

TUGAS DESAIN PABRIK - TK184803

**PRA DESAIN PABRIK
ASAM LAKTAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT**

MUHAMMAD AARON SAVERO
NRP 02211840000026

CINDY AYU ANGGRAINI
NRP 02211840000062

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
NIP. 19510804 197412 1001
Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.
NIP. 19761020 200501 2001

Program Studi Teknik Kimia
Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022



TUGAS DESAIN PABRIK - TK184804

**PRA DESAIN PABRIK
ASAM LAKTAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT**

MUHAMMAD AARON SAVERO

NRP 02211840000026

CINDY AYU ANGGRAINI

NRP 02211840000062

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc

NIP. 19510804 197412 1001

Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.

NIP. 19761020 200501 2001

Program Studi Teknik Kimia

Departemen Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FACTORY DESIGN PROJECT - TK184804

PRE FACTORY DESIGN LACTIC ACID FROM OIL PALM EMPTY FRUITS

MUHAMMAD AARON SAVERO

NRP 02211840000026

CINDY AYU ANGGRAINI

NRP 02211840000062

Advisor

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc

NIP. 19510804 197412 1001

Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.

NIP. 19761020 200501 2001

Undergraduate Study Program Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PRA DESAIN PABRIK ASAM LAKTAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

TUGAS DESAIN PABRIK

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Kimia
Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

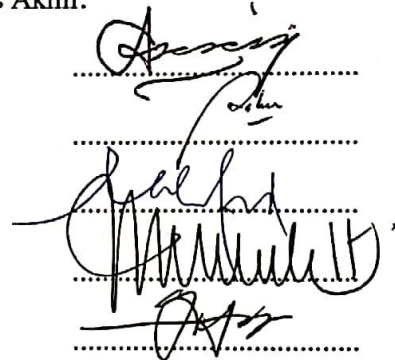
Oleh:

MUHAMMAD AARON SAVERO
0221184000026

CINDY AYU ANGGRAINI
0221184000062

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
2. Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.
3. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA.
4. Ir. Nuniek Hendrianie, M.T.
5. Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D.



SURABAYA
Juli, 2022

APPROVAL SHEET

PRE FACTORY DESIGN LACTIC ACID FROM OIL PALM EMPTY FRUITS

FACTORY DESIGN PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of engineering at
Undergraduate Study Program of Bachelor of Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

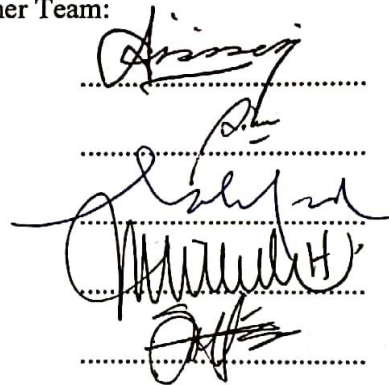
By:

MUHAMMAD AARON SAVERO
NRP. 02211840000026

CINDY AYU ANGGRAINI
NRP. 02211840000062

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
2. Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.
3. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA.
4. Ir. Nuniek Hendrianie, M.T.
5. Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D.



SURABAYA
July, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Muhammad Aaron Savero/ 02211840000026
Cindy Ayu Anggraini / 022118400000062
Departemen : Teknik Kimia FTIRS - ITS
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc / 19510804 197412 1001
Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T./ 19761020 200501 2001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Design Pabrik dengan judul "Pra Desain Pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juli 2022

Mahasiswa 1,



(Muhammad Aaron Savero)
NRP. 02211840000026

Mahasiswa 2,



(Cindy Ayu Anggraini)
NRP. 02211840000062

Mengetahui

Dosen Pembimbing 1,



(Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc)
NIP. 19510804 197412 1001

Dosen Pembimbing 2,



(Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.)
NIP. 19761020 200501 2001

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Muhammad Aaron Savero/ 02211840000026
Cindy Ayu Anggraini / 022118400000062
Department : Chemical Engineering FTIRS - ITS
Advisor / NIP : Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc / 19510804 197412 1001
Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T./ 19761020 200501 2001

hereby declare that the Final Project with the title of "Pre Factory Design Lactic Acid from Oil Palm Empty Fruits" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 2022

Student 1,



(Muhammad Aaron Savero)
NRP. 02211840000026

Student 2,



(Cindy Ayu Anggraini)
NRP. 02211840000062

Acknowledged

Advisor 1,



(Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc)
NIP. 19510804 197412 1001

Advisor 2,



(Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.)
NIP. 19761020 200501 2001

ABSTRAK

Asam laktat merupakan salah satu bahan kimia yang penggunaannya sangat luas. Pada industri makanan dan minuman, aplikasi asam laktat kedua terbesar setelah *Polylactic acid*. PLA merupakan polimer *biodegradable* dan *biocompatible* ramah lingkungan dapat menggantikan plastik *non-biodegradable* konvensional yang diproduksi dengan menggunakan asam laktat. Penggunaan polimer sintetis dan bahan plastik yang semakin tahun semakin meningkat salah satunya plastik yang banyak digunakan mulai dari kegiatan domestik dalam segi rumah tangga, komersial, maupun industri. Asam laktat juga digunakan di dalam industri makanan, biopolimer, obat-obatan, kosmetik, detergen, dan susu sehingga memiliki potensi pasar yang besar di industri makanan.

Kebutuhan asam laktat mengalami peningkatan setiap tahunnya yang masih dipenuhi secara impor, untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan memiliki peluang yang tinggi serta prospek pasar yang menjanjikan maka perancangan pabrik asam laktat dengan kapasitas 7000 ton/tahun dengan memanfaatkan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TTKS) sebagai bahan baku di Indonesia. Proses pembuatan asam laktat melalui beberapa tahap proses, meliputi proses pretreatment dengan *steam explosion* menggunakan bantuan NaOH untuk mempermudah proses hidrolisisnya pada suhu 180°C dan tekanan 12 bar selama 1 jam, kemudian pembentukan asam laktat melalui proses konversi katalik pada suhu 240°C selama 4 jam dengan kecepatan pengaduk pada 600 rpm dengan katalis Ba(OH)₂, proses pemurnian asam laktat melalui proses distilasi untuk memurnikan asam laktat dengan produk samping kemudian dilakukan pengendapan asam laktat dengan bantuan kalsium hidroksida dan asam sulfat setelah itu melalui proses esterifikasi dengan pelarut metanol pada suhu 90°C dan pengaduk pada skala 6 selama 6 jam.

Pabrik asam laktat dari TKKS ini didirikan di Kawasan Industri Dumai, Riau karena ketersediaan bahan baku yang amat melimpah dan dekat di daerah tersebut, ketersediaan air melimpah, sumber energi listrik cukup memadai, jumlah tenaga kerja pada usia kerja memenuhi, dan topologi daerah yang memadai. Kebutuhan Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk pabrik ini sebanyak 490.951 kg/hari dengan sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 60% biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 40% biaya investasi dengan bunga sebesar 8,00 % per tahun. Dari analisa perhitungan ekonomi didapat hasil-hasil sebagai berikut :

- CAPEX : Rp 281.521.387.072
- OPEX : Rp 887.535.770.139
- NPV : Rp 62.435.295.460
- IRR : 19,45%
- POT : 6,02 year
- BEP : 66.51%

Berdasarkan hasil perhitungan teknis dan evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan kapasitas 7000 ton/hari ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Asam Laktat, Distilasi Reaktif, Konversi Katalik, *Steam Explosion*, Tandan Kosong Kelapa Sawit

ABSTRACT

Lactic acid is one of the most widely used chemicals. In the food and beverage industry, the second largest application of lactic acid after polylactic acid. PLA is an environmentally friendly biodegradable and biocompatible polymer that can replace conventional non-biodegradable plastics produced using lactic acid. The use of synthetic polymers and plastic materials is increasing every year, one of which is plastic which is widely used starting from domestic activities in terms of household, commercial, and industrial. Lactic acid is also used in the food industry, biopolymers, pharmaceuticals, cosmetics, detergents, and milk so it has a large market potential in the food industry.

The need for lactic acid is increasing every year which is still met by imports, to meet domestic needs and have high opportunities and promising market prospects, the design of a lactic acid factory with a capacity of 7000 tons/year by utilizing Empty Palm Oil Bunches (TTKS) as an ingredient standard in Indonesia. The process of making lactic acid goes through several stages, including a pretreatment process with steam explosion using NaOH to facilitate the hydrolysis process at a temperature of 180°C and a pressure of 12 bar for 1 hour, then the formation of lactic acid through a catalytic conversion process at a temperature of 240°C for 4 hours with stirring speed at 600 rpm with Ba(OH)₂ catalyst, lactic acid purification process through the distillation process to purify lactic acid with by-products then precipitation of lactic acid with the help of calcium hydroxide and sulfuric acid after that through the esterification process with methanol solvent at a temperature of 90°C and stirrer on a scale of 6 for 6 hours.

This lactic acid factory from TKKS was established in the Dumai Industrial Estate, Riau due to the availability of raw materials that are very abundant and close to the area, the availability of abundant water, adequate sources of electrical energy, the number of workers at working age is adequate, and the topology of the area is adequate. The need for Empty Palm Oil Bunches for this mill is 490,951 kg/day with investment funds coming from own capital of 60% investment costs and short-term loans of 40% investment costs with an interest of 8.00% per year. From the analysis of economic calculations obtained the following results:

- CAPEX : Rp 281.521.387.072
- OPEX : Rp Rp887.535.770.139
- NPV : Rp 62.435.295.460
- IRR : 19,45%
- POT : 6,02 year
- BEP : 66.51%

Based on the results of technical calculations and economic evaluations that have been carried out, the Lactic Acid factory from Oil Palm Empty Fruit Bunches with a capacity of 7000 tons/day is feasible to build.

Keywords: Lactic Acid, Reactive Distillation, Catalytic Conversion, Steam Explosion, Oil Palm Empty Fruit Bunches

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah S.W.T karena atas rahmat-Nya penyusunan laporan “**Pra-Desain Pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit**” ini dapat kami selesaikan.

Laporan tugas pra desain pabrik ini ditulis sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar kesarjanaan Program Studi S-1 di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas pra desain pabrik ini, terutama kepada:

1. Orang tua dan keluarga kami atas segala doa, dukungan dan pengertian yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Eng Widiastuti, ST.,MT. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Susianto, DEA selaku Kepala Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa yang telah banyak memberikan masukan bagi kami.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc dan Ibu Dr. Yeni Rahmawati, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi masukan kepada kami.
5. Ibu Siti Nurkhamidah, S.T.,MS.,Ph.D. dan Bapak Fadlilatul Taufany, S.T.,Ph.D selaku dosen Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa.
6. Bapak dan Ibu selaku dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang turut membantu kami.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna sehingga diperlukan evaluasi untuk peningkatan kualitas yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Surabaya, Juli 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
APPROVAL SHEET.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Tinjauan Pasar Produk	1
I.2 Teknologi Proses dan Seleksi Proses	2
I.2.1 Teknologi Produksi	2
I.2.2 Seleksi Proses	6
BAB II DATA DASAR PERANCANGAN	9
II.1 Ketersediaan Bahan Baku dan Produk.....	9
II.1.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	9
II.1.2 Komposisi	10
II.2 Kapasitas	11
II.3 Lokasi dan Ketersediaan Utilitas	11
II.3.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	12
II.3.2 Sumber Energi Listrik dan Air	12
II.3.3 Lokasi Pemasaran	12
II.3.4 Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi	12
II.3.5 Sumber Tenaga Kerja	13
II.3.6 Hukum dan Peraturan	13
II.3.7 Iklim dan Topografi.....	13
BAB III URAIAN PROSES TERPILIH	16
III.1 Diagram Balok	16
III.2 Diagram Alir Proses.....	16
III.3 Uraian Proses	18
III.3.1 Tahap Persiapan (Pretreatment).....	18
III.3.2 Tahap Konversi Katalik.....	18
III.3.3 Tahap Pemurnian (Purifikasi).....	19

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	20
IV.1 Neraca Massa dan Energi.....	20
IV.1.1 Neraca Massa.....	20
IV.1.2 Neraca Energi	38
IV.2 Kebutuhan Energi dan Power	41
IV.2.1 Kebutuhan Energi	42
IV.2.2 Kebutuhan Power	42
BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN	44
V.1 Daftar Peralatan	44
V.2 Daftar dan Harga Peralatan.....	51
BAB VI ANALISA EKONOMI DAN ANALISA DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN	56
VI. 1 Asumsi – Asumsi	56
VI.2 CAPEX dan OPEX	56
VI.3 NPV, IRR, POT, Cash Flow, Sensitivitas terhadap IRR	57
VI.3.1 <i>Net Present Value</i> (NPV)	57
VI.3.2 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	57
VI.3.3 Analisa Waktu Pengembalian Modal (<i>Pay Out Time/POT</i>).....	57
VI.3.4 Aliran Keuangan (<i>Cashflow</i>)	58
VI.3.5 Sensitivitas Terhadap IRR	58
VI.4 Aspek Sosial dan Lingkungan	59
VI.4.1 Aspek Sosial	59
VI.4.2 Aspek Lingkungan.....	60
BAB VII KESIMPULAN.....	61
VII.1 Diskusi	61
VII.1.1 Tinjauan Secara Teknis	61
VII.1.2 Tinjauan Secara Ekonomis	61
VII.2 Kesimpulan	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
BIODATA PENULIS	64
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA dan NERACA PANAS.....	A-1
LAMPIRAN B PERHITUNGA SPESIFIKASI ALAT.....	B-1
LAMPIRAN C PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Pasar Asam Laktat Secara Global	2
Gambar I. 2 Struktur isomer L (+) dan D (-) dari asam laktat.....	3
Gambar I. 3 Reaksi pada Konversi Katalik	5
Gambar II. 1 Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia	9
Gambar II. 2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	10
Gambar II. 3 Peta Topografi Provinsi Riau	14
Gambar II. 4 Peta Topografi Kalimantan Barat	14
Gambar II. 5 Peta topografi Kabupaten Pelalawan	15
Gambar III. 1 Diagram Balok Proses Pembuatan Asam Laktat	16
Gambar III. 2 Process Flow Diagram Pabrik Asam Laktat	17
Gambar III. 3 Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH.....	18
Gambar III. 4 Reaksi pada Konversi Katalik	19
Gambar IV. 1 Aliran Massa pada <i>Rotary Washer</i> (H-120)	20
Gambar IV. 2 Aliran Massa pada <i>Shredder</i> (C-130).....	21
Gambar IV. 3 Aliran Massa pada <i>Ball Mill</i> (C-140)	22
Gambar IV. 4 Aliran Massa pada <i>Screener</i> (A-141)	23
Gambar IV. 5 Aliran Massa pada <i>NaOH Dillution Tank</i> (F-161)	24
Gambar IV. 6 Aliran Massa pada <i>Steam Explosion Reactor</i> (R-160)	25
Gambar IV. 7 Aliran Massa pada Tangki <i>Flash</i> (R-170)	26
Gambar IV. 8 Aliran Massa pada <i>Centrifuge</i> (H-171)	27
Gambar IV. 9 Aliran Massa pada <i>Ba(OH)₂ Dillution Tank</i> (F-201)	28
Gambar IV. 10 Aliran Massa pada <i>Catalyst Convertio Reactor</i> (R-200)	28
Gambar IV. 11 Aliran Massa pada <i>Rotary Filter</i> (H-202)	29
Gambar IV. 12 Aliran Massa pada Menara Distilasi I (D-300)	30
Gambar IV. 13 Aliran Massa pada Menara Distilasi II (D-310)	31
Gambar IV. 14 Aliran Massa pada Tangki Reaksi Ca(OH)_2 (R-320)	32
Gambar IV. 15 Aliran Massa pada Centrifuge (H-321)	33
Gambar IV. 16 Aliran Massa pada H_2SO_4 Reaktor (R-330).....	34
Gambar IV. 17 Aliran Massa pada <i>Centrifuge</i> (H-331)	35
Gambar IV. 18 Aliran Massa pada <i>Static Mixer Metanol</i> (R-340)	35
Gambar IV. 19 Aliran Massa pada Menara Distilasi III (R-350).....	36
Gambar IV. 20 Aliran Energi pada <i>Steam Explosion Reactor</i> (R-160).....	38
Gambar IV. 21 Aliran Energi pada Tangki <i>Flash</i> (R-170).....	38
Gambar IV. 22 Aliran Energi pada <i>NaOH Dillution Tank</i> (R-161)	39
Gambar IV. 23 Aliran Energi pada <i>Ba(OH)₂ Dillution Tank</i> (R-201)	39
Gambar IV. 24 Aliran Energi pada <i>Catalyst Conversion Reactor</i> (R-170).....	40
Gambar IV. 25 Aliran Energi pada <i>Cooler</i> (E-1)	40
Gambar IV. 26 Aliran Energi pada Menara Distilasi I (D-300).....	40
Gambar IV. 27 Aliran Energi pada Menara Distilasi II (D-310).....	41
Gambar IV. 28 Aliran Energi pada Menara Distilasi III (D-350)	41
Gambar V. 1 Layout Pabrik Asam Laktat dari TKKS	52
Gambar V. 2 P&ID Reactor Konversi Katalik	53
Gambar VI. 1 Grafik Sensitivitas Terhadap IRR	59

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 <i>Supply – Demand</i> Asam Laktat di Indonesia	1
Tabel I. 2 Data Kapasitas Pabrik Asam Laktat di Dunia	2
Tabel I. 3 Mikroorganisme yang Digunakan untuk Produksi Asam Laktat	3
Tabel I. 4 Perbandingan Tipe Proses Pembuatan Asam Laktat	6
Tabel I. 5 Seleksi Proses Produksi Asam Laktat	7
Tabel I. 6 Perbandingan Penggunaan 0,1M Katalis	7
Tabel I. 7 Seleksi Katalis	7
Tabel I. 8 Perbandingan Tipe Proses Purifikasi Asam Laktat	8
Tabel I. 9 Seleksi Proses Purifikasi Asam Laktat	8
Tabel II. 1 Komponen Tandan Kosong Kelapa Sawit	10
Tabel II. 2 Yield Product pada Pembuatan Asam Laktat	10
Tabel II. 3 Sifat Fisik Asam Laktat	10
Tabel II. 4 Perhitungan Pertumbuhan Rata-rata Ekspor dan Impor Asam Laktat di Indonesia	11
Tabel II. 5 Estimasi Ekspor dan Impor Asam Laktat di Indonesia Tahun 2025	11
Tabel II. 6 Data Statistik Sumber Energi Listrik dan Air	12
Tabel II. 7 Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi	12
Tabel II. 8 Data Statistik Sumber Tenaga Kerja	13
Tabel II. 9 Data Iklim dan Topografi	13
Tabel II. 10 Seleksi Penentuan Lokasi Pabrik Asam Laktat	15
Tabel IV. 1 Komposisi dari feed Tandan Kosong Kelapa Sawit	20
Tabel IV. 2 Neraca Massa pada <i>Rotary Washer</i> (H-120)	21
Tabel IV. 3 Neraca Massa pada <i>Shredder</i> (C-130)	22
Tabel IV. 4 Neraca Massa pada <i>Ball Mill</i> (C-140)	22
Tabel IV. 5 Neraca Massa pada <i>Screen</i> (A-141)	23
Tabel IV. 6 Neraca Massa pada <i>NaOH Dillution Tank</i> (F-161)	24
Tabel IV. 7 Neraca Massa pada <i>Steam Explosion Reactor</i> (R-160)	25
Tabel IV. 8 Neraca Massa pada Tangki <i>Flash</i> (R-170)	26
Tabel IV. 9 Neraca Massa pada <i>Centrifuge</i> (H-171)	27
Tabel IV. 10 Neraca Massa pada <i>Ba(OH)₂ Dillution Tank</i> (F-201)	28
Tabel IV. 11 Neraca Massa pada <i>Catalyst Convertio Reactor</i> (R-200)	28
Tabel IV. 12 Neraca Massa pada <i>Rotary Filter</i> (H-202)	29
Tabel IV. 13 Neraca Massa pada Menara Distilasi I (D-300)	30
Tabel IV. 14 Neraca Massa pada Menara Distilasi II (D-310)	31
Tabel IV. 15 Neraca Massa pada Tangki Reaksi Ca(OH)_2 (R-320)	32
Tabel IV. 16 Neraca Massa pada <i>Centrifuge</i> (H-321)	33
Tabel IV. 17 Neraca Massa pada H_2SO_4 Reaktor (R-330)	34
Tabel IV. 18 Neraca Massa pada <i>Centrifuge</i> (H-331)	35
Tabel IV. 19 Neraca Massa pada <i>Static Mixer Metanol</i> (R-340)	36
Tabel IV. 20 Neraca Massa pada Menara Distilasi III (D-350)	36
Tabel IV. 21 Neraca Energi pada <i>Steam Explosion Reactor</i> (R-160)	38
Tabel IV. 22 Neraca Energi pada Tangki <i>Flash</i> (R-170)	38
Tabel IV. 23 Neraca Energi pada <i>NaOH Dillution Tank</i> (F-161)	39
Tabel IV. 24 Neraca Energi pada <i>Ba(OH)₂ Dillution Tank</i> (F-201)	39

Tabel IV. 25 Neraca Energi pada <i>Catalyst Conversion Reactor</i> (R-170).....	40
Tabel IV. 26 Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (E-1).....	40
Tabel IV. 27 Neraca Energi pada Menara Distilasi I (D-300).....	40
Tabel IV. 28 Neraca Energi pada Menara Distilasi II (D-310)	41
Tabel IV. 29 Neraca Energi pada Menara Distilasi III (D-350).....	41
Tabel IV. 30 Kebutuhan Energi Peralatan.....	42
Tabel IV. 31 Kebutuhan Power Peralatan	42
Tabel V. 1 Daftar Peralatan yang Digunakan.....	44
Tabel V. 2 Daftar Harga Peralatan	51
Tabel V. 3 Preliminary HAZOP Reaktor Konversi Katalik.....	54
Tabel VI. 1 Sensitivitas IRR terhadap Biaya Bahan Baku per Tahun.....	58
Tabel VI. 2 Sensitivitas IRR terhadap Harga Produk per Tahun	58
Tabel VI. 3 Sensitivitas IRR terhadap TCI per Tahun	58
Tabel VI. 4 Ringkasan Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi Pabrik Asam Laktat	59

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Tinjauan Pasar Produk

Di setiap kegiatan manusia sehari-hari, memicu meningkatnya permasalahan lingkungan hidup. Salah satu indikatornya adalah penggunaan polimer sintetik dan bahan plastik yang semakin tahun semakin meningkat. Plastik digunakan mulai dari kegiatan domestik dalam segi rumah tangga, komersil, maupun industri. Indikator tersebut menimbulkan masalah diantaranya berkurangnya sumber daya fosil dan residu limbah plastik yang tidak terdegradasi. Upaya untuk mengatasi masalah tersebut yakni dengan menggunakan sumber daya terbarukan untuk dikonversikan menjadi polimer *biodegradable* dan *biocompatible* ramah lingkungan yang dapat menggantikan plastik non-*biodegradable* konvensional berbahan dasar minyak bumi, batu bara, atau gas alam. Sumber daya terbarukan tersebut salah satunya adalah *Polylactic acid* (PLA) (Rahmayetty, 2019)

Polylactic acid (PLA) ini juga digunakan dalam bidang medis seperti jahitan bedah, ortopedi, implan, dan pada sistem pengiriman obat dimana PLA merupakan polimer yang diproduksi dengan menggunakan asam laktat (Razali, 2017). Asam laktat merupakan salah satu bahan kimia yang penggunaannya sangat luas. Pada umumnya asam laktat juga digunakan untuk aroma dan pengawet dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetik, detergen, dan susu (Rahmayetty, 2019). Penggunaan di industri makanan dan minuman pada tahun 2020 merupakan aplikasi asam laktat kedua terbesar setelah *Polylactic acid*. Asam laktat memiliki kemampuan untuk meningkatkan rasa dan massa simpan produk dengan pengawasan perkembangan mikroorganisme, sebagai bahan pengawet, pengatur pH serta mengontrol patogen. Penggunaan asam laktat ini diakui tidak berbahaya oleh Food & Drug Administration Amerika Serikat sehingga memiliki potensi pasar yang besar di industri makanan. Contoh penggunaan asam laktat dalam industri makanan dan minuman yakni memegang peran penting dalam persiapan anggur, produk susu fermentasi, pengawetan sayuran, dan pengawetan ikan, daging, dan sosis (Grand view Research Lactic Acid Market Size, 2019).

Dengan perkembangan dan komersialisasi pada biopolimer, industri makanan dan minuman, penggunaan asam laktat meningkat sangat pesat. Oleh karena itu, kebutuhan asam laktat di Indonesia diperkirakan juga akan meningkat, hal tersebut dapat dilihat dari data impor asam laktat di Indonesia pada tahun 2017-2020 pada **Tabel I.1**. Namun Kebutuhan asam laktat di Indonesia saat ini masih dipenuhi dari impor.

Tabel I. 1 Supply – Demand Asam Laktat di Indonesia

Tahun	Ekspor (kg/tahun)	Impor (kg/tahun)
2017	-	3201641
2018	-	3425151
2019	-	4192951
2020	-	4222607

Sumber: Badan Pusat Statistika (BPS)

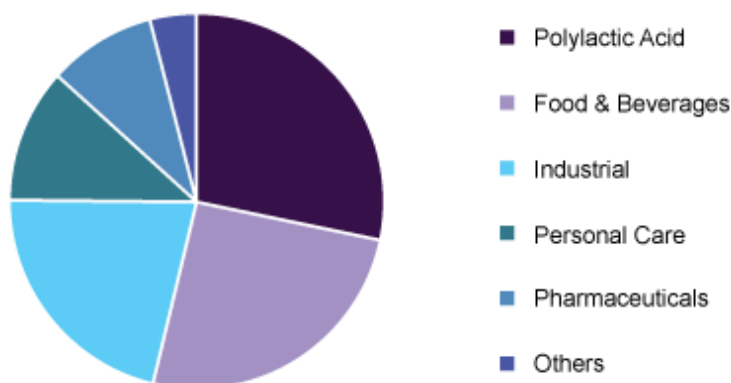
Produksi asam laktat juga sangat berkembang secara global, hal tersebut dapat dilihat dari ukuran pasar global senilai USD 2,7 miliar pada tahun 2020 dan diperkirakan akan

berkembang pada tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (CAGR) sebesar 8,0% dari tahun 2021 hingga 2028

Tabel I. 2 Data Kapasitas Pabrik Asam Laktat di Dunia

Negara	Kapasitas (ton/tahun)
Cina	30.000
Thailand	15.000
Belanda	12.000
USA	9.000

Sumber : Markets and Markets, 2020



Gambar I. 1 Pasar Asam Laktat Secara Global

Sumber : Grand view Research Lactic Acid Market Size, 2019

Mengingat bahwa kebutuhan asam laktat mengalami peningkatan setiap tahunnya yang masih dipenuhi secara impor, maka pendirian pabrik asam laktat di Indonesia sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri dan memiliki peluang yang tinggi serta prospek pasar yang menjanjikan. Selain itu, pendirian pabrik asam laktat ini juga berdampak pada pengeluaran devisa negara dalam impor asam laktat dan meningkatkan pendapatan negara melalui ekspor asam laktat, serta dapat mengurangi jumlah pengangguran dengan terbukanya lapangan kerja baru.

I.2 Teknologi Proses dan Seleksi Proses

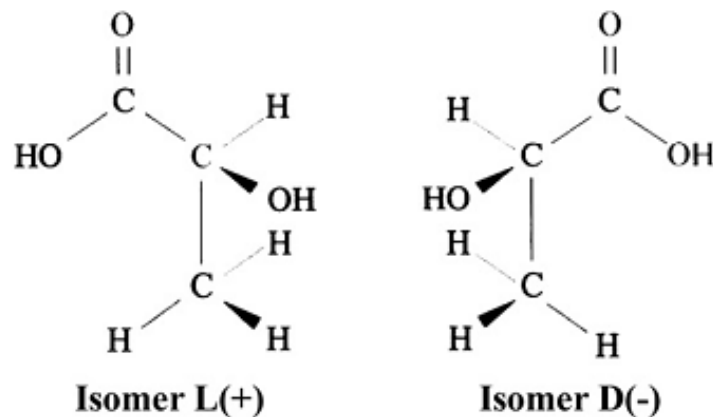
Proses pembuatan asam laktat terdiri dari beberapa tahap, antara lain:

1. Sintesa asam laktat
2. Purifikasi asam laktat

I.2.1 Teknologi Produksi

I.2.1.1 Sintesa Asam Laktat

Asam laktat adalah asam karboksilat (2-hydroxypropanoic acid) dengan rumus molekul $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ paling sederhana dengan atom karbon kiral dan ada dalam dua bentuk enansiomer (Andres, 2013) Asam laktat mempunyai dua bentuk isomer, yaitu L (+) dan D (-) asam laktat. Pada peningkatan asam laktat kadar D-isomer berbahaya bagi manusia, asam L-(+)-laktat lebih disukai sehingga isomer banyak digunakan dalam industri makanan, industri kosmetik, farmasi dan industri kimia (Jin Bo, 2005). Asam laktat tersebut dapat diproduksi melalui proses fermentasi bioteknologi, sintesis kimia atau konversi katalis (Puspita, 2018).



Gambar I. 2 Struktur isomer L (+) dan D (-) dari asam laktat

Sumber: Andres, 2013

I.2.1.1.1 Fermentasi

Secara singkat produksi asam laktat secara fermentasi akan membentuk D(-) atau L(+) asam laktat tergantung kepada spesies bakteri dan substrat yang digunakan (Tokiwa, 2007). Di industri, metode fermentasi ini sering digunakan pada pembuatan asam laktat. Dalam metode fermentasi yang harus diperhatikan agar proses berjalan menguntungkan yakni, dalam hal suhu, pH, aerasi, agitasi, dan sebagainya, yang bervariasi tergantung pada mikroorganisme yang digunakan (Andres, 2013). Bahan baku murah digunakan dalam produksi asam laktat untuk mendorong pengembangan proses kompetitif, selain murah bahan baku yang digunakan harus memiliki syarat lain yakni, sedikit kontaminasi, *yield* tinggi, kecepatan produksi yang tinggi dan mudah didapat (Savithra, 2019).

Mikroorganisme yang dapat memproduksi asam laktat dibagi menjadi dua yaitu bakteri dan jamur. Mikroorganisme yang dipilih memiliki kriteria mampu menghasilkan asam laktat dengan perolehan yang tinggi, pada kondisi pH yang rendah dan temperatur yang tinggi, menghasilkan sejumlah kecil massa dan produk samping lain (Wee dkk, 2006).

Tabel I. 3 Mikroorganisme yang Digunakan untuk Produksi Asam Laktat

Bahan Baku	Mikroorganisme	γ (asam laktat) g/L	Produktivitas g/(L.h)
Molases	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NCIMB 8130	90.0	3.8
	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY 1	95.7	4.0
Gandum Hitam	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	84.5	2.4
Sorgum manis	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	81.5	2.7
	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	106.0	3.5
Gandum	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>Lactis</i> ATCC 19435	106.0	1.0
	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY 1	102.0	4.8
Jagung	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY 1	63.5	0.5
	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	10.1	0.8
Singkong	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4.8	0.2
Kentang	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4.2	0.1
Beras	<i>Lactobacillus</i> sp. RKY2	129.0	2.9
Gerst	<i>Lactobacillus casei</i> NRRL B-441	162.0	3.4
	<i>Lactobacillus amylophilus</i> GV6	27.3	0.3

Selulosa	<i>Lactobacillus Coryniformis ssp. Torquens ATCC 25600</i>	24.0	0.5
Tongkol Jagung	<i>Rhizopus sp. MK-96-1196</i>	24.0	0.3
Kertas Bekas	<i>Lactobacillus Coryniformis ssp. Torquens ATCC 25600</i>	23.1	0.5
	<i>Rhizopusoryzae NRRL 395</i>	49.1	0.7
Kayu	<i>Lactobacillus delbrueckii NRRL B-445</i>	108.0	0.9
	<i>Enterococcus faecalis RKY 1</i>	93.0	1.7
Air Dadih	<i>Lactobacillus helveticus R211</i>	66.0	1.4
	<i>Lactobacillus casei NRRL B-441</i>	46.0	4.0

Sumber : Wee dkk, 2006

Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses fermentasi, adalah sebagai berikut:

- Fermentasi dan netralisasi

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (2\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-)\text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$$
- Hidrolisis oleh H_2SO_4

$$2(\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-)\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \text{CaSO}_4$$
- Esterifikasi

$$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- Hidrolisis oleh H_2O

$$\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \text{CH}_3\text{OH}$$

(Narayanan dkk., 2004)

I.2.1.1.2 Sistesis Kimia

Secara singkat produksi asam laktat secara kimia sintesis akan menghasilkan produk *racemix mixture* dengan bentuk isomer DL asam laktat (Savithra, 2018). Sintesis asam laktat ini dilakukan dengan mereaksikan asetaldehida dengan hidrogen sianida dalam wujud basa melalui reaksi hidrolisis yang menghasilkan laktonitril. Reaksi terjadi pada fase cair dengan tekanan atmosfer tinggi. Laktonitril mentah yang dihasilkan mengalami proses recovery dan didistilasi untuk pemurnian. Dilanjutkan proses hidrolisis oleh asam sulfat atau asam klorida membentuk asam laktat dan garam ammonium. Asam laktat yang diperoleh kemudian diesterifikasi dengan methanol untuk menghasilkan metil laktat. Selanjutnya metil laktat dipisahkan dan dimurnikan dengan proses distilasi dan dihidrolisis oleh air dengan bantuan katalis asam untuk menghasilkan asam laktat kemurnian tinggi dan metanol. akan direcycle menuju proses esterifikasi (Narayanan dkk., 2004).

Berbagai metoda sintesa kimia lain yang menghasilkan asam laktat adalah penguraian gula dengan katalis, oksidasi propylene glycol, reaksi antara acetaldehyde, carbon monoxide dan air pada suhu dan tekanan tinggi, dan hidrolisis chloropropionic acid. Reaksi-reaksi yang berlangsung dalam produksi asam laktat dengan sintesis kimia adalah sebagai berikut :

- Proses penambahan hidrogen sianida

$$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{HCN} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCN}$$
- Proses hidrolisis dengan H_2SO_4

$$\text{CH}_3\text{CHOCN} + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$
- Proses esterifikasi

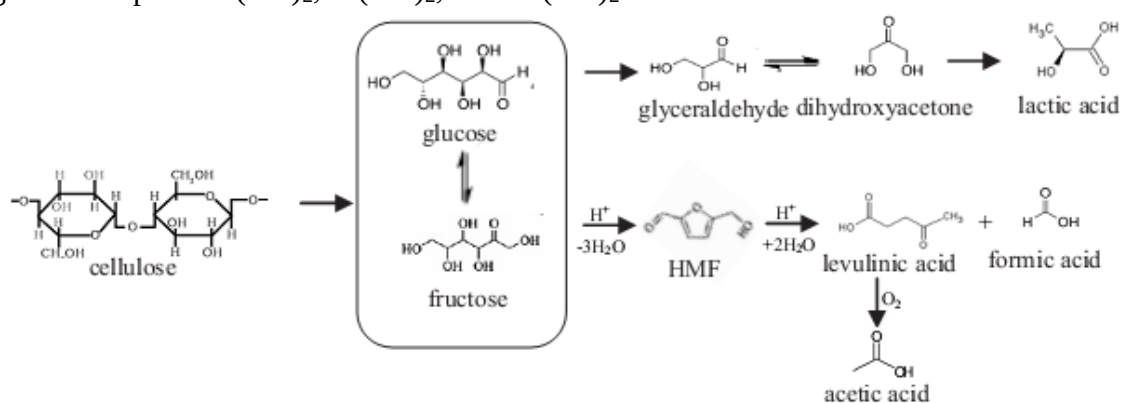
$$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- Proses hidrolisis oleh H_2O

$$\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCOOH} + \text{CH}_3\text{OH}$$

(Narayanan dkk., 2004)

I.2.1.1.3 Konversi Katalis

Proses pembuatan asam laktat dengan metode konversi katalitik merupakan proses yang saat ini sedang berkembang dan diharapkan proses ini dapat memperbaiki kekurangan dalam sintesis kimia dan proses fermentasi (Puspita, 2018). Yield asam laktat yang diperoleh dari proses konversi katalik lignoselulosa dapat meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya kandungan selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada bahan baku (Lei, 2014). Selain itu konversi kimia katalitik cukup cepat dibandingkan dengan rute fermentasi saat ini dan juga merupakan proses yang berkelanjutan untuk mengganti bahan kimia berbasis petro dengan bahan kimia berbasis biomassa. Hasil produksi asam laktat yang signifikan dari biomassa dapat menggunakan katalis homogen seperti logam transisi seperti (Zn(II), Ni(II), Co(II) dan Cr(III)), dan baru-baru ini menggunakan La(III), Pb(III) untuk konversi atau dekomposisi biomassa pada kondisi hidrotermal pada air sub-kritis (300°C) maupun pada air superkritis. Namun dikarenakan pada penggunaan katalis homogen harus dilakukan pemisahan katalis terhadap medium reaksi (Sitompil, 2019) sehingga katalis heterogen dapat digunakan seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$, and $\text{Ba}(\text{OH})_2$.



Gambar I. 3 Reaksi pada Konversi Katalik

Sumber : Puspita, 2018

I.2.1.2 Purifikasi Asam Laktat

Asam laktat yang dihasilkan setelah proses sintesa memiliki kotoran yang perlu dipisahkan dan dimurnikan agar dapat digunakan pada kebutuhan industri. Proses pemurnian asam laktat memiliki beberapa masam proses yakni,

1. Presipitasi garam kation dengan asam kuat
2. Proses esterifikasi
3. Pemisahan dengan membran ion-exchange dan elektrodialisis

I.2.1.2.1 Presipitasi garam kation dengan asam kuat

Hasil dari proses sintesa asam laktat selanjutnya dipanaskan kemudian dihidrolisis dengan asam sulfat sehingga menghasilkan garam sulfat dan larutan asam laktat crude. Garam sulfat yang dihasilkan dari proses tersebut kemudian dipisahkan melalui proses filtrasi, sementara larutan asam laktat akan menjalani pemurnian lebih lanjut, dengan proses evaporasi (Vaidya dkk., 2005).

I.2.1.2.2 Proses esterifikasi

Proses pemurnian secara esterifikasi dilakukan oleh bantuan alkohol yang kemudian dilakukan proses hidrolisis. Proses esterifikasi dan hidrolisis akan dilakukan di dalam kolom distilasi reaktif. Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan asam laktat dari hasil sintesa dengan metanol sehingga terbentuk ester laktat. Selanjutnya ester laktat akan dihidrolisis

dengan air sehingga terbentuk asam laktat pekat. Hasil asam laktat yang diperoleh dari proses esterifikasi dan hidrolisis ini sekitar 80-95% (w/w) (Vaidya dkk., 2005).

I.2.1.2.3 Pemisahan dengan membran ion-exchange dan elektrodialisis

Purifikasi asam laktat dengan membran melibatkan membran ultrafiltrasi dan elektrodialisis. Produk dari proses sintesa dan netralisasi akan melewati membran ultrafiltrasi secara kontinyu dengan garam laktat sebagai permeate. Selanjutnya, garam laktat akan melalui proses pemisahan di elektrodialisis monopolar. Elektrodialisis monopolar bertujuan untuk memisahkan komponen non-ionic seperti fosfat dan meningkatkan kepekatan garam laktat. Proses ini dijalankan pada suhu dan tekanan ambient (25°C; 1 atm). Setelah melewati proses pemisahan di elektrodialisis monopolar, kemudian garam laktat akan melewati proses pemisahan di elektrodialisis bipolar. Pada tahap ini terdapat tiga lajur pemisahan, yaitu;

- Lajur garam yaitu ketika garam laktat memasuki elektrodialisis.
- Lajur larutan alkali, ketika kation bergabung dengan ioin hidroksida kemudian membentuk larutan alkali.
- Lajur asam, ketika ion laktat bergabung dengan proton dan membentuk asam laktat

Setelah dilakukan elektrodialisis bipolar ini selanjutnya akan dipekatkan kembali dengan evaporator. Kemurnian asam laktat yang diperoleh dari proses purifikasi dengan membran dan elektrodialisis sekitar 90-95% (Vaidya dkk., 2005).

I.2.2 Seleksi Proses

1.2.2.1 Proses Pembuatan Asam Laktat

Dalam proses pembuatan asam laktat, terdapat beberapa proses yang dapat digunakan dalam industri. Proses tersebut, yaitu fermentasi, sintesis kimia atau konversi katalis. Berikut perbandingan proses produksi untuk menentukan proses mana yang lebih efektif dan efisien dalam produksi asam laktat.

Tabel I. 4 Perbandingan Tipe Proses Pembuatan Asam Laktat

Indikator	Fermentasi	Sintesa Kimia	Konversi Katalis
Bahan Baku	Murah, menggunakan bahan alami terbarukan	Mahal, bahan tidak dapat diperbarui	Murah, dapat menggunakan bahan alami terbarukan
Kondisi Operasi	Temperatur 20-45°C	Temperatur rendah	Temperatur Tinggi
Proses Produksi	Sederhana	Kompleks	Sederhana
Produk LA	D(-) atau L(+) asam laktat tergantung kepada spesies bakteri dan substrat	<i>racemix mixture</i> dengan bentuk isomer DL asam laktat	Asam Laktat
Yield Asam Laktat	Rendah	Rendah	Tinggi
Biaya	Murah	Mahal	Murah

Dari perbandingan tiga proses diatas, proses pembuatan asam laktat dengan metode konversi katalis merupakan cara yang paling efektif dan memperbaiki kekurangan dalam sintesis kimia dan proses fermentasi. Sama halnya dengan metode fermentasi, produksi asam laktat dengan metode konversi katalik menggunakan bahan baku yang dapat diperbaharui. Bahan baku yang akan digunakan adalah tandan kosong kelapa sawit mengandung cellulose, hemicellulose and lignin sekitar 37-59.7%, 16-28%, and 10-32% yang merupakan produk samping dari industri kelapa sawit sehingga harga bahan baku terjangkau dan aman bagi lingkungan (Puspita, 2018). Sedangkan proses pembuatan asam laktat dengan metode sintesa kimia menggunakan bahan baku acetaldehyde dan sianida yang jumlahnya terbatas dan berbahaya bagi lingkungan (Rahmayetty, 2019). Selain itu sintesis asam laktat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan metode sakarifikasi fermentasi simultan menghasilkan konsentrasi asam laktat yang masih rendah yaitu sebesar 0,568 g/L (Rahmayetty, 2019).

Seleksi proses produksi asam laktat dilakukan dengan menggunakan analytical hierarcy process (AHP) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel I. 5 Seleksi Proses Produksi Asam Laktat

Faktor Pembanding	Bobot	Fermentasi	Sintesa Kimia	Konversi Katalis
Bahan Baku	0.258	0.417	0.167	0.417
Yield	0.351	0.292	0.245	0.463
Biaya	0.165	0.455	0.199	0.347
Dampak Lingkungan	0.226	0.400	0.200	0.400
Nilai Akhir	1.00	0.378	0.206	0.417

1.2.2.2 Katalis

Pada pembentukan asam laktat melalui proses konversi katalis dibutuhkan katalis yang cocok agar menghasilkan yield asam laktat yang tinggi, oleh karena itu pemilihan katalis sangat penting. Berikut beberapa jenis katalis yang dapat digunakan

Tabel I. 6 Perbandingan Penggunaan 0,1M Katalis

Indikator	Ba(OH)₂	PbCl₂	AlCl₃
Bahan Baku	5 % m/v	5 % m/v	2,5% m/v
Yield	21,57 % Cmol	23,67 % Cmol	13,38 % Cmol
Temperatur	240°C	240°C	230°C
Dampak Lingkungan	Ramah Lingkungan	Toxicity	Ramah Lingkungan

Sumber : Puspita, 2018

Seleksi katalis pada proses produksi asam laktat dilakukan dengan menggunakan analytical hierarcy process (AHP) dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel I. 7 Seleksi Katalis

Faktor Pembanding	Bobot	Ba(OH)₂	PbCl₂	AlCl₃
Bahan Baku	0.233	0.303	0.303	0.394
Yield	0.364	0.358	0.390	0.252
Temperatur	0.163	0.313	0.313	0.375
Dampak Lingkungan	0.240	0.400	0.200	0.400
Nilai Akhir	1.00	0.347	0.312	0.340

1.2.2.3 Proses Pemurnian Asam Laktat

Dari tiga macam jenis proses purifikasi asam laktat, perbandingan dari proses tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel I. 8 Perbandingan Tipe Proses Purifikasi Asam Laktat

Indikator	Presipitasi	Esterifikasi	Elektrodialisis
Kemurnian	80-85%	80-95%	90-95%
Tingkat Kesulitan	Mudah	Mudah	Kompleks
Biaya	Murah	Mahal	Paling Mahal

Sehingga dari perbandingan ketiga proses diatas, proses pemurnian asam laktat yang digunakan yakni proses esterifikasi. Hal tersebut dikarenakan proses esterifikasi dapat menghasilkan asam laktat dengan kemurnian yang tinggi serta membutuhkan alat yang lebih sedikit dibandingkan dengan purifikasi dengan proses elektrodialisis. Selain itu esterifikasi-hidrolisis termasuk metode pemisahan yang efektif, efisien dan ekonomis (Sitompil, 2019). Seleksi proses purifikasi dilakukan dengan menggunakan analytical hierarcy process (AHP) dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel I. 9 Seleksi Proses Purifikasi Asam Laktat

Faktor Pembanding	Bobot	Presipitasi	Esterifikasi	Elektrodialisis
Kemurnian	0.540	0.192	0.373	0.435
Biaya	0.297	0.455	0.347	0.199
Tingkat Kesulitan	0.163	0.277	0.549	0.174
Nilai Akhir	1.00	0.282	0.389	0.329

BAB II

DATA DASAR PERANCANGAN

II.1 Ketersediaan Bahan Baku dan Produk

II.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu bahan baku yang banyak digunakan dalam pembuatan asam laktat adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Kelapa sawit merupakan komoditi hasil pertanian yang diperdagangkan di Indonesia. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia terdapat di wilayah Sumatra, Jawa Barat, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua dengan pengembangan terbesar terdapat di pulau Sumatra. Perkebunan kelapa sawit nasional di tahun 2018 memiliki area seluas 14,33 juta hektar, dengan produksi 42,9 juta ton (Badan Pusat Statistik).



Gambar II. 1 Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia

Industri pengolahan kelapa sawit menghasilkan beberapa limbah padat dengan jumlah yang sangat besar. Beberapa jenis limbah padat yang dihasilkan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), sabut, lumpur, cangkang sawit, dan lain-lain. Limbah terbesar yang dihasilkan adalah tandan kosong kelapa sawit yang hampir tidak memiliki nilai ekonomis. Rata-rata produksi tandan kosong kelapa sawit adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproduksi dari pabrik kelapa sawit (M Roganda, 2013). Sehingga setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan menghasilkan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebanyak 220 – 240 kg.

Tandan kosong kelapa sawit adalah salah satu sumber bahan lignoselulose yang merupakan bagian utama dari dinding sek tumbuhan dimana terdiri dari selulosa, hemiselulosa, serta lignin, dan terdiri dari sejumlah kadungan lainnya. Kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin dan lainnya dapat dilihat pada **Tabel II.1**. Tandan kosong kelapa sawit memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan. Selama ini pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai pupuk organik, bahan baku pembuatan kertas, briket dan umumnya baru sampai pada pemanfaatan serat. Selain itu, tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber selulosa yang sangat berlimpah di Indonesia. Melihat kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi, maka tandan kosong kelapa sawit mempunyai potensi yang besar sebagai sumber glukosa, dimana glukosa dapat dikonversikan menjadi asam laktat dan asam laktat dapat dipolimerisasikan menjadi PLA (Rahmayetty, 2015).

II.1.2 Komposisi

II.1.2.1 Bahan Baku



Gambar II. 2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Berikut komponen bahan baku tandan kosong kelapa sawit yang digunakan untuk pembuatan asam laktat,

Tabel II. 1 Komponen Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen	Kandungan (%)
Lignin	31,68
Selulosa	37,26
Hemiselulosa	14,62
Abu	6,69
Zat Ekstraktif	1,34

Sumber : Rahmayetty, 2019

II.1.2.2 Produk

Pada pembuatan asam laktat menggunakan metode konversi katalis didapatkan beberapa hasil seperti pada **Tabel II.2**

Tabel II. 2 Yield Product pada Pembuatan Asam Laktat

Produk	Yield (% C-mol)
Asam Laktat	21,57
Asam Format	7,16
Asam Asetat	14,7
Asam leuvilininik	6,6

Sumber : Puspita, 2018

Adapun sifat fisika asam laktat ditampilkan pada **tabel II.3** berikut ini

Tabel II. 3 Spesifikasi Asam Laktat

Berat Molekul	90,08
Titik Leleh	18°C
Titik Didih	82°C pada 5 mmHg
	122°C pada 14 mmHg

Konstanta Disosiasi (K_a)	$1,37 \times 10^{-4}$
Panas Pembakaran	1361 KJ/mol
Panas Spesifik	190 J/mol°C

Sumber : SNI

II.2 Kapasitas

Penentuan awal dalam mendirikan suatu pabrik yakni menentukan kapasitas produk yang akan dihasilkan. Kapasitas tersebut ditentukan berdasarkan data ekspor, impor, dan produksi di Indonesia maupun global. Pabrik Asam laktat ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2025 dengan mengacu kebutuhan nasional. Data yang didapat adalah neraca asam laktat nasional yang mencakup jumlah produksi, konsumsi, impor dan konsumsi dari tahun 2017 hingga 2020 yang tertera pada **Tabel I.1**. Berikut data Pertumbuhan Ekspor, dan Impor asam laktat di Indonesia tahun 2017 hingga 2020.

Tabel II. 4 Perhitungan Pertumbuhan Rata-rata Ekspor dan Impor Asam Laktat di Indonesia

Tahun	Ekspor	Impor	Pertumbuhan Rata-rata	
	(kg/tahun)	(kg/tahun)	Ekspor	Impor
2017	-	3201641	-	-
2018	-	3425151	-	6,98%
2019	-	4192951	-	22,42%
2020	-	4222607	-	0,71%
Rata - rata				10,03%

Berdasarkan tabel Ekspor Impor Asam Laktat di Indonesia dapat diprediksi kondisi pada tahun 2025 dengan menggunakan persamaan discounted di bawah ini:

$$P_{2025} = P_{2020} \times (1+i)^n$$

Dimana: $n = 2025 - 2020 = 5$

P = kebutuhan produk pada tahun 2025

i = pertumbuhan rata-rata

(Peters & Timmerhaus, 1991)

Selanjutnya, dihitung estimasi ekspor dan impor Asam Laktat di Indonesia tahun 2025 pada tabel dibawah berikut

Tabel II. 5 Estimasi Ekspor dan Impor Asam Laktat di Indonesia Tahun 2025

Tahun	Ekspor (kg/tahun)	Impor (kg/tahun)
2025	-	6811368

Berdasarkan tinjauan mengenai estimasi ekspor impor asam laktat di Indonesia sebesar 6811368 kg/tahun, kapasitas produk pabrik Asam Laktat berbahan baku tandan kosong kelapa sawit yang didirikan sebesar 7000 ton/tahun.

II.3 Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Lokasi dan letak geografis suatu pabrik dapat mempengaruhi produktivitas dan keberlangsungan pabrik tersebut. Penentuan lokasi pabrik merupakan suatu hal yang penting dalam pendirian pabrik. Dengan lokasi yang tepat, bahan baku yang melimpah, ekonomis serta menguntungkan dapat mengoptimalkan pabrik tersebut. Lokasi yang dipilih harus dapat menguntungkan pabrik dalam jangka panjang dan tetap memperhatikan warga sekitar, serta memberikan kemungkinan untuk menambah kapasitas produksi dari pabrik yang didirikan.

Dalam penentuan lokasi pabrik banyak faktor yang harus diperhatikan, berikut merupakan faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam penentuan pendirian sebuah pabrik :

- Ketersediaan bahan baku
- Sumber energi listrik dan air
- Lokasi Pemasaran
- Aksesibilitas dan fasilitas transportasi
- Sumber Tenaga kerja
- Hukum dan peraturan
- Iklim dan topografi

II.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku dalam pendirian lokasi suatu pabrik sangat penting. Pabrik yang akan didirikan merupakan pabrik asam laktat dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit merupakan hasil dari perkebunan kelapa sawit. Pengolahan untuk tandan kosong kelapa sawit sendiri masih sangat jarang di Indonesia, sehingga menjadi limbah pada perkebunan kelapa sawit. Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan merupakan 2 pulau yang paling banyak perkebunan kelapa sawit. Provinsi Riau dan Kalimantan Barat memiliki total luas lahan perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia, dengan ditunjukkan pada gambar II.1.

II.3.2 Sumber Energi Listrik dan Air

Sumber energi merupakan faktor yang penting dalam keberlangsungan suatu pabrik. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia, pada tahun 2019 Provinsi Riau memiliki kapasitas terpasang tenaga listrik sebesar 373,22 MW dan Provinsi Kalimantan Barat memiliki kapasitas terpasang tenaga listrik sebesar 804,92 MW.

Tabel II. 6 Data Statistik Sumber Energi Listrik dan Air

Provinsi	PLTA	PLTU
Riau	1	2
Kalimantan Barat	-	2

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia

II.3.3 Lokasi Pemasaran

Daerah pemasaran yang dipilih agar mudah dalam distribusi produk sebisa mungkin dekat atau mudah dengan sarana transportasi. Fasilitas lalu lintas yang ada pada Pulau Jawa dan Pulau Sumatera, seperti jalur pantai utara (pantura) ataupun jaringan tol pulau Jawa dan jalan trans-sumatera mendukung untuk proses distribusi melalui jalur darat. Sementara itu juga terdapat beberapa pelabuhan yang tersebar di sepanjang bibir pantai Pulau Jawa dan Pulau Sumatera juga memberikan alternatif distribusi melalui jalur laut.

II.3.4 Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

Pemasaran dan penyediaan bahan baku tentu membutuhkan faktor aksesibilitas dan fasilitas transportasi dalam keberlangsungan pabrik berjalan dengan baik. Kedua faktor tersebut meliputi panjang jalan, bandara, dan pelabuhan.

Tabel II. 7 Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

Provinsi	Panjang Jalan (Km)		Jumlah Bandara	Jumlah Pelabuhan
	Jalan Provinsi	Jalan Nasional		
Riau	2.779,81	1.336,62	7	7

Kalimantan Barat	1.534,75	2.117,57	5	10
------------------	----------	----------	---	----

Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi

II.3.5 Sumber Tenaga Kerja

Sumber tenaga kerja yang memadai merupakan salah satu faktor yang penting dalam pendirian suatu pabrik. Lingkungan yang banyak memiliki tenaga kerja tentunya akan memenuhi kebutuhan dari pendirian pabrik. Berikut merupakan data angkatan kerja menurut Badan Pusat Statistik Nasional Provinsi Riau dan Provinsi Kalimantan Barat.

Tabel II. 8 Data Statistik Sumber Tenaga Kerja

Provinsi	Riau	Kalimantan Barat
Jumlah Angkatan Kerja	3.287.822	2.688.383
TPAK (%)	65,24	68,83
TPT (%)	6,32	5,81
UMK	Rp2.888.563	Rp2.399.698

II.3.6 Hukum dan Peraturan

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Riau, kawasan peruntukan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 29 huruf f meliputi industri kehutanan, industri pertanian, industri gas dan kondensat, industri pupuk, industri perikanan dan hasil laut, industri perkebunan, industri logam, industri migas dan batubara, industri galangan kapal, industri manufaktur, industri kimia, industri pengolahan limbah, serta industri biodiesel yang tersebar diseluruh wilayah Provinsi.

Sementara itu, berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Barat No.5 Tahun 2004, Pasal 34 ayat (1) huruf b) Kawasan yang pengembangannya mempertimbangkan perkembangan yang telah terjadi, ketersediaan/keberadaan bahan baku, kesesuaian lahan, dan sebaran penduduk, yaitu kawasan budidaya perikanan, usaha peternakan, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, perkebunan, dan hutan produksi; dan d) Kawasan yang pengembangannya berorientasi pada kedekatan sumber bahan baku dan atau sumber daya manusia dan atau kemudahan untuk pemanfaatan fasilitas bersama dan atau kemudahan dalam pemasaran yaitu industri.

II.3.7 Iklim dan Topografi

Data berikut merupakan kondisi iklim dan topografi di Provinsi Riau dan Kalimantan Barat yang memiliki potensi untuk didirikan pabrik Asam Laktat dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit. Berdasarkan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika data disajikan sebagai berikut :

Tabel II. 9 Data Iklim dan Topografi

Provinsi	Suhu	Kelembaban	Kecepatan Angin
Riau	23°C - 33°C	58% - 98%	14 – 18 km/jam
Kalimantan Barat	23°C - 33°C	60% - 100%	0 – 10 km/jam

Sebagian besar dari Provinsi Riau memiliki topografi yang relatif datar dengan kemiringan lereng 0-2% seluas 1.157.006 hektar, kemiringan lereng curam 15-40% seluas 737.966 hektar, dan kemiringan lereng sangat curam >40% seluas 550.928 hektar. Dengan ketinggian rata-rata 10 meter diatas permukaan laut. Peta topografi Provinsi Riau dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar II. 3 Peta Topografi Provinsi Riau

Untuk kondisi topografi Provinsi Kalimantan barat sendiri memiliki kemiringan lereng datar 0-2% seluas 29,21% atau 4.287.880 hektar, kemiringan lereng sedang 2-15% seluas 33,34% atau 4.894.333 hektar, kemiringan lereng curam 15-40% seluas 21,31% atau 3.127.844 hektar, dan kemiringan lereng sangat curam >40% seluas 16,15% atau 2.370.643 hektar. Berikut merupakan gambar peta topografi Provinsi Kalimantan Barat.



Gambar II. 4 Peta Topografi Kalimantan Barat

Berdasarkan tinjauan dari faktor-faktor diatas, ditetapkan bahwa rencana lokasi pendirian pabrik asam laktat dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit berada di Provinsi Riau, lebih tepatnya berada pada Kabupaten Pelalawan. Kabupaten Pelalawan merupakan salah satu penghasil kelapa sawit tertinggi di Provinsi Riau dengan produksi perkebunan sawit pada tahun 2019 sebanyak 1.339.609 ton dengan luas total perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Pelalawan sebesar 356.877 hektar pada tahun 2020. Akses transportasi di Kabupaten pelalawan yang cukup memadai dengan panjang jalan mencapai 2.401,89 Km.

Kondisi topografi dari Kabupaten Pelalawan merupakan daerah landai atau dataran rendah, perbukitan, dan rawa-rawa. Dataran rendah ini membentang ke arah timur mencakup

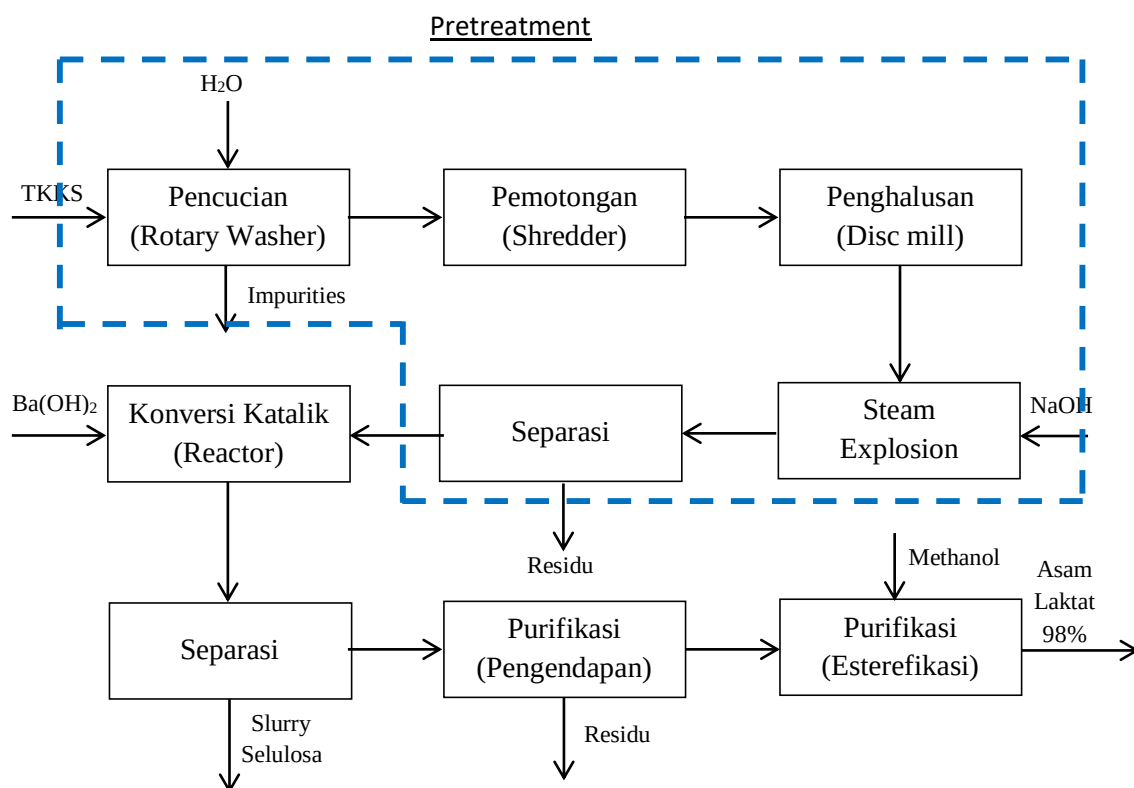
Kecepatan angin rata-rata : 5 knot

BAB III

URAIAN PROSES TERPILIH

III.1 Diagram Balok

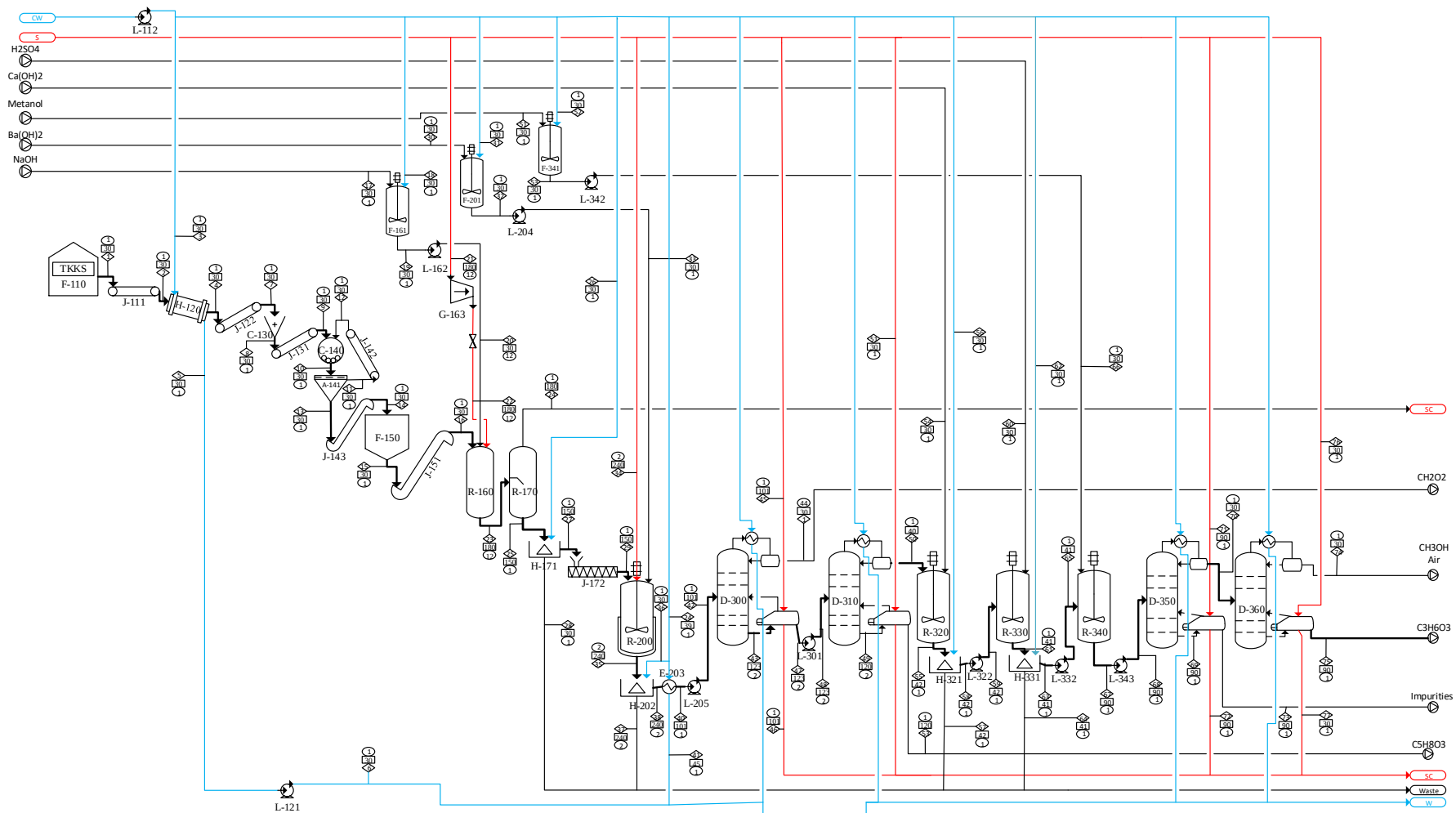
Berdasarkan seleksi proses yang telah dilakukan sebelumnya, berikut Gambar III.1 merupakan diagram blok proses asam laktat dari tandan kosong kelapa sawit



Gambar III. 1 Diagram Balok Proses Pembuatan Asam Laktat

III.2 Diagram Alir Proses

Diagram alir proses merupakan diagram yang menunjukkan keseluruhan proses pabrik. Berikut diagram alir proses untuk pabrik asam laktat dari tandan kosong kelapa sawit ada pada **Gambar III.2**



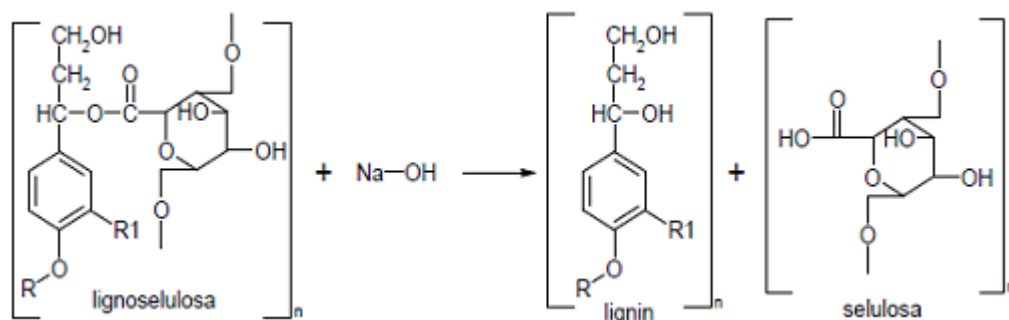
Gambar III. 2 Process Flow Diagram Pabrik Asam Laktat

III.3 Uraian Proses

Pada produksi asam laktat dari tadan kosong kelapa sawit terbagi menjadi tiga unit proses. Unit pertama ialah tahap persiapan (*pre-treatment*) yang bertujuan untuk membersihkan bahan baku, mereduksi ukurannya serta kandungan di dalamnya. Kemudian unit kedua adalah konversi katalis yang bertujuan untuk mengubah selulosa menjadi asam laktat. Dan unit ketiga adalah tahap pemurnian (*purifikasi*) yang bertujuan untuk memurnikan hasil asam laktat dari proses sebelumnya dan memisahkan kotoran yang perlu dipisahkan agar dapat digunakan untuk kebutuhan industri.

III.3.1 Tahap Persiapan (Pretreatment)

Sebelum diolah, TKKS mengalami proses persiapan terlebih dahulu dengan pencucian agar bersih dari kotoran kemudian dihancurkan menjadi potongan yang lebih halus dan dikeringkan agar tidak ada aktifitas biologi saat disimpan di tangki penyimpanan. TKKS yang berasal dari gudang penyimpanan (F-110) dipindahkan dengan *belt conveyor* (J-111) menuju *rotary drum washer* (H-120) untuk menghilangkan pengotor yang ada pada TKKS. Selanjutnya TKKS dipindahkan menggunakan bucket elevator (J-121) untuk direduksi ukurannya menuju Shredder (C-130) lalu diperkecil kembali sekitar 60-80 mesh menggunakan Ball Mill (C-140). Kemudian dilanjutkan ke proses selanjutnya, TKKS dari tangki penyimpanan (F-150) dipindahkan dengan bucket elevator (J-152) menuju steam explosion reactor (R-160) untuk mengurangi kandungan lignin didalam TKKS agar selulosa mudah untuk dihidrolisis dengan tambahan NaOH 0,5M (1:10 w TKKS/v NaOH) untuk mempermudah proses hidrolisisnya.

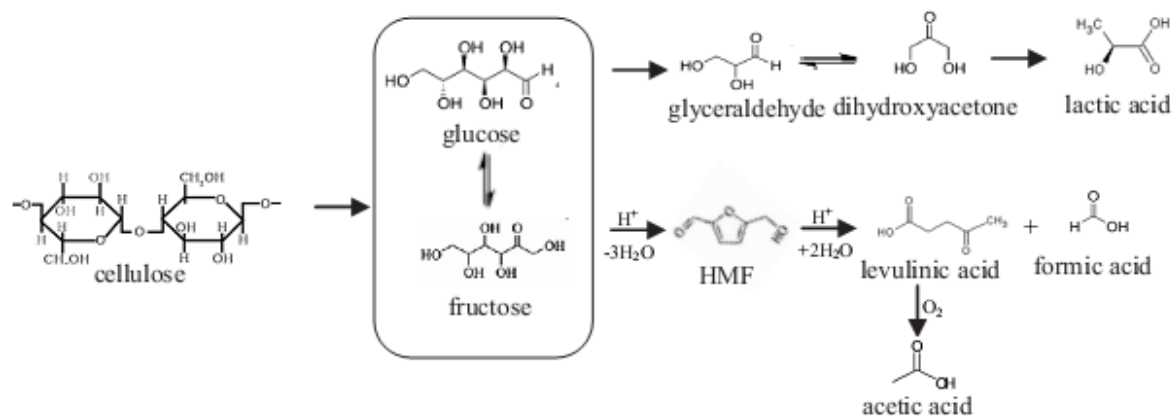


Gambar III. 3 Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH

Kondisi operasi perlakuan awal adalah 180°C, 12 bar dan waktu reaksi 1 jam. Selanjutnya, hasil proses steam explosion dipisahkan antara filtrat dan residunya dan dipindahkan untuk disaring melalui centrifuge (H-171). Setelah pretreatment, selulosa dipindahkan menggunakan screw conveyor (J-172) untuk proses selanjutnya.

III.3.2 Tahap Konversi Katalik

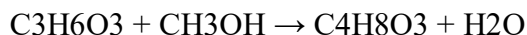
Pada tahap konversi katalis, selulosa dipindahkan menggunakan screw conveyor (J-172) untuk mengalami reaksi konversi dengan katalik Ba(OH)₂ yang terjadi di reaktor (R-200) dengan pengaduk mekanik dengan biomass yang digunakan sebesar 5%w/v. Campuran reaksi dipanaskan hingga 240°C selama 3 jam dengan kecepatan pengaduk pada 600 rpm. Kemudian dipisahkan dengan centrifuge (H-171) dan menuju cooler (E-203) untuk diturunkan suhunya dimana hasil dari proses konversi katalik ini berupa slurry selulosa yang bisa digunakan kembali atau dimanfaatkan untuk makan ternak.



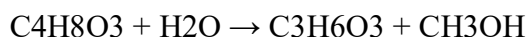
Gambar III. 4 Reaksi pada Konversi Katalik

III.3.3 Tahap Pemurnian (Purifikasi)

Setelah proses koversi katalis, tahapan selanjutnya yakni pemurnian agar dapat digunakan pada kebutuhan industri. Pertama dengan proses distilasi pertama untuk menguapkan asam format pada suhu 101°C selama 1 jam asam laktat dan by product dipindahkan dengan pompa (L-204) untuk dimasukkan kedalam kolom distilasi setelah itu dipindahkan dengan pompa (L-211) untuk dilakukan proses ditilasi kedua dimana digunakan untuk menguapkan asam laktat dan asam asetat pada suhu 123°C selama 1 jam. Setelah itu asam laktat dan asam asetat dipindahkan dengan pompa (L-221) dan dipisahkan dengan bantuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan H_2SO_4 . Kemudian dengan menggunakan pompa (L-181), hasil dari tahap pemurnian dengan distilasi dimasukkan ke reaktor (R-250) dengan rasio volume n-methanol terhadap umpan asam laktat katalitik 4/1 pada temperatur 90°C dan pengaduk pada skala 8 selama 4 jam.



Setelah reaksi selesai, hasil esterifikasi dipisahkan dengan centrifuge (H-191). Selanjutnya dilakukan hidrolisis dengan rasio volume air terhadap fasa organik 20/1 pada temperatur 90°C selama 4 jam. Reaksi hidrolisis dilangsungkan menggunakan column (R-260) yang dipindahkan menggunakan pompa (L-251).



IV.1 Neraca Massa dan Energi

Berikut adalah data-data operasi yang digunakan:

Basis : 1 jam
TKKS masuk : 20.546,30 kg/jam
Kapasitas produk : 7000 ton/tahun

Perhitungan Neraca Massa

Dasar perhitungan neraca massa yang digunakan adalah persamaan berikut.

$$\text{Accumulation} = \text{Input} - \text{Output} + \text{Generation} - \text{Consumption}$$

Dengan asumsi dasar yang digunakan adalah

- Proses dalam keadaan steady-state, sehingga $Accumulation = 0$

Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (Sudiyani, 2012) adalah sebagai berikut:

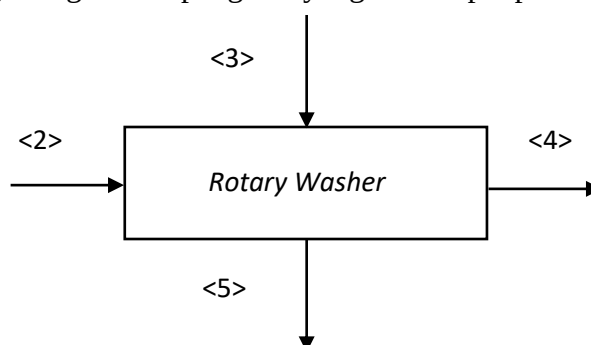
Tabel IV. 1 Komposisi dari feed Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen	Komposisi (%massa)	Massa (kg)
Hemiselulosa	14,62%	59,071
Selulosa	37,26%	150,545
Lignin	31,68%	128,000
Ash	6,69%	27,030
Zat ekstraktif	1,34%	5,414
Air	8,41%	33,980
Total	100,00%	404,040

(Sudiyani, 2012)

1. *Rotary Washer* (H-120)

Fungsi: Menghilangkan zat pengotor yang menempel pada TKKS sebelum diolah



Gambar IV. 1 Aliran Massa pada *Rotary Washer* (H-120)

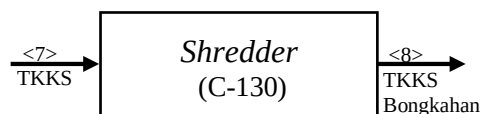
Tabel IV. 2 Neraca Massa pada *Rotary Washer* (H-120)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <2>		Aliran <3>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.141	3028.540	0.000	0.000
Selulosa	0.358	7718.426	0.000	0.000
Lignin	0.305	6562.526	0.000	0.000
Ash	0.064	1385.836	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.013	277.582	0.000	0.000
Air TKKS	0.081	1742.135	0.000	0.000
Air Pencucian	0.000	0.000	1.000	31072.567
Bahan Pengotor	0.038	828.602	0.000	0.000
Total	1.000	21274.556	1.000	31072.567
	52616.214			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <4>		Aliran <5>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.127	3028.540	0.000	0.000
Selulosa	0.324	7718.426	0.000	0.000
Lignin	0.275	6562.526	0.000	0.000
Ash	0.058	1385.836	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.012	277.582	0.000	0.000
Air TKKS	0.073	1742.135	0.000	0.000
Air Pencucian	0.130	3107.257	0.971	27965.310
Bahan Pengotor	0.000	0.000	0.029	828.602
Total	1.000	23822.301	1.000	28793.912
	52616.214			

2. *Shredder* (C-130)

Fungsi: Memotong bongkahan TKKS

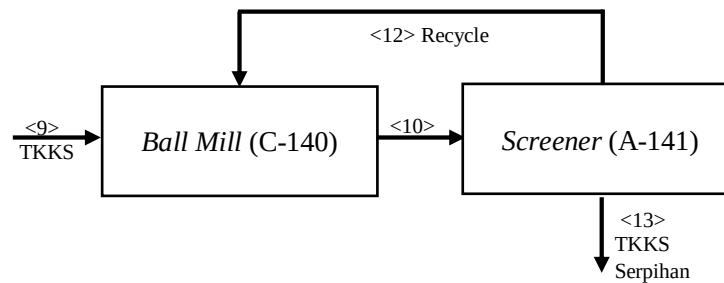
**Gambar IV. 2** Aliran Massa pada *Shredder* (C-130)

Tabel IV. 3 Neraca Massa pada *Shredder* (C-130)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)		Aliran Keluar (Kg)	
	Aliran <4>		Aliran <6>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.127	3028.540	0.127	3028.540
Selulosa	0.324	7718.426	0.324	7718.426
Lignin	0.275	6562.526	0.275	6562.526
Ash	0.058	1385.836	0.058	1385.836
Zat Ekstraktif	0.012	277.582	0.012	277.582
Air TKKS	0.073	1742.135	0.073	1742.135
Air Pencucian	0.130	3107.257	0.130	3107.257
Total	1.000	23822.301	1.000	23822.301
	23822.301		23822.301	

3. *Ball Mill* (C-140)

Fungsi: Mereduksi ukuran TKKS menjadi ukuran 60 mesh)

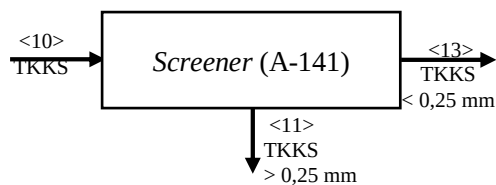
**Gambar IV. 3** Aliran Massa pada *Ball Mill* (C-140)**Tabel IV. 4** Neraca Massa pada *Ball Mill* (C-140)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <9>		Aliran <12>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.127	3028.540	0.127	2019.026
Selulosa	0.324	7718.426	0.324	5145.617
Lignin	0.275	6562.526	0.275	4375.017
Ash	0.058	1385.836	0.058	923.891
Zat Ekstraktif	0.012	277.582	0.012	185.054
Air TKKS	0.073	1742.135	0.073	1161.424
Air Pencucian	0.130	3107.257	0.130	2071.504
Total	1.000	23822.301	1.000	15881.534
	39703.836			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <10>			
	fraksi	massa (kg)		
Hemiselulosa	0.127	5047.566		
Selulosa	0.324	12864.043		
Lignin	0.275	10937.544		
Ash	0.058	2309.727		
Zat Ekstraktif	0.012	462.636		
Air TKKS	0.073	2903.559		
Air Pencucian	0.130	5178.761		
Total	1.000	39703.836		
	39703.836			

4. Screener (A-141)

Fungsi: Memilah TKKS yang masuk tidak lebih dari 60 mesh.



Gambar IV. 4 Aliran Massa pada Screener (A-141)

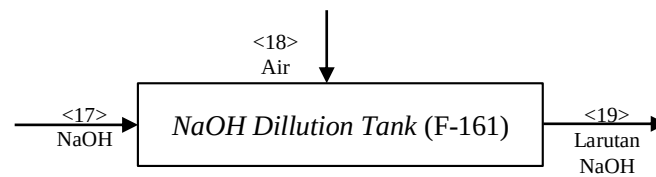
Tabel IV. 5 Neraca Massa pada Screen (A-141)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <10>			
	fraksi	massa (kg)		
Hemiselulosa	0.127	5047.566		
Selulosa	0.324	12864.043		
Lignin	0.275	10937.544		
Ash	0.058	2309.727		
Zat Ekstraktif	0.012	462.636		
Air TKKS	0.073	2903.559		
Air Pencucian	0.130	5178.761		
Total	1.000	39703.836		
	39703.836			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)	Aliran Keluar (Kg)
	Aliran <13>	Aliran <11>

	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.127	3028.540	0.127	2019.026
Selulosa	0.324	7718.426	0.324	5145.617
Lignin	0.275	6562.526	0.275	4375.017
Ash	0.058	1385.836	0.058	923.891
Zat Ekstraktif	0.012	277.582	0.012	185.054
Air TKKS	0.073	1742.135	0.073	1161.424
Air Pencucian	0.130	3107.257	0.130	2071.504
Total	1.000	23822.301	1.000	15881.534
		39703.836		

5. *NaOH Dillution Tank* (F-161)



Gambar IV. 5 Aliran Massa pada *NaOH Dillution Tank* (F-161)

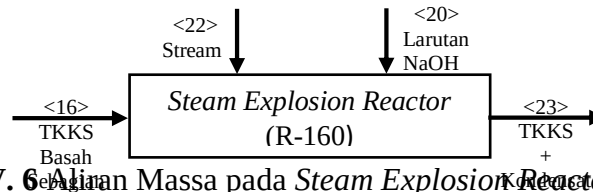
Tabel IV. 6 Neraca Massa pada *NaOH Dillution Tank* (F-161)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <18>		Aliran <17>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Air	1.000	233551.975	0.000	0.000
NaOH	0.000	0.000	1.000	4671.040
Total	1.000	233551.975	1.000	4671.040
		238223.015		

Komponen	Aliran Keluar			
	Aliran <19>			
	fraksi	massa (kg)		
Air	0.980	233551.975		
NaOH	0.020	4671.040		
Total	1.000	238223.015		
		238223.015		

6. *Steam Explosion Reactor* (R-160)

Fungsi: Memisahkan kandungan selulosa dan lignin



Gambar IV. 6 Aliran Massa pada *Steam Explosion Reactor* (R-160)

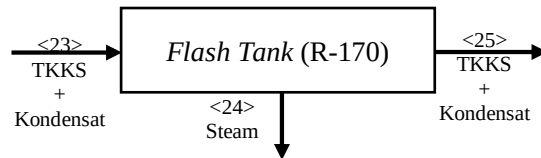
Tabel IV. 7 Neraca Massa pada *Steam Explosion Reactor* (R-160)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <16>		Aliran <20> <22>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.127	3028.540	0.000	0.000
Selulosa	0.324	7718.426	0.000	0.000
Lignin	0.275	6562.526	0.000	0.000
Ash	0.058	1385.836	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.012	277.582	0.000	0.000
Air TKKS	0.073	1742.135	0.000	0.000
Air Pencucian	0.130	3107.257	0.000	0.000
Larutan NaOH	0.000	0.000	0.935	238223.01
Steam	0.000	0.000	0.065	16675.611
Total	1.000	3028.540	1.000	254898.63
		278720.927		

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <23>			
	fraksi	massa (kg)		
Hemiselulosa	0.013	3638.454		
Selulosa	0.060	16653.614		
Lignin	0.010	2806.305		
Ash	0.001	154.521		
Zat Ekstraktif	0.000	30.950		
Air TKKS	0.001	193.551		
Air Pencucian	0.001	344.905		
Air Kondensasi	0.050	13937.221		
Larutan NaOH	0.855	238223.015		
Steam	0.010	2738.390		
Total	1.000	278720.926		
		278720.926		

7. Tangki *Flash* (R-170)

Fungsi: Menurunkan tekanan pada proses *steam explosion*.



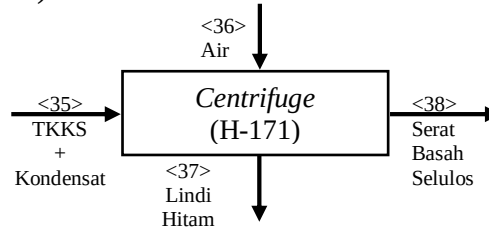
Gambar IV. 7 Aliran Massa pada Tangki *Flash* (R-170)

Tabel IV. 8 Neraca Massa pada Tangki *Flash* (R-170)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <15>			
	fraksi	massa (kg)		
Hemiselulosa	0.014	3638.454		
Selulosa	0.063	16653.614		
Lignin	0.011	2806.305		
Ash	0.001	154.521		
Zat Ekstraktif	0.000	30.950		
Air TKKS	0.001	193.551		
Air Pencucian	0.001	344.905		
Larutan NaOH	0.900	238223.015		
Steam	0.010	2738.390		
Total	1.000	264783.705		
	264783.705			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <16>		Aliran <17>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.000	0.000	0.014	3638.454
Selulosa	0.000	0.000	0.064	16653.614
Lignin	0.000	0.000	0.011	2806.305
Ash	0.000	0.000	0.001	154.521
Zat Ekstraktif	0.000	0.000	0.000	30.950
Air TKKS	0.000	0.000	0.001	193.551
Air Pencucian	0.000	0.000	0.001	344.905
Larutan NaOH	0.000	0.000	0.909	238223.01
Steam	1.000	2738.390	0.000	0.000
Total	1.000	2738.390	1.000	262045.32
	264783.705			

8. *Centrifuge* (H-171)



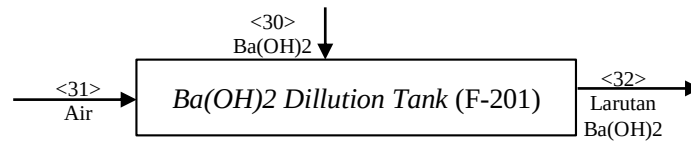
Gambar IV. 8 Aliran Massa pada *Centrifuge* (H-171)

Tabel IV. 9 Neraca Massa pada *Centrifuge* (H-171)

Komponen	Alliran Masuk (Kg)			
	Aliran <35>		Aliran <36>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.014	3638.454	0.000	0.000
Selulosa	0.064	16653.614	0.000	0.000
Lignin	0.011	2806.305	0.000	0.000
Ash	0.001	154.521	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.000	30.950	0.000	0.000
Air	0.002	538.457	1.000	52409
Larutan NaOH	0.909	238223.015	0.000	0.000
Total	1.000	262045.315	1.000	52409
314454.378				

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <37>		Aliran <38>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.006	1819.227	0.094	1819.227
Selulosa	0.000	16.654	0.858	16636.960
Lignin	0.010	2806.305	0.000	0.000
Ash	0.001	154.521	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.000	30.950	0.000	0.000
Air	0.176	52024.7	0.048	922.809
Larutan NaOH	0.807	238220.6	0.000	2.382
Total	1.000	295073.0	1.000	19381.379
314454.378				

9. $Ba(OH)_2$ Dillution Tank (F-201)



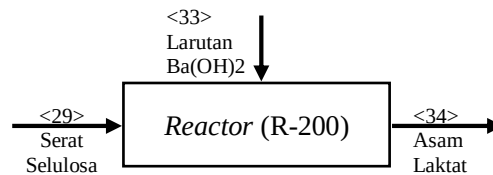
Gambar IV. 9 Aliran Massa pada $Ba(OH)_2$ Dillution Tank (F-201)

Tabel IV. 10 Neraca Massa pada $Ba(OH)_2$ Dillution Tank (F-201)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <31>		Aliran <30>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Air	1.000	381057.612	0.000	0.000
$Ba(OH)_2$	0.000	0	1.000	6569.959
Total	1.000	381057.612	1.000	6569.959
	387627.571			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <32>			
	fraksi	massa (kg)		
Air	0.983	381057.612		
$Ba(OH)_2$	0.017	6569.959		
Total	1.000	387627.571		
	387627.571			

10. *Catalyst Convertio Reactor* (R-200)



Gambar IV. 10 Aliran Massa pada *Catalyst Convertio Reactor* (R-200)

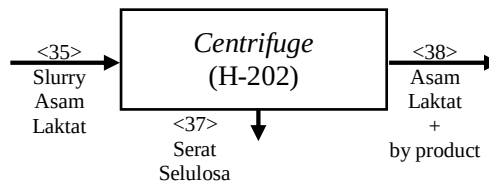
Tabel IV. 11 Neraca Massa pada *Catalyst Convertio Reactor* (R-200)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <29>		Aliran <33>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Hemiselulosa	0.000	0.000	0.000	0.000
Selulosa	0.952	18456.187	0.000	0.000
Lignin	0.000	0.000	0.000	0.000
Ash	0.000	0.000	0.000	0.000
Zat Ekstraktif	0.000	0.000	0.000	0.000
Air	0.048	925.192	0.000	0.000

Larutan Ba(OH) ₂	0.000	0.000	1.000	387627.57
Asam Laktat	0.000	0.000	0.000	0.000
Asam Format	0.000	0.000	0.000	0.000
Asam Asetat	0.000	0.000	0.000	0.000
Asam leuvilinin	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	1.000	19381.379	1.000	387627.57
				407008.950

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <34>			
	fraksi	massa (kg)		
Hemiselulosa	0.000	0.000		
Selulosa	0.035	14083.666		
Lignin	0.000	0.000		
Ash	0.000	0.000		
Zat Ekstraktif	0.000	0.000		
Air	0.002	925.192		
Larutan Ba(OH) ₂	0.952	387627.571		
Asam Laktat	0.006	2255.756		
Asam Format	0.001	366.845		
Asam Asetat	0.002	956.987		
Asam leuvilinin	0.002	792.932		
Total	1.000	407008.950		
		407008.950		

11. Centrifuge (H-202)



Gambar IV. 11 Aliran Massa pada *Rotary Filter* (H-202)

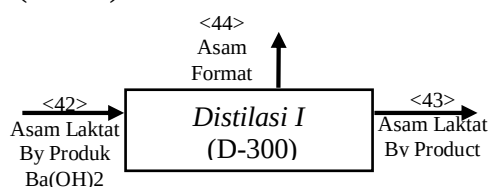
Tabel IV. 12 Neraca Massa pada *Rotary Filter* (H-202)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <35>			
	fraksi	massa (kg)		
Selulosa	0.035	14083.666		
Air	0.002	925.192		
Larutan Ba(OH) ₂	0.952	387627.571		

Asam Laktat	0.006	2255.756		
Asam Format	0.001	366.845		
Asam Asetat	0.002	956.987		
Asam leuvilininik	0.002	792.932		
Total	1.000	407008.950		
	407008.950			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <37>		Aliran <38>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Selulosa	1.000	14083.666	0.000	0.000
Air	0.000	0.000	0.002	925.192
Larutan Ba(OH) ₂	0.000	0.000	0.987	387627.57
Asam Laktat	0.000	0.000	0.006	2255.756
Asam Format	0.000	0.000	0.001	366.845
Asam Asetat	0.000	0.000	0.002	956.987
Asam leuvilininik	0.000	0.000	0.002	792.932
Total	1.000	14083.666	1.000	392925.28
	407008.950			

12. Menara Distilasi I (D-300)



Gambar IV. 12 Aliran Massa pada Menara Distilasi I (D-300)

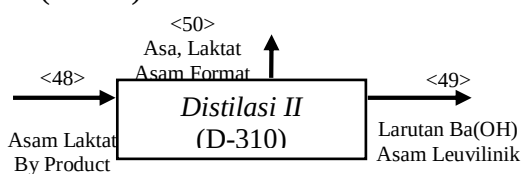
Tabel IV. 13 Neraca Massa pada Menara Distilasi I (D-300)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <42>			
	fraksi	massa (kg)		
Air	0.0217	925.1916		
Larutan Ba(OH) ₂	0.9548	387627.571		
Asam Laktat	0.0106	2255.7562		

Asam Format	0.0034	366.8452		
Asam Asetat	0.0067	956.9875		
Asam Leuvilininik	0.0029	792.9325		
Total	1.0000	392925.284		
		392925.284		

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <44>		Aliran <43>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Air	0.6169	915.9397	0.0002	9.2519
Larutan Ba(OH) ₂	0.2748	3876.2757	0.9793	383751.30
Asam Laktat	0.0061	45.1151	0.0107	2210.6411
Asam Format	0.0967	363.1767	0.0000	3.6685
Asam Asetat	0.0039	19.1397	0.0068	937.8477
Asam Leuvilininik	0.0017	15.8586	0.0029	777.0738
Total	1.0000	5235.5056	1.0000	387689.78
		392925.284		

13. Menara Distilasi II (D-310)



Gambar IV. 13 Aliran Massa pada Menara Distilasi II (D-310)

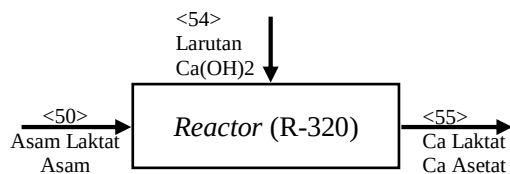
Tabel IV. 14 Neraca Massa pada Menara Distilasi II (D-310)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <48>			
	fraksi	massa (kg)		
Air	0.0000	9.2519		
Larutan Ba(OH) ₂	0.9899	383751.30		
Asam Laktat	0.0057	2210.6411		
Asam Format	0.0000	3.6685		

Asam Asetat	0.0024	937.8477		
Asam Leuvilinin	0.0020	777.0738		
Total	1.0000	387689.78		
	387689.78			

Komponen	Aliran Keluar			
	Aliran <50>		Aliran <49>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Air	0.003	9.252	0.000	0.000
Larutan Ba(OH) ₂	0.000	0.000	0.998	383751
Asam Laktat	0.702	2210.641	0.000	0.000
Asam Format	0.000	3.632	0.000	0.037
Asam Asetat	0.295	937.848	0.000	0.000
Asam Leuvilinin	0.000	0.000	0.002	777.074
Total	1.000	3161.372	1.000	384528
	387689.78			

14. Tangki Reaksi Ca(OH)₂ (R-320)



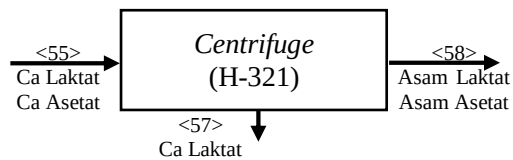
Gambar IV. 14 Aliran Massa pada Tangki Reaksi Ca(OH)₂ (R-320)

Tabel IV. 15 Neraca Massa pada Tangki Reaksi Ca(OH)₂ (R-320)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <50>		Aliran <54>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.702	2210.641	0.000	0.000
Asam Asetat	0.295	937.848	0.000	0.000
Air	0.003	9.252	0.000	0.000
CaOH ₂	0.000	0.000	1.000	949.769
Total	1.000	3157.741	1.000	949.769
	4107.510			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <55>			
	fraksi	massa (kg)		
Asam Laktat	0.271	1055.516		
Asam Asetat	0.000	0.000		
Air	0.002	9.252		
CaOH ₂	0.095	371.430		
Ca asetat	0.002	7.815		
Ca Laktat	0.629	2450.790		
Total	1.000	3894.803		
	4107.510			

15. *Centrifuge* (H-321)



Gambar IV. 15 Aliran Massa pada Centrifuge (H-321)

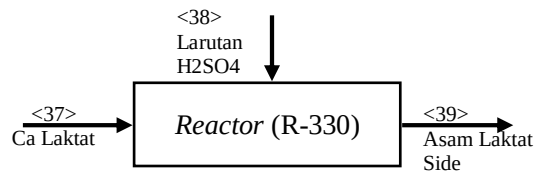
Tabel IV. 16 Neraca Massa pada Centrifuge (H-321)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <55>			
	fraksi	massa (kg)		
Asam Laktat	0.271	1055.516		
Asam Asetat	0.000	0.000		
Air	0.002	9.252		
CaOH ₂	0.095	371.430		
Ca asetat	0.002	7.815		
Ca Laktat	0.629	2450.790		
Total	1.000	3894.803		
	3894.803			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <57>		Aliran <58>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)

Asam Laktat	0.000	0.000	0.674	1055.516
Asam Asetat	0.000	0.000	0.000	0.000
Air	0.000	0.000	0.006	9.252
CaOH ₂	0.000	0.000	0.237	371.430
Ca asetat	0.000	0.000	0.005	7.815
Ca Laktat	1.000	2328.250	0.078	122.539
Total	1.000	2328.250	1.000	1566.553
				3894.803

16. H₂SO₄ Reaktor (R-330)



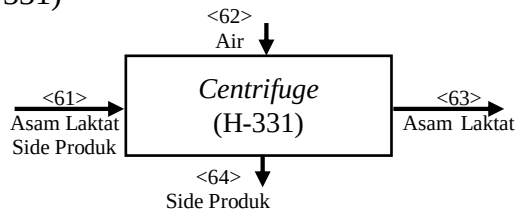
Gambar IV. 16 Aliran Massa pada H₂SO₄ Reaktor (R-330)

Tabel IV. 17 Neraca Massa pada H₂SO₄ Reaktor (R-330)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)	
	Aliran <59> <60>	
	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.000	0.000
H ₂ O	0.000	0.000
Ca Laktat	0.690	2328.250
H ₂ SO ₄	0.310	1046.645
Total	1.000	3374.895
		3374.895

Komponen	Aliran Keluar (Kg)	
	Aliran <61>	
	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.271	913.144
H ₂ O	0.000	0.000
Ca Laktat	0.362	1222.331
H ₂ SO ₄	0.163	549.488
CaSO ₄	0.204	689.931
Total	1.000	3374.895
		3374.895

17. Centrifuge (H-331)



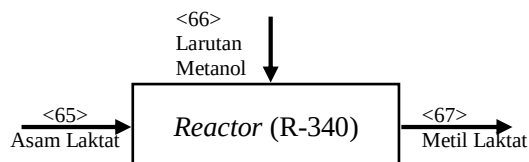
Gambar IV. 17 Aliran Massa pada *Centrifuge* (H-331)

Tabel IV. 18 Neraca Massa pada *Centrifuge* (H-331)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <61>		Aliran <62>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.271	913.144	0.000	0.000
H ₂ O	0.000	0.000	1.000	674.979
Ca Laktat	0.362	1222.331	0.000	0.000
H ₂ SO ₄	0.163	549.488	0.000	0.000
CaSO ₄	0.204	689.931	0.000	0.000
Total	1.000	3374.895	1.000	674.979
	4049.874			

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <63>		Aliran <64>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.573	904.013	0.004	9.131
H ₂ O	0.427	674.979	0.000	0.000
Ca Laktat	0.000	0.000	0.495	1222.331
H ₂ SO ₄	0.000	0.000	0.222	549.488
CaSO ₄	0.000	0.000	0.279	689.931
Total	1.000	1578.992	1.000	2470.882
	4049.874			

18. Static Mixer Metanol (R-340)



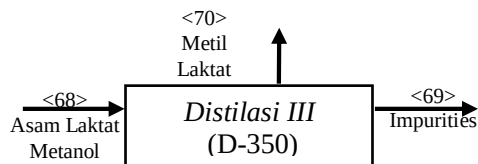
Gambar IV. 18 Aliran Massa pada *Static Mixer Metanol* (R-340)

Tabel IV. 19 Neraca Massa pada *Static Mixer Metanol* (R-340)

Komponen	Aliran Masuk (Kg)			
	Aliran <65>		Aliran <66>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.573	904.013	0.000	0.000
H ₂ O	0.427	674.979	0.010	3.896
Metanol	0.000	0.000	0.990	385.712
Total	1.000	1578.992	1.000	389.608
		1968.600		

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <67>			
	fraksi	massa (kg)		
Asam Laktat	0.459	904.013		
H ₂ O	0.345	678.875		
Metanol	0.196	385.712		
Total	1.000	1968.600		
		1968.600		

19. Menara Distilasi III (D-350)



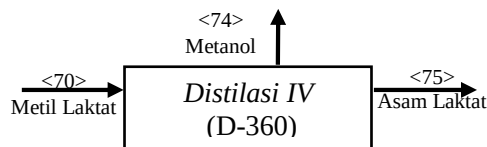
Gambar IV. 19 Aliran Massa pada Menara Distilasi III (D-350)

Tabel IV. 20 Neraca Massa pada Menara Distilasi III (D-350)

Komponen	Aliran Masuk (kg)			
	Aliran <68>			
	fraksi	massa (kg)		
Asam Laktat	0.0000	0.090		
H ₂ O	0.4367	859.660		
Metanol	0.0327	64.317		
C ₄ H ₈ O ₃	0.5306	1044.532		
Total	1.0000	1968.600		
		1968.5997		

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <70>		Aliran <69>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.0000	0.0018	0.0011	0.0886
H ₂ O	0.4511	851.0629	0.1046	8.5966
Metanol	0.0007	1.2863	0.7672	63.0311
C ₄ H ₈ O ₃	0.5482	1034.0870	0.1271	10.4453
Total	1.0000	1886.4381	1.0000	82.1616
		1968.5997		

20. Menara Distilasi IV (D-360)



Gambar IV. 20 Aliran Massa pada Menara Distilasi III (D-360)

Tabel IV. 21 Neraca Massa pada Menara Distilasi III (D-360)

Komponen	Aliran Masuk (kg)			
	Aliran <70>			
	fraksi	massa (kg)		
Asam Laktat	0.4747	894.794		
H ₂ O	0.3565	672.104		
Metanol	0.1688	318.149		
C ₄ H ₈ O ₃	0.0001	0.103		
Total	1.0000	1885.150		
		1885.150		

Komponen	Aliran Keluar (Kg)			
	Aliran <74>		Aliran <75>	
	fraksi	massa (kg)	fraksi	massa (kg)
Asam Laktat	0.018	17.896	0.989	876.898
H ₂ O	0.667	665.383	0.008	6.721
Metanol	0.316	314.967	0.004	3.181
C ₄ H ₈ O ₃	0.000	0.002	0.000	0.101
Total	1.000	998.248	1.000	886.902
		1885.150		

IV.1.2 Neraca Energi

Dasar perhitungan neraca energi yang digunakan adalah persamaan:

$$Accumulation = Input - Output + Generation - Consumption$$

$$\Delta H_{in} + \frac{1}{2} v_{in}^2 + g \cdot z_{in} + Q = \Delta H_{out} + \frac{1}{2} v_{out}^2 + g \cdot z_{out} + W_s$$

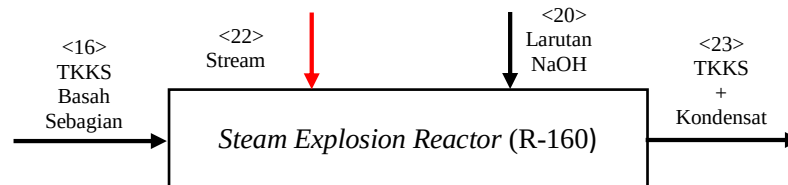
Dengan asumsi dasar yang digunakan adalah

- Proses dalam keadaan *steady-state*, sehingga *Accumulation* = 0

Perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan

1. *Steam Explosion Reactor* (R-160)

Fungsi: Mengontrol suhu agar reaksi *Steam Explosion* dalam reactor berlangsung dengan baik.



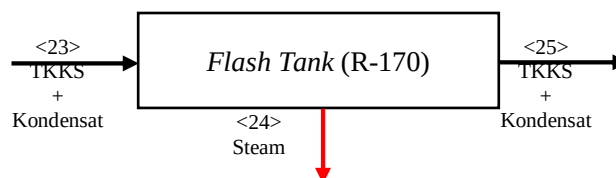
Gambar IV. 20 Aliran Energi pada *Steam Explosion Reactor* (R-160)

Tabel IV. 21 Neraca Energi pada *Steam Explosion Reactor* (R-160)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ)	Aliran	ΔH (kJ)
<16>	9,336,318.985	<23>	49,358,481
Qsteam	41,540,249.926		
NaOH	-1,518,087.839		
Total	49,358,481	Total	49,358,481

2. Tangki *Flash* (R-170)

Fungsi: Menurunkan tekanan *steam* sehingga terjadi penurunan suhu *slurry* TKKS dari *Steam Explosion Reactor* (R-140).



Gambar IV. 21 Aliran Energi pada Tangki *Flash* (R-170)

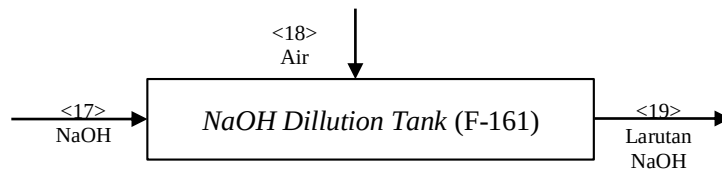
Tabel IV. 22 Neraca Energi pada Tangki *Flash* (R-170)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ)	Aliran	ΔH (kJ)
<23>	49,358,481.072	<25>	39,793,704
		QSteam	9564777.420

Total	49,358,481	Total	49,358,481
-------	-------------------	-------	-------------------

3. Tangki Pelarutan NaOH (F-161)

Fungsi: Melarutkan NaOH padat menjadi larutan NaOH.



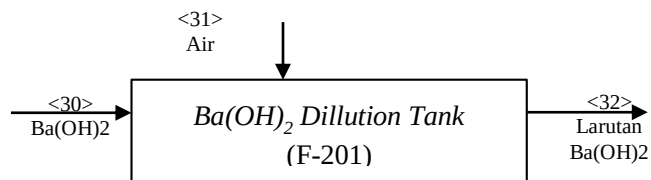
Gambar IV. 22 Aliran Energi pada *NaOH Dillution Tank* (F-161)

Tabel IV. 23 Neraca Energi pada *NaOH Dillution Tank* (F-161)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ)	Aliran	ΔH (kJ)
<17>+<18>	4,911,956.801	<19>	14,735,091.895
Qsupply	8,742,155.006	ΔH_r	-1518087.839
		Qloss	431648.067
Total	13654111.807	Total	13654111.807

4. Tangki Pelarutan Ba(OH)₂ (F-201)

Fungsi: Melarutkan Ba(OH)₂ padat menjadi larutan Ba(OH)₂.



Gambar IV. 23 Aliran Energi pada *Ba(OH)₂ Dillution Tank* (F-201)

Tabel IV. 24 Neraca Energi pada *Ba(OH)₂ Dillution Tank* (F-201)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ)	Aliran	ΔH (kJ)
<30>+<31>	7,971,916.775	<32>	23,914,480.132
Qsupply	14,534,028.144	ΔH_r	-2135236.620
		Qloss	717624.561
Total	22505944.919	Total	22505944.919

5. Catalyst Conversion Reactor (R-200)

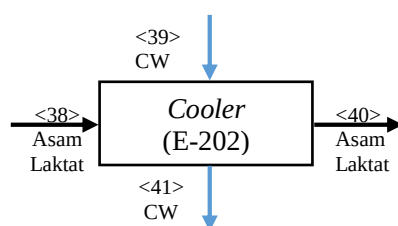


Gambar IV. 24 Aliran Energi pada *Catalyst Conversion Reactor* (R-170)

Tabel IV. 25 Neraca Energi pada *Catalyst Conversion Reactor* (R-170)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ)	Aliran	ΔH (kJ)
<29>	3,461,351.979	<35>	12,170,747.103
<33>	4,348,759.486	ΔH_r	20188602.594
H Steam	37,204,278.393	H Kondensat	11,362,974.991
		Q loss	1,292,065.170
Total	45,014,389.858	Total	45,014,389.858

6. Cooler (E-202)

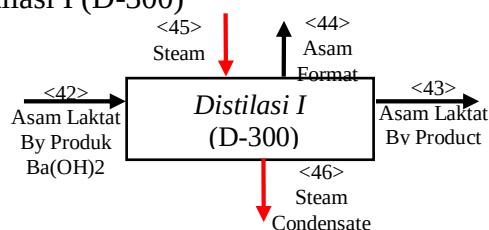


Gambar IV. 25 Aliran Energi pada *Cooler* (E-1)

Tabel IV. 26 Neraca Energi pada *Cooler* (E-1)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <38>	ΔH (kJ)	Aliran <40>	ΔH (kJ)
Hin	8282212.246	Hout	2466885.961
		Qserap	5815326.285
Total	8282212.246	Total	8282212.246

7. Menara Distilasi I (D-300)



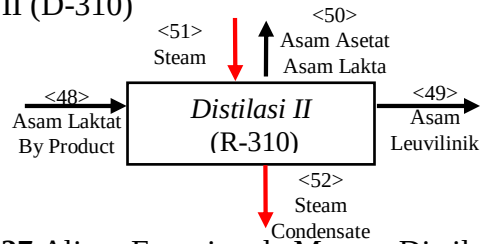
Gambar IV. 26 Aliran Energi pada Menara Distilasi I (D-300)

Tabel IV. 27 Neraca Energi pada Menara Distilasi I (D-300)

Energi Masuk		Energi Keluar	
H Feed	731636.5748	H Distilat	-11013.98868
Q reb	339737.9443	H Bottom	375926.5126
		Q Con	7391.175007
		Q Loss	19594.93152

Total	391898.6304	Total	391898.6304
-------	--------------------	-------	--------------------

8. Menara Distilasi II (D-310)

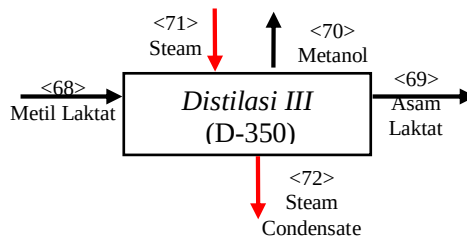


Gambar IV. 27 Aliran Energi pada Menara Distilasi I (D-310)

Tabel IV. 28 Neraca Energi pada Menara Distilasi I (D-310)

Energi Masuk		Energi Keluar	
H Feed	511677.7532	H Distilat	-10453.88804
Q reb	- 436503.0623	H Bottom	74854.53708
		Q Con	7015.307372
		Q Loss	3758.734548
Total	75174.69096	Total	75174.69096

9. Menara Distilasi III (D-350)



Gambar IV. 28 Aliran Energi pada Menara Distilasi III (D-350)

Tabel IV. 29 Neraca Energi pada Menara Distilasi III (D-350)

Energi Masuk		Energi Keluar	
H Feed	311936.1548	H Distilat	-10467.6562
Q reb	- 294381.9983	H Bottom	21237.20765
		Q Con	7024.546795
		H Reaksi	-1117.649602
		Q Loss	877.7078235
Total	17554.15647		17554.15647

IV.2 Kebutuhan Energi dan Power

Kebutuhan energi dan power dalam pabrik asam laktat dari tandan kosong kelapa sawit disajikan sebagai berikut.

IV.2.1 Kebutuhan Energi

Kebutuhan energi untuk setiap alat didapatkan dari perhitungan neraca massa dan energi yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel IV. 30 Kebutuhan Energi Peralatan

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Energi (kJ/jam)	Jumlah Alat	Total Kebutuhan Energi (kJ/jam)
1	Steam Explosion Reactor	R-160	41,540,250	12	498482999.1
2	NaOH Dillution Tank	F-161	8742155.006	2	17484310.01
3	Ba(OH) ₂ Dillution Tank	F-201	14534028.14	2	29068056.29
4	Catalyst Conversion Reactor	R-200	25841303.4	2	51682606.8
5	Distilasi I	D-300	7391.175007	1	7391.175007
6	Distilasi II	D-310	7015.307372	1	7015.307372
7	H ₂ SO ₄ Dillution Tank	R-340	264426.9586	1	264426.9586
8	Distilasi III	D-350	7024.546795	1	7024.546795
Total					597003830.2

IV.2.2 Kebutuhan Power

Kebutuhan *power* dalam proses produksi Asam Laktat dari tandan kosong kelapa sawit disajikan pada Tabel IV.20 berikut.

Tabel IV. 31 Kebutuhan Power Peralatan

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Power (hp)	Jumlah Alat	Total Kebutuhan Power	
					hp	kW
1	Belt Conveyor	J-111	1	1	1	0.745701
2	Rotary Washer	H-120	13.4102	4	53.6408	40
3	Centrifugal Pump	L-121	2.225754516	1	2.225754516	1.659747
4	Belt Conveyor	J-122	1.86	1	1.86	1.387004
5	Shredder	C-130	29.50244	4	118.00976	88
6	Belt Conveyor	J-131	1.64	2	3.28	2.445899
7	Ball Mill	C-140	328.5499	1	328.5499	245
8	Bucket Conveyor	J-142	3.063	1	3.063	2.284082
9	Screener	A-141	0.5	1	0.5	0.372851
10	Tangki Pelarutan	F-161	0.418440955	1	0.418440955	0.312032

	NaOH					
11	Centrifugal Pump	L-162	2.75	1	2.754532955	2.054058
12	Compressor	G-163	59193	1	59193.31436	44140.52
13	Screw Conveyor	J-164	5.23	5	26.15	19.50008
14	Centrifuge	H-171	300	2	600	447.4206
15	Tangki Pelarutan Ba(OH) ₂	F-201	0.43293782	1	0.43293782	0.322842
16	Centrifugal Pump	L-204	3.37	1	3.369739642	2.512818
17	Centrifugal Pump	L-205	1087.17	1	1087.167017	810.7016
18	Tangki Pelarutan Ca(OH) ₂	R-320	0.043279036	1	0.043279036	0.032273
19	Tangki Pelarutan H ₂ SO ₄	F-330	0.019140627	1	0.019140627	0.014273
20	Centrifugal Pump	L-332	1.60	1	1.600350769	1.193383
21	Tangki Pelarutan Methanol	R-350	0.041329685	1	0.041329685	0.03082
22	Centrifugal Pump	L-351	0.01	1	0.00622234	0.00464

Jadi, listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian pabrik Asam Laktat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ialah sebesar 45806,51 kW

BAB V
DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

V.1 Daftar Peralatan

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, berikut daftar peralatan beserta spesifikasi yang digunakan pada pabrik asam laktat:

Tabel V. 1 Daftar Peralatan yang Digunakan

No	Code	Name	Qty	Type	Process Data				Sizing	Material
					Cap. (Kg/h)	Temp. (°C)	Density (kg/m³)	Viscosity (cP)		
A	Pra-Treatment									
1	F-110	Gudang Penyimpanan TKKS	1	Warehouse	20456,304	27	1400	-	Panjang = 24,30 m Lebar = 16,20 m Tinggi = 12,77 m	Dinding Beton
2	J-111	Conveyor	4	Belt conveyor	20456,304	27	-	-	Lebar belt = 0,45 m Panjang belt = 10 m	Carbon steel
3	H-120	Rotary Washer	1	Washer	51959	30	-	-	Panjang = 10 m Lebar = 1,6 m Tinggi = 2 m	Stainless steel 304
4	J-122	Conveyor	1	Continous Bucket on Chain	23524,75	30	-	-	8 x 5 x 5.5 in	Carbon steel

5	C-130	Shredder	1	<i>Twin Shaft</i>	23524,75	30	-	-	Ketebalan = 0,0145 m Diameter = 0,16 m	<i>Carbon steel</i>
6	J-131	Bucket Conveyor	1	<i>Positive Discharge</i>	23524,75	30	-	-	Ukuran Bucket = 8 x 5 x 5,5 in	<i>Carbon Steel</i>
7	C-140	Ball Mill	1	<i>Double Shaft Shredder</i>	39207,9	30	-	-	Ukuran Discharge = 0,074 – 0,4 mm	<i>Carbon Steel</i>
8	J-141	Bucket Conveyor	1	<i>Positive Discharge</i>	39207,9	30	-	-	Ukuran Bucket = 10 x 6 x 6,25 in	<i>Carbon Steel</i>
9	A-142	Screener	1	<i>Vibrating Screen</i>	39207,9	30	-	-	Panjang = 0,91 m Lebar = 0,30 m Luas Ayakan = 0,05 m	<i>SS-304</i>
10	J-143	Bucket Conveyor	1	<i>Positive Discharge</i>	23524,75	30	-	-	Ukuran Bucket = 8 x 5 x 5,5 in	<i>Carbon Steel</i>
11	F-150	Tangki Penampung TKKS	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah	23524,75	30	1085,28	67,58	Tinggi Tangki = 9,24 m ID = 2,88 m OD = 2,89 m	<i>SA-167 Grade 3 Type 304</i>

				Conical					Tebal = 0,008 m	
12	R-161	NaOH Dillution Tank	2	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	235247,49	40	1017,92	2,31	Tinggi Tangki = 12,89 m ID = 3,02 m OD = 3,04 m Tebal = 0,013 m	SA-167 Grade 3 Type 304
13	L-121	Pump	1	Centrifugal Pump	235247,49	40	1042,19	2,1	OD = 0,010 m ID = 0,005 m Power = 2654 hp	Commercial Steel
14	J-152	Bucket Conveyor	1	Positive Discharge	23524,75	30	-	-	Ukuran Bucket = 8 x 5 x 5,5 in	Carbon Steel
15	R-160	Steam Explotion Reactor	14	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	275239,57	180	2035,02	71,95	Tinggi Tangki = 7,98 m ID = 0,705 m OD = 0,762 m Tebal = 0,029 m	SA-167 Grade 3 Type 304
16	R-170	Flash Tank	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	261476,43	180	2021,65	12,49	Tinggi Tangki = 10,68 m ID = 5,16 m OD = 5,18 m	SA-167 Grade 3 Type 304

									Tebal = 0,010 m	
17	G-142	Compressor	1	<i>Centrifugal Compressor</i>	275239,57	180	8,08	-	Power = 58454 hp	<i>Cast iron</i>
18	J-171	Screw Conveyor	1	<i>Plain Discharge Opening</i>	310526,69	30	17383,95	-	Diameter = 0,22m	<i>Carbon Steel</i>
19	RT-172	Centrifuge	1	<i>Disc Peripheral valve</i>	258772,24	30	2042,69	-	Diameter = 0,91m Power = 300 hp	
20	J-173	Screw Conveyor	1	<i>Plain Discharge Opening</i>	19139,29	30	1085,27	-	Diameter = 0,22m	<i>Carbon Steel</i>
21	R-201	Ba(OH) Dillution Tank	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	382785,91	30	3740	67,58	Tinggi Tangki = 19,22 m ID = 6,04 m OD = 6,09 m Tebal = 0,025 m	<i>SA-167 Grade 3 Type 304</i>
22	L-121	Pump	1	<i>Centrifugal Pump</i>	382785,91	40	1042,19	0,801	Power = 6494,19 hp	<i>Commercial Steel</i>
B	<i>Catalyst Converton</i>									
1	R-200	Converton	2	Tutup Atas Standard	401925,21	240	4844,54	24,797	Tinggi Tangki =	<i>SA-167 Grade 3</i>

		Catalyst Reactor		Dished Head Tutup Bawah Conical					12,85 m ID = 3,03 m OD = 3,04 m Tebal = 0,006 m	Type 304
2	J-202	Screw Conveyor	1	Plain Discharge Opening	401925,21	240	1085,27	-	Diameter = 0,22m	Carbon Steel
3	RT-203	Centrifuge	1	Disc Peripheral valve	397607,30	240	3615,05	-	Diameter = 0,91m Power = 300 hp	
4	E-204	Cooler	1	1-2 STHE	388017,46	240	-	-	Diameter Shell = 0,73 m Panjang Shell = 4,41 m Diameter Tube = 0,03 m Panjang Tube = 2,43 m	Carbon Steel SA 212 Grade A
5	L-121	Pump	1	Centrifugal Pump	388017,46	90	3704,8	11,34	Power = 1057,95 hp	Commercial Steel
C	Purification									

1	D-210	Tangki Distilasi I	1	<i>Sieve Tray Column</i>	388017,46	101		-		<i>Stainless Steel</i>
2	D-220	Tangki Distilasi II	1	<i>Sieve Tray Column</i>	382843,72	123		-		<i>Stainless Steel</i>
3	R-230	Tangki Pencampuran Ca(OH) ₂	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	4046,944	30	1159	-	Tinggi = 4,97 m ID = 1,51 m OD = 1,52 m Tebal = 0,005 m	<i>SA-167 Grade 3 Type 304</i>
4	RT-231	Centrifuge	1	<i>Disc Peripheral valve</i>	4046,944	30	516,285	-	Diameter = 0,33m Power = 6 hp	
5	J-232	Screw Conveyor	1	<i>Plain Discharge Opening</i>	2299.169	30	1490	-	Diameter = 0,22m	<i>Carbon Steel</i>
6	R-240	Tangki Pencampuran H ₂ SO ₄	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	3332,74	30	3324	-	Tinggi = 4,45 m ID = 1,35 m OD = 1,37 m Tebal = 0,005 m	<i>SA-167 Grade 3 Type 304</i>
7	RT-241	Centrifuge	1	<i>Disc Peripheral valve</i>	3999,28	30	2765,19	-	Diameter = 0,33m Power = 6 hp	

8	L-242	Pump	1	<i>Centrifugal Pump</i>	892,27	90	1206	-	Power = 1,6 hp	<i>Commercial Steel</i>
9	R-250	Tangki Pencampuran Metanol	1	Tutup Atas Standard Dished Head Tutup Bawah Conical	2175,19	30	3324	-	Tinggi = 5,30 m ID = 1,66 m OD = 1,67 m Tebal = 0,006 m	<i>SA-167 Grade 3 Type 304</i>
10	L-242	Pump	1	<i>Centrifugal Pump</i>	2175,19	90	1206	-	Power = 1,6 hp	<i>Commercial Steel</i>
11	D-250	Tangki Distilasi III	1	<i>Sieve Tray Column</i>	1210,13	90		-	Tinggi = 6,94 m Diameter = 3,65 m Tebal = 0,004 m	<i>Stainless Steel</i>

V.2 Daftar dan Harga Peralatan

Berikut merupakan tabel daftar harga peralatan yang dibutuhkan pada pabrik Asam Laktat dari tandan kosong kelapa sawit:

Tabel V. 2 Daftar Harga Peralatan

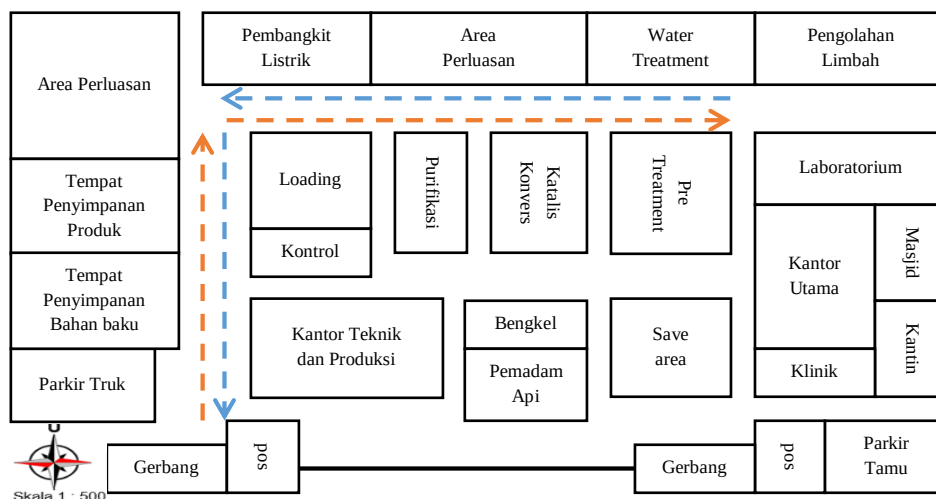
Kode alat	Nama alat	Jumlah	Harga alat (USD)		
			Harga satuan		Total harga
			2014	2024	
F-110	Gudang Penyimpanan TKKS	1	893200	959434.35	959434.35
J-111	Belt Conveyor	1	4300	4618.86	4618.86
A-120	Rotary Washer	4	5629	6046.15	24184.59
L-121	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
J-122	Bucket Conveyor	1	15200	16327.14	16327.14
C-130	Shredder	4	6964	7480.83	29923.31
J-131	Bucket Conveyor	1	9800	10526.71	10526.71
C-140	Ball Mill	1	92100	98929.58	98929.58
J-141	Bucket Conveyor	1	9800	10526.71	10526.71
A-142	Screen	1	7700	8270.99	8270.99
J-143	Bucket Conveyor	1	9800	10526.71	10526.71
F-150	Tangki Penampungan TKKS	1	15700	16864.22	16864.22
J-152	Bucket Conveyor	1	9800	10526.71	10526.71
R-160	Steam Explosion Reactor	14	78300	84106.26	1177487.61
F-161	Tangki Pelarutan	4	2100	2255.72	9022.89
L-162	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
F-163	Tangki Flash	1	11700	12567.60	12567.60
G-164	Compressor	1	40200	43180.99	43180.99
J-165	Screw Conveyor	1	3800	4081.79	4081.79
H-210	Centrifuge	1	109300	117405.03	117405.03
J-212	Screw Conveyor	1	3800	4081.79	4081.79
R-220	Konversi Katalis Reaktor	2	10200	10956.37	21912.74
H-223	Centrifuge	1	109300	117405.03	117405.03
E-211	Cooler	1	21600	23201.73	23201.73
L-224	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
F-225	Ca(OH) ₂ Storage Tank	1	2100	2255.72	2255.72
L-224	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
F-225	H ₂ SO ₄ Storage Tank	1	2100	2255.72	2255.72
L-224	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
F-225	n-Metanol Storage Tank	1	2100	2255.72	2255.72
L-224	Centrifugal Pump	1	9700	10419.29	10419.29
R-224	Stirred Tank	1	8400	9022.89	9022.89
D-220	Distillation Column	3	1029500	1105841.5	3317524.63

E-226	Distillation Column Condensor	3	67500	72505.39	217516.18
E-227	Distillation Column Reboiler	3	67300	72290.56	216871.69
Total		64			6561225.42

V.3 Tata Letak Pabrik Secara Garis Besar

Tata letak pabrik (layout) merupakan tata cara pengaturan fasilitas–fasilitas pabrik agar dapat menunjang kelancaran proses produksi (Wignjosoebroto, 2003) yang meliputi areal proses, areal penyimpanan, areal utilitas, dan lain sebagainya sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada penyusunan tata letak pabrik yang memberikan dapat meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi biaya perawatan dan konstruksi serta mengurangi jumlah operator yang dibutuhkan, (Peters dan Timmerhaus, 2004)

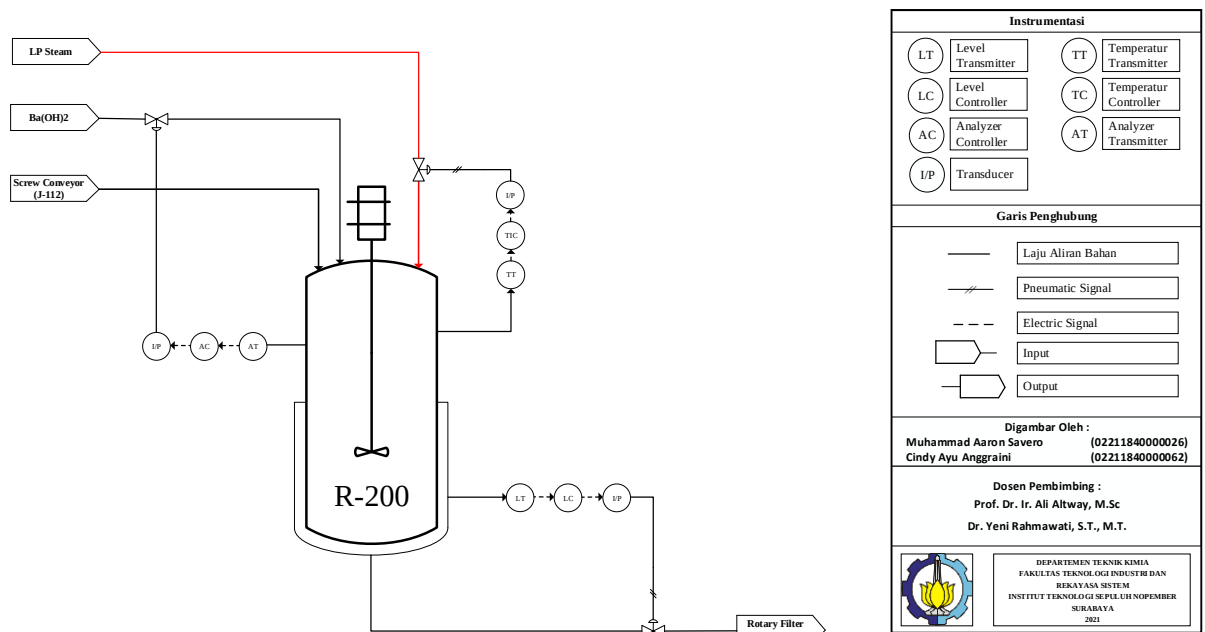
1. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang
2. Jenis dan jumlah produk yang diproduksi
3. Urutan proses produksi.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku
6. Bentuk dari kerangka bangunan tembok dan atap
7. Keamanan dan keselamatan kerja sehingga mengurangi terjadinya bahaya kebakaran, ledakan, ataupun racun
8. Masalah pembuangan limbah
9. Alat-alat pendukung lainnya
10. Luas yang tersedia dan dibutuhkan
11. Fasilitas jalan, gudang, dan kantor
12. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/alat, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi. Tata letak pabrik dapat dilihat pada gambar V.1



Gambar V. 1 Layout Pabrik Asam Laktat dari TKKS

V.3 P&ID Alat Utama dan Preliminary HAZOP

P&ID atau Piping and Instrumentation Diagram, menunjukkan secara detail semua peralatan, piping, instrumentasi, serta control device yang dibutuhkan untuk menggambarkan proses berjalannya suatu pabrik. Berikut Gambar V.2 adalah P&ID dari Reactor Konversi Katalik (R-200)



Gambar V. 2 P&ID Reactor Konversi Katalik

Tabel V. 3 Preliminary HAZOP Reaktor Konversi Katalik

No	Node	Parameter	Guide Word	Causes	Consequences	Safeguards	Recommendation
1	Reactor Tank	Suhu	High	Suhu terlalu tinggi dikarenakan reaksi eksotermis	Reaksi yang berjalan tidak sesuai	Dilengkapi Temperature Transmitter (TT)	<i>Inspection and maintenance</i>
			Less	Suhu terlalu rendah		Dilengkapi Temperature Controller (TC)	
		Level	More	Flow masuk kedalam reaktor berlebih	Volume di dalam reaktor berlebih dan mengakibatkan tumpah	Dilengkapi dengan Level Transmitter (LT) dan Level Controller (LC)	<i>Penggunaan Shutdown Valve</i>
			Less	Penyumbatan pada aliran masuk kedalam reactor	Reaksi yang berjalan tidak sesuai		
2	Stirrer	Pengadukan	More	Kegagalan peredaman impeller	<i>Impeller</i> bekerja dengan RPM tinggi		<i>Inspection and maintenance</i>
			Slow	Terjadi korosi pada impeller	Pengadukan dan reaksi		<i>Inspection and maintenance,</i>

				Terjadi keausan pada motor	tidak optimal		memberikan cairan pelumas pada motor
			No	<i>Stirrer</i> tidak berfungsi	<i>Slurry</i> menggumpal di dalam reaktor		<i>Inspection and maintenance</i>

BAB VI

ANALISA EKONOMI DAN ANALISA DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN

Analisis ekonomi menjadi salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain yang tersebut di atas juga diperlukan analisis biaya yang diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

VI.1 Asumsi – Asumsi

Analisa ekonomi ini dilakukan dengan menggunakan metode *discounted cash flow* yang nilainya diproyeksikan pada masa sekarang. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Modal investasi :
 - a. Modal sendiri (*equity*) = 60%
 - b. Modal pinjaman bank (*loan*) = 40%
2. Bunga Bank = 8,00% per tahun (Bank BNI) (www.ojk.go.id)
3. Laju inflasi = 3.42% per tahun (www.bi.go.id)
4. Masa konstruksi 2 tahun:
 - a. Tahun pertama menggunakan 60% modal sendiri (*equity*) dan 40% modal pinjaman bank.
 - b. Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri (*equity*) dan sisa modal pinjaman bank.
5. Pembayaran kepada kontraktor dengan modal pinjaman dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut.
 - a. Pada masa awal konstruksi (tahun pertama (-2)) dilakukan pembayaran sebesar 40% dari modal pinjaman bank (*loan*) untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka.
 - b. Pada akhir tahun kedua konstruksi (tahun kedua (-1)) dibayarkan sisa modal pinjaman bank (*loan*).
6. Pengembalian modal pinjaman bank (*loan*) dalam waktu 10 tahun dengan angsuran 10% per tahun.
7. Asumsi umur pabrik 15 tahun, dengan depresiasi sebesar 10% per tahun.
8. Kapasitas produksi pabrik pada tahun pertama sebesar 60%, tahun kedua sebesar 80%, tahun ketiga dan seterusnya sebesar 100%
9. Pajak pendapatan menurut Undang-Undang Perpajakan No.7 pasal 17 Ayat 2, Tahun 2021 untuk Badan/koorporasi sebesar 22%

VI.2 CAPEX dan OPEX

Capital Expenditure (CAPEX) adalah biaya-biaya yang dikeluarkan dalam rangka memperoleh aset tetap, meningkatkan efisiensi operasional dan kapasitas produktif aset tetap, serta memperpanjang masa manfaat aset tetap. Biaya-biaya ini biasanya dikeluarkan dalam jumlah yang cukup besar (material). Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai CAPEX sebesar Rp281,521,387,072.

Operating Expenditure (OPEX) adalah biaya yang terkait dengan operasional perusahaan meliputi biaya penjualan dan administrasi, biaya iklan, biaya penyusutan, serta perbaikan dan pemeliharaan (Sunarya dkk, 2020). Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai OPEX sebesar Rp887,535,770,139.

VI.3 NPV, IRR, POT, Cash Flow, Sensitivitas terhadap IRR

Analisa ekonomi dilakukan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak

VI.3.1 Net Present Value (NPV)

Net present value adalah selisih antara nilai arus kas masuk dan nilai arus kas keluar pada sebuah periode waktu. NPV digunakan pada saat menghitung modal untuk menganalisis potensi keuntungan dari sebuah proyek maupun investasi yang akan dilakukan. Nilai NPV yang positif menyatakan bahwa proyeksi pendapatan pabrik kedepannya akan meraup keuntungan, sebaliknya apabila nilai NPV negatif menandakan kerugian. Adapun perumusan untuk menganalisa NPV ialah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dimana:

NPV = net present value

CF = *cash flow* pada tahun ke-n

N = tahun

i = WACC

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp62,435,295,460.

VI.3.2 Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return berdasarkan metode *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah dengan trial harga i, yaitu laju bunga sehingga memenuhi persamaan berikut:

$$\text{Total modal akhir masa konstruksi} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dimana : n = tahun

CF = cash flow pada tahun ke-n

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, didapatkan harga $i = 19,45\%$ yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk bunga pinjaman yaitu $8,00\%$ per tahun. Sehingga hal tersebut dapat membuktikan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman $8,00\%$ per tahun. Parameter lanjutan mengenai IRR dapat dilihat kelayakannya dari hubungan dengan Weighted Average Cost of Capital (WACC) yang merupakan rata rata perkiraan biaya dana masa depan dengan kalkulasi sebanding antara hutang (debt) dengan modal perusahaan (equity). Kelayakan pabrik dapat diukur jika IRR lebih besar dari WACC, yang menunjukkan tingkat pengembalian pabrik tersebut lebih besar dari biaya modal yang diinvestasikan dan harus diterima. Diperoleh nilai WACC sebesar $12,74\%$ dengan nilai IRR diatas sebesar $19,45\%$ menunjukkan pabrik layak didirikan dengan nilai proyek investasi lebih besar daripada biaya rata rata tertimbang modal.

VI.3.3 Analisa Waktu Pengembalian Modal (Pay Out Time/POT)

Minimum pay out time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal suatu pabrik yang dapat dihitung dari modal dibagi laba dan depresiasi.

$$\text{Minimum Pay Out Time} = \frac{\text{Modal}}{\text{Laba pertahun} + \text{depresiasi pertahun}}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 6,02 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 15 tahun.

VI.3.4 Aliran Keuangan (*Cashflow*)

Cash flow merupakan laporan keuangan yang berisi tentang informasi penerimaan dan pengeluaran kas dalam sebuah perusahaan pada periode waktu tertentu. Perhitungan cash flow yang didapatkan digunakan dalam analisa ekonomi pabrik yang meliputi POT, IRR, NPV, dan BEP.

VI.3.5 Sensitivitas Terhadap IRR

Sensitivitas terhadap IRR digunakan untuk analisa terhadap perubahan-perubahan yang terjadi. Analisa yang dilakukan adalah analisa perubahan harga tandan kosong kelapa sawit, perubahan harga lignin, perubahan nilai selulosa, dan perubahan nilai TCI yang akan mempengaruhi nilai IRR seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel VI. 1 Sensitivitas IRR terhadap Biaya Bahan Baku per Tahun

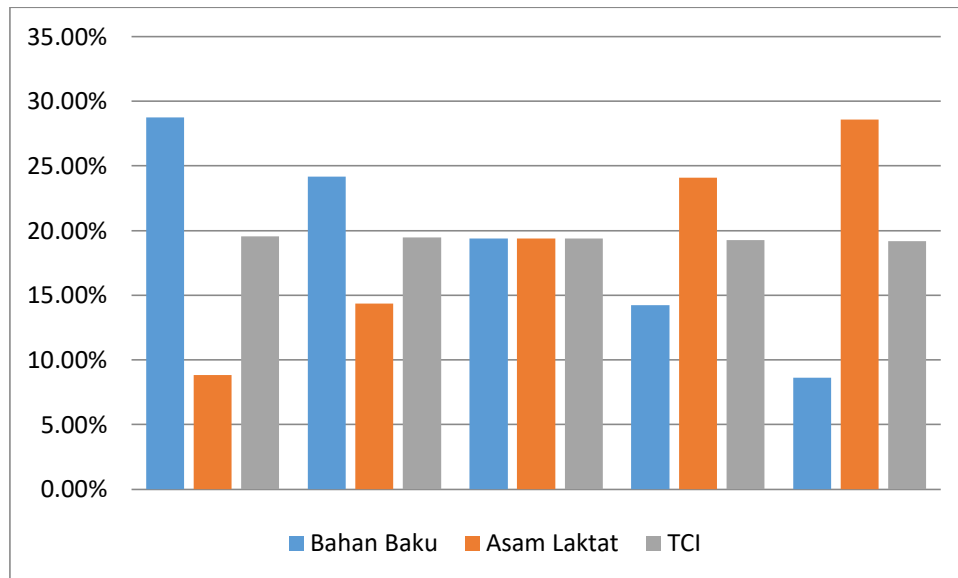
Variasi	Harga TKKS		IRR
-3.8%	Rp	597,963,075,125	28.75%
-1.9%	Rp	609,773,156,651	24.17%
0%	Rp	621,583,238,176	19.45%
1.9%	Rp	633,393,319,701	14.25%
3.8%	Rp	645,203,401,227	8.61%

Tabel VI. 2 Sensitivitas IRR terhadap Harga Produk per Tahun

Variasi	Harga Produk		IRR
-3.2%	Rp	893,503,264,500	8.83%
-1.2%	Rp	911,964,075,750	14.35%
0%	Rp	923,040,562,500	19.45%
1.6%	Rp	937,809,211,500	24.09%
3.2%	Rp	952,577,860,500	28.59%

Tabel VI. 3 Sensitivitas IRR terhadap TCI per Tahun

Variasi	TCI		IRR
-3.8%	Rp	268,849,698,117	19.57%
-1.9%	Rp	274,159,619,389	19.47%
0%	Rp	279,469,540,662	19.45%
1.9%	Rp	284,779,461,934	19.27%
3.8%	Rp	290,089,383,207	19.17%



Gambar VI. 1 Grafik Sensitivitas Terhadap IRR

Melalui grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa harga bahan baku dan asam laktat merupakan variasi yang sensitif terhadap IRR dan memiliki pengaruh perubahan yang sama. Dari semua perhitungan analisa ekonomi yang telah dilakukan, berikut merupakan ringkasan hasil perhitungan analisa ekonomi pabrik Asam Laktat dari TKKS.

Tabel VI. 4 Ringkasan Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi Pabrik Asam Laktat

No	Keterangan	Unit	Jumlah
1	CAPEX	IDR	281.521.387.072
2	OPEX	IDR	887.535.770.139
3	NPV	IDR	62.435.295.460
4	Interest	% / tahun	8,00
5	IRR	%	19,45
6	POT	tahun	6,02
7	BEP	%	66,51
8	Harga Tandan Kosong Kelapa Sawit	IDR/ton	774.960
9	Harga Jual Asam Laktat	IDR/kg	135.177,5
12	Lama konstruksi	tahun	2
13	Hari operasi per tahun	hari/tahun	330

VI.4 Aspek Sosial dan Lingkungan

Pembangunan pabrik Asam Laktat ini akan memberikan dampak pada aspek sosial dan lingkungan. Dampak ini dapat dirasakan oleh berbagai pihak, mulai dari perusahaan, pemerintah hingga masyarakat luas.

VI.4.1 Aspek Sosial

Dalam aspek sosial, masyarakat dapat merasakan dampak sosial berupa peningkatan kesejahteraan melalui penyerapan tenaga kerja di daerah sekitar dengan cara penyerapan

tenaga kerja lokal agar dapat mengurangi jumlah pengangguran yang ada di daerah tersebut. Sementara itu bagi pemerintah, dampak yang dapat dirasakan adalah adanya peningkatan pemasukan pendapatan pemerintah daerah dan pusat dalam bentuk pajak.

VI.4.2 Aspek Lingkungan

Dalam pembangunan pabrik Asam Laktat, terdapat beberapa dampak positif bagi lingkungan. Diantaranya ialah pemanfaatan limbah TKKS yang saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Namun, adanya pabrik tersebut juga dapat menimbulkan dampak negatif, antara lain: kemungkinan terjadinya kerusakan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan pabrik seperti pencemaran udara, air dan tanah; debu yang dihasilkan dari proses produksi dapat mengakibatkan pencemaran udara.

Maka dari itu, terdapat unit pengolahan limbah sebagai upaya *zero waste* dan memenuhi prinsip *green chemistry*. Limbah yang dihasilkan beserta pengelolaan dan pemanfaatannya adalah berupa air buangan dari peralatan proses. Air buangan ini mengandung bahan organik yang mungkin disebabkan oleh: kebocoran dari suatu peralatan; kebocoran karena tumpah pada saat pengisian atau pengosongan; dan air dari pencucian atau perbaikan peralatan. Air buangan yang mengandung bahan organik dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Larutan organik di bagian atas dialirkan ke tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, yang kemudian dapat dibuang ke pembuangan umum.

BAB VII

KESIMPULAN

VII.1 Diskusi

Untuk mengetahui kelayakan dari hasil Pra Desain Pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) tersebut perlu dilakukan evaluasi terhadap semua rencana dan rancangan secara menyeluruh, yaitu meliputi tinjauan teknis, ekonomis, dan lingkungan sebagai berikut.

VII.1.1 Tinjauan Secara Teknis

Produksi asam laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) tersebut melalui proses konversi katalis dengan $\text{Ba}(\text{OH})_2$ menggunakan pretreatment steam explosion dengan NaOH serta diikuti tahap purifikasi dengan proses ditilasi dan esterifikasi menggunakan bantuan methanol. Proses dan kondisi yang tepat mempengaruhi produk yang diperoleh. Bahan baku yang digunakan merupakan limbah dari pabrik CPO dan bukaan lahan perkebunan kelapa sawit semakin meningkat setiap tahunnya. Selain itu, mendukung upaya penurunan impor asam laktat seiring dengan meningkatnya kebutuhan asam laktat di Indonesia.

VII.1.2 Tinjauan Secara Ekonomis

Berdasarkan uraian proses pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Perencanaan operasi | : 24 jam/hari selama 330 hari |
| 2. Kapasitas pabrik | : 20.456,30 kg/jam TKKS |
| 3. Hasil produksi Asam Laktat | : 7.000 ton/tahun |
| 4. Lokasi pendirian pabrik | : Dumai, Riau |
| 5. Umur pabrik | : 15 tahun |
| 6. Masa konstruksi | : 2 tahun |
| 7. Analisa ekonomi | |
| a. Permodalan | |
| CAPEX | : Rp 281,521,387,072 |
| OPEX | : Rp 887,535,770,139 |
| b. Penerimaan | |
| Hasil penjualan/tahun | : Rp Rp946.242.675.000 |
| c. Rentabilitas | |
| Bunga bank | : 8% pertahun |
| Laju inflasi | : 3,42% pertahun |
| IRR | : 19,45% |
| Pay out time | : 6,02 tahun |
| Break even point | : 66,51% |

VII.2 Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas mengenai segi teknis, ekonomis, dan lingkungan pabrik tersebut sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. N. Vaidya , R. A. Pandey , S. Mudliar , M. Suresh Kumar , T. Chakrabarti & S. Devotta (2005) Production and Recovery of Lactic Acid for Polylactide—An Overview, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35:5, 429-467, DOI:10.1080/10643380590966181
- Alibaba.(2021). Manufacturers, Suppliers, Exporters & Importers from the world's largest online B2B marketplace. www.alibaba.com. Diakses tanggal 08 April 2022
- Apsari Puspita Aini, Hyung Woo Lee, Johnner Parningotan Sitompul, and Carolus Borromeus Rasrendra. Production of Lactic Acid from Empty Fruit Bunch of Palm Oil Using Catalyst of Barium Hydroxide. *MATEC Web of Conferences* 156, 06004 (2018). Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Institute of Technology Bandung
- B. Savithra K., G. Sarva S. N., B. Tarun, N. Saibaba K V, R Gopinadh. (2018). Industrial production of lactic acid and its applications. *International Journal of Biotech Research*
- BCA. (2021). Suku Bunga Dasar Kredit. www.bca.co.id. Diakses tanggal 09 April 2022.
- Brownell, L.E., and Young, E.H.(1979). *Process Equipment Design*. 1sted., John Wiley and Sons Inc., New York
- Fabio Andres Castillo Martinez, Eduardo Marcos Balciunas, José Manuel Salgado, José Manuel Domínguez González, Attilio Converti, Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira, Lactic acid properties, applications and production: A review, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 30, Issue 1, 2013, Pages 70-83, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.11.007>.
- Geankoplis. C.J. (1983). *Transport Processes and Unit Operation*. Allyn and Bacon Series in Engineering, Boston, USA.
- J. P. Sitompul, A. Kemala P. J., G. G. Gumilar, Y. Calimanto, C. B. Rasrendra .Studi Kondisi Operasi dalam Pemisahan Asam Laktat dari Produk Konversi Katalitik Tandan Kosong Sawit Melalui Esterifikasi-Hidrolisis. (2019). *Jurnal Rekayasa Proses* 13(2):122. DOI:10.22146/jrekpros.44195
- L. Yang, Ji Su, Sarah Carl, Joan G. Lynam, Xiaokun Yang, Hongfei Lin. Catalytic conversion of hemicellulosic biomass to lactic acid in pH neutral aqueous phase media. *Applied Catalysis B: Environmental* 162 (2015) 149–157. Department of Chemical and Materials Engineering, University of Nevada, N. Virginia St., Reno, NV 89557, USA
- Li Ping Huang, Bo Jin, Paul L.. Direct fermentation of potato starch wastewater to lactic acid by *Rhizopus oryzae* and *Rhizopus arrhizus*. *Bioprocess Biosyst Eng* (2005) 27: 229–238. DOI 10.1007/s00449-005-0398-0
- Matches.(2014). *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>. Diakses tanggal 09 April 2022.
- Narayanan, N., Roychoudhury, P. K. dan Srivastava, A.(2004). L (+) lactic acid fermentation and its product polymerization. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(2). doi: 10.2225/vol7-issue2-fulltext-7

Noraini Razali, Ahmad Zuhairi Abdullah, Production of lactic acid from glycerol via chemical conversion using solid catalyst: A review, *Applied Catalysis A, General* <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcata.2017.07.002>

Perry, R. dan Green, D.(1997).Perry's Chemical Engineers' Handbook – Physical.

Rahmayetty, Dhenia Ria Barleany, Anton Irawan, Endang Suhendi. (2015). SINTESA ASAM LAKTAT BERBAHAN BAKU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TRICHODERMA RESEIDAN LACTOBACILLUS ACIDIPILLUS. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sultan ageng Tirtayasa, Cilegon

Rahmayetty, Nufus Kanani, Intan Fauziah, Nurul Ukhdiya. PENGARUH LAJU PEMBEBANAN SUBSTRAT TERHADAP PRODUKSI ASAM LAKTAT BERBAHAN BAKU MOLASE.Jurnal Integrasi Proses Vol. 8, No. 2 (Desember 2019) 76 – 81. Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jalan Jendral Sudirman Km. 3, cilegon-Banten

Safaria, S. 2013. Efektivitas campuran enzim selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam menghidrolisis Substrat sabut kelapa. ISSN: 2303-1077, 2(1) : 46-51

Sitompul, R.F. Simangunsong, A.A. Asrizal, H. Alisyahbana, H.W. Lee, C.B. Rasrendra. Catalytic Conversion of Empty Fruit Bunch of Palm Oil for Producing Lactic Acid. *Procedia Chemistry* 9 (2014) 88 – 93. Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology Institute of Technology Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132, Indonesia

Timmerhaus, K.D., Peters, M.S.,(1991).Plant Design And Economics For Chemical Engineers Fourth Edition, Colorado.

Tokiwa, Y. (2007, May 31). Production of D-lactic acid from sugarcane molasses, sugarcane. *Biotechnol Lett*, hal. 1329-1332.

Wee, Y. J. (2006, March 12). Biotechnology Production of Lactic Acid and Its Recent Applications. *Food Technol Biotechnol*, hal. 163-172.

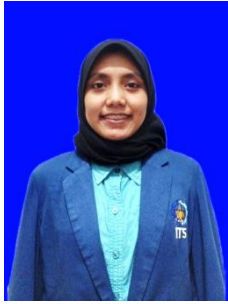
X. Lei WangC.-L. LiuR.-Z. YangW.-S. Dong One-pot catalytic conversion of carbohydrate biomass to lactic acid using an ErCl_3 catalyst,*Applied Catalysis A, General*(2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcata.2014.05.029>

BIODATA PENULIS



Muhammad Aaron Savero dilahirkan di Kota Cirebon pada tanggal 29 Oktober 1999. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SMPN 1 Kota Cirebon pada tahun 2015 dan lulus dari SMAT Krida Nusantara pada tahun 2018. Penulis memasuki perguruan tinggi untuk dapat menempuh pendidikan S-1 Program Studi S1 Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 02211840000026. Selama masa perkuliahan penulis memiliki pengalaman berorganisasi dan kepantiaan dari tahun pertama hingga ketiga, diantaranya yaitu menjadi *crew* CHERNIVAL bagian staff perlengkapan, staff *STALDEV* kepengurusan 2019/2020 dan *HoD STALDEV* pada kepengurusan 2020/2021. Selain itu, penulis pernah melaksanakan kerja praktik secara *online* di PT.Pertamina RU III Plaju, Palembang pada tahun 2021. Penulis mengambil penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa. Serta telah menyelesaikan tugas pra desain pabrik dengan judul “Pra Desain Pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)”. Penulis dapat dihubungi melalui email : aaronsavero29@gmail.com

BIODATA PENULIS



Cindy Ayu Anggraini dilahirkan di Surabaya pada tanggal 18 Maret 1999. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SMP Negeri 3 Krian dan lulus dari SMA Negeri 15 Surabaya. Penulis memasuki Perguruan Tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Program Studi S1 Teknik Kimia tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 02211840000062. Selama masa perkuliahan, penulis memiliki beberapa pengalaman seperti menjadi Asisten Mikrobiologi (2022) Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan dan organisasi di UKM Muay Thai ITS sebagai staff pengembangan sumber daya manusia (PSDM) pada tahun 2019 dan *Volunteer International Office* sebagai staff *Internationalization & Development Division* pada tahun 2020-2022. Penulis pernah melaksanakan kerja praktik secara *online* di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang pada tahun 2021. Penulis mengambil penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, serta telah menyelesaikan tugas pra desain pabrik dengan judul “Pra Desain Pabrik Asam Laktat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)”. Penulis dapat dihubungi melalui email: cindyayuanggraini@gmail.com