

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI**  
**KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**  
**PRA RANCANGAN PABRIK**

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



Disusun Oleh:

Nama : Iqbal Kuncoro Adi

Nama : Deni Ma'arif

NIM : 17521043

NIM : 17521073

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

**2022**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASILAN HASIL  
PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI  
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Iqbal Kuncoro Adi

NIM : 17521043

Nama : Deni Ma'arif

NIM : 17521073

Yogyakarta, 8 Juni 2022

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

Demikian pernyataan ini kami buat, semoga dapat di pergunakan sebagaimana mestinya.

  
**Iqbal Kuncoro Adi**

NIM. 17521043

  
**Deni Ma'arif**

NIM. 17521073

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Nama : Iqbal Kuncoro Adi  
NIM : 17521043

Nama : Deni Ma'arif  
NIM : 17521073

Yogyakarta, 9 Juni 2022

Pembimbing I

Dr. Ir. Farham H M Saleh, MSIE.  
NIP : 865210103

Pembimbing II

Umi Rofiqah, S.T., M.T.  
NIP : 165211304

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Iqbal Kuncoro Adi  
NIM : 17521043

Nama : Deni Ma'arif  
NIM : 17521073

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

Yogyakarta, 15 Juni 2022

Tim Penguji


Dr. Ir. Farham H M Saleh, MSIE.  
Ketua Penguji



Dr. Dyah Retno S, S.T., M.Eng.  
Penguji I



Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.T.  
Penguji II



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Indonesia  
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ph.D.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala tauhid, rahmat dan inayah-Nya, serta Shalawat dan Salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda besar umat Islam Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabat sehingga kita dapat memiliki pedoman hidup sebagaimana yang tertulis didalam kadungan kitab suci Al-Qur'an. Alhamdulillahirabbil'alamiin.

Adapun maksud dari penulisan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul "PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI DENGAN KAPASITAS 20.000 TON / TAHUN", disusun sebagai salah satu penilaian untuk mendapatkan gelar sarjana, serta mengetahui sejauh mana pembelajaran mahasiswa yang didapatkan selama kuliah.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar tidak terlepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak baik bersifat material maupun non material "spiritual". Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Orang Tua**, yang selalu memberikan motivasi dan do'a selama penyusunan Tugas Akhir
2. **Bapak Dr.Suharno Rusdi**, selaku Kepala Jurusan Teknik Kimia yang telah mempermudah segala urusan untuk Tugas Akhir

3. **Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.** , selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia yang telah mempermudah dan membantu lancarnya penyelesaian Tugas Akhir
4. **Bapak Farham H M Saleh, Dr., Ir., MSIE.** ,selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan ilmu – ilmu yang bermanfaat.
5. **Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing 2 Perancangan Pabrik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. **Teman terdekat**, yang telah memberikan semangat, masukan dan motivasi kepada penulis untuk terus mengerjakan Tugas Akhir

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekeliruan dan kekurangan untuk itu mohon maaf, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua semua pihak serta mendapat Ridho Allah SWT.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 8 Juni 2022

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik.....	3
1.3. Tinjauan Pustaka.....	8
BAB II.....	15
PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1. Spesifikasi Produk .....	15
2.2. Spesifikasi Bahan Baku .....	16
2.3. Pengendalian Kualitas .....	17
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	18
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses .....	18
2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk.....	19
BAB III .....	21

PERANCANGAN PROSES .....	21
3.1. Uraian Proses .....	21
3.1.1 Proses persiapan bahan baku.....	21
3.1.2 Proses pembentukan produk .....	21
3.1.3 Pemurnian Produk.....	22
3.2. Spesifikasi Alat/Mesin Produksi .....	23
3.2.1. Alat Penyimpanan.....	23
3.2.2. Menara Distilasi (MD-070) .....	30
3.2.3. Jet Cooker (JC-01).....	31
3.2.4. Reaktor.....	32
3.2.5. Alat penukar panas .....	34
3.2.6. Pompa .....	39
3.2.7. Filter Press .....	42
3.2.8. Belt Conveyor.....	43
3.2.9. Screw Conveyor.....	44
3.2.10. Accumulator.....	45
3.2.11. Vibrating Screen .....	46
3.2.12. Ball Mill .....	47
3.2.13 Molecular Sieve .....	48
3.3. Perencanaan Produksi .....	48
3.3.1 Neraca Massa.....	48
3.3.2 Neraca Panas.....	51
BAB IV .....	57
PERANCANGAN PABRIK.....	57
4.1 Lokasi Pabrik.....	57



4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	57
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	58
4.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	60
4.3	Tata Letak Alat Proses ( <i>Process plant &amp; equipment</i> ).....	63
4.4	Perawatan ( <i>Maintenance</i> ).....	65
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	66
4.6	Unit Penyedia dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ).....	67
4.7	Unit Pengolahan Air.....	68
4.8	Perhitungan Kebutuhan Air.....	74
4.9	Unit Pembangkit Uap ( <i>Steam Generation System</i> ).....	76
4.10	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	76
4.11	Unit Penyedia Udara Tekan.....	79
4.12	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	79
4.13	Laboratorium.....	79
4.14	Organisasi Perusahaan.....	81
4.14.1	Bentuk Perusahaan.....	81
4.14.2	Struktur Perusahaan.....	82
4.14.3	Tugas dan Wewenang.....	84
4.15	Evaluasi Ekonomi.....	95
4.15.1	Penaksiran harga alat.....	96
4.15.2	Hasil perhitungan.....	99
4.15.3	Analisa Keuntungan.....	104
	BAB V.....	108
	PENUTUP.....	108
5.1.	Kesimpulan.....	108

DAFTAR PUSTAKA .....	109
LAMPIRAN A .....	117
PERHITUNGAN REAKTOR HIDROLISIS .....	118
PERHITUNGAN REAKTOR FERMENTOR .....	136
LAMPIRAN B .....	109
LAMPIRAN C .....	111



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor.....	6
Tabel 1.2 Daftar hasil panen kopi di Pulau Jawa tahun 2021 .....	6
Tabel 1.3 Daftar pabrik yang memproduksi Etanol.....	7
Tabel 1.4 Pertimbangan pemilihan proses pada pembuatan etanol .....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan .....	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan ).....	24
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan ).....	25
Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan ).....	26
Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Penyimpanan (lanjutan).....	27
Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan ).....	28
Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan ).....	29
Tabel 3.8 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01).....	30
Tabel 3.9 Spesifikasi Jet Cooker (JC-01).....	31
Tabel 3.10 Spesifikasi Reaktor .....	32
Tabel 3.11 Spesifikasi Reaktor lanjutan.....	33
Tabel 3.12 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	34
Tabel 3.13 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan) .....	35
Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa (lanjutan) .....	39
Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa (lanjutan) .....	40
Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa (lanjutan) .....	41
Tabel 3.20 Spesifikasi Filter Press .....	42
Tabel 3.21 Spesifikasi Filter Press .....	43
Tabel 3.22 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> .....	43

Tabel 3.23 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	44
Tabel 3.24 Spesifikasi <i>Accumulator</i> .....	45
Tabel 3.25 Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> .....	46
Tabel 3.26 Spesifikasi <i>Ball Mill</i> .....	47
Tabel 3.27 Spesifikasi <i>Molecular Sieve</i> .....	48
Tabel 3.28 Neraca massa di <i>Ball Mill (BM-01)</i> .....	48
Tabel 3.29 Neraca massa di <i>Vibrating Screen (VS-01)</i> .....	49
Tabel 3.30 Neraca massa di <i>Jet Cooker (JC-01)</i> .....	49
Tabel 3.32 Neraca Massa <i>Filter Press (FP-01)</i> .....	50
Tabel 3.33 Neraca massa di <i>Reaktor Fermentasi (R-02)</i> .....	50
Tabel 3.34 Neraca massa di <i>Filter Press (FP-02)</i> .....	50
Tabel 3.35 Neraca massa di <i>Feeder Tank (FT-01)</i> .....	51
Tabel 3.36 Neraca massa di <i>Menara Distilasi (MD-01)</i> .....	51
Tabel 3.37 Neraca massa di <i>Sieve Molecular (MS-01)</i> .....	51
Tabel 3.38 Neraca panas <i>Jet Cooker (JC-01)</i> .....	51
Tabel 3.39 Neraca panas <i>Heater (HE-01)</i> .....	52
Tabel 3.40 Neraca panas <i>Reaktor Hidrolisis (R-01)</i> .....	52
Tabel 3.41 Neraca panas <i>Cooler (CL-01)</i> .....	52
Tabel 3.42 Neraca panas <i>Filter Press (FP-01)</i> .....	52
Tabel 3.43 Neraca panas <i>Reaktor Fermentasi (R-02)</i> .....	53
Tabel 3.44 Neraca panas <i>Filter Press (FP-02)</i> .....	53
Tabel 3.45 Neraca panas <i>Feeder Tank (FT-01)</i> .....	53
Tabel 3.46 Neraca panas <i>heater (HE-02)</i> .....	53
Tabel 3.47 Neraca panas <i>menara distilasi (MD-01)</i> .....	54
Tabel 3.48 Neraca panas <i>sieve molecular (MS-01)</i> .....	54

Tabel 4.1 Perincian luas tanah .....	63
Tabel 4.2 Kebutuhan air domestik .....	74
Tabel 4.3 Kebutuhan air <i>service</i> .....	74
Tabel 4.4 Kebutuhan air pembangkit uap .....	75
Tabel 4.5 Kebutuhan air pendingin.....	75
Tabel 4.6 Kebutuhan listrik proses.....	77
Tabel 4.7 Kebutuhan listrik utilitas.....	78
Tabel 4.8 Jadwal shift kerja karyawan.....	88
Tabel 4.9 Penggolongan Gaji Karyawan .....	91
Tabel 4.10 Index harga CEPCI .....	97
Tabel 4.11 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i> .....	99
Tabel 4.12 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i> .....	100
Tabel 4.13 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i> .....	100
Tabel 4.14 <i>Direct Manufacturing (DMC)</i> .....	100
Tabel 4.15 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....	101
Tabel 4.16 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....	101
Tabel 4.17 <i>Manufacturing Cost (MC)</i> .....	101
Tabel 4.18 <i>Working Capital (WC)</i> .....	102
Tabel 4.19 <i>General Expense (GE)</i> .....	102
Tabel 4.20 Total Biaya Produksi.....	102
Tabel 4.21 <i>Fixed Cost (Fa)</i> .....	103
Tabel 4.22 <i>Variable Cost (Va)</i> .....	103
Tabel 4.23 <i>Regulated Cost (Ra)</i> .....	103

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Konsumsi Etanol di Indonesia tahun 2014-2018 .....	3
Gambar 1.2 Grafik Data Impor Etanol di Indonesia tahun 2016 - 2020.....	4
Gambar 1.3 Grafik Data Ekspor Etanol di Indonesia tahun 2016 – 2020.....	5
Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif .....	55
Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif .....	56
Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik.....	60
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik .....	62
Gambar 4.3 Perencanaan tata letak alat proses .....	65
Gambar 4.4 Proses Pengolahan Air .....	73
Gambar 4.5 Struktur Organisasi Perusahaan .....	83
Gambar 4.6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI .....	98
Gambar 4.7 Grafik Analisa kelayakan pabrik.....	106
Gambar 5.1 Hubungan dimensional untuk <i>flange and dishead head</i> .....	124
Gambar 5.2 <i>Vertical blade turbine</i> .....	126
Gambar 5.3 Hubungan dimensional untuk <i>flange and dishead head</i> .....	140
Gambar 5.4 <i>Vertical blade turbine</i> .....	142

## ABSTRAK

Kopi adalah salah satu tanaman komoditi yang paling dicari di seluruh dunia saat ini. Namun pada proses pengolahan buah kopi menjadi produk, seringkali banyak limbah yang terbuang tanpa dimanfaatkan. Pada setiap produksi olahan kopi, sekitar 50-60% dari buah itu menjadi limbah yang tidak ada nilainya, yang mana limbah tersebut sebagian besarnya adalah kulit kopi. Para petani kopi biasanya hanya memanfaatkan limbah ini sebagai pakan ternak saja, padahal kulit kopi mengandung senyawa hemiselulosa di dalamnya. Selulosa yang terkandung dalam kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol sebagai alternatif sumber energi terbarukan. Atas dasar ini dibuat pra rancangan pabrik bioetanol berbahan dasar limbah kulit kopi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Pabrik ini akan menggunakan limbah-limbah dari perkebunan kopi di Pulau Jawa sebagai bahan bakunya, karena produksi kopi di Pulau Jawa pada tahun 2021 bisa mencapai  $\pm 119.393$  ton/tahun yang mana sekitar 50-60% dari angka tersebut hanya menjadi limbah kulit kopi. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Cilacap ditinjau dari berbagai faktornya. Karena tanaman kopi adalah tanaman tahunan yang tidak memiliki musim tertentu untuk bisa panen, maka pabrik ini akan beroperasi selama 335 hari dalam 1 tahun. Proses yang digunakan dalam pembuatan bioetanol ini adalah proses hidrolisis dengan katalis asam sulfat dan fermentasi dengan bantuan *Saccharomyces cereviceae*. Setelah melewati berbagai proses, didapatkan produk berupa bioetanol dengan kadar hingga 99%. Sebagai penunjang berjalannya pabrik ini, digunakan air sebanyak 1679856,97 kg/jam yang bersumber dari sungai di sekitar pabrik dan listrik sebesar 1.376,70 kW yang pengadaannya menggunakan generator berbahan bakar solar. Parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp6.379.967.164.716 dan Modal Kerja Rp1.862.910.151.503. Total Biaya produksi Rp5.063.349.545.598,020 dan Penjualan Tahunan Rp 6.200.214.785.561 sehingga didapat keuntungan sebelum pajak Rp1.136.865.239.962,84 dan keuntungan setelah pajak Rp909.492.191.970. Analisa kelayakan dilihat dari nilai Return On Investment (ROI) setelah pajak 14,26 %, Pay Out Time (POT) sesudah pajak 4,12 tahun, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) 21,52 %, Break Event Point (BEP) 52,31 %, dan Shut Down Point (SDP) 17,51 %. Dari parameter-parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik bioetanol ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Bioetanol, Kulit kopi, Fermentasi

## ABSTRACT

Coffee is one of the most sought-after commodity crops worldwide today. However, in the process of processing coffee into products, often a lot of waste is wasted without being used. In each processed coffee production, about 50-60% of the fruit becomes waste that has no value, of which the waste is mostly coffee husks. Coffee farmers usually only use this waste as animal feed, even though the coffee skin contains hemicellulose compounds in it. Cellulose contained in coffee skin can be used as raw material for making bioethanol as an alternative source of renewable energy. On this basis, a pre-design of a bioethanol plant made from coffee husk waste was made with a capacity of 20,000 tons/year. This factory will use waste from coffee plantations on Java Island as its raw material, because coffee production on Java Island in 2021 could reach  $\pm 119,393$  tons/year of which around 50-60% of this figure is only coffee husk waste. This factory is planned to be established in Cilacap Regency in terms of various factors. Because the coffee plant is an annual plant that does not have a specific season to harvest, this plant will operate for 335 days in 1 year. The process used in the manufacture of bioethanol is a hydrolysis process with a sulfuric acid catalyst and fermentation with the help of *Saccharomyces cereviceae*. After going through various processes, the product is obtained in the form of bioethanol with levels up to 99%. To support the operation of this factory, 1679856.97 kg/hour of water is used which comes from the river around the factory and 1,376.70 kW of electricity which is procured using a diesel-fueled generator. The parameters of the feasibility of establishing a factory use economic analysis with a total investment capital consisting of Fixed Capital Investment of Rp. 6,379,967,164,716 and Working Capital of Rp. 1,862,910,151,503. The total cost of production is Rp. 5,063,349,545,598,020 and Annual Sales is Rp. 6,200,214,785,561 so that the profit before tax is Rp. 1,136,865,239,962.84 and the profit after tax is Rp. 909,492,191,970. The feasibility analysis is seen from the Return On Investment (ROI) value. ) after tax 14.26%, Pay Out Time (POT) after tax 4.12 years, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) 21.52%, Break Event Point (BEP) 52.31%, and Shut Down Point (SDP) 17.51%. From the feasibility parameters above, it can be concluded that this bioethanol plant is feasible to establish.

Keywords: Bioethanol, Coffee Husks, Fermentation



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Dalam kehidupan manusia di era sekarang, energi mempunyai peranan yang sangat penting sebagai pendukung kegiatan sehari-hari. Energi sudah menjadi penopang ekonomi dan menjadi alat pendukung untuk mencapai tujuan diberbagai bidang antara lain sosial, ekonomi, serta lingkungan. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat seiring dengan penambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat.

Penyangga kebutuhan energi utama selama ini adalah minyak bumi. Penggunaan minyak bumi terbagi terbagi menjadi lima sektor yaitu rumah tangga, komersial, industri, dan sektor konsumsi non-energi. Sangat bergantungnya sektor energi pada minyak bumi membuat harga minyak bumi semakin tinggi dan ketersediaannya semakin menipis karena minyak bumi adalah energi yang tidak dapat diperbaharui. Cadangan minyak bumi di Indonesia semakin sedikit jumlahnya, sedangkan jumlah penduduk terus bertambah sehingga kebutuhan energi juga terus meningkat, oleh karena itu diperlukan suatu bahan bakar alternatif untuk menanggulangi permasalahan ini.

Semakin menipisnya sumber energi fosil di dunia, mulai terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi fosil menuju sumber energi terbarukan. Beberapa potensi energi terbarukan antara lain biomassa, panas bumi, energi surya, energi air yang belum banyak dimanfaatkan padahal memiliki potensi yang besar. Berbagai faktor seperti kenaikan harga bahan bakar minyak, kesadaran akan biosekuriti untuk meningkatkan pendapatan domestik, kesadaran untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, dan potensi untuk meningkatkan pengembangan regional sangat mempengaruhi peningkatan minat untuk memproduksi bahan bakar nabati. Pada tahun 2005 LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) dan BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) berusaha

melakukan penelitian penelitian untuk menggantikan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil dengan menggunakan bahan bakar minyak dari sumber nabati dan hewani. Bahan bakar minyak dari sumber non fosil meliputi: bioethanol, biodiesel, biosolar, biogas, dan biopertamax.

Bioetanol dan biodiesel adalah energi alternatif yang banyak diproduksi di dunia sampai saat ini. Laporan menunjukkan bahwa produksi bioetanol dunia mengungguli produksi biodiesel karena bioetanol lebih ramah lingkungan. Bioetanol merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan dan makin banyak diproduksi dibanding energi alternatif lain, seperti biodiesel. Etanol dapat diproduksi melalui beberapa cara, yaitu secara kimiawi dengan bahan baku dari bahan bakar fosil atau melalui proses biologi dengan cara fermentasi gula yang hasilnya berupa bioetanol.

Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah selulosa. Selulosa dapat dibuat menjadi bioetanol dengan cara dihidrolisis menjadi glukosa dan kemudian difermentasi sehingga menjadi bioetanol. Bioetanol yang diproduksi dari biomassa berlignoselulosa merupakan cara alternatif yang menarik, karena bahan berlignoselulosa tidak bersaing dengan bahan makanan dan juga tidak mahal. Bahan berselulosa selama ini merupakan limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal dan jumlahnya cukup melimpah. Selain itu, bahan ini tidak berbenturan dengan kebutuhan pangan. Diantara bahan – bahan berselulosa tersebut yang cukup potensial dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol adalah kulit kopi.

Indonesia memiliki perkebunan kopi yang cukup luas, namun pemanfaatan kulit kopi di Indonesia masih terbatas sebagai bahan pakan ternak dan pupuk kompos saja. Kulit kopi memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Produktivitas tanaman kopi di Indonesia cukup tinggi, agroindustri kopi dapat menghasilkan kulit kopi sekitar 60% dari bahan awal. Di dalam kulit kopi terkandung komponen lignoselulosa yang sangat berpotensi dijadikan bahan baku bioetanol.

Untuk menghasilkan bioetanol dari kulit kopi membutuhkan beberapa proses, yaitu proses delignifikasi untuk menghilangkan lignin yang terkandung,

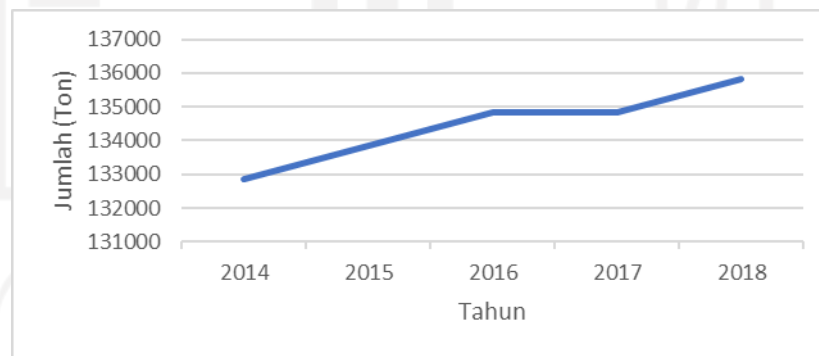
fermentasi gula dari sumber karbohidrat (selulosa) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung selulosa atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatis. Glukosa yang diperoleh selanjutnya dilakukan proses fermentasi atau peragian dengan menambahkan yeast atau ragi sehingga diperoleh bioetanol. Untuk mendapatkan bioetanol dengan kadar lebih tinggi maka dilakukan destilasi yaitu pemisahan suatu komponen dari campuran dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah berdasarkan titik didihnya, sedangkan untuk alkohol titik didihnya pada suhu 78,4°C, untuk mendapatkan kadar etanol 99% sebagai sumber bahan bakar alternatif.

## 1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pabrik ini didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

### 1.2.1. Besarnya nilai konsumsi Etanol dalam negeri

Jumlah konsumsi Etanol di Indonesia dapat dilihat Grafik berikut:

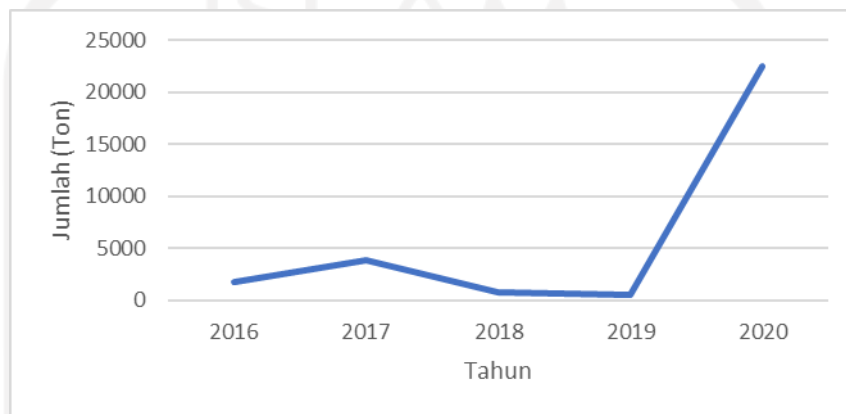


Gambar 1.1 Grafik Data Konsumsi Etanol di Indonesia tahun 2014-2018

Setelah didapatkan jumlah konsumsi etanol di Indonesia setiap tahunnya, dilakukan perhitungan pertumbuhan rata-rata. Melalui perhitungan pertumbuhan rata-rata per tahun yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan konsumsi Bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. Didapatkan peluang konsumsi bioetanol di Indonesia sebesar 135.850 ton/tahun.

### 1.2.2. Tingginya angka impor Etanol di Indonesia

Kebutuhan etanol di Indonesia masih mengandalkan sektor impor sebagai sumber utamanya, dari data Badan Pusat Statistik didapatkan jumlah impor etanol di Indonesia yang digambarkan dalam grafik berikut :

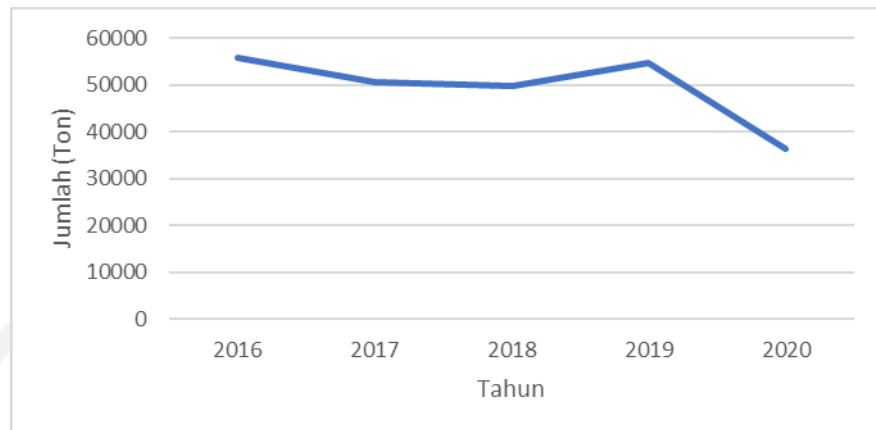


Gambar 1.2 Grafik Data Impor Etanol di Indonesia tahun 2016 - 2020

Melalui perhitungan pertumbuhan rata – rata pertahun yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor Bioetanol di Indonesia pada tahun 2025. Dari perhitungan pertumbuhan rata – rata pertahun tersebut didapatkan prediksi Konsumsi bioetanol di Indonesia sebesar 38.237 ton/tahun.

### 1.2.3. Rendahnya Jumlah Ekspor ke Luar Negeri

Melihat dari tingginya jumlah impor etanol di Indonesia serta masih sedikit jumlah produksi etanol dalam negeri, Indonesia belum mampu bersaing dalam perdagangan etanol secara global. Hal ini dapat terlihat dari kecilnya nilai ekspor etanol di Indonesia yang dapat dilihat dalam grafik berikut :



Gambar 1.3 Grafik Data Ekspor Etanol di Indonesia tahun 2016 – 2020

Dari data tersebut maka dapat diketahui Persen Pertumbuhan jumlah ekspor yang dapat diperoleh dari:

Persamaan:

${}^m$ tahun yang diproyeksikan =  ${}^m$ tahun terakhir dari data \*  $(1+i)^a$

Dengan i:

$$i = \frac{\sum \%P}{n}$$

Keterangan:

a = Selisih tahun

i = Pertumbuhan rata-rata tiap tahun

%P = Persen pertumbuhan tiap tahun

N = Jumlah data %P

Dari persamaan tersebut dapat dituliskan Persen Pertumbuhan (%P) dari tahun ke tahun yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.1 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor

tahun	%P
2016	-
2017	-0,09612
2018	-0,01589
2019	0,10325
2020	-0,33616
total $\Sigma\%P$	-0,09612
i	11,26 %

Secara umum proyeksi jumlah ekspor Etanol di Indonesia pada tahun 2025 dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\text{Ekspor 2025} = 36370 * (1 - 0,0008623)^{(2025-2020)}$$

Yang dimana hasil dari kalkulasi persamaan tersebut adalah = 36.214 ton/tahun  
Maka jumlah ekspor Etanol di Indonesia pada tahun 2025 diproyeksikan sebesar 36.214Ton/Tahun.

#### 1.2.4. Ketersediaan Bahan Baku

Tabel 1.2 Daftar hasil panen kopi di Pulau Jawa tahun 2021

Daerah Penghasil Kulit Kopi	Kapasitas (ton/ tahun)
Banten	6.273
Jawa barat	50.588
DI Yogyakarta	1.726
Jawa tengah	49.397
Jawa timur	91.005
Total	198.989

Sumber : ([www.pertanian.go.id](http://www.pertanian.go.id))

Total jumlah panen kopi di Pulau Jawa pada tahun 2021 adalah 198.989 ton dan dilihat dari statistik tahun-tahun sebelumnya jumlah produksi semakin meningkat. Dalam buah kopi terdapat 60% kulit kopi sehingga total kulit kopi yang bisa didapat dalam setahun  $\pm 119.393$  ton/tahun. Dengan data ini bahan baku untuk membuat bioetanol dari limbah kulit kopi dapat terpenuhi.

### 1.2.5. Produksi Produk

Tabel 1.3 Daftar pabrik yang memproduksi Etanol

<b>Pabrik Etanol di Indonesia</b>	<b>Produksi ( Ton/Tahun )</b>
Molindo Raya Industri	40.000
Indo Acidatama	31.000
Indo Lampung Distillery	16.700
Madukismo	3.300
Total	91.000

Dari berbagai informasi yang didapatkan diatas, dihitung jumlah peluang kebutuhan bioetanol di Indonesia pada tahun 2025 sebagai perhitungan lanjutan dalam menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Peluang} &= ( \text{Konsumsi} + \text{ekspor} ) - ( \text{Impor} + \text{produksi} ) \\
 &= ( 13.5850 + 36.214 ) - ( 38.237 + 91.000 ) \\
 &= 42.828 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa peluang kebutuhan etanol di Indonesia pada tahun 2025 cukup tinggi. Berdasarkan pertimbangan di atas, melihat dari analisis potensi ketersediaan bahan baku di Indonesia dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2025 maka diputuskan akan dibuat pabrik Bioetanol dengan kapasitas sekitar 50% dari persentase pertumbuhan peluang pertahun . Berdasarkan pertimbangan di atas diambil kapasitas produksi bioetanol sebesar 20.000 ton/tahun.

### **1.3. Tinjauan Pustaka**

#### **1.3.1. Bahan Baku dan Produk**

##### **a. Kulit Kopi**

Kopi adalah salah satu komoditi paling dicari di seluruh dunia. Namun dalam proses produksinya, kopi menyisakan limbah padat yang sangat banyak. 50-60% berat buah kopi terbuang menjadi limbah saat proses produksi, dan kulit kopi adalah kandungan limbah yang paling banyak (Kasirajan, 2017).

Kulit kopi memiliki kandungan yang sangat potensial seperti karbohidrat, serat kasar, dan lignoselulosa. Komponen lignoselulosa pada kulit kopi yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin sangat berpotensi sebagai produk-produk komersial seperti enzim, gula pereduksi, furfural, etanol, protein, dan masih banyak produk lain (Wardhana dkk, 2019).

Kandungan pada kulit kopi yaitu 8-11% protein, 0,5-3% lipid, 3-7% mineral, 58-85% karbohidrat total, 43% selulosa, 7% hemiselulosa, 9% lignin, 1% kafein, dan 5% tanin (Goueva dkk, 2009). Karena komposisi selulosanya yang cukup tinggi, limbah kulit kopi berpotensi menjadi bahan baku untuk pembuatan bioetanol.

##### **b. Selulosa**

Selulosa, salah satu sumber daya alam terbarukan yang paling berlimpah di Indonesia dan merupakan komponen utama dari lignoselulosa dari dinding sel pada tanaman bersama dengan hemiselulosa, lignin, pektin, dan lilin. Lignoselulosa bisa didapatkan dari berbagai limbah pertanian seperti bagas tebu, jerami, ampas sagu dan kelapa sawit (Mulyadi, 2019).

Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglikosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglikosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- $\beta$ -glukosida membentuk molekul berantai yang panjang dan linier (Mulyadi, 2019).



Sebagai biopolimer dengan ketersediaan paling banyak, selulosa dapat dimanfaatkan menjadi berbagai produk bahan kimia yang bernilai melalui berbagai reaksi kimia dan enzimatis. Salah satu pemanfaatan selulosa adalah untuk bioetanol melalui proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa untuk selanjutnya difermentasi oleh khamir menjadi bioetanol (Fatriasari dkk, 2019).

c. Biomassa

Biomassa adalah energy yang berasal dari makhluk hidup, seperti tanaman, hewan, dan mikroba. Namun yang paling sering diolah menjadi energy adalah jenis tanaman dan limbah kotoran hewan.

Biomassa adalah energy yang dibuat untuk bahan bakar yang didapat dari sumber alami yang dapat diperbaharui. Energi biomassa bisa menjadi solusi bahan bakar untuk mengurangi pencemaran lingkungan, serta menjadi solusi untuk pengganti bahan bakar fosil.

d. Etanol

Etanol atau etil alkohol  $C_2H_5OH$ , merupakan cairan yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzene, dan semua pelarut organik, serta memiliki bau khas alkohol. Sifat-sifat kimia dan fisis ethanol sangat tergantung pada gugus hidroksil. Pada tekanan  $> 0,114$  bar (11,5 kPa) ethanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop (Setiawati dkk., 2013). Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatik (Warsa dkk, 2013).

Etanol termasuk kelompok hidroksil yang memberikan polaritas pada molekul dan mengakibatkan meningkatnya ikatan hidrogen intermolekuler. Etanol memiliki massa jenis 0.7893 g/mL. Titik didih etanol pada tekanan atmosfer adalah 78.32 °C. Indeks bias dan viskositas pada temperatur 20 °C adalah 1.36143 dan 1.17 cP (Kirkand Othmer, 1965).

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat melalui proses fermentasi. Masing-masing bahan berbeda cara pengolahannya untuk bisa dijadikan bioetanol. Bioetanol dibuat dari bahan-bahan bergula atau berpati seperti kelapa, serbuk kayu, umbi-umbian, tebunira, sorgum, nira nipah, jagung, dan lain-lain.

Bioetanol merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bioetanol ( $C_2H_5OH$ ) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol diartikan juga sebagai bahan kimia yang diproduksi dari bahan pangan yang mengandung pati, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium (Khairani, 2007).

Etanol digunakan pada berbagai produk meliputi campuran bahan bakar, produk minuman, penambah rasa, industri farmasi, dan bahan-bahan kimia. Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan sebagai energi alternatif dari bahan bakar nabati. Etanol mempunyai beberapa kelebihan dari pada bahan bakar lain seperti premium antara lain sifat etanol yang dapat diperbaharui, menghasilkan gas buangan yang ramah lingkungan karena gas  $CO_2$  yang dihasilkan rendah

### 1.3.2. Pembuatan Etanol

Terdapat dua jenis Metode dalam pembuatan etanol menurut Kirk dan Othmer yaitu :

- Sintesa Etilen
- Fermentasi

#### a. Proses Sintesa Etilen

Metode sintesis dilakukan dengan menggunakan reaksi kimia yang mengubah bahan baku menjadi alkohol, contohnya reaksi hidrasi etilen. Bahan dasar yang dipakai adalah gas etilen yang diperoleh dari gas

cracking minyak bumi. Pembuatan etanol dengan cara ini menggunakan gas etilen yang terkandung di dalam gas alam sebagai bahan bakunya.

Jenis – jenis proses yang ada yaitu :

a) Hidrasi katalitik langsung dari gas etilen

Pada proses ini etanol diperoleh dengan beberapa tahapan proses yaitu proses penyerapan (absorpsi) dengan etil hidrogen sulfat sehingga terbentuk dietil sulfat dan menghidrolisa etil hidrogen sulfat dengan menyemprotkan campuran air dan gas stripping pada bottom reaktor sehingga terbentuk produk etanol. Etanol yang telah terbentuk kemudian dipisahkan dari gas stripping di separator dan didapat produk etanol.

b) Hidrasi katalitik tak langsung dari gas etilen

Proses ini dikenal dengan proses Shall. Reaktornya menggunakan katalis asam phospat dengan support relite diatomite. Reaksi hidrasi etilen adalah eksotermis dengan tekanan  $P = 1000$  psi dan temperatur  $T = 300 - 400$  °C pada fase gas. Karena konversi etilen yang rendah, maka dilakukan recycle etilen ke reaktor

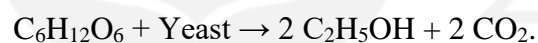
b. Proses Fermentasi

Fermentasi adalah proses metabolik dengan bantuan enzim dari mikroba (jasad renik) untuk melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisa dan reaksi kimia lainnya, sehingga terjadi perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk tertentu dan menyebabkan terjadinya perubahan sifat bahan tersebut.

Proses fermentasi bertujuan untuk mengubah monosakarida (glukosa, sukrosa dan fruktosa) menjadi etanol dengan menggunakan bantuan mikroorganisme berupa yeast maupun bakteri. Etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi oleh yeast (ragi) biasanya berkadar antara 8-12 persen volume.

Produksi etanol dengan menggunakan fermentasi harus melalui beberapa tahap perlakuan bahan baku dan bahan pembantu terlebih dahulu. Perlakuan terhadap bahan baku tergantung dengan karakteristik bahan baku tersebut.

Misalnya pada bahan baku pati-patian harus di hidrolisis terlebih dahulu menjadi gula. Sedangkan bahan yang sudah berbentuk gula bisa langsung difermentasi tanpa ada pretreatment sebelumnya. Namun semua bahan baku tersebut harus disterilisasi dengan cara melakukan pemasakan atau pemanasan dengan suhu antara 100 -120 °C bahkan ada yang mencapai 130 °C. Hal ini dilakukan karena proses fermentasi harus bebas dari kontaminasi dari mikroorganisme lainnya. Apabila terkontaminasi maka hasil dari proses fermentasi tidak maksimal bahkan gagal. Etanol hasil fermentasi kemudian dimurnikan melalui destilasi. Untuk mendapatkan etanol dengan kemurniaan 95% harus menggunakan destilasi azeotrop. Jika menggunakan destilasi biner biasa, maka harus dilanjutkan pada proses dehidrasi. Proses dehidrasi bisa dengan menggunakan membran maupun molekuler sieve (secara adsorpsi). Reaksi yang terjadi pada proses fermentasi yaitu :



Steinkraus (2002) menjelaskan juga bahwa, makanan fermentasi adalah substrat makanan yang ditumbuhi oleh mikroba penghasil enzim terutama amilase, protease, lipase yang menghidrolisis polisakarida, protein dan lemak menjadi produk dengan *rasa*, aroma dan tekstur menyenangkan dan menarik bagi konsumen. Pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dapat dikendalikan dengan proses fermentasi, karena mikroorganisme yang berguna secara selektif dapat tumbuh selama proses fermentasi. Hal itu dapat dicapai dengan menciptakan kondisi yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganisme tersebut, dengan mengatur kondisi lingkungan seperti suhu, oksigen dan pH.

Pada hidrolisis pati dengan asam, molekul pati akan dipecah secara acak oleh asam dan gula yang dihasilkan sebagian besar merupakan gula pereduksi. Proses hidrolisis menggunakan katalis asam juga memerlukan suhu yang sangat tinggi yaitu 120-160 °C. Kelemahan dari hidrolisis pati secara asam antara lain yaitu diperlukan peralatan yang tahan korosi dan

waktu produksi lebih lama, karena proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan terpisah. Penggunaan enzim komersil untuk menghidrolisis pati menjadi gula kurang efisien karena harga enzim yang mahal akan menjadi beban biaya produksi.

Mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi glukosa menjadi etanol adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Keunggulan *S. cerevisiae* yaitu tahan terhadap alkohol dari hasil fermentasi yang cukup tinggi (12-18% v/v) dan kadar gula yang tinggi serta tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu tinggi yaitu 30°C (Zhang et al. 2011). Khamir *S. cerevisiae* tidak mampu menghasilkan enzim penghidrolisis pati sehingga perlu dilakukan ko-kultur dengan mikroorganisme lain membentuk konsorsium mikroba. Dalam penelitian Arnata et al. (2009) menggunakan konsorsium mikroba yang meliputi *Trichoderma spp.*, *Aspergillus spp.*, *Saccharomyces cerevisiae* yang ditambahkan bersama di awal kultivasi dalam media pati ubi kayu dapat meningkatkan kadar etanol sebesar 11% (b/v) dan efisiensi 40 % (b/v) dibandingkan mono kultur *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabel 1.4 Pertimbangan pemilihan proses pada pembuatan etanol

<b>Metode</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<b>Fermentasi</b>	Bahan baku murah dan mudah didapatkan	Menghasilkan karbon dioksida
	Tidak membutuhkan energi besar karena fermentasi dilakukan pada kondisi operasi rendah	Menggunakan proses Semi Batch (proses memakan waktu lama)
	Biaya produksi rendah	Penanganan yang sulit dan jenis mikroorganisme yang beragam

<b>Sintesis Etilen</b>	Bahan baku mudah didapatkan	Membutuhkan energi lebih besar dibandingkan metode fermentasi
	Biaya produksi terbilang rendah	Biaya produksi lebih tinggi dari metode fermentasi
	Yield dan konversi etanol yang tinggi	-

Dari berbagai proses pembuatan Etanol, maka dipilih proses pembuatan Etanol menggunakan metode Fermentasi dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku murah dan mudah didapatkan Proses reaksi cukup mudah.
2. Memiliki biaya operasi produksi yang rendah.
3. Tidak membutuhkan energi besar karena fermentasi dilakukan pada kondisi operasi rendah.

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1. Spesifikasi Produk

##### 1) Etanol

- Rumus molekul :  $C_2H_5OH$
- Berat molekul : 46 g/gmol
- Titik didih , Td : 78,4°C
- Titik beku, Tb : -114 °C
- Titik leleh : 112 °C
- Cp ( 25 °C ) : 0,69 kkal/gr oC
- $\Delta H_{fo}$  ( 25 °C ) : - 66,2 KKal/ mol
- $\Delta G_{fo}$  ( 25 °C ) : - 41,63 KKal/mol
- Densitas : 789 Kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas : 1,0 cp
- P Kritis : 63 atm
- T kritis : 243,3 °C
- Konduktivitas panas , K : 0,105 btu/J ft°F
- Impurities : Air
- Kemurnian : 99 %

##### 2) Karbondioksida

- Rumus molekul :  $CO_2$
- Berat molekul : 44 g/gmol
- Titik didih , Td : - 78,3°C
- Titik leleh : - 56,3 °C
- Cp ( 25 °C ) : 0,251 kkal/gr °C
- $\Delta H_{f}^{\circ}$  ( 25 °C ) : - 94,052 KKal/ mol
- $\Delta G_{f}^{\circ}$  ( 25 °C ) : - 56,9 KKal/mol

- Densitas : 789 Kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas : 1,0 cp
- P Kritis : 72,8 atm

## 2.2. Spesifikasi Bahan Baku

- **Bahan Baku Utama**

Bahan baku didapatkan dari PT Perkebunan Nusantara

### 1) Kulit kopi

Komponen utama kulit kopi yang sangat potensial adalah senyawa-senyawa turunan karbohidrat seperti selulosa, dan glukosa. Komponen kulit kopi terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, protein, dan beberapa zat lain yang jumlahnya sangat sedikit di dalam kulit kopi.

Table 2.1 Komposisi kandungan kulit kopi

Cellulose	58-85%
Hemicellulose	43%
Lignin	9

### 2) Air

- Rumus Molekul : H<sub>2</sub>O
- Berat Molekul : 18 gr/mol
- Densitas : 1,000 gr/cm<sup>3</sup>
- Cp ( 25 °C ) : 1 Kal/gr °C
- Δ H<sub>f</sub><sup>o</sup> ( 25 °C ) : - 68,317 Kkal/mol
- Δ G<sub>f</sub><sup>o</sup> ( 25 °C ) : - 56,9 Kkal/mol
- Titik Didih : 100 °C
- Titik leleh : 0 °C
- Viskositas : 0,95 Cp
- 

- **Bahan pembantu**

Bahan pembantu atau katalis didapatkan dari PT Petrokimia Gresik dan Chaoyang Huaxing Bioengineering Co., Ltd.,Manufacturer



### 1) *Saccharomyces Cerevisae*

- Bentuk : Cair
- pH Optimum : 4 - 5
- Suhu Optimum : 32 °C

### 2) Asam Sulfat

- Rumus Molekul :  $H_2SO_4$
- Berat Molekul : 98 gr/mol
- Densitas : 1,83 gr/cm<sup>3</sup>
- Bentuk : Cairan
- Warna : Jernih
- Titik didih : 340 °C
- Titik beku : -1,1 °C

### 3) Amonium sulfat

- Rumus Molekul :  $(NH_4)_2SO_4$
- Berat Molekul : 132,15 gr/mol
- Densitas : 1,000 gr/cm<sup>3</sup>
- Cp ( 25 °C ) : 1 Kal/gr °C
- $\Delta H_f^\circ$  ( 25 °C ) : - 68,317 Kkal/mol
- $\Delta G_f^\circ$  ( 25 °C ) : - 56,9 Kkal/mol
- Titik leleh : 280 °C
- Viskositas : 0,95 Cp

## 2.3. Pengendalian Kualitas

Sistem pengawasan dan pengendalian dalam proses produksi diperlukan dalam pabrik bioetanol ini. Sistem ini harus dipersiapkan guna dihasilkannya produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berbagai bentuk pengawasan dan pengendalian dalam proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk dengan mutu dan kualitas yang tinggi dengan kuantitas produksi yang telah ditetapkan. Bentuk pengendalian yang dipersiapkan antara lain:

### 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku yang memasuki proses produksi perlu dipastikan merupakan bahan baku yang memiliki kualitas baik, benar, dan sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Hal ini bertujuan agar produk yang didapatkan memiliki kualitas yang baik serta dapat mengurangi proses yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan baku (*upstream*) dimana proses tersebut dapat menambah beban biaya operasional produksi.

### 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi terdiri dari susunan alat yang dipasang pada berbagai alat proses yang berfungsi sebagai sistem pengontrol yang berjalan secara otomatis dengan menggunakan indikator tertentu. Segala bentuk pengawasan dan pengendalian jalannya operasi produksi dijalankan melalui alat pengendali yang berpusat pada *control room*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengawasan dan pengendalian ketika proses produksi sedang berjalan. Penyimpangan yang terjadi pada proses produksi dapat diketahui melalui sinyal dan tanda yang dapat berupa nyala lampu, bunyi alarm dan lain sebagainya. Selanjutnya penyimpangan tersebut dikembalikan pada kondisi awal sesuai dengan prosedur yang sudah ditetapkan. Beberapa alat *control* yang digunakan pada pengendalian proses antara lain :

#### a. *Level Controller*

Alat ini berfungsi sebagai pengendali volume cairan dalam tangki atau alat lain, apabila kondisi di dalam alat lebih tinggi atau kurang dari kondisi yang ditetapkan sesuai prosedur maka hal itu dapat diketahui dengan adanya nyala lampu maupun bunyi alarm. Alat ini dipasang pada dinding tangki dengan ketinggian yang disesuaikan dengan prosedur produksi.

**b. *Flow Rate Controller***

Alat ini berfungsi sebagai pengendali banyaknya aliran yang masuk maupun keluar pada proses produksi. Banyaknya aliran yang masuk maupun keluar disesuaikan dengan prosedur produksi yang sudah ditetapkan sebelumnya. Jika dalam suatu proses terdapat aliran masuk atau keluar alat yang tidak sesuai dengan prosedur maka hal tersebut dapat diketahui dengan adanya nyala lampu maupun bunyi alarm.

**c. *Pressure Controller***

Alat ini merupakan alat yang berfungsi mengatur tekanan masuk dan tekanan keluar pada proses produksi. Hal ini dilakukan untuk mengendalikan besarnya tekanan yang terjadi di dalam sistem. Apabila terjadi perubahan tekanan pada sistem sehingga tekanan dalam proses tidak pada kondisi operasi yang sesuai dengan prosedur produksi maka hal tersebut dapat diketahui melalui adanya nyala lampu maupun bunyi alarm.

**d. *Temperature Controller***

*Temperature Controller* berfungsi mengatur besaran suhu yang ada di dalam sistem. Apabila suhu yang ada tidak sesuai dengan prosedur produksi maka dapat diketahui melalui adanya nyala lampu ataupun bunyi alarm. Ketidak sesuaian suhu dalam proses dapat menyebabkan gagalnya proses produksi.

**e. *PH Controller***

Alat ini berfungsi mengatur besaran pH yang ada di dalam sistem. Apabila pH yang ada tidak sesuai dengan prosedur produksi maka dapat diketahui melalui adanya nyala lampu ataupun bunyi alarm.

**2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk bertujuan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan. Dengan menggunakan bahan baku dan proses yang baik maka diharapkan produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik pula. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap variable-variabel proses melalui

system kontrol agar sesuai dengan *set point* yang telah ditetapkan. Bentuk pengawasan dan pengendalian kualitas produk dapat dilakukan dengan uji karakteristik produk seperti densitas, viskositas, kemurnian produk dan komposisi pembentuk produk yang dapat dilakukan melalui analisa laboratorium maupun penggunaan alat *control*.



## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1. Uraian Proses**

Proses pembuatan bioetanol dari limbah kulit kopi terdiri dari beberapa tahap proses, yaitu:

1. Persiapan bahan baku
2. Proses Pembentukan Produk
3. Pemurnian Produk

##### **3.1.1 Proses persiapan bahan baku**

Produksi bioetanol dari limbah kulit kopi melewati tahapan persiapan bahan baku seperti pengecilan ukuran, pemisahan lignin dan selulosa, dan hidrolisis. Limbah kulit kopi diperoleh dari perkebunan kopi di Jawa Tengah, Jawa Barat, dan DI Yogyakarta. Kulit kopi yang didapat dari para supplier adalah kulit kopi yang sudah kering. Limbah kulit kopi diangkut menggunakan truk ke lokasi pabrik dan selanjutnya diangkut dengan bucket elevator menuju silo penyimpanan bahan baku. Selanjutnya kulit kopi diproses di Ball Mill (BM-01) untuk mengecilkan ukuran, dan diseragamkan menjadi ukuran 14 mm di Vibrating Screen (Vs-01). Kulit kopi yang sudah memiliki ukuran seragam dipanaskan di dalam Jet Cooker (JC-01) pada suhu 105<sup>0</sup>C selama 30 menit agar bahan tergelatinisasi dan lignin terpisah dari selulosa. Kulit kopi yang keluar dari jet cooker sudah terpisah menjadi selulosa, lignin, dan abu.

##### **3.1.2 Proses pembentukan produk**

Proses pembentukan produk dalam pembuatan bioetanol berbahan limbah kulit kopi melewati dua proses yaitu hidrolisis selulosa dan fermentasi glukosa. Proses hidrolisis selulosa adalah proses pengubahan rantai selulosa menjadi glukosa. Proses hidrolisis menggunakan katalis asam berupa asam sulfat karena

prosesnya lebih cepat. Pada proses ini bahan baku yang sudah dimasak dalam jet cooker dialirkan ke dalam reaktor hidrolisis (R-01) dan dipanaskan pada suhu 121<sup>0</sup>C selama 1 jam. Proses ini membutuhkan air untuk membuat rantai glukosa dan asam sulfat sebagai katalis. Air yang ditambahkan pada proses ini sebanyak 49% dari berat total dan ditambahkan asam sulfat sebagai katalis sebanyak 0,5 mol/L.

Setelah proses hidrolisis selesai, slurry didinginkan dan kemudian dilakukan pemisahan agar komponen-komponen yang tidak terpakai seperti lignin, dan abu tidak ikut masuk dalam proses fermentasi. Pemisahan dilakukan menggunakan Filter Press (FP-01). Kemudian slurry yang mengandung glukosa dialirkan menuju reaktor fermentasi (R-02). Proses fermentasi menggunakan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 % dari total substrat yang berfungsi sebagai katalis. Selain itu, Amonium sulfat sebanyak 0,4 % juga ditambahkan sebagai nutrisi yeast. *Saccharomyces cerevisiae* dan Amonium sulfat dialirkan menuju reaktor.

Kondisi optimum untuk proses fermentasi ini berjalan pada suhu 30°C. Reaksi fermentasi ini berlangsung secara eksotermis, sehingga proses ini membutuhkan tangki fermentor berjaket pendingin untuk mempertahankan suhu 30°C. Hasil dari proses ini adalah pembentukan bioetanol dari glukosa.

### **3.1.3 Pemurnian Produk**

Pemurnian produk dilakukan untuk memisahkan produk yaitu etanol dengan komponen-komponen lain sehingga memiliki kemurnian yang lebih tinggi. Pertama-tama produk dimurnikan dengan filter press (FP-02) untuk memisahkan produk dengan padatan-padatan yang masih terbawa sehingga hanya tersisa larutan yang berisi etanol, air, dan glukosa. Larutan kemudian dialirkan menuju menara distilasi (MD-01) untuk menghilangkan glukosa dan mengurangi volume air dalam produk. Dalam menara distilasi, bioetanol yang memiliki titik didih paling rendah akan menguap dan menjadi produk atas proses distilasi, sedangkan air dan glukosa yang memiliki titik didih lebih rendah akan menjadi residu. Tahap terakhir larutan

yang tinggal mengandung etanol dan air dimurnikan kembali dengan alat Molecular Sieve (MS-01) untuk mendapatkan produk dengan kemurnian 99% dan ditampung dalam tangki penyimpanan (ST-01).

### 3.2. Spesifikasi Alat/Mesin Produksi

#### 3.2.1. Alat Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Spesifikasi	Tangki 1 (T-01)
	Bahan Baku (Asam Sulfat)
Fungsi	Menyimpan bahan baku Asam Sulfat untuk proses selama 7 hari
Waktu penyimpanan	7 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	12,81 m <sup>3</sup>
Diameter	2,13 m
Tinggi	0,914 m
Tebal dinding <i>shell</i>	0,006 m
Harga	\$ 15.305
Tipe	Silinder tegak dengan atap kerucut dan dasar rata
Material	<i>Stainless steel 304</i>

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan )

Spesifikasi	Tangki 3 (ST-01)
	Produk (Bioetanol)
Fungsi	Menyimpan produk bioetanol selama 7 hari
Waktu penyimpanan	7 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	634,733 m <sup>3</sup>
Diameter	12,19 m
Tinggi	7,62 m
Tinggi tangki total	7,836 m
Tebal dinding <i>shell</i>	0,1875 in
Tipe atap tangki	Torispherical
Harga	\$ 15.305
Tipe	Tangki silinder tegak dengan torispherical bottomed dan head
Material	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>



Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan )

Spesifikasi	Tangki 2 (FT-01)
	Filtrat dari filter press (Bioetanol)
Fungsi	Menyimpan filtrat bioetanol selama 7 hari
Waktu penyimpanan	7 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	122,562 m <sup>3</sup>
Diameter	6,107 m
Tinggi	8,013 m
Tebal dinding <i>shell</i>	0,1875 in
Tipe atap tangki	Torispherical
Harga	\$ 15.305
Tipe	Tangki silinder tegak dengan torispherical bottomed dan head
Material	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan )

Spesifikasi	Silo 1 (SL-01)
	Bahan Baku (Kulit kopi)
Fungsi	Menyimpan bahan baku kulit kopi untuk proses selama 30 hari
Waktu penyimpanan	30 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	12761,928 m <sup>3</sup>
Diameter	12,7 m
Tinggi	30,3 m
Tebal dinding	0,009 m
Harga	\$ 123.117
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut
Material	<i>Stainless steel 304</i>

Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Penyimpanan (lanjutan)

Spesifikasi	Silo 2 (SL-02)
	Bahan Baku (Ragi)
Fungsi	Menyimpan bahan baku ragi untuk proses selama 30 hari
Waktu penyimpanan	30 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	1279,553 m <sup>3</sup>
Diameter	7,519 m
Tinggi	7,501 m
Tebal dinding	0,009 m
Harga	\$ 123.117
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut
Material	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan )

Spesifikasi	Silo 3 (SL-03)
	Bahan Baku (Amonium sulfat)
Fungsi	Menyimpan bahan baku Amonium sulfat untuk proses selama 30 hari
Waktu penyimpanan	30 hari
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	32,172 m <sup>3</sup>
Diameter	4,514 m
Tinggi	4,5 m
Tebal dinding	0,006 m
Harga	\$ 37.400
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut
Material	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Penyimpanan ( lanjutan )

Spesifikasi	Hopper (H-01)
	Bahan Baku (Kulit kopi)
Fungsi	Menyimpan bahan baku <i>slurry</i> Kulit kopi
Waktu penyimpanan	1 jam
Jumlah unit	1 unit
Kondisi penyimpanan	1 atm (30 °C)
Kapasitas	2,041 m <sup>3</sup>
Diameter	1,063 m
Tinggi	2,125 m
Tebal dinding <i>shell</i>	0,17 m
Harga	\$ 5.064
Tipe	Silinder tegak dengan atap kerucut dan dasar rata
Material	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

### 3.2.2. Menara Distilasi (MD-070)

Tabel 3.8 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01)

<b>Spesifikasi Menara Distilasi</b>	<b>Menara Distilasi</b>
Fungsi	Memurnikan campuran cairan etanol keluaran Filter Press
<b>Kondisi operasi <i>feed</i></b>	
Tekanan (atm)	1 atm
Suhu (°C)	88 °C
<b>Kondisi operasi <i>top</i></b>	
Tekanan (atm)	0,9 atm
Suhu (°C)	77,42 °C
<b>Kondisi operasi <i>bottom</i></b>	
Tekanan (atm)	1,1 atm
Suhu (°C)	98,17 °C
<b>Dimensi Menara Distilasi</b>	
Jumlah Plate	14
Tinggi menara (m)	10,115 m
Diameter menara (m)	1,838 m
Tebal shell (in)	0,6 in
Tebal Head (in)	0,6 in
Tebal tray	0.4 in
Harga	\$ 562.677
Jumlah unit	1 unit
Tipe	Azeotrop
Material	<i>Stainless Steel</i> tipe 304

### 3.2.3. Jet Cooker (JC-01)

Tabel 3.9 Spesifikasi Jet Cooker (JC-01)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Jet Cooker (JC-01)</b>
Fungsi	Delignifikasi lignoselulosaC
Waktu	30 menit
Diameter shell	1,81 m
Tinggi shell	3,62 m
Volume shell	4,68 m <sup>3</sup>
Volume head	1,27 m <sup>3</sup>
Volume mixer	5,96 m <sup>3</sup>
Tinggi mixer total	4,80 m
Jenis pengaduk	Turbin 6 daun lurus terbuka
Putaran pengaduk	110,58 rpm
Power	10 Hp
Jenis cooker	Steam Jet Ejector
Suhu	105 °C
Tekan	3,56 atm
Tebal isolator	0.66 m
Jumlah unit	1 unit
Harga	\$ 437.200

### 3.2.4. Reaktor

Tabel 3.10 Spesifikasi Reaktor

<b>Kriteria</b>	<b>Reaktor Hidrolisis (R-01)</b>
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa
Jenis reactor	Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)
Tipe	Tangki silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsodial
Temperatur	121 <sup>0</sup> C
Tekanan	1 atm
Tinggi Reaktor Total	1,42 m
Tinggi tangki	1,197 m
Diameter tangki	0,898 m
Jumlah Reaktor	2 unit
Volume Reaktor	0,663 m <sup>3</sup>
Jenis Pengaduk	turbine with 6 flat blade
Jenis Bahan Reaktor	<i>Stainless Steel SA-283</i>
Power Pengadukan	30 Hp
Putaran Pengadukan	241,904 Rpm
<b>Spesifikasi pendingin</b>	
Jenis pendingin	Coil pendingin
Jumlah lilitan coil pendingin	9
Panjang coil	22 m
Harga	\$78.325



Tabel 3.11 Spesifikasi Reaktor lanjutan

<b>Kriteria</b>	<b>Reaktor Fermentasi (R-02)</b>
Fungsi	Tempat terjadinya fermentasi glukosa menjadi etanol
Tipe	Tangki silinder tegak berdasar dan beratap thorispherical head
Temperatur	30 <sup>0</sup> C
Tekanan	1 atm
Jenis reactor	Fermentor
Tinggi Reaktor Total	8,497 m
Tinggi tangki	5,585 m
Diameter tangki	5,813 m
Jumlah Reaktor	12
Volume Reaktor	136,7853 m <sup>3</sup>
Jenis Pengaduk	turbine with 6 flat blade
Jenis Bahan Reaktor	<i>Stainless Steel SA-283</i>
Power Pengadukan	75 Hp
Putaran Pengadukan	37,182 Rpm
<b>Spesifikasi pendingin</b>	
Jenis pendingin	Jaket pendingin
Tebal jaket	0.06 m
Jarak antara jaket pendingin dan reaktor	0.62 m
Harga	\$456.668

### 3.2.5. Alat penukar panas

Tabel 3.12 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Spesifikasi alat penukar panas		
Kode	RB-01	
Fungsi	Menguapkan sebagian hasil bawah MD-1 pada suhu 77°C menjadi suhu 98°C	
Tipe	<i>Shell and Tube</i>	
Material	<i>Stainless steel 304</i>	
Fluida panas	<i>Saturated steam</i>	
Fluida dingin	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH & H <sub>2</sub> O	
Luas transfer panas	394,28 ft <sup>2</sup>	
Kebutuhan fluida :	<i>Steam</i>	
	10,106 kg/jam	
Spesifikasi :	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Panjang</i>	20 ft	20 ft
OD	-	1,5 in
ID	10 in	1,38 in
Pressure drop	0,01 psi	0,1 psi
Jumlah tube	50	
BWG	18	
Susunan tube	¾" pada 1" triangular pitch	
Material	Stainless steel 304	
Jumlah unit	1 unit	
Harga	\$ 78.000	

Tabel 3.13 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<b>Spesifikasi alat penukar panas</b>		
<b>Kode</b>	<b>CD</b>	
Fungsi	Mengembunkan sebagian hasil bawah MD-01 pada suhu 77°C menjadi suhu 27 °C	
Tipe	<i>Shell and tube</i>	
Fluida panas	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH & H <sub>2</sub> O	
Fluida dingin	Air pendingin	
Luas transfer panas	342,04 ft <sup>2</sup>	
Kebutuhan fluida :	Air pendingin	
	283,306 kg/jam	
Spesifikasi :	<b><i>Shell</i></b>	<b><i>Tube</i></b>
<i>Panjang</i>	20 ft	20 ft
<i>OD</i>	-	1,5 in
<i>ID</i>	10 in	1,4 in
Pressure drio	0,01 psi	0,1 psi
Jumlah tube	50	
BWG	18	
Susunan tube	¾" pada 1" triangular pitch	
Material	<i>Stainless steel 304</i>	
Jumlah unit	1 unit	
Harga	\$ 78.000	

Tabel 3.14 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Spesifikasi alat penukar panas		
Kode	CL	
Fungsi	Mendinginkan umpan masuk sebelum ke dalam Filter Press (FP-01) dari suhu 121°C menjadi 30°C	
Tipe	<i>Double pipe</i>	
Fluida panas	<i>Slurry</i>	
Fluida dingin	Air pendingin	
Luas transfer panas	31,853 ft <sup>2</sup>	
Kebutuhan fluida :	Air pendingin	
	112193 kg/jam	
Spesifikasi :	<i>Annulus</i>	<i>pipe</i>
• <i>IPS</i>	2 in	1,25 in
• <i>Sch No</i>	40	40
• <i>OD</i>	2,38 m	1,66 m
• <i>ID</i>	2,07 m	1,38 m
• Jumlah <i>harpin</i>	3	
• Panjang	15 in	
Jumlah unit	1 unit	
Material	<i>Stainless steel 304</i>	
Harga	\$ 1.125	

Tabel 3.15 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<b>Spesifikasi alat penukar panas</b>		
Kode	<b>HE-01</b>	
Fungsi	Menaikkan temperatur dari jet cooker 105 °C ke reaktor hidrolisis 121°C	
Tipe	<i>Double pipe</i>	
Fluida panas	<i>saturated steam</i>	
Fluida dingin	slurry	
Luas transfer panas	58,930 ft <sup>2</sup>	
Kebutuhan fluida :	steam pemanas	
	166,481 kg/jam	
Spesifikasi :	<i>Annulus</i>	<i>pipe</i>
• <i>IPS</i>	2 in	1,25 in
• <i>Sch No</i>	40	40
• <i>OD</i>	2,38 m	1,66 m
• <i>ID</i>	2,07 m	1,375 m
• Jumlah <i>harpin</i>	7	
• Panjang	15 in	
Jumlah unit	1 unit	
Material	<i>Stainless steel SA-167 type 316</i>	
Harga	\$ 1.125	

Tabel 3.16 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

<b>Spesifikasi alat penukar panas</b>		
Kode	<b>HE-02</b>	
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan dari feeder tank menuju menara distilasi	
Tipe	<i>Double pipe</i>	
Fluida panas	<i>saturated steam</i>	
Fluida dingin	light organic	
Luas transfer panas	14,110 ft <sup>2</sup>	
Kebutuhan fluida :	steam pemanas	
	247,499 kg/jam	
Spesifikasi :	<i>Annulus</i>	<i>pipe</i>
• <i>IPS</i>	2 in	1,25 in
• <i>Sch No</i>	40	40
• <i>OD</i>	2,38 m	1,66 m
• <i>ID</i>	2,07 m	1,375 m
• Jumlah <i>harpin</i>	2	
• Panjang	15 in	
Material	<i>Stainless steel SA-167 type 316</i>	
Jumlah unit	1 unit	
Harga	\$ 1.125	

### 3.2.6. Pompa

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Spesifikasi	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan slurry dari jet cooker menuju reaktor hidrolisis (M-01)	Mengalirkan Asam sulfat dari Tangki menuju Reaktor hidrolisis (R-01)	Mengalirkan slurry dari reaktor hidrolisis menuju Filter Press (FP-01)	Mengalirkan slurry dari Filter Press Reaktor fermentasi (R-02)
Kapasitas (gpm)	7,036	0,114	14,186	4,866
Ukuran pipa				
ID (in)	1,380	1,049	1,610	1,380
OD (in)	1,660	1,610	1,9	1,660
IPS (in)	1,5	1,5	1,5	1,5
No. Sch	40	40	40	40
A (in <sup>2</sup> )	1,496	2,036	2,036	1,496
Daya pompa				
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%	80%
Daya motor (HP)	20	0,25	10	5
Harga (\$)	8.778	8.778	8.778	8.778
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>			

Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>
Fungsi	Mengalirkan slurry dari reaktor fermentor menuju filter press (T-05)	Mengalirkan cairan dari filter press menuju feeder tank	Mengalirkan cairan dari feeder tank Menara Distilasi	Mengalirkan cairan dari reboiler menuju Menara Distilasi
Kapasitas (gpm)	3,593	3,555	2,538	0,882
Ukuran pipa				
ID (in)	1,38	1,38	1,38	1,38
OD (in)	1,66	1,66	1,66	1,66
IPS (in)	1,5	1,5	1,5	1,5
No. Sch	40	40	40	40
A (in <sup>2</sup> )	1,496	1,496	1,496	1,496
Daya pompa				
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%	80%
Daya motor (HP)	5	5	3	2
Harga (\$)	8.778	8.778	8.778	8.778
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>			



Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>
Fungsi	Mengalirkan Etanol dari menara distilasi menuju sieve molecular	Mengalirkan etanol dari sieve molecular menuju storage tank
Kapasitas (gpm)	1,656	1,566
Ukuran pipa		
ID (in)	1.38	0,824
OD (in)	1.66	1
IPS (in)	1,5	0,75
No. Sch	40	40
A (in <sup>2</sup> )	1,496	0.533
Daya pompa		
Efisiensi Pompa	80%	80%
Daya motor (HP)	1	2
Harga (\$)	8.778	8.778
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	

### 3.2.7. Filter Press

Tabel 3.20 Spesifikasi Filter Press

<b>Spesifikasi filter Press (FP-01)</b>	
Fungsi	Untuk memisahkan stillage dari umpan sebelum masuk fermentor
Tipe	<i>Plate and frame</i>
Temperature	30°C
Tekanan desain	1 atm
Area Filtrasi	12,560 m <sup>2</sup>
Volume Filtrat	25681,08876 m <sup>3</sup>
Jumlah plate and frame	13 buah
Jumlah	1 unit
Harga	\$22.507

Tabel 3.21 Spesifikasi Filter Press

<b>Spesifikasi filter Press (FP-02)</b>	
Fungsi	Untuk memisahkan stillage dari larutan bioetanol – air sebelum diumpankan ke Menara destilasi
Tipe	<i>Plate and frame</i>
Temperature	30°C
Tekanan desain	1 atm
Area Filtrasi	13,853 m <sup>2</sup>
Volume Filtrat	16166,35824 m <sup>3</sup>
Jumlah plate and frame	5 buah
Jumlah	1
Harga	\$22.507

### 3.2.8. Belt Conveyor

Tabel 3.22 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Spesifikasi	Belt Conveyor (BC-01)	Belt Conveyor (BC-02)	Belt Conveyor (BC-03)
Fungsi	Mengangkut bahan baku dari hopper menuju ball mill	Mengangkut bahan baku dari ball mill menuju vibrating screen	Mengangkut bahan baku dari vibrating screen menuju jet cooker
Lebar belt	16 in	16 in	16 in
Panjang belt	10 m	10 m	10 m
Daya motor	1 Hp	1 Hp	1 Hp
Harga	\$ 11.366	\$ 11.366	\$ 11.366

### 3.2.9. Screw Conveyor

Tabel 3.23 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi	Screw Conveyor (SC-01)	Screw Conveyor (SC-02)
Fungsi	Mengangkat ragi menuju reaktor fermentasi (R-02)	Mengangkat amonium sulfat menuju reaktor fermentasi (R-02)
Kapasitas	5 ton	5 ton
Diameter flight	9 in	9 in
Diameter pipa	2,5 m	2,5 m
Kecepatan	60 rpm	60 rpm
Daya Penggerak	0,43 Hp	0,43 Hp
Motor standar	0,45 Hp	0,45 Hp
Harga	\$ 5.177	\$ 5.177

### 3.2.10. Accumulator

Tabel 3.24 Spesifikasi *Accumulator*

<b>Spesifikasi <i>Accumulator</i></b>	
	<b>ACC-01</b>
Fungsi	Menampung sementara arus keluaran kondenser dari menara distilasi
Volume	15,6 ft <sup>3</sup>
Kondisi operasi	0,9 atm (77,42°C)
Diameter	0,45 m
Panjang	2,94 m
Tebal <i>shell</i>	0,18 in
Tebal <i>head</i>	0,18 in
Tinggi <i>head</i>	0,13 m
Tipe	Tangki silinder horizontal
Jumlah unit	1 unit
Material	<i>steel SA.283 Grade C</i>
Harga	\$ 8.721

### 3.2.11. Vibrating Screen

Tabel 3.25 Spesifikasi Vibrating Screen

Keterangan	Vibrating Screen
Fungsi	Tempat menghomogenkan ukuran kulit kopi
Jumlah	1 unit
Temperatur	30 °C
Tekanan	1 atm
No ayakan	14
diameter	0,725 mm
<i>Tyler equivalent</i>	12
Faktor bukaan	44%
luas screen	0,216 ft <sup>2</sup>
Lebar	1,244 m
Panjang	1,866 m
Harga	\$168.803

### 3.2.12. Ball Mill

Tabel 3.26 Spesifikasi Ball Mill

<b>Spesifikasi Ball Mill (BM-01)</b>	
Fungsi	Menggiling kulit kopi menjadi ukuran 0,14 mm
Tipe	<i>Marcy Ball Mill</i>
Jumlah	1 Unit
Size	4 x 3 ft
Diameter	3 ft
Panjang	4 ft
<i>Ball charge</i>	2,73 ton
Power	20 hp
speed	30 rpm
Harga	\$103.645

### 3.2.13 Molecular Sieve

Tabel 3.27 Spesifikasi Molecular Sieve

Spesifikasi Molecular Sieve	
Fungsi	Memisahkan molekul bioetanol dengan air.
Tipe	<i>sieve molecular</i>
Media	<i>3A Molecular Sieve</i>
Diameter shell	1,693 m
Tinggi shell	3,386 m
Volume shell	3,808 m <sup>3</sup>
Volume head	1,05 m <sup>3</sup>
Volume	4,858 m <sup>3</sup>
Tinggi total	4,313 m <sup>3</sup>
Jumlah	1 unit
Harga	\$ 56.268

### 3.3. Perencanaan Produksi

Aliran proses dan material

#### 3.3.1 Neraca Massa

##### 1. Neraca massa di Ball Mill (BM-01)

Tabel 3.28 Neraca massa di Ball Mill (BM-01)

Komponen	Masuk	Masuk	Keluar
	F1	F3	F2
Kulit Kopi	10150,759		
Bubuk Kulit Kopi		102,533	10253,292
Total	10253,292		10253,292



## 2. Neraca massa di Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3.29 Neraca massa di Vibrating Screen ( VS-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F2	F3	F4
Bubuk Kulit Kopi	10253,292	102,533	10150,758
Total	10253,292	10253,292	

## 3. Neraca massa di Jet Cooker

Tabel 3.30 Neraca massa di Jet Cooker ( JC-01)

Komponen	Masuk	Masuk	Keluar
	F4	F5	F6
Bubuk Kulit Kopi	10150,759		
Lignin			913,568
Ash			2030,152
Air		2537,690	4669,349
Holosekulosa			5075,379
Subtotal	10150,759	2537,690	
Total	12688,448		12688,448

## 4. Neraca massa di Reaktor Hidrolisis (R-01)

Tabel 3.31 Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (R-01)

Komponen	Masuk		Keluar
	F6	F7	F8
Holosekulosa	5075,379		152,261
Air	4669,349	3172,112	7294,448
Lignin	913,568		913,568
Ash	2030,152		2030,152
Glukosa			5470,131
Asam Sulfat		164,480	164,480
Total	16025,040		16025,040

## 5. Neraca massa di Filter Press (FP-01)

Tabel 3.32 Neraca Massa Filter Press (FP-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F8	F9	F10
Glukosa	5470,131	54,701	5415,430
Holoselelulosa	152,261	152,261	
Lignin	913,568	913,568	
Ash	2030,152	2030,152	
Asam Sulfat	164,480	162,835	1,645
Air	7294,448	2608,369	4686,079
Subtotal	16025,041	5921,887	10103,154
Total	16025,041	16025,041	

## 6. Neraca massa di Reaktor Fermentasi (R-02)

Tabel 3.33 Neraca massa di Reaktor Fermentasi (R-02)

Komponen	Masuk		Keluar	
	F10	F11	F12	F13
Air	4686,079			4686,079
Glukosa	5415,430			162,463
Asam Sulfat	1,645			1,645
Yeast		1010,315		1981,853
Amonium Sulfat		40,413		
Etanol				2684,850
CO <sub>2</sub>			2568,117	
Total	11153,882		12085,007	

## 7. Neraca Massa di Filter Press (FP-02)

Tabel 3.34 Neraca massa di Filter Press (FP-02)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F13	F14	F15
Air	4686,079	1874,432	2811,647
Glukosa	162,463	3,249	159,214
Asam Sulfat	1,645	1,645	
Yeast	1981,853	1981,853	
Etanol	2684,850	53,697	2631,153
Total	9516,890	9516,890	

### 8. Neraca massa di Feeder Tank (FT-01)

Tabel 3.35 Neraca massa di Feeder Tank (FT-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	F15	F16
Air	2811,647	2811,647
Etanol	2631,153	2631,153
Glukosa	159,214	159,214
Total	5602,014	5602,014

### 9. Neraca massa di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.36 Neraca massa di Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F16	F17	F18
Etanol	2631,153	131,558	2499,595
Air	2811,647	2671,065	140,582
Glukosa	159,214	159,214	0,000
Subtotal	5602,014	2961,836	2640,178
Total	5602,014	5602,014	

### 10. Neraca massa di Sieve Molecular (MS-01)

Tabel 3.37 Neraca massa di Sieve Molecular (MS-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F18	F19	F20
Etanol	2499,595	24,996	2474,599
Air	140,582	127,620	12,963
Subtotal		152,615	2487,562
Total	2640,178	2640,178	

### 3.3.2 Neraca Panas

#### 1. Neraca Panas di Jet Cooker (JC-01)

Tabel 3.38 Neraca panas Jet Cooker (JC-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	114596,5900	
Qout		1813955,8539
Qs-in	399079,9391	
Qc-out		419291,5348
Total	513676,5291	2233247,3887

## 2. Neraca massa di Heater (HE-01)

Tabel 3.39 Neraca panas Heater (HE-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	1813955,8539	
Qout		2170891,1360
Qs-in	95160,5444	
Qc-out		423760,7588
Total	1909116,3983	2594651,8948

## 3. Neraca panas di Reaktor Hidrolisis (R-01)

Tabel 3.40 Neraca panas Reaktor Hidrolisis (R-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	2536892,1838	
Qout		37119510,2445
Qw-in	-32909867,376	
Qw-out		-65819734,7523
Qr		-1672750,6845
Total	30372975,1923	30372975,19

## 4. Neraca Panas di Cooler (CL-01)

Tabel 3.41 Neraca panas Cooler (CL-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	37119510,2445	
Qout		471221,6402
Qw-in	3186807,705	
Qw-out		39835096,3090
Total	40306317,9492	40306317,9492

## 5. Neraca panas di Filter Press (FP-01)

Tabel 3.42 Neraca panas Filter Press (FP-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
QA	471221,6402	
QB	78658,0484	
QC		463937,2763
QD		85942,4123
Total	549879,6886	549879,6886

## 6. Neraca panas di Reaktor Fermentasi (R-02)

Tabel 3.43 Neraca panas Reaktor Fermentasi (R-02)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	91237,4570	-
Qout	-	163722,4975
Qw-in	3140199,924	
Qw-out		6280399,8482
Qr		-3212684,9646
Total	3231437,3811	3231437,3811

## 7. Neraca panas di Filter Press (FP-02)

Tabel 3.44 Neraca panas Filter Press (FP-02)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Q1	70323,74364	
Q2		50089,50828
Q3		44752,61741
Total	70323,74364	94842,12569

## 8. Neraca panas di Feeder Tank (FT-01)

Tabel 3.45 Neraca panas Feeder Tank (FT-01)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	44752,61741	
Qout		44752,61741
Total	44752,61741	44752,61741

## 9. Neraca panas di heater (HE-02)

Tabel 3.46 Neraca panas heater (HE-02)

Q	Qin (kJ)	Qout (kJ)
Qin	44752,6174	
Qout		575391,3434
Qs-in	103702,2510	
Qc-out		125358,4490
Total	148454,8684	700749,7924

### 10. Neraca panas di menara distilasi (MD-01)

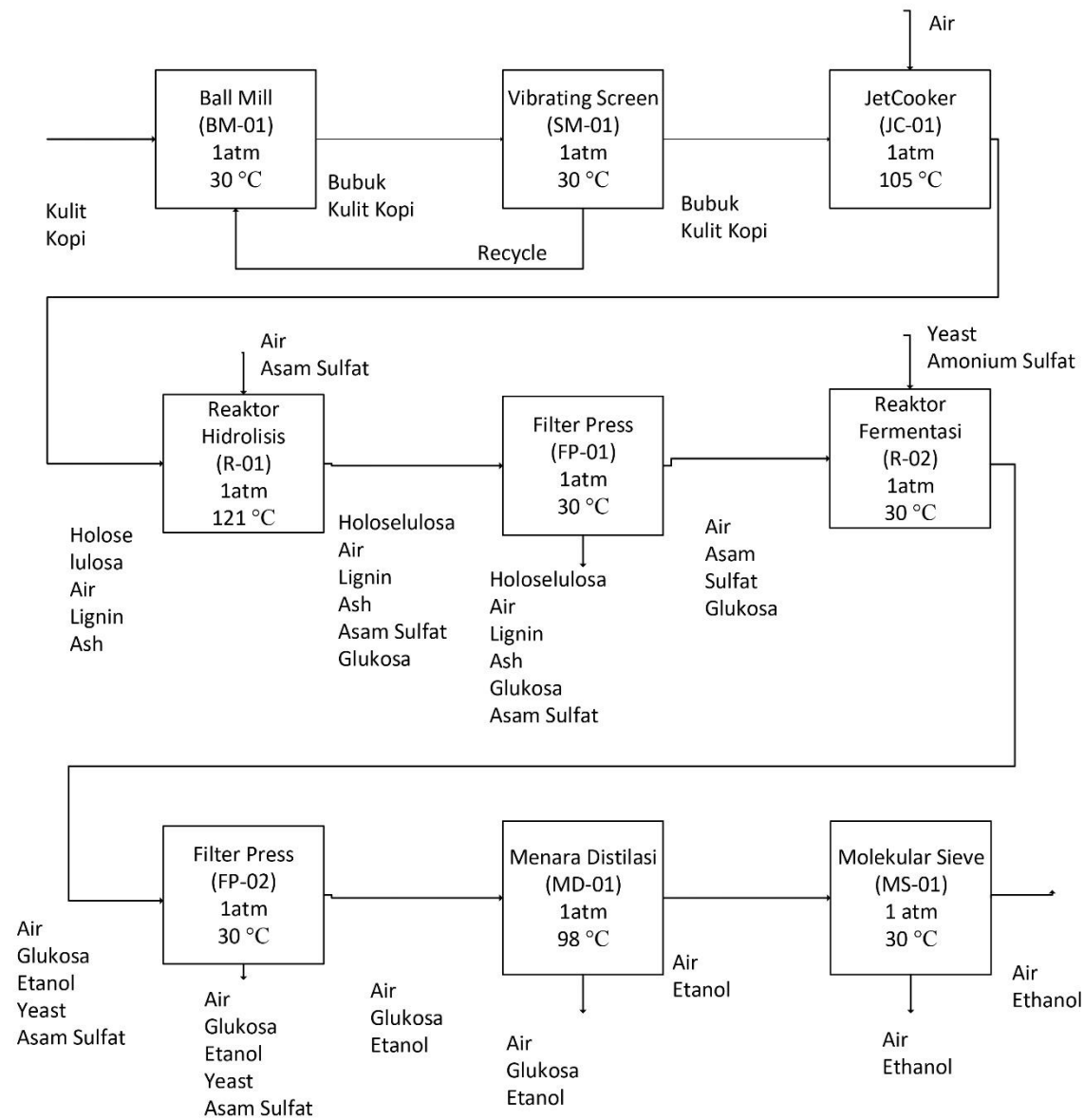
Tabel 3.47 Neraca panas *menara distilasi* (MD-01)

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Qf	575391,3434	Qd	225994,7345
Qrb	21668,1971	Qb	371064,8082
	-	Qcd	-0,0023
Total	597059,5405	Total	597059,5405

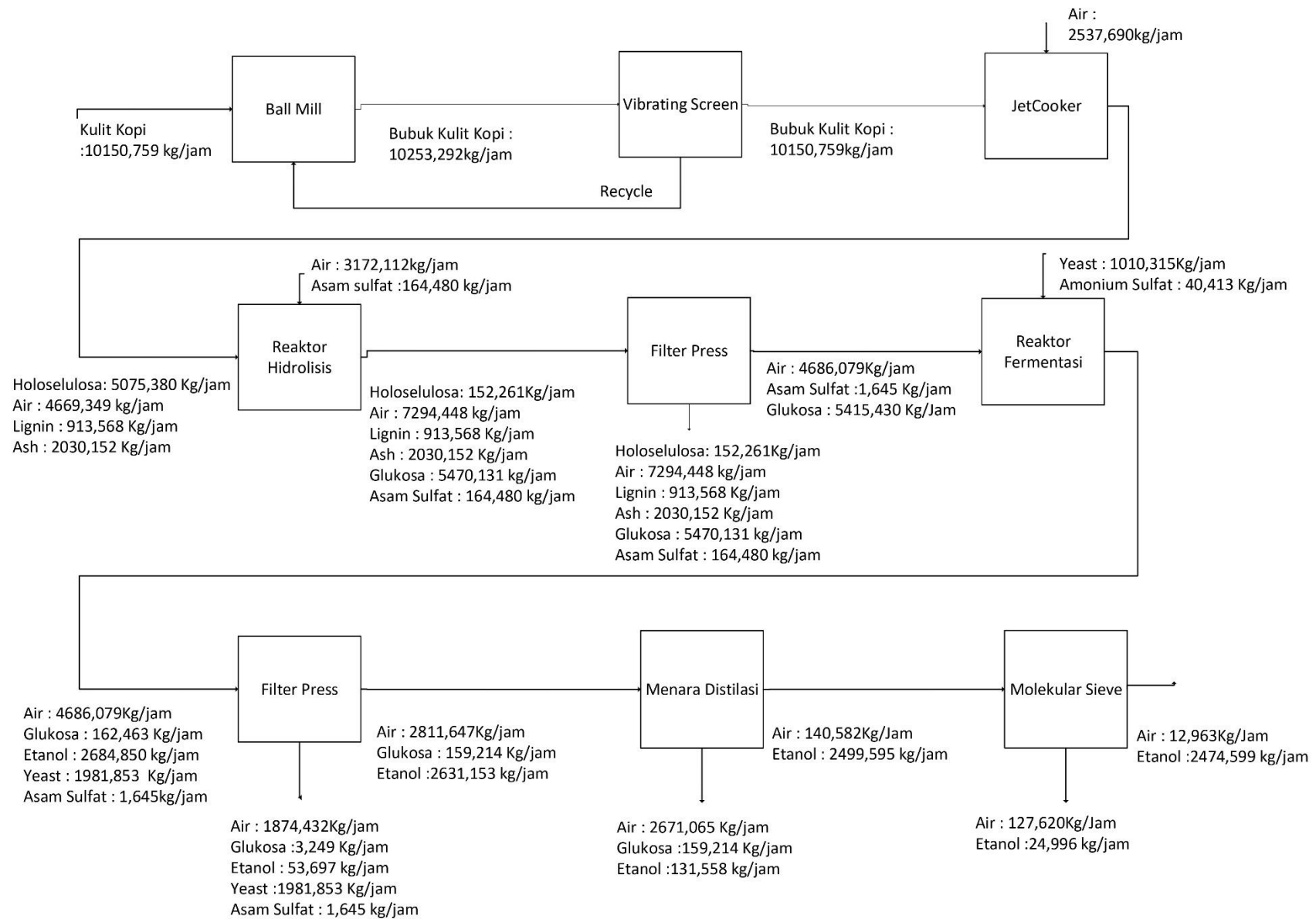
### 11. Neraca panas di *sieve molecular* (MS-01)

Tabel 3.48 Neraca panas *sieve molecular* (MS-01)

Q	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
Q1	19727,29735	
Q2		3192,719522
Q3		16534,57783
TOTAL	19727,29735	19727,29735



Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif



Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif



## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Salah satu hal yang sangat penting dalam pendirian pabrik adalah pemilihan lokasi berdirinya pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang strategis akan memberikan dampak yang sangat baik khususnya pada nilai ekonomi dari pabrik itu sendiri. Pabrik Etanol dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Padarama, Karangtalun, Kec. Cilacap Utara, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah.

Adapun beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik sebagai berikut:

##### **4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung memberikan dampak pada tujuan utama pendirian suatu pabrik. Dan merupakan faktor yang wajib dipenuhi karena jika tidak, maka operasional tidak akan dapat berjalan seperti yang diharapkan. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. **Ketersediaan Bahan Baku**

Lokasi pabrik akan lebih baik jika dekat dengan penyediaan bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pembuatan etanol untuk rancangan pabrik ini berasal dari beberapa daerah di Pulau Jawa. Pengangkutan bahan baku ini dilakukan menggunakan truk-truk bak tertutup yang berukuran besar.

2. **Pemasaran**

Dalam hal pendistribusian produk tentu akan berjalan lebih mudah dan efisien apabila pabrik berada dekat dengan wilayah-wilayah pemasaran. Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus dipilih yang paling baik, tidak

memakan waktu yang lama, serta aman dalam proses pengiriman. Lokasi pabrik Bioetanol ini telah dipilih untuk mempermudah proses produksi dan pemasaran dengan didukung sistem transportasi yang baik yaitu jalan yang cukup lebar dan tidak mengganggu daerah permukiman warga.

### 3. Utilitas

Proses produksi suatu pabrik perlu didukung dengan adanya komponen pendukung seperti air, listrik dan bahan bakar. Dengan tersedianya komponen pendukung tersebut yang melimpah dapat membuat proses produksi pabrik semakin mudah.

### 4. Tenaga Kerja

Lokasi pabrik harus memperhatikan kondisi lingkungan masyarakat sosial dan budaya sekitarnya. Dengan adanya tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar proses produksi.

### 5. Transportasi

Pemilihan lokasi pabrik yang sudah memiliki fasilitas transportasi yang baik menjadi faktor yang penting. Tersedianya jalan raya yang memadai, dekat dengan pusat transportasi baik darat, laut (pelabuhan) dan udara menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Lokasi pabrik Bioetanol ini dibangun dekat dengan lokasi pelabuhan dan jalan raya.

### 6. Letak Geografis

Untuk mendapatkan kelancaran pabrik dalam menjalankan produksinya maka pabrik perlu didirikan di daerah kawasan industri strategis. Kebijakan pemerintah dalam pembangunan kawasan industri strategis juga perlu dipertimbangkan guna mempermudah perizinan pendirian pabrik di lokasi tersebut.

#### **4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor sekunder merupakan faktor yang sebaiknya disediakan dan apabila tidak pun maka operasional masih bisa berjalan meskipun dengan biaya ekstra. Sebelum memutuskan suatu lokasi yang akan dipilih, perlu untuk mempertimbangkan dan memprediksi apa saja yang akan terjadi di masa depan

yang berhubungan dengan perusahaan seperti perencanaan ekspansi, diversifikasi produk, perubahan market/pasar, perubahan sumber pasokan, peraturan pemerintah dan lain sebagainya faktor sekunder tidak secara langsung memberikan dampak pada proses industri itu sendiri. Namun memberikan dampak yang cukup signifikan dalam keberlangsungan proses produksi suatu pabrik. Faktor sekunder yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Perluasan Area unit.

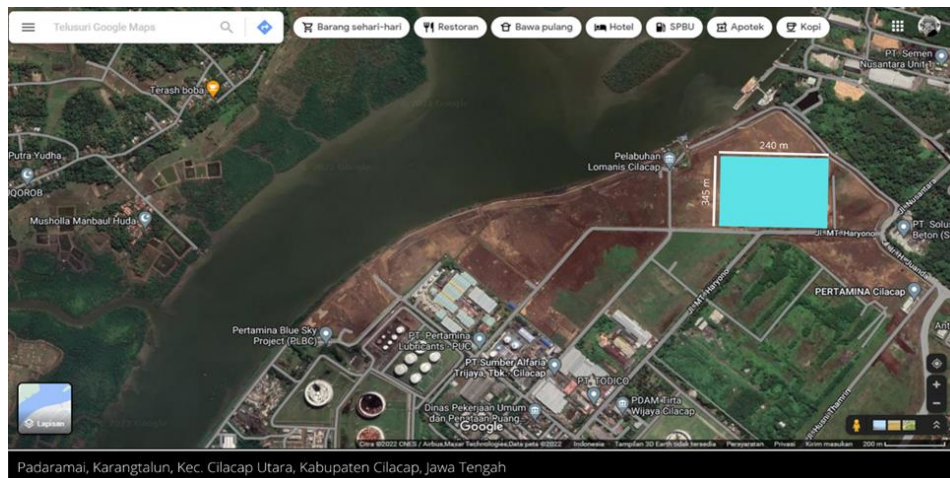
Pemilihan lokasi pabrik yang berada di Kawasan industri strategis dengan lahan yang cukup luas memungkinkan adanya perluasan area pabrik yang tidak mengganggu pemukiman penduduk sekitar.

2. Perizinan

Pendirian pabrik di lokasi Kawasan industri strategis memudahkan proses perizinan pendirian pabrik. Mengenai peraturan pemerintah tidak mengalami kesulitan karena Kabupaten Cilacap dan sekitarnya termasuk daerah sentra industri dan daerah pengembangan industri dimasa yang akan datang.

3. Sarana dan prasarana

Fasilitas-fasilitas sosial yang dinilai dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup perlu dipertimbangkan, seperti pendirian pusat Pendidikan dan pelatihan, tempat ibadah, pos keamanan, sarana hiburan dan tempat untuk beristirahat. Fasilitas-fasilitas tersebut tentunya perlu didukung dengan sistem transportasi yang baik dan efisien.



Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik

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

Tata letak pabrik merupakan suatu mekanisme yang melibatkan pengetahuan tentang kebutuhan dan juga pemanfaatan ruang untuk fasilitas dan proses produksi yang disusun secara efisien demi tercapainya siklus produksi yang baik dan efisien. Pengaturan tata letak pabrik yang baik sangat penting dalam perencanaan pembangunan pabrik karena akan memberikan berbagai manfaat dalam keberlangsungan pabrik, hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan tata letak pabrik adalah:

1. Keamanan tata letak pabrik.

Faktor keamanan menjadi pertimbangan utama dalam proses perencanaan tata letak pabrik. Penempatan posisi alat pada layout pabrik perlu mengikuti standar-standar keamanan seperti memberikan jarak yang cukup untuk alat proses yang memiliki suhu tinggi dan hal tersebut ditetapkan oleh perusahaan maupun asosiasi keamanan (ANSI, API, ASME, NFPA).

2. Efisiensi tata letak pabrik.

Efisiensi tata letak pabrik memiliki peran penting dalam berjalannya proses produksi suatu pabrik, dimana penetapan tata letak

pabrik yang efisien dapat memberikan keuntungan dari segi ekonomi terkhususnya meminimalisir biaya transport dari satu unit ke unit lainnya. seperti halnya menempatkan alat alat proses sesuai dengan alurnya.

3. Lalu lintas transportasi yang dinilai baik dan efisien.

Lalu lintas transportasi yang baik dapat membuat proses produksi berjalan dengan efisien dan meningkatkan faktor keamanan transportasi di dalam pabrik itu sendiri. Selain itu batas kecepatan yang diizinkan di dalam pabrik juga menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan.

Selain alat proses produksi utama fasilitas-fasilitas umum lain seperti kantor, Gudang, laboratorium dan lain sebagainya perlu disusun dengan mempertimbangkan efisiensi transportasi dan keamanannya.

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

1. Area perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung, yang terdiri dari:
  - a. Area perkantoran sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
  - b. Laboratorium sebagai pusat pengembangan proses produksi dan tempat pengontrolan kualitas bahan baku dan produk.
  - c. Fasilitas-fasilitas sosial lain bagi masyarakat seperti: tempat ibadah, tempat istirahat dan pusat Kesehatan karyawan.
2. Area proses produksi dan perluasan  
Area proses produksi dan perluasan adalah area dimana pusat produksi suatu pabrik berjalan dengan mempertimbangkan keselamatan dan keamanan dalam perencanaannya.
3. Area penyimpanan dan perbaikan  
Area penyimpanan dan perbaikan merupakan area yang disediakan guna sebagai tempat penyimpanan dan perbaikan alat-alat atau bahan yang digunakan pabrik seperti pergudangan, bengkel dan garasi.

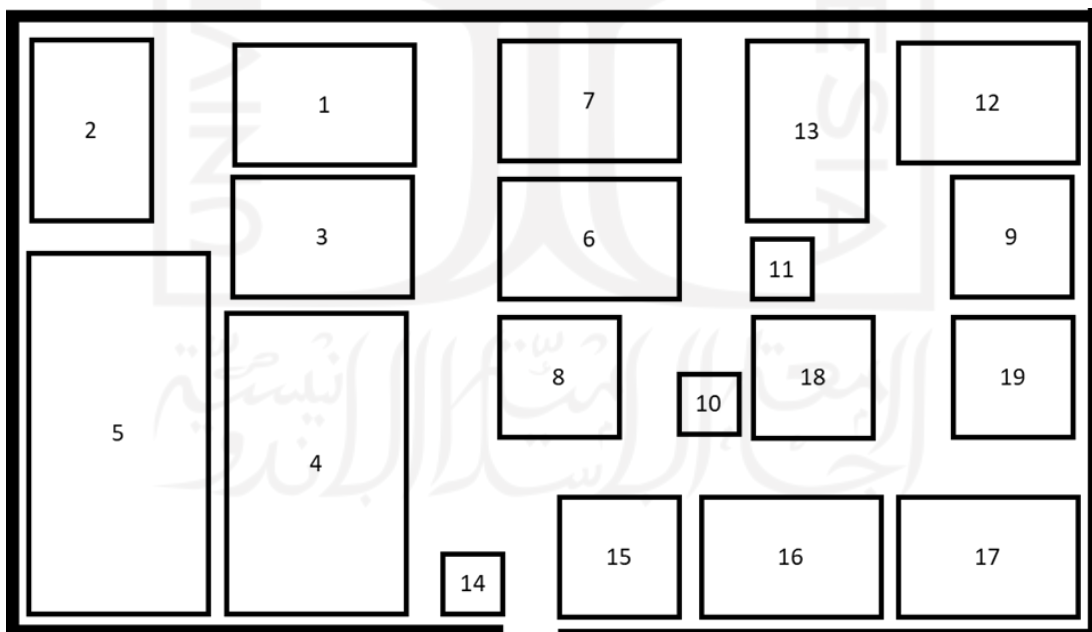
4. Daerah utilitas dan pemadam kebakaran.

Area utilitas adalah area yang dikhususkan untuk penyediaan air, kebutuhan uap, air pendingin, dan tenaga listrik. Ketersediaan komponen tersebut digunakan untuk menunjang berjalannya proses produksi di dalam pabrik. Area pemadam kebakaran berfungsi sebagai pengamanan pertama apabila terjadi kebakaran ataupun ledakan pada lokasi pabrik.

Berdasarkan faktor-faktor pertimbangan diatas dapat disimpulkan tujuan dari perencanaan tata letak pabrik adalah:

- a. Menjamin keselamatan dan keamanan tenaga kerja.
- b. Memastikan proses produksi berjalan dengan baik dan efisien.
- c. Mengadakan pengaturan alat-alat pabrik yang fleksibel.
- d. Memaksimalkan penggunaan area pabrik.

Perencanaan tata letak (*plant layout*) pabrik Etanol dari Kulit Kopi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut.



**Skala 1 : 1000**

Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

Tabel 4.1 Perincian luas tanah

No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m <sup>2</sup>
		m	m	m <sup>2</sup>
1	Area Utilitas	20	30	600
2	Unit Pengolahan Limbah	20	30	600
3	Generator	20	30	600
4	Area Proses	30	50	1500
5	Area Perluasan	30	60	1800
6	Control Room	20	30	600
7	Unit Pemadam Kebakaran	20	30	600
8	Laboratorium	20	20	400
9	Poliklinik	20	20	400
10	Perpustakaan	10	10	100
11	Taman	10	10	100
12	Gudang Peralatan	20	30	600
13	Bengkel	20	30	600
14	Area Parkir	10	10	100
15	Pos Penjagaan	20	20	400
16	Kantor	20	30	600
17	Kantin	20	30	600
18	Musholla	20	20	400
19	Area Mess	20	20	400
	<b>Luas Bangunan</b>			<b>10200</b>
	<b>Luas Tanah</b>			<b>11000</b>

#### 4.3 Tata Letak Alat Proses (*Process plant & equipment*)

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan tata letak alat proses, seperti:

1. Siklus aliran bahan baku hingga produk

Siklus aliran produksi yang efisien dapat secara ekonomi dapat memberikan keuntungan lebih besar juga mampu meningkatkan kelancaran dan keamanan dalam proses produksi.

## 2. Aliran Udara

Demi menghindari adanya stagnasi maka perlu memperhatikan aliran udara pada area tertentu yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan tenaga kerja ataupun proses produksi dalam pabrik.

## 3. Penerangan

Pada Kawasan pabrik perlu diperhatikan pada bagian penerangan pabrik untuk menghindari adanya kecelakaan akibat minimnya pencahayaan pada area tertentu sehingga dapat membahayakan keselamatan tenaga kerja dan proses produksi.

## 4. Lalu lintas dan transportasi

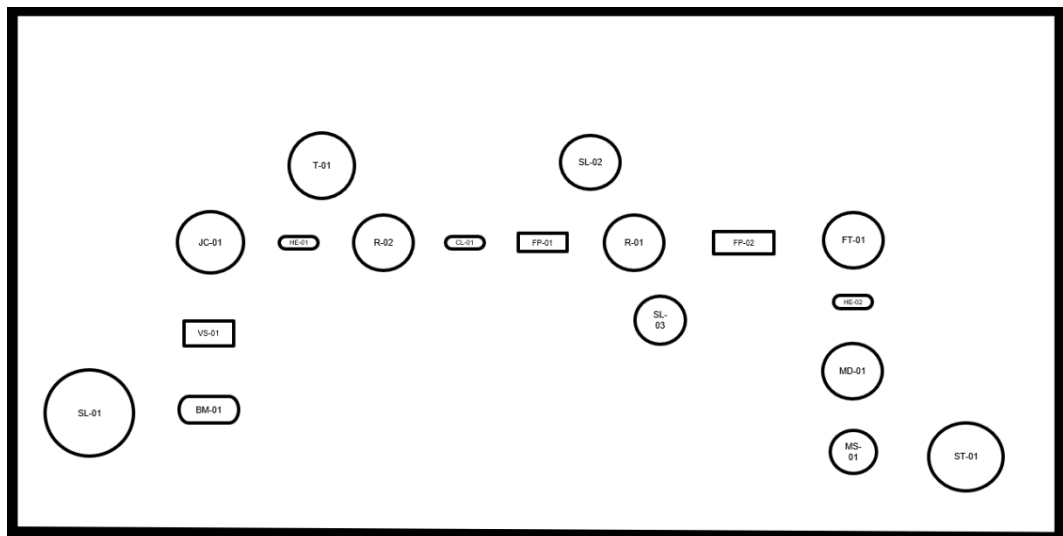
Diperlukan adanya sistem lalu lintas dan transportasi yang baik di dalam sebuah pabrik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah akses keselamatan apabila terjadi keadaan darurat. Sistem transportasi yang baik juga dapat meningkatkan keselamatan dan keamanan tenaga kerja dan keberlangsungan proses produksi.

## 5. Jarak pada alat proses

Alat proses yang mempunyai kondisi operasi seperti suhu dan tekanan tinggi harus diberikan jarak dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

Perencanaan tata letak alat proses (*process plant & equipment layout*) pabrik Etanol dari Kulit kopi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :





SKALA 1 : 1000

Gambar 4.3 Perencanaan tata letak alat proses

#### 4.4 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan (*maintenance*) merupakan hal yang sangat penting guna menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik. Hal ini dilakukan dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga dapat tercapai target produksi dengan spesifikasi produk yang diharapkan. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan alat dan menjaga kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang tersedia. Penjadwalan dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat proses dalam pabrik berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan atau masalah.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang telah ditentukan. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

- 1) Overhaul 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat rutin secara keseluruhan dimana prosesnya meliputi pemeriksaan dengan cara pembongkaran alat, mengganti bagian-bagian alat yang sudah tidak layak digunakan, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

- 2) Repairing

Merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan dengan cara memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah proses pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat dan kurangnya perhatian dalam penggunaan alat semakin banyak pula perawatan yang harus dilakukan sehingga menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas seperti komposisi yang tercampur bahan lain atau pun kadar kotoran yang terlalu banyak akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula. Tenaga kerja yang baik dapat membuat fungsi alat semakin terjaga.

#### **4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Dalam mendukung proses pada suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi terkontrolnya proses produksi dan meningkatkan tingkat efisiensi pabrik. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik salah satunya adalah penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

- 1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- 2) Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
- 3) Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- 4) Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
- 5) Unit Penyediaan Bahan Bakar

#### 4.6 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik Bioetanol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut;

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang lebih besar.
- b. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- c. Letak sungai berada di dekat pabrik

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

##### 1. Air pendingin

Seperti yang kita tahu bahwa air digunakan sebagai media pendingin karena memiliki faktor - faktor berikut:

- a) Air dapat diperoleh dengan mudah dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

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

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler yaitu sebagai berikut:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air masih mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ .

- b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scaleforming*),  
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi dalam air, yang biasanya berasal dari garam-garam karbonat dan silika.
- c. Zat yang menyebabkan *foaming*.  
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar, Efek pembusaan terutama terjadi pada kondisi alkalitas tinggi.

### 3. Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan sebagai sarana keperluan sanitasi. Air ini antara lain digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, dan masjid. Kualitas yang harus dipenuhi air sanitasi yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bakteri.

### 4.7 Unit Pengolahan Air

Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

1. Penyaringan Awal / *Screen* (FU)

Sebelum memasuki proses pengolahan, air dari sungai harus melewati proses pembersihan awal dimana air sungai dilewatkan melalui *Screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan

sebagainya. Kemudian air yang lolos screening dialirkan menuju bak pengendap.

2. Bak pengendap (B-01)

Air sungai yang telah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Proses ini dilakukan untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang mudah mengendap karena ukurannya yang masih cukup besar tetapi dapat lolos dari penyaring awal (screen). Setelah itu air dialirkan menuju bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak penggumpal (B-02)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

4. Clarifier (C-01)

Setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke Clarifier dengan tujuan untuk memisahkan atau mengendapkan gumpalan-gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan ke dalam clarifier yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar clarifier dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan dilakukan blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring atau sand filter (B-03)

Air yang keluar dari clarifier kemudian dialirkan ke bak saringan pasir, proses ini memiliki tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Penyaringan dan pengendapan yang dilakukan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar-benar bersih dari pengotor sehingga air aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan sand filter yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

## 6. Reverse Osmosis

Air yang sudah melalui beberapa pengolahan sebelumnya kemudian dialirkan ke dalam alat reverse osmosis untuk proses desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada di dalam air. Proses ini digunakan karena air sungai sekitar pabrik bersifat payau karena dekat dengan laut.

## 7. Bak Penampung Sementara (B-04)

Air yang sudah melalui tahapan proses penyaringan dan penggumpalan kemudian dialirkan ke dalam tangki penampung sementara. proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk kegiatan selain proses produksi.

## 8. Tangki Karbon Aktif (TU-01)

Air yang telah melalui bak penampung sementara (B-04) dialirkan ke dalam Tangki Karbon Aktif (TU-01). Dalam Tangki Karbon Aktif ini Air ditambahkan senyawa klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga air aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut :



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Kemudian air dialirkan ke Tangki Air Bersih (TU- 02) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

## 9. Tangki air bersih (TU-02)

Tangki air bersih ini berfungsi untuk menampung air bersih yang telah melalui berbagai macam proses. Dimana air bersih ini dapat digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

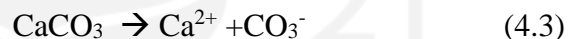
## 10. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (boiler) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada filtered water sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm, Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

### a. *Cation Exchanger*

*Cation exchanger* ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ . Sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

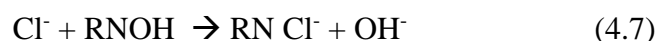
Reaksi:



### b. *Anion Exchanger*

*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion- anion seperti  $CO_3^{2-}$   $Cl^-$  dan  $SO_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut,

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

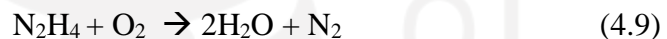
Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $\text{O}_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan Hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



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

d. Sistem Pendingin dan Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

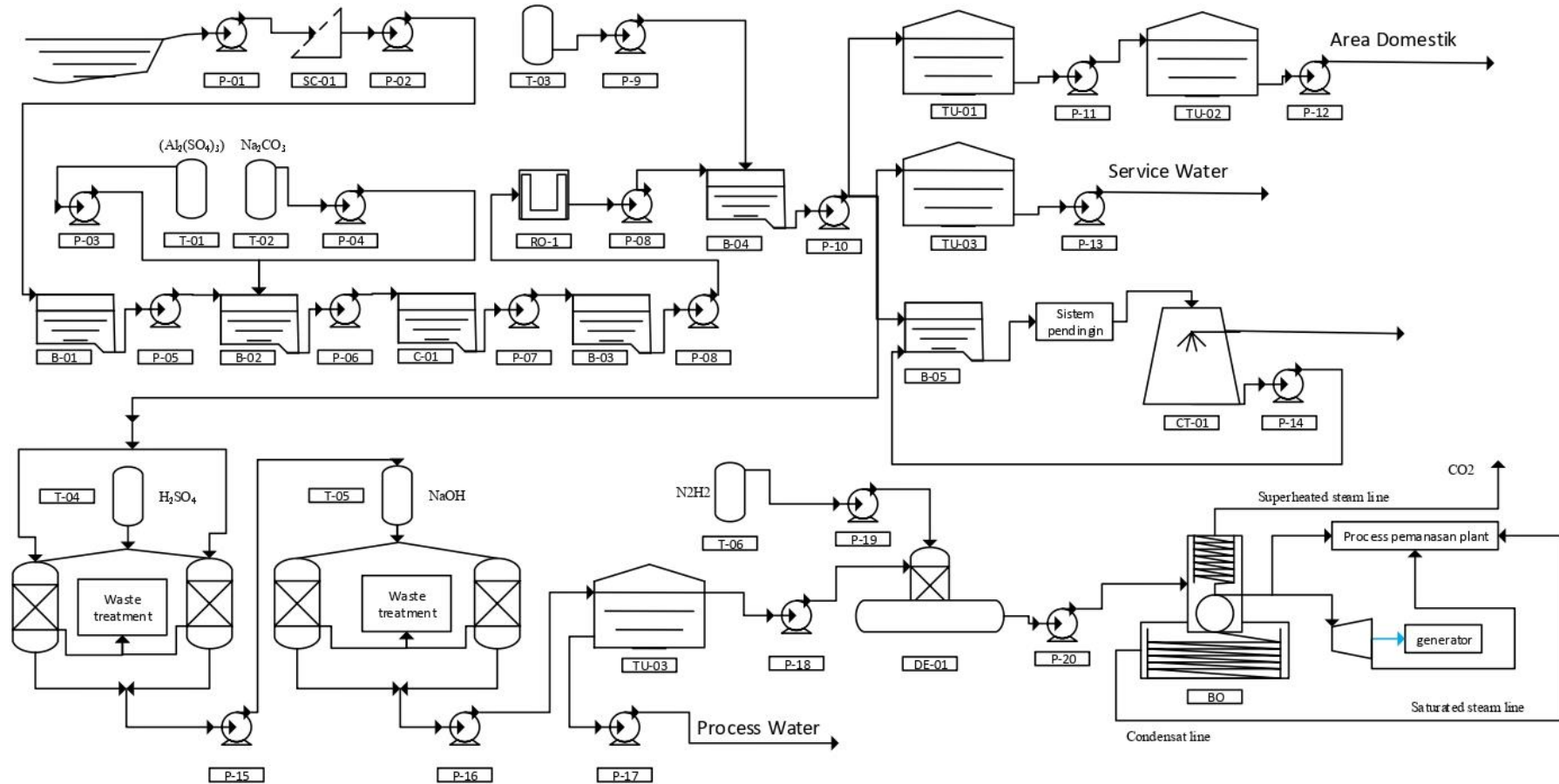
Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif dan tidak menimbulkan kerak. Maka perlu adanya penambahan komponen lain seperti:

1. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
2. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
3. Zat dispersan, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan fosfat).

Air yang telah digunakan pada *cooler*, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan pada *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendingin di pabrik.



**PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK UTILITAS BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI**  
**DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**



Gambar 4.4 Proses Pengolahan Air

## 4.8 Perhitungan Kebutuhan Air

### 1. Kebutuhan Air Domestik

Tabel 4.2 Kebutuhan air domestik

Penggunaan	Jumlah kg/hari
Karyawan	18000
Mess	14400
Kantor	18000
Pemadam kebakaran	1000
Bengkel	1000
Poliklinik	1000
Laboratorium	200
Pemadam kebakaran	3000
Kantin, musholla, dan kebun	6200
Jumlah	62800
<b>Total</b>	<b>50400</b>

### 2. Kebutuhan Air Service

Tabel 4.3 Kebutuhan air service

Penggunaan	Jumlah kg/hari
Bengkel	1000
Poliklinik	1000
Laboratorium	1000
Pemadam kebakaran	200
Kantin, musholla, dan kebun	3000
<b>Total</b>	<b>6200</b>

### 3. Kebutuhan Air Pembangkit Uap

Tabel 4.4 Kebutuhan air pembangkit uap

Penggunaan	Kode	Jumlah kg/jam
Jet Cooker	JC-01	792,61
Heat exchanger	HE-01	166,48
Heat exchanger	HE-02	247,50
Reboiler	RB-01	10,11
<b>Total</b>		<b>1216,7</b>

*Overdesign* sebesar 20%, maka kebutuhan air pembangkit uap sebesar 1460,04 kg/jam. Air pembangkit steam sebanyak 80% digunakan Kembali, maka make up yang diperlukan adalah sebanyak 15%. Sehingga make up steam sebesar :

$$= 15\% \times 1460,04 \text{ kg/jam} = 219,006 \text{ kg/jam}$$

### 4. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.5 Kebutuhan air pendingin

Penggunaan	Kode	Jumlah kg/jam
Reaktor	R-01	1158607,23
Reaktor	R-02	110552,20
Cooler	CL-01	112193,05
Kondensor total	CD-01	283,31
<b>Total</b>		<b>1381635,79</b>

*Overdesign* sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin sebesar 1657962,952 kg/jam.

- Jumlah air yang menguap ( $W_e$ )  
 $= 1657962,952 \times 0,00085 \times (318-301) = 23957,56 \text{ kg/jam}$
- Jumlah air yang terbawa aliran keluar tower ( $W_d$ )  
 $= 1657962,952 \times 0,0002 = 331,592 \text{ kg/jam}$
- *Blowdown* ( $W_b$ )

= 7654,262 kg/jam

- *Make up water* ( $W_m$ )

= 31943,419 kg/jam

#### **4.9 Unit Pembangkit Uap (*Steam Generation System*)**

Unit pembangkit steam memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan steam pada proses produksi dengan cara menyediakan steam untuk boiler dengan spesifikasi sebagai berikut:

Sistem penyedia *steam* terdiri dari deaerator dan *boiler*. Proses deaerasi terjadi dalam deaerator berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray*, *sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan steam. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari deaerator. Deaerator memiliki waktu tinggal 12 jam. Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam deaerator untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral.

Kandungan oksigen keluar dari deaerator didesain tidak lebih besar dari 0,007 ppm. Hidrazin ( $N_2H_4$ ), yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi pada *boiler* dengan kadar 5 ppm. Air pendingin air harus mempunyai sifat-sifat yang tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan kimia sebagai berikut:

1. Fosfat berguna mencegah timbulnya kerak
2. Chlorin untuk membunuh mikroorganisme
3. Zat dispersan untuk mencegah terjadinya penggumpalan.

#### **4.10 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik, sumber listrik utama diambil dari Generator dan digunakan generator cadangan untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada sumber listrik utama. Pada perancangan pabrik Etanol ini kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari generator set dengan total kebutuhan listrik sebesar 1.376,70 kW.

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

1. Kebutuhan Listrik Proses
2. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 4.6 Kebutuhan listrik proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bucket Elevator	BE-01	1,5	118,55
Belt Conveyor	BC-01	1	746
Ball Mill	BM-01	20	14914
Belt Conveyor	BC-02	0,85	633,845
Pump 01	P-01	20	14914
Pump 02	P-02	10	7457
Pump 03	P-03	5	3728
Pump 04	P-04	5	3728
Pump 05	P-05	5	3728
Pump 06	P-06	3	2237
Pump 07	P-07	1	746
Pump 08	P-08	2	1491,4
Pump 09	P-09	2	1491,4
Vibrating Screen	VS-01	30	22371
Jet Cooker	JC-01	10	7457
Reaktor Hidrolisis	R-01	30	22371
Filter Press	FP-02	75	55927
Reaktor Fermentasi	R-02	75	55927
<b>Total</b>			<b>220988,195</b>

Tabel 4.7 Kebutuhan listrik utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal	BU-01	60	44742,00
Blower Cooling	BL-01	200	149140,00
Kompresor Udara	KU-01	8	5965,60
Pompa-01	PU-01	200	149140,00
Pompa-02	PU-02	200	149140,00
Pompa-03	PU-03	150	111855,00
Pompa-04	PU-04	100	74570,00
Pompa-05	PU-05	75	55927,50
Pompa-06	PU-06	150	111855,00
Pompa-07	PU-07	150	111855,00
Pompa-08	PU-08	60	44742,00
Pompa-09	PU-09	75	55927,50
Pompa-10	PU-10	40	29828,00
Pompa-11	PU-11	0,05	37,29
Pompa-12	PU-12	150	111855,00
Pompa-13	PU-13	150	111855,00
Pompa-14	PU-14	0,25	186,43
Pompa-15	PU-15	0,25	186,43
Pompa-16	PU-16	40	29828,00
Pompa-17	PU-17	30	22371,00
Pompa-18	PU-18	0,05	37,29
Pompa-19	PU-19	2	1491,4
Pompa-20	PU-20	1	745,7
Pompa-21	PU-21	0,08	62,14
Pompa-22	PU-22	3	2237,1
Pompa-23	PU-23	1,5	1118,55
<b>Total</b>		<b>1846</b>	<b>1376698,91</b>

#### **4.11 Unit Penyedia Udara Tekan**

Untuk memenuhi kebutuhan udara agar terpenuhi dapat dengan memanfaatkan udara yang ada disekitar yang kemudian dimodifikasi sesuai dengan spesifikasi udara yang dibutuhkan, maka dari itu diperlukan compressor untuk menyesuaikan spesifikasi udara sesuai dengan kebutuhan. Pada pabrik ini dibutuhkan udara tekan sebesar 76,464 m<sup>3</sup>/Jam dengan tekanan sebesar 6,35 bar. Udara tekan diperlukan sebagai penggerak alat-alat control yang ada. Penggunaan udara bebas dilengkapi dengan tangki silika untuk mengurangi kadar air yang ada pada udara.

#### **4.12 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit ini memiliki tanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar yang digunakan baik pada alat proses, alat penunjang ataupun alat utilitas. Sebagian besar bahan bakar yang ada dimanfaatkan untuk pengoperasian generator dan boiler. Kebutuhan bahan bakar yang perlu disediakan adalah sebesar 3.389,344 kg/jam dengan jenis bahan bakar yang digunakan adalah Solar (Industrial Diesel Oil).

#### **4.13 Laboratorium**

Laboratorium memegang peranan penting dalam menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Selain menjaga mutu produk keberadaan laboratorium juga dapat memfasilitasi pengembangan proses produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari proses produksi itu sendiri. Laboratorium juga dapat difungsikan sebagai sistem pengendali pencemaran yang dihasilkan dari proses produksi, baik pencemaran udara maupun pencemaran air. Laboratorium merupakan fasilitas yang cukup penting guna meningkatkan kualitas pabrik dari segi teknis maupun non teknis.

Secara umum laboratorium bertanggung jawab dalam:

1. Mengontrol kualitas bahan baku dan komponen lain yang digunakan dalam proses produksi.
2. Mengontrol kualitas produk yang akan dipasarkan.

3. Mengontrol mutu dari komponen penunjang seperti; air proses, air pendingin, air umpan boiler, steam, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.
4. Pengembangan kualitas produk ataupun proses produksinya.
5. Mengontrol limbah yang dihasilkan dari proses produksi.

Berikut Analisa dan kontrol mutu yang dapat dilakukan dengan adanya fasilitas laboratorium:

1. Analisa *feed water*, *Dissolved oxygen*, PH, *hardness*, *total solid*, *suspended solid* serta *oil* dan *organic matter*.

Syarat kualitas *feed water*:

- DO (*Dissolved Oxygen*): lebih baik  $0 < 0,007 \text{ ppm} (< 0,005 \text{ cc/l})$
- PH :  $>7$
- *Hardness* : 0

*Temporary hardness* maksimum : ppm  $\text{CaCO}_3$

Total solid:  $< 200 \text{ ppm} (0-600 \text{ psi}), < 10 \text{ ppm} (600-750 \text{ psi})$

*Suspended solid*: 0

*Oil* dan *organic matter* : 0

- Penukar ion, yang dianalisa adalah kesadahan  $\text{CaCO}_3$  dan silica sebagai  $\text{Si O}_2$
- Air bebas mineral, analisisnya sama dengan penukar ion
- Analisa *cooling water*, yang dianalisa PH jenuh  $\text{CaCO}_3$  dan indeks

*Langelier*.

Syarat kualitas air pada *cooling water* :

- PH jenuh  $\text{CaCO}_3$  :  $11,207 - 0,916 \log \text{Ca} + \log \text{Mg} - 0,991 \log \text{total alkalinitas} + 0,032 \log \text{SC}_4$
  - indeks Langlier : PH jenuh  $\text{CaCO}_3$  (0,6- 10)
2. Analisa air umpan boiler, yang dianalisa meliputi alkalinitas total, sodium phosphate, chloride. PH, oil dan organic matter, total solid serta konsentrasi silica.
  3. Air minum yang dihasilkan dianalisa meliputi PH, kadar khlor dan kekeruhan



4. Air bebas mineral, yang dianalisa meliputi PH, kesadahan, jumlah O<sub>2</sub> terlarut, dan kadar Fe.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian :

1. Laboratorium Pengamatan

Laboratorium ini bertanggung jawab dalam menganalisa semua arus yang ada pada proses produksi yang nantinya akan dituliskan dalam "Certificate of Quality" untuk menjelaskan lebih lanjut spesifikasi dari hasil pengamatan.

2. Laboratorium Analisa/Analitik

Laboratorium ini bertanggung jawab dalam melakukan analisa sifat-sifat dan kandungan kimiawi yang ada pada bahan baku, produk akhir, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (*additive*, bahan-bahan injeksi, dan lain-lain).

3. Laboratorium Penelitian

Laboratorium ini bertanggung jawab dalam melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas material juga proses yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian dengan *focus* pada hal-hal baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk di dalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

#### 4.14 Organisasi Perusahaan

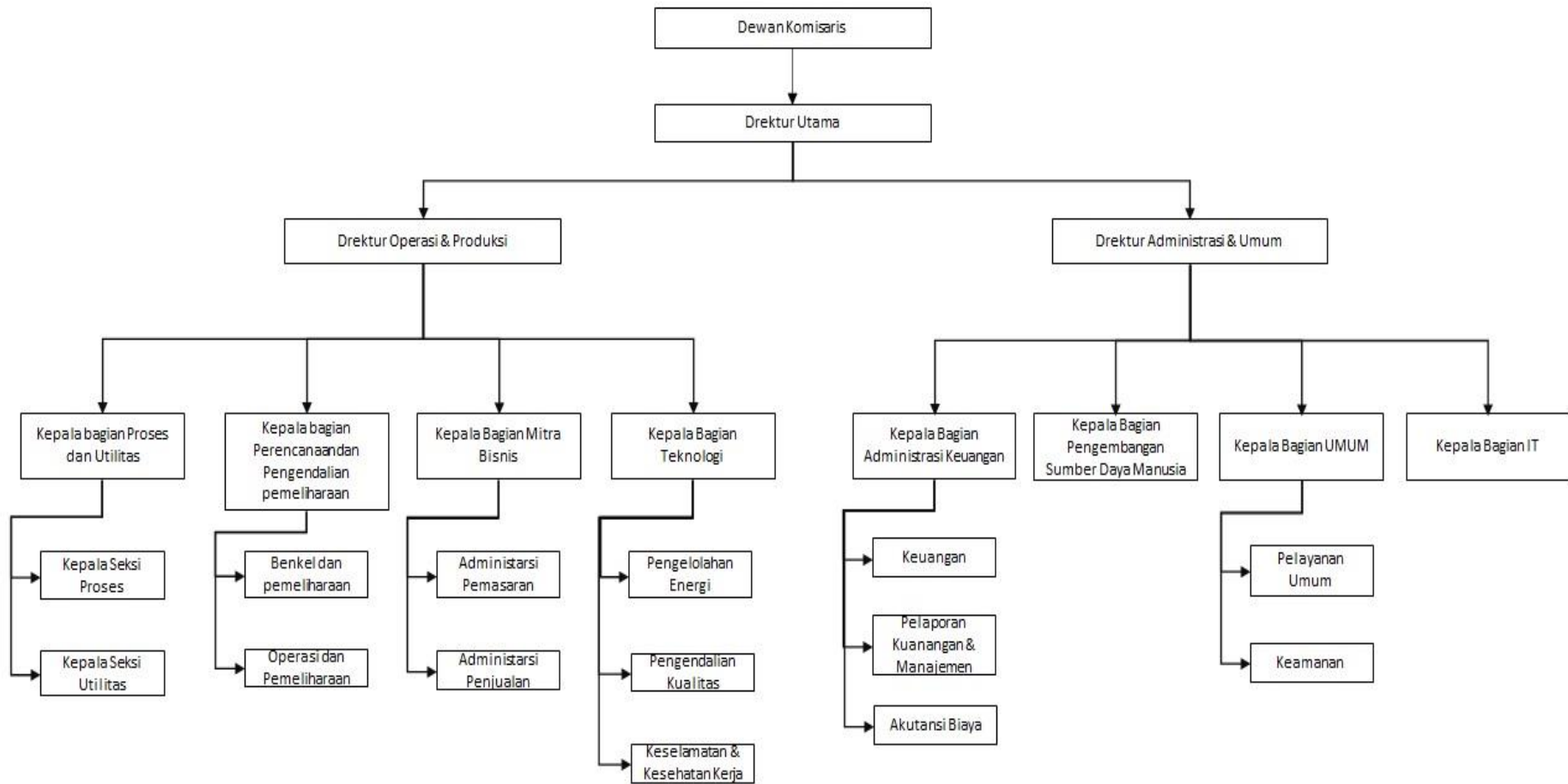
##### 4.14.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Etanol ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yang dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dengan status perusahaan terbuka. Perseroan Terbatas merupakan perusahaan yang modalnya didapatkan dari penjualan saham dimana tiap sekutu mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih dan pemegang saham bertanggung jawab untuk menyetorkan secara penuh apa yang tersebut di dalam tiap saham.

Dewan komisaris berhak mengadakan pemeriksaan sendiri atau dibantu akuntan pabrik apabila perusahaan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Direksi dan komisaris dipilih kembali oleh rapat umum pemilik saham setelah masa jabatan habis. Kekuasaan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat umum para pemilik saham yang biasanya dilakukan satu tahun sekali.

#### **4.14.2 Struktur Perusahaan**

Struktur perusahaan yang baik dapat menciptakan garis koordinasi dan garis instruksi yang jelas sehingga dapat menghindari adanya tumpang tindih tanggung jawab. Pada pabrik ini dipilih model sistem organisasi perusahaan berbentuk "*line and staff organization*" dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab kepada atasannya saja dan garis instruksi bergerak dari dewan direksi menuju kepala bagian/kepala department, dan diteruskan ke karyawan-karyawan dibawahnya yang dilengkapi dengan staff ahli dan bertanggung jawab dalam memberikan masukan kepada direktur.



Gambar 4.5 Struktur Organisasi Perusahaan

### **4.14.3 Tugas dan Wewenang**

#### **Pemegang Saham**

Pemegang saham memegang kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas (PT). Widjaja (2003) menjelaskan bahwa pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) memiliki wewenang sebagai berikut:

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung-rugi tahunan dari perusahaan.

#### **Dewan Komisaris**

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas dewan komisaris meliputi:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
3. Membantu direktur dalam hal-hal penting.

#### **Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain:

1. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.

3. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

Dalam pelaksanaannya, Direktur utama membawahi Direktur Operasi & Produksi dan Direktur Administrasi & Umum.

### **Kepala Bagian**

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

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

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

2. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

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

3. Kepala Bagian Teknologi

Kepala Bagian Teknologi bertugas untuk secara terus menerus melakukan perhitungan tentang kebutuhan dan pengolahan energi dalam pabrik. selain itu melakukan penelitian demi mengembangkan kuantitas dan kualitas produksi pabrik dan secara rutin melakukan pengujian terhadap kualitas baha baku dan produk agar tetap dalam range nilai standar pabrik sehingga produk keluaran sesuai dengan spesifikasi dari produk yang diinginkan dan mengatur kebijakan tentang Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3). Kepala Bagian

Teknologi membawahi seksi Pengolahan energi, seksi pengendalian kualitas dan seksi Kesehatan & Keselamatan Kerja (K3).

4. Kepala Bagian Administrasi Keuangan

Kepala Bagian Administrasi Keuangan bertugas mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi seksi keuangan, Pelaporan Keuangan & manajemen dan seksi akuntansi biaya.

5. Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia bertugas menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

6. Kepala Bagian UMUM

Kepala Bagian UMUM bertugas mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala Bagian UMUM membawahi seksi Pelayanan Umum, dan seksi keamanan.

7. Kepala Bagian IT

Kepala Bagian IT bertugas mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

### **Kepala Seksi**

Kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan bidangnya. Tugas kepala seksi yaitu mengatur dan melakukan koordinasi secara langsung kepada karyawan setiap seksi. Berdasarkan bidangnya, kepala seksi terdiri dari :

- a. Kepala Seksi Proses
- b. Kepala Seksi Utilitas
- c. Kepala Seksi Bengkel dan Pemeliharaan
- d. Kepala Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- e. Kepala Seksi Administrasi Pemasaran

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

### **Status Karyawan**

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan (*shutdown* pabrik). Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu:

#### a) Karyawan Nonshift

Karyawan nonshift merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi, yang termasuk kelompok ini adalah direktur, manager, kepala bagian dan semua karyawan bagian umum. Jam kerja yang berlaku untuk karyawan nonshift dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah kerja maksimum 45 jam selama seminggu dan selebihnya dihitung sebagai lembur. Dimana lembur untuk hari-hari biasa adalah 1,5 kali jam kerja sedangkan pada hari-hari besar (hari libur) adalah 2 kali jam kerja. Adapun jam kerja untuk karyawan non produksi dapat diatur dengan perincian sebagai berikut:

Hari Senin- Jumat : jam 07.00 – 15.00 WIB  
 Hari Sabtu : Libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut:

Selain hari Jumat : jam 12.00 – 13.00 WIB  
 Hari Jumat : jam 11.30 – 13.00 WIB

Hari minggu dan hari libur hari besar semua karyawan nonshift libur.

b) Karyawan Shift

Merupakan karyawan yang secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift yaitu operator pada bagian produksi dan utilitas, bagian listrik dan instrumentasi, kepala shift dan satpam. Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian shift dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran shift sedangkan 1 regu libur. Seluruh karyawan shift mendapat cuti lama 12 hari tiap tahunnya. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam jadwal sebagai berikut :

Shift pagi : jam 07.00 – 15.00

Shift sore : jam 15.00 – 23.00

Shift malam : jam 23.00 – 07.00

Untuk karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu/kelompok (A / B / C / D) dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga kelompok masuk dan ada satu kelompok yang libur. Jadwal pembagian kerja masing-masing kelompok ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Jadwal shift kerja karyawan

Shift	Hari ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pagi	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
Siang	B	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C
Malam	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D
Libur	A	B	C	C	C	D	A	A	B	B	C	D	D	A	A



Tabel 4.8 Jadwal shift kerja karyawan (lanjutan)

Shift	Hari ke-														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
Siang	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D	D
Malam	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A
Libur	B	B	C	D	D	A	A	B	C	C	D	D	A	B	B

### Ketenagakerjaan

Menurut statusnya, karyawan dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut:

1. Karyawan tetap Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
2. Karyawan kontrak yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi dengan surat kontrak kerja sama.
3. Karyawan borongan yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan.

### Fasilitas Karyawan

Kesejahteraan atau fasilitas yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain:

1. Tunjangan
  - a. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
  - b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja
  - c. Tunjangan lain yang besarnya ditentukan berdasarkan undangundang yang berlaku.

## 2. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun
- b. Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan Dokter.
- c. Cuti hamil bagi karyawan wanita.
- d. Pakaian kerja, diberikan pada setiap karyawan sejumlah 1 pasang untuk setiap tahunnya

## 3. Pengobatan

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku
  - b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.
4. Kantin perusahaan menyediakan pelayanan makan siang bagi karyawan yang berada di lokasi pabrik.
  5. Transportasi perusahaan menyediakan sarana transportasi untuk antar jemput karyawan.
  6. Asuransi perusahaan menjamin seluruh karyawan dengan mengasuransikan ke perusahaan asuransi setempat.
  7. Tempat ibadah, perusahaan memberikan fasilitas tempat ibadah berupa masjid yang dipergunakan karyawan untuk beribadah.

## **Golongan dan Penggajian Karyawan**

Perencanaan jumlah karyawan perlu diperhitungkan dengan tepat sehingga tidak ada tenaga kerja yang disia-siakan. Berdasarkan publikasi pemerintah daerah Batang, Jawa Tengah didapatkan upah minimum sebesar Rp 2.129.117. Sistem penggajian yang berlaku bagi para karyawan adalah sistem yang

berupa gaji bulanan yang diberikan setiap awal bulan sekali dengan besarnya gaji didasarkan atas ketentuan sebagai berikut :

- Jabatan atau golongan
- Tingkat pendidikan
- Pengalaman Kerja keahlian dan masa kerja
- Lingkungan kerja berkaitan dengan resiko kerja

Segi penggajian karyawan diberikan setiap awal bulan dan jumlah yang dibayarkan sesuai dengan jabatan/golongan.

Berikut penggolongan jabatan, dan gaji sesuai Tabel berikut:

Tabel 4.9 Penggolongan Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
8	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
12	Ka. Bag. UMUM	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
13	Ka. Bag. IT	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
15	Ka. Sek. Proses	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
21	Ka. Sek. Pengendalian Kulitas	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
22	Ka. Sek. K3	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000

23	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
27	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
31	Karyawan Administrasi Penjualan	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
32	Karyawan Pengelolaan Energi	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000

33	Karyawan Pengendalian Kualitas	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000
34	Karyawan K3	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000
35	Karyawan Keuangan	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
37	Karyawan Akutansi Biaya	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
38	Karyawan Pelayanan Umum	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
39	Karyawan SDM	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
40	Karyawan Operasi	14	Rp7.000.000	Rp98.000.000
41	Karyawan Utilitas	9	Rp7.000.000	Rp63.000.000
42	Karyawan IT	6	Rp7.000.000	Rp42.000.000
43	Operator proses	35	Rp4.500.000	Rp156.600.000
44	Operator Utilitas	36	Rp4.500.000	Rp162.000.000
45	Sekretaris	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
46	Dokter	2	Rp7.500.000	Rp15.000.000
47	Perawat	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
48	Satpam	5	Rp3.000.000	Rp15.000.000
49	Supir	7	Rp3.000.000	Rp21.000.000
50	Cleaning Service	7	Rp3.000.000	Rp21.000.000
Total		203	Rp569.000.000	Rp1.394.600.000

#### 4.15 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi merupakan bagian yang sangat penting dalam pertimbangan pendirian suatu pabrik, pabrik yang didirikan harus memberikan keuntungan secara ekonomis supaya proses produksi dapat terus berjalan. Evaluasi ekonomi ini juga menjadi penentu apakah suatu pabrik layak didirikan atau tidak. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
  - a. fixed capital (*Fixed Capital Investment*)
  - b. working capital (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
  - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
  - a. *Percent Return on investment* (ROI)
  - b. *Pay out time* (POT)
  - c. *Break event point* (BEP)
  - d. *Shut down point* (SDP)
  - e. *Discounted cash flow rate* (DCFR)

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan. Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

2. *Pay Out Time* (POT) adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
3. *Break Even Point* (BEP) adalah titik impas dimana tidak mempunyai suatu keuntungan/kerugian.
4. *Shut Down Point* (SDP) adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).
5. *Discounted Cash Flow Rate* merupakan Analisa kelayakan ekonomi yang memperkirakan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

#### 4.15.1 Penaksiran harga alat

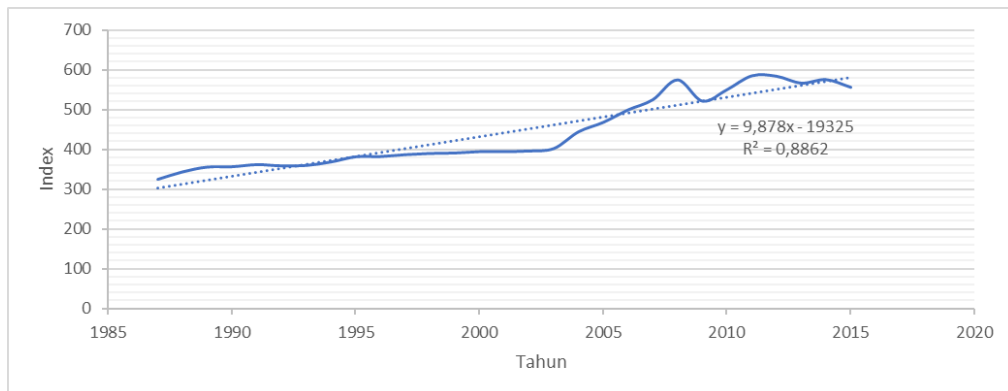
Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324,00
2	1988	343,00
3	1989	355,00
4	1990	356,00



	<b>5</b>	1991	361,30
	<b>6</b>	1992	358,20
	<b>7</b>	1993	359,20
	<b>8</b>	1994	368,10
	<b>9</b>	1995	381,10
	<b>10</b>	1996	381,70
	<b>11</b>	1997	386,50
	<b>12</b>	1998	389,50
	<b>13</b>	1999	390,60
	<b>14</b>	2000	394,10
	<b>15</b>	2001	394,30
	<b>16</b>	2002	395,60
	<b>17</b>	2003	402,00
	<b>18</b>	2004	444,20
	<b>19</b>	2005	468,20
	<b>20</b>	2006	499,60
	<b>21</b>	2007	525,40
	<b>22</b>	2008	575,40
	<b>23</b>	2009	521,90
	<b>24</b>	2010	550,80
	<b>25</b>	2011	585,70
Tabel 4.10	<b>26</b>	2012	584,60
harga CEPCI	<b>27</b>	2013	567,30
	<b>28</b>	2014	576,10
	<b>29</b>	2015	556,80

Index



Gambar 4.6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI

Persamaan yang diperoleh adalah :  $y = 9,878x - 19325$ . Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah 677,95.

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga. (Aries & Newton, 1955)

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana dalam hubungan ini :

Ex : Harga alat pada tahun x (2025)

Ey : Harga alat pada tahun y (ref)

Nx : Index harga pada tahun x (2025)

Ny : Index harga pada tahun y (ref)

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$Eb = Ea \left( \frac{Cb}{Ca} \right)^{0,6}$$

Dimana : Ea = Harga alat a

Eb = Harga alat b

Ca = Kapasitas alat a

Cb = Kapasitas alat b

#### 4.15.2 Hasil perhitungan

Perhitungan rencana terkait pendirian pabrik Etanol memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan tersebut masing-masing disajikan pada table sebagai berikut:

Tabel 4.11 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp1.728.094.969.888	Rp119.728.061
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp432.023.742.472	Rp29.932.015
3	Instalasi cost	Rp308.733.292.642	Rp21.390.050
4	Pemipaan	Rp983.947.325.880	Rp68.171.083
5	Instrumentasi	Rp436.988.326.389	Rp30.275.978
6	Insulasi	Rp70.380.793.777	Rp4.876.211
7	Listrik	Rp172.809.496.989	Rp11.972.806
8	Bangunan	Rp198.602.250.000	Rp13.759.812
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp267.588.750.000	Rp18.539.422
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>Rp4.599.168.948.037</b>	<b>Rp318.645.439</b>

Tabel 4.12 *Direct Plant Cost (DPC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Capital Investment</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	Teknik dan Konstruksi	Rp331.391.257	Rp22.960
<b><i>Total (DPC + PPC)</i></b>		<b>Rp5.519.002.737.644</b>	<b>\$382.374.527,15</b>

Tabel 4.13 *Fixed Capital Investment (FCI)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Capital Investment</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	Total DPC + PPC	Rp5.519.002.737.644	\$382.374.527,15
2	Kontraktor	Rp382.650.856.477	\$26.511.300,55
3	Biaya tak terduga	Rp478.313.570.596	\$33.139.125,69
<b><i>Fixed Capital Investment (FCI)</i></b>		<b>Rp6.379.967.164.716</b>	<b>\$442.024.953,39</b>

Tabel 4.14 *Direct Manufacturing (DMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material</i>	Rp61.216.122.561	\$4.241.252,82
2	<i>Labor</i>	Rp16.735.200.000,00	\$1.159.469,29
3	<i>Supervision</i>	Rp1.673.520.000	\$115.946,93
4	<i>Maintenance</i>	Rp446.597.701.530,14	\$30.941.746,74
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp66.989.655.229,52	\$4.641.262,01
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp124.004.295.711	\$8.591.422,43
7	<i>Utilities</i>	Rp2.347.294.007.139,30	\$162.628.191,86
<b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b>		<b>Rp3.064.510.502.171</b>	<b>\$212.319.292,08</b>

Tabel 4.15 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.510.280.000	\$173.920,39
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.673.520.000	\$115.946,93
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp8.367.600.000	\$579.734,65
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp310.010.739.278	\$21.478.556,09
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>Rp322.562.139.278</b>	<b>\$22.348.158,05</b>

Tabel 4.16 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp637.996.716.472	\$44.202.495,34
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp127.599.343.294	\$8.840.499,07
3	<i>Insurance</i>	Rp63.799.671.647	\$4.420.249,53
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>Rp829.395.731.413</b>	<b>\$57.463.243,94</b>

Tabel 4.17 *Manufacturing Cost (MC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp3.064.510.502.171	\$212.319.292,08
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp322.562.139.278	\$22.348.158,05
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp829.395.731.413	\$57.463.243,94
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>Rp4.216.468.372.862</b>	<b>\$292.130.694,07</b>

Tabel 4.18 *Working Capital (WC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp5.565.102.051	\$385.568,44
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp527.058.546.608	\$36.516.336,76
3	<i>Product Inventory</i>	Rp383.315.306.624	\$26.557.335,82
4	<i>Extended Credit</i>	Rp563.655.889.596	\$39.051.920,16
5	<i>Available Cash</i>	Rp383.315.306.624	\$26.557.335,82
<b><i>Working Capital (WC)</i></b>		<b>Rp1.862.910.151.503</b>	<b>\$129.068.497,00</b>

Tabel 4.19 *General Expense (GE)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	Rp124.004.295.711	\$8.591.422,43
2	<i>Sales expense</i>	Rp310.010.739.278	\$21.478.556,09
3	<i>Research</i>	Rp248.008.591.422	\$17.182.844,87
4	<i>Finance</i>	Rp164.857.546.324	\$11.421.869,01
<b><i>General Expense (GE)</i></b>		<b>Rp846.881.172.736</b>	<b>\$58.674.692,40</b>

Tabel 4.20 *Total Biaya Produksi*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp4.216.468.372.861,950	\$292.130.694,07
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp846.881.172.736,077	\$58.674.692,40
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>		<b>Rp5.063.349.545.598,020</b>	<b>\$350.805.386,47</b>

Tabel 4.21 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp637.996.716.472	\$44.202.495
2	<i>Property taxes</i>	Rp127.599.343.294	\$8.840.499
3	<i>Insurance</i>	Rp63.799.671.647	\$4.420.250
<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>		Rp829.395.731.413	\$57.463.244

Tabel 4.22 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp61.216.122.561	\$4.241.252,82
2	<i>Packaging</i>	Rp248.008.591.422	\$17.182.844,87
3	<i>Shipping</i>	Rp62.002.147.856	\$4.295.711,22
4	<i>Utilities</i>	Rp2.347.294.007.139	\$162.628.191,86
5	<i>Royalties and Patents</i>	Rp124.004.295.711	\$8.591.422,43
<b><i>Variable Cost (Va)</i></b>		Rp2.842.525.164.689	\$196.939.423,20

Tabel 4.23 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp16.735.200.000	\$1.159.469
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.510.280.000	\$173.920
3	<i>Supervision</i>	Rp1.673.520.000	\$115.947
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp8.367.600.000	\$579.735
5	<i>Laboratorium</i>	Rp1.673.520.000	\$115.947
6	<i>General Expense</i>	Rp846.881.172.736	\$58.674.692
7	<i>Maintenance</i>	Rp446.597.701.530	\$30.941.747
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp66.989.655.230	\$4.641.262
<b>Total Nilai Ra</b>		Rp1.391.428.649.496	\$96.402.719,33

### 4.15.3 Analisa Keuntungan

Annual Sales (Sa)	= Rp6.200.214.785.561
Total Cost	= Rp5.063.349.545.598
Keuntungan sebelum pajak	= Rp1.136.865.239.962,84
Pajak	= 25 % dari keuntungan sebelum pajak (Aries & Newton, 1955). = (Rp227.373.047.993)
Keuntungan setelah pajak	= Rp909.492.191.970

#### Analisis kelayakan

##### 1. Return on Investment (ROI)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 11 - 44 %. (Aries & Newton, 1955).

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 17,81 \%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 14,26 \%$$

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

POT Sebelum Pajak (*Industrial Chemical* min 2 th / *High Risk*- 5 th/*low Risk*).

$$\text{POT b} = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan tahunan} + \text{Depresiasi}}$$

$$\text{POT sebelum pajak} = 3,59 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 4,12 \text{ tahun}$$



### 3. Break Even Point (BEP)

Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40 – 60 %.

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

(Aries & Newton, 1955).

$$\text{BEP} = 52,31 \%$$

### 4. Shut Down Point (SDP)

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

(Aries & Newton, 1955).

$$\text{SDP} = 17,51 \%$$

### 5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik	= 10 tahun
Fixed Capital Investment	= Rp6.379.967.164.716
Working Capital	= Rp1.862.910.151.503
Salvage Value (SV)	= Rp637.996.716.472
Cash Flow (CF)	= Annual profit+depresiasi+finance
CF	= Rp1.712.346.454.766

*Discounted cash flow* dihitung secara *trial & error*

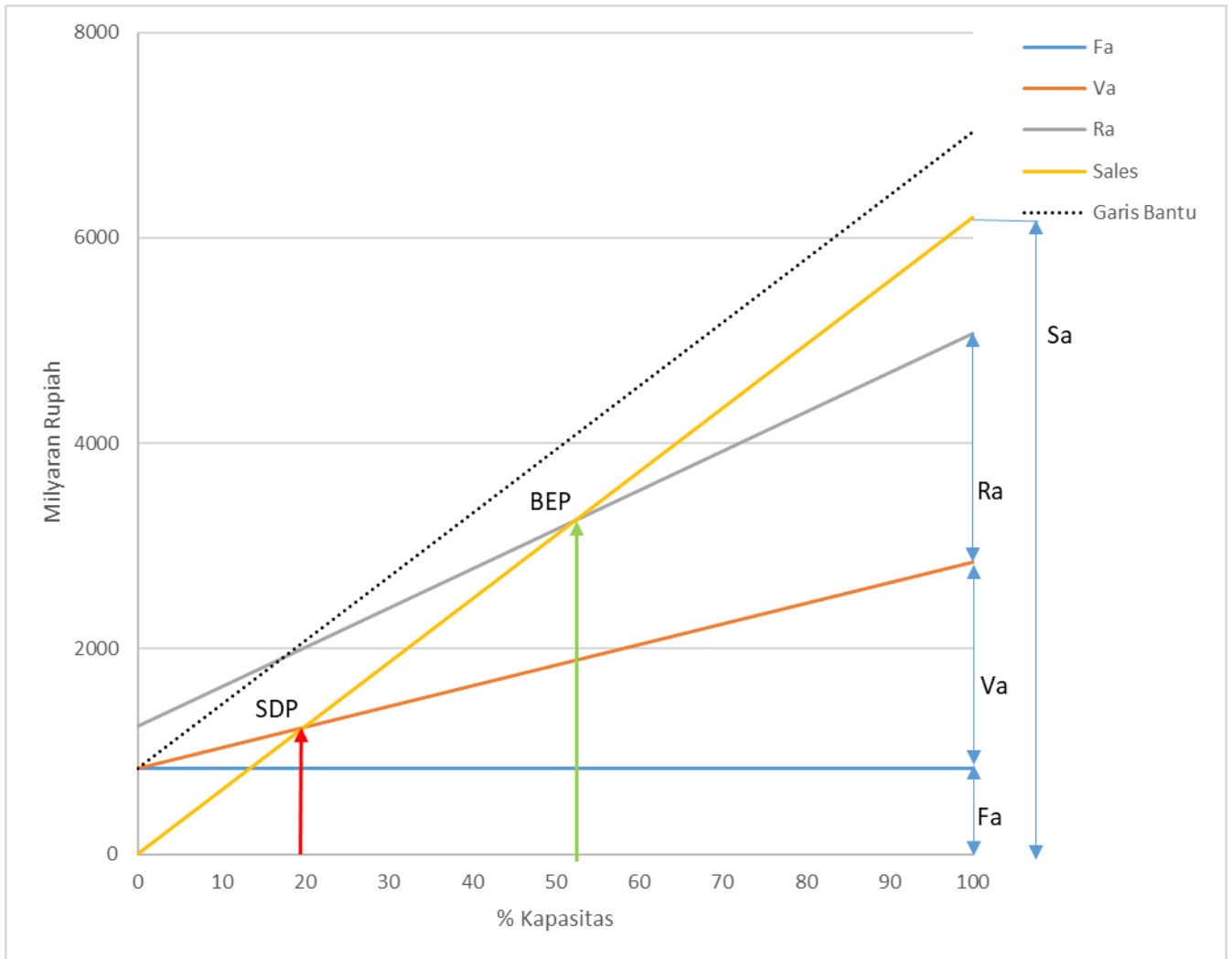
Dari hasil *trial& error*, diperoleh :

$$R = \text{Rp}57.878.199.780.078,60$$

$$S = \text{Rp}54.210.542.787.593,20$$

$$i = 21,52 \%$$

Standart suku bank Indonesia yang digunakan sebesar 4,25 % (suku bunga Lending Facility berdasarkan Bank Indonesia per 23 Mei 2022).



Gambar 4.7 Grafik Analisa kelayakan pabrik

Dari gambar 4.7 di atas menunjukkan perolehan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shut Down Point*) dimana didapat untuk nilai BEP dan SDP yang telah diketahui melalui perhitungan adalah 52,31 % dan 17,51 %. Dalam pembuatan grafik BEP diperlukan nilai-nilai seperti Ra, Va, Fa, dan Sa dimana diketahui berdasarkan perhitungan di analisa ekonomi. Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik untuk mengetahui posisi dimana pabrik dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Ketika pabrik telah beroperasi menghasilkan produk dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan di katakan untung namun sebaliknya apabila pabrik menghasilkan kapasitas dibawah titik BEP maka dikatakan rugi. Sedangkan SDP adalah titik atau batas dimana pabrik tersebut harus ditutup karena mengalami kerugian yang besar bahkan hampir bangkrut. Dapat disimpulkan bahwa jumlah kapasitas yang harus di

produksi per tahunnya adalah 10.462 ton/tahun untuk mencapai titik BEP dan untuk SDP adalah 3.502 ton/tahun.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa dan perancangan pabrik Etanol dari Kulit kopi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun digolongkan pabrik beresiko rendah karena proses berjalan pada kondisi operasi yang rendah,serta pengendalian bahan baku dan produk yang dihasilkan mudah dikendalikan.

Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:

1. Keuntungan yang diperoleh:
  - Sebelum pajak Rp1.136.865.239.962,84/tahun
  - Sesudah pajak Rp. Rp909.492.191.970 /tahun
2. Return Of Investment (ROI):
  - Sebelum pajak = 17,81 %
  - Sesudah pajak = 14,26 %

Batasan ROI sebelum pajak dapat diterima untuk pabrik kimia dengan resiko rendah, minimum adalah sebesar 11%. ( Aries and Newton, 1955)

3. Pay Out Time (POT):
  - Sebelum pajak = 3,59 tahun
  - Sesudah pajak = 4,12 tahun

Batasan POT sebelum pajak dapat diterima untuk pabrik kimia dengan resiko rendah, maksimal adalah 5 tahun.( Aries and Newton 1955)

4. Break Even Point ( BEP ) pada 52,31 % dan Shut Down Point (SDP) adalah 17,51 %. Discounted Cash Flow Rate ( DCFR ) sebesar 21,52 %. Batasan BEP yang dapat diterima untuk pabrik kimia dengan resiko rendah sebesar 40 - 60%). (Aries and Newton 1955)
5. Dari peninjauan secara keseluruhan dapat disimpulkan pabrik Etanol dari Kulit kopi layak dikaji untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriwinda. 2013. Studi Fermentasi Nira Batang Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L) Moench) untuk Produksi Etanol. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Aries, R.S., Newton, R.D., 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. Mc Graw Hill Handbook Co, New York.
- Ashok Pandey. 2008. Handbook of Plant-Based Biofuels. New York: CRC Press.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2020. Data Produksi Bioetanol secara Nasional. (www.bps.go.id) dilihat : 22 April 2021.
- Bank Indonesia. 2013. Nilai Tukar Mata Uang Asing. Jakarta.
- Bank Mandiri. 2013. Cicilan Ringan KPR dan Kredit Usaha. Jakarta.
- Binod, P., Janu, K. U., Sindhu, R., & Pandey, A. (2011). Hydrolysis of lignocellulosic biomass for bioethanol production. In *Biofuels* (1st ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385099-7.00010-3>
- Brownell, L.E., dan Young, E.H., 1959. "Process Equipment Design", Willy Eastern Limited, New Delhi.
- Chemiawan T. 2007. Membangun Industri Bioetanol Nasional Sebagai Pasokan Energi Berkelanjutan Dalam Menghadapi Krisis Energi Global.
- Conrad, M., Häring, H., & Smirnova, I. (2021). Design of an industrial autohydrolysis pretreatment plant for annual lignocellulose. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(6), 2293–2310. <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00479-1>
- Considine, Douglas M. 1985. Instruments and Control Handbook. 3rd Edition. USA : Mc Graw-Hill, Inc.

- Coulson, J.M. and Richardson, J.F.. 1983. Chemical Engineering, vol.6, Pergamon Press. Oxford.
- Darmawan, F. I., & Susila, I. W. (2013). Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jmt*, 02(01), 80–87.
- Degremont. 1991. Water Treatment Hadbook. 5th Edition, New York: John Wiley & Sons.
- Direktorat Jendral Bina Gizi. 1979. Komposisi Kimia dari Kulit kopi.
- Direktorat Jendral Pertanian, 2017. Buku pisang, ditjenbun.pertanian.go.id
- Dompeipen, E. J. dan D. R. P. (2015). Pengaruh Waktu dan pH fermentasi Dalam Produksi Bioetanol Dari Lumput Laut *Eucheuma Cottonii* Menggunakan Asosiasi Mikroba (*Sacchromyces cerevisiae*, *Aspergillus Niger* dan *Zymomonas Mobilis*). *Jurnal Ilmiah Terakreditasi KEMENRISTEKDIKTI*, 11(2), 63–75.
- Fan, L.T.; Gharpuray, M.M.; Lee, Y. H. (1988). Biotechnology Monographs - Cellulose hydrolysis. In *Tep. Apx.* (Vol. 60, Issue 8).
- Fano, Sebastiana. 2008. Prarencana Pabrik Etanol dari Ubi Kayu dengan Proses Fermentasi Kapasitas 20.000 ton/tahun. Malang: Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Fitriani, Bahri, S., & Nurhaeni. (2013). Produksi Bioetanol Tongkol Jagung ( *Zea Mays* ) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Journal of Nature Science*, 2(3), 66–74.

- Froust, Alan S., 1960. "Principles Of Unit Operation", John Willey dan Sons, New York.
- Geankoplis, Christie J., 1983. "Transport Process, Momentum, Heat and Mass", Allyn dan Bacon, Boston.
- Gouvea, B. M., Torres, C., Franca, A. S., Oliveira, L. S., & Oliveira, E. S. (2009). Feasibility of ethanol production from coffee husks. *Biotechnology Letters*, 31(9), 1315–1319. <https://doi.org/10.1007/s10529-009-0023-4>
- Gunam, I., & Wartini, N. (2013). Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari *Aspergillus*. *Jurnal Teknologi* ..., 34, 24–32. <http://www.jti.lipi.go.id/index.php/JTI/article/view/36>
- Handoko, T., Suhandjaja, G., & Muljana, H. (2018). Hidrolisis serat selulosa dalam buah bintaro sebagai bahan baku bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(1), 26. <https://doi.org/10.5614/jtki.2012.11.1.4>
- Handrian, H., Sediawan, W. B., & Mindaryani, A. (2018). Adsorpsi Air Dari Campuran Uap Etanol-Air Dengan Zeolit Sintetis 4a Dalam Packed Bed Dalam Rangka Produksi Fuel Grade Ethanol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 68. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.30344>
- Hidayat N, Padaga M, dan Suhartini S. 2006. Mikrobiologi Industri. Andi. Yogyakarta
- Kawamura. 1991. An Integrated Calculation of Wastewater Engineering. John Willey and Sons. Inc. New York.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. Ini Alasan Indonesia Masih Impor BBM 500.000 Barel/Hari. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi
- Kern dan Donald Q., 1983. "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Book Co., Auckland.
- Kirk-Othmer, 1967. "Encyclopedia Of Chemical Engineering", Edisi Kedua, Dursion Of John Willey dan Sons, New York.
- Kriswiyanti, E. (2012). PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI ASAM TERHADAP KINETIKA REAKSI HIDROLISIS PELEPAH PISANG (Musa Paradisiaca L). *Ekulibium*, 11(2), 73–77.  
<https://doi.org/10.20961/ekulibrium.v11i2.2216>
- Larasati, I. A., Argo, B. D., & Hawa, L. C. (2019). Proses Delignifikasi Kandungan Lignoselulosa Serbuk Bambu Betung dengan Variasi NaOH dan Tekanan. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 7(3), 235–244.  
<https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2019.007.03.03>
- Lauda, M., Rahmawati, N., Rahma Putri Fajar, W., Ramadhani, A., Amirah June, R., Pratiwi, M., & Rizkiana, J. (2021). Mass Balance analysis of Bioethanol Production from Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1143(1), 012027.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1143/1/012027>
- Lorch, Walter. 1981. Handbook of Water Purification. Britain : McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Madura, Jeff. 2000. Introduction to Business.2nd Edition. USA: South-Western College Publishing.



- Magdalena, Merry. 2007. *BBM Itu Bisa Dari Singkong, Minyak Jarak, Atau KelapaSawit*.
- Mahreni, & Suhenri, S. (2011). Kinetika Pertumbuhan Sel *Sacharomyces Cerevisiae* Dalam Media Tepung Kulit Pisang. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 1–6.
- McCabe dan Smith, 1994. “Operasi Teknik Kimia”, Jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta.
- Metcalf dan Eddy, 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-HillBook Company, New Delhi.
- Montgomery, Douglas C. 1992. *Reka Bentuk dan Analisis Uji Kaji (Terjemahan)*. Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Sains Malaysia Pulau Pinang.
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi Dan Karakteristik Selulosa. *Jurnal Sainika Unpam*, 1(2), 177–182.
- N. Azizah, A. N. Al-Baarri, S. Mulyani. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan Vol. 1 No. 2*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Perry dan Chilton, 1999. “*Chemical Engineering Handbook*”. Edisi 7, McGraw-Hill Book Co., New York.
- Peter, M.S. dan Timmerhauss, K.D.1990. “*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*”, Edisi 4, McGraw-Hill Book Co., Tokyo.
- Prihandana. 2007. *Bioetanol Ubi kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Agromedia.Jakarta.
- PT. Prudential Life Assurance. 2013. *Price Product List*. Jakarta.

- Rahmi, M., Ramadhanti, W., Soemargono, & Suprianti, L. (2021). Hidrolisis selulosa buah bintaro dengan katalis asam sulfat ditinjau dari kinetika reaksi. *Journal of Chemical and Process Engineering*, 02(3), 23–27.
- Reklaitis, G.V., 1983. "Introduction to Material and Energy Balance", John Willey dan Sons, New York.
- Rismunandar. 1990. Bertanam Pisang. Bandung: C.V. Sinar Baru.
- Riyanti, E. I. (2009). Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 28(3), 101–110.
- Rusjdi, Muhammad. 1999. PPh Pajak Penghasilan. PT. Indeks Gramedia. Jakarta.
- Rusjdi, Muhammad. 2004. PPN dan PPnBM. PT. Indeks Gramedia. Jakarta.
- Safitri, R., Anggita, I. D., Safitri, F. M., & Ratnadewi, A. A. I. (2018). Pengaruh konsentrasi asam sulfat dalam proses hidrolisis selulosa dari kulit buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk produksi bioetanol. *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1–5.
- Salsabila, U., Mardiana, D., and Indahyanti, E. (2013). Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian Menjadi Etanol. *Kimia Student Journal*, 2(1), 331–336.
- Siagian, Sondang P. 1992. Fungsi-fungsi Manajerial. Jakarta.
- Sime, W., Kasirajan, R., Latebo, S., Mohammed, A., & Seraw, E. (2017). Coffee Husk Highly Available in Ethiopia as an Alternative Waste Source for Biofuel Production. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(7). <http://www.ijser.org>

- Smith, J.M. dan Van Ness, H.C., 1987. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", McGraw-Hill Book Co., New York.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. Spesifikasi Standar Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol. Sutarto. 2002. Dasar-dasar Organisasi. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Sun, C. (2005). True density of microcrystalline cellulose. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 94(10), 2132–2134.  
<https://doi.org/10.1002/jps.20459>
- Sun, Y., Zhuang, J., Lin, L., & Ouyang, P. (2009). Clean conversion of cellulose into fermentable glucose. *Biotechnology Advances*, 27(5), 625–632.  
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.04.023>
- Suri, A., Yusak, Y., & Bulan, R. (2013). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit ( *Elaeis guineensis* Jack ) dengan HCl 30 % Menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Sainia Kimia*, 1(2), 7.
- Taherzadeh, 2007. Enzyme -Based Hydrolysis Processes For Etanol From Lignocellulosic Materials. *Bioresources* 2(4), 707-738
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Enzyme-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. In *BioResources* (Vol. 2, Issue 4).
- Ulrich, G.D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. New York: John Wiley and Sons.

Walas, Stanley M. 1990. Chemical Process Equipment. Washington: Butterworth-Heinemann.

Wardhana, D. I., Ruriani, E., & Nafi, A. (2019). Karakteristik Kulit Kopi Robusta Hasil Samping Pengolahan Metode Kering Dari Perkebunan Kopi Rakyat Di Jawa Timur. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 17(2), 214.  
<https://doi.org/10.32528/agritrop.v17i2.2569>

Warsa, I. W., Septiyani, F., & Lisna, C. (2013). Bioetanol Dari Bonggol Pohon Pisang. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Jawa Timur*, 8(1), 37–41.

Yaws, C.L., 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbook Co, New York.

Yuanita, dkk. 2008. Pabrik Sorbitol dari Kulit kopi ( Musa Paradisiaca ) dengan Proses Hidrogenasi Katalitik. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia. ITS. Surabaya.*

Yudiarto, Arif. 2008. Bensin Singkong Dari Halaman. *Trubus 458-Januari 2008* Halaman 16.

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

<http://www.bukalapak.com/>

<http://www.matche.com/>

<http://www.olx.com/> [www.migas.esdm.go.id](http://www.migas.esdm.go.id) .

BPPT. <http://www.cdc.eng.ui.ac.id/article-28k>



## PERHITUNGAN REAKTOR HIDROLISIS

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi hidrolisis antara selulosa dengan air menjadi glukosa  
 Fasa : Cair - Cair  
 Waktu : 1 jam  
 Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)  
 Bahan : Stainless Steel grade b  
 Jumlah : 2 buah  
 Tekanan : 1 atm  
 Temperatur : 121°C

### Komposisi Tangki Reaktor

Komponen	kg/jam
HOLOSELULOSA	5587,332
AIR	13521,344
LIGNIN	1005,720
ASH	2234,933
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	181,071
TOTAL	22530,400

Densitas Campuran : 1190,456 kg/m<sup>3</sup> = 74,320 lb/ft<sup>3</sup>

Laju Alir Volumetric : 18,926 m<sup>3</sup>/jam

Reaksi yang terjadi :



Konversi (X) = 0,97

k = 2,727 1/menit = 163,598 1/jam

$$Fv = 18,926 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Ca = 1,822$$

$$Cb = 39,691$$

$$V = \frac{FvX}{k(1-X)}$$

$$V = \frac{18,926 \times 0,97}{163,598(1-0,97)}$$

$$V = 3,74 \text{ m}^3 = 988,125 \text{ gallon}$$

#### Optimasi Reaktor Hidrolisis

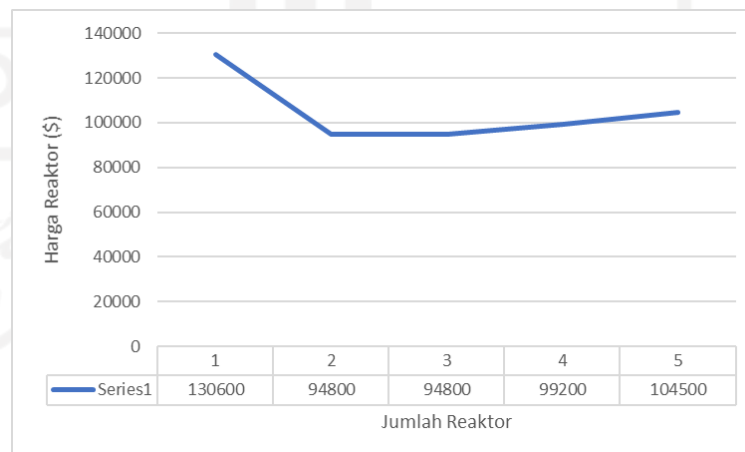
n	V1 (gallon)	V2	V3	V4	V5
1	988,1285				
2	145,8859	145,8859			
3	67,7847	67,7847	67,7847		
4	42,8787	42,8787	42,8787	42,8787	
5	31,0619	31,0619	31,0619	31,0619	31,0619

n	X0	X1	X2	X3	X4	X5
1	0,00	0,97				
2	0,00	0,83	0,97			
3	0,00	0,69	0,90	0,97		
4	0,00	0,58	0,83	0,93	0,97	
5	0,00	0,50	0,75	0,88	0,94	0,97

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	988,1285	130600	130600
2	145,8859	47400	94800
3	67,7847	31600	94800
4	42,8787	24800	99200
5	31,0619	20900	104500

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi :

- Dengan menggunakan data harga reaktor yang diambil
- dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html>
- untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal
- dipilih Stainless Steel tipe 304 sebagai bahan pembuat reaktor
- Harga reaktor (<http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html>)



Ditinjau dari harga, maka digunakan 2 buah reaktor, dengan volume masing-masing  $V_1=V_2$  ( $V_{shell}$ ) =  $0,552 \text{ m}^3 = 145,8859$  gallon dengan faktor keamanan 20% sehingga digunakan reaktor dengan volume  $0,663 \text{ m}^3$



a. Menentukan bentuk dan ukuran reaktor

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup elipsoidal

Bahan : *Stainless steel*

- Menentukan Diameter dalam dan tinggi reaktor mula-mula
- o Diameter tangki

Menghitung Diameter Tangki dan Tinggi Tangki

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V \text{ tangki}}{\pi}}$$

$$D = 0,889 \text{ m}$$

Diameter Tangki, Dt

$$V_R = V_{\text{liquid}} + V_{\text{elipsoidal}}$$

$$\text{dimana} = 1,00 \text{ DT} \quad VL = \frac{\pi \cdot Dt^2}{4} H_L, \text{ dengan } HL$$

$$= 0,25 \text{ DT} \quad VE = \frac{\pi \cdot Dt^2}{6} H_E, \text{ dengan } HE$$

$$\text{Maka} : Vr = VL + VE = 0,30 \pi DT^3$$

$$DT = \left[ \frac{Vr}{0,3042 \pi} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,899 \text{ m} = 35,345 \text{ in}$$

Tinggi Tangki, HR

$$VR = VS + 2VE$$

VS = Volume silinder

$$= Dt^2 \cdot HS \quad HS = \text{tinggi silinder}$$

VE = Volume elipsoidal

$$= Dt^2 \cdot HE \quad HE = \text{tinggi elipsoidal} = \frac{1}{4} Dt$$

Maka :

$$V_R = V_S + 2V_E$$

$$H_s = \text{volume reaktor} - (2 * \pi * (DT^3)/24) / (\pi * DT^2/4)$$

$$= 0,748 \text{ m}$$

$$H_E = 0.250 \times DT$$

$$= 0,224 \text{ m}$$

$$H_R = H_S + 2H_E$$

$$\text{(tinggi reaktor)} = 1,197 \text{ m} = 47,127 \text{ in}$$

Menentukan Tebal Tangki, t

$$H = \text{Tinggi Tangki} = 1,197 \text{ m} = 47,126 \text{ in}$$

$$E_j = \text{Efisiensi pengelasan} = 0,85 \text{ (Peter table 4,p 538)}$$

$$D_a = \text{Diameter tangki} = 0,8978 \text{ m} = 35,345 \text{ in}$$

$$C = \text{Tebal korosi yang diizinkan} = 0,011 \text{ (Peter tsble 6, p.542)}$$

Penentuan Tekanan Desain :

$$P_{\text{Operasi}} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Gravity} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Safety Factor} = 0,1$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = H \times r_{\text{Cairan}} \times g = 13965,03466 \text{ N/m}^2 = 0,138 \text{ atm}$$

$$P_{\text{Desain}} = 1,1 \times (P_{\text{ops}} + P_{\text{Hidro}}) = 1,251 \text{ atm} = 18,39 \text{ psi}$$

Untuk cylindrical vessel pada tekanan atmosfer dan dihitung berdasarkan tekanan internal :

$$T = \frac{p \times r_i}{f \times E - 0,6 \times p} + C \text{ (Peter, table 4, hal 537)}$$

dimana :

$$P = \text{Tekanan Design} = 18,399 \text{ psi}$$

$$r_i = \text{Jari-jari bagian dalam tangki} = 1/2 \text{ ID} = 17,673 \text{ in}$$

$$f = \text{max allowable stress} = 12650 \text{ psi}$$

Jenis penyambungan = double welded joint (Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

$$E = \text{welded joint efficiency} = 0,8$$

$$C = \text{Corrosion Allowance} = 0,0125 \text{ in/tahun} \quad (\text{Tabel 6, Peters, hal 542})$$

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

$$C = 0,1250 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, tabel 3.1, hal.37})$$

Sehingga =

$$t = \frac{18,399 \text{ psi} \times 17,673 \text{ in}}{12650 \text{ psi} \times 0,8 - 0,6 \times 18,399 \text{ psi}} + 0,125 \text{ in} = 0,157 \text{ in}$$

$$\text{Dipilih tebal tangki standard} = 1/3 \text{ in} = 0,31 \text{ in}$$

- Menentukan diameter reactor sesungguhnya Diameter luar *shell* ( $D_0$ )

adalah =

$$\begin{aligned} D_0 &= D_i + 2t \\ &= 0,31 \text{ in} + (2 \times 35,345 \text{ in}) \\ &= 35,97 \text{ in} \end{aligned}$$

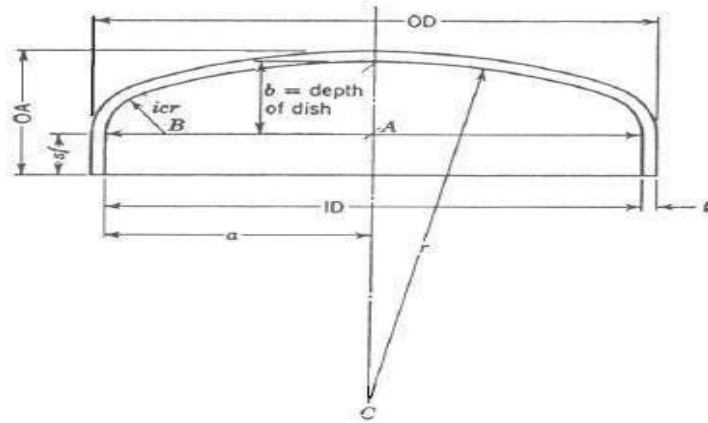
$$\text{Diambil OD standard} = 38 \text{ in} = 0,965 \text{ m}$$

$$\text{ID} = \text{OD} - 2t = 37,66 \text{ in} = 0,957 \text{ m}$$

- Menentukan tinggi tangki termasuk head (TH)

Bentuk : *Torespherical head (flange and dishead head)*

Bahan : *Stainless Steel*



Gambar 5.1 Hubungan dimensional untuk *flange and dishhead head*

- Tebal head

Berdasarkan tabel 5.7, Brownell & Young, hal 90, didapat:

$$I_{cr} = 2 \frac{3}{8} \text{ in} = 0,06 \text{ m}$$

$$r = 36 \text{ in} = 0,914 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{4} \times (3 + (r_c/r_i)^{1/2}) =$$

Dimana :

$W$  = stress intensification factor for torispherical head

$$r_c = \text{radius of crown} = r = 36 \text{ in}$$

$$r_i = \text{inside corner radius} = icr = 2,375 \text{ in} = 0,06 \text{ m}$$

$$W = 3 + \frac{\left(\left(\frac{36}{2,375}\right)^{0,5}\right)}{4} = 1,72 \text{ in}$$

$$th = \frac{p \times r_c \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C = \frac{18,39 \text{ psi} \times 36 \text{ in} \times 1,72 \text{ in}}{2 \times 12650 \text{ psi} \times 0,8 - 0,2 \times 18,39 \text{ psi}} + 0,1250$$

$$= \frac{1}{6} \text{ in} = 0,0046 \text{ m}$$

Dipilih tebal head standar = 0,25 in = 0,006 m

- Tinggi head

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk  $t_H = 0,6250 \text{ in}$

Standart straight flange ( $S_f$ ) = 1,5- 2,25 in (dipilih  $S_f = 2,25 \text{ in}$ )

Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada *fig. 5.8*, Brownell&Young, hal 87 (Gambar 5.1).

$$a = ID/2 = 37,66 : 2 = 18,843 \text{ in} = 0,479 \text{ m}$$

$$AB = ID/2 - icr = 18,843 \text{ in} - 2,375 \text{ in} = 16,5 \text{ in} = 0,418 \text{ m}$$

$$BC = rc - irc = 36 \text{ in} - 2,375 \text{ in} = 33,625 \text{ in} = 0,854 \text{ m}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 29,33 \text{ in} = 0,745 \text{ m}$$

$$b = r - AC = 36 \text{ in} - 29,333 \text{ in} = 6,666 \text{ in} = 0,170 \text{ m}$$

$$ID = OD - 2th = 38 \text{ in} - 2 \times 0,25 \text{ in}$$

$$= 37,5 \text{ in} = 0,952 \text{ m}$$

$$OA = th + b + sf = 0,25 \text{ in} + 6,666 \text{ in} + 2,25 \text{ in}$$

$$= 9,2 \text{ in} = 0,233 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki termasuk tinggi head dan bottom } H_t = H + 2OA$$

$$= 1,179 \text{ m} + 2 \times 0,233 \text{ m}$$

$$= 1,663 \text{ m}$$

$$= 65,494 \text{ in}$$

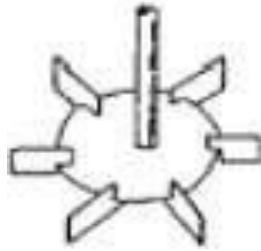
**b. Perancangan Pengaduk**

Bahan : *Stainless steel*

Jenis : *Turbin with 6 flat blades* (Gb. 9.2, hal 229, Mc.Cabe dan Fig 6.3, hal 147, Treybal)

Alasan pemilihan :

1. Efektif untuk jangkauan viskositas yang cukup luas.
2. Baik untuk tangki kecil maupun besar karena diameternya lebih kecil dari impeller lain
3. Layak secara ekonomis dalam *power*.
4. Tidak merusak partikel yang memiliki viskositas yang cukup besar.



Gambar 5.2 Vertical blade turbine

a. Penentuan dimensi pengaduk

○ **Penentuan diameter pengaduk**

Untuk turbine with 6 flat blade,  $ID/Di = 3$  (Brown hal 507)

Dimana : ID = Diameter dalam tangki = 38 in

$$Di = \text{Diameter pengaduk} = 12,66 \text{ in} = 1,056 \text{ ft} = 0,322 \text{ m}$$

○ Penentuan lebar blade pengaduk

$$\begin{aligned} W_b &= \frac{1}{4} \cdot Di &= & \frac{1}{4} \cdot 12,666 \text{ in} \\ &= 3,167 \text{ in} &= & 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

○ Penentuan lebar baffle

Jumlah baffle = 4 buah (Brown, hal 507)

W/D impeller = 0,17 (Brown, hal 507)

$$\begin{aligned} \text{Maka lebar baffle} &= W = 0,17 \cdot D \text{ impeller} \\ &= 0,17 \times 12,666 \text{ in} \\ &= 2,153 \text{ in} = 0,055 \text{ m} \end{aligned}$$

○ Penentuan offset top dan bottom

$$\text{Offset top} = Di/6 = 2,111 \text{ in}$$

$$\text{Offset bottom} = Di/2 = 6,333 \text{ in}$$

○ Penentuan tinggi cairan dalam tangki (ZL)

$$ZL/Di = 2,7-3,9 \text{ (brown hal 507)}$$

Maka diambil nilai  $ZL/Di = 3$

$$\text{Maka tinggi cairan dalam tangki adalah} = ZL = 3 \times Di = 38 \text{ in} = 0,965 \text{ m}$$

- o Penentuan jarak pengaduk dari dasar tangki  $Z_i/D_i = 0,75$  s.d  $1,3$  (Brown, hal 507)

Maka diambil nilai  $Z_i/D_i = 1$

Maka tinggi tepi *blade* dari dasar tangki =  $Z_i = 1,0 \times D_i = 12,666$  in

- o Penentuan jumlah pengaduk dan putaran pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \times D_i (ft)} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D_i (in)}}$$

Dimana :

$$WELH = ZL * sg$$

$$\text{Spesific Gravity, } sg = \frac{p \text{ campuran}}{p \text{ referensi}} = 1,1904$$

$$WELH = 38 \text{ in} \times 1,1904$$

$$= 45,237 \text{ in}$$

Maka, jumlah pengaduk =  $WELH/ID = 1$  Standard = 1 buah

$$N = 241,904 \text{ rpm} = 4,031 \text{ rps}$$

Dipilih Fixed-speed belt (single reduction gear with V belts)

- o Penentuan power pengaduk

Viskositas campuran =  $0,46 \text{ cp} = 0,00046 \text{ kg/m} \cdot \text{det} = 0,00031 \text{ lb/ft} \cdot \text{s}$

Nilai Reynold Number,  $Re$

$$Re = \frac{1190,456 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,031 \text{ rps} \times 0,322 \text{ m}}{0,00046 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{det}} + C$$

$$= 1.073.045$$

Setelah di plot ke grafik 477 Brown, didapat  $Po = 7 \text{ Hp}$

$$\text{power} = \frac{\rho N^3 D_i^5 P_o}{550 \text{ gc}}$$

Dimana :

$$P = 74,319 \text{ lb/ft}^3$$

$$N = 4,031 \text{ rps}$$

$$D_i = 1,056 \text{ ft}$$

$$P_o = 7 \text{ Hp}$$

$$G_c = 9,8 \text{ m/s}^2 = 32,15 \text{ ft/s}^2$$

$$\text{maka power} = \frac{74,319 \times 4,031^3 \times 1,056^5 \times 7 \text{ Hp}}{550 \times 32,15 \text{ ft/s}^2}$$

$$= 2,526 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi pengaduk} = 0,9$$

$$\text{Maka Power} = \frac{2,526 \text{ Hp}}{0,9}$$

$$= 2,807 \text{ Hp}$$

$$\text{Standard power NEMA} = 30 \text{ Hp}$$

Perancangan Jacket untuk pendingin

Material :

Fungsi : menyerap panas yang dilepaskan reaksi

Media : air

Pengecekan Luas Transfer Panas pada Jacket

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff
121	Higher Temp	50	71
30	Lower Temp	27	3
			68



$$LMTD = \frac{AT_2 - AT_1}{\ln AT_2/AT_1}$$

$$21,4913 \quad C = \quad 70,684 \text{ F}$$

Menghitung Luas Transfer Panas :

Untuk fluida heavy organic dan fluida dingin berupa air, UD = 5-75 Btu.ft<sup>2</sup>.F.jam (tabel 8 Kern) tergantung viscositas yang di dapatkan

Diambil harga UD = 75 Btu/ft<sup>2</sup>.F.jam

$$Q = 75587724,436 \text{ kJ} = 7164333,928 \text{ Btu}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T LMTD} = 1351,4223 \text{ ft}^2 = 125,551 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi DH = 2,901 \text{ m}^2$$

Menghitung luas penampang bawah reaktor

$$A = (\pi/4) \cdot D^2 = 0,719 \text{ m}^2$$

$$\text{Total luas yang tersedia} = 3,62 \text{ m}^2$$

Dikarenakan A tersedia < A kebutuhan, maka digunakan koil pendingin

Dipilih media pendingin air pada suhu = 27<sup>0</sup>C tekanan = 1 atm

$$T_{c1} = \text{suhu air masuk jaket} = 27 \quad ^\circ\text{C} = 80,60 \text{ F} = 300,15 \text{ K}$$

$$T_{c2} = \text{suhu air keluar jaket} = 50 \quad ^\circ\text{C} = 122 \text{ F} = 323,15 \text{ K}$$

$$T_{c \text{ avg}} = \text{suhu air rata-rata} = 38,50 \quad ^\circ\text{C} = 101,30 \text{ F} = 311,65 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Menentukan jumlah air pendingin} &= 1.158.607,232 && \text{Kg/jam} \\
 &= 2.554.728,946 && \text{lb/jam} \\
 &= 1.098.359,656 && \text{Btu/jam}
 \end{aligned}$$

$$T \text{ rata - rata} = 38,5 \qquad = 101,3 \qquad = 311,5 \text{ K}$$

Sifat fisis air pada suhu 38,5 C ( 82.4 F & 301K)

$$C_p = 4,234 \text{ kJ/kg C} = 0,00099 \text{ Btu/lb F}$$

$$\rho = 1015,16 \text{ Kg/m}^3 = 63,34 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,67 \text{ Cp} = 1,62 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k = 0,470070832 \text{ W/m.k} = 0,27 \text{ Btu/h.ft.f}$$

Kecepatan Volumetrik air

$$\begin{aligned}
 \boxed{Q_v = \frac{m_{air}}{\rho_{air}}} &= 1141,294 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 40304793 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Menentukan Diameter minimum Koil

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

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

$$\text{Debit air pendingin} = 1141,294 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$v = 2,5 \text{ m/s} = 9000 \text{ m/jam}$$

$$\text{Luas penampang A} = \text{Debit air}/v$$

$$= 0,129 \text{ m}^2$$

$$= 1,365 \text{ ft}^2$$

$$= 2115,735 \text{ in}^2$$

$$A = (\pi.ID^2)/4$$

$$ID = 0,402 \text{ m}$$

$$= 16 \text{ in}$$

Dipilih diameter standar (Kern,tabel 11 hal.844)

$$Nps = 6 \text{ in}$$

$$\text{schedule number} = 40$$

$$OD = 6,625 \text{ in} \quad 0,552 \text{ ft}$$

$$ID = 6,065 \text{ in} \quad 0,5054 \text{ ft}$$

$$\text{Luas penampang}(A') = 28,9 \text{ in}^2 \quad 0,2 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas perpan/panjang}(a'') = 1,374 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

Menentukan hi

$$\rho_{\text{air pendingin}} = 1015,169937 \text{ kg/m}^3 = 63,34 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,67 \text{ Cp} = 1,62 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k = 0,47 \text{ W/m.k} = 0,27 \text{ Btu/h.ft.F}$$

$$Cp = 4,23 \text{ Kj/kg C}$$

$$Gt = \text{Kec.aliran massa} / \text{Luas penampang}$$

$$= 12.729.445,27 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$v = Gt/\rho$$

$$= 200.949,1346 \text{ ft/jam}$$

$$= 17,014 \text{ m/s}$$

$$= 55,819 \text{ ft/s}$$

Bilangan Reynold Fluida dalam pipa adalah:

$$NRe = Di.Gt / \mu$$

$$= 3.965.015,497$$

$$f = 0,00019 \quad (\text{kern.fig.26 hal 836})$$

$$jh = 190 \quad (\text{kern.fig.28 hal 838})$$

Menentukan  $hi$

$$hi = \frac{jH.D}{k} \left( \frac{cp.\mu}{k} \right)^{-1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14} = 5.020,024 \quad \text{btu/ft}^2 \text{ F.jam}$$

Koefisien transfer panas dari pipa ke luar pipa adalah :

$$hio = hi \frac{ID}{OD} = 4595,690 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{jamF}$$

untuk koil, harga  $hio$  dikoreksi dengan faktor koreksi sebagai berikut :

diketahui diameter spiral atau heliks koil =  $0,7-0,8 Dt$  (Rase,1997)

$$hio_{\text{koil}} = hio_{\text{pipa}} \left( 1 + 3.5 \frac{D_{\text{koil}}}{D_{\text{spiral koil}}} \right)$$

$$D \text{ spiral Koil} = 2,512 \text{ ft}$$

$$= 0,766 \quad \text{m}$$

$$hio \text{ koil} = 7831,496$$

Menentukan  $ho$

$$ho = 0.00265 \times Nre \quad (\text{kern, fig.20.5b hal 722}) = 10.507,291$$

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

$$= 4487,091$$

Nilai  $R_d$  yang diizinkan = 0,001-0,003

(Kern, fig 12 hal 846 )

$$R_d = 0,001$$

$$U_d = \frac{1}{(1/U_c) + R_d}$$

$$= 913,098 \text{ btu/hr.ft}^2.\text{F}$$

$$= 2$$

$$\Delta T_{LMTD} = 70,684 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$= 17,018 \text{ ft}^2$$

Menentukan panjang koil

$$L = \frac{A}{a''}$$

$$= 72,405 \text{ ft} = 22,069 \text{ m}$$

Menentukan volume koil

$$V = \frac{\pi}{4} R^2 t$$

$$V = 17 \text{ ft}^3$$

Menentukan Jumlah Lengkungan koil

$$D_c = 0.8 \times (\text{ID tangki reaktor})$$

$$= 30 \text{ in}$$

$$= 3 \text{ ft}$$

$$AB = ID$$

BC Diambil  $x = 0.3 D$

$$x = 1,987 \text{ in}$$

$$= 0,165 \text{ ft}$$

Panjang 1 putaran

K lilitan = 1/2 putaran miring + 1/2 putaran datar

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

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

$$K \text{ lilitan} = 8 \text{ ft}$$

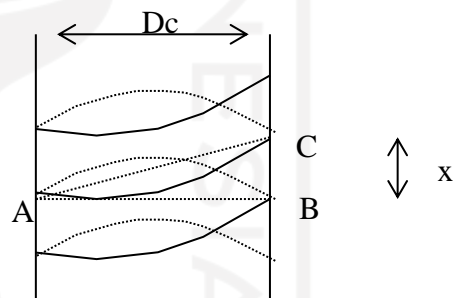
$$= 94,666 \text{ in}$$

$$= 2,404 \text{ m}$$

Menentukan Banyak Lilitan

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

$$= 9,77$$



Jumlah lilitan = 9 Lilitan

Menentukan tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

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

$$= 5,496 \text{ ft}$$

$$= 1,675 \text{ m}$$

$$= 20,103 \text{ in}$$

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil

$$V.\text{cairan dalam shell} = 10,169 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} = 2,799 \text{ m}$$

$$A \text{ shell} = 0,719 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan setelah ditambah koil (Zc)} = \frac{V_{\text{cairan dlm shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$$

$$Zc = 18,029 \text{ m}$$

$$ZC = 18,256 \text{ m}$$

Jarak Dari Dasar tangki ke bagian bawah koil (hk)

$$= \frac{(\text{Tinggi cairan setelah ada koil} - \text{tumpukan koil})}{2}$$

$$= 0,322 \text{ m}$$

b + sf (tinggi dasar tangki hingga ke koil)

$$= 0,322 \text{ m}$$

Maka koil tercelup semua pada shell

$$= 0,227 \text{ m}$$

## PERHITUNGAN REAKTOR FERMENTOR

### a. Penentuan Jumlah Reaktor

Penentuan jumlah reaktor pada proses pra rancangan pabrik bioethanol ini menggunakan *Gant Chart*, dikarenakan reaktor berjenis Semi Batch

Waktu Pembersihan	: 8
Waktu pengisian	: 8 jam
Waktu reaksi	: 72 jam
Waktu pengosongan	: 8 jam
Waktu Total	: 96 jam

Berdasarkan pertimbangan waktu dan Ekonomi dapat disimpulkan bahwa reaktor berjumlah 12 buah

### b. Perancangan Dimensi Reaktor Semi Batch

Fungsi	: Sebagai tempat fermentasi glukosa
Fasa	: Padat - Cair
Jenis konstruksi	: Semi Batch Stirred-tank Fermentor Bahan
Jumlah	: 12 unit
Waktu 1 <i>Semi Batch</i>	: 72 jam
Laju Alir Massa (W)	: 14.315,989 Kg/Jam
Toperasi	: 30 °C
Poperasi	: 1 atm = 14,7 psi
Konversi	: 97%



c. Menentukan Kapasitas Reaktor

Komposisi Tangki Reaktor

Komponen	Massa (Kg)
Air	4686,079
Glukosa	5415,430
Asam Sulfat	1,645
Yeast	1010,315
Amonium Sulfat	40,413
Etanol	2684,850
CO <sub>2</sub>	2568,117
TOTAL	

Laju Alir Volumetrik (Qf)

$$Qf = \frac{\text{laju alir masa}}{\text{densitas}}$$

$$Qf = \frac{16.406,846 \text{ kg/jam}}{1001,155 \text{ kg/m}^3}$$

$$Qf = 16,388 \text{ m}^3/\text{jam}$$

d. Menentukan volume Reaktor, V<sub>R</sub>

$$V = Qf \times \text{waktu pengisian}$$

$$V = 16,388 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 129,984 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Security factor = 20%

Maka Volume reaktor (V<sub>r</sub>) = 155,98 m<sup>3</sup>

e. Menentukan bentuk dan ukuran reaktor

Bentuk : Tangki silinder tegak berdasar dan beratap torispherical

Bahan : *Stainless steel*

• Menentukan Diameter dalam dan tinggi reaktor mula-mula

o Diameter tangki

$$H = 1 D \quad (\text{Brownell\& Young pers 3.11, hal 43})$$

$$Vr = \frac{\pi}{4} ID^2 H + (2 \times 0,000049 ID^3)$$

*Asumsi H=D*

$$Vr = \frac{\pi}{4} ID^3 + 0,000098 ID^3$$

$$Vr = 0,7851 ID^3$$

$$ID = \sqrt[3]{\frac{Vr}{0,7851}}$$

$$ID = 5,58835 \text{ m} = 229,73 \text{ in}$$

o Tinggi reaktor

$$H = D = 5,58835 \text{ m} = 229,73 \text{ in}$$

• Tekanan design

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} ; g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = H \times \rho_{\text{cairan}} \times g$$

$$= 5,585 \text{ m} \times 1004,739 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$= 54.994,3 \text{ N/m}^2 = 0,54 \text{ atm}$$

Safety factor

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{Hidrostatik}})$$

$$= 1,1 \times (1 + 0,54) \text{ atm}$$

$$= 1,69 \text{ atm}$$

$$= 24,96 \text{ psi}$$

• Tebal dinding reaktor

$$t = \frac{p \times r_i}{f \times E - 0,6 \times p} + C \text{ (Peter, table 4, hal 537)}$$

dimana :

P = Tekanan Design	= 24,96 psi
r <sub>i</sub> = Jari-jari bagian dalam tangki = 1/2 ID	= 109,945 in
f = max allowable stress	= 12650 psi

Jenis penyambungan = double welded joint (Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

E = welded joint efficiency = 0,8 %

C = Corrosion Allowance = 0,0125 in/tahun (Tabel 6, Peters,hal 542)

Umur Alat = 10 tahun

C = 0,1250 in (Brownell & Young,tabel 3.1, hal.37)

Sehingga =

$$t = \frac{24,96 \text{ psi} \times 109,945 \text{ in}}{12650 \text{ psi} \times 0,8 - 0,6 \times 24,96 \text{ psi}} + 0,125 \text{ in} = 0,396 \text{ in}$$

Dipilih tebal tangki standard = 4/9 in = 0,437 in

- Menentukan diameter reactor sesungguhnya

Diameter luar *shell* ( $D_0$ ) adalah =

$$\begin{aligned} D_0 &= D_i + 2t \\ &= 219,889 \text{ in} + (2 \times 0,438 \text{ in}) \\ &= 220,764 \text{ in} \end{aligned}$$

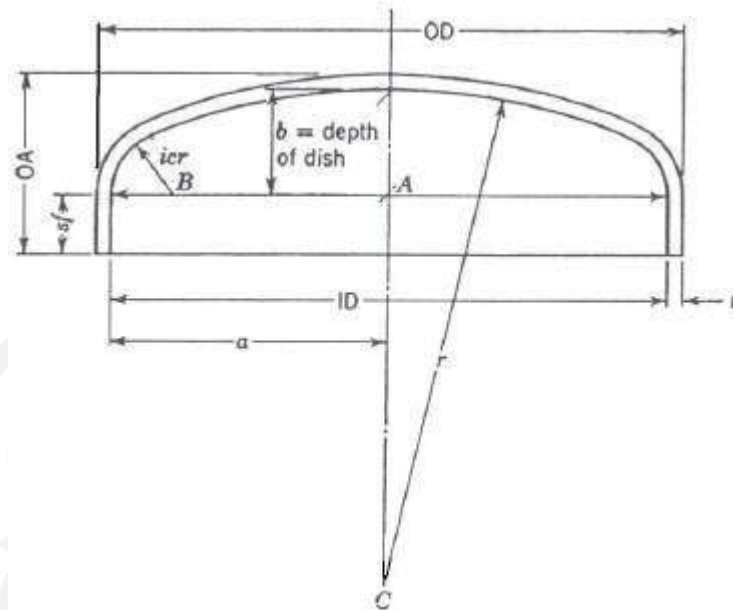
Diambil OD standard = 228 in = 5,791 m

$$ID = OD - 2t = 227 \frac{1}{8} = 5,769 \text{ m}$$

- Menentukan tinggi tangki termasuk head (TH)

Bentuk : *Torespherical head (flange and dishead head)*

Bahan : *Stainless Steel*



Gambar 5.3 Hubungan dimensional untuk *flange and dishead head*

- Tebal head

Berdasarkan tabel 5.7, Brownell & Young,

hal 90, didapat:  $I_{cr} = 12 \frac{5}{8} \text{ in} = 0,32 \text{ m}$

$R = 170 \text{ in} = 4,3180 \text{ m}$

$$W = 1/4 \times (3 + (r_c/r_i)^{1/2}) =$$

Dimana :

$W = \text{stress intensification factor for torispherical head}$

$R_c = \text{radius of crown} = r = 170 \text{ in}$

$R_i = \text{inside corner radius} = icr = 12,625 \text{ in} = 0,86 \text{ m}$

$$W = 3 + \frac{\left(\left(\frac{170}{12,25}\right)^{0,5}\right)}{4} = 1,68 \text{ in}$$

$$th = \frac{p \times r_c \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C = \frac{24,96 \text{ psi} \times 170 \text{ in} \times 1,667 \text{ in}}{2 \times 12650 \text{ psi} \times 0,8 - 0,2 \times 24,96 \text{ psi}} + 0,1250$$

$$= 0,4745 \text{ in} \quad = 0,012 \text{ m}$$

Dipilih tebal head standar = 0,5 in = 0,0127 m

- Tinggi head

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk  $t_H = 0,6250$  in :

*Standart straight flange* (Sf) = 1,5- 3,5 in (dipilih Sf = 3,5 in)  $t_H = 0,4745$  in

$i_{cr} = 12 \frac{5}{8}$  in  $r = 170$  in

Untuk menghitung tinggi *head* digunakan penjelasan pada *fig. 5.8*, Brownell&Young, hal 87 (Gambar 5.1).

$$a = ID/2 = 227,125 : 2 = 113,562 \text{ in} = 2,884 \text{ m}$$

$$AB = ID/2 - i_{cr} = 113,56 \text{ in} - 12,625 \text{ in} = 100,937 \text{ in} = 2,564 \text{ m}$$

$$BC = r - i_{cr} = 170 \text{ in} - 12,625 \text{ in} = 157,375 \text{ in} = 3,997 \text{ m}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 120,7415 \text{ in} = 3,067 \text{ m}$$

$$b = r - AC = 170 \text{ in} - 120,741 \text{ in} = 49,258 \text{ in} = 1,251 \text{ m}$$

$$ID = OD - 2t_H = 228 \text{ in} - 2 \times 0,5 \text{ in} = 227 \text{ in} = 5,765 \text{ m}$$

$$OA = t_H + b + sf = 0,5 \text{ in} + 49,258 \text{ in} + 3,5 \text{ in} = 53,258 \text{ in} = 1,353 \text{ m}$$

Tinggi tangki termasuk tinggi head dan bottom

$$H_t = H + 2OA = 5,791 \text{ m} + 2 \times 1,353 \text{ m} = 8,497 \text{ m} = 334,518 \text{ in}$$

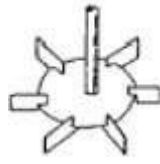
#### f. Perancangan Pengaduk

Bahan : *Stainless steel SA-204 Grade A*

Jenis : *Turbin with 6 flat blades* (Gb. 9.2, hal 229, Mc.Cabe dan Fig 6.3, hal 147, Treybal)

Alasan pemilihan :

- Efektif untuk jangkauan viskositas yang cukup luas.
- Baik untuk tangki kecil maupun besar karena diameternya lebih kecil dari impeller lain
- Layak secara ekonomis dalam *power*.
- Tidak merusak partikel yang memiliki viskositas yang cukup besar.



Gambar 5.4 *Vertical blade turbine*

Penentuan dimensi pengaduk

○ **Penentuan diameter pengaduk**

Untuk *turbine with 6 flat blade*,  $ID/Di = 3$  (Brown hal 507)

Dimana : ID = Diameter dalam tangki = 227,125 in

$$Di = \text{Diameter pengaduk} = 75,708 \text{ in} = 6,309 \text{ ft} = 1,923 \text{ m}$$

○ Penentuan lebar blade pengaduk  $Wb = \frac{1}{4} \cdot Di = \frac{1}{4} \cdot 75,708 \text{ in}$   
 $= 18,927 \text{ in} = 0,480 \text{ m}$

○ Penentuan lebar baffle

Jumlah baffle = 4 buah (Brown, hal 507)

W/D impeller = 0,17 (Brown, hal 507)

Maka lebar baffle =  $W = 0,17 \cdot D \text{ impeller}$   
 $= 0,17 \times 75,708 \text{ in}$   
 $= 12,87 \text{ in} = 0,3269 \text{ m}$

○ Penentuan offset top dan bottom

Offset top =  $Di/6 = 12,618 \text{ in}$

Offset bottom =  $Di/2 = 37,854 \text{ in}$

○ Penentuan tinggi cairan dalam tangki  $(ZL) ZL/Di = 2,7-3,9$  (brown hal 507)

Maka diambil nilai  $ZL/Di = 3$

Maka tinggi cairan dalam tangki adalah =  $Zl = 3 \times Di = 227,125 \text{ in} = 5,769 \text{ m}$

○ Penentuan jarak pengaduk dari dasar tangki  $Zi/Di = 0,75 \text{ s.d } 1,3$  (Brown, hal 507)

Maka diambil nilai  $Zi/Di = 1$

Maka tinggi tepi *blade* dari dasar tangki =  $Zi = 1,0 \times Di = 75,708 \text{ in}$

- Penentuan jumlah pengaduk dan putaran pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \times Di(ft)} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Di(in)}}$$

Dimana :

$$WELH = ZL \cdot sg$$

$$\text{Specific Gravity, } sg = \frac{p \text{ campuran}}{p \text{ referensi}} = \frac{1004,739}{1000} = 1,005$$

$$\begin{aligned} WELH &= 227,125 \text{ in} \times 1,005 \\ &= 228,201 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka, jumlah pengaduk = WELH/ID = 1 Standard = 1 buah

$$N = 37,182 \text{ rpm} = 0,62 \text{ rps}$$

Dipilih Fixed-speed belt (single reduction gear with V belts)

- Penentuan power pengaduk

Viskositas campuran = 1,0899 cp = 0,00109 km/m.det = 0,0007 lb/ft.s. Nilai

Reynold Number, Re

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{1004,739 \frac{kg}{m^3} \times 0,620 \text{ rps} \times 1,923 \text{ m}}{0,00109 \frac{kg}{m} \cdot \text{det}} + C$$

$$= 2.112.532,281$$

Setelah di plot ke grafik 477 Brown, didapat Po = 7 Hp

$$power = \frac{\rho N^3 Di^5 P_o}{550 gc}$$

Dimana :

$$P = 62,726 \text{ lb/ft}^3$$

$$N = 0,620 \text{ rps}$$

$$D_i = 6,309 \text{ ft}$$

$$P_o = 7 \text{ Hp}$$

$$G_c = 9,8 \text{ m/s}^2 = 32,1522 \text{ ft/s}^2$$

$$\text{maka power} = \frac{62,726 \times 0,620^3 \times 6,309^5 \times 7 \text{ Hp}}{550 \times 32,1522 \text{ ft/s}^2}$$

$$= 59,064 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi pengaduk} = 0,9$$

$$\text{Maka Power} = \frac{59,064 \text{ Hp}}{0,9}$$

$$= 65,626 \text{ Hp}$$

$$\text{Standard power NEMA} = 75 \text{ Hp}$$

Perancangan jaket untuk pendingin

Fungsi : menyerap panas yang dilepaskan reaksi

Media : air

o Pengecekan luas transfer panas pada jaket :

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff
30,0000	Higher Temp	29,0000	1,0000
30,0000	Lower Temp	27,0000	3,0000
			-2,0000



$$LMTD = 1,8205 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 35,2769 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

o Menghitung luas transfer panas

Untuk fluida heavy organic dan fluida dingin berupa air, UD = 5-75  
Btu.ft<sup>2</sup>.F.jam(tabel 8 Kern)

Diambil harga UD = 70 Btu/ft<sup>2</sup>.F.jam

$$Q = 3.140.199,924 \text{ Kj} = 2.976.335,248 \text{ Btu}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T LMTD}$$

$$= \frac{2.976.335,248 \text{ Btu}}{70 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \times 35,2769 \text{ F}}$$

$$= 1205,296 \text{ ft}^2$$

$$= 111,976 \text{ m}^2$$

o Menghitung luas selubung

$$A = \pi DH$$

$$= 3,14 \times 5,769 \text{ m} \times 5,791 \text{ m}$$

$$= 104,906 \text{ m}^2$$

o Menghitung luas penampang bawah reactor

$$A = (\pi/4) \times D^2$$

$$= (3,14/4) \times (5,769 \text{ m})^2$$

$$= 26,126 \text{ m}^2$$

$$\text{Total luas yang tersedia} = 104,906 \text{ m}^2 + 26,126 \text{ m}^2$$

$$= 131,031 \text{ m}^2$$

Dikarenakan A tersedia > A kebutuhan, maka digunakan jaket pendingin

Dipilih media pendingin berupa air pada suhu 27 °C tekanan 1 atm

Temperatur masuk = 27 °C = 80,6 °F = 300,12 K

Temperatur keluar = 29 °C = 84,2 °F = 302,15 K

Temperature air rata-rata = 28 °C = 82,4 °F = 301,15 K

Q = Panas yang diserap = 3.140.199,92 kj = 749.451,056 kcal

Jumlah air pendingin yang dibutuhkan = 110.552,203 kg/jam

Cp air pada T 28 °C = 5,0218 kJ/kgC = 1,1985 kcal/kgC

Densitas Air pada suhu 28 °C = 991,00 kg/m<sup>3</sup>

Waktu pendinginan = t = 0,25 jam = 15 menit

$$Q_a = \frac{W \times t}{r}$$

$$= \frac{110.552,203 \text{ kg/jam} \times 0,25 \text{ jam}}{991,00 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 27,889 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,4648 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,078 \text{ ft}^3/\text{det}$$

o Penentuan volume jaket

Design jaket yang diinginkan adalah sesuai dengan bentuk tangki yang diletakkan disekeliling tangki

$$V_j = Q_s \times t \text{ Dimana :}$$

$$V_j = \text{volume jaket}$$

$$Q_s = \text{laju alir air} = 27,889 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T = \text{waktu tinggal yang ditetapkan} = 0,25 \text{ jam}$$

$$V_j = 27,889 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ jam} \\ = 6,972 \text{ m}^3$$

o Penentuan diameter jaket

$$V_j = \left( (\pi R_1^2) - \left( \pi \left( \frac{OD}{2} \right)^2 \right) \right) \times H$$

$$V_j = \pi R_1^2 H - \frac{\pi}{4} OD^2 H$$

$$\pi R_1^2 H = V_j + \frac{\pi}{4} OD^2 H$$

$$R_1^2 = \frac{V_j + \frac{\pi}{4} OD^2 H}{\pi H}$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{V_j + \frac{\pi}{4} OD^2 H}{\pi H}}$$

Dimana :

$V_j$	= volume jaket	= 6,972 m <sup>3</sup>
$H$	= tinggi jaket yang menutupi tangki = OD standar	= 5,791 m
$OD$	= OD standar =	= 5,791 m
$R_1$	= jari jari tangki termasuk jaket	= 2,961 m
$D_1$	= Diameter tangki termasuk jaket	= 5,922 m

$$t_j = \frac{D_1 - OD}{2} = 0,065 \text{ m}$$

$$= 6,547 \text{ cm} = 2,577 \text{ in}$$

o Penentuan jarak antara jaket dengan dinding reaktor

$$V_r = \frac{\pi}{4} ID^2 H + (2 \times 0,000049 ID^3)$$

Asumsi  $H=D$

$$V_r = \frac{\pi}{4} ID^3 + 0,000098 ID^3$$

$$V_r = 0,7851 ID^3$$

$$ID = \sqrt[3]{\frac{V_r}{0,7851}}$$

$$6,9723 = 4,529 \times ID^2$$

$$ID^2 = 1,539$$

ID = 1,241 m

$$\begin{aligned} \text{Volume bottom} &= 2 \times 0,0000491 \text{id}^3 = 2 \times 0,0000491 \times (1,241)^3 \\ &= 0,000187 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Maka jari-jari} = \frac{\text{ID} + \text{volume bottom}}{2} = \frac{1,241 + 0,000187}{2} = 0,62 \text{ m} = 24,429 \text{ in}$$

Maka jarak antara jaket pendingin dengan reaktor = 24,429 in





### Jadwal Alat Reaktor Fermentasi

REAKTOR / WAKTU	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104
1	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN
2	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN
3	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN
4	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
5	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
6	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
7	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
8	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
9	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI
10	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI	REAKSI
11	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI	REAKSI
12	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	REAKSI	PENGOSONGAN	PEMBERSIHAN	PENGISIAN	REAKSI

Jumlah Reaktor = 12 Buah  
 pembersihan = 8 Jam  
 waktu pengisian = 8 Jam  
 waktu reaksi = 72 Jam  
 waktu pengosongan = 8 Jam  
 Total Waktu = 96 Jam

KETERANGAN :  
 PENGISIAN  
 REAKSI  
 PENGOSONGAN  
 PEMBERSIHAN



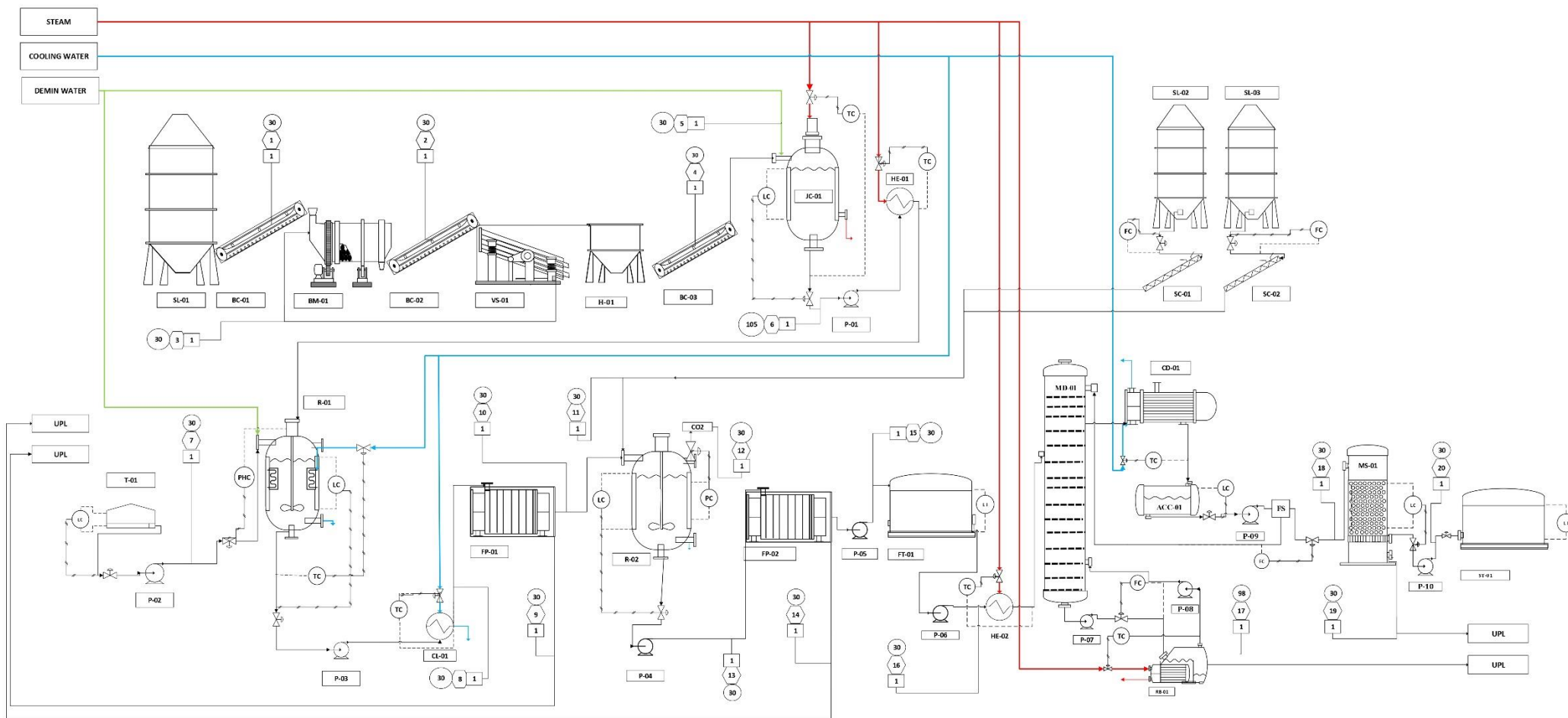
**LAMPIRAN B**  
**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

# PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

## PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI

### KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



NO	Komponen	ARUS (KG/JAM)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Kulit Kopi	10150,759																			
2	Bubuk Kulit Kopi		10253,292	102,533	10150,759																
3	Holosekuloza					5075,380		152,261													
4	Lignin					913,568		913,568													
5	Ash					2030,152		2030,152													
6	Asam Sulfat						164,480	164,480		1,645			1,645								
7	Yeast									1010,315			1981,853								
8	Amonium Sulfat									40,413											
9	CO <sub>2</sub>											2568,117									
10	Glukosa										5470,131		5415,430								
11	Etanol											162,463		159,214	159,214						
12	Air						2537,690	4669,349	3172,112	7294,448		4686,079		2631,153	2631,153		2499,595			2474,599	
13	Inert													2811,647	2811,647		140,582				12,963
14	Total	10150,759	10253,292	102,533	10150,759	2537,690	12688,449	3336,592	16025,041	5921,887	10103,154	1050,728	2568,117	9516,890	3914,876	5602,014	5602,014	2961,836	2640,178	152,615	2487,562

SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
SI-01	Silo Kulit Kopi	CI	Cooling Tower	TC	Temperature Controller
SI-02	Silo Yeast	FP	Fiber Press	PC	Pressure Controller
SI-03	Silo Ammonium Sulfat	MD	Mixer Disibasi	PHC	PH Controller
T-01	Tangki H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MS	Sieve Molecular	FS	Flow Splitter
BC	Belt Conveyor	FI	Feeder Tank	FC	Flow Controller
BM	Ball Mill	CD	Condenser	→	Pendingin
VS	Vibrating Screen	ACC	Accumulator	→	Sicam
HP	Hopper	P	Pompa	---	Pipeline
JC	Jet Cooker	RF	Rotary Filter	---	Elektrikal
R-01	Reaktor Hidrolisis	HE	Heat Exchanger	---	Pneumatic
R-02	Reaktor Fermentasi	RB	Reboiler	□	Tekanan
ST	Storage Tank	UPL	Unit Pembuangan Limbah	○	Suhu,C
CV	Controler Valve	LI	Level Indikator		
SC	Screw Conveyor				



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DENGAN BAHAN BAKU LIMBAH KULIT KOPI  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :

- Iqbal Kuncoro Adti (17521043)
- Deni Ma'arif (17521073)

DOSEN PEMBIMBING :

- Farham HM Saleh, Dr., Ir., MSIE
- Umi Rofiqah, S.T., MT














**LAMPIRAN C**  
**BLANKO KONSULTASI TUGAS AKHIR**

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Deni Ma'arif  
No. MHS : 17521073
2. Nama Mahasiswa : Iqbal Kuncoro Adi  
No. MHS : 17521043
- Judul Prarancangan \*) :

Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021  
Batas Akhir Bimbingan : 11 Oktober 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	01 Mei 2021	Pemilihan Judul Pra Rancangan Pabrik	
2	12 Mei 2021	Pembahasan Latar Belakang Pendirian Pabrik	
3	28 Mei 2021	Pembahasan Kapasitas Pabrik	
4	05 Juni 2021	Pembahasan Ulang Kapasitas Pabrik	
5	21 Juli 2021	Pembahasan Neraca Massa	
		Ekonomi: harga alat	
		Ekonomi: gaji pegawai	
		Analisis ekonomi	
		Pengesahan	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, \_\_\_\_\_**

**Pembimbing,**



**Farham H. M. Saleh, Dr., Ir., MSIE.**

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

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

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Deni Ma'arif  
No. MHS : 17521073
2. Nama Mahasiswa : Iqbal Kuncoro Adi  
No. MHS : 17521043
- Judul Prarancangan \*) :

Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021

Batas Akhir Bimbingan : 11 Oktober 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	01 Mei 2021	Pemilihan Judul Pra Rancangan Pabrik	
2	12 Mei 2021	Pembahasan Latar Belakang Pendirian Pabrik	
3	28 Mei 2021	Pembahasan Kapasitas Pabrik	
4	05 Juni 2021	Pembahasan Ulang Kapasitas Pabrik	
5	21 Juli 2021	Pembahasan Neraca Massa	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 9 Juni 2022**

**Pembimbing,**



**Umi Rofiqah, S.T., M.T.**

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

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

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Deni Ma'arif  
No. MHS : 17521073
2. Nama Mahasiswa : Iqbal Kuncoro Adi  
No. MHS : 17521043
- Judul Prarancangan \*) :

Mulai Masa Bimbingan : **12 Oktober 2021**

Batas Akhir Bimbingan : **10 April 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	25 Oktober 2021	Pembahasan Neraca Massa	
2	20 November 2021	Pembahasan Neraca Massa	
3	12 Desember 2021	Neraca Panas	
4	20 Januari 2022	Neraca Panas	
5	05 Februari 2022	Neraca Panas	
6	12 Februari 2022	Perancangan Alat	
7	20 Februari 2022	Utilitas	
8	07 Maret 2022	Ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Pembimbing,



**Farham H. M. Saleh, Dr., Ir., MSIE.**

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

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

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Deni Ma'arif  
No. MHS : 17521073
2. Nama Mahasiswa : Iqbal Kuncoro Adi  
No. MHS : 17521043
- Judul Prarancangan \*) :

Mulai Masa Bimbingan : **12 Oktober 2021**

Batas Akhir Bimbingan : **10 April 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	25 Oktober 2021	Pembahasan Neraca Massa	
2	20 November 2021	Pembahasan Neraca Massa	
3	12 Desember 2021	Neraca Panas	
4	20 Januari 2022	Neraca Panas	
5	05 Februari 2022	Neraca Panas	
6	12 Februari 2022	Perancangan Alat	
7	20 Februari 2022	Utilitas	
8	07 Maret 2022	Ekonomi	

Disetujui Draft

Penulisan: Yogyakarta, 9

Juni 2022 Pembimbing,



Umi Rofiqah, S.T., M.T.

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

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

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Deni Ma'arif  
No. MHS : 17521073
2. Nama Mahasiswa : Iqbal Kuncoro Adi  
No. MHS : 17521043
- Judul Prarancangan \*) :

Mulai Masa Bimbingan : **11 April 2022**

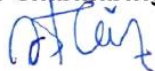
Batas Akhir Bimbingan : **08 Oktober 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	02 April 2022	Tinjau Ulang	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 9 Juni 2022**

**Pembimbing,**



**Umi Rofiqah, S.T., M.T.**

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

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