yang senantiasa Ibu berikan selama ini tiada henti. Tanpa bimbingan Ibu, saya mungkin tidak akan berhasil menyelesaikan tugas ini. Semoga Allah memberikan berkah, kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan kepada Ibu selalu.
3. Filda Fazira, Livia Pramesari, Kesya Nabila, Valentina, and Khalistra as my best friend since junior high school. Thank you for all of this time and for giving me prayers and advice when i needed you guys the most. I wish you all well in life.
4. Gita, Hadi, dan Fasya sahabat saya dari awal masa perkuliahan di Jogja, terima kasih sudah selalu menemani masa senang dan duka saya kapanpun dan dimanapun. Terima kasih atas semangat, doa, tawa dan air mata yang

telah kita bagi bersama. Semoga kita semua akan bertemu lagi dititik yang lebih baik dengan capaian mimpi kita masing- masing.

5. 13TK.M (Rifdah, Zhafina, Rani, Salsa, Ipang, Saldi, Irfan, Yuda, Alief, Rafli, Akram, Akbar) teman-teman sejurusan saya yang selalu membuat saya nyaman dan bahagia dalam melewati masa perkuliah di teknik kimia ini, terima kasih atas tawa, candaan dan kebersamaannya selama 3 tahun ini.
6. *All parties that cannot be mentioned one by one who always supports me unconditionally, thank you.*

Raihana Abdul Aziz Baraba

Teknik Kimia UII 2021

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR.....	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.3 Tinjauan Pustaka	11
1.3.1 Asam Laktat	12
1.3.2 Metanol	12
1.3.3 Metil Laktat.....	13
1.3.4 Esterfikasi.....	13
1.3.5 Pemilihan Proses	15
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	17
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	17
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	21
2.1 Spesifikasi Produk.....	21
2.1.1 Spesifikasi Produk (Metil Laktat)	21
2.1.2 Spesifikasi Produk Hasil Sampling	22
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	23
2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	23
2.2.2 Spesifikasi Bahan Katalis.....	25
2.3 Pengendalian Kualitas	26
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	26
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk	26
2.3.3 Pengendalian Kualitas Proses Produksi	27

BAB III PERANCANGAN PROSES	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	29
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	29
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	30
3.2 Uraian Proses	31
3.2.1 Persiapan Bahan Baku.....	31
3.2.2 Proses Pembuatan Produk	32
3.2.3 Proses Pemurnian Produk	32
3.3 Spesifikasi Alat	34
3.3.1 Spesifikasi <i>Mixer</i>	34
3.3.2 Spesifikasi <i>Reactor</i>	35
3.3.3 Spesifikasi Menara Distilasi.....	37
3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan	40
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi	44
3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas	53
3.4 Neraca Massa	71
3.5 Neraca Panas	74
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	77
4.1 Lokasi Pabrik	77
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	79
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	86
4.4 Organisasi Perusahaan	89
4.4.1 Bentuk Organisasi	89
4.4.2 Stuktur Organisasi.....	91
4.4.3 Tugas dan Wewenang	91
4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan	95
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	99
4.4.6 Kesejahteraan sosial karyawan.....	104
4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan	105
BAB V UTILITAS	108
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolah Air (<i>Water Treatment Unit</i>)	111
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	111
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	115
5.2 Unit Pembangkit Steam	122

5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	124
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan	132
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	133
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	134
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas	137
BAB VI EVALUASI EKONOMI		149
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	150
6.2	Dasar Perhitungan	157
6.3	Komponen Biaya.....	157
6.3.1	Modal (<i>Capital Investment</i>)	157
6.3.2	Biaya Produksi	160
6.3.3	Pengeluaran Umum (General Expenses)	162
6.3.4	Analisa Keuntungan	163
6.3.5	Analisa Kelayakan	163
6.3.6	Analisa Risiko Pabrik.....	168
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		174
7.1	Kesimpulan	174
7.2	Saran.....	175
DAFTAR PUSTAKA		176
LAMPIRAN A.....		179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik data impor metil laktat di Indonesia	4
Gambar 1. 2 Grafik Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara.....	5
Gambar 1. 3 Grafik Data Ekspor Metil Laktat d Indonesia	7
Gambar 1. 4 Reaksi Esterifikasi.....	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	30
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Metil Laktat.....	80
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	84
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses (Machines Layout)	88
Gambar 4. 4 Struktur` Organisasi	90
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas.....	109
Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga	153
Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan	172

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Metil Laktat di Indonesia.....	3
Tabel 1. 2 Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara.....	5
Tabel 1. 3 Data Ekspor Metil Laktat di Indonesia	6
Tabel 1. 4 Pabrik Metil Laktat di Dunia	10
Tabel 1. 5 Ketersediaan Bahan Baku	11
Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Laktat.....	16
Tabel 1. 7 Tinjauan Termodinamika.....	18
Tabel 2. 1 Spesifikasi Metil Laktat	21
Tabel 2. 2 Spesifikasi Air.....	22
Tabel 2. 3 Spesifikasi Metanol.....	23
Tabel 2. 4 Spesifikasi Asam Laktat	24
Tabel 2. 5 Spesifikasi Asam Sulfat	25
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Mixer	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Reaktor	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 1.....	37
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 2.....	38
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 3.....	39
Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 1	40
Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 2	41
Tabel 3. 8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 3	42
Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 4	43
Tabel 3. 10 Spesifikasi alat transportasi 1	44

Tabel 3. 11 Spesifikasi alat transportasi 2.....	45
Tabel 3. 12 Spesifikasi alat transportasi 3.....	46
Tabel 3. 13 Spesifikasi alat transportasi 4.....	47
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi 5	48
Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi 6.....	49
Tabel 3. 16 Spesifikasi alat transportasi 7.....	50
Tabel 3. 17 Spesifikasi alat transportasi 8.....	51
Tabel 3. 18 Spesifikasi alat transportasi 9.....	52
Tabel 3. 19 Spesifikasi Condenser-01	53
Tabel 3. 20 Spesifikasi Condenser-02.....	54
Tabel 3. 21 Spesifikasi Condenser-03.....	56
Tabel 3. 22 Spesifikasi Reboiler-01	58
Tabel 3. 23 Spesifikasi Reboiler-02	59
Tabel 3. 24 Spesifikasi Reboiler-03	60
Tabel 3. 25 Spesifikasi Accumulator-01	62
Tabel 3. 26 Spesifikasi Accumulator-02	63
Tabel 3. 27 Spesifikasi Accumulator-03	64
Tabel 3. 28 Spesifikasi Heat Exchanger-01	65
Tabel 3. 29 Spesifikasi Cooler	67
Tabel 3. 30 Spesifikasi Cooler (lanjutan).....	69
Tabel 3. 31 Neraca Massa Mixer-01	71
Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor-01	71
Tabel 3. 33 Neraca Massa Menara Distilasi-01	72

Tabel 3. 34 Neraca Massa Menara Distilasi-02	72
Tabel 3. 35 Neraca Massa Menara Distilasi-03	73
Tabel 3. 36 Neraca Massa Total.....	73
Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor-01	74
Tabel 3. 38 Neraca Panas Menara Distilasi-01	74
Tabel 3. 39 Neraca Panas Menara Distilasi-02	75
Tabel 3. 40 Neraca Panas Menara Distilasi-03	75
Tabel 4. 1 Daftar tata letak pabrik.....	85
Tabel 4. 2 Jadwal kerja setiap kelompok (Lanjutan).....	98
Tabel 4. 3 Rincian gaji setiap karyawan	100
Tabel 5. 1 Tabel kebutuhan steam	114
Tabel 5. 2 Kebutuhan air pendingin.....	115
Tabel 5. 3 Persyaratan Kualitas Air Pendingin (Broughton, 1994)	118
Tabel 5. 4 Kebutuhan air total.....	121
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	125
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas.....	126
Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	129
Tabel 5. 8 Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	131
Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas	137
Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	138
Tabel 5. 11 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	139
Tabel 5. 12 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	140
Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Utilitas.....	141

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas	142
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)	143
Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)	144
Tabel 5. 17 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas	144
Tabel 5. 18 Spesifikasi Fluctuator Utilitas	145
Tabel 5. 19 Spesifikasi Clarifier Utilitas	145
Tabel 5. 20 Spesifikasi Filter Pasir Utilitas	146
Tabel 5. 21 Spesifikasi Kation Exchanger Utilitas	146
Tabel 5. 22 Spesifikasi Anion Exchanger Utilitas	147
Tabel 5. 23 Spesifikasi Daerator Utilitas	147
Tabel 5. 24 Spesifikasi Boiler Utilitas	148
Tabel 6. 1 Data Indeks harga alat	151
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	154
Tabel 6. 3 Harga alat Proses Utilitas	155
Tabel 6. 4 Direct Plant Cost	158
Tabel 6. 5 Indirect Cost	158
Tabel 6. 6 Contractor fee & Contingency	159
Tabel 6. 7 Total Fixed Capital Investment	159
Tabel 6. 8 Working Capital Investment	160
Tabel 6. 9 Direct Manufacturing Cost	160
Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost	161
Tabel 6. 11 Fixed Manufacturing Cost	161
Tabel 6. 12 Total Manufacturing Cost	162

Tabel 6. 13 General Expenses	162
Tabel 6. 14 Total Production Cost	162
Tabel 6. 15 Annual fixed manufacturing cost (Fa)	165
Tabel 6. 16 Annual regulated expenses (Ra)	166
Tabel 6. 17 Annual variable value (Va).....	166
Tabel 6. 18 Annual sales value (Sa).....	166
Tabel 6. 19 Analisa Risiko Pabrik.....	169
Tabel 6. 20 Hasil Analisa Kelayakan.....	170

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

T	: <i>Temperature, °C</i>
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
R	: Jari- jari, in
P	: Power motor, Hp
ts	: Tebal shell, in
ΔP	: Presure drop, psia
ID	: Inside diameter, in
OD	: Outside diameter, in
th	: Tebal head, in
Re	: Bilangan Reynold
f	: Allowable stress, psia

icr	: Jari-jari sudut dalam, in
L	: Lebar pengaduk, m
N	: Kecepatan putaran, rpm
C _p	: Kapasitas Panas, Btu/lb °F
R _d	: Faktor pengotor
h _i	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
h _o	: <i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
U _D	: Koefisien perpindahan panas overall HE, Btu/jam ft ² °F
U _C	: Koefisien perpindahan panas pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	: Panjang, m
l	: Lebar, m
x	: Konversi, %
E	: Efisiensi sambungan
K	: Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	: Konstanta kinetika reaksi
R	: Tatapan konstan gas
F _v	: Laju alir, m ³ /jam
S _g	: <i>Specific gravity</i>
LMTD'	: <i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Pembangunan industri kimia di Indonesia merupakan salah satu upaya strategis untuk memperkuat struktur ekonomi nasional dan mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari luar negeri. Salah satu senyawa kimia yang berpotensi tinggi dikembangkan adalah metil laktat ($C_4H_8O_3$), senyawa ester cair tak berwarna dengan titik didih $144\text{--}145^\circ\text{C}$ yang ramah lingkungan dan banyak digunakan sebagai pelarut biodegradable dalam industri farmasi, makanan, kosmetik, dan kimia. Pabrik metil laktat berkapasitas 10.000 ton/tahun dirancang berlokasi di Loa Tebu, Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, dengan pertimbangan kedekatan bahan baku, akses transportasi strategis, dan ketersediaan sumber air. Pabrik beroperasi selama 330 hari per tahun dan menggunakan proses reaksi esterifikasi asam laktat dan metanol dalam reaktor CSTR kontinu berkatalis asam sulfat (H_2SO_4) pada 100°C dan 4 atm, dilanjutkan tahap pemurnian melalui tiga menara distilasi. Kebutuhan bahan baku meliputi asam laktat (1.365,822 kg/jam) dan metanol (485,625 kg/jam), serta utilitas pendukung berupa air pendingin (126.122,24 kg/jam), steam (1.634,215 kg/jam), listrik (192,074 kWh), dan IDO (15,296 L/jam). Berdasarkan analisis risiko, pabrik termasuk kategori *low risk* secara keseluruhan, ditinjau dari kondisi operasi, dampak lingkungan, karakteristik bahan, dan kesesuaian terhadap regulasi pemerintah. Evaluasi kelayakan ekonomi menggunakan model ROI, BEP, dan DCFR menunjukkan bahwa pabrik ini menguntungkan, dengan total biaya produksi Rp 505.913.727.976 dan total penjualan Rp 624.307.495.095. Keuntungan sebelum pajak mencapai Rp 194.974.847.173,87 dan setelah pajak sebesar Rp 155.979.877.739,09. Nilai ROI sebelum pajak sebesar 36,2%, BEP 42,1%, dan DCFR 34,90% yang seluruhnya memenuhi kriteria kelayakan (ROI >11%, BEP 40–60%, DCFR >8,63%). Dengan demikian, pabrik metil laktat ini dinyatakan layak dibangun baik secara teknis maupun ekonomis.

Kata kunci: Asam Laktat, Metil Laktat, Pra rancang Pabrik, CSTR,

ABSTRACT

The development of the chemical industry in Indonesia is a strategic effort to strengthen the national economic structure and reduce dependence on imported chemicals. One chemical compound with significant development potential is methyl lactate ($C_4H_8O_3$), a colorless liquid ester with a boiling point of 144–145°C that is environmentally friendly and widely used as a biodegradable solvent in the pharmaceutical, food, cosmetic, and chemical industries. A methyl lactate plant with a capacity of 10,000 tons/year is designed to be located in Loa Tebu, Tenggarong, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan, considering the proximity to raw material sources, strategic transportation access, and water availability. The plant operates for 330 days per year and employs a continuous stirred tank reactor (CSTR) with sulfuric acid (H_2SO_4) as the catalyst at 100°C and 4 atm for the esterification of lactic acid and methanol, followed by purification through three distillation columns. The required raw materials include lactic acid (1,365.822 kg/h) and methanol (485.625 kg/h), supported by utilities such as cooling water (126,122.24 kg/h), steam (1,634.215 kg/h), electricity (192,074 kWh), and IDO (15,296 L/h). Based on the risk analysis, the plant is classified as low risk overall, considering operational conditions, environmental impact, material characteristics, and compliance with government regulations. The economic feasibility analysis, using ROI, BEP, and DCFR models, indicates that the plant is profitable, with total production costs of Rp 505,913,727,976 and total sales of Rp 624,307,495,095. The pre-tax profit reaches Rp 194,974,847,173.87, and the post-tax profit is Rp 155,979,877,739.09. The pre-tax ROI is 36.2%, BEP is 42.1%, and DCFR is 34.90%, all of which meet the feasibility criteria (ROI > 11%, BEP 40–60%, DCFR > 8.63%). Therefore, the methyl lactate plant is considered feasible to establish both technically and economically.

Keywords: CSTR, Lactic Acid, Methyl Lactate, Plant Design, Reactor.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu sebagai negara berkembang. Saat ini sedang banyak melakukan pengembangan diberbagai sektor, salah satunya pembangunan di sektor ekonomi, yang tengah digalakkan oleh pemerintah guna mencapai kemandirian ekonomi nasional. Dalam upaya mencapai tujuan tersebut, pemerintah menitikberatkan pembangunan di sektor industri. Pembangunan industri ini bertujuan untuk memperkuat struktur ekonomi nasional dengan menciptakan hubungan yang erat dan saling mendukung antar sektor, meningkatkan ketahanan ekonomi, memperluas lapangan kerja serta peluang usaha dan mendorong pertumbuhan sektor-sektor pembangunan lainnya

Industri di Indonesia semakin hari semakin berkembang terutama pada bidang industri kimia. Pemerintah yang berupaya untuk terus meningkatkan pertumbuhan industri kimia yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada. Dengan kebijakan ini tentunya di bidang industri dengan mendirikan pabrik-pabrik diharapkan dapat mengurangi adanya ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain dan meningkatkan devisa negara.

Di masa mendatang, bahan kimia yang memiliki banyak kegunaan dan peluang besar adalah metil laktat. Dikarenakan belum adanya pabrik penghasil Metil Laktat di Indonesia, oleh karena itu kita memerlukan adanya impor bahan kimia ini dari berbagai negara seperti Amerika Serikat, China dan Thailand.

Bahan kimia metil laktat dengan rumus molekul $C_4H_8O_3$ merupakan senyawa ester dari asam laktat yang memiliki karakteristik tidak berwarna, berwujud cair, dan larut dalam air, alkohol maupun eter. Metil laktat adalah senyawa yang ramah dengan lingkungan dan biasanya digunakan sebagai *bio solvent*. Senyawa ini juga dapat digunakan sebagai pelarut dalam bidang kosmetik, farmasi, pelarut untuk resin, pelarut untuk tinta, pembersih material logam dan komposit seperti PCB (*Printed Circuit Board*), serta bahan baku dalam pembuatan *varnish* pada industri cat.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

a. Supply

- *Impor*

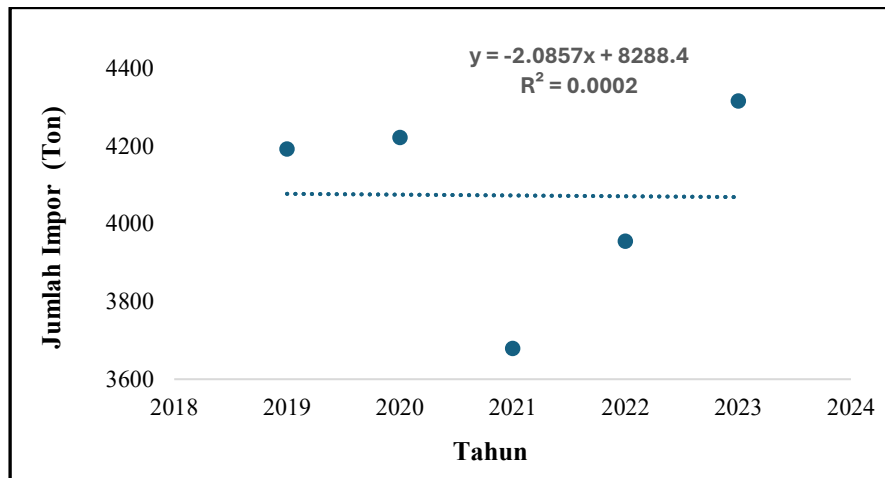
Menurut data statistik dari BPS tentang kebutuhan impor Metil Laktat di Indonesia mengalami peningkatan di dua tahun terakhir. Data impor Metil Laktat di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 1 Data Impor Metil Laktat di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2019	4.192,951	0 %
2020	4.222,607	0,71 %
2021	3.678,838	-12,88 %
2022	3.955,418	7,52 %
2023	4.316,117	9,12 %

Sumber: (Badan Pusat Statistik)

Berdasarkan data impor Metil Laktat di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun dan data impor, sehingga didapatkan grafik proyeksi seperti berikut:



Gambar 1. 1 Grafik data impor metil laktat di Indonesia

Rata-rata dari data impor 5 tahun terakhir dapat dilihat pada hitungan dibawah ini :

$$= \left(\frac{4.192.951 + 4.222.607 + 3.678.838 + 3.955.418 + 4.316.117}{5} \right)$$

$$= \left(\frac{(20.365.931)}{5} \right)$$

$$= 4.073 \text{ ton/tahun}$$

• **Impor Asia Tenggara**

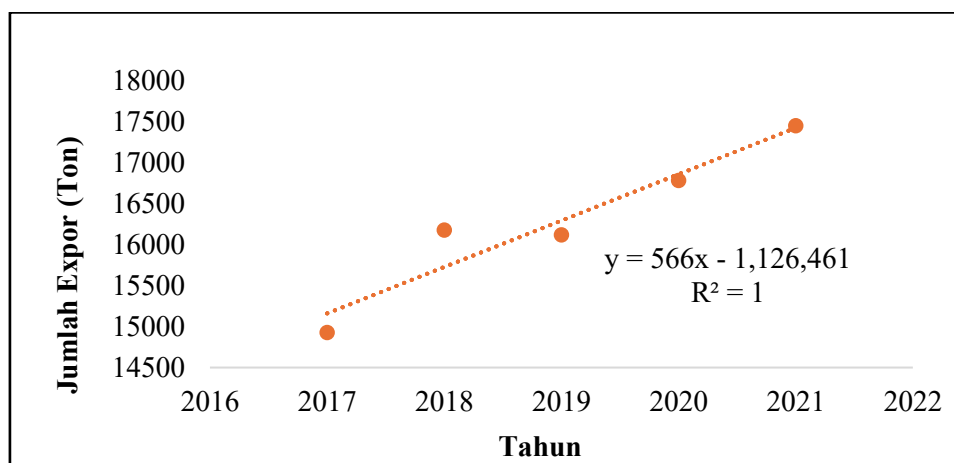
Metil laktat yang akan diproduksi juga bertujuan untuk meningkatkan devisa negara melalui ekspor ke negara lain. Berikut adalah kebutuhan metil laktat di Asia Tenggara yang ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 1. 2 Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara

Tahun	Impor (Ton)						Total Impor (Ton)
	Malaysia	Singapura	Thailand	Philipina	Vietnam	Myanmar	
2017	5.326,33	1.755,38	2.158,92	1.765,32	3.888,08	34,59	14.928,15
2018	5.937,70	1.920,97	2.503,58	2.376,96	3.382,17	57,21	16.178,31
2019	5.085,26	2.787,39	2.498,69	2.293,48	3.383,84	70,46	16.119,12
2020	5.087,77	3.071,20	2.582,62	2.573,40	3.385,52	86,10	16.786,61
2021	5.090,29	3.355,01	2.666,55	2.853,32	3.387,20	101,71	17.454,07

Sumber: (Undata)

Berdasarkan Tabel diatas data impor metil laktat di Asia Tenggara dapat diperoleh grafik dibawah ini, pdat dilihat pda grafik 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Data Impor Metil Laktat di Asia Tenggara

Pada tahun 2029 diperkirakan kebutuhan metil laktat di Asia tenggara dengan menghitung menggunakan regresi dari grafik 1.2 dapat dihasilkan mencapai:

$$y = 566(x) + 1126461$$

$$y = 566 (2029) + 1126461$$

$$y = 21.953 \text{ ton}$$

b. Demand

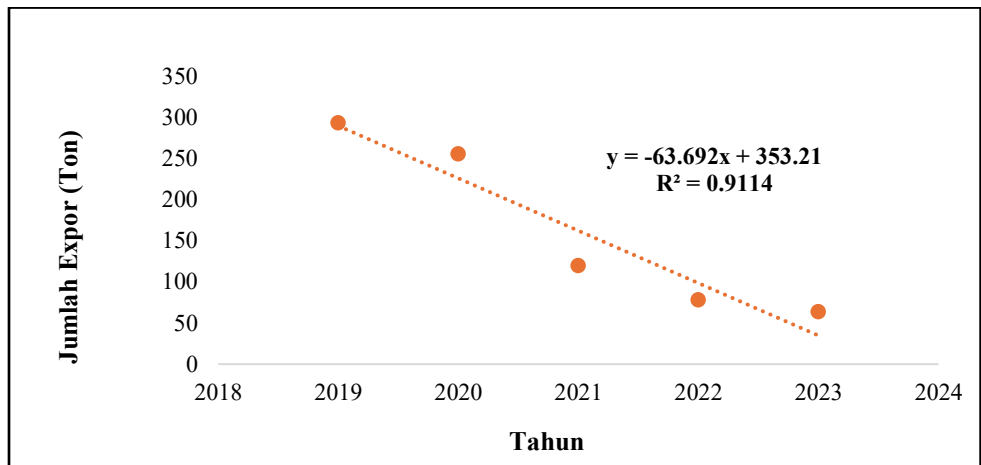
• **Expor**

Menurut data statistik dari BPS tentang ekspor Metil laktat di Indonesia dari tahun ke tahun. Data Expor di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 3 Data Ekspor Metil Laktat di Indonesia

Tahun	Jumlah Expor (Ton)
2019	293,49669
2020	255,5497
2021	119,67424
2022	78,2784
2023	63,67269

Sumber: (Badan Pusat Statistik)



Gambar 1. 3 Grafik Data Ekspor Metil Laktat d Indonesia

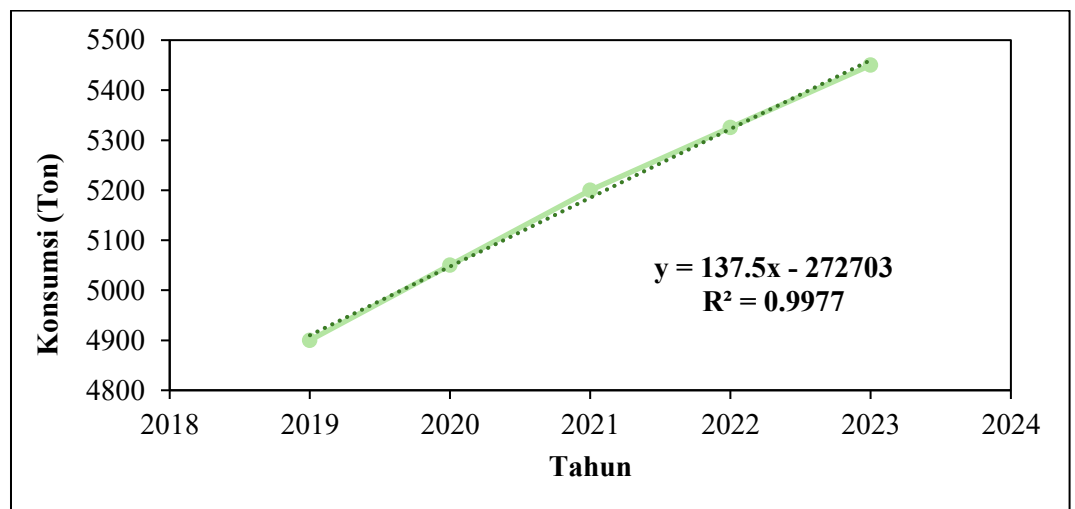
- **Data Konsumsi**

Total proyeksi permintaan metil laktat tahun 2029 diperoleh dari kombinasi konsumsi domestik Indonesia sebesar 6.284 ton/tahun, proyeksi impor Asia Tenggara sebesar 21.953 ton/tahun (berdasarkan tren regresi 2017–2021).

Tabel 1. 4 Tabel Data Konsumsi Metil Laktat Industri Turunan

Tahun	Kosmetik & <i>Personal care</i> (Ton)	Farmasi & Obat- obatan (Ton)	<i>Coating</i> & Pelarut Industri (Ton)	Total Konsumsi (Ton)
2019	2000	1500	1400	4900
2020	2050	1550	1450	5050
2021	2100	1600	1500	5200
2022	2150	1625	1550	5325
2023	2200	1650	1600	5450

Berdasarkan data konsumsi metil laktat di Indonesia dari tahun 2019 hingga 2023, terlihat adanya tren peningkatan kebutuhan domestik dari berbagai industri turunan seperti kosmetik, farmasi, dan pelarut industri. Pada tahun 2019, total konsumsi diperkirakan sebesar 4,900 ton/tahun dan meningkat secara bertahap menjadi 5,450 ton/tahun pada tahun 2023. Kenaikan konsumsi ini sejalan dengan pertumbuhan industri pengguna metil laktat yang mengarah pada bahan-bahan ramah lingkungan dan *biodegradable*.



Tabel 1. 5 Grafik Data Konsumsi Metil Laktat

Berdasarkan grafik tren regresi linier, yang menunjukkan hubungan linier sangat kuat. Proyeksi konsumsi dalam negeri Indonesia pada tahun 2029 dengan menggunakan tren ini menghasilkan estimasi sebesar 6.284 ton/tahun.

Selain konsumsi domestik, permintaan metil laktat dari negara-negara Asia Tenggara menunjukkan tren yang terus meningkat. Berdasarkan grafik

regresi ekspor ASEAN, proyeksi kebutuhan regional Asia Tenggara pada tahun 2029 mencapai sekitar 21.953 ton/tahun.

Dengan demikian, total proyeksi demand yang dapat ditargetkan oleh pabrik metil laktat Indonesia pada tahun 2029 terdiri dari:

- Konsumsi domestik: 6.284 ton/tahun
- Potensi ekspor ke Asia Tenggara: 21.953 ton/tahun

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Peluang} = 28.237 - 4.235$$

$$\text{Peluang} = 24.002 \text{ ton / tahun}$$

Melihat besarnya peluang kapasitas tersebut, maka kapasitas produksi pabrik sebesar 10,000 ton/tahun ditetapkan untuk memenuhi sekitar 41.7 % dari total peluang kapasitas tahun 2029. Dimana selain dapat memenuhi total kebutuhan Indonesia dan Asia Tenggara, kapasitas ini memungkinkannya untuk meningkatkan devisa negara dengan adanya sisa kapasitas yang dapat di ekspor keluar serta penentuan akhir 10.000 ton/tahun melihat dari kapasitas pabrik yang telah berdiri 3.000 – 30.000 ton/tahun.

- **Kapasitas Komersial**

Dalam menentukan kapasitas pabrik Metil Laktat yang akan dirancang, perlu dilakukan analisis mendalam terhadap kapasitas produksi pabrik-pabrik yang telah beroperasi baik di dalam negeri maupun di luar

negeri. Informasi ini, yang dikenal dengan istilah kapasitas ekonomis, sangat penting untuk dipahami. Dengan mengetahui kapasitas produksi pabrik-pabrik yang sudah ada, dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai skala produksi yang ideal dan efisien bagi pabrik baru. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pabrik mampu memproduksi Metil Laktat dalam jumlah yang optimal sesuai kebutuhan pasar dan standar industri, sehingga dapat bersaing secara ekonomis di pasar global.

Berikut adalah daftar pabrik metil laktat yang sudah beroperasi di berbagai negara dan kapasitas produksi setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. 6 Pabrik Metil Laktat di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Shanghai Smart Chemical	China	3.000
Musashino	China	10.000
Qingdao Lambert Holdings	China	5.000
Zhengzhou Yi Bang	China	30.000
PURAC	Amerika Serikat	15.000

- **Ketersediaan Bahan Baku**

Dalam menentukan kapasitas pabrik perlu adanya pertimbangan lain yaitu ketersediaan bahan baku. Perlu dipastikan bahwa pabrik yang akan didirikan memiliki akses ke bahan baku secara kontinyu dan sebisa mungkin

didapatkan dari dalam negeri. Bahan baku yang digunakan dalam pabrik Metil Laktat adalah dengan menggunakan Asam Laktat dan Metanol. Bahan baku asam laktat dapat diperoleh dari *Musashino Chemical Laboratory*. Dimana kapasitas produksi Asam Laktat dari *Musashino Chemical Laboratory* mencapai 10.000 ton/tahun untuk bahan baku metanol dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol dengan kapasitas 600.000 ton/tahun. Katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 1.170.000 ton/tahun data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. 7 Ketersediaan Bahan Baku

Nama Pabrik	Bahan Baku	Kapasitas (Ton)
PT. Petrokimia Gresik	Asam Sulfat	1.170.000
PT. Kaltim Methanol	Methanol	660.000
Shanghai Yancui Import and Export Co.	Asam Laktat	96.000

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa tahunan untuk kapasitas produksi metil laktat sebesar 10.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari per tahun selama 24 jam, diketahui bahwa kebutuhan bahan baku utama terdiri atas metanol sebesar 15.407 ton/tahun, asam laktat sebesar 12.726 ton/tahun, dan asam sulfat sebagai katalis sebesar 87,85 ton/tahun. Dari ketiga bahan tersebut, asam laktat merupakan bahan baku utama yang dibutuhkan dalam jumlah paling besar dan harus dipastikan ketersediaannya secara berkelanjutan. Salah satu supplier yang tercantum dalam data yaitu Yancui Import and Export Co. memiliki kapasitas produksi sekitar 96 ton/tahun, yang bisa untuk memenuhi kebutuhan pabrik ini. supplier

tersebut diharapkan dapat menjamin ketersediaan asam laktat sebanyak ± 12.726 ton/tahun secara konsisten, sehingga proses produksi metil laktat dapat berlangsung optimal tanpa gangguan pasokan bahan baku.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Asam Laktat

Asam laktat dengan senyawa ($C_3H_6O_3$) yang dikenal juga sebagai asam susu. Asam laktat berperan penting dalam beberapa proses biokimia. Secara struktur, asam laktat merupakan asam karboksilat dengan gugus hidroksil yang menempel pada gugus karboksil. Asam laktat merupakan asam organik multifungsi yang potensial diproduksi dalam skala besar. Pertama kali diproduksi secara komersial oleh Charles E. Avery di Littleton, Massachuset, USA pada tahun 1881.

Asam laktat dengan kemurnian tinggi dapat membentuk kristal bening monoclinic. Asam laktat larut dalam air, alkohol, eter tapi tidak larut dalam kloroform. Asam laktat termasuk asam lemah dan memiliki viskositas yang rendah. Asam laktat dapat membentuk polimer linier dan dapat terlibat dalam berbagai tipe reaksi kimia.

1.3.2 Metanol

Rumus kimia dari metanol adalah CH_3OH yang merupakan senyawa alkohol dengan satu gugus hidrogen (H_2). Senyawa metanol adalah suatu cairan yang memiliki sifat fisis tidak berwarna, mudah mengendap atau volatil, mudah terbakar dan beracun dengan bau yang khas pada keadaan

atmosfer. Senyawa kimia yang satu ini memiliki nama lain yaitu metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus.

Methanol juga diproyeksikan sebagai bahan bakar alternatif masa depan karena memiliki bilangan oktan yang tinggi dengan pembakaran yang lebih sempurna sehingga gas monoksida sebagai hasil samping reaksi utama yang dihasilkan semakin sedikit. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung, 2 metanol dapat dikonversikan menjadi etilen atau propilen pada proses *Methyl-to-olefins* (MTO) yang dapat menghasilkan *hydrocarbon fuels*.

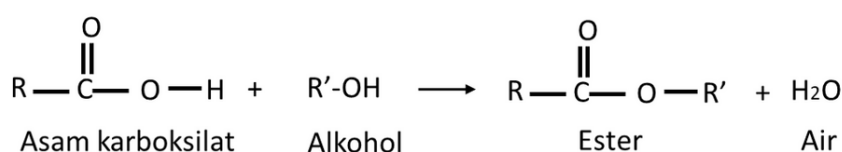
1.3.3 Metil Laktat

Metil laktat dikenal sebagai metil ester asam laktat yaitu adalah senyawa organik dengan rumus ($C_3H_8O_3$) ini adalah metil ester dari asam laktat. Cairan tidak berwarna ini adalah ester kiral paling sederhana. Karena diturunkan secara alami, ia sudah tersedia sebagai enansiomer tunggal. Metil laktat banyak digunakan dalam industri kosmetik dan obat-obatan sebagai pelarut, Metil laktat biasanya digunakan pelarut untuk nitroselulosa, selulosa asetat, selulosa asetobutirat dan selulosa asetopropionat. Hal ini digunakan dalam pembuatan lak dan obat bius dimana ia memberi toleransi yang tinggi untuk pengencer

1.3.4 Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol (Fessenden

and Fessenden, 1982). Reaksi ini umumnya dikatalisis oleh asam kuat seperti asam sulfat (H₂SO₄) atau asam klorida (HCL) untuk mempercepat laju reaksi. Dalam konteks industri, esterifikasi sering digunakan untuk menghasilkan berbagai ester yang memiliki aplikasi luas dalam produk kimia, termasuk pelarut, plastik, dan parfum (Smith, 2015).



Gambar 1. 4 Reaksi Esterifikasi

Proses esterifikasi biasanya berlangsung melalui mekanisme reaksi nukleofilik. Alkohol berfungsi sebagai nukleofil yang menyerang karbonil pada asam karboksilat, menghasilkan ester dan air sebagai produk sampingan (Smith, 2015). Reaksi ini dapat dilihat pada gambar diatas.

Selain itu, suhu dan tekanan reaksi dapat mempengaruhi keseimbangan reaksi esterifikasi. Pada kondisi yang lebih tinggi, reaksi cenderung lebih cepat dan mencapai keseimbangan dengan lebih efisien. Namun, untuk mencegah hidrolisis balik dari ester yang terbentuk, air yang dihasilkan selama reaksi biasanya dihilangkan melalui distilasi atau menggunakan agen pengikat air seperti molekular sieve (Jones, 2018).

Dalam aplikasi praktis, pemilihan katalis dan kondisi reaksi sangat penting untuk mengoptimalkan hasil dan kecepatan reaksi. Katalis asam kuat sering digunakan dalam jumlah katalitik untuk meningkatkan efisiensi reaksi tanpa mengorbankan kualitas produk akhir (Brown, 2020). Studi

terbaru menunjukkan bahwa penggunaan katalis heterogen dapat menawarkan keuntungan dalam hal pemisahan dan daur ulang katalis, yang berdampak positif pada keberlanjutan proses industri (Johnson, 2021).

1.3.5 Pemilihan Proses

Pada pembuatan metil laktat melalui proses esterifikasi, terdapat dua metode utama yang dapat dipilih, yaitu esterifikasi konvensional dan esterifikasi enzimatis. Berdasarkan pertimbangan efisiensi dan kemudahan, pabrik ini menggunakan metode esterifikasi konvensional. Dalam metode ini, metil laktat dapat diproduksi menggunakan dua kombinasi bahan baku utama: asam laktat dengan metanol atau gliserol dengan metanol. Masing-masing kombinasi bahan baku ini memiliki keunggulan dan kekurangannya sendiri yang penting untuk dipertimbangkan dalam skala industri.

Pada proses esterifikasi yang menggunakan asam laktat dan metanol, tidak diperlukan bahan baku penunjang tambahan. Proses ini menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis dan dilaksanakan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Suhu operasinya berkisar antara 30 hingga 100 °C dengan tekanan operasi sebesar 4 atm. Kelebihan dari metode ini adalah reaksi yang berlangsung dalam satu tahap dengan suhu reaksi yang relatif rendah, waktu reaksi yang lebih singkat, serta penggunaan bahan baku yang lebih efisien. Namun, kekurangan utamanya adalah kebutuhan impor bahan baku asam laktat, yang dapat menambah biaya produksi.

Di sisi lain, proses alternatif menggunakan gliserol dan metanol memerlukan bahan baku penunjang seperti CaO dan CO_2 . Katalis yang

digunakan adalah CuO, dan proses ini melibatkan dua jenis reaktor: RATB dan *Bubble Reactor*. Suhu operasi untuk reaksi pertama adalah 230 °C, sedangkan untuk reaksi kedua adalah 180 °C, dengan tekanan operasi tetap sebesar 1 atm. Keuntungan dari metode ini termasuk konversi reaksi yang lebih besar dan penggunaan bahan baku yang sepenuhnya berasal dari dalam negeri, yang dapat mengurangi ketergantungan pada impor. Namun, proses ini memiliki beberapa kekurangan, yaitu reaksi yang berlangsung dalam dua tahap, suhu operasi yang lebih tinggi, dan waktu reaksi yang lebih lama.

Berikut adalah perbandingan antara metil laktat yang dibuat dari asam laktat dan metanol dengan metil laktat yang dibuat dari gliserol dan metanol, pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. 8 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Laktat

Bahan Baku Utama	Asam Laktat dan Metanol	Gliserol dan Metanol
Bahan Baku Penunjang	Tidak ada	CaO,CO ₂
Katalis	H ₂ SO ₄	CuO
Reaktor	RATB	RATB & <i>Bubble Reactor</i>
Suhu Operasi	30-100 °C	Reaksi 1 = 230°C Reaksi 2 = 180°C
Tekanan Operasi	2,7- 3,4 atm	1 atm

Kelebihan	• Reaksi berjalan dengan 1 tahap • Suhu reaksi lebih rendah • Waktu reaksi lebih singkat • Lebih efektif dalam penggunaan bahan baku	• Konversi pada reaksi lebih besar • Semua bahan baku dari dalam negeri
Kekurangan	Bahan baku asam laktat impor	• Reaksi berjalan 2 tahap • Suhnya lebih tinggi • Waktu yang dibutuhkan lebih lama

Maka proses pembuatan metil laktat yang digunakan pada pabrik ini dilakukan dengan menggunakan bahan baku asam laktat dan metanol (Esterifikasi), dengan beberapa pertimbangan, yaitu:

- Suhu reaksi yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi
- Reaksi berjalan dengan 1 tahap
- Waktu reaksi yang dibutuhkan lebih singkat
- Penggunaan bahan baku lebih efektif

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis atau endotermis) dan arah reaksi (reversible atau irreversible).

Tinjauan termodinamika dapat diketahui dengan melihat harga entalpi selama reaksi. Jika ditinjau secara termodinamika, diketahui:

Tabel 1. 9 Tinjauan Termodinamika

Komponen	Rumus Kimia	Hf 298 (kJ/mol)	G 298 (kJ/mol)
Asam Laktat	C ₃ H ₆ O ₃	-527,57	-179,28
Metanol	CH ₃ OH	-238,40	-430,62
Metil Laktat	C ₄ H ₈ O ₃	-528,200	-390,38
Air	H ₂ O	-285,83	-237,13

Reaksi :



$$\Delta H^\circ_f 298 \text{ K} = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$= [(\Delta H^\circ_f \text{ ML}) + (\Delta H^\circ_f \text{ Air})] - [(\Delta H^\circ_f \text{ AL}) + (\Delta H^\circ_f \text{ Me})]$$

$$= [-528,200 \text{ kJ/mol} + -285,83 \text{ kJ/mol}] - [-527,57 \text{ kJ/mol} + -238,40 \text{ kJ/mol}]$$

$$= [(-814.03 \text{ kJ/mol})] - [(-765,97 \text{ kJ/mol})]$$

$$= \mathbf{-48.06 \text{ kJ/mol}}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil bahwa reaksi esterifikasi antara asam laktat dan metanol untuk menghasilkan Metil Laktat dengan nilai

bernilai negatif, maka reaksi tersebut adalah reaksi eksotermis (reaksi membutuhkan dingin).

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ} &= \sum (n\Delta G^{\circ}) \text{ produk} - \sum (n\Delta G^{\circ}) \text{ reaktan} \\
 &= [(\Delta G^{\circ} \text{ML}) + (\Delta G^{\circ} \text{Air})] - [(\Delta G^{\circ} \text{AL}) + (\Delta G^{\circ} \text{Me})] \\
 &= [-390,38 \text{ kJ/mol} + 237,13 \text{ kJ/mol}] [179,28 \text{ kJ/mol} + -430,62 \text{ kJ/mol}] \\
 &= [(-627,51 \text{ kJ/mol})] - [(-609,90 \text{ kJ/mol})] \\
 &= \mathbf{-17,61 \text{ kJ/mol}}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Gibbs menghasilkan nilai negatif ($\Delta G^{\circ} < 0$), maka reaksi tersebut dapat dikatakan sebagai reaksi spontan.

Nilai konstanta kesetimbangan (K) merupakan parameter termodinamika penting yang menunjukkan sejauh mana reaksi kimia berlangsung menuju arah produk. Untuk reaksi esterifikasi antara asam laktat dan metanol menjadi metil laktat dan air, nilai K dapat dihitung berdasarkan perubahan energi bebas Gibbs standar menggunakan persamaan:

$$\Delta G^{\circ}_f = -RT \ln K \quad (1.2)$$

$$\text{Maka: } K = \exp\left(-\frac{\Delta G^{\circ}_f}{RT}\right)$$

Keterangan:

ΔG°_f : Energi bebas Gibbs standard (kJ/mol)

T : temperature (K)

R : tetapan gas ($8,314 \times 10^{-3}$) kJ/mol K

K : konstanta keseimbangan pada 298 K

$$K = \exp \left(-\frac{\Delta G^{\circ}_f}{RT} \right) \quad (1.3)$$

Nilai konstanta kesetimbangan (K) dihitung berdasarkan data perubahan energi bebas Gibbs standar pembentukan (ΔG°_f) sebesar : -17,61 kJ/mol. Menggunakan suhu standar sebesar 298 K (25°C) dan konstanta gas.

$$\begin{aligned} K &= \exp \left(-\frac{-17,61}{8,314 \times 10^{-3} \times 298} \right) \\ &= \exp \left(\frac{17,61}{2,4775} \right) \\ &= \exp (7,1077) \\ &= 1221,41 \end{aligned}$$

Nilai K yang lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa reaksi esterifikasi asam laktat dengan metanol sangat mengarah ke pembentukan produk, yaitu metil laktat dan air. Hal ini mengindikasikan bahwa reaksi dapat mencapai konversi tinggi secara termodinamika. Hal ini mengindikasikan bahwa reaksi dapat mencapai konversi tinggi secara termodinamika. Oleh karena itu, dalam perancangan reaktor CSTR yang digunakan dalam pabrik, kondisi operasi dapat diatur agar mendekati kesetimbangan, sehingga produksi metil laktat dapat dimaksimalkan tanpa memerlukan tahapan pemurnian ulang yang signifikan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Spesifikasi Produk (Metil Laktat)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Metil Laktat

Metil Laktat	
Wujud	Cair
Rumus Molekul	$C_4H_8O_3$
Berat Molekul, g/mol	104,1 g/mol
Titik Didih	144 - 145 °C
Titik Beku	-66 °C
Tekanan Kritis	39,5 atm
Densitas, 19 °C	1,09 g/ cm ³
Spesifikasi Gravity, 19 °C	1,09
Viskositas	2,94 cp
Titik Menyala	49 °C
Kemurnian	99 %
Diamond Hazard	

2.1.2 Spesifikasi Produk Hasil Samping

Tabel 2. 2 Spesifikasi Air

Air	
Wujud	Cairan
Rumus Molekul	H ₂ O
Berat Molekul	18,0149 g/mol
Titik didih	100 °C
Titik beku	0 °C
Tekanan Kritis	218,2 atm
Densitas	0,997 g/cm ³
Viskositas	0.890 cP
Warna	Tidak berwarna
Diamond Hazard	

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 3 Spesifikasi Metanol

Metanol	
Wujud	Cairan
Rumus Molekul	CH ₃ OH
Berat Molekul	32,04 g/mol
Titik didih	64.7 °C
Titik beku	-97 °C
Tekanan Kritis	79,9 atm
Densitas	0,79 g/cm ³
Viskositas, 20 °C	0,59 cp
Warna	Tidak berwarna
Vapor Pressure	128 hpa
Titik Menyala	11 °C
Kemurnian Bahan	99,85 %
Diamond Hazard	

Tabel 2. 4 Spesifikasi Asam Laktat

Asam Laktat	
Wujud	Cairan
Rumus Molekul	$C_3H_6O_3$
Berat Molekul, kg/mol	90,08 g/mol
Titik Didih °C	122 °C
Titik Beku °C	16,8 °C
Tekanan Kritis	53 atm
Densitas	1,206 g/cm ³
Viskositas	6,69 cp
Spesific Gravity	1,249
Vapor pressure, 25 °C	0,0813 mmHg
Titik menyala	113 °C
Kemurnian Bahan	85 %
Diamond Hazard	

2.2.2 Spesifikasi Bahan Katalis

Tabel 2. 5 Spesifikasi Asam Sulfat

Asam Sulfat	
Wujud	Cairan
Rumus Molekul	H ₂ SO ₄
Berat Molekul, g/mol	98,08 g/mol
Titik Didih	337 °C
Titik Beku	10 °C
Tekanan Kritis	53 atm
Densitas, 20 °C	1,84 g/cm ³
Viskositas 20 °C	26,7 cp
Kemurnian Bahan	98 %
Diamond Hazard	

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) pada pabrik metil laktat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku ini bertujuan untuk mengetahui bahan baku yang digunakan tidak ada kerusakan pada saat produksi yang dapat menyebabkan penurunan hasil kualitas produk, dan juga sesuai dengan spesifikasi kualitas produk. Oleh Karena itu diperlukan pengujian terhadap bahan baku yang akan digunakan.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan dari proses produksi maka perlu dilakukan pengendalian kualitas pada produk agar tetap menjaga kualitas produk yang dihasilkan supaya tetap sesuai dengan standar di pasaran. Dalam menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan standar, maka diperlukan bahan baku yang berkualitas yang sudah lulus uji dan pengawasan dalam segi pengendalian yang baik terhadap proses yang dilakukan produk yang dihasilkan berkualitas dan dapat dipasarkan.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi mencakup aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Proses pengendalian dan pengawasan jalannya operasi bisa menggunakan alat pengendalian yang berada didalam ruang *control room*, dan juga menggunakan dengan cara automatic control yang bekerja berdasarkan indikator yang ada pada alat. Alat indikator akan diberikan set point dimana jika terjadi kesalahan dalam indikator baik flow rate bahan baku dan produk, level control, maupun temperature control, maka lampu akan menyala dan alarm yang akan berbunyi yang menandakan ada kesalahan yang terjadi. Bila terjadi kesalahan yang menyimpang maka settingan harus dikembalikan pada kondisi semula baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengembalikan pada kondisi yang diinginkan.

Alat-alat kontrol yang digunakan untuk berjalannya produksi yaitu kontrol terhadap kondisi operasi suhu dan tekanan. Pengaturan alat kontrol yang diatur dalam kondisi tertentu diantaranya:

- *Level Control*

Level control adalah alat yang dipasang pada bagian atas atau dinding tangki yang berfungsi untuk mengukur dan mengendalikan ketinggian atau volume cairan dalam tangki atau wadah. Jika ketinggian atau volume cairan belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan, alat ini akan mengeluarkan isyarat berupa suara

atau lampu yang menyala sebagai tanda peringatan. Informasi terkait nilai yang ditunjukkan oleh level control ini kemudian akan diteruskan ke alat Flow Rate Controller untuk ditindak lebih lanjut.

- *Flow rate*

Flow rate adalah alat yang terpasang pada bagian aliran bahan baku, baik pada aliran masuk maupun aliran keluar proses, yang berfungsi untuk mengatur debit aliran tersebut. Alat ini bekerja dengan menyesuaikan bukaan valve agar sesuai dengan set point yang telah ditentukan. Jika debit aliran tidak sesuai dengan ukuran yang sudah ditetapkan, alat ini akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi dan nyala lampu sebagai tanda peringatan.

- *Temperature control*

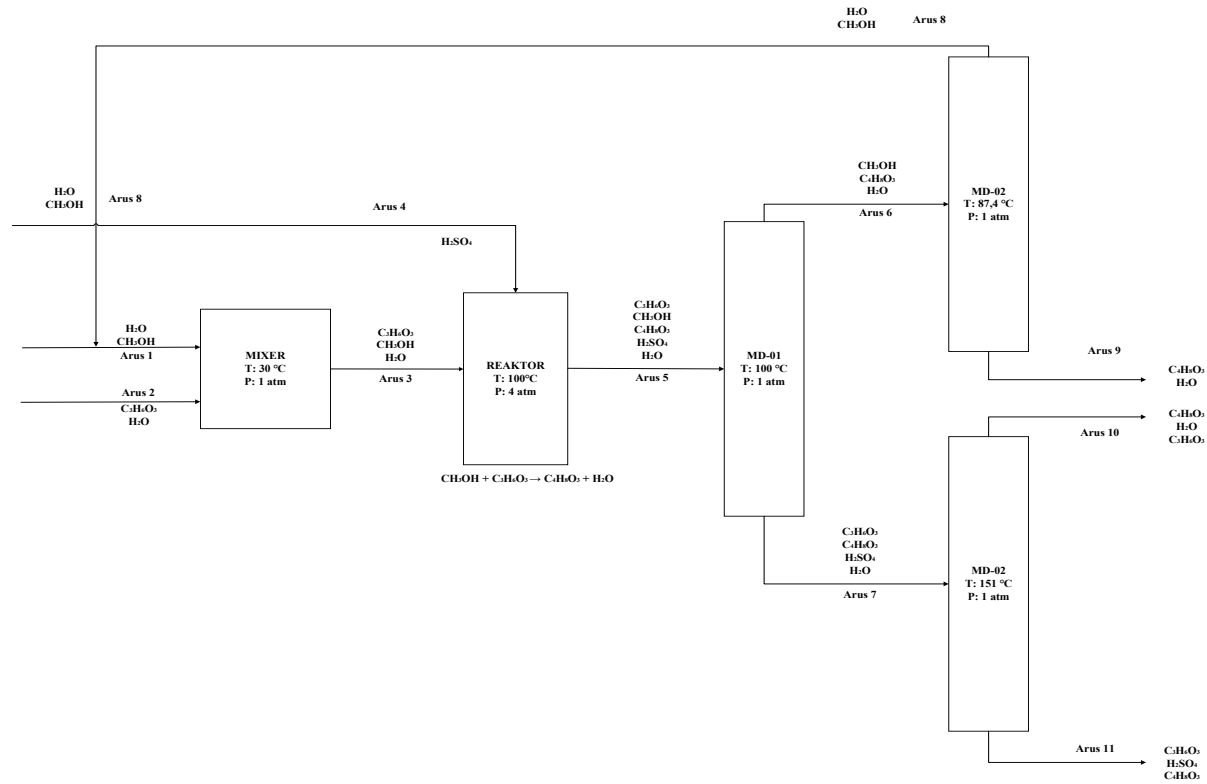
Temperature control adalah alat yang berfungsi untuk mengukur dan mengatur suhu pada aliran atau suatu alat dalam proses. Alat ini biasanya terpasang di dalam setiap alat proses dan memiliki set point atau batasan nilai suhu yang ditetapkan sebagai parameter. Jika suhu tidak sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan, bahkan jika hanya selisih beberapa derajat dari set point, alat ini akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi dan nyala lampu sebagai tanda peringatan. Selain itu, temperature control juga dapat terintegrasi dengan sistem kontrol otomatis yang memungkinkan penyesuaian suhu secara real-time untuk menjaga konsistensi dan efisiensi proses. Alat ini penting dalam berbagai

industri, seperti manufaktur, makanan dan minuman, serta farmasi, di mana pengendalian suhu yang tepat sangat krusial untuk kualitas dan keamanan produk.

BAB III PERANCANGAN PROSES

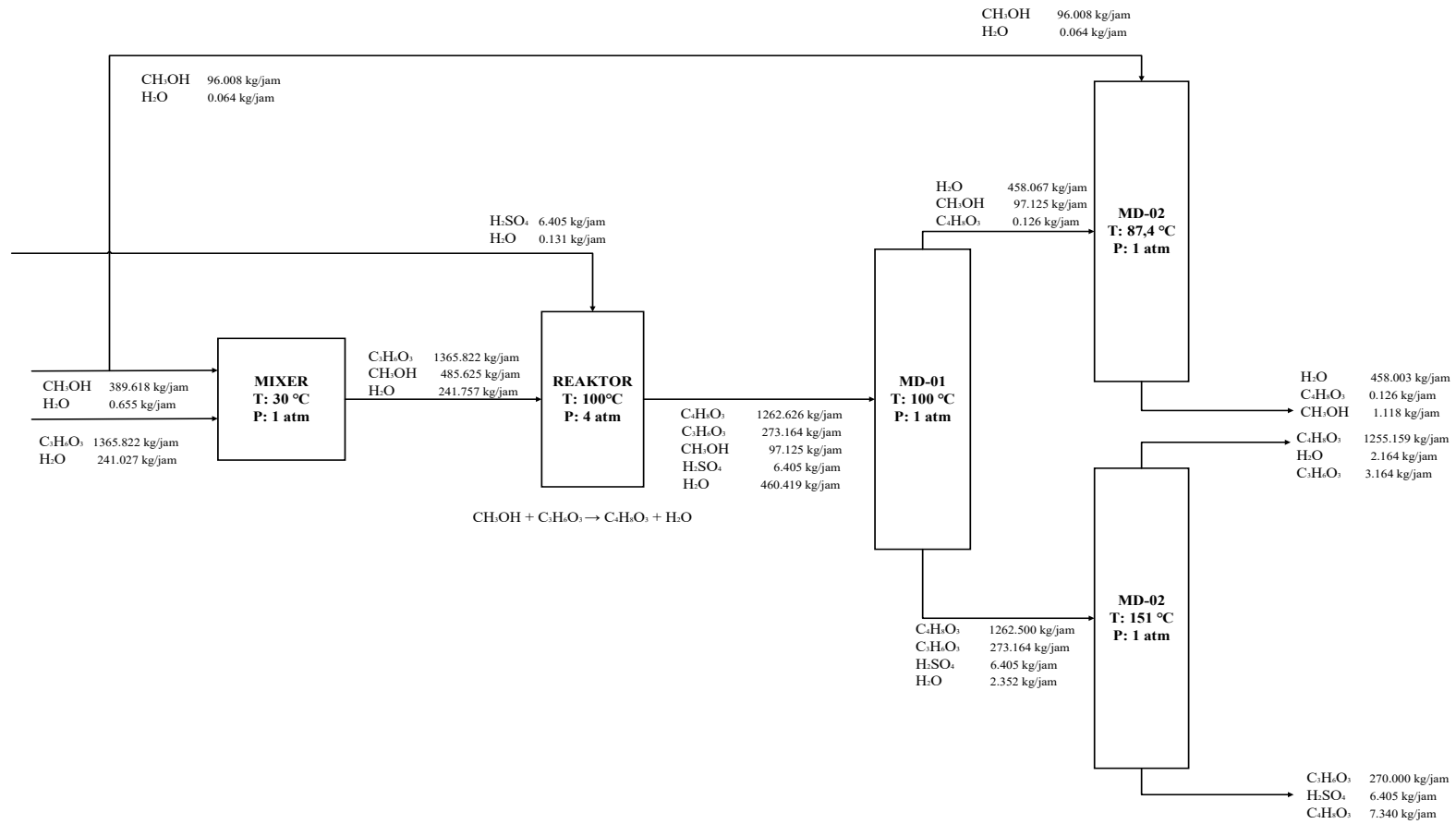
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan Metil Laktat menggunakan reaksi esterifikasi didalam reaktor antara Asam Laktat dan Metanol membentuk Metil Laktat dan air dan secara keseluruhan proses beroperasi pada tekanan 1 atm dan dapat dilakukan melalui tahapan - tahapan sebagai berikut :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk (esterifikasi)
3. Tahap pemurnian produk (purifikasi)

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Mula-mula Asam Laktat ($C_3H_6O_3$) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-02) dengan kemurnian produk 85% dan Metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-03) dengan kemurnian 99,85% yang disimpan pada suhu $30^{\circ}C$ dengan tekanan 1 atm akan dialirkan ke *Mixer* (M-01) untuk dicampurkan. Setelah campuran Asam Laktat ($C_3H_8O_3$) dan Methanol (CH_3OH) homogen, kemudian dialirkan ke dalam *Heat Exchanger* (HE-01) sebelum dialirkan kedalam *Reactor* (R-01).

Agar reaksi berjalan dengan cepat, maka pembentukan metil laktat dibutuhkan katalisator berupa asam sulfat (H_2SO_4). Asam Sulfat (H_2SO_4) yang disimpan pada tangki (T-01) dialirkan dengan pompa (P-104) yang kemudian Asam Sulfat akan diinjeksikan kedalam *Reactor* (R-01) sebagai katalisator.

3.2.2 Proses Pembuatan Produk

Reaksi ini bekerja pada fase cair-cair di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan bantuan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4). Reaktor dirancang untuk beroperasi pada suhu 100°C dengan tekanan 4 atm dan besarnya konversi asam laktat 80% (Trope and Kobe, 1950).

Reaksi yang terjadi bersifat adalah eksotermis, maka dari itu agar suhu reaksi tetap konstan dipasang jaket pendingin yang dialiri dengan air pendingin pada *Reactor* (R-01). Produk yang dihasilkan oleh *Reactor* (R-01) adalah metil laktat ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$), air (H_2O) dan sisa-sisa reaktan.

Produk yang dihasilkan dari *Reactor* (R-01) berupa metil laktat ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$), air (H_2O) dan sisa-sisa reaktan akan di umpan ke menara distilasi (MD-01).

3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Produk keluaran dari reaktor (R-01) dengan kondisi operasi 4 atm dan suhu 100°C terlebih dahulu dialirkan ke *expansion valve* untuk menurunkan tekanan dari 4 atm menjadi 1 atm. Setelah itu, aliran memasuki menara distilasi pertama (MD-01). Di MD-01, terjadi pemisahan antara metanol, air, dan sedikit metil laktat sebagai hasil atas (distilat) pada suhu $64,5^\circ\text{C}$, sedangkan hasil bawah mengandung metil laktat, asam laktat, dan asam sulfat pada suhu 151°C .

Hasil atas MD-01 dialirkan ke menara distilasi kedua (MD-02) pada suhu masuk $64,5^\circ\text{C}$. Di MD-02, pemisahan dilakukan untuk mendapatkan metanol dengan kemurnian 99,85% sebagai hasil atas (pada

suhu 64,5°C), yang kemudian didinginkan menggunakan *cooler* hingga suhu 30°C sebelum dialirkan kembali sebagai aliran recycle ke Arus 1 untuk digunakan kembali. Hasil bawah MD-02, dengan suhu 99,8°C, dibuang sebagai limbah yang mengandung sisa asam laktat dan sedikit metil laktat.

Sementara itu, hasil bawah dari MD-01 dialirkan ke menara distilasi ketiga (MD-03). Di MD-03, pemisahan menghasilkan produk utama berupa metil laktat dengan kemurnian 99% sebagai hasil atas (distilat) pada suhu 143,9°C. Hasil bawah MD-03, yang mengandung asam laktat dan asam sulfat, dibuang sebagai limbah (UPL) pada suhu 213°C.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi *Mixer*

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Mixer

Mixer-01	
Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampurkan bahan baku asam laktat ($C_3H_6O_3$) dan metanol (CH_3OH) sebelum dialirkan menuju reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah	: 1
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Carbon Steel A-283-54 Grade C</i>
Dimensi <i>Mixer</i>	
Diameter	: 1,4317 m
Tinggi	: 1,7432 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 m
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Penganduk <i>Mixer</i>	
Jenis	: <i>Turbine with 6 flat blades</i>
Diameter Pengaduk	: 0,5048 m
Jumlah Penganduk	: 1 buah
Lebar Baffle	: 0,1262 m
Kecepatan Putaran	: 190 rpm
Power	: 10 HP
Harga	: \$115,300.00

3.3.2 Spesifikasi *Reactor*

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Reaktor

Reaktor-01		
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Untuk mereaksikan metanol, asam laktat, dan asam sulfat menjadi metil laktat
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Kondisi Operasi		
Tekanan	:	4 atm
Suhu	:	100 °C
Jumlah	:	1 buah
Bahan Kontruksi	:	<i>Stainless Steel 316</i>
Dimensi Reaktor		
Diameter Reaktor	:	1,080 m
Tinggi Reaktor	:	2,160 m
Tebel <i>shell</i>	:	0,250 in
Tebal <i>head</i>	:	2,216 in
Tinggi Cairan <i>shell</i>	:	1,341m
Volume	:	2,284 m ³
Jenis <i>Head</i>	:	<i>Torispherical dishead head</i>
Penganduk Reaktor		
Jenis	:	<i>Six-blade turbine, vertical blade</i>
Diameter	:	0,406 m
Tinggi	:	0,406 m
Jumlah	:	1 buah
Lebar	:	0,102 m
Kecepatan Putaran	:	746.01 rpm
Power	:	20 HP

Jakaet Pendingin		
Tinggi	:	1,2192 m
Diameter	:	1,4465 m
Luas Selimut	:	7,3248 m ²
Luas Transfer Panas	:	6,645 m ²
Harga	:	\$168,400

3.3.3 Spesifikasi Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 1

Menara Distilasi -01	
Kode	: MD-01
Fungsi	: Memisahkan metanol dan air dari senyawa lain, serta membantu pemurnian produk metil laktat
Jenis	: <i>Sieve Tray</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 0 atm
Suhu Umpan	: 100 °C
Suhu <i>Distillat</i>	: 87,4 °C
Suhu <i>Bottom</i>	: 151 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade 304</i>
Dimensi Distilasi	
Diameter Kolom	: 1,8 m
Tinggi	: 14,6 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,250 in
Tebal <i>head</i>	: 0,250 in
Jumlah <i>plate</i>	: 13
Tebal <i>tray</i>	: 0,005 m
Diameter <i>hole</i>	: 0.01
Jumlah <i>hole</i>	: 1,206 buah
Tray <i>spacing</i>	: 0,33 m
Panjang <i>weir</i>	: 1,54 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,05 m
Harga	: \$663,800

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 2

Menara Distilasi -01	
Kode	: MD-02
Fungsi	: Memisahkan metanol dengan air untuk di <i>recycle</i> kembali ke <i>mixer</i>
Jenis	: <i>Sieve Tray</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu Umpan	: 87,4 °C
Suhu <i>Distillat</i>	: 64,5 °C
Suhu <i>Bottom</i>	: 99,8 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade 304</i>
Dimensi Distilasi	
Diameter Kolom	: 0,7 m
Tinggi	: 15,64 m
Tebel <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jumlah <i>plate</i>	: 18
Tebal <i>tray</i>	: 0,005 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,006 m
Jumlah <i>hole</i>	: 507 buah
Tray <i>spacing</i>	: 0.6 m
Panjang <i>weir</i>	: 0,602 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,05 m
Harga	: \$579,100

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 3

Menara Distilasi-03	
Kode	: MD-03
Fungsi	: Memisahkan senyawa lain untuk memurnikan produk metil laktat
Jenis	: <i>Sieve Tray</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu Umpan	: 151°C
Suhu <i>Distillat</i>	: 143,9 °C
Suhu <i>Bottom</i>	: 213,3 °C
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade 304</i>
Dimensi Distilasi	
Diameter Kolom	: 1,0 m
Tinggi	: 11,23 m
Tebel <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jumlah <i>plate</i>	: 8
Tebal <i>tray</i>	: 0,005 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,01 m
Jumlah <i>hole</i>	: 372 buah
Tray <i>spacing</i>	: 0,6 m
Panjang <i>weir</i>	: 0,86 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,05 m
Harga	: \$608,100

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan

Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 1

Parameter	Tangki - 01
Kode	T-01
Fungsi	Menyimpan bahan baku (CH_3OH) metanol untuk proses produksi selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainles Steel SA-240 Type 304</i>
Lama Penyimpanan	7 hari
Fasa	Cair
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi tangki	
Volume	206,494 m ³
Diameter	7,620 m
Tinggi	3,658 m
Tebel <i>shell</i>	0,188 in
Jumlah <i>course</i>	2
Tinggi <i>head</i>	1,346 m
Tebal <i>head</i>	0,1875 in
Tinggi total	5,004 m
Harga	\$ 210,800.00

Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 2

Parameter	Tangki - 02
Kode	T-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku ($C_3H_6O_3$) asam laktat untuk proses produksi selama 60 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk kerucut (<i>Conical Roof</i>)
Bahan Kontruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	60 hari
Fasa	Cair
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi tangki	
Volume	1920,562 m ³
Diameter	18,228 m
Tinggi	7,315 m
Tebel <i>shell</i>	0,313 in
Jumlah <i>course</i>	4
Tinggi <i>head</i>	4,614 m
Tebal <i>head</i>	2,00 in
Tinggi total	11,954 m
Harga	\$ 827,700.00

Tabel 3. 8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 3

Parameter	Tangki – 03
Kode	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku (H_2SO_4) asam sulfat untuk proses produksi selama 30 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk kerucut (<i>Conical Roof</i>)
Bahan Kontruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	60 hari
Fasa	Cair
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi tangki	
Volume	26,674 m ³
Diameter	3,048 m
Tinggi	3,658 m
Tebel <i>shell</i>	0,188 in
Jumlah <i>course</i>	2
Tinggi <i>head</i>	0,216 m
Tebal <i>head</i>	1,000 in
Tinggi total	3,880 m
Harga	\$ 147,900.00

Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 4

Parameter	Tangki - 04
Kode	T-04
Fungsi	Menyimpan hasil produksi ($C_4H_8O_3$) metil laktat selama 30 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan bagian atas berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	30 hari
Fasa	Cair
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi tangki	
Volume	1.318,522 m ³
Diameter	15,240 m
Tinggi	5,4864 m
Tebel <i>shell</i>	0,188 in
Jumlah <i>course</i>	3
Tinggi <i>head</i>	2,695 m
Tebal <i>head</i>	0,500 in
Tinggi total	8,181 m
Harga	\$ 683,200.00

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3. 10 Spesifikasi alat transportasi 1

Parameter	Pompa – 01
Kode	P-01
Fungsi	Mengalirkan metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan (T-01) ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	3.62 gpm
Kecepatan Aliran	6.05 ft/s
Rate Volumetrik	0.0081 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	0,505 cP
Suhu fluida	30 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	3/8 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	0,675 in
ID	0,493 in
<i>Flow area</i>	0,192 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,125 HP
Harga	\$5,200.00

Tabel 3. 11 Spesifikasi alat transportasi 2

Parameter	Pompa – 02
Kode	P-02
Fungsi	Mengalirkan asam laktat ($C_3H_6O_3$) dari tangki penyimpanan (T-02) ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	7,178 gpm
Kecepatan Aliran	3,209 ft/s
Rate Volumetrik	0,016 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	18,1 cP
Suhu fluida	30 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1 in
<i>Sch.No</i>	80
OD	1,320 in
<i>ID</i>	0,957 in
<i>Flow area</i>	0,718 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,167 HP
Harga	\$7,600.00

Tabel 3. 12 Spesifikasi alat transportasi 3

Parameter	Pompa – 03
Kode	P-03
Fungsi	Mengalirkan campuran asam laktat ($C_3H_6O_3$) dan metanol (CH_3OH) dari <i>Mixer</i> (M-01) ke <i>Reactor</i> (R-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	10,143 gpm
Kecepatan Aliran	3,776 ft/s
Rate Volumetrik	0,0226 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	11,95 cP
Suhu fluida	30 °C
Tekanan	4 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	1,320 in
<i>ID</i>	1,049 in
<i>Flow area</i>	0,864 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,500 HP
Harga	\$7,800.00

Tabel 3. 13 Spesifikasi alat transportasi 4

Parameter	Pompa – 04
Kode	P-04
Fungsi	Mengalirkan umpan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dari tangki penyimpanan (T-03) ke <i>Reactor</i> (R-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	0,019 gpm
Kecepatan Aliran	0,106 ft/s
Rate Volumetrik	0,00004 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	18,8 cP
Suhu fluida	30 °C
Tekanan	4 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1/8 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	0,405 in
<i>ID</i>	0,269 in
<i>Flow area</i>	0,058 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,083 HP
Harga	\$2,500.00

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi 5

Parameter	<i>Expansion Valve</i>
Kode	EXV-01
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran <i>Reactor</i> (R-01) dari 4 atm ke 1 atm sebelum memasuki Menara Distilasi (MD-01)
Jenis pompa	<i>Expansion Valve</i>
Jumlah	1
Kapasitas	0,019 gpm
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Suhu fluida	100 °C
Tekanan masuk	4 atm
Tekanan keluar	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1 in
<i>Sch.No</i>	10 S
OD	1,315 in
<i>ID</i>	1,097 in
<i>Surface Area</i>	0,344 ft ² /ft
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,05 HP
Harga	\$8,900.00

Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi 6

Parameter	Pompa – 06
Kode	P-06
Fungsi	Mengalirkan keluran ACC-01 ke MD-02 dan MD-01
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	3,179 gpm
Kecepatan Aliran	3,356 ft/s
Rate Volumetrik	0,0071 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	0.319 cP
Suhu fluida	87,4 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1/2 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	0,840 in
ID	0,622 in
<i>Flow area</i>	0,304 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,500 HP
Harga	\$5,900.00

Tabel 3. 16 Spesifikasi alat transportasi 7

Parameter	Pompa – 07
Kode	P-07
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah MD-01, keluran RB-01 ke MD-03
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	8,4437 gpm
Kecepatan Aliran	5,073 ft/s
Rate Volumetrik	0,0188 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	0,345 cP
Suhu fluida	151 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	3/4 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	1,05 in
<i>ID</i>	0,824 in
<i>Flow area</i>	0,534 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	1,00 HP
Harga	\$6,900.00

Tabel 3. 17 Spesifikasi alat transportasi 8

Parameter	Pompa – 08
Kode	P-08
Fungsi	Mengalirkan hasil atas MD-02, kelurana ACC-02 kembali ke arus satu untuk di <i>recyle</i>
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	0,6768 gpm
Kecepatan Aliran	3,7438 ft/s
Rate Volumetrik	0,0015 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	0,345 cP
Suhu fluida	64,5 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	1/8 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	0,405 in
ID	0,269 in
<i>Flow area</i>	0,058 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,083 HP
Harga	\$3,700.00

Tabel 3. 18 Spesifikasi alat transportasi 9

Parameter	Pompa – 09
Kode	P-09
Fungsi	Mengalirkan hasil atas MD-02, kelurana ACC-02 kembali ke arus satu untuk di <i>recycle</i>
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Kapasitas	7,0463 gpm
Kecepatan Aliran	4,2335 ft/s
Rate Volumetrik	0,0157 ft ³ /s
Bahan Kontruksi	<i>Commercial steel</i>
Kondisi Operasi	
Viskositas fluida	0,332 cP
Suhu fluida	143,9 °C
Tekanan	1 atm
Spesifikasi pipa	
<i>IPS</i>	3/4 in
<i>Sch.No</i>	40
OD	0,824 in
<i>ID</i>	1,05 in
<i>Flow area</i>	0,534 in ²
Spesifikasi Motor	
Efisiensi	80 %
Daya Motor	0,500 HP
Harga	\$6,900.00

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Condenser* (CD-01)

Kode	: CD-01
Fungsi	: Mengkondensasikan hasil atas Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1 buah

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Condenser*-01

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas		Fluida dingin (<i>Water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	555.319	24844.48	0
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	555.319	0	0	24844.48
<i>Temperature, °C</i>	87.4	87.4	25	50
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Lenght</i>	12 ft	<i>Lenght</i>	12 ft
<i>Passes</i>	2	<i>Passes</i>	2
ID	15,25 in	OD	3/4 in
<i>Baffle Spaces</i>	11.437 in	<i>Number tube</i>	160
A, ft ²		267.456 ft ²	
BWG		12	
<i>Pitch</i>		<i>Triangular, 15/16 in</i>	

ΔP_s terhitung	0.0249 psi	ΔP_r terhitung	0.0081 psi
ΔP_s Allowable	10 psi	ΔP_r Allowable	10 psi
Rd_{min}	0.003 Btu/hr ft ² F	Rd_{min}	0.003 Btu/hr ft ² F
Rd_{cal}	0.004 Btu/hr ft ² F	Rd_{cal}	0.004 Btu/hr ft ² F
Harga		\$55,700.00	

b. *Condenser* (CD-02)

Kode	: CD-02
Fungsi	: Mengkondensasikan hasil atas Menara Distilasi (MD-02)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1 buah

Tabel 3. 20 Spesifikasi *Condenser*-02

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas		Fluida dingin (<i>Water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate</i> , kg/jam	0	96.072	8018.392	0
<i>Vapor flowrate</i> , kg/jam	96.072	0	0	8018.392
<i>Temperature</i> , °C	64.5	64.5	25	50
<i>Pressure</i> , atm	1	1	1	1

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Lenght</i>	16 ft	<i>Lenght</i>	16 ft
<i>Passes</i>	2	<i>Passes</i>	2
ID	12 in	OD	3/4 in
<i>Baffle Spaces</i>	9.00 in	<i>Number tube</i>	98
A, ft ²		218.422 ft ²	
BWG		12	
<i>Pitch</i>		<i>Triangular, 15/16 in</i>	
ΔP_s terhitung	0.0115 psi	ΔP_r terhitung	0.008 psi
ΔP_s Allowable	10 psi	ΔP_r Allowable	10 psi
Rd _{min}	0.003 Btu/hr ft ² F	Rd _{min}	0.003 Btu/hr ft ² F
Rd _{cal,}	0.0032 Btu/hr ft ² F	Rd _{cal}	0.0032 Btu/hr ft ² F
Harga		\$48,600.00	

c. *Condenser (CD-03)*

Kode	: CD-03
Fungsi	: Mengkondensasikan hasil atas Menara Distilasi (MD-03)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1 buah

Tabel 3. 21 Spesifikasi *Condenser-03*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas		Fluida dingin (<i>Water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	1260.663	5046.901	0
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	1260.663	0	0	5046.901
<i>Temperature, °C</i>	143.9	143.9	25	50
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Lenght</i>	8 ft	<i>Lenght</i>	8 ft
<i>Passes</i>	6	<i>Passes</i>	6
ID	10 in	OD	3/4 in
<i>Baffle Spaces</i>	7.50 in	<i>Number tube</i>	42
A, ft ²		42.4374 ft ²	
BWG		10	
<i>Pitch</i>		<i>Triangular, 15/16 in</i>	
ΔP_s terhitung	0.0057 psi	ΔP_r terhitung	0.0057 psi

$\Delta P_s \text{ Allowable}$	10 psi	$\Delta P_r \text{ Allowable}$	10 psi
$R_{d_{\min}}$	0.003 Btu/hr ft ² F	$R_{d_{\min}}$	0.003 Btu/hr ft ² F
$R_{d_{\text{cal}}}$	0.005 Btu/hr ft ² F	$R_{d_{\text{cal}}}$	0.005 Btu/hr ft ² F
Harga		\$19,000.00	

d. *Reboiler* (RB-01)

Kode	: RB-01
Fungsi	: Menguapkan cairan hasil bawah Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1

Tabel 3. 22 Spesifikasi *Reboiler*-01

Spesifikasi	
a, in^2	0.289
<i>Pitch</i>	1 in, <i>triangular</i>
A, ft^2	254.718 ft^2
<i>Passes</i>	2
$Uc, \text{Btu/hr ft}^2 \text{F}$	250.0
$Ud, \text{Btu/hr ft}^2 \text{F}$	100.0
<i>Rd calculated</i>	0.004
<i>Cold Fluid, Shell (Product)</i>	
Aliran fluida	1544.421 kg/jam
IDs, in	15.25
ΔP_s terhitung	Diabaikan
ΔP_s Allowable	Diabaikan
<i>Hot Fluid, Tube (Steam)</i>	
Aliran fluida	982.554 kg/jam
Nt	138
L, ft	12
OD, in	3/4
ID, in	0.606
BWG	15
ΔP_s terhitung	0.0407 psi
ΔP_s Allowable	10 psi
Harga	\$64,900.00

e. *Reboiler* (RB-02)

Kode	: RB-02
Fungsi	: Menguapkan cairan hasil bawah Menara Distilasi (MD-02)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1

Tabel 3. 23 Spesifikasi *Reboiler*-02

Spesifikasi	
$a'', \text{ in}^2$	0.289
<i>Pitch</i>	1 in, <i>triangular</i>
$A, \text{ ft}^2$	36.423 ft^2
<i>Passes</i>	2
$Uc, \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ F}$	250.0
$Ud, \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ F}$	100.0
<i>Rd calculated</i>	0.004
<i>Cold Fluid, Shell (Product)</i>	
Aliran fluida	459.247 kg/jam
<i>IDs, in</i>	8
ΔP_s terhitung	Diabaikan
ΔP_s Allowable	Diabaikan
<i>Hot Fluid, Tube (Steam)</i>	
Aliran fluida	305.109kg/jam
Nt	30
$L, \text{ ft}$	12
$OD, \text{ in}$	3/4
$ID, \text{ in}$	0.606
BWG	15

ΔP_s terhitung	0.0639 psi
ΔP_s Allowable	10 psi
Harga	\$17,300.00

f. *Reboiler* (RB-03)

Kode	: RB-03
Fungsi	: Menguapkan cairan hasil bawah Menara Distilasi (MD-03)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1 buah

Tabel 3. 24 Spesifikasi *Reboiler*-03

Spesifikasi	
a'' , in ²	0.289
<i>Pitch</i>	15/16 in, <i>triangular</i>
A , ft ²	166.933 ft ²
<i>Passes</i>	2
Uc , Btu/hr ft ² F	256.906
Ud , Btu/hr ft ² F	100.0
Rd calculated	0.004
<i>Cold Fluid, Shell (Product)</i>	
Aliran fluida	283.746 kg/jam
ID_s , in	12
ΔP_s terhitung	Diabaikan
ΔP_s Allowable	Diabaikan
<i>Hot Fluid, Tube (Steam)</i>	
Aliran fluida	982.554 kg/jam
Nt	98

L , ft	12
OD , in	3/4
ID , in	0.606
BWG	15
ΔP_s <i>Calculated</i>	0.0202 psi
ΔP_s <i>Allowable</i>	10 psi
Harga	\$48,700.00

g. *Accumulator* (ACC-01)

Kode	: ACC-01
Fungsi	: Menampung distilat setelah keluar dari <i>condenser</i> (CD-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1 buah

Tabel 3. 25 Spesifikasi *Accumulator*-01

Kondisi Operasi	
<i>Temperature</i>	87.4 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Shell</i>	
Panjang <i>shell</i>	1.077 m
Tebal <i>shell</i>	0.005 m
Diameter <i>shell</i>	0.359 m
Dimensi <i>head</i>	
Diameter <i>head</i>	0.406 m
Panjang <i>head</i>	0.116 m
Total <i>head</i>	0.005 m
Panjang total	1.309 m
Harga	\$3,400.00

h. *Accumulator* (ACC-02)

Kode	: ACC-02
Fungsi	: Menampung distilat setelah keluar dari <i>condenser</i> (CD-02)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1

Tabel 3. 26 Spesifikasi *Accumulator-02*

Kondisi Operasi	
<i>Temperature</i>	64.5 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Shell</i>	
Panjang <i>shell</i>	0.641 m
Tebal <i>shell</i>	0.005 m
Diameter <i>shell</i>	0.214 m
Dimensi <i>head</i>	
Diameter <i>head</i>	0.305 m
Panjang <i>head</i>	0.088 m
Total <i>head</i>	0.005 m
Panjang total	0.818 m
Harga	\$1,400.00

i. *Accumulator* (ACC-03)

Kode	: ACC-03
Fungsi	: Menampung distilat setelah keluar dari <i>condenser</i> (CD-03)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	: 1

Tabel 3. 27 Spesifikasi *Accumulator*-03

Kondisi Operasi	
<i>Temperature</i>	143.9 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Shell</i>	
Panjang <i>shell</i>	1.400 m
Tebal <i>shell</i>	0.005 m
Diameter <i>shell</i>	0.467 m
Dimensi <i>head</i>	
Diameter <i>head</i>	0.508 m
Panjang <i>head</i>	0.132 m
Total <i>head</i>	0.005 m
Panjang total	1.664 m
Harga	\$5,400.00

j. *Heat Exchanger* (HE-01)

Tabel 3. 28 Spesifikasi *Heat Exchanger*-01

Parameter	<i>Heater – 01</i>
Kode	HE -01
Fungsi	Menaikan suhu keluaran <i>Mixer</i> (M-01) sebelum memasuki <i>Reactor</i> (R-01) dari 30°C ke 100°C
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	11.606 ft ²
Jumlah <i>hairpin</i>	2
Arah aliran	<i>Counter current</i>
Rd_{min}	0.003 Btu/hr.ft ² .F
Rd_{cal}	0.004 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical design</i>	
<i>Annulus</i>	
Fluida	CH ₃ OH (<i>lq</i>) & C ₃ H ₆ O ₃ (<i>lq</i>)
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	1260.676 kg/jam
IPS	2.00 in
OD	2.380 in
ID	2.067 in
<i>Schedule.No</i>	40
<i>Flow area</i>	3.35 in ²
<i>Surface area</i>	0.622 ft ² /ft
Panjang	15 ft
ΔP_{cal}	0.0004 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	<i>Water</i>

Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>
IPS	1.25
<i>Schedule.No</i>	40
OD	1.660 in
ID	1.380 in
<i>Flow area</i>	1.50 in ²
<i>Surface are</i>	0.435 ft ² /ft
ΔP_{cal}	0.006 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Harga</i>	\$1,800.00

k. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 29 Spesifikasi *Cooler*

Parameter	<i>Cooler – 01</i>
Kode	CL -01
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran distilasi (MD-03) sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan hasil produksi (T-04)
Jenis	<i>Double pipe</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	0.081 ft ²
Jumlah <i>hairpin</i>	1
Arah aliran	<i>Counter current</i>
Rd_{min}	0.001 Btu/hr.ft ² .F
Rd_{cal}	2.880 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical design</i>	
<i>Annulus</i>	
Fluida	C ₄ H ₈ O ₃ (<i>lq</i>)
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	1260.676 kg/jam
IPS	2.00 in
OD	2.380 in
ID	2.067 in
<i>Schedule.No</i>	40
<i>Flow area</i>	3.35 in ²
<i>Surface area</i>	0.622 ft ² /ft
Panjang	12 ft
ΔP_{cal}	0.0002 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Inner Pipe</i>	

Fluida	<i>Water</i>
Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>
IPS	1.25
<i>Schedule.No</i>	40
OD	1.660 in
ID	1.380 in
<i>Flow area</i>	1.50 in ²
<i>Surface are</i>	0.435 ft ² /ft
ΔP_{cal}	0.0001 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Harga</i>	\$300.00

1. *Cooler* (CL-02)

Tabel 3. 30 Spesifikasi *Cooler* (lanjutan)

Parameter	<i>Cooler – 02</i>
Kode	CL -02
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran distilasi (MD-02) sebelum dialirkan kembali ke arus satu (<i>recycle</i>)
Jenis	<i>Double pipe</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel type 316</i>
Luas Transfer	1.537 ft ²
Jumlah <i>hairpin</i>	1
Arah aliran	<i>Counter current</i>
Rd_{min}	0.001 Btu/hr.ft ² .F
Rd_{cal}	0.116 Btu/hr.ft ² .F
<i>Mechanical design</i>	
<i>Annulus</i>	
Fluida	CH ₃ OH (<i>lq</i>)
Jenis fluida	<i>Hot fluid</i>
Laju alir massa	96.072 kg/jam
IPS	2.00 in
OD	2.380 in
ID	2.067 in
<i>Schedule.No</i>	40
<i>Flow area</i>	3.35 in ²
<i>Surface area</i>	0.622 ft ² /ft
Panjang	12 ft
ΔP_{cal}	0.002 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	<i>Water</i>

Jenis fluida	<i>Cold fluid</i>
IPS	1.25
<i>Schedule.No</i>	40
OD	1.660 in
ID	1.380 in
<i>Flow area</i>	1.50 in ²
<i>Surface are</i>	0.435 ft ² /ft
ΔP_{cal}	1.57 psi
ΔP_{allow}	10 psi
<i>Harga</i>	\$900.00

3.4 Neraca Massa

a. Neraca Massa *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 31 Neraca Massa Mixer-01

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 8 (Recycle)	Arus 3
CH ₃ OH	396.084	-	1546.418	1942.502
C ₃ H ₆ O ₃	-	1365.822	-	1365.822
H ₂ O	0.660	241.027	2.258	243.945
Total	3552.269			3552.269

b. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
CH ₃ OH	1942.502	-	1554.002
C ₃ H ₆ O ₃	1365.822	-	273.164
H ₂ O	243.945	0.222	462.699
C ₄ H ₈ O ₃	-	-	1262.626
H ₂ SO ₄	-	10.870	10.870
Total	3563.361		3563.361

c. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 33 Neraca Massa Menara Distilasi-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
CH ₃ OH	1554.002	1554.00	0.000
C ₃ H ₆ O ₃	273.164	0.00	273.164
H ₂ O	462.699	462.65	0.046
C ₄ H ₈ O ₃	1262.626	0.13	1262.500
H ₂ SO ₄	10.870	0.00	10.870
Total	3563.361	3563.361	

d. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 3. 34 Neraca Massa Menara Distilasi-02

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 9
CH ₃ OH	1554.002	1546.418	7.584
C ₃ H ₆ O ₃	0.000	0.000	0.000
H ₂ O	462.653	2.258	460.395
C ₄ H ₈ O ₃	0.126	0.000	0.126
H ₂ SO ₄	0.000	0.000	0.000
Total	2016.780	2016.780	

e. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-03)

Tabel 3. 35 Neraca Massa Menara Distilasi-03

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 10	Arus 11
CH ₃ OH	0.000	0.000	0.000
C ₃ H ₆ O ₃	273.164	2.732	270.433
H ₂ O	0.046	0.046	0.000
C ₄ H ₈ O ₃	1262.500	1249.875	12.625
H ₂ SO ₄	10.870	0.000	10.870
Total	1546.581	1546.581	

f. Neraca Massa Total

Tabel 3. 36 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
CH ₃ OH	1942.502	1554.002
C ₃ H ₆ O ₃	1365.822	273.164
H ₂ O	244.167	462.699
C ₄ H ₈ O ₃	0.000	1262.626
H ₂ SO ₄	10.870	10.870
Total	3563.361	3563.361

3.5 Neraca Panas

a. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
CH ₃ OH	101587.3921	20317.47842
C ₃ H ₆ O ₃	322017.2684	64403.45369
H ₂ O	74647.51299	142087.2256
C ₄ H ₈ O ₃	-	166828.8352
H ₂ SO ₄	413.5572507	413.5572507
ΔH reaksi	-	1256042.124
Q pemanas	1151426.943	-
Total	1650092.674	1650092.674

b. Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 3. 38 Neraca Panas Menara Distilasi-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
ΔH umpan	17538218.956	-
ΔH distilat	-	7828006.468
ΔH condensor	2599985.953	-
ΔH bottom	-	9558054.362
ΔH reboiler	-	2752144.079
Total	20138204.909	20138204.909

c. Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02)

Tabel 3. 39 Neraca Panas Menara Distilasi-02

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
ΔH umpan	7828006.468	-
ΔH distilat	-	704483.101
ΔH condensor	839128.084	-
ΔH bottom	-	7108038.575
ΔH reboiler	-	854612.876
Total	8667134.551	8667134.551

d. Neraca Panas Menara Distilasi 3 (MD-03)

Tabel 3. 40 Neraca Panas Menara Distilasi-03

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
ΔH umpan	9558054.362	-
ΔH distilat	-	7479320.227
ΔH condensor	528160.251	-
ΔH bottom	-	2047693.887
ΔH reboiler	-	559200.499
Total	10086215	10086215

e. Neraca Panas Total

Tabel 3. 41 Tabel Neraca Panas Total

Alat	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Reaktor-01	1650092.674	1650092.674
Menara Distilasi-01	20138204.909	20138204.909
Menara Distilasi-02	8667134.551	8667134.551
Menara Distilasi-03	10086215	10086215
Total	40541647.13	40541647.13

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan aspek penting dalam perancangan industri kimia karena dapat mempengaruhi keberlanjutan operasional serta efisiensi ekonomi dan distribusi produk. Dalam merancang pabrik metil laktat dengan kapasitas 10,000 ton/tahun, beberapa faktor utama yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi antara lain ketersediaan bahan baku, akses transportasi, pasar, tenaga kerja, serta utilitas pendukung. Selain itu, faktor lingkungan dan regulasi daerah juga menjadi pertimbangan penting untuk memastikan kelangsungan operasional pabrik dalam jangka panjang.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pabrik metil laktat direncanakan akan didirikan di Kalimantan Timur. Lokasi ini dipilih karena memiliki akses yang baik terhadap sumber bahan baku, infrastruktur transportasi yang mendukung, serta kedekatan dengan pasar potensial. Selain itu, ketersediaan tenaga kerja serta dukungan pemerintah daerah terhadap pengembangan industri kimia menjadi faktor tambahan dalam pemilihan lokasi ini.

Pabrik metil laktat ini direncanakan akan didirikan di Kalimantan Timur. Lokasi ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

2. Ketersediaan Bahan Baku, Bahan baku utama dalam produksi metil laktat adalah asam laktat dan metanol. Kalimantan Timur merupakan lokasi yang strategis karena dekat dengan sumber metanol yang dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri. Dengan kedekatan ini, biaya transportasi bahan baku dapat diminimalisir.
3. Letak Daerah dan Infrastruktur Kalimantan Timur memiliki kawasan industri yang berkembang dengan infrastruktur yang mendukung aktivitas industri, termasuk jalan raya yang menghubungkan ke berbagai kota besar serta pelabuhan yang memungkinkan distribusi bahan baku maupun produk akhir menjadi lebih efisien.
4. Pemasaran Produk Metil laktat memiliki pasar yang luas sebagai bahan baku industri farmasi, kosmetik, dan polimer biodegradable. Lokasi di Kalimantan Timur memungkinkan akses mudah ke pasar dalam negeri dan ekspor melalui Pelabuhan Balikpapan. Selain itu, kedekatan dengan kawasan industri kimia juga mempermudah distribusi ke perusahaan-perusahaan yang memerlukan metil laktat sebagai bahan baku.
5. Sarana Transportasi Transportasi merupakan aspek penting dalam perancangan pabrik. Kalimantan Timur memiliki akses yang baik ke jalur tol dan pelabuhan. Keberadaan Pelabuhan Balikpapan memungkinkan pengiriman produk ke berbagai daerah di Indonesia maupun ekspor ke luar negeri.

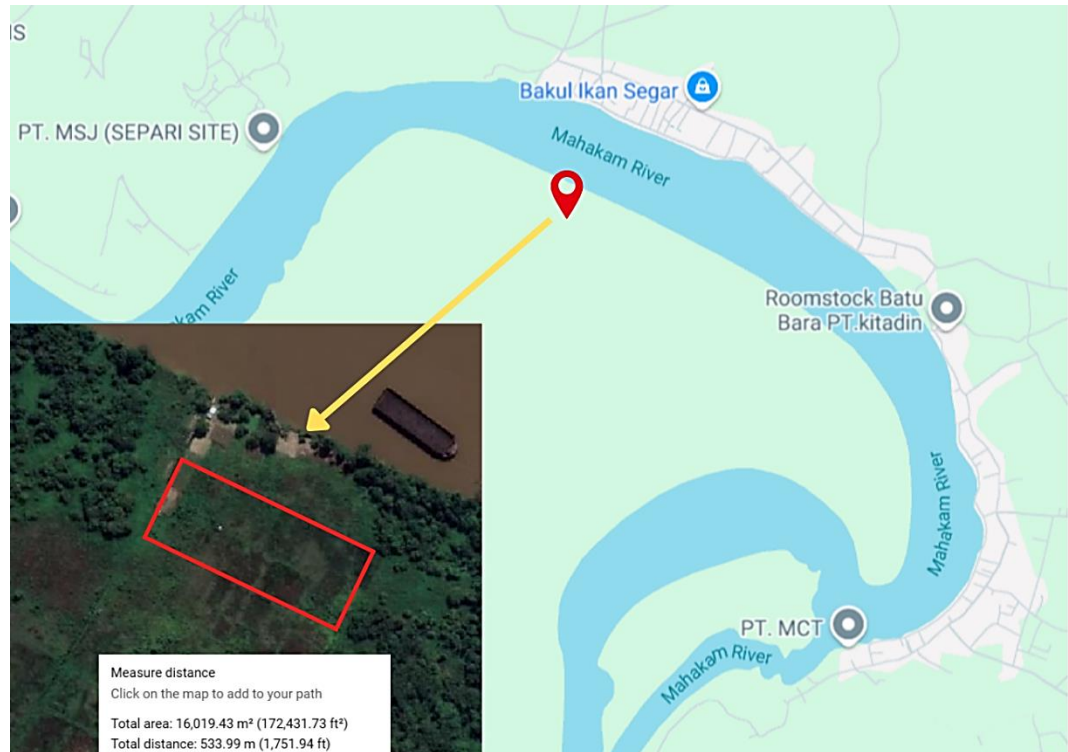
6. Tenaga Kerja Tenaga kerja yang tersedia di daerah Kalimantan Timur cukup melimpah, baik dari lulusan sekolah menengah kejuruan (SMK) maupun perguruan tinggi yang memiliki latar belakang teknik kimia dan industri. Ketersediaan tenaga kerja yang berkualitas akan mendukung kelangsungan operasional pabrik secara optimal.
7. Ketersediaan Utilitas Pabrik metil laktat membutuhkan pasokan air, listrik, dan bahan bakar yang stabil untuk menjaga kelangsungan proses produksi. Sumber air dapat diperoleh dari Sungai Mahakam, sedangkan listrik dapat dipasok oleh PLN dengan dukungan generator cadangan untuk mengantisipasi gangguan. Bahan bakar untuk kebutuhan boiler dan pemanas reaktor dapat diperoleh dari jaringan gas alam yang tersedia di kawasan industri Kalimantan Timur.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, pemilihan lokasi di Kalimantan Timur menjadi pilihan yang strategis untuk mendukung efisiensi operasional serta keberlanjutan produksi metil laktat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Berdasarkan hasil analisis aspek pemilihan lokasi yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya, pabrik metil laktat ini direncanakan akan dibangun di wilayah Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi ini dipilih karena memenuhi berbagai kriteria yang dibutuhkan untuk mendukung keberhasilan operasional pabrik, seperti ketersediaan bahan

baku, akses transportasi, serta infrastruktur pendukung. Letak pasti lokasi pembangunan pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Metil Laktat

Tata letak pabrik (plant layout) merupakan perencanaan yang sistematis dan terstruktur dalam mengatur fasilitas fisik, peralatan produksi, serta tenaga kerja untuk menciptakan alur kerja yang efisien dan efektif dalam menghasilkan produk. Penentuan tata letak pabrik harus mempertimbangkan aspek-aspek seperti keamanan, kenyamanan, dan keselamatan karyawan, serta efisiensi dalam proses produksi. Selain itu, penempatan fasilitas pendukung seperti kantor, gudang, laboratorium, dan bengkel harus diatur sedemikian rupa agar tidak mengganggu alur produksi dan distribusi barang. Tata letak pabrik yang baik juga harus

mempertimbangkan faktor-faktor seperti aliran bahan baku, utilitas, dan limbah, serta memastikan bahwa setiap area memiliki fungsi yang optimal tanpa mengorbankan aspek keamanan dan kenyamanan.

Tata letak pabrik memiliki peran penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, dan efisiensi operasional. Selain itu, tata letak yang dirancang dengan baik dapat meminimalkan risiko kecelakaan kerja, kebakaran, atau gangguan lainnya yang mungkin terjadi selama proses produksi. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang tata letak pabrik meliputi:

- Ketersediaan lahan untuk ekspansi di masa depan.
- Aliran distribusi bahan baku, produk, dan utilitas (seperti air, listrik, dan bahan bakar).
- Kondisi iklim dan lingkungan sekitar.
- Aspek keamanan, termasuk penanganan limbah dan pencegahan kebakaran.
- Kesesuaian dengan peraturan daerah setempat.
- Efisiensi penggunaan ruang kerja dan material handling.

Pabrik metil laktat dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun ini akan didirikan di Kalimantan, dekat dengan Sungai Mahakam. Lokasi ini dipilih karena akses yang strategis terhadap sumber daya air dan kemudahan transportasi bahan baku serta produk. Luas total area pabrik adalah 16.019,43 m² (1,602 hektar), Tata letak pabrik dirancang untuk

memastikan efisiensi operasional, keamanan, dan kenyamanan karyawan, serta meminimalkan dampak lingkungan.

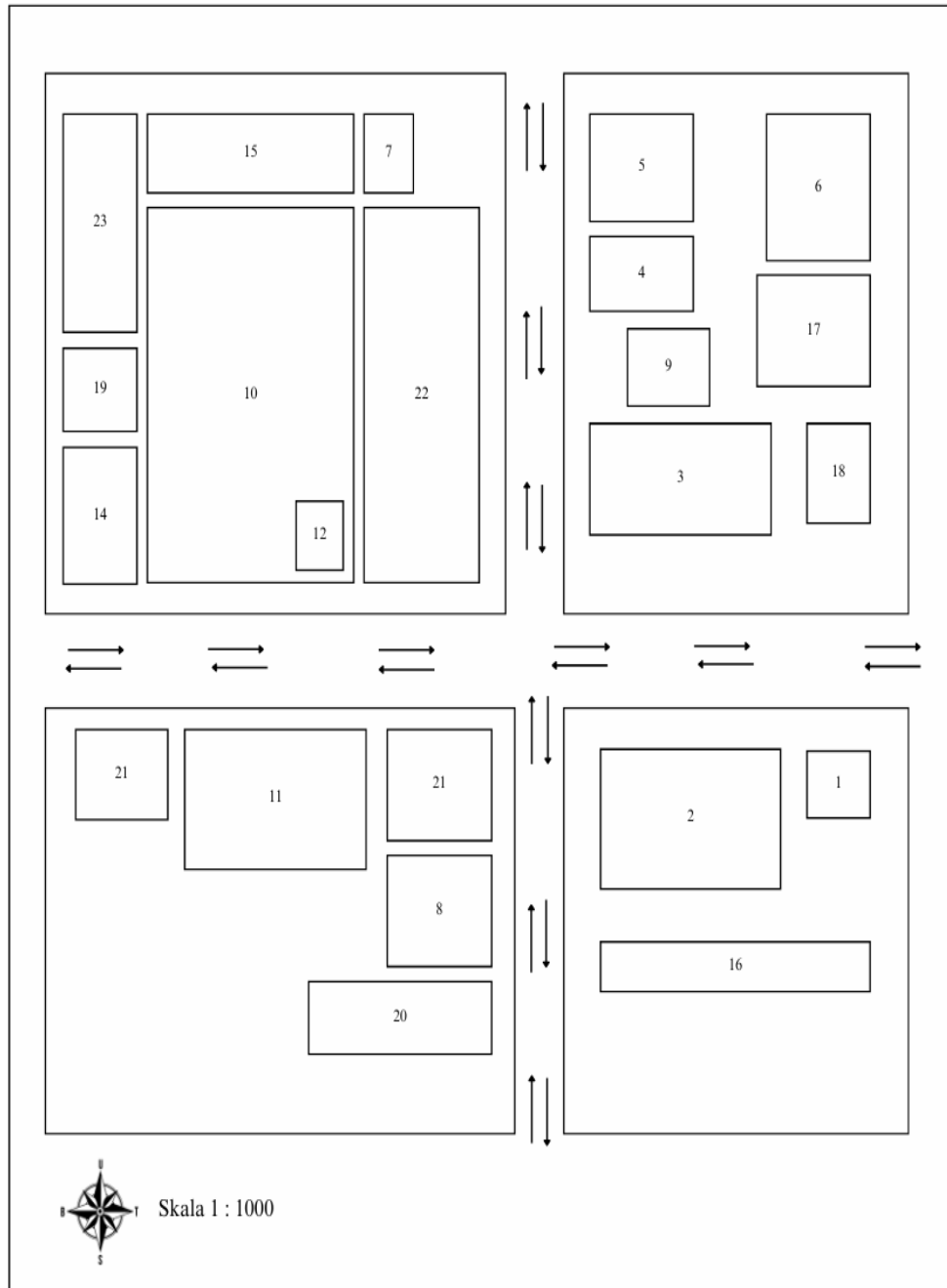
Secara umum, tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa area utama, yaitu:

- a. Area Perkantoran/Administrasi: Berfungsi sebagai pusat pengelolaan administrasi dan koordinasi operasional pabrik.
- b. Area Produksi: Tempat berlangsungnya proses produksi, termasuk penyimpanan bahan baku dan produk, serta penempatan peralatan proses.
- c. Area Instalasi dan Utilitas: Menyediakan kebutuhan pendukung proses produksi seperti air, listrik, steam, dan bahan bakar.
- d. Area Fasilitas Umum: Meliputi fasilitas untuk karyawan seperti kantin, tempat ibadah, dan poliklinik.
- e. Area Keamanan: Dilengkapi dengan alat pengamanan untuk mengantisipasi potensi bahaya seperti kebakaran atau ledakan.
- f. Area Pengolahan Limbah: Bertanggung jawab atas pengolahan limbah produksi agar tidak mencemari lingkungan.
- g. Area Perluasan: Lahan kosong yang disediakan untuk ekspansi pabrik di masa depan.

Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, tata letak pabrik yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi

biaya operasional, dan memastikan kelancaran proses produksi serta distribusi produk. Serta menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang.

Pabrik Metil laktat direncanakan akan dibangun dengan menggunakan area seluas 16,019.43 m². Berikut adalah gambar tata letak pabrik serta rincian tata letak pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tabel 4. 1 Daftar tata letak pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	10	8	80
2	Parkir Utama & Karyawan	20	30	600
3	Kantor Utama	25	30	750
4	Poliklinik	15	15	225
5	Masjid	15	20	300
6	Kantin & Koperasi	20	20	400
7	Gudang Alat	20	25	500
8	Bengkel	20	25	500
9	Perpustakaan	10	15	150
10	Area Proses (Reaktor, Distilasi, dll.)	50	60	3,000
11	Area Utilitas	40	40	1600
12	Control Room	15	20	300
13	Ruang Kontrol Utilitas	15	20	300
14	Laboratorium	20	30	600
15	Gudang Bahan Kimia	25	30	750
16	Taman	20	25	500
17	Area Istirahat Karyawan	15	20	300
18	Gedung Serba Guna	25	35	875
19	Kantor Teknik & Produksi	25	30	750
20	Parkir Truk	25	20	500
21	Unit Pemadam Kebakaran	15	20	300
22	Area Perluasan	30	35	1,050
23	Unit Pengolahan Limbah	25	20	500
Total Luas Tanah				14,830

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak alat proses atau *machine layout* merupakan pengaturan alat-alat proses di dalam pabrik secara optimal. Penataan yang tepat bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi operasional, menjamin keselamatan kerja, serta mendukung fleksibilitas pengembangan pabrik di masa depan. Perancangan layout alat proses yang efisien dapat mengurangi biaya konstruksi dan operasional, serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pekerja selama proses produksi berlangsung.

Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pengaturan tata letak alat proses adalah sebagai berikut:

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaturan jalur bahan baku dan produk dilakukan agar proses dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Pengaturan ini juga bertujuan untuk mencegah terjadinya kemacetan alur kerja serta meminimalkan potensi gangguan dalam proses produksi.

b. Aliran Udara

Sirkulasi udara harus diperhatikan untuk mencegah penumpukan gas atau uap bahan kimia yang berbahaya. Sistem ventilasi yang baik dapat menghindarkan risiko kebakaran, ledakan, serta gangguan kesehatan bagi para pekerja.

c. Pencerayaan

Penerangan yang cukup sangat penting terutama pada area-area yang mengandung potensi bahaya tinggi. Selain itu, pencerayaan memadai juga berfungsi untuk mendukung kelancaran kegiatan operasional dan inspeksi alat, baik siang maupun malam hari.

d. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Tata letak harus memperhatikan ruang gerak yang cukup bagi pekerja serta jalur lalu lintas kendaraan seperti forklift atau alat berat lainnya. Hal ini dilakukan agar pergerakan antar alat proses tetap aman dan tidak mengganggu jalannya produksi maupun aktivitas pemeliharaan.

e. Jarak antar alat proses

Jarak antara alat proses ditentukan dengan memperhatikan karakteristik operasi masing-masing alat. Alat yang beroperasi pada tekanan atau suhu tinggi ditempatkan dengan jarak aman dari unit lainnya untuk mengurangi risiko bahaya apabila terjadi insiden.

f. Pertimbangan ekonomi

Tata letak alat proses disusun agar dapat mengurangi biaya perpipaan, pemompaan, serta distribusi utility seperti air pendingin dan uap. Susunan yang efisien turut memengaruhi penghematan biaya operasi pabrik secara keseluruhan.

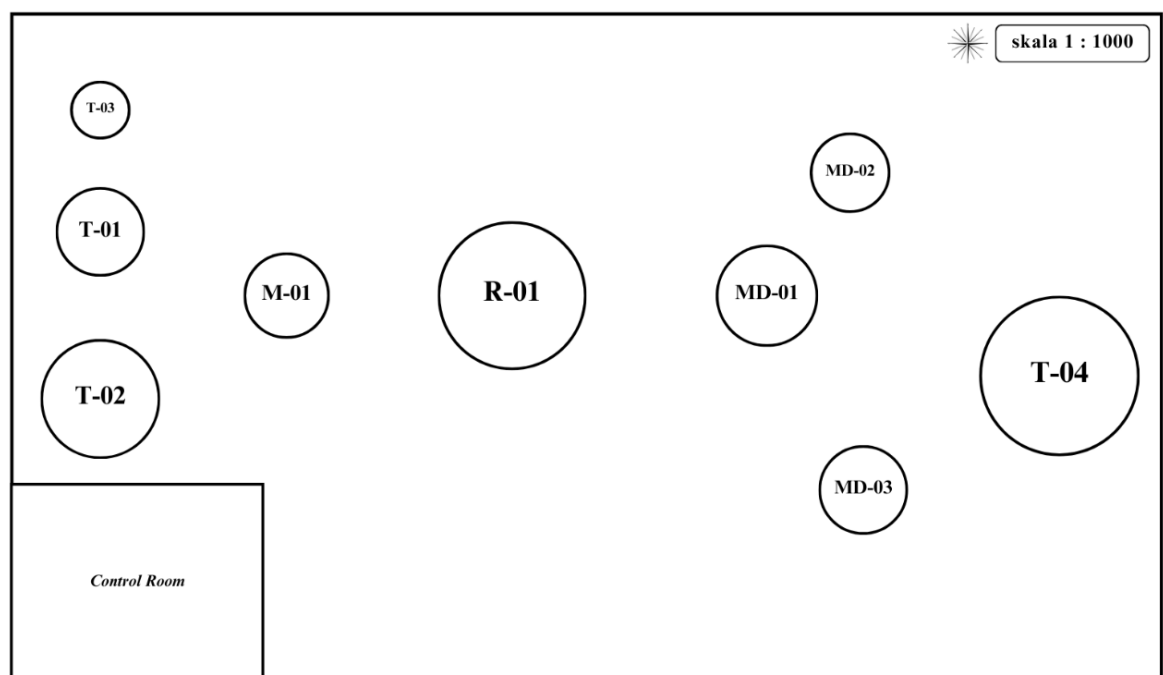
g. Perluasan dan pengembangan pabrik

Tata letak dirancang agar memungkinkan penambahan unit proses baru di masa mendatang tanpa perlu melakukan perubahan besar pada sistem yang telah ada.

h. Kemudahan pemeliharaan

Aksesibilitas terhadap peralatan harus dijaga agar teknisi dapat melakukan pemeriksaan, perbaikan, dan pembersihan alat secara mudah. Hal ini sangat penting dalam menjaga umur pakai alat dan kelangsungan operasi pabrik.

Tata letak alat proses pabrik metil laktat dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses (*Machines Layout*)

Keterangan :

T : Tangki

M : *Mixer*

R : *Reactor*

MD : Menara Distilasi

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Dalam Pabrik Metil Laktat yang akan didirikan ini akan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan badan usaha yang mendapatkan modal dari penjualan saham dimana setiap orang dapat memiliki lebih dari satu saham yang menjadi bukti pemilikan perusahaan. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham, Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi alasan dalam memilih sistem perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas adalah sebagai berikut:

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan maupun berasal dari bank

- b. Dari segi hukum, kekayaan perusahaan jelas terpisah dari kekayaan pribadi pemegang saham
- c. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan
- d. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan
- e. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- f. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan
- g. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
- h. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

- i. Keberlangsungan hidup perusahaan lebih terjamin Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu, antara lain:

- a. Didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab Undang-Undang Hukum dagang.
- b. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- c. Pemilik Perusahaan adalah para pemegang saham.
- d. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada Direktur dengan memperhatikan hukum-hukum perburuan.
- e. Pabrik dipimpin oleh Direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.

4.4.2 Stuktur Organisasi

Stuktur Organisasi Merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan, Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan

dengan baik. Stuktur organisasi dari suatu perusahaan disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya stuktur organisasi yang baik dapat diperoleh dari manajemen perusahaan yang baik juga, stuktur organisasi membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi tugas, posisi, wewenang, kedudukan dan tanggung jawab dari masing-masing divisi bagian yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut. Bagian-bagian atau jabatan yang akan dibentuk dalam perusahaan pabrik pembuatan Metil Laktat ini dimulai dari jenjang tertinggi yang menggunakan sistem *line* dan *staff*. Kelebihan sistem ini adalah garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Oleh karena itu dalam hal pembagian tugas kerja ini seorang karyawan nanya bertanggung jawab pada atasan-nya saja.

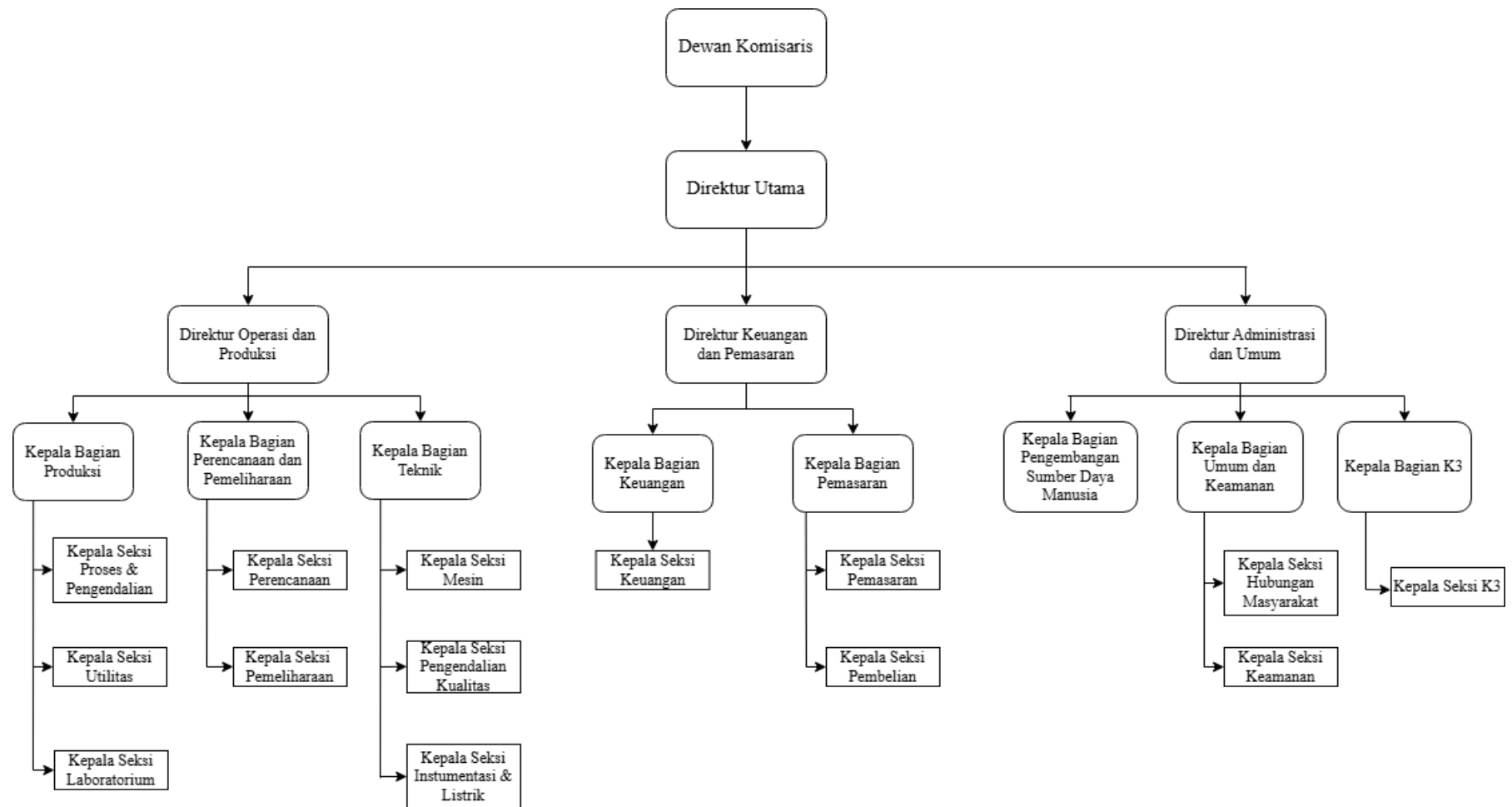
Dalam sistem *line* dan *Staff* ini dibagi menjadi dua garis sebagai berikut:

- a. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan bidang keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham, sebagai pemilik perusahaan, diwakili oleh Dewan Komisaris dalam pelaksanaan tugas sehari-hari. Tugas menjalankan perusahaan dilakukan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Operasi dan Produksi, Direktur Administrasi dan Umum, serta Direktur

Keuangan dan Pemasaran. Direktur Operasi dan Produksi mengawasi produksi, proses, pengendalian, utilitas, dan Laboratorium. Sedangkan Direktur Administrasi dan Umum mengelola Sumber Daya Manusia, keamanan, Hubungan Masyarakat dan K3, Direktur Keuangan dan pemasaran mengawasi pemasaran, pembelian dan keuangan. Para Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian yang masing-masing bertanggung jawab atas seksi-seksi dan karyawan di bawahnya. Dalam struktur organisasi ini, karyawan dibagi menjadi beberapa regu yang dipimpin oleh kepala regu dan bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing seksi. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh pemegang saham, yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan.

Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.:



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan oarang yang memberikan modal unruk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan, sehingga para pemilik sham juga merupakan pemilik perusahaan tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut:

1. Menagangkat dan meberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
3. Mengadakan rapat umum pemegang saham minimal satu kali setahun.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemngng saham, tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahan pemasaran.
2. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur
3. Membantu Direksi dalam tugas-tugas penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut:

1. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
2. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya
3. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pemimpin, konsumen serta karyawan.
4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
5. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat antara lain:

1. Direktur Operasi dan Produksi

Direktur Operasi dan Produksi bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur Operasi dan Produksi adalah memimpin semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, operasi, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium.

Direktur operasi dan produksi dibantu oleh tiga kepala bagian, yaitu:

a) Kepala Bagian Produksi

Tugas dari kepala bagian produksi adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian produksi dibantu oleh beberapa seksi yaitu, seksi proses & pengendalian, seksi utilitas dan seksi laboratorium.

b) Kepala Bagian Perencanaan dan Pengembangan

Kepala Bagian Perencanaan bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan perencanaan dan pengembangan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Perencanaan dan pengembangan dibantu oleh dua kepala seksi.

c) Kepala Bagian Teknik

Tugas dari kepala bagian teknik adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang teknik. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian teknik dibantu oleh 3 Kepala seksi yaitu seksi pengendalian kualitas, seksi instrumentasi & listrik serta seksi mesin.

2. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Direktur Keuangan dan Pemasaran bertanggung jawab langsung terhadap Direktur Utama. Tugas direktur keuangan dan umum adalah memimpin semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktur keuangan dan umum dibantu oleh dua kepala bagian yaitu :

a) Kepala Bagian Keuangan

Tugas dari kepala bagian keuangan adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang terkait dengan pembukuan dan pengaturan gaji karyawan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian keuangan dibantu oleh kepala seksi keuangan.

b) Kepala Bagian Pemasaran

Tugas kepala bagian pemasaran adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemasaran dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

3. Direktur Administrasi dan Umum

Direktur Administrasi memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa kepala bagian yaitu:

a) Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Tugas dari kepala bagian pengembangan sumber daya manusia adalah menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

b) Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Kepala bagian umum dan keamanan bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

c) Kepala Bagian K3

Tugas dari kepala bagian K3 yaitu mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dibantu oleh kepala seksi K3.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Metil Laktat dari Asam Laktat dan Methanol ini direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun dan 24 jam setiap hari. Sisa hari yang tidak digunakan termasuk hari libur dialokasikan untuk perbaikan,

perawatan (maintenance), dan penghentian operasi (shut down). Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi serta kegiatan administrasi dan pemasaran, pembagian jam kerja harus diatur seefektif dan seefisien mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan di perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan, yaitu:

a) Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* ini bekerja lima hari dalam satu minggu, dimana hari sabtu, minggu dan hari besar menjadi hari libur, karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung, yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur Utama, Direktur Operasi dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, Dikektur Administrasi dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Ketentuan jam kerja karyawan *non-shift* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Table 4. 1 Jadwal Kerja Karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	08:00 - 16:00	12:00 -13:00
Jum'at	08:00 - 16:00	11:00 - 13:00

b) Karyawan *shift*

Karyawan shift merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan shift akan bekerja secara bergantian dalam sehari semalam, dengan pembagian shift sebagai berikut:

Table 4. 2 Jadwal kerja karyawan *shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	08:00 - 16:00	12:00 -13:00
<i>Shift 2</i>	16:00 - 00:00	19:00 - 20:00
<i>Shift 3</i>	00:00 - 08:00	04:00 - 05:00

Karyawan shift dilakukan dalam 4 kelompok, dimana setiap jam kerja shift berlangsung selama 8 jam sehari dan pergantian karyawan shift bekerja dengan sistem 3 hari kerja 1 hari libur. Pada hari minggu dan hari besar karyawan shift tidak libur, namun semua karyawan shift mendapatkan 12 hari cuti setiap tahunnya. 4 kelompok ini dimana 3 kelompok mendapatkan bergantian shift dan 1 kelompok libur. Jadwal shift karyawan dapat dilihat pada tabel dibawah:

Table 4. 3 Jadwal kerja setiap kelemopok

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

Tabel 4. 2 Jadwal kerja setiap kelemopok (Lanjutan)

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

Keterangan :

P = Shift Pagi
 S = Shift Siang
 M = Shift Malam
 L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Sistem gaji karyawan pada pabrik ini disesuaikan dengan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Dapat dilihat pada tabel 4.5 .

Tabel 4. 3 Rincian gaji setiap karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/Oranga/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp40,000,000	Rp40,000,000	Rp480,000,000
2	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp40,000,000	Rp40,000,000	Rp480,000,000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp40,000,000	Rp40,000,000	Rp480,000,000
4	Direktur Adminnistrasi dan Umum	1	Rp30,000,000	Rp30,000,000	Rp360,000,000
5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp30,000,000	Rp30,000,000	Rp360,000,000
6	Kepala Bagian Perencanaan dan Pemeliharaan	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
7	Kepala Bagian Teknik	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
10	Kepala Bagian Pengembangan SDM	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
11	Kepala Bagian Umum dan Keamanan	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000

12	Kepala Bagian K3	1	Rp10,000,000	Rp10,000,000	Rp120,000,000
13	Kepala Seksi Proses dan Pengendalian	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
14	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
15	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
16	Kepala Seksi Perencanaan	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
17	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
18	Kepala Seksi Mesin	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
19	Kepala Seksi Pengendalian Kualitas	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
20	Kepala Seksi Instrumentasi dan Listrik	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
21	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
22	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
23	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
24	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
25	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000

26	Kepal Seksi K3	1	Rp9,000,000	Rp9,000,000	Rp108,000,000
27	Karyawan Proses dan Pengendalian	6	Rp9,000,000	Rp54,000,000	Rp648,000,000
28	Karyawa Utilitas	10	Rp9,000,000	Rp90,000,000	Rp1,080,000,000
29	Karyawan Laboratorium	5	Rp7,500,000	Rp37,500,000	Rp450,000,000
30	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp7,000,000	Rp21,000,000	Rp252,000,000
31	Karyawan Perencanaan	2	Rp9,000,000	Rp18,000,000	Rp216,000,000
32	Karyawan Mesin	4	Rp7,000,000	Rp28,000,000	Rp336,000,000
33	Karyawan Instrumen dan Listrik	4	Rp7,000,000	Rp28,000,000	Rp336,000,000
34	Karyawan Pengendalian Kualitas	6	Rp7,000,000	Rp42,000,000	Rp504,000,000
35	Karyawan Keuangan	5	Rp7,000,000	Rp35,000,000	Rp420,000,000
36	Karyawan Pemasaran	3	Rp7,000,000	Rp21,000,000	Rp252,000,000
37	Karyawan Pembelian	3	Rp7,000,000	Rp21,000,000	Rp252,000,000
38	Karyawan Hubungan Masyarakat	3	Rp7,000,000	Rp21,000,000	Rp252,000,000
39	Karyawan Keamanan	2	Rp7,000,000	Rp14,000,000	Rp168,000,000

40	Karyawan K3	3	Rp6,500,000	Rp19,500,000	Rp234,000,000
41	Operator	33	Rp6,500,000	Rp214,500,000	Rp2,574,000,000
42	Perawat	4	Rp6,500,000	Rp26,000,000	Rp312,000,000
43	Security	6	Rp6,500,000	Rp39,000,000	Rp468,000,000
44	Cleaning Service	6	Rp5,800,000	Rp34,800,000	Rp417,600,000
45	Supir	6	Rp6,000,000	Rp36,000,000	Rp432,000,000
46	Dokter	2	Rp5,800,000	Rp11,600,000	Rp139,200,000
47	Sekretaris	4	Rp5,800,000	Rp23,200,000	Rp278,400,000
Jumlah Total		146	Rp526,400,000	Rp1,396,100,000	Rp16,753,200,000

4.4.6 Kesejahteraan sosial karyawan

Kesejahteraan sosial karyawan yang diberikana oleh perusahaan ini pada karyawan anantara lain:

a. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan

b. Pakaian kerja

Untuk menghindari seperti halnya kesenjangan karyawan, perusahaan akan memberikan kepada karyawan tetep sebanyak 2 pasang pakaian setiap tahun. Dengan tujuan memberikan rasa nyaman dan aman pada seluruh karyawan saat menjalankan tugasnya.

c. Tunjangan Karyawan

Tunjangan karyawan terdiri dari beberapa tunjangan yang diberikan yaitu:

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
4. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

d. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut adalah berbagai fasilitas serta hak-hak yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan untuk menunjang aktivitas kerja mereka. Fasilitas dan hak ini dirancang untuk memastikan kenyamanan dan produktivitas karyawan dalam lingkungan kerja. Di antaranya adalah:

a. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

1. Cuti tahunan

Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.

2. Cuti sakit

Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan

b. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

1. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Tempat ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya

3. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa shuttle bus. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

4. Makan dan Minum

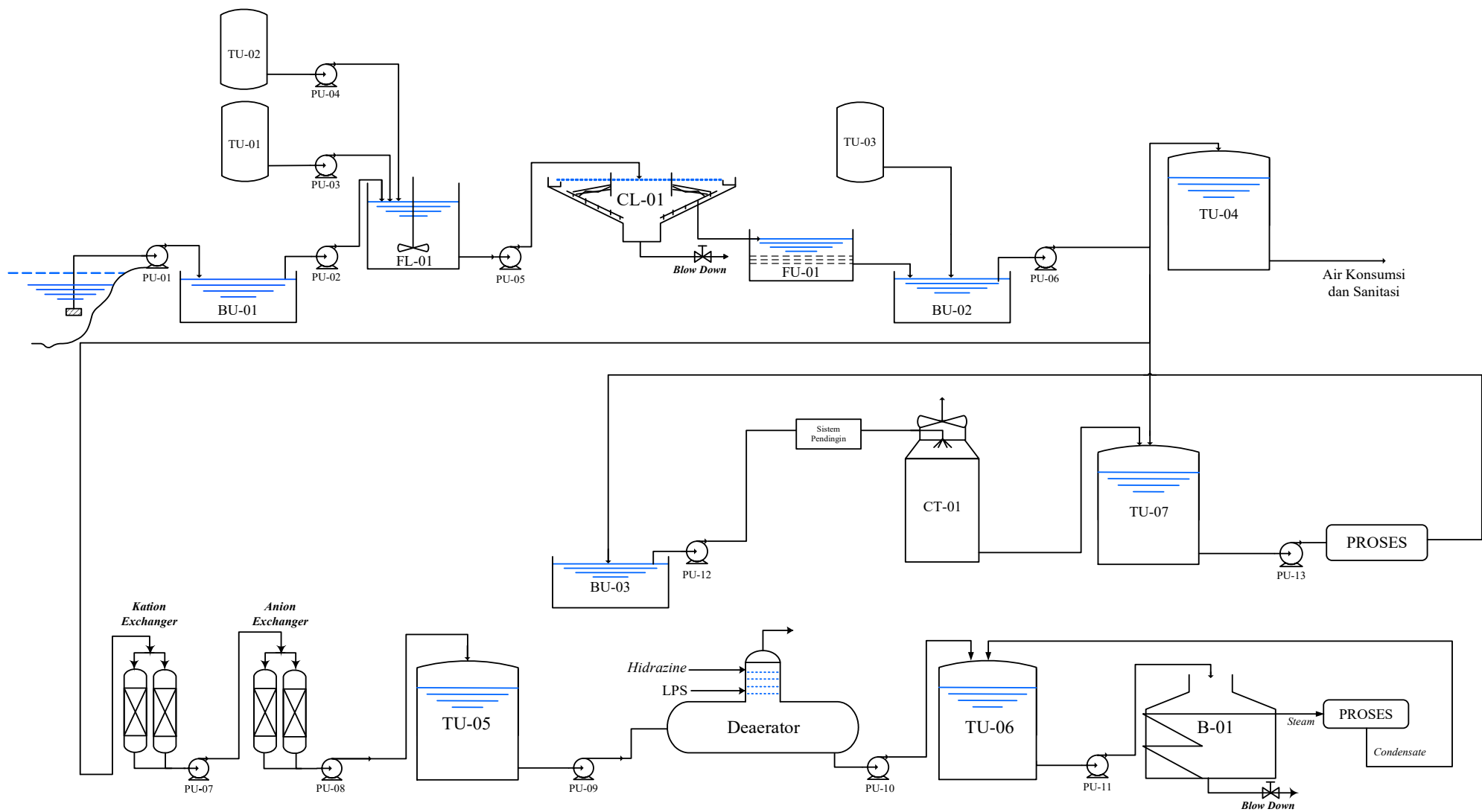
Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian unit penunjang yang memiliki peran penting dalam berjalannya suatu proses di industri kimia yang membantu untuk kelancaran jalannya proses produksi. Selain bahan baku dan bahan pembantu, sarana pendukung lainnya juga diperlukan agar proses produksi dapat berjalan sesuai rencana. Tanpa unit utilitas, proses produksi di pabrik industri kimia tidak akan berfungsi dengan baik. Unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik mencakup berbagai unit utilitas, meliputi :

- a. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit*)
- f. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit*)



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. BU-01 : Bak Pengendapan Awal
3. TU-01 : Tangki Tawas ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$)
4. TU-02 : Tangki Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
5. FL-01 : Flukulator
6. CL-01 : *Clarifier*
7. FU-01 : Saringan Pasir (*Sand filter*)
8. TU-03 : Tangki Klorin (Kaporit)
9. TU-04 : Tangki Air Konsumsi dan Sanitasi
10. BU-02 : Bak Klorinasi
11. *Kation Exchanger*
12. *Anion Exchanger*
13. TU-05 : Tangki air Demineralisasi
14. DU-01 : *Dearator*
15. TU-06 : Tangki Air Umpan *Boiler*
16. TU-07 : Tangki Air Pendingin
17. BU-03 : Bak Penampung Air Pendingin
18. B-01 : *Boiler*
19. CT-01: *Cooling Tower*

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolah Air (*Water Treatment Unit*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhann industri maupun rumah tangga. Unit ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Untuk memenuhi kebutuhan air di dalam pabrik, umumnya digunakan air air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut sebagai sumbernya. Air yang digunakan dalam pra-rancangan pabrik metil laktat ini berasal dari sungai.

Unit penyediaan air merupakan bagian dari unit utilitas yang berperan penting dalam menyuplai air untuk kebutuhan industri maupun domestik. Unit ini memiliki pengaruh besar terhadap kelancaran proses produksi, mulai dari tahap awal hingga akhir. Dalam prarancangan pabrik metil laktat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Pemilihan air sungai sebagai sumber air di pertimbangkan berdasarkan beberapa alasan, antara lain:

- a. Ketersediaan air sungai cenderung lebih stabil dan berkelanjutan dibandingkan air sumur, sehingga risiko kekurangan pasokan dapat diminimalkan.
- b. Jumlah air sungai lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur
- c. Proses pengolahan air sungai lebih sederhana dan efisien, baik dari segi teknis maupun biaya, dibandingkan dengan pengolahan air laut

yang memerlukan teknologi lebih kompleks dan biaya yang lebih tinggi.

- d. Lokasi sungai relatif dekat dengan area pabrik, sehingga memudahkan dalam hal distribusi dan efisiensi logistik.

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

- a. Air konsumsi dan sanitasi

Air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi digunakan guna memenuhi kebutuhan seperti air minum, laboratorium, area perkantoran, dan kebutuhan umum lainnya. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan tertentu, baik secara fisik maupun kimia. Secara fisik, air harus bersuhu normal, jernih, tidak berbau, dan tidak memiliki rasa. Dari sisi kimia, air harus bebas dari kandungan zat organik maupun anorganik berbahaya, tidak bersifat toksik, serta tidak mengandung mikroorganisme, khususnya bakteri patogen.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/PRT/M/2010 Tahun 2010, kebutuhan air per orang adalah 60 liter/hari. Kebutuhan air hidran diasumsikan sebesar 10% dari total kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi. Air yang diperlukan untuk keperluan konsumsi dan sanitasi ini adalah sebesar:

- Air untuk karyawan

Kebutuhan air untuk karyawan	= 60 L/hari/orang
Jumlah Karyawan	= 126 orang
Total Kebutuhan	= 7767.544 kg/hari
- Laboratorium

Kebutuhan air untuk karyawan	= 60 L/hari/orang
Jumlah Karyawan	= 5 orang
Total Kebutuhan	= 308.236 kg/hari
- Kantin

Kebutuhan air untuk karyawan	= 60 L/hari/orang
Jumlah Karyawan	= 100 orang
Total Kebutuhan	= 6164.717 kg/hari
- Poliklinik

Kebutuhan air untuk karyawan	= 60 L/hari/orang
Jumlah Karyawan	= 10 orang
Total Kebutuhan	= 616.471 kg/hari
- Air Hidran/Taman

Asumsi 10 % dari total kebutuhan konsumsi dan sanitasi	
Total kebutuhan	= 61.904 kg/jam

b. Air Pengadaan *steam*

Air pemanas (*steam*) digunakan sebagai media penghantar panas dalam berbagai tahapan proses produksi di pabrik metil

laktat, khususnya pada sistem boiler. Untuk menjaga kinerja dan umur peralatan, kualitas air umpan boiler harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Apabila kualitas air tidak sesuai, dapat terjadi permasalahan seperti pembentukan kerak (*scaling*), pengotoran (*fouling*), dan pembentukan busa (*foaming*) yang berpotensi merusak peralatan. Oleh karena itu, pengolahan air boiler sangat penting guna mencegah terjadinya gangguan tersebut. Rincian kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik metil laktat ini disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Tabel kebutuhan *steam*

Kode Alat	Kebutuhan (kg/jam)
RB-101	982.554
RB-102	305.108827
RB-103	199.6424502
HE-01	146.9091176
Total	1634.215

Perancangan kebutuhan air pemanas tersebut dirancang berlebih sebesar 15% untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran saat distribusi sehingga total kebutuhan steam yang digunakan sebesar 1879.35 kg/jam

c. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi untuk menyerap dan mengalirkan panas dari peralatan proses sehingga suhu operasi tetap terjaga sesuai kebutuhan. Dalam pabrik metil laktat, sistem pendinginan

sangat penting untuk menjaga stabilitas termal, khususnya pada unit reaktor dan kondensor. Pemilihan dan pengelolaan air pendingin harus dilakukan secara cermat untuk mencegah terjadinya korosi, pembentukan kerak (*scale*), maupun pertumbuhan mikroorganisme yang dapat mengganggu efisiensi perpindahan panas. Informasi mengenai kebutuhan air pendingin pada pabrik metil laktat ini ditampilkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pendingin

Kode Alat	Kebutuhan (kg/jam)
R-01	88120.427
CL-01	92.029
CD-01	24844.488
CD-02	8018.392
CD-03	5046.901
Total	126122.24

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik metil laktat, kebutuhan air pabrik diperoleh dari air sungai dengan cara diolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat-syarat untuk digunakan. Tahapan dalam pengolahan air yaitu:

1. Pertama tahapan untuk air konsumsi dan sanitasi

a. Pengendapan Awal

Air yang digunakan berasal pada pabrik ini berasal dari Sungai Mahakam, Kalimantan Timur, dan dialirkan melalui traveling screen untuk menyaring partikel-partikel berukuran besar. Selanjutnya, air tersebut dipompa menuju bak pengendapan awal, di mana partikel-partikel tersuspensi akan mengalami pengendapan secara alami akibat pengaruh gaya gravitasi.

b. Pengendapan cara koagulasi

Kotoran-kotoran tersuspensi dalam air sungai dihilangkan melalui proses koagulasi yang berlangsung di unit flokulator. Pada tahap ini, dilakukan penambahan larutan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) masing-masing dengan konsentrasi 5%. Larutan kapur berfungsi untuk mengikat ion-ion garam terlarut dalam air, sementara larutan tawas bertindak sebagai koagulan yang mempercepat pembentukan flok, yaitu gumpalan partikel yang mudah mengendap.

c. Proses *Clarifier*

Air hasil flokulasi kemudian dialirkan ke unit clarifier dengan bantuan pompa. Di dalam clarifier, flok-flok yang terbentuk akan mengendap ke dasar dan dikeluarkan melalui sistem blow down. Sedangkan air yang telah terpisah dari flok diteruskan menuju unit penyaringan pasir (*sand filter*) untuk tahap pemurnian berikutnya

d. Penyaringan dengan *sand filter*

Unit *sand filter* berfungsi untuk menyaring partikel halus yang masih tersisa setelah proses klarifikasi. Air yang keluar dari *sand filter* kemudian dialirkan ke dalam bak klorinasi, di mana ditambahkan klorin sebagai desinfektan untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air hasil akhir dari proses ini memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air konsumsi dan keperluan sanitasi di lingkungan pabrik

2. Tahapan kedua untuk air pendingin

Air yang berasal dari bak klorinasi dialirkan menuju unit proses untuk digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses di pabrik metil laktat. Air pendingin ini telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, sebagaimana tercantum dalam Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Persyaratan Kualitas Air Pendingin (Broughton, 1994)

No.	Parameter	Satauan	Nilai
1.	Konduktivitas	mmhos/cm	< 1.000
2.	Turbiditas	ppm	< 10
3.	Padatan tersuspensi	ppm	< 10
4.	Total kesadahan CaCO ₃	ppm	< 100
5.	Fe	ppm	< 1
6.	Cl ₂	ppm	0,5 – 1
7.	SiO ₂	ppm	< 150
8.	CrO ₄	ppm	1,5 – 2,5
9.	pH	-	6,5 – 7,5

Pemanfaatan air pendingin melibatkan peran cooling tower yang berfungsi untuk menurunkan suhu air setelah digunakan dalam proses pendinginan peralatan. Cooling tower yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe : Inducted draft cooling tower
 Jumlah : 1 buah
 Jumlah air yang didinginkan: 126.122,237 kg/jam
 Jumlah *fan* : 5 buah
 Tenaga *fan* : 1.5 HP/*fan*
 Tenaga Motor : 2 HP/*fan*

3. Air Umpan Boiler

Kebutuhan air umpan boiler pada pabrik metil laktat sebesar 326,843 kg/jam dipenuhi dengan mempertimbangkan karakteristik air yang dapat menyebabkan korosi, pembentukan kerak (*scaling*), serta pembentukan busa (*foaming*) pada sistem boiler.

a. Kandungan penyebab korosi

Korosi dalam boiler umumnya disebabkan oleh adanya senyawa asam dan gas-gas terlarut seperti O_2 dan CO_2 dalam air.

b. Kandungan penyebab pembentukan kerak (*scale forming*)

Kerak terbentuk akibat tingginya kesadahan dan suhu, yang umumnya berasal dari senyawa garam karbonat dan silikat.

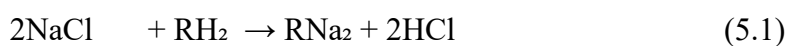
c. Kandungan penyebab pembentukan busa (*foaming*)

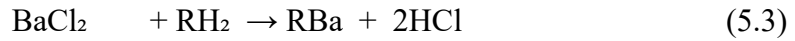
Pembentukan busa terjadi karena adanya zat organik, anorganik, serta senyawa tidak larut lainnya dalam jumlah tinggi, khususnya pada kondisi alkalinitas yang tinggi.

Untuk mencegah terjadinya masalah tersebut, dilakukan pengolahan air umpan *boiler* melalui beberapa tahapan berikut:

- Penghilang Kation

Air diproses untuk menghilangkan ion-ion logam seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} yang dapat menyebabkan kesadahan. Proses ini dilakukan menggunakan *kation exchanger* berisi resin tipe C-300 dengan notasi RH_2 . Reaksi penukaran ion yang terjadi antara lain:



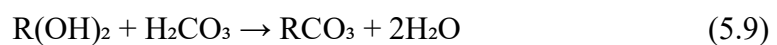
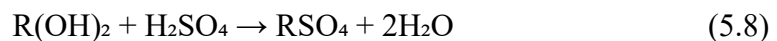
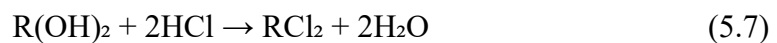


Jika resin telah jenuh, maka dilakukan regenerasi dengan larutan H_2SO_4 2%, reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

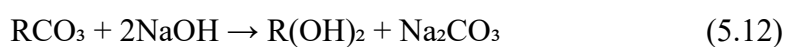
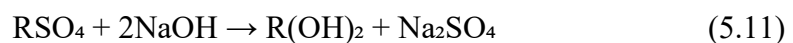
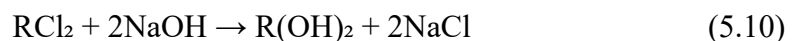


- Penghilang Anion

Setelah tahap kationisasi, air dialirkan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan ion negatif seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SiO_3^{2-} . Resin yang digunakan adalah tipe C-500P dengan notasi R(OH)_2 . Reaksi penukaran ion:

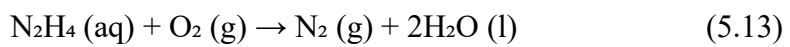


Resin yang telah jenuh diregenerasi dengan larutan NaOH 4%, reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah:



- Dearasi

Setelah bebas dari ion-ion pengganggu, air diproses dalam *deaerator* untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti O₂ dan CO₂. Gas-gas ini dapat mempercepat korosi dalam sistem. Untuk menghilangkan sisa oksigen, digunakan senyawa hidrazin (N₂H₄) yang dapat mengakitbatkan korosi pada *boiler*, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Kebutuhan air total dapat dilihat pada tabel 5. Dibawah ini.

Tabel 5. 4 Kebutuhan air total

Keterangan	Kebutuhan (kg/jam)
Air make up pendingin	25,224.447
Air make up umpan boiler	326.843
Air konsumsi dan sanitasi	680.944
Total	26,232.235

Kebutuhan air tersebut dirancang berlebih sebesar 20% untuk kemanan, maka total kebutuhan air sungai menjadi 31,478.682 kg/jam.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Steam yang dihasilkan pada pabrik metil laktat digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada unit *reboiler* dan *heater*. Produksi *steam* dilakukan di dalam *boiler*, dengan jumlah kebutuhan *steam* dirinci sebagai berikut.

Tekanan : 39 atm

Suhu : 250 °C

Jumlah : 1634.21 kg/jam

Kebutuhan *steam* pabrik ini dirancang dengan *overdesign* sebesar 15% untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran saat distribusi sehingga total kebutuhan *steam* yang digunakan sebesar 1879.35 kg/jam

1. Perancangan *Boiler*

Boiler dirancang untuk memenuhi kebutuhan *steam* proses. *Steam* yang dihasilkan memiliki kondisi dibawah ini :

$$T = 250\text{ }^{\circ}\text{C} = 482\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$P = 39\text{ atm} = 576.7\text{ psi}$$

Boiler yang digunakan pada pabrik metil laktat adalah jenis *water tube boiler*, seiring dengan kebutuhan *steam* yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi. Pemilihan jenis *water tube* didasarkan pada kemampuannya menghasilkan uap bertekanan tinggi dengan efisiensi termal yang lebih baik, serta lebih cocok karena tekanan > 300 psi.

a. Perhitungan luas penampang perpindahan panas

Daya yang diperlukan *boiler* untuk menghasilkan *steam* dengan hitungan dari persamaan 5.14 (Severn, 1964).

$$Daya = \frac{ms (h-h_f)}{970,3 \times 34,5} \quad (5.14)$$

Keterangan :

ms : massa *steam* yang dihasilkan (lb/jam)

h : entalpi *steam* pada P dan T tertentu (btu/lbm)

h_f : entalpi umpan (btu/lbm)

maka,

$$ms = 4143.250 \text{ lb/jam}$$

$$h = 1204.218 \text{ Btu/lbm}$$

$$h_f = 1094.48 \text{ Btu/lbm}$$

Umpan air terdiri dari 20% air *make up* dan 80% kondensat. Jadi daya yang dibutuhkan adalah sebesar :

$$Daya = \frac{4143.250 (1204.218 - 1094.479)}{970,3 \times 34,5}$$

$$Daya = 13.6 \text{ HP}$$

$$\text{Luas bidang pemanasan} = 12 \text{ ft}^2/\text{hp}$$

$$\text{Total heating surface} = 162.99 \text{ ft}^2$$

b. Perhitungan Kapasitas *boiler*

$$Q = ms(h-h_f)$$

$$= 4143.250 \text{ lb/jam} (1204.218 \text{ Btu/lbm} - 1094.48 \text{ Btu/lbm})$$

$$= 454672.51 \text{ Btu/jam}$$

$$= 479679.50 \text{ kJ/jam}$$

c. Kebutuhan bahan bakar

Bahan Bakar yang digunakan adalah IDO (*Industrial Diesel Oil*)

$$\text{Heating value IDO} = 44.8 \text{ MJ/kg} = 19260.5504 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas} = 875 \text{ kg/m}^3 = 54.6260457 \text{ lb/ft}^3$$

Jumlah Bahan bakar IDO untuk memenuhi kebutuh panas di *boiler* sebanyak 15.296 L/jam.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik metil laktat dipenuhi melalui pasokan dari PLN dan didukung oleh generator pabrik sebagai sumber cadangan. Generator yang digunakan merupakan jenis arus bolak-balik (AC) dengan pertimbangan bahwa:

- a. Daya listrik yang dihasilkan dapat mencukupi kebutuhan operasional pabrik,
- b. Tegangan listrik dapat disesuaikan (dinaikkan atau diturunkan) sesuai dengan spesifikasi peralatan yang digunakan

Kebutuhan energi listrik dalam pabrik terbagi atas beberapa kategori, yaitu:

- a. Listrik untuk operasional proses produksi dan unit utilitas,
- b. Listrik untuk sistem pencahayaan (penerangan),
- c. Listrik untuk sistem pendingin ruangan (AC),

- d. Listrik untuk laboratorium dan instrumen kontrol,
- e. Listrik untuk kebutuhan peralatan elektronik lainnya.

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing keperluan tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut :

1. Listrik Alat Proses dan Utilitas

Perkiraan konsumsi listrik untuk masing-masing kebutuhan dihitung dalam satuan kilowatt-jam (kWh) dan disesuaikan dengan kapasitas dan beban kerja tiap peralatan proses. Pabrik dirancang untuk beroperasi selama 330 hari per tahun, dan rincian kebutuhan listrik tiap unit proses dan utilitas disajikan pada tabel berikutnya.

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh) 1 tahun
M-01	1	40.00	40.00	29.83	236,241.61
R-01	1	20.00	20.00	14.91	118,120.81
P-01	1	0.13	0.13	0.09	738.26
P-02	1	0.17	0.17	0.12	984.34
P-03	1	0.50	0.50	0.37	2,953.02
P-04	1	0.08	0.08	0.06	492.17
P-05	1	0.05	0.05	0.04	295.30
P-06	1	0.50	0.50	0.37	2,953.02
P-07	1	1.00	1.00	0.75	859.06
P-08	1	0.08	0.08	0.06	71.59
P-09	1	0.50	0.50	0.37	4.47
Jumlah			63.01	46.99	363,713.65

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh)1 tahun
PU-01	1	2.00	2.00	1.49	11,812.08
PU-02	1	2.00	2.00	1.49	11,812.08
PU-03	1	0.08	0.08	0.06	492.17
PU-04	1	0.05	0.05	0.04	295.30
PU-05	1	2.00	2.00	1.49	11,812.08
PU-06	1	2.00	2.00	1.49	11,812.08
PU-07	1	0.08	0.08	0.06	492.17
PU-08	1	0.08	0.08	0.06	492.17
PU-09	1	0.08	0.08	0.06	492.17
PU-10	1	0.08	0.08	0.06	492.17
PU-11	1	0.13	0.13	0.09	738.26
PU-12	1	7.50	7.50	5.59	44,295.30
FL	1	15.00	15.00	11.19	88,590.60
Fan CT	5	2.00	10.00	7.46	59,060.40
KU-01	1	7.50	7.50	5.59	44,295.30
Jumlah			48.59	36.24	286,984.34

Kebutuhan listrik pada pabrik metil laktat ini mencakup konsumsi daya dari unit proses dan unit utilitas. Untuk menunjang jalannya proses produksi, listrik dibutuhkan oleh berbagai peralatan seperti mixer, reaktor, dan pompa-pompa proses dengan total kebutuhan daya sebesar 46,99 kW dan estimasi konsumsi energi tahunan mencapai 363.713,65 kWh. Sementara itu, pada bagian utilitas, peralatan seperti pompa

pendukung, fan cooling tower, dan unit pendingin turut membutuhkan daya sebesar 36,24 kW, dengan konsumsi energi tahunan sebesar 286.984,34 kWh. Dengan demikian, total kebutuhan listrik dari kedua unit tersebut adalah sebesar 83,22 kW atau setara dengan 650.697,99 kWh per tahun. Untuk mengantisipasi kebutuhan dari alat-alat tambahan yang tidak terdeskripsikan secara rinci, disediakan cadangan listrik sebesar $\pm 20\%$ dari total, yaitu sekitar 16,64 kW atau 130.139,60 kWh per tahun. Maka secara keseluruhan, total kebutuhan listrik pada pabrik metil laktat ini diperkirakan mencapai 99,87 kW atau sebesar 780.838 kWh per tahun.

2. Listrik untuk Penerangan

Tenaga listrik untuk penerangan dihitung menggunakan persamaan 5.15 (Perry, 2008) dan hasil perhitungan disajikan pada 5.

$$L = \frac{aF}{UD} \quad (5.15)$$

Keterangan:

L = *Lumen* per buah

a = Luas area, m²

F = *Foot candle* yang diperlukan, W/m

U = Koefisien utilitas, *Neutral White LED*

D = Efisiensi lampu

Jumlah lumen,

Penerangan dalam ruangan = 2982047.364 lumen

Penerangan bagian luar ruangan = 3428189.458 lumen

Seluruh ruangan dalam bangunan dirancang menggunakan lampu LED dengan arus 110 mA. Setiap unit lampu Philips LED tipe E27 cap 13 W memiliki output cahaya sebesar 1.400 lumen per lampu.

$$\begin{aligned}\text{Maka, jumlah lampu dalam ruangan} &= 2982047.364/1.400 \\ &= 2131 \text{ buah}\end{aligned}$$

Penerangan untuk area luar ruangan menggunakan lampu tipe BRP708 LED92-740 I DM50 SI DDF3 T25 dengan daya sebesar 55 W per unit dan memiliki output cahaya sebesar 6.992 lumen per lampu. Dengan total kebutuhan pencahayaan sebesar 3.428.189,458 lumen

$$\begin{aligned}\text{Maka, jumlah lampu luar ruangan} &= 3428189.458/6.992 \\ &= 491 \text{ buah} \\ \text{Total daya penerangan} &= (13\text{W} \times 2131 + 55 \text{ W} \times 491) \\ &= 54708.000 \text{ W} \\ &= 54.708 \text{ kW} \\ &= 433,287.360 \text{ kWh/tahun}\end{aligned}$$

3. Listrik untuk AC

Penggunaan AC direncanakan untuk sejumlah fasilitas seperti pos satpam, laboratorium, ruang kontrol (control room), masjid, poliklinik, ruang istirahat, area perkantoran, dan perpustakaan. Dengan mempertimbangkan total kebutuhan kapasitas pendinginan sebesar 2.705 dan total beban pendinginan 1.352.500, maka diperkirakan konsumsi listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian AC sebesar 20.000 W atau

setara dengan 20 kW. Jika dikonversikan dalam konsumsi tahunan, kebutuhan energi mencapai sekitar 158.400 kWh per tahun.

4. Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Aktivitas di laboratorium dan penggunaan peralatan instrumentasi membutuhkan pasokan listrik yang diperkirakan sebesar 10.000 W atau 10 kW, dengan total konsumsi energi dalam satu tahun mencapai 79.200 kWh.

5. Listrik untuk Elektronik (PC)

Penggunaan perangkat elektronik berupa komputer (PC) mencakup sebanyak 30 unit dengan daya masing-masing sebesar 250 Watt. Maka, total kebutuhan listrik untuk PC mencapai 7.500 W atau 7,5 kW, yang jika dikalkulasikan dalam skala tahunan, menghasilkan konsumsi listrik sebesar 59.400 kWh.

Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Keterangan	Tenaga Listrik	
		kW	kWh/tahun
1.	Listrik Proses dan Utilitas	99.87	780,837.58
2.	Listrik penerangan	54.71	433,287.36
3.	Listrik AC	20.00	158,400.00
4.	Listrik Laboratorium dan Instrurment	10.00	79,200.00
5.	Listrik untuk elektronik	7.50	59,400.00
Jumlah		192.074	1,511,124.94

Generator menyediakan suplai listrik sebesar 80% untuk kebutuhan proses dan utilitas, serta 30% untuk kebutuhan lainnya seperti penerangan dan pendingin ruangan. Dengan asumsi bahwa generator dioperasikan pada 80% dari kapasitas totalnya, maka daya listrik yang perlu dipenuhi oleh generator sebesar 134,44 kW. Dari hasil perhitungan, kebutuhan daya listrik yang akan disuplai oleh generator adalah sebesar 107,56 kW. Oleh karena itu, dipilih generator dengan kapasitas 150 kW agar mampu memenuhi kebutuhan tersebut.

Spesifikasi generator yang digunakan:

Jenis	: AC generator
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 150 kW
Tegangan	: 220/360 volt
Efisiensi	: 80%
Bahan bakar	: IDO (<i>Industrial Diesel Oil</i>)

Tabel 5. 8 Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan

No.	Bangunan	Luas	Luas	F	U	D	F/U.D	Lumen
		m ²	ft ²					
1	Pos Keamanan	80	861	100	0.77	85%	152.79	12223
2	Parkir Utama	600	6458	100	0.77	85%	152.79	91673
3	Kantor Utama	750	8073	350	0.77	85%	534.76	401070
4	Poliklinik	225	2422	250	0.77	85%	381.97	85943
5	Masjid	300	3229	200	0.77	85%	305.58	91673
6	Kantin & Koperasi	400	4305	200	0.77	85%	305.58	122231
7	Gudang Alat	500	5382	100	0.77	85%	152.79	76394
8	Bengkel	500	5382	200	0.77	85%	305.58	152788
9	Perpustakaan	150	1615	300	0.77	85%	458.37	68755
10	Area Proses	3000	32291	500	0.77	85%	763.94	2291826
11	Area Utilitas	1600	17222	200	0.77	85%	305.58	488923
12	Control Room	300	3229	350	0.77	85%	534.76	160428
13	<i>Control</i> Utilitas	300	3229	350	0.77	85%	534.76	160428
14	Laboratorium	600	6458	500	0.77	85%	763.94	458365
15	Gudang	750	8073	200	0.77	85%	305.58	229183
16	Taman	500	5382	100	0.77	85%	152.79	76394
17	Area Istirahat	300	3229	150	0.77	85%	229.18	68755
18	Gedung Serba Guna	875	9418	350	0.77	85%	534.76	467914
19	Kantor Produksi	750	8073	350	0.77	85%	534.76	401070
20	Parkir Truk	500	5382	100	0.77	85%	152.79	76394
21	Pemadam Kebakaran	300	3229	250	0.77	85%	381.97	114591
22	Area Perluasan	1050	11302	100	0.77	85%	152.79	160428
23	Pengolahan Limbah	500	5382	200	0.77	85%	305.58	152788
Jumlah		14830	159625					6410237

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Pada perancangan pabrik ini, udara tekan digunakan sebagai penggerak sistem *pneumatic* untuk mengoperasikan kontrol *valve* di unit proses maupun unit utilitas. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah *valve* yang digunakan, yaitu sebanyak 25 *valve* pada unit proses dan 18 *valve* pada unit utilitas. Setiap *valve* membutuhkan udara tekan sebesar 1,7 m³/jam, sehingga total kebutuhan dasar udara tekan adalah sebesar 73,10 m³/jam. Untuk mengantisipasi terjadinya kebocoran dalam sistem distribusi udara, maka dirancang adanya kelebihan (*excess*) sebesar 15%. Dengan demikian, kebutuhan total udara tekan untuk seluruh sistem adalah sebesar 84,065 m³/jam, atau setara dengan 49,479 ft³/menit (cfm), pada kondisi tekanan 4 bar dan suhu 25°C.

Berdasarkan kapasitas dan tekanan yang dibutuhkan, jenis kompresor yang dipilih adalah *Single Stage Reciprocating Compressor*, yang sesuai untuk aplikasi udara tekan dengan tekanan menengah dan laju alir rendah hingga sedang.

Daya kompresor dihitung menggunakan persamaan (Branan, 2002). Dengan asumsi udara terdiri atas 79% nitrogen dan 21% oksigen, menghasilkan berat molekul udara sebesar 28,84 g/mol.

$$\text{Daya} = \frac{\left(\frac{144}{33.00}\right) \left(\frac{K}{K-1}\right) (P_1 Q_1) \left(r^{\frac{K-1}{K}} - 1\right)}{E_o} \quad (5.16)$$

Keterangan :

K	= adiabatik <i>exponent</i>	= 1,19
P ₁	= <i>suction pressure</i>	= 1 bar (14,7 psi)
Q ₁	= kapasitas actual	= 49.479 ft ³ /menit
R	= <i>compression ratio</i> (P ₂ /P ₁)	= 4 bar
E _o	= efisiensi kompresor	= 80%

Berdasarkan perhitungan, daya kompresor yang dibutuhkan serta penyesuaian standar desain adalah 7,5 HP.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertugas untuk menyuplai kebutuhan energi pada unit generator dan boiler. Jenis bahan bakar yang digunakan dalam perancangan ini adalah IDO (*Industrial Diesel Oil*). Pemilihan IDO didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain:

1. Bahan bakar mudah diperoleh dari distributor terdekat.
2. Memiliki nilai kalor (heating value) yang cukup tinggi.
3. Relatif mudah disimpan dalam kondisi standar.
4. Umum digunakan pada mesin berkecepatan tinggi dan peralatan industri berat.

Spesifikasi teknis dari IDO yang digunakan adalah sebagai berikut: nilai kalor sebesar 19260,55 Btu/lb, efisiensi pembakaran diasumsikan sebesar 80%, dan densitas bahan bakar adalah 54,625 lb/ft³, setara dengan 875 kg/m³.

a. Kebutuhan Bahan Bakar untuk Generator

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Generator} &= 150 \text{ kW}, \\ &= 511.821,3 \text{ Btu/jam} \\ &= 540.000,133 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{\text{kapasitas generator}}{\text{efisiensi} \times \text{heating value} \times \rho} \\ &= 0.608 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 17.219 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

b. Kebutuhan Bahan Bakar untuk *Boiler*

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Generator} &= 454672.51 \text{ Btu/jam} \\ &= 479679.50 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{\text{kapasitas boiler}}{\text{efisiensi} \times \text{heating value} \times \rho} \\ &= 0.540 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 15.296 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Dalam kegiatan operasional pabrik, limbah merupakan hasil samping yang tidak dapat dihindari dan harus ditangani dengan tepat agar tidak mencemari lingkungan sekitar. Oleh karena itu, diperlukan unit pengolahan limbah yang berfungsi untuk mengelola limbah dari proses produksi maupun kegiatan penunjang lainnya, agar memenuhi standar baku mutu lingkungan sesuai peraturan yang berlaku.

Jenis limbah yang dihasilkan dalam pabrik ini dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu limbah cair dan limbah gas.

1. Limbah Cair

- a. Air buangan domestik: berasal dari fasilitas sanitasi seperti toilet, kamar mandi, dan dapur. Limbah ini dikumpulkan dalam sistem drainase dan diolah dalam unit stabilisasi menggunakan metode lumpur aktif, aerasi, serta injeksi klorin sebagai desinfektan untuk membunuh mikroorganisme berbahaya.
- b. Air buangan proses: berasal dari kegiatan produksi dan pencucian peralatan yang mungkin mengandung bahan kimia, minyak, atau zat terlarut lainnya. Pengolahan air limbah ini dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu:
 1. Physical treatment: seperti pengendapan dan penyaringan partikel padat,
 2. Chemical treatment: penambahan bahan kimia untuk pengendalian pH atau pengendapan zat tertentu,
 3. Biological treatment: menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik dalam limbah.

Sebelum dibuang ke lingkungan, air limbah cair harus memenuhi standar kualitas air limbah dengan batasan parameter seperti COD, BOD, TSS, kadar minyak, dan pH sesuai ketentuan yang berlaku.

2. Gas Buangan

Gas buangan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar pada unit seperti boiler dan generator. Gas utama yang dihasilkan adalah karbon dioksida (CO_2) dan nitrogen (N_2). Meski tidak semuanya bersifat beracun, emisi gas harus dipantau secara berkala agar tidak melebihi ambang batas emisi yang ditetapkan pemerintah. Unit gas buangan dapat dilengkapi dengan sistem kondensasi atau filtrasi jika diperlukan.

Dengan adanya unit pengolahan limbah ini, diharapkan kegiatan operasional pabrik dapat berjalan secara berkelanjutan tanpa memberikan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai BU-01	Memompa air dari BU-01 menuju flokulator	Memompa air dari TU-01 menuju flokulator
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	155.132 gpm	155.132 gpm	0.259
Ukuran Pipa			
IPS	4	4	0.125
No.Sch	40	40	40
OD	4.500	4.500	0.405
ID	4.026	4.026	0.269
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	1.5 Hp	1.5 Hp	0.05 HP
Power Motor	2.0 HP	2.0 HP	0.083 HP

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode Alat	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Memompa air dari TU-02 menuju flokulator	Memompa air dari flokulator menuju clarifier	Mengalirkan air dari BU-02 menuju TU-04, TU-07, dan KE
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	0.531 gpm	155.132 gpm	155.132 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	0.250	4	4
No.Sch	40	40	40
OD	0.540	4.500	4.500
ID	0.364	4.026	4.026
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	0.05 HP	1.5 HP	1.5 HP
Power Motor	0.083 HP	2.0 HP	2.0 HP

Tabel 5. 11 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode Alat	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Memompa air dari KE menuju AE	Memompa air dari AE menuju TU-05	Memompa air dari TU-05 menuju deaerator
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	1.933 gpm	1.933 gpm	1.933 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	0.500	0.500	0.500
No.Sch	40	40	40
OD	0.804	0.804	0.804
ID	0.622	0.622	0.622
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	0.05 HP	0.05 HP	0.05 HP
Power Motor	0.083 HP	0.083 HP	0.083 HP

Tabel 5. 12 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode Alat	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Memompa air dari deaerator menuju TU-06	Memompa air dari TU-06 menuju Boiler	Memompa air dari BU-03 menuju CT
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	1.933 gpm	8.054 gpm	621.549 gpm
Ukuran Pipa			
IPS	0.500	1.250	8.00
No.Sch	40	40	40
OD	0.804	1.660	8.625
ID	0.622	1.380	7.981
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Power Pompa	0.05 HP	0.08 HP	5 HP
Power Motor	0.083 HP	0.13 HP	7.50 HP

Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode Alat	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air	Menampung air bersih yang berasal dari sand filter dan tempat penambahan klorin	Menampung air pendingin yang berasal dari proses
Jenis	Bak terbuka berbentuk persegi panjang	Bak terbuka berbentuk persegi panjang	Bak terbuka berbentuk persegi panjang
Bahan	beton bertulang	beton bertulang	beton bertulang
Kapasitas	31478.7 kg/jam	31481.7 kg/jam	126122.2367 kg/jam
Soesifikasi			
Volume	140.933 m ³	140.946 m ³	141.165 m ³
Panjang	7.508	7.509	7.514
Lebar	3.754	3.754	3.757

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode Alat	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Melarutkan dan membuat larutan tawas dengan konsentrasi 5% yang akan diumpankan ke floakulator	Menampung air bersih yang berasal dari sand filter dan tempat penambahan klorin	Menampung larutan klorin dengan konsentrasi 2% yang digunakan sebagai desinfektan
Jenis	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Volume m ³	4.231 m ³	8.691 m ³	1.226 m ³
Soesifikasi			
Tinggi	2.783	3.537	1.841
Diameter	1.391	1.769	0.921

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode Alat	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Menampung air bersih untuk konsumsi dan sanitasi	Menampung air demin untuk kebutuhan air pendingin dan air umpan boiler	Menampung air umpan boiler sebagai pembuat steam
Jenis	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Volume m ³	16.463 m ³	0.439 m ³	9.072 m ³
Soesifikasi			
Tinggi	4.377	1.308	3.588
Diameter	2.188	0.654	1.794

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode Alat	TU-07
Fungsi	Menampung air pendingin sebelum menuju proses
Jenis	Tangki silinder vertikal
Bahan	<i>Commercial steel</i>
Volume m ³	175.045 m ³
Soesifikasi	
Tinggi	9.624
Diameter	4.812

Tabel 5. 17 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Kode Alat	CT-01
Nama alat	<i>Cooling Tower</i>
Fungsi	Mendinginkan kembali air pendingin dari proses untuk digunakan kembali
Jenis	<i>Inducted Draft Cooling Tower</i>
Jumlah air kg/jam	126,122.237m ³
Spesifikasi	
Jumlah <i>fan</i>	5
Tenaga <i>fan</i>	1.5 HP / <i>fan</i>
Tenaga motor	2 HP / <i>fan</i>

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Fluctuator* Utilitas

Kode Alat	FL-01
Nama alat	<i>Flucuator</i>
Fungsi	Mengendapkan kotoran dalam air keluaran flokulator yang bersifat koloid
Jenis	Tangki silinder tegak
Jumlah air kg/jam	35.413 m ³
Spesifikasi	
Diameter	2.825
Tinggi	5.650
Kecepatan Pengaduk	84 rpm
Tenaga motor	15 HP
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Turbin with flat blade</i>
Jumlah <i>Impeller</i>	1

Tabel 5. 19 Spesifikasi *Clarifier* Utilitas

Kode Alat	CL-01
Nama alat	<i>Clarifier</i>
Fungsi	Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki dengan <i>bottom</i> berbentuk <i>conical</i>
Jumlah air kg/jam	176.166 m ³
Spesifikasi	
Lebar	3.636 m
Diameter	7.272 m
Tinggi	1.818 m

Tabel 5. 20 Spesifikasi Filter Pasir Utilitas

Kode Alat	FU-01
Nama alat	Saringan Pasir
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang belum mengendap di clarifier
Jenis	<i>Gravity Sand Filter</i> berbentuk persegi panjang
Volume tangki	9 m ³
Spesifikasi	
Luas permukaan saringan	44.966 ft ²
Kecepatan linier	0.006683598 ft/s
Lebar	1.445 m
Panjang	2.890 m

Tabel 5. 21 Spesifikasi *Kation Exchanger* Utilitas

Kode Alat	KE
Nama alat	<i>Kation Exchanger</i>
Fungsi	Mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-300 (RH2)
Jumlah	2 buah
Kapasitas Resin	8 kg/ft ²
Siklus Regenerasi	15 hari
Spesifikasi	
Kecepatan perluasan <i>bed</i>	5 gpm/ft ²
Luas penampang	0.336 ft ²
Diameter	0.463 ft/ 0.141 m
Tinggi <i>bed</i>	2.025 m

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Anion Exchanger* Utilitas

Kode Alat	AE
Nama alat	<i>Anion Exchanger</i>
Fungsi	Mengikat ion-ion negatif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-500P (R(OH) ₂)
Jumlah	2 buah
Kapasitas Resin	8 kg/ft ²
Siklus Regenerasi	15 hari
Spesifikasi	
Kecepatan perluasan <i>bed</i>	5 gpm/ft ²
Luas penampang	0.336 ft ²
Diameter	0.463 ft/ 0.141 m
Tinggi <i>bed</i>	2.025 m

Tabel 5. 23 Spesifikasi *Daerator* Utilitas

Kode Alat	DU-01
Nama alat	<i>Deaerator</i>
Fungsi	Menghilangkan udara (O ₂ dan CO ₂) dari air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder horizontal dengan <i>flanged and standard dished head</i>
Jumlah	1 buah
Volume	1.317 m ³
Waktu tinggal	3 jam
Spesifikasi	
Diameter	0.943 m
Panjang	1.886 m
Tinggi cairan	1.640 m
Tebal <i>shell</i>	0.1875 in
Tebal <i>head</i>	0.1875 in

Tinggi <i>head</i>	0.2006 m
Panjang total	2.287 m

Tabel 5. 24 Spesifikasi *Boiler* Utilitas

Kode Alat	B-01
Nama alat	<i>Boiler</i>
Fungsi	Memenuhi kebutuhan steam
Jenis	<i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	1 buah
Spesifikasi	
<i>Heating surface</i>	162.9877 ft ²
<i>Rate of steam</i>	1879.35 kg/jam
Tekanan <i>steam</i>	39 atm
Suhu <i>steam</i>	250 °C
<i>Efisiensi</i>	80%
Bahan bakar	IDO (<i>Industrial Diesel Oil</i>)
Kebutuhan bahan bakar	15.296 L/jam
Dimensi <i>Boiler</i>	
L	4.77 m
W	2.76 m
H	3.26 m

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan keberhasilan investasi modal dalam produksi pabrik. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan modal investasi, estimasi laba, waktu pengembalian modal, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan yang dihasilkan. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi ekonomi terhadap suatu pabrik dengan tujuan untuk menentukan apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk dibangun. Beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah:

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang keberhasilan investasi modal dalam produksi pabrik. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan modal investasi, estimasi laba yang dapat diperoleh, waktu pengembalian modal, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada pra rancangan pabrik metil laktat ini dilakukan evaluasi ekonomi terhadap suatu pabrik dengan tujuan untuk menentukan apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk dibangun. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan evaluasi ekonomi adalah:

1. Modal (Capital Investment)
 - a. Modal Tetap (Fixed Capital Investment)
 - b. Modal Kerja (Working Capital Investment)

2. Biaya Produksi (Manufacturing Cost)
 - a. Biaya Produksi Langsung (Direct Manufacturing Cost)
 - b. Biaya Produksi Tak Langsung (Indirect Manufacturing Cost)
 - c. Biaya Produksi Tetap (Fixed Manufacturing Cost)
3. Pengeluaran Umum (General Expenses)
4. Pengeluaran Umum (General Expenses)
5. Analisa Kelayakan
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI)
 - b. *Pay Out Time* (POT)
 - c. *Break Event Point* (BEP)
 - d. *Shut Down Point* (SDP)
 - e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

6.1 Penaksiran Harga Alat

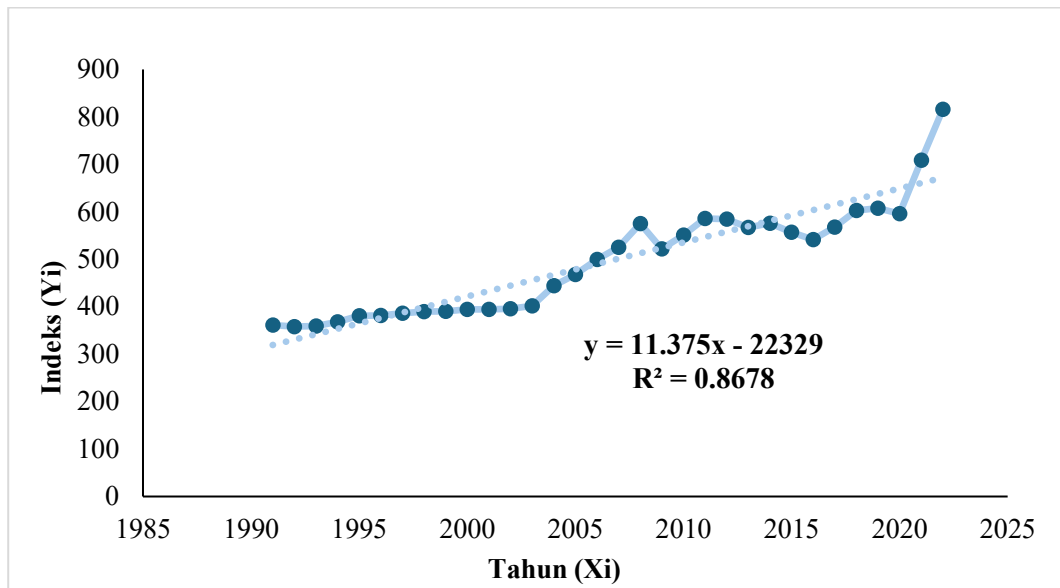
Harga peralatan proses cenderung mengalami fluktuasi setiap tahunnya, baik naik maupun turun, yang dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang berlangsung. Hal ini menyebabkan penentuan harga pasti peralatan menjadi sulit. Oleh karena itu, untuk memperkirakan harga peralatan secara lebih akurat, dapat digunakan indeks harga peralatan operasi pada tahun bersangkutan sebagai acuan. Data indeks harga dapat dilihat pada tabel 6.1 dibawah ini :

Tabel 6. 1 Data Indeks harga alat

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1996	381.70
1997	386.50
1998	389.50
1999	390.60
2000	394.10
2000	394.10
2001	394.30
2002	395.60
2003	402.00
1996	381.70
1997	386.50
1998	389.50
1999	390.60
2000	394.10
2000	394.10
2001	394.30
2002	395.60
2003	402.00
2004	444.20
2005	468.20
2006	499.60
2007	525.40
2008	575.40
2009	521.90
2010	550.80
2011	585.70
2012	584.60
2013	567.30

2014	576.10
2015	556.80
2016	541.70
2017	567.50
2018	603.10
2019	607.50
2020	596.20
2021	776.30
2022	648.9422
2023	658.6123
2024	655.5104
2025	664.94
2026	674.3696
2027	683.7992
2028	693.2288
2029	750.875

Berdasarkan data yang tersedia dan dengan asumsi bahwa kenaikan indeks bersifat linear, maka dapat dilakukan penurunan persamaan menggunakan metode *least square*. Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh grafik yang menunjukkan plot data secara visual, yang dapat dilihat pada gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga

Sehingga dari grafik di atas, didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = 11.375x - 22329 \quad (6.1)$$

$$R^2 = 0.8678 \quad (6.2)$$

Sehingga, pabrik metil laktat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini direncanakan akan dibangun pada tahun 2029 , maka dari persamaan regresi linear diperoleh indeks sebesar 750.875. Perhitungan harga peralatan dan komponen lainnya dilakukan berdasarkan tahun evaluasi. Selain itu, penentuan harga juga mengacu pada referensi yang tersedia, seperti yang dikemukakan oleh (*Peters dan Timmerhaus*, 1990) serta (*Aries dan Newton*, 1995). Dengan demikian, harga peralatan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

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

Keterangan:

E_x = Harga pembelian pada tahun 2029

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi 2014

N_x = Indeks harga pada tahun 2029

N_y = Indeks harga pada tahun referensi 2014

Berdasarkan rumus diatas, didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

Nama alat	Kode alat	Jumlah	Ey (\$)	Ex (\$)
			2014	2030
Tangki CH ₃ OH	T-01	1	\$210,800	\$274,752
Tangki C ₃ H ₆ O ₃	T-02	1	\$827,700	\$1,078,804
Tangki H ₂ SO ₄	T-03	1	\$147,900	\$192,769
Tangki C ₄ H ₈ O ₃	T-04	1	\$683,200	\$890,467
<i>Mixer</i>	M-01	1	\$252,000	\$328,451
<i>Reactor</i>	R-01	1	\$168,400	\$219,489
Menara Distilasi	MD-01	1	\$551,800	\$663,800
Menara Distilasi	MD-02	1	\$483,500	\$579,100
Menara Distilasi	MD-03	1	\$498,422	\$608,100
<i>Reboiler</i>	RB-101	1	\$64,900	\$84,589
<i>Reboiler</i>	RB-102	1	\$17,300	\$22,548
<i>Reboiler</i>	RB-103	1	\$48,700	\$63,474
Condensor	CD-01	1	\$55,700	\$72,598.05
Condensor	CD-01	1	\$48,600	\$63,344
Condensor	CD-03	1	\$19,000	\$24,764

Accumulator	ACC-01	1	\$3,400	\$4,431
Accumulator	ACC-02	1	\$1,400	\$1,825
Accumulator	ACC-03	1	\$5,400	\$7,038
<i>Heater</i>	HE-01	1	\$1,800	\$2,346
<i>Cooler</i>	CL-01	1	\$300	\$391
Pompa	P-101	1	\$5,200	\$6,778
Pompa	P-102	1	\$7,600	\$9,906
Pompa	P-103	1	\$7,800	\$10,166
Pompa	P-104	1	\$2,500	\$3,258
<i>Expansion Valve</i>	EXV-01	1	\$8,900	\$11,600
Pompa	P-106	1	\$5,900	\$7,690
Pompa	P-107	1	\$6,900	\$8,993
Pompa	P-108	1	\$3,700	\$4,822
Pompa	P-109	1	\$6,900	\$8,993
Total			\$4,145,622	\$5,255,288

Tabel 6. 3 Harga alat Proses Utilitas

Nama alat	Kode alat	Jumlah	Ey (\$)	Ex (\$)
			2014	2030
Pompa	PU-01	1	\$8,100	\$10,557
Pompa	PU-02	1	\$8,100	\$10,557
Pompa	PU-03	1	\$1,900	\$2,476
Pompa	PU-04	1	\$2,200	\$2,867
Pompa	PU-05	1	\$8,100	\$10,557
Pompa	PU-06	1	\$8,100	\$10,557
Pompa	PU-07	1	\$2,900	\$3,780
Pompa	PU-08	1	\$2,900	\$3,780
Pompa	PU-09	1	\$2,900	\$3,780
Pompa	PU-10	1	\$2,900	\$3,780
Pompa	PU-11	1	\$4,400	\$5,735

Pompa	PU-12	1	\$12,000	\$15,641
Bak Pengendapan awal	BU-01	1	\$10,000	\$13,034
Tangki Tawas	TU-01	1	\$1,900	\$2,476
Tangki Kapur	TU-02	1	\$2,000	\$2,607
Tangki Flokulator	FL-01	1	\$9,500	\$12,382
Clarifier	CL-01	1	\$30,000	\$39,101
Saringan Pasir	FU-01	1	\$7,500	\$9,775
Tangki Klorin	TU-03	1	\$1,500	\$1,955
Bak klorinasi	BU-02	1	\$10,500	\$13,685
Tangki air sanitasi	TU-04	1	\$4,700	\$6,126
<i>Kation Exchanger</i>	KE	1	\$1,900	\$2,476
<i>Anion Exchanger</i>	AE	1	\$1,900	\$2,476
Tangki demineralisasi	TU-05	1	\$1,300	\$1,694
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	1	\$257,000	\$334,968
Dearator	DU-01	1	\$20,000	\$26,068
Tangki Umpan <i>boiler</i>	TU-06	1	\$4,000	\$5,214
Bak Air Pendingin	BU-03	1	\$10,000	\$13,034
<i>Boiler</i>	B-01	1	\$275,000	\$358,428
Tangki bahan bakar	TB-01	1	\$90,000	\$117,304
Tangki silika	TS-01	1	\$10,000	\$13,034
Kompresor	KU-01	1	\$9,000	\$11,730
<i>Generator</i>	GU-01	1	\$30,000	\$39,101
Total			\$852,200	\$1,110,737

Berdasarkan estimasi harga peralatan proses dan utilitas yang telah dihitung, total estimasi biaya pembelian \$ 6.366.025, dengan rincian \$ 5.255.288 untuk peralatan proses dan \$ 1.110.737 untuk utilitas. Jika dikonversikan ke dalam mata uang rupiah, maka total biaya pembelian alat setara dengan

Rp.104.474.436.275,00 Nilai estimasi ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan modal tetap (*fixed capital investment*)

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi pabrik : 10,000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
: 7,920 jam
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$
: Rp16,411.00
- e. Tahun didirikan : 2029

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah keseluruhan dana yang dibutuhkan untuk membiayai pendirian suatu pabrik serta mendukung kelangsungan operasionalnya. Investasi ini mencakup berbagai komponen pengeluaran yang meliputi pembangunan fasilitas, pembelian peralatan, dan infrastruktur pendukung lainnya yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik dan efisien. *Capital Investment* terdiri dari:

- a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment merupakan bagian dari *Capital Investment* yang mencakup seluruh biaya yang digunakan untuk membangun fasilitas fisik pabrik, seperti bangunan, peralatan utama proses, sistem

utilitas, serta instalasi lainnya yang bersifat permanen. Biaya ini bersifat jangka panjang karena berkaitan langsung dengan aset tetap yang menunjang kegiatan operasional pabrik dalam jangka waktu yang lama. Secara singkat *fixed capital investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 4 *Direct Plant Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Purchase Equipments Cost</i>	\$6,366,025	Rp104,472,841,545
<i>Installation, Insultation, Painting</i>	\$3,183,013	Rp52,236,420,772
<i>Instrumentation and Controls</i>	\$1,909,808	Rp31,341,852,463
<i>Piping</i>	\$3,501,314	Rp57,460,062,850
<i>Electrical</i>	\$1,909,808	Rp31,341,852,463
<i>Buildings, Process and Auxiliary</i>	\$284,150	Rp4,663,191,460
<i>Service Facilities and Yard</i>	\$5,092,820	Rp83,578,273,236
<i>Land</i>	\$313,771	Rp5,149,302,260
TOTAL	\$16,194,684	Rp265,770,955,505

Tabel 6. 5 *Indirect Cost*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Engineering, Supervision</i>	\$4,048,671	Rp66,442,738,876
<i>Construction</i>	\$4,048,671	Rp66,442,738,876
TOTAL	\$8,097,342	Rp132,885,477,753

Tabel 6. 6 *Contractor fee & Contingency*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Contractor fee</i>	\$4,858,405	Rp79,731,286,652
<i>Contingency</i>	\$3,643,804	Rp59,798,464,989
TOTAL	\$8,502,209	Rp139,529,751,640

Tabel 6. 7 *Total Fixed Capital Investment*

<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Total Direct Cost</i>	\$16,194,683.78	Rp265,770,955,505
<i>Total Indirect Cost</i>	\$8,097,341.89	Rp132,885,477,753
<i>Contractor fee</i>	\$4,858,405.13	Rp79,731,286,652
<i>Contingency</i>	\$3,643,803.85	Rp59,798,464,989
TOTAL	\$32,794,234.65	Rp538,186,184,898

b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment merupakan dana yang dibutuhkan untuk mendukung kelancaran operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu. Biaya ini mencakup modal kerja yang digunakan untuk membiayai kebutuhan sehari-hari operasional pabrik, seperti pembelian bahan baku, pembayaran upah tenaga kerja, serta biaya operasional lainnya yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan secara kontinu.

Tabel 6. 8 *Working Capital Investment*

<i>Type of Working Capital</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material Inventory</i>	\$1,605,132	Rp26,341,813,806
<i>Inprocess Inventory</i>	\$1,401,260	Rp22,996,078,544
<i>Produck Inventory</i>	\$2,802,520	Rp45,992,157,089
<i>Extended Credit</i>	\$226,922	Rp3,724,010,647
<i>Available cash</i>	\$2,802,520	Rp45,992,157,089
TOTAL	\$8,838,353	Rp145,046,217,175

6.3.2 Biaya Produksi

Manufacturing Cost adalah total biaya yang diperlukan dalam proses produksi suatu produk. Biaya ini mencakup seluruh pengeluaran yang terkait dengan kegiatan manufaktur.

a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Biaya produksi langsung merupakan jenis pengeluaran yang secara langsung berhubungan dengan proses pembuatan produk, seperti bahan baku utama, tenaga kerja langsung, dan biaya operasional mesin produksi.

Tabel 6. 9 *Direct Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>	\$17,656,447	Rp289,759,951,870
<i>Labor</i>	\$885,577	Rp14,533,200,000
<i>Direct Supervisory and Clerical Labor</i>	\$221,394	Rp3,633,300,000
<i>Maintenance</i>	\$3,279,423	Rp53,818,618,490
<i>Operating Supplies</i>	\$491,914	Rp8,072,792,773
<i>Royalty and Patents</i>	\$2,496,138	Rp40,964,117,113
<i>Utilities</i>	\$156,087	Rp2,561,550,919

TOTAL	\$25,186,980	Rp413,343,531,166
--------------	---------------------	--------------------------

b. Biaya Produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik

Tabel 6. 10 *Indirect Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Payroll Overhead</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
<i>Laboratory</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
<i>Plant Overhead</i>	\$619,904	Rp10,173,240,000
<i>Packaging and Shipping</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
TOTAL	\$885,577	Rp14,533,200,000

c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

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

Tabel 6. 11 *Fixed Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depreciation</i>	\$3,279,423	Rp53,818,618,490
<i>Property Taxes</i>	\$1,311,769	Rp21,527,447,396
<i>Insurance</i>	\$163,971	Rp2,690,930,924
TOTAL	\$4,755,164	Rp78,036,996,810

Tabel 6. 12 *Total Manufacturing Cost*

<i>Type of Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Cost</i>	\$25,186,980	Rp413,343,531,166
<i>Indirect Cost</i>	\$885,577	Rp14,533,200,000
<i>Fixed Cost</i>	\$4,755,164	Rp78,036,996,810
TOTAL	\$30,827,721	Rp505,913,727,976

6.3.3 Pengeluaran Umum (General Expenses)

General Expenses merupakan pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk Manufacturing Cost.

Tabel 6. 13 *General Expenses*

<i>Type of Expenses</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Administration</i>	\$1,541,386.05	Rp25,295,686,399
<i>Sales</i>	\$2,466,217.67	Rp40,473,098,238
<i>Research</i>	\$1,541,386.05	Rp25,295,686,399
<i>Finance</i>	\$1,665,303.52	Rp27,329,296,083
TOTAL	\$7,214,293.29	Rp118,393,767,119

Tabel 6. 14 *Total Production Cost*

<i>Type of Production Cost</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Manufacturing Cost</i>	\$30,827,721	Rp505,913,727,976
<i>General Expense</i>	\$7,214,293	Rp118,393,767,119
TOTAL	\$38,042,014	Rp624,307,495,095

6.3.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total Penjualan	: \$ 49,922,755.61
Total <i>Production cost</i>	: \$ 38,042,014.20
Keuntungan	: Total Penjualan – Total <i>Production Cost</i>
	: \$ 49,922,755.61 – \$ 38,042,014.20
	: \$ 11,880,741.40

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20 % dari keuntungan	: \$ 2,376,148.28
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak – Pajak
	: \$ 11,880,741.40 – \$ 2,376,148.28
	: \$ 9,504,593.12

6.3.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk mengetahui laba yang didapat agar mendapatkan keuntungan maksimum dan dapat melihat besar atau kecil hasil keuntungan, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari segi ekonomi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melihat kelayakan suatu pabrik, antara lain:

a. *Return on Investment* (ROI)

Return on Investment adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap. Untuk industrial chemical product dengan high risk nilai ROI minimal

44% sebelum pajak dan low risk 11% sebelum pajak (Aries and Newton, 1955).

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

$$ROI\ b = \frac{Keuntungan\ sebelum\ pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$ROI\ a = \frac{Keuntungan\ sesudah\ pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$ROI_b = ROI\ sebelum\ pajak$$

$$= 36.2\%$$

$$ROI_a = ROI\ setelah\ pajak$$

$$= 28.98\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time merupakan waktu yang diperlukan pengembalian modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali. *Pay out time* adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang telah dicapai.

$$POT\ b = \frac{Fix\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ sebelum\ pajak + Depresiasi}$$

$$POT\ a = \frac{Fix\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ setelah\ pajak + Depresiasi}$$

POT_b = POT sebelum pajak

= 2.76 tahun

POT_a = POT setelah pajak

= 2.57 tahun

c. *Break Even Point (BEP)*

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan break even point kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60%.

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

Dimana:

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 Annual

Tabel 6. 15 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depreciation</i>	\$3,279,423.47	Rp53,818,618,489.80
<i>Insurance</i>	\$163,971.17	Rp2,690,930,924.49
<i>Property Taxaes</i>	\$1,311,769.39	Rp21,527,447,395.92
TOTAL	\$4,755,164.02	Rp78,036,996,810.21

Tabel 6. 16 *Annual regulated expenses (Ra)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>General Expense</i>	\$7,214,293	Rp118,393,767,119
<i>Labor</i>	\$885,577	Rp14,533,200,000
<i>Supervision</i>	\$221,394	Rp3,633,300,000
<i>Maintenance</i>	\$3,279,423	Rp53,818,618,490
<i>Plant Supllies</i>	\$491,914	Rp8,072,792,773
<i>Plant overhead</i>	\$619,904	Rp10,173,240,000
<i>Laboratory</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
<i>Payroll overhead</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
TOTAL	\$12,889,620	Rp211,531,558,382

Tabel 6. 17 *Annual variable value (Va)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>	\$17,656,447	Rp289,759,951,870
<i>packaging and shipping</i>	\$88,558	Rp1,453,320,000
<i>Utilities</i>	\$156,087	Rp2,561,550,919
<i>Royalties and Patents</i>	\$2,496,138	Rp40,964,117,113
TOTAL	\$20,397,230	Rp334,738,939,903

Tabel 6. 18 *Annual sales value (Sa)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Annual Sales Value</i>	\$49,922,755.61	Rp819,282,342,268.87
TOTAL	\$49,922,755.61	Rp819,282,342,268.87

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada range 40% - 60%. Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas, didapatkan nilai BEP sebesar:

$$BEP = 42.1\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar fixed cost yang menyebabkan pabrik harus ditutup (Aries and Newton, 1955). Keadaan ini terjadi apabila output turun sampai di bawah BEP sehingga biaya untuk melanjutkan pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar fixed cost. SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%.

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

Maka, nilai SDP yang didapat : 18.9%

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate adalah interest rate yang diperoleh Ketika seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk proses produksi. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah kali bunga pinjaman bank. DCFR dapat dihitung dengan metode *Present Value Analysis*.

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

Dimana :

N = Umur pabrik 10 tahun

FC = Rp 538,186,184,898.03

WC = Rp 145,046,217,174.96

SV = Rp 53,818,618,489.80

$$CF = \text{Rp } 237,127,792,311.82$$

$$I = \text{Interest/DCFR} = 0,349024826$$

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah

$$\text{DCFR} = 34.90 \%$$

$$\text{Suku bunga pada tahun 2029} = 1.5 \times 5.75\%$$

$$= 8.63\%$$

6.3.6 Analisa Risiko Pabrik

Untuk mendirikan suatu pabrik, risiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut memiliki risiko yang rendah (*low risk*) atau berisiko tinggi (*high risk*). Adapun parameter untuk menentukan pabrik Metil Laktat yang akan didirikan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 6. 19 Analisa Risiko Pabrik

Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
		Low	High
Kondisi Operasi	Suhu tertinggi dalam proses 214°C	✓	
	Tekanan paling tinggi 4 atm	✓	
Proses Produksi	Dampak pencemaran lingkungan rendah dan efisiensi energi cukup baik		
Karakteristik Bahan Baku dan Produk	Metil Laktat (produk tidak berbahaya dan <i>biodegradable</i>)	✓	
	Asam Laktat (korosif ringan, mudah ditangani)	✓	
	Metanol (mudah terbakar dan beracun jika terhirup)		✓
	Asam Sulfat (korosif tinggi, perlu penanganan ketat)		✓
Regulasi Pemerintah	Metanol diatur sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3), termasuk dalam lampiran PP No. 74 Tahun 2001.		✓
	Asam Sulfat juga tergolong B3 dan harus ditangani sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dan PP No. 101/2014.		✓
	Limbah cair dengan kandungan metanol atau COD tinggi harus diolah hingga memenuhi baku mutu (<i>SNI 19-6763-2002 / PP 22/2021</i>).	✓	
	Produk metil laktat <i>biodegradable</i> dan ramah lingkungan, tidak termasuk bahan beracun menurut Kemenkes/Permen LH.	✓	
	Nilai ambang batas (NAB) untuk metanol di udara kerja = 200 ppm (<i>Per. Menakertrans No. 5 Tahun 2018</i>).	✓	
Keberadaan Pabrik	Pabrik berbasis bio-based chemical mulai banyak dikembangkan, serta sudah tersedia standar keamanan dan referensi proses produksi	✓	

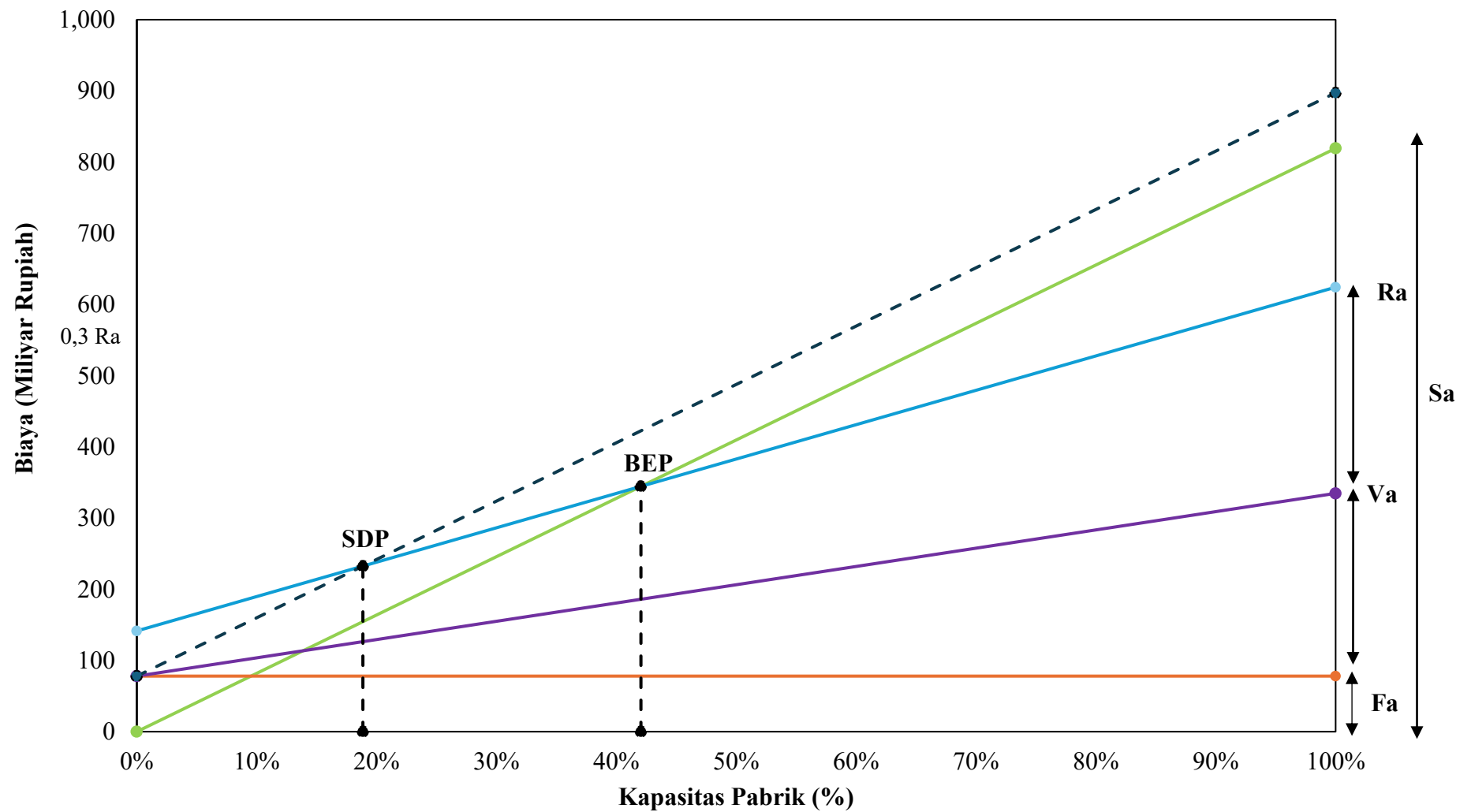
Berdasarkan Parameter diatas dapt disimpulkan perancangan pabrik metil laktat ini memiliki resiko yang rendah atau disebut *low risk*.

Tabel 6. 20 Hasil Analisa Kelayakan

Kriteria	Nilai	Persyaratan	Layak/Tidak
ROI (before tax)	36.2 %	ROI before taxes minimal 11%	Layak
ROI (after tax)	28.98 %		Layak
POT (before tax)	2.76 tahun	POT before taxes maximal 5 tahun	Layak
POT (after tax)	2.56 tahun		Layak
BEP	42.1%	40% - 60%	Layak
SDP	18.9%	-	Layak
DCFR	34.90%	>1,5 bunga bank minimum =8,63%	Layak

Berdasarkan hasil analisis ekonomi, pabrik metil laktat dinilai layak dan menguntungkan untuk didirikan. Nilai *Return on Investment* (ROI) *before tax* sebesar 36,2% telah melampaui batas minimal 11% yang disyaratkan untuk kategori pabrik berisiko rendah. Selain itu, nilai *Pay Out Time* (POT) *before tax* yang mencapai 2,76 tahun menunjukkan waktu pengembalian investasi yang singkat, masih berada di bawah batas maksimal 5 tahun. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,1% juga berada dalam rentang ideal 40%–60%, dan nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,29% mencerminkan efisiensi biaya operasional yang baik. Sementara itu,

nilai *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 34,9% jauh melampaui suku bunga bank minimum sebesar 8,63%, yang semakin memperkuat kelayakan investasi. Dengan terpenuhinya seluruh parameter ekonomi, pabrik metil laktat ini dinyatakan layak untuk didirikan.



Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan

Keterangan Gambar 6.2 :

Fa = *Annual Fixed Cost*

Va = *Annual Variable Cost*

Ra = *Annual Regulated Cost*

Sa = *Annual Sales Cost*

SDP = *Shut Down Point*

BEP = *Break Event Point*

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Pendirian pabrik Metil Laktat dengan kapasitas 10.000 ton per tahun dirancang untuk mulai beroperasi pada tahun 2029 di wilayah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, dekat Sungai Mahakam. Tujuan utama pendirian pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan metil laktat, mengurangi ketergantungan terhadap impor, menciptakan lapangan kerja baru, serta mendorong pertumbuhan industri hilir yang berkaitan di masa mendatang.

Dari sisi ekonomi, hasil evaluasi menunjukkan bahwa proyek ini layak dan menguntungkan dengan risiko yang tergolong rendah. Beberapa indikator ekonomi utama yang mendukung kelayakan proyek ini antara lain: Return on Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 36,2% dan setelah pajak sebesar 28,98%; Pay Out Time (POT) sebelum pajak 2,76 tahun dan setelah pajak 2,56 tahun; Break Even Point (BEP) sebesar 42,1%; Shut Down Point (SDP) sebesar 18,9%; serta Discounted Cash Flow Rate (DCFR) mencapai 34,90%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa investasi dalam pendirian pabrik metil laktat ini memiliki potensi keuntungan yang tinggi serta pengembalian modal yang relatif cepat.

7.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan optimasi pemilihan alat utama maupun alat penunjang serta bahan baku sehingga mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.
- b. Perancangan pabrik kimia harus mempertimbangkan produksi limbah, dengan harapan pabrik yang dibangun lebih ramah lingkungan
- c. Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk Metil Laktat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bold, G. G. (1950). *Unit operation*. John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, K. (2020). Catalysis in esterification processes. *Chemical Engineering Journal*, 52(2), 89–95.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Equipment design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1989). *An introduction to chemical engineering*. Pergamon Press.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1982). *Kimia organik* (Edisi ketiga, Jilid 2) (A. H. Pudjaatmaka, Trans.). Penerbit Erlangga. (Original work published in English)
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3rd ed.). Prentice-Hall International, Inc.
- Johnson, L. (2021). Advances in heterogeneous catalysis. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 34(1), 67–75.
- Jones, A. (2018). Reactions and mechanisms in organic chemistry. *Organic Chemistry Review*, 27(4), 201–209.
- Kern, D. Q. (1983). *Process heat transfer*. McGraw-Hill Book Co., Inc.
- Matche. (2024). *Equipment cost*. <http://www.matche.com/>

- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit operations of chemical engineering* (5th ed.). McGraw-Hill Book Co.
- Miller, R. (2017). Mechanisms in esterification reactions. *Journal of Organic Processes*, 29(3), 188–196.
- Park, N., Park, M.-J., Lee, Y.-J., Ha, K.-S., & Jun, K.-W. (2014). Kinetic modeling of methanol synthesis over commercial catalysts based on three-site adsorption. *Fuel Processing Technology*, 125, 139–147.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1986). *Perry's chemical engineer's handbook* (6th ed.). McGraw-Hill Book Co., Inc.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1980). *Plant design and economics for chemical engineers* (3rd ed.). McGraw-Hill Book Company Inc.
- Pramudityo, D., Ong, J., Rachimoellah, Z., & Zulaikah, S. (2013). Studi awal pembuatan asam laktat dari buah kersen (*Muntingia calabura*). Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Rase, H. F., & Barrow, M. H. (1957). *Project engineering of process plant*. John Wiley and Sons, Inc.
- Smith, J. (2015). Chemistry of esterification. *Journal of Industrial Chemistry*, 45(3), 112–120.
- Smith, J. (2018). Physical and chemical properties of methyl lactate. *Chemical Properties Review*, 24(1), 85–93.

- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbot, M. M. (1987). *Introduction to chemical engineering thermodynamics* (5th ed.). McGraw-Hill Book Company Inc.
- VickRoy, T. B. (1985). Lactic acid. In M. MooYoung (Ed.), *Comprehensive biotechnology* (Vol. 3, pp. 761–776). Pergamon Press.
- Wang, X. (2016). Applications of methyl lactate in industry. *Industrial Applications Journal*, 33(2), 142–150.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical properties handbook*. McGraw-Hill Handbook.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR-01

Kode : R-01

Fase : Cair-cair

Fungsi : Mereaksikan asam laktat dan methanol dengan katalis asam sulfat untuk menghasilkan metil laktat

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

Bahan : *Stainless Steel SA-240 Grade 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : T : 100°C
P : 4 atm

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Input		Output	
		mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)	mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)
CH ₃ OH	32	15,176	485,625	3,035	97,125
C ₃ H ₆ O ₃	90	15,176	1.365,822	3,035	273,164
H ₂ O	18	13,438	241,888	25,579	460,419
C ₄ H ₈ O ₃	104	-	-	12,141	1.262,626
H ₂ SO ₄	98	0,065	6,405	0,065	6,405
Total		43,855	2.099,740	43,855	2.099,740

B. Densitas

Menghitung massa jenis komponen pada suhu 100 °C / 373.15 K

Komponen	Densitas Aspen (kg/m ³)	Input (kg/jam)	fraksi massa	ρL campuran (kg/m ³)
CH ₃ OH	1094,82	1.365,8217	0,650471818	712,1495557
C ₃ H ₆ O ₃	709,956	485,6255	0,231278869	164,1978204
H ₂ O	956,678	241,8876	0,115198838	110,2081943
H ₂ SO ₄	1.755,75	6,405	0,00	5,36
Total		2.099,740	1,00	991,911

C. Viskositas

Komponen	Input (kg/jam)	fraksi massa	μ	μ campuran (cP)
CH ₃ OH	1.365,8217	0,6505	0.254	0.165
C ₃ H ₆ O ₃	485,6255	0,2313	2.403	0.556
H ₂ O	241,8876	0,1152	0.280	0.032
H ₂ SO ₄	6,405	0,0031	3.501	0.011
Total	2.099,740	1,00	6.438	0.764

Persamaan reaksi pada reaktor:



D. Design Equation

2. Menghitung Kecepatan Aliran Volumetrik

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

$$= 2,116862338 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2.116,862338 \text{ liter/jam}$$

3. Menghitung Konsentrasi

$$C_{Ao} = \frac{n_a}{F_v}$$

Total umpan mula-mula $C_{Ao} = 7,1690 \text{ mol/liter}$

$$C_{Bo} = \frac{n_b}{F_v}$$

Total umpan mula-mula $C_{Bo} = 7,1690$ mol/liter

$$C_{Co} = \frac{n_c}{F_v}$$

Total umpan mula-mula $C_{Co} = 0,03088$ mol/liter

$$C_A = C_{Ao} \times (1 - X)$$

Total Umpan konsentrasi $C_{Ao} = 1,4338$ mol/liter

$$C_B = C_{Bo} - (C_{Ao} \times X)$$

Total Umpan konsentrasi $C_{Bo} = 6,3690$ mol/liter

4. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

Konstanta Kecepatan Reaksi (k) = 5,1378 / jam

5. Menghitung Waktu Tinggal

$$\tau = \frac{X_n}{k \cdot (1 - X_n)}$$

$$\tau = 0,7785 \text{ jam}$$

$$= 46,7126 \text{ menit}$$

$$= 2.802,756042 \text{ detik}$$

6. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{F_v(X_{A1} - X_{A0})}{k(1 - X_{A1})}$$

Perancangan reaktor dibuat dengan faktor keamanan sebesar 20%,
sehingga volume reaktor menjadi

$$\text{Volume Reaktor} = 1,648069 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Over Design 20\%} &= 1,2 \times 1,648069 \text{ m}^3 \\ &= 1,977682 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Reaktor berbentuk silinder vertical terdiri dari dinding (shell) dan tutup atas serta bawah (head) yang berbentuk torispherical. Dengan perbandingan diameter dan tinggi 1:2.

$$D = 2 H$$

D = Diameter reaktor

H = Tinggi reaktor

$$\text{Volume Head Torispherical} = V_{head} = 0,000049 \times ID^3$$

D : 2 H = 1 : 2 Sehingga,

$$\begin{aligned} V_{Reaktor\ total} &= V_{shell} + (2 V_{head}) \\ &= 1,977682 \text{ m}^3 + 0,306712878 \text{ m}^3 \\ &= 2,2844 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

7. Menghitung Dimensi Reaktor

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}}$$

D : 2 H (Brownell, 1959)

Dimana,

$$D = 1,080 \text{ m}$$

Maka nilai H :

$$H = 2,160 \text{ m}$$

8. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{shell} = 1,97768 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,15336 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{cairan} &= 1,97768 \text{ m}^3 - 0,15336 \text{ m}^3 \\ &= 1,82433 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h_{cairan} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot ID^2}$$

$$h_{cairan} = 1,255 \text{ m}$$

9. Menghitung Tekanan *Design*

Tekanan Reaksi = 4 atm

$$= 58,78 \text{ Psi}$$

$$P_{hidrostatik} = \rho_{campuran} \times g \times h$$

$$P_{hidrostatik} = 991,911 \times 9,81 \times 2,099$$

$$= 20.426,80 \text{ Pa}$$

$$= 2,962656 \text{ Psi}$$

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

$$= 2,962656 \text{ Psi} + 58,78 \text{ Psi}$$

$$= 61,7465 \text{ Psi}$$

Tekanan *Over Design* sebesar 20%

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times 61,7465 \text{ Psi}$$

$$= 74,0957 \text{ Psi}$$

10. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

t_s = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = Allowable stress (18,750 psi)

r_i = Jari-jari dalam storage (in)

E = Efisiensi pengelasan (80% (*double welded butt joint*))

C = Faktor korosi (0,125 in)

$$t_s = \frac{P_d r_i}{f E - 0,6 P_d} + C$$

$$t_s = \frac{74,0957 \times 1,361}{18,750 \times 0,8 - 0,6 \times 74,0957} + 0,125$$

$$t_s = 0,2 \text{ in}$$

Diambil t_s standar, yaitu:

$$t_s = 1/4 \text{ in} = 0,25 \text{ in (Brownell \& Young, p. 88, table 5.7)}$$

$$\text{ID shell} = 42,5197 \text{ in}$$

$$\text{OD} = \text{ID} + 2 t_s$$

$$= 42,5197 \text{ in} + (2 \times 0,25)$$

$$= 43,0191 \text{ in}$$

OD standar yang di dapat dari (Brownell & Young, page 90, table 5.7)

adalah, $OD_{\text{standar}} = 48 \text{ in}$. Serta didapatkan nilai icr dan r sebagai berikut:

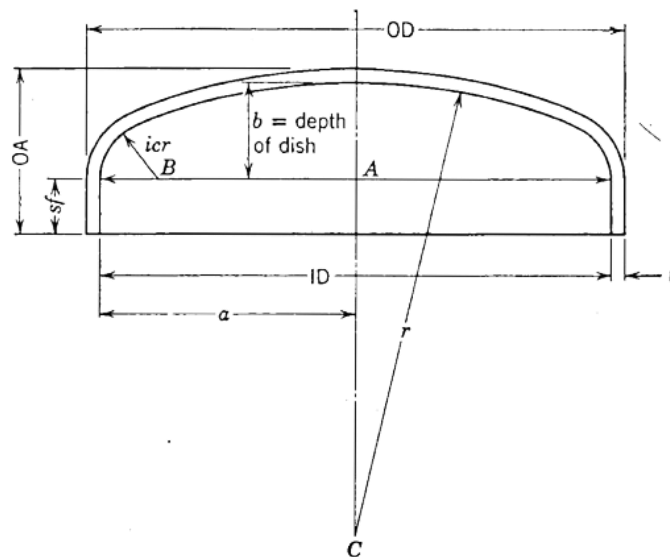
$$icr = 3 \text{ in}$$

$$r = 48 \text{ in}$$

11. Perancangan Dimensi *Head*

Bentuk : *Torispherical Dishead Head*

Dasar pemilihan : Digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam rentang 15 psig (1,020689 atm) – 200 psig (13,60919 atm) dan harga lebih ekonomis.



Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

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

(Brownell & Young, p. 138, eq. 7.77)

Keterangan :

t_h = tebal head

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress

E = joint efficiency

C = corrosion allowance

P = tekanan desain

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{48}{3}} \right)$$

$$w = 1,750 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{74,0957 \times 48 \times 1,750}{2 \times 18.750 \times 0,8 - 0,2 \times 74,0957} + 0,125$$

$$t_h = 2,216 \text{ in}$$

$$t_h \text{ standar} = 2.5 \text{ in (Brownell \& Young, p. 88)}$$

$$\text{tebal } bottom = \text{tebal } head = 2.5 \text{ in untuk } t_h$$

$$\text{maka, sf} = 1.5 - 4.5 \text{ (Brownell \& Young, p. 88)}$$

$$\text{dipilih, sf} = 4.5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= (ID/2) - icr \\ &= (47.9873/2) - 3 \\ &= 20,99365 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= rc - icr \\ &= 48 - 3 \\ &= 45 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan *depth of dish*

$$\begin{aligned} b &= rc - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 48 - \sqrt{45^2 - 20,99365^2} \\ &= 8,1972 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tinggi dan volume *dish head*

$$\begin{aligned} OA &= t_h + b + sf \\ &= 2,216 \text{ in} + 8,1972 \text{ in} + 4.5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 14,913 \text{ in}$$

Maka, tinggi total reaktor = tinggi *head* + tinggi *bottom* + tinggi *shell*

$$= 14,913 \text{ in} + 14,913 \text{ in} + 53.571 \text{ in}$$

$$= 83.396 \text{ in}$$

$$= 2.1183 \text{ m}$$

12. Menghitung Dimensi Pengaduk

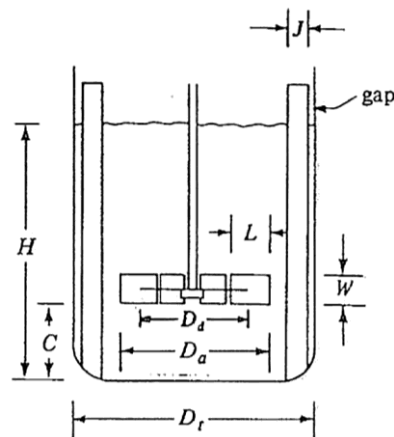
$$V = 1,648069 \text{ m}^3$$

$$\rho = 991,911 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,764 \text{ cP}$$

Jenis pengaduk yang digunakan adalah flat six blade turbine, impeller jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Dalam perancangan untuk pengaduk, dilakukan dengan prinsip similaritas menggunakan model yang sesuai dengan referensi di buku.



Keterangan:

Dt = Diameter ASME (1,219 m)

Da = Diameter Propeller

E = Panjang Propeller dari Dasar

L = Lebar Propeller

L = Lebar Baffle

W = Tinggi Propeller

H = Tinggi Cairan

Jumlah *Baffle* = 4 buah

Jumlah Pengaduk = 1 buah

Dimensi:

$$\begin{aligned} Da &= Dt/3 \\ &= 1,219 \text{ m}/3 \\ &= 0,406 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= Dt/3 \\ &= 1,219 \text{ m}/3 \\ &= 0,406 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{propeller} &= Da/4 \\ &= 0,406 \text{ m}/4 \\ &= 0,102 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{baffle} &= Dt/12 \\ &= 1,219 \text{ m}/12 \\ &= 0,102 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= Da/5 \\ &= 0,406 \text{ m}/5 \\ &= 0,081 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 1,1 \times Dt \\ &= 1,1 \times 1,219, \\ &= 1,341 \text{ m} \end{aligned}$$

13. Menghitung Power Pengaduk

a. *Specific Gravity*

$$sg = 1,037$$

$$WELH = 1,301 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah putaran (N)} = 746,01 \text{ rpm} = 12,43 \text{ rps.}$$

b. Menghitung Power Pengaduk

$$\text{Power number (Np)} = 7$$

$$\rho = 991,911 \text{ kg/m}^3 = 0,992 \text{ g/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 N_i &= 12,433 \text{ rps} \\
 D_i &= 40,64 \text{ cm} \\
 g_c &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 P_a &= 15 \text{ kW} \\
 P &= \text{Efisiensi} \times P_a \\
 P &= 80\% \times P_a \\
 P_{\text{Standar}} &= 20 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

14. Jaket Pendingin

a. Neraca total panas reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H_{\text{in}} \text{ (kJ/jam)}$	$\Delta H_{\text{out}} \text{ (kJ/jam)}$
CH ₃ OH	101587.3921	20317.47842
C ₃ H ₆ O ₃	322017.2684	64403.45369
H ₂ O	74647.51299	142087.2256
C ₄ H ₈ O ₃	-	166828.8352
H ₂ SO ₄	413.5572507	413.5572507
ΔH_{Reaksi}		1256042.124
Q Pemanas	1151426.943	
Total	1650092.674	1650092.674

b. Kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{Q_w}{C_p \cdot \Delta T} \\
 m &= \frac{1256042,1235}{14,2537} \\
 m &= 88120,265 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung LMTD

Komponen	°C	K	F
Suhu fluida panas masuk	100	373,15	212
Suhu fluida panas keluar	100	373,15	212
Suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
Suhu fluida dingin keluar	50	323,15	122

Notasi	Fluida Panas (°C)	Fluida Dingin (°C)	ΔT (°C)
1	100	50	50
2	100	25	75

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

$$\Delta T_{LTMD} = 110,98 \text{ F}$$

d. Heat Transfer Area

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LTMD}}$$

$$A = 71,5257 \text{ ft}^2$$

e. Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D L$$

$$= 24.0316 \text{ ft}^2$$

f. Volume Air Pendingin

$$V_{air \text{ pendingin}} = \frac{m_{air \text{ pendingin}}}{\rho_{air \text{ pendingin}}}$$

$$= 5,6851 \text{ m}^3/\text{jam}$$

g. Diameter Jacket

$$D1 \text{ (dalam jaket)} = DR + (2 \cdot ts)$$

$$= 46,9504 \text{ in}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 5 \text{ in}$$

$$D2 \text{ (luar jaket)} = D1 + (2 \times \text{jarak jaket})$$

$$= 46,9504 \text{ in} + (2 \times 0,127 \text{ m})$$

$$= 56,950 \text{ in}$$

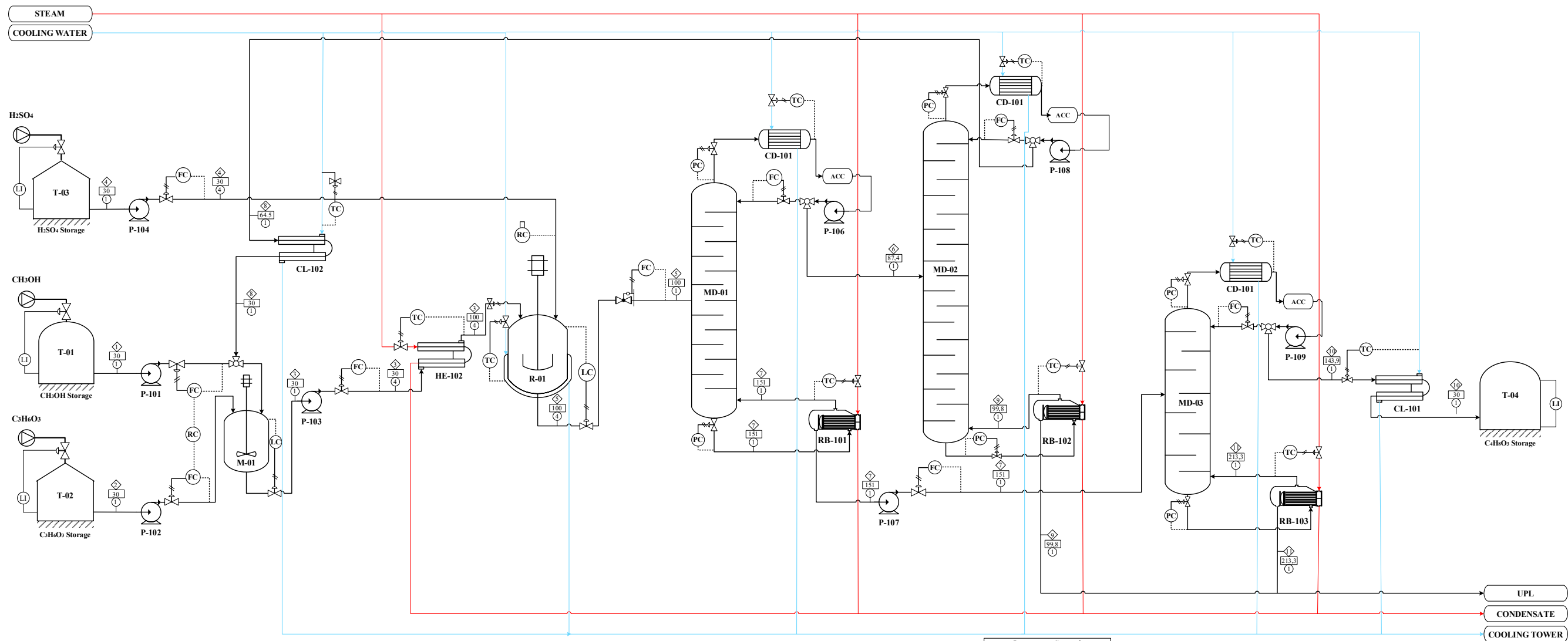
$$= 1,4465 \text{ m}$$

h. Jacket Pendingin

REAKTOR - 01					
Jaket pendingin :	Tinggi	1.21920	ft	1,2912	m
	Diameter	56.950	ft	1,4465	m
	Luas Selimut	24.0316	ft ²	7.3248	m ²

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
(PEFD)

DIAGRAM ALIR PROSES
PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI ASAM LAKTAT DAN METANOL
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



Laju Alir Massa (kg/jam)											
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CH ₃ OH	396,084	0	1942,502	0	1554,002	1554,002	0	1546,418	7,484	0	0
C ₃ H ₆ O ₃	0	1365,822	1365,822	0	273,164	0	273,164	0	0	2,732	270,433
H ₂ O	0,660	241,027	243,945	0,222	462,699	462,653	0,046	460,395	460,395	0	0
C ₄ H ₈ O ₃	0	0	0	0	1262,626	0,126	1262,250	0	0,126	1249,875	12,625
H ₂ SO ₄	0	0	0	10,870	10,870	0	10,870	0	0	0	10,870
Jumlah	396,744	1606,849	3552,269	6,536	3563,361	2016,780	1546,581	2016,780	468,105	1252,653	290,928

Keterangan Alat	
CD	Condensor
CL	Cooler
HE	Heat Exchanger
M	Mixer
MD	Menara Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki
ACC	Akumulator

Instrumen Control	
FC	Flow control
LC	Level control
TC	Temperature control
RC	Ratio control
PC	Pressure control
Keterangan Instrumen Simbol	
○	Tekanan (atm)
□	Suhu (°C)
◇	Nomor Arus
⋈	Control valve
⋈	Pressure reducing valve
—	Pneumatic signal
---	Electric signal
---	Piping



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOWS DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK METIL LAKTAT DARI ASAM LAKTAT
DAN METHANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

1. Arya Aditya Wisesa

(20521204)

2. Raihana Abdul Aziz Baraba

(21521045)

Dosen Pembimbing :

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., Dr.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PERANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa 1 : Raihana Abduln Aziz Baraba
 NIM : 21521045
 Nama Mahasiswa 2 : Arya Aditya Wisesa
 NIM : 20521204
 Judul Perancangan : Pra Rancangan Pabrik Metil Laktat dari Asam Laktat dan Metanol Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 12 September 2024
 Selesai Masa Bimbingan : 31 Mei 2025
 Nama Dosen Pembimbing : Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.,

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf dosen
1.	26 September 2024	Bimbingan perdana terkait judul	
2.	30 September 2024	Bimbingan Pergantian Judul	
3.	10 Oktober 2024	Kinetika reaksi dan Kapasitas Pabrik	
4.	14 Oktober 2024	Pemilihan Proses dan Diagram Alir proses	
5.	28 Oktober 2024	Neraca Massa dan Perancangan Reaktor	
6.	20 November 2024	Perancangan Reaktor	
7.	8 Februari 2025	Menara Distilasi 1 dan 2	
8.	20 Februari 2025	Menara Distilasi 3	
9.	24 Februari 2025	PEFD	
10.	26 Februari 2025	Tangki penyimpanan, pompa, <i>expansion valve</i>	
11.	12 Maret 2025	Alat penukar panas	
12.	25 April 2025	Neraca Panas	
13.	14 Mei 2025	Lokasi dan tata letak Pabrik	
14.	21 Mei 2025	Perancangan Utilitas	

15.	25 Mei 2025	Evaluasi ekonomi	
-----	-------------	------------------	---

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 31 Mei 2024

Pembimbing,



Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.,