

No: TK/TA/2018/83

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI BIJI
SORGUM KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Enggar Larasati

Nama : A. Setya Wirasakti

No.Mahasiswa : 14521330

No.Mahasiswa : 14521269

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Enggar Larasati

Nama : A.S Wirasakti

No. Mahasiswa : 14 521 330

No. Mahasiswa : 14 521 269

Yogyakarta, November 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa 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 dipergunakan sebagaimana mestinya.

Enggar Larasati

Achmad Setiyo Wirasakti

14521330

14521269

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI BIJI SORGUM
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Enggar Larasati

Nama : A.S Wirasakti

No. Mahasiswa : 14 521 330

No. Mahasiswa : 14 521 269

Yogyakarta, 12 Oktober 2018

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Dalyono, MSi., C. Text ATi.,

Umi Rofiqah S.T., M.T.,

NIP: 865210104

NIP: 165211304

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Enggar Larasati

No. Mahasiswa : 14 521 330

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2018



Tim Penguji,

Ir. Dalyono, MSI., C. Text ATI.,

Ketua Penguji

Anggota I

Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr. Suharno Rusdi

NIP: 845210102

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat, karunia serta hidayah-Nya, yang karenanya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir Perancangan Pabrik. Tidak lupa shalawat serta salam penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat, tabi'in dan keluarganya.

Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Etanol Dari Biji Sorgum dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”** disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat di bangku kuliah dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu yang sedang menuntut ilmu ini beserta Rasul-Nya yang membawa kita ke zaman terang benderang.
2. Orang tua dan keluarga tercinta atas semua doa-doa yang tak pernah putus dipanjatkan untuk kesuksesan penulis serta dorongan semangat dan dukungannya selama ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Dalyono, MSI, C.Text ATI dan Ibu Umi Rofiqoh, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Semua pihak yang telah membantu kami hingga terselesaikannya laporan Tugas Tugas Akhir ini.

Kami menyadari masih banyak hal yang perlu diperbaiki dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi kami pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 7 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
<i>ABSTRACT</i>	xiii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	10
1.2.1 Etanol	10
1.2.2 Jenis – Jenis Pembuatan Etanol	11
1.2.3 Pengolahan Biji Sorgum Menjadi Etanol	15
BAB II PERANCANGAN PRODUK	22
2.1 Spesifikasi Produk.....	22

2.2	Spesifikasi Bahan	24
2.3	Pengendalian Kualitas	27
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	28
2.3.2	Pengendalian Proses Produksi	28
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		32
3.1	Uraian Proses.....	32
3.2	Spesifikasi Alat.....	34
3.3	Perencanaan Produksi.....	68
3.3.1	Analisis Kebutuhan Bahan Baku	68
3.3.2	Analisis Kebutuhan Alat Proses.....	69
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		70
4.1	Lokasi Pabrik.....	70
4.1.1	Penyediaan Bahan Baku.....	70
4.1.2	Pemasaran Produk.....	71
4.1.3	Utilitas	71
4.1.4	Tenaga Kerja	72
4.2	Tata Letak Pabrik	74
4.2.1	Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium	74
4.2.2	Area Proses dan Ruang Kontrol.....	74
4.2.3	Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi	74

4.2.4	Area Utilitas dan <i>Power Station</i>	74
4.3	Tata Letak Alat Proses	75
4.3.1	Aliran Bahan Baku dan Produk.....	75
4.3.2	Aliran Udara.....	75
4.3.3	Pencahayaan.....	76
4.3.4	Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	76
4.3.5	Pertimbangan Ekonomi.....	76
4.3.6	Jarak Antar Alat Proses.....	76
4.3.7	Perluasan dan Pengembangan Pabrik	76
4.4	Alir Proses dan Material.....	78
4.4.1	Neraca Massa	78
4.4.2	Neraca Panas	83
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	89
4.5.2	Unit Pembangkit dan Distribusi Listrik	103
4.5.3	Spesifikasi Alat-Alat Utilits	105
4.6	Organisasi Perusahaan.....	125
4.6.1	Bentuk Perusahaan	125
4.6.2	Struktur Organisasi	127
4.6.3	Pembagian Jam Kerja.....	139
4.6.4	Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan	141

4.7	Evaluasi Ekonomi.....	145
4.7.1	Penaksiran Harga Alat.....	173
4.7.2	Dasar Perhitungan	175
4.7.3	Perhitungan Biaya	175
4.7.4	Analisis Kelayakan.....	182
BAB V	PENUTUP	187
5.1	Kesimpulan.....	188
5.2	Saran	186
	DAFTAR PUSTAKA	187
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Luas tanaman sorgum.....	4
Tabel 1.2 Konsumsi Bioetanol di Indonesia.....	5
Tabel 1.3 Impor Bioetanol d Indonesia.....	6
Tabel 1.4 Ekspor Bioetanol di Indonesia.....	7
Tabel 1.5 Kapasitas Produksi Pabrik Bioetanol di Indonesia	8
Tabel 3.1 <i>Spesifikasi Accumulator</i>	36
Tabel 3.2 Spesifikasi Bin Storage (BS-01)	37
Tabel 3.3 Spesifikasi Bin Storage (BS-01).....	38
Tabel 3.4 Spesifikasi Bin Storage (BS-03)	39
Tabel 3.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-01).....	40
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-02).....	41
Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-03).....	42
Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-04).....	43
Tabel 3.9 Spesifikasi Mixing Tank(MT-01).....	44
Tabel 3.10 Spesifikasi Centrifuge (CF-01).....	45
Tabel 3.11 Spesifikasi Filter Press (FP-01).....	46
Tabel 3. 12 Spesifikasi Jet Cooker (JC-01).....	47
Tabel 3. 13 Spesifikasi Hammer Mill.....	48
Tabel 3. 14 Spesifikasi Screen.....	49
Tabel 3. 15 Spesifikasi Screen Conveyer (SC-10150	

Tabel 3. 16 Spesifikasi Screen Conveyer (SC-101).....	51
Tabel 3. 17 Spesifikasi Screen Conveyer (SC-101).....	52
Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater (HE-01).....	53
Tabel 3. 19 Spesifikasi Heater (HE-02).....	55
Tabel 3. 20 Spesifikasi Coller (CL-01).....	57
Tabel 3. 21 Spesifikasi Coller (CL-02).....	59
Tabel 3. 22 Spesifikasi Reaktor (R-101).....	61
Tabel 3. 23 Spesifikasi Pompa.....	64
Tabel 3. 24 Spesifikasi Menara Destilasi	68
Tabel 3. 25 Spesifikasi Mixing Point (MP-01).....	69
Tabel 3. 26 Spesifikasi Condensor (CD-01).....	70
Tabel 3. 27 Spesifikasi Reboiler (RB-01).....	72
Tabel 3. 28 Spesifikasi Tangki (T-06).....	74
Tabel 3. 29 Spesifikasi Blower.....	75
Tabel 3. 30 Spesifikasi Belt Conveyor.....	75
Tabel 3. 31 Spesifikasi Tangki (T-05).....	76
Tabel 4.1 Neraca Massa Total.....	88
Tabel 4.2 Neraca Massa Hammer Mill.....	89
Tabel 4.3 Neraca Massa Screening.....	90
Tabel 4.4 Neraca Massa Mixing Tank.....	91
Tabel 4.5 Neraca Massa Jet Cooker.....	92
Tabel 4.6 Neraca Massa Reaktor SFS.....	93
Tabel 4.7 Neraca Massa Filter Press.....	94

Tabel 4.8 Neraca Massa Centrifuge.....	95
Tabel 4.9 Neraca Massa Mixing Point.....	96
Tabel 4.10 Neraca Massa Menara Destilasi.....	97
Tabel 4.11 Neraca Massa Akumulator.....	98
Tabel 4.12 Neraca Massa Reboiler.....	99
Tabel 4.13 Neraca Panas Heater.....	100
Tabel 4.14 Neraca Panas Mixing Tank.....	100
Tabel 4.15 Neraca Panas Jet Cooker (JC-01)	101
Tabel 4.16 Neraca Panas Cooler (CO-01)	101
Tabel 4.17 Neraca Panas Reaktor (SFS-01).....	102
Tabel 4.18 Neraca Panas Filter Press (FP-01)	102
Tabel 4.19 Neraca Panas Centrifuge (CF-01).....	103
Tabel 4.20 Neraca Panas Mixing Point (MP-01).....	103
Tabel 4.21 Neraca Panas Heater (H-02)	104
Tabel 4.22 Neraca Panas Menara Destilasi (MD-01).....	104
Tabel 4.23 Neraca Panas Condensor (CD-01)	105
Tabel 4.24 Neraca Panas Reboiler (RB-01).....	105
Tabel 4.25 Neraca Panas Cooler (CL-02).....	106
Tabel 4.26 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	119
Tabel 4.27 Kebutuhan Air Pendingian.....	120
Tabel 4.28 Kebutuhan Air Proses.....	120
Tabel 4.29 Kebutuhan Air untuk Perkantoran dan Rumah Tangga.....	121
Tabel 4.30 Kebutuhan Listrik.....	122

Tabel 4.31 Pembagian Jam Kerja.....	162
Tabel 4.32 Daftar Gaji karyawan.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Biji Sorgum	2
Gambar 1.2 Konsumsi etanol.....	6
Gambar 1.3 Impor etanol	7
Gambar 1.4 Ekspor etanol.....	8
Gambar 1.5 Produksi etanol.....	9
Gambar 1. 6 Pathway Bacteri Sacharomise	18
Gambar 4. 1 Peta lokasi pabrik	73
Gambar 4. 2 Layout pabrik	75
Gambar 4. 3 Layout alat proses	77
Gambar 4. 4 Diagram alir kualitatif	88
Gambar 4. 5 Diagram alir Kuantitatif	89
Gambar 4. 6 Layout alat utilitas.....	121
Gambar 4.7 Struktur Organisasi.....	131
Gambar 4.8 Grafik Analisa Kelayakan	160

Abstrack

Bioethanol was used for solvents of various chemicals intended for human consumption. Examples are perfume, flavorings, food coloring, and medicines. In chemistry, Bioethanol was an important solvent as well as a feed stock for the synthesis of other chemical compounds. Bioethanol made from by Fermentation process using Aspergillus Niger and Sacharomyces Cerevisiae. Reaction operate at temperature of 30oC and pressure of 1 atm with conversion of 95%. The plant was built to produce Bioetanol with capacity of 10,000 ton/year. The raw material were 21252,762 kg/h of Sorghum Seeds, 0,014 kg/h of H₃PO₄, Aspergillus Niger 2086,370 kg/h , 2086,370 kg/h of Yeast. The utilities required are 5143,8601 kg/h of water, 64,5569 kW of electricity, 7,9345 kg/h of solar. Location of the plant would be established in Demak. It was planed to run of Perseroan Terbatas (PT) management with 119 employees. Total large of area is 10.000 m² with 10.000 m² of it as building area. The result of economic analysis done in this factory shows that fixed capital needed by factory is Rp 105.744.009.866,52 while working capital is Rp 581.375.081.598. Profit before tax will reach Rp 46.184.906.913 and Rp 23.092.453.456 after tax. Presentation Return on Investments (ROI) before tax is 44% and after tax is 21,84%. Pay Out Time (POT) before tax is 2.0 years and after tax is 3,24 years, Break Event Value Point (BEP) is 44.48% and Shut Down Point (SDP) is equal to 33,51% with Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is 33,76%. Based on the economic analysis, this pre-designed Bioethanol manufactory with a capacity of 10,000 ton/year is feasible to be established.

Keywords : Bioethanol, Sorghum Seeds, Fermentation, Aspergillus Niger

Abstrak

Bioetanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Contohnya adalah pada parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Dalam kimia, Bioetanol adalah pelarut yang penting sekaligus sebagai stok umpan untuk sintesis senyawa kimia lainnya. Bioetanol ini dibuat dengan proses Fermentasi dengan bantuan *Aspergillus Niger* dan *Sacharomyces Cerevisiae*. Reaksi beroperasi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan konversi 95%. Pabrik ini dibangun untuk menghasilkan Bioetanol dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Bahan baku terdiri dari 21252,762 kg/jam Biji Sorgum, 0,014 kg/jam H₃PO₄, *Aspergillus Niger* 2086,370 kg/jam, dan ragi 2086,370 kg/jam. Utilitas yang diperlukan adalah 5143,8601 kg/jam air, 64,5569 kW listrik, 7,9345 kg/jam bahan bakar. Lokasi pabrik akan didirikan di Demak. Pabrik ini direncanakan perusahaan dalam bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan 119 karyawan. Luas tanah keseluruhan 14.000 m² dengan luas bangunan 10.000 m². Dari hasil analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini didapatkan hasil bahwa modal tetap dibutuhkan sebesar Rp 105.744.009.866,52 dan modal kerja sebesar Rp 581.375.081.598. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 46.184.906.913 dan setelah pajak sebesar Rp 23.092.453.456. Presentasi Return on Investmen (ROI) sebelum pajak adalah 44% dan setelah pajak adalah 21,84%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 2 tahun dan setelah pajak adalah 3,24 tahun, Nilai Break Event Point (BEP) adalah 45,48% dan Shut Down Point (SDP) adalah sebesar 33,51% dengan Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah 33,76%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, prarancangan pabrik Bioetanol dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak didirikan.

Kata-kata kunci : Bioetanol, Biji Sorgum, Fermentasi, *Aspergillus Niger*

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Permintaan energi oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber daya energi khususnya cadangan minyak dunia membuat beberapa tahun terakhir energi menjadi persoalan krusial di dunia. Untuk itu setiap negara diberikan tekanan untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan, selain itu minyak mentah di dunia termasuk di Indonesia semakin menurun. Minyak mentah di Indonesia dari 1 dekade terakhir mengalami deflasi atau penurunan, untuk tahun 2006 minyak mentah di Indonesia didapatkan sebanyak 287,30 juta barel/tahun atau 800 ribu barel /hari sedangkan tahun 2015 yaitu 251,87 juta barel/tahun atau 690 ribu barel/hari, Hal tersebut menjadi mengapa perlu dikembangkan pabrik energi alasan yang serius di Indonesia.

Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak sebagai bentuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak.

Banyak macam-macam sumber daya energi terbarukan yang dapat diperbaharui, salah satunya yaitu bioetanol. Bioetanol merupakan salah satu bahan

alternatif terbarukan yang berpotensi dikembangkan di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan bioetanol untuk berbagai kebutuhan pada beberapa tahun terakhir membuat pemerintah menargetkan mengganti 1,48 miliar liter bensin dengan bioetanol akibat semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Pada Peraturan Pemerintah No. 5/2006 dalam kurun waktu 2007-2010. Oleh karena itu produksi etanol harus ditingkatkan dengan mencari alternatif lain untuk menghasilkannya. Salah satu sumber daya alam alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah tanaman sorgum (*sorghum bicolor*).



Gambar 1.1 Biji sorgum

Tanaman sorgum di Indonesia sebenarnya sudah sejak lama dikenal tetapi pengembangannya tidak sebaik padi dan jagung. Hal ini dikarenakan masih sedikitnya daerah yang memanfaatkan tanaman sorgum sebagai bahan pangan dimana selama ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Tanaman ini mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan secara komersial di Indonesia, karena didukung oleh kondisi agroekologis dan ketersediaan lahan yang cukup luas.

Sorgum juga sangat potensial untuk diangkat menjadi komoditas agroindustri karena mempunyai kandungan karbohidrat (pati) yang tinggi (73-81 %), dapat tumbuh di lahan kering dan sawah pada musim kering/ kemarau, resiko kegagalan kecil dan pembiayaan (input) usahataniya relative rendah. Selain budidaya yang mudah, sorgum juga mempunyai manfaat yang sangat luas antara lain untuk pakan ternak, bahan baku industri makanan dan minuman, bahan baku untuk media jamur merang (mushroom), industri alkohol, bahan baku etanol dan sebagainya.

Rata-rata luas tanam dan produktivitas sorgum pada beberapa daerah sentra produksi sorgum di Indonesia cukup bervariasi, variasi tersebut disebabkan oleh perbedaan agroekologi serta teknologi budi daya yang diterapkan oleh petani, terutama varietas dan pupuk. Sumber Pertanian terbesar di Indonesia terdapat di Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, serta NTB dan NTT.

Berikut ini adalah Rata-rata luas tanam, produksi, dan produktivitas sorgum di beberapa sentra pengembangan sorgum di Indonesia (berbagai tahun).

Tabel 1.1 Rata-rata luas tanam, produksi, dan produktivitas sorgum di beberapa sentra pengembangan sorgum di Indonesia (berbagai tahun).

Tahun	Luas Panen (ha)	Produktivitas (ku/ha)	Produksi (ton)
2005	3.659	16,7	6.114
2006	2.944	18,3	5.399
2007	2.373	17,9	4.241
2008	2.419	18,8	4.553
2009	2.264	27,3	6.172

2010	2.974	19,2	5.723
2011	3.607	21,3	7.695

Sumber: Direktorat Budidaya Serealia, Ditjen Tanaman Pangan, 2012.

Rata-rata produktivitas dan produksi mulai tahun 2005 hingga 2011 menunjukkan peningkatan setiap tahun sebesar 6,5 dan 6,2 %. Peningkatan produktivitas dan produksi sorgum tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebagai akibat dari musim kemarau yang relatif panjang. Badan Litbang Pertanian telah melepas 11 varietas sorgum dengan potensi hasil mencapai 6 t/ha dan dapat beradaptasi pada lahan marjinal (Puslitbangtan, 2009).

Data terkini luas area pertanaman sorgum secara nasional tidak tersedia, baik di BPS maupun Direktorat terkait. Data luas areal, produksi, dan produktivitas yang tersedia sudah sangat lama. Hal ini menunjukkan kurangnya perhatian Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik sebagai pusat data nasional, meskipun berbagai wacana pengembangan sorgum sebagai alternatif pangan lokal dalam rangka diversifikasi pangan sering dimunculkan.

Data dan informasi terkini yang tersedia dari beberapa referensi masih bersifat parsial di wilayah-wilayah tertentu, tidak secara nasional. Di Sidrap, Sulawesi Selatan, terdapat area sorgum seluas 3,200 ha, dimana produksinya digunakan untuk pakan, sirup, dan tepung. Di Kendari, hasil sorgum dari area seluas 6,000 ha digunakan untuk pakan dan sirup. Di Wayngapu, Sumba, NTT, hasil sorgum dari area seluas 4,000 ha digunakan untuk pakan, sirup, dan tepung. Di

Purwakarta, Jawa Barat dan Pasuruan, Jawa Timur, produksi sorgum, masing-masing dari area seluas 3.000 ha, digunakan untuk sirup dan tepung.

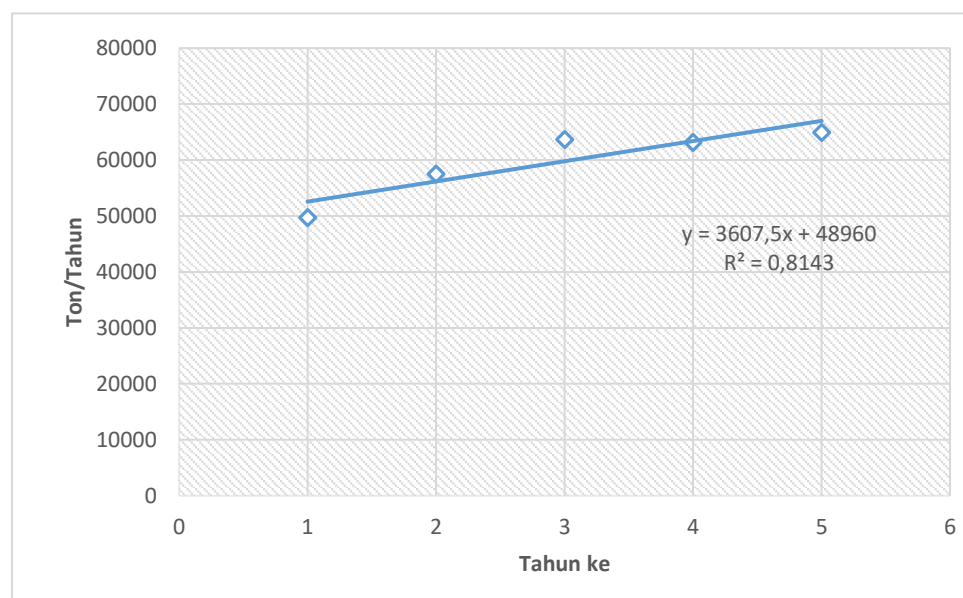
Berikut ini adalah data konsumsi bioetanol di Indonesia.

Tabel 1.2 Konsumsi bioetanol di Indonesia

Tahun ke	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2008	49700
2	2009	57473
3	2010	63698
4	2011	63137
5	2012	64905

Sumber: <https://indexmundi.com>, 2017

Dari data diatas dapat diketahui fungsi persamaan jumlah konsumsi Periode ke n melalui grafik, dibawah ini :



Gambar 1.2. fungsi persamaan jumlah konsumsi

diperkirakan konsumsi bioetanol pada tahun 2023 sebagai fungsi x pada persamaan sebesar 106680 Ton/Tahun

Berikut ini adalah data impor bioetanol di Indonesia.

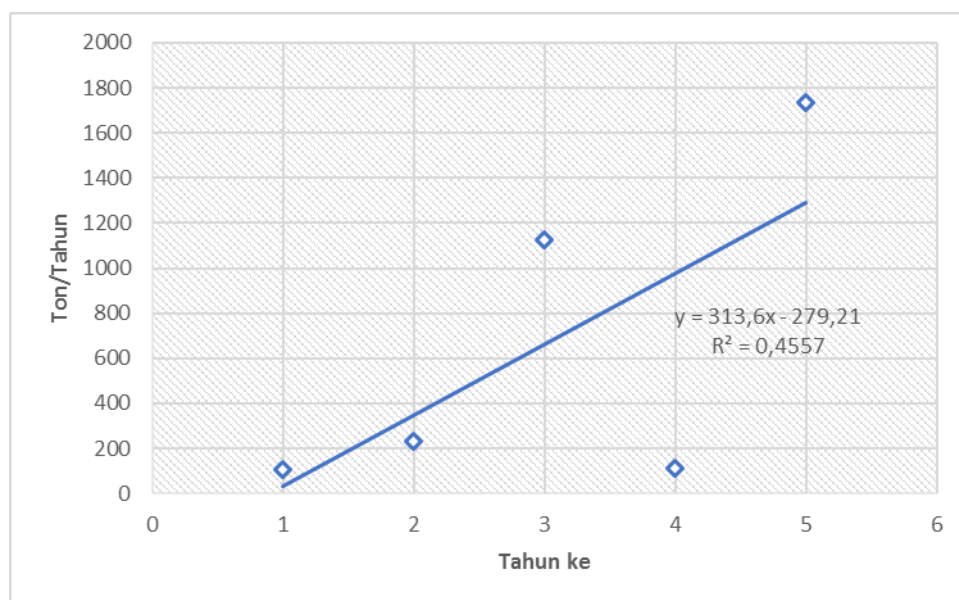
Tabel 1.3. Impor bioetanol di Indonesia

Tahun ke	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2012	106,438
2	2013	229,44
3	2014	1126,159
4	2015	113,453
5	2016	1732,411

Sumber: BPS. 2017

Dari data diatas dapat diketahui fungsi persamaan jumlah impor Periode ke n

melalui grafik, dibawah ini :



Gambar 1.3. fungsi persamaan jumlah impor

diperkirakan jumlah ekspor pada periode 12 tahun 2023 sebagai fungsi x pada persamaan yang terdapat dalam grafik tersebut sebesar, sebesar 1732,411 Ton/Tahun.

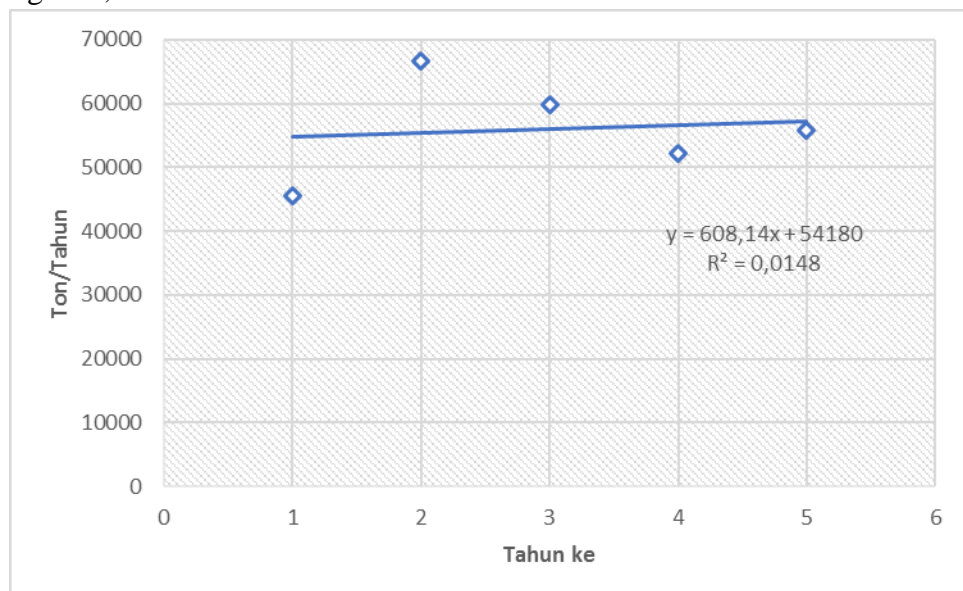
Berikut ini adalah data Ekspor bioetanol di Indonesia.

Tabel 1.4 Ekspor bioetanol di Indonesia

Periode ke	Tahun	Ekspor (ton/tahun)
1	2012	45575
2	2013	66659
3	2014	59726
4	2015	52232
5	2016	55829

Sumber: BPS, 2017

Dari data diatas dapat diketahui fungsi persamaan jumlah ekspor Periode ke n melalui grafik, dibawah ini :



Gambar 1.4. fungsi persamaan jumlah ekspor

diperkirakan jumlah ekspor pada periode 12 tahun 2023 sebagai fungsi x pada persamaan yang terdapat dalam grafik tersebut sebesar, sebesar 61477,68 Ton/Tahun.

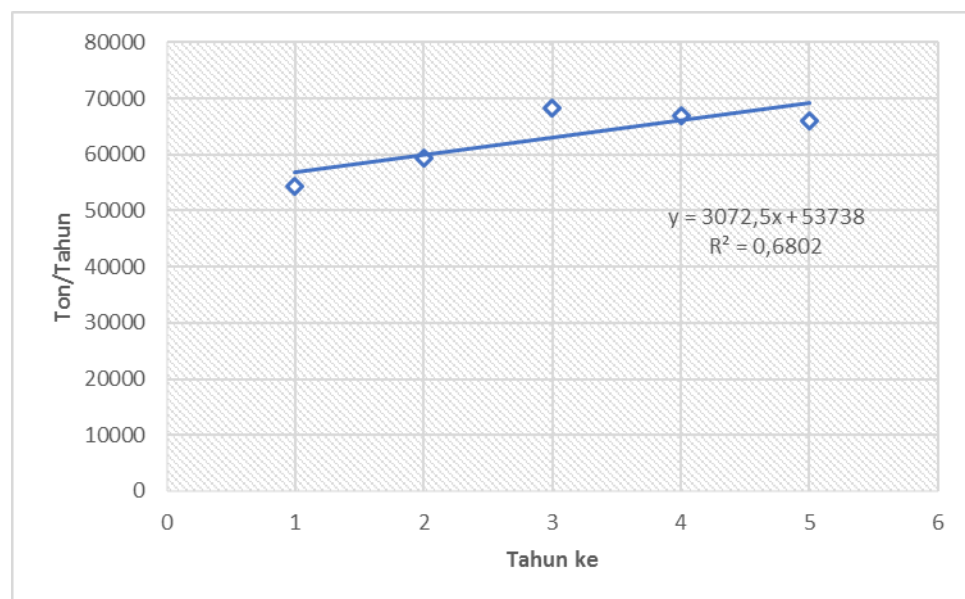
Berikut ini adalah kapasitas produksi bioetanol di Indonesia

Tabel 1.5 Kapasitas Produksi Pabrik Bioetanol di Indonesia

Tahun ke	Tahun	Produksi (ton/tahun)
1	2008	54381
2	2009	59331
3	2010	68218
4	2011	66871
5	2012	65974

Sumber : Sumber: <https://indexmundi.com>, 2017

Dari data diatas dapat diketahui fungsi persamaan jumlah Produksi tahun ke n melalui grafik, dibawah ini :

**Gambar 1.5.** fungsi persamaan jumlah Produksi

diperkirakan jumlah Produksi pada periode 16 tahun 2023 sebagai fungsi x pada persamaan yang terdapat dalam grafik tersebut sebesar, sebesar 102898 Ton/Tahun.

Dari data informasi diatas digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan bioetanol sebagai perhitungan lanjutan didalam menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kebutuhan} &= (\text{Konsumsi} - \text{Produksi}) + (\text{Ekspor} - \text{Import}) \\ &= (106680 - 102898) + (61477,68 - 1732,411) \text{ ton/tahun} \\ &= 63527 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diketahui jumlah kebutuhan bioetanol di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 42.887,5 ton/tahun. Dengan analisa potensi ketersediaan bahan baku molase di Indonesia dan persaingan industri bioetanol pada tahun 2023, maka kapasitas pabrik bioetanol yang akan didirikan diputuskan sebesar 15% dari kebutuhan bioetanol nasional, yakni 10.000 ton/tahun.

Pendirian pabrik etanol memiliki beberapa keuntungan diantaranya, mengurangi impor etanol, mengurangi jumlah pengangguran, menambah devisa Negara, dan menjadikan etanol sebagai alternatif pengganti bahan bakar bebas polusi.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1 Etanol

Etanol atau etil alkohol yang di pasaran lebih dikenal sebagai alkohol merupakan senyawa organik dengan rumus kimia C_2H_5OH . Dalam kondisi kamar, etanol berwujud cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar,

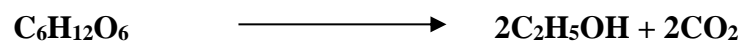
mudah larut dalam air dan tembus cahaya. Etanol adalah senyawa organik golongan alkohol primer. Sifat fisik dan kimia etanol bergantung pada gugus hidroksil. Reaksi yang dapat terjadi pada etanol antara lain dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi, dan esterifikasi (Rizani, 2000).

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)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 (BBN)

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 CO₂ yang dihasilkan rendah.

Campuran dari etanol yang mendekati kemurnian untuk pertama kali ditemukan oleh Kimiawan Muslim, Jabir ibn Hayyan (721-815) yang mengembangkan proses distilasi. Catatan yang dibuatnya menyebutkan bahwa uap dari wine yang mendidih memiliki sifat mudah terbakar. Al-Kindi (801-873) dengan tegas menjelaskan tentang proses distilasi wine. Sedangkan etanol absolut didapatkan pada tahun 1796 oleh Johann Tobias Lowitz, dengan menggunakan distilasi saringan arang.

Sejak abad ke – 17 manusia sudah memanfaatkan proses fermentasi alkohol untuk memperoleh etanol, tetapi belum bisa mendapatkan etanol dengan kemurnian yang cukup tinggi. Dengan ditemukannya mikroskop pada abad ke – 19 maka mekanisme proses fermentasi yang menggunakan mikroorganisme yang terdapat didalam ragi dapat dijelaskan secara ilmiah. Louis Pasteur (1822 – 1895) memperkenalkan teori yang menerangkan bahwa mikroorganisme tersebut dapat mengubah karbohidrat menjadi alkohol dengan reaksi :



1.2.2 Jenis Proses Pembuatan

Menurut Kirk dan Othmer, proses pembuatan etanol secara umum terbagi dalam dua jenis yaitu :

- 1) Proses fermentasi
- 2) Proses sintesa etilen

1.2.2.1 Proses Fermentasi

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. Monosakarida dapat diperoleh dari bahan-bahan yang dapat digunakan antara lain:

- a) Bahan-bahan yang mengandung gula (substansi sakarin) seperti gula tebu, molase, dan sari buah-buahan yang secara langsung difermentasikan menjadi etanol.

- b) Bahan-bahan yang mengandung pati misalnya sorgum, jagung, kentang, ubi kayu, padi-padian, akar tumbuhan, alga dan lain lain. Bahan jenis ini harus dihidrolisa terlebih dahulu dengan enzim atau katalis asam agar dapat menjadi gula yang dapat difermentasikan untuk menghasilkan etanol.
- c) Bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, tandan kosong kelapa sawit, ampas tebu, *waste sulfite liquor* pabrik pulp dan kertas, dan bahan yang mengandung selulosa lainnya. Bahan jenis ini juga harus dihidrolisa terlebih dahulu dengan asam mineral untuk memperoleh monosakarida barulah kemudian difermentasi.

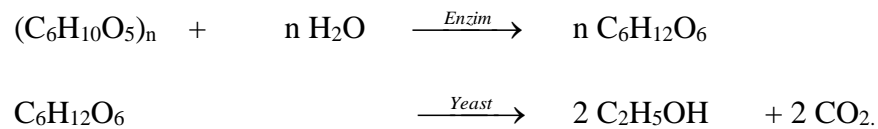
Produksi etanol dengan menggunakan fermentasi harus melalui beberapa tahap perlakuan bahan baku dan bahan pembantu terlebih dahulu. Perlakuan terhadap bahan baku tergantung dengan karakteristik bahan baku tersebut. Misalnya pada bahan baku pati-patian harus di hidrolisis terlebih dahulu menjadi gula. 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 :



Kata “fermentasi” berasal dari bahasa latin ”ferfere” yang artinya mendidihkan, deskripsi ini muncul karena aksi dari khamir pada ekstrak buah atau gandum yang direndam (Stanbury et al. 2003). 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. 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 flavor, aroma dan tekstur menyenangkan dan menarik bagi konsumen.

Pertumbuhan mikroorganismenya dapat dikendalikan dengan proses fermentasi, karena mikroorganismenya yang berguna secara selektif dapat tumbuh selama proses fermentasi. Hal itu dapat dicapai dengan menciptakan kondisi yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganismenya tersebut, dengan mengatur kondisi lingkungan seperti suhu, oksigen dan pH.

Produksi bioetanol sebelumnya menggunakan teknik sakarifikasi dan fermentasi terpisah atau Separated Hydrolysis and Fermentation (SHF). Namun teknik ini memiliki banyak kekurangan yaitu, rentan terkena kontaminasi, membutuhkan sterilisasi terpisah dan waktu proses yang lebih lama serta proses hidrolisis kurang efisien karena akumulasi gula dapat menghambat kerja enzim. Seiring dengan semakin berkembangnya produksi bioetanol salah satu solusi mengatasi kekurangan teknologi sebelumnya yaitu dengan menerapkan teknologi sakarifikasi dan fermentasi simultan atau Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF). Zhang et al. (2011) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kelebihan metode SSF yaitu, dapat meningkatkan kecepatan hidrolisis dan konversi gula, mengurangi kebutuhan enzim, meningkatkan rendemen produk, dapat mengurangi kebutuhan sterilisasi karena glukosa langsung dikonversi menjadi etanol, serta waktu proses lebih pendek.

Produksi bioetanol dari pati diawali dengan proses sakarifikasi menggunakan enzim amilase dan enzim amiloglukosidase untuk mengubah pati menjadi gula sederhana, kemudian fermentasi oleh khamir. Sakarifikasi dengan menggunakan enzim amilase dan enzim amiloglukosidase lebih efisien dibandingkan menggunakan asam karena ramah lingkungan, dapat dilakukan pada suhu ruang dan tekanan rendah, serta produk yang dihasilkan lebih spesifik. 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 0C. 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. Rosita (2008), *Aspergillus niger* spp. dapat menghasilkan enzim kasar amiloglukosidase sebesar 470,02 U/ml dan aktivitas enzim kasar amilase 385,14 U/ml sehingga kapang *A. niger* dapat dijadikan mikroba penghasil enzim penghidrolisis pati.

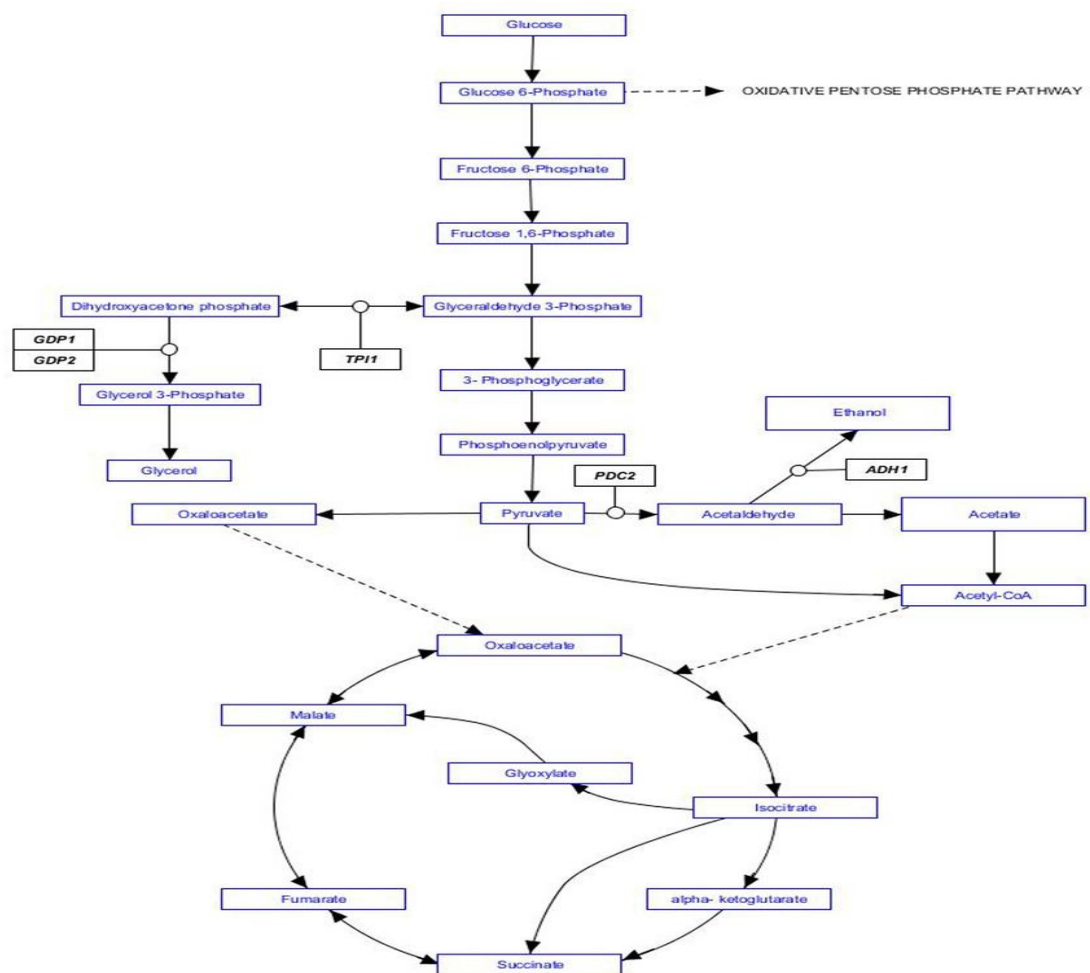
Mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi glukosa menjadi etanol adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Keunggulan *S. cerevisiae* yaitu tahan terhadap alkohol dari hasil fermentasi yang cukup tinggi (12-18% v/v) dan kadar gula yang tinggi serta tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu tinggi yaitu 30-38°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., *S. 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*.

Teknik sakarifikasi dan fermentasi simultan (SSF) terekayasa dalam fermentasi bertujuan untuk mendapatkan produksi etanol yang lebih tinggi sehingga dilakukan penghentian aerasi sebagai upaya pengalihan dari kondisi aerobik menjadi anaerobik. Penggunaan konsorsium mikroba yang terdiri dari *Aspergillus niger* sebagai agen sakarifikasi membentuk gula dari pati pada kondisi

aerobik, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* bersifat anaerobik fakultatif. *Saccharomyces cerevisiae* akan terus melakukan respirasi sehingga mengurangi kadar gula dan menurunkan produksi etanol. Bila terdapat udara pada proses fermentasi maka etanol yang dihasilkan lebih sedikit karena terjadi respirasi yang menyebabkan konversi gula menjadi sel, karbondioksida dan air.

Sinergisme antara *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan menerapkan teknik SSF terekayasa pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas bioetanol. Pada saat biomasa mencapai fase akhir eksponensial dan produksi gula mencapai jumlah tertinggi akibat enzim penghidrolisis pati yang diproduksi oleh *Aspergillus niger*, kemudian aerasi dihentikan. Penghentian aerasi merupakan upaya pengalihan dari kondisi aerobik menjadi anaerobik. Hal tersebut untuk memaksimalkan kerja konsorsium mikroba. *Aspergillus niger* sebagai agen sakarifikasi membentuk gula dari pati pada kondisi aerobik, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* akan lebih banyak memanfaatkan gula menjadi etanol pada kondisi anaerobik melalui jalur fermentasi. Kelebihan penelitian ini selain menambah potensi limbah ampas tahu sebagai media produksi bioetanol juga menerapkan teknik SSF terekayasa dengan menggunakan *Aspergillus niger* sebagai agen sakarifikasi dan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai agen fermentasi.

Berikut *pathway* bakteri *saccharomyces cerevisiae* pada pembentukan glukosa menjadi etanol



Gambar 1.6. *Pathway* bakteri *saccharomyces cerevisiae*

1.2.2.2 Proses Sintesa Etilen

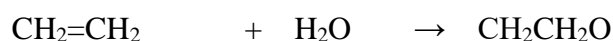
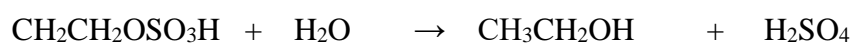
Pembuatan ethanol dengan cara ini menggunakan gas etilen yang terkandung di dalam gas alam sebagai bahan bakunya. Jenis – jenis proses yang ada yaitu :

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.



1.2.2 Biji Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) termasuk tanaman jenis sereal yang dari Afrika. Sorgum yang dibudidayakan di Indonesia mempunyai nama ilmiah *Sorghum bicolor* L. Moench (Alamsyah, 2007). Secara taksonomi sorgum merupakan tanaman yang termasuk ke dalam kerajaan Plantae, famili Poales, ordo Poaceae, divisi Magnoliophyta, kelas Liliopsida, genus *Sorghum*, species *Sorghum bicolor* L. (Farabi, 2011). Sorgum yang dibudidayakan di Indonesia mempunyai nama ilmiah *Sorghum bicolor* L. Moench (Alamsyah, 2007).

Kulit biji dan daging pada biji sorgum dilapisi oleh lapisan testa dan aleuron. Lapisan testa termasuk pada bagian kulit biji, dan lapisan aleuron termasuk pada bagian dari endosperm. Jaringan kulit biji terikat oleh daging biji, melalui lapisan tipis yang disebut lapisan semen. Komposisi bagian biji sorgum terdiri atas kulit luar 8%, lembaga 10% dan endosperm 82%.

Protein biji sorgum dapat dikelompokkan menjadi 4 fraksi, berdasarkan kelarutannya yaitu albumin (larut air), globulin (larut dalam larutan garam), prolamin (larut dalam alkohol), dan glutenin (larut dalam larutan alkali) (FAO 2010). Prolamin merupakan fraksi protein terbesar (27-43.1%), diikuti glutenin (26.1-39.6) kemudian globulin (12.9-16%) dan albumin (2-9%). Dijelaskan juga bahwa kandungan tertinggi fraksi albumin dan globulin adalah lisin dan triptofan, sedangkan prolamin mengandung prolin, glutamat, dan leusin. Lemak pada biji sorgum kaya akan asam lemak tidak jenuh. Komposisi asam lemak pada lemak

sorgum yaitu linoleat (49%), oleat (31%), palmitat (14%), linolenat (2.7%) dan stearat (2.1%) (FAO 2010).

1.2.3 Pengolahan Biji Sorgum Menjadi Etanol

1.2.3.1 Pembuatan Tepung Sorgum

Biji sorgum diolah menjadi tepung terlebih dahulu sebelum di fermentasikan untuk menghasilkan etanol. Tepung sorgum merupakan produk yang dihasilkan dari biji sorgum melalui proses penggilingan industri yang dapat menghilangkan sebagian besar kulit biji dan bagian lembaga (germ) sedangkan bagian endosperm dihaluskan sampai pada derajat kehalusan yang diinginkan (Codex 1989).

Tahapan pembuatan tepung sorgum meliputi penyosohan yang bertujuan untuk menghilangkan lapisan 8 perikarp dan testa dari bagian endosperm, pencucian untuk memisahkan kotoran yang terikut saat penyosohan, penirisan untuk memisahkan air pencucian dan biji sorgum, pengeringan untuk menurunkan kadar air biji sehingga memudahkan proses selanjutnya, penepungan untuk mengecilkan ukuran biji dan pengayakan untuk menyeragamkan ukuran butiran tepung (Dewi 2000).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap hasil sosohan yaitu varietas, jumlah bahan saat penyosohan, waktu penyosohan, dan kadar air biji saat penyosohan. Varietas sorgum memiliki bentuk dan ukuran biji yang berbeda-beda satu dengan lainnya. Jumlah bahan optimum biji sorgum saat penyosohan tergantung pada tipe mesin

penyosoh. Sementara, lamanya waktu penyosohan dipengaruhi oleh varietas sorgum

dan tipe mesin penyosoh. Waktu penyosohan berpengaruh terhadap banyaknya lapisan kulit luar biji yang terbang, warna biji sosoh, rendemen tersosoh, dan keutuhan biji. Kadar air biji saat penyosohan dipengaruhi oleh metode pengeringan biji setelah panen dan kondisi penyimpanan biji sebelum disosoh. Kadar air biji sorgum saat disosoh berpengaruh terhadap keliatan dan kekuatan dari sorgum sosoh yang dihasilkan. Semakin meningkat kadar air saat penyosohan maka akan menghasilkan sorgum sosoh yang liat dan tidak mudah patah, selain itu juga menyebabkan endosperm menjadi lunak dan lengket.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan ethanol dirancang berdasarkan variable utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu, dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

1. Produk (etanol)

Rumus Molekul	: C_2H_5OH
Berat Molekul	: 46,07 gr/mol
Wujud (25 °C)	: cair tidak berwarna
Densitas	: 0,789 gr/cm ³
C _p (25 °C)	: 0,69 kkal/gr °C
ΔH_f° (25 °C)	: -66,2 kkal/mol
ΔG_f° (25 °C)	: -41,63 kkal/mol
Titik Beku	: -117,3 °C
Titik Didih	: 78,3 °C
Titik Leleh	: 112 °C
P Kritis	: 63 atm
T Kritis	: 243,3 °C
Sifat Lain	: - Mudah menguap (<i>volatile</i>), dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan

Spesifikasi etanol yang dijual dipasaran :

- 1) Industrial etanol (96,5 vol %), digunakan sebagai bahan pelarut, bahan bakar dan juga untuk membuat berbagai macam produk.
- 2) Denatured spirit (88 vol %), digunakan sebagai bahan pemanas dan untuk penerangan.
- 3) Fine alcohol (96,0-96,5 vol %), digunakan oleh industri obat-obatan, kosmetik, dan minuman beralkohol.
- 4) Absolute or anhydrous ethanol (99,7-99,8 vol %), digunakan oleh industri obat-obatan, industri makanan, dan juga untuk membuat aerosol dan digunakan untuk menaikkan bilangan oktan pada bahan bakar.

2. Karbondioksida

Rumus molekul	: CO_2
Berat molekul	: 44 gr/mol
Wujud (25°C)	: gas tidak berwarna
SPGR (-78°C)	: 1,56
C_p (25°C)	: 0,251 kal/gr $^\circ \text{C}$
ΔH_f^0 (25°C)	: - 94,052 kkal/mol
ΔG_f^0 (25°C)	: -56,9 kkal/mol
Titik Didih	-78,3 $^\circ \text{C}$
Titik leleh	: -56,3 $^\circ \text{C}$
P Kritis	: 72,8 atm
T kritis	: 304,2 $^\circ \text{C}$.

2.2 Spesifikasi Bahan

1. Pati

Rumus molekul	: $(C_6H_{10}O_5)_n$
Berat molekul	: 162 gr/mol
Wujud (25 ⁰ C)	: amorf
Densitas	: 1500 gr/cm ³
C _p (25 ⁰ C)	: 0,234 kkal/gr °C
ΔH _f ⁰ (25 ⁰ C)	: - 229,24 kkal/mol

2. Selulosa

Rumus kimia	: $C_6H_{10}O_5$
Berat molekul	: 162,14 g/mol
Wujud	: Solid, amorphorus
Titik leleh	: 146 °C
Densitas	: 1,544 kg/m ³
Kapasitas panas	: 62,6658 Kal/mol.°C
Sifat lain	:

- Tidak mudah larut dalam air
- Tidak larut dalam pelarut organik
- Tidak larut dalam larutan alkali encer
- Larut dalam asam mineral pekat
- Terhidrolisis relatif lebih cepat pada temperatur tinggi.

3. Glukosa

Rumus molekul	: $C_6H_{12}O_6$
Berat molekul	: 180 gr/mol
Wujud (25 ⁰ C)	: kristal
Densitas	: 1,544 gr/cm ³
C _p (25 ⁰ C)	: 0,298 kal/gr ⁰ C
ΔH_f^0 (25 ⁰ C)	: -340,26 kkal
ΔG_f^0 (25 ⁰ C)	: -217,6 kkal

4. Air

Rumus molekul	: H_2O
Berat molekul	: 18 gr/mol
Wujud (25 ⁰ C)	: cair tidak berwarna
Densitas	: 1,000 gr/cm ³
SPGR	: 1,0
C _p (25 ⁰ C)	: 1 kal/gr ⁰ C
ΔH_f^0 (25 ⁰ C)	: - 68,317 kkal/mol
ΔG_f^0 (25 ⁰ C)	: -56,9 kkal/mol
Titik Didih	100 ⁰ C
Titik leleh	: 0 ⁰ C
P Kritis	: 218,307 atm
T kritis	: 374,3 ⁰ C
Viskositas	: 0,95 Cp
Konduktifitas Termal	: 0,3517 Btu/hr.ft ⁰ C.

5. *Aspergillus Niger*

Bentuk : Padat (Powder)

pH Optimum : 6,5

Suhu Optimum : 30-35⁰C

6. Ragi

Bentuk : Cair

Nama Dagang : Khamir (*Yeast*)

Suhu Optimum : 32⁰C

pH Optimum : 4 – 5

Sumber : *Saccharomyces cerevisiae*

7. Asam Fospat

Rumus kimia : H₃PO₄

Berat molekul : 98 g/mol

Wujud (25⁰C) : liquid

Titik didih : 158 °C

Titik leleh : 42,35 °C

Spesific gravity : 1,685

Tekanan uap : 3,95 x 10⁻⁴ atm

Vapor density : 3,4

Density : 1,88 g/cm³

2.3 Pengendalian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu daya tarik konsumen terhadap suatu produksi. Oleh sebab itu mempertahankan mutu barang merupakan salah satu hal yang terpenting yang memerlukan perhatian khusus dari perusahaan. Untuk mempertahankan dan menjaga mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan:

1. Menjaga kualitas produk dari segi:
 - a) Kadar lemak setelah penggilingan dibawah 1%.
 - b) Performance fisik yang meliputi : warna kulit biji, tebal kulit biji, ukuran biji, packing, dan lain-lain.
 - c) Menjaga kebersihan produk baik saat proses maupun pasca proses.
2. Melakukan pengendalian mutu sesuai standar ISO 9001 maupun ISO 14001 baik pada prosesnya maupun dampak lingkungan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara :
 - a) Uji laboratorium produk setiap hari (intern pabrik).
 - b) Uji produk secara berkala sesuai peraturan standar mutu yang berlaku.
3. Memastikan semua peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga dapat diperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan menggunakan yaitu berupa controller.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku metanol dan bahan-bahan lain seperti katalis dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di dalam pabrik.

2.3.2 Pengendalian Proses Produksi

Alat ukur dan instrumentasi merupakan bagian penting dalam mengendalikan proses produksi. Dengan adanya sistem tersebut maka bagian-bagian penting dari pabrik yang memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik. Instrumentasi memiliki 3 fungsi utama, yaitu sebagai alat pengukur, alat analisa, dan alat kendali. Selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi, instrumentasi juga berfungsi untuk mengatur variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk memperingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Instrumen harus ada dan harus berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan kebutuhan dimana instrumen tersebut ditempatkan. Instrumen merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan mutu dari suatu hasil produksi. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

2.3.2.1 Aliran Sistem Kontrol

1. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator*.
2. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
3. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.2.2 Alat Sistem Kontrol

1. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *thermocouple* untuk sensor suhu.
2. *Controller* meliputi *Level Control* (LC), *Temperature Control* (TC), *Pressure Control* (PC), *Flow Control* (FC).

- a. *Level Control* (LC)

Level Control berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi batas maksimum yang diizinkan. Secara umum LC digunakan dalam suatu alat yang berupa kolom atau *vessel*. LC dihubungkan dengan *control valve* pada aliran keluar kolom atau *vessel*.

b. *Temperature Control* (TC)

Temperature Control berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan suhu operasi suatu alat berdasarkan suhu operasi yang ditetapkan.

c. *Pressure Control* (PC)

Pressure Control berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan tekanan operasi berdasarkan tekanan operasi suatu alat yang ditetapkan. PC sangat dibutuhkan pada sistem yang menggunakan aliran *steam* atau gas. PC dihubungkan dengan *control valve* pada aliran keluaran *steam* atau gas.

d. *Flow Control* (FC)

Flow Control berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan debit aliran dari suatu bahan yang akan masuk ke suatu proses atau alat.

3. *Actuator* digunakan untuk memanipulasi agar variabel *actuator* sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* atau *manual hand valve*.

Alat-alat proses pada pabrik DME ini dipasang sistem kontrol untuk mengendalikan kondisi operasi agar sesuai dengan yang ditetapkan. Sistem kontrol yang digunakan dalam alat-alat proses pabrik DME ini dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Kualitas dari produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh proses-proses sebelumnya. Untuk memperoleh mutu produk standard, maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian yang baik terhadap proses yang ada sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan di pasaran.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa biji sorgum sebanyak 21252,762 kg/jam dimasukkan kedalam Hammer Mill H-01) untuk memperkecil ukuran biji sorgum sampai dengan ukuran kurang dari 1 mm. Hal ini bertujuan untuk memperluas permukaan penyerapan dari bahan. . Lalu tepung biji sorgum dimasukkan kedalam Mixing Tank (MT-01). Air dari tangki penyimpanan (T-01) diumpankan ke dalam heater (HE -01) sampai suhu 60 °C, yang selanjutnya bersama dengan Asam Posfat dari tangka penyimpanan (T-02) diumpankan ke dalam mixing Tank (MT-01). Hal ini bertujuan guna mengatur kadar keasaman larutan pada slurry tepung sorgum, dan mencampurkan atau menghomogenkan tepung sorgum dan air panas. Lalu slurry tepung sorgum tersebut dimasukkan kedalam Jet Cooker (JC-01) guna merubah slurry tepung sorgum menjadi *mash* (bubur) sorgum dengan bantuan heater (H-02) sampai suhu 111 °C. Kemudian mash di dinginkan dengan Cooler (CO-01) sampai suhu menjadi 30 °C dan diumpankan ke dalam tangka penyimpana (T-03).

2. Pembentukan Produk

Mash sorgum selanjutnya di masukan kedalam reactor Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SFS-01) pada kondisi operasi 30 °C dan pH 5 disertai dengan penambahan Jamur *Aspergillus niger* yang berasal dari Screw Conveyer (SC-01) dan *Sacharomises Cerevisae* dari Screw Conveyer (SC-02). Selama 48 jam di dalam reaktor SFS masukan oksigen yang berasal dari kompresor di sertai dengan pengadukan . Hal itu dilakukan untuk memaksimalkan proses hidrolisis yaitu perubahan mesh sorgum menjadi glukosa. Reaksi yang terjadi selam proses hidrolisis sebagai berikut :



Setelah 48 jam, pengadukan dan pemberian oksigen di hentikan agar proses fermentasi yaoyu mengubah glukosa menjadi etanol dengan bantuan ragi *Sacharomises Cerevisae* dapat berlangsung optimal. Selama Fermentasi suhu dijaga 30 °C. Reaksi Fermentasi sebagai berikut :

(*sacharomises cerevisae*)



Proses Fermentasi berlangsung sampai jam ke 72, sehingga keseluruhan proses di reactor SFS adalah tiga hari.

3. Pemurnian Produk

Etanol yang terbentuk hasil dari fermentasi kemudian dipisahkan dari impurities dan inert dengan menggunakan Filter Press (FP-01) dan Centrifuge (CF-01). Bioetanol dan air yang tertinggal kemudian diproses Kolom Destilasi (KD-01) pada kondisi operasi 111 °C dengan bantuan Heater (H-02) dan tekanan 1,6 atm. Bioetanol diambil dari top (KD-01) pada suhu 82 °C dan 1 atm. Kemudian panasnya dimanfaatkan pada *reboiler* (RB-101) sebagai media pemanas untuk menguapkan cairan hasil bawah (MD-101) Selanjutnya gas campuran dikondensasi di kondensor (CD-101) sebelum masuk ke menara distilasi DME (MD-101) hingga suhunya menjadi 30°C.

Campuran produk yang telah dicairkan diumpankan ke (MD-101) DME untuk memisahkan etanol sebagai produk utama dari air. Hasil atas menara distilasi (MD-101) ini berupa etanol dengan kemurnian 95% kemudian disimpan di tangki penyimpanan DME (T-05) pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.

3.2 Spesifikasi Alat

1. ACCUMULATOR-01 (ACC-01)

Tabel 3.1 Spesifikasi Accumulator

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Accumulator	
Alat Kode	ACC-01	
Jumlah	1 buah	
Fungsi	Tempat menampung kondensat yang berasal dari MD-01	
DATA DESIGN		
Tipe	Silinder horizontal	
Temperature design	81,62	°C
Tekanan design	1	atm
Kapasitas Volume	0,3233	m ³
DATA MEKANIK		
Panjang	2,194	m
Diameter	0,508	m

Tebal	0,00635	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

2. BIN STORAGE-01 (BS-01)

Tabel 3.2 Spesifikasi Bin Storage

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Bin Storage	
Kode Alat	BS-01	
Jumlah	1 buah	
Fungsi	Untuk menampung bahan baku biji sorgum	
DATA DESIGN		
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1	atm
Kapasitas	1300,5863	m ³

DATA MEKANIK		
Diameter vessel	11,2402	m
Tinggi vessel	16,860	m
Tebal dinding vessel	0,0762	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

3. BIN STORAGE-02 (BS-02)

Tabel 3.3 Spesifikasi Bin Storage

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Bin Storage	
Kode Alat	BS-02	
Jumlah	1 buah	
Fungsi	Untuk menampung yeast	
DATA DESIGN		
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut	
Temperature design	30	°C

Tekanan design	1	atm
Kapasitas	69,279	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	3,133	m
Tinggi vessel	7,127	m
Tebal dinding vessel	0,025	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

4. BIN STORAGE-03 (BS-03)

Tabel 3.4 Spesifikasi Bin Storage

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	Bin Storage
Kode Alat	BS-03
Jumlah	1 buah
Fungsi	Untuk menampung <i>Aspergillus Niger</i>

DATA DESIGN		
Tipe	Silinder vertical dengan alas kerucut	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1	atm
Kapasitas	90,697	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	3,320	m
Tinggi vessel	7,556	m
Tebal dinding vessel	0,025	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

5. TANGKI (T-01)

Tabel 3.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Tangki penyimpanan air	
Kode Alat	T-01	
Jumlah	2 buah	
Fungsi	Untuk menyimpan Air	
DATA DESIGN		
Tipe	torispherical head and flat bottom	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,5	atm
Kapasitas	110,5843	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	5,2032	m
Tinggi vessel	5,2032	m
Tebal dinding vessel	0,019	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

6. TANGKI (T-02)

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Tangki penyimpanan H ₃ PO ₄	
Kode Alat	T-02	
Jumlah	1buah	
Fungsi	Untuk menyimpan H ₃ PO	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki silinder horizontal	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,34	atm
Kapasitas	0,0040	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	0,3302	M
Tinggi vessel	0,2930	M

Tebal dinding vessel	0,0048	M
Bahan konstruksi	Carbon steel	

7. TANGKI (T-03)

Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Tangki penyimpanan hasil dari JC-01	
Kode Alat	T-03	
Jumlah	1buah	
Fungsi	Untuk menyimpan hasil dari JC-01	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki torispherical head and flat bottom	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	0,6	atm
Kapasitas	1003,428	m ³
DATA MEKANIK		

Diameter vessel	11,2031	M
Tinggi vessel	4,2011	M
Tebal dinding vessel	0,0822	M
Bahan konstruksi	Carbon steel	

8. TANGKI (T-04)

Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Tangki penyimpanan hasil fermentasi sebelum masuk MD-01	
Kode Alat	T-04	
Jumlah	1buah	
Fungsi	Untuk menyimpan hasil fermentasi sebelum masuk MD-01	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki torispherical head and flat bottom	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	0,5	atm

Kapasitas	615,457	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	9,2210	M
Tinggi vessel	4,6105	M
Tebal dinding vessel	0,05715	M
Bahan konstruksi	Carbon steel	

9. MIXING TANGKI-01 (MT-01)

Tabel 3.9 Spesifikasi Mixing Tank

IDENTIFIKASI	
Nama alat	Mixing Tank
Kode alat	MT-01
Jumlah	1 buah
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Untuk menghomogenkan slurry biji sorgum dengan air panas dan H ₃ PO ₄
DATA DESAIN	

Tipe	Tangki torispherical head and flat bottom dengan berpengaduk
Kapasitas	9,2160
Tutup atas	Torispherical
Tutup bawah	flat
Temperatur	30 °C
Pengaduk	Tipe flat blade turbin impeller
Tinggi	2,2728 m
Tekanan	1 atm
Putaran	
Power	1,468 rps
Bahan konstruksi	10 HP Carbon Steel

10. Centrifuge-01 (CF-01)

Tabel 3.10 Spesifikasi Centrifuge

IDENTIFIKASI	
Nama alat	Centrifuge
Kode alat	CF-01
Jumlah	1 Buah
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Mengambil sisa etanol yang masih terdapat dalam cake (stillage) keluaran FP-01
DATA DESAIN	
Tipe	Nozzle Discharge
Tekanan	1 atm
Temperatur	30 °C
Kapasitas	55,03969 gpm
Diameter bowl	0,29972 m
Power	150HP

11. FILTER PRESS-01 (FP-01)**Tabel 3.11** Spesifikasi Filter Press

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Filter Press	
Kode Alat	FP – 01	
Jumlah	1 buah	
Fungsi	Untuk memisahkan stillage dari larutan bioetanol – air sebelum diumpankan ke kolom destilasi (KD-01)	
DATA DESIGN		
Tipe	Plate and Frame	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1	atm
Kapasitas	8.198,937	kg/jam
DATA MEKANIK		
Area filtrasi	17,735	ft ²
Jumlah Plate & frame	6	buah
Waktu filtrasi	30	menit

12. Jet Cooker (JC-01)

Tabel 3.12 Spesifikasi Jet Cooker

IDENTIFIKASI	
Nama alat	Jet Cooker
Kode alat	JC-01
Jumlah	1 buah
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Tempat mengubah slurry biji sorgum menjadi mash dengan pemanasan
DATA DESAIN	
Tipe	Silinder vertical dengan tutup torispherical pada bagian atas
Kapasitas	6,6952 m ³
Tutup atas	Silinder tegak dengan head atas torispherical, berpengaduk
Temperatur	111 °C
Diameter	2,0431 m
Tinggi	

Tebal	2,0431m
Tekanan	0,4375 m
Bahan konstruksi	1 atm Carbon Steel

13. HAMMER MILL – 01 (HM – 01)

Tabel 3.13 Spesifikasi Hammer Mill

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	Hammer Mill
Alat Kode	HM-01
Jumlah	1 buah
Fungsi	Menghancurkan biji sorgum menjadi Chip dengan ukuran yang seragam
DATA DESIGN	
Tipe	Hammer Crusher
Temperature design	30 °C
Tekanan design	1 atm

Kapasitas	16.797,91 kg/jam
DATA MEKANIK	
Model	RA-3
Dimensi Rotor	12 or 18 in
Kecepatan maksimum	6500 rpm
Power	10 – 75 Hp
Bahan konstruksi	Carbon steel

14. SCREEN (SCR-01)**Tabel 3.14** Spesifikasi Screen

IDENTIFIKASI	
Nama	Screen
Kode Alat	SCR-01
Jumlah	1
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Menyaring tepung sorgum dengan ukuran kurang dari 1 mm
DATA DESAIN	
Laju Alir	16.797,91 kg/jam
Ukuran Keluaran	0,6 mm
Jenis	Vibrating screen inclined Leahy, Hum-mer
Nominal Wire Diameter	0,044 mm
Model	No.230
Sieve Opening	0,063 mm

15 SCREW CONVEYOR (SC-01)

Tabel 3.15 Spesifikasi Screen Conveyer

IDENTIFIKASI	
Nama	Screw Conveyor
Kode Alat	SC-01
Jumlah	1
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Memasukan Tepung Sorgum ke dalam Mixing Tank (MT-01)
DATA DESAIN	
Laju Alir	13.998 kg/jam
Kapasitas	6,68261ft ³ /min
Diameter Flight	10 in
Putaran	55 rpm
Diameter Pipa	2,5 in
Panjang	30 ft

Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Power	2 Hp

16. SCREW CONVEYOR (SC-02)

Tabel 3.16 Spesifikasi Screen Conveyor

IDENTIFIKASI	
Nama	Screw Conveyor
Kode Alat	SC-02
Jumlah	1
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Memasukan aspergillus tepung sorgum reactor SFS (SFS -01)
DATA DESAIN	
Laju Alir	1.374,20 kg/jam
Kapasitas	0,741421 ft ³ /min

Diameter Flight	9 in
Putaran	40 rpm
Diameter Pipa	2,5 in
Panjang	30 ft
Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Power	0,16

17. SCREW CONVEYOR (SC-03)

Tabel 3.17 Spesifikasi Screen Conveyor

IDENTIFIKASI	
Nama	Screw Conveyor
Kode Alat	SC-03
Jumlah	1
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Memasukan Ragi <i>S. Cerevisiae</i> kedalam reactor SFS
DATA DESAIN	

Laju Alir	1.374 kg/jam
Kapasitas	0,622964 ft ³ /min
Diameter Flight	9 in
Putaran	40 rpm
Diameter Pipa	2,5 in
Panjang	30 ft
Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Power	0,16

18. Heater (HE-01)

Tabel 3.18 Spesifikasi Heater (HE-01)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Heater
Kode alat	: HE-01
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menaikkan temperatur air dari utilitas menuju Mixing Tank (MT-01) dari suhu 30 60 °C ke suhu 60 °C
DATA DESAIN	

Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Kapasitas	: 2,301463674 kg/jam
Luas transfer panas	: 3,300 ft ²
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
OD	: 0,060452 m
ID	: 0,0525018 m
Panjang	: 2,380 m
ΔP_a	: 3,873 psi

Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater (HE-01) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/air</i>
NPS	: 1,25 in
Schedule number	: 40
OD	: 0,042 m

ID	: 0,035 m
Panjang	: 2,380 m
Uc	: 70,221 btu/jamft ² F
Ud	: 7,831 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	: 0,1135
Rd _{required}	: 0,002
ΔP_p	: 0,26009 psi

19. Heater (HE-02)

Tabel 3.19 Spesifikasi Heater (HE-02)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Heater
Kode alat	: HE-02
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menaikkan temperatur bahan baku menuju JT-01 dari suhu 30°C menjadi 111 ° C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Kapasitas	: 8289,0638kg/jam
Luas transfer panas	: 5,795 ft ²

Bahan konstruksi	Carbon Steel
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
OD	: 2,380 in
ID	: 2,067 in
Panjang	: 12 in
ΔP_a	: 0,000343 psi

Tabel 3.19 Spesifikasi Heater (HE-02) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/umpan</i>
NPS	: 1,25 in
Schedule number	: 40
OD	: 1,660 in
ID	: 1,380 in

Panjang	: 12 ft
Uc	: 122,391btu/jamft ² F
Ud	: 25,082 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	: 0,0317
Rd _{required}	: 0,003
ΔP_p	: 1,45185psi

20. Cooler (CO-01)

Tabel 3.20 Spesifikasi Cooler (CO-01)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: CO -01
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: menurunkan temperatur bahan baku sebelum masuk reactor (SFS -01) dari suhu 111°C menjadi 30 ° C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>

Kapasitas	: 20863,7038 kg/jam
Luas transfer panas	: 32,9934 ft ²
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Annulus	
Aliran fluida	: Cold <i>fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
OD	: 2,380 in
ID	: 2,067 in
Panjang	: 12 in
ΔP_a	: 0,079 psi

Tabel 3.20 Spesifikasi Cooler (CO-01) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>hot fluid/umpan</i>
NPS	: 1,25 in
Schedule number	: 40
OD	: 1,660 in

ID	: 1,380 in
Panjang	: 12 ft
Uc	: 727,33 btu/jamft ² F
Ud	: 187,163 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	: 0,004
Rd _{required}	: 0,003
ΔP_p	: 1,45185psi

21. Cooler (CO-02)

Tabel 3.21 Spesifikasi Cooler (CO-02)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: CO -02
Jumlah	: 1 buah

Fungsi	: menurunkan suhu dari Accumulator dari suhu 81,6 °C menjadi 30 ° C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Kapasitas	: 1262,6263 kg/jam
Luas transfer panas	: 0,007ft ²
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Annulus	
Aliran fluida	: Cold <i>fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
OD	: 2,380 in
ID	: 2,067 in
Panjang	: 12 in
ΔP_a	: 0,0000111 psi

Tabel 3.21 Spesifikasi Heater (CO-02) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>hot fluid</i> /umpan

NPS	: 1,25 in
Schedule number	: 40
OD	: 1,660 in
ID	: 1,380 in
Panjang	: 12 ft
Uc	: 25,214 btu/jamft ² F
Ud	: 0,186 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	:5,32
Rd _{required}	: 0,003
ΔP_p	: 0,00029 psi

22. Reaktor (R-101)

Tabel 3.22 Spesifikasi Reaktor (R-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Reaktor
Kode alat	: R-101

Jumlah	: 2 buah
Fungsi	: Proses Hidrolisis dan fermentasi
DATA DESAIN	

Tabel 3.22 Spesifikasi Reaktor (R-101) (Lanjutan)

Jenis	: <i>batch Reactor</i>
Fase	: cair
Tinggi reactor	: 2,7432 m
Volume reactor	: 21438,0568 m ³
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 grade 11 tipe 316</i>
Suhu umpan masuk	: 30 °C
Suhu umpan keluar	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Pengaduk	
Jenis	: turbine with 6 flat blade
Lebar Blade	: 0,2217 m

Lebar Baffle	: 0,4523 m
Tenga pengadukan	: 3 Hp
Head	
Tebal	: 0,0413 m
Tinggi	: 3,3494 m
Jaket Pendingin	
Diameter Jacket	: 2,7456 m
Tebal Jacket	: 0,0012 m

24 Pompa

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa

IDENTIFIKASI			
Kode alat	P-01	P-02	P-03
Nama alat	Pompa	Pompa	Pompa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Fungsi	Mengalirkan air dari utilitas ke HE-01	Mengalirkan keluaran MT-01 ke JC-01	Mengalirkan keluaran JC-01 ke CO-01
DATA DESAIN			
Jenis alat	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	0,00377 m ³ /jam	0,03836144 m ³ /jam	0,03380085 m ³ /jam
N	3.500 rpm	3.500 rpm	3.500 rpm
N _s	109,6422 rpm	258,8533 rpm	175,1437 rpm
Total Head	2,0088 m	3 m	4,6418 m
Efisiensi pompa	0,140693 kW	0,8788 kW	1,0426 kW

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

IDENTIFIKASI			
Kode alat	P-04	P-05	P-06
Nama alat	Pompa	Pompa	Pompa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Fungsi	Mengalirkan H ₃ PO ₄ dari tangki H ₃ PO ₄ ke MT-01	Mengalirkan keluaran H ₃ PO ₄ dari tangki H ₃ PO ₄ ke SFS-01	Mengalirkan keluaran dari T-03 ke SFS -01
DATA DESAIN			
Jenis alat	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	1,59E-08 m ³ /jam	6,08958E-09 m ³ /jam	0,016723858 m ³ /jam
N	3.500 rpm	3.500 rpm	3.500 rpm
N _s	0,1670 rpm	0,0546 rpm	185,0527 rpm
Total Head	3 m	7 m	2,6983 m
Efisiensi pompa	6,67731E-07kW	1,0695E-06 kW	0,920138008 kW

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

IDENTIFIKASI			
Kode alat	P-07	P-08	P-9
Nama alat	Pompa	Pompa	Pompa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Fungsi	Mengalirkan keluaran SFS-01 ke T-04	Mengalirkan keluaran T-05 ke CF-01	Mengalirkan keluaran dari CF-01 ke MP-01
DATA DESAIN			
Jenis alat	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	50,1715 m ³ /jam	0,02864508 m ³ /jam	0,000934706 m ³ /jam
N	3.500 rpm	3.500 rpm	3.500 rpm
N _s	220,7124 rpm	220,7124 rpm	32,5599 rpm
Total Head	3,0539 m	3,0539 m	4,0007 m
Efisiensi pompa	1,353829 kW	0,879 kW	0,051816891kW

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

IDENTIFIKASI			
Kode alat	P-10	P-11	P-12
Nama alat	Pompa	Pompa	Pompa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Fungsi	Mengalirkan keluaran FP-01 ke MP-01	Mengalirkan keluaran MP-01 ke HE-02	Mengalirkan keluaran ACC- 01 ke CO-02
DATA DESAIN			
Jenis alat	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	0,0099334m ³ /jam	0,010688426 m ³ /jam	0,002989466 m ³ /jam
N	3.500 rpm	3.500 rpm	3.500 rpm
N _s	77,5655 rpm	91,7445 rpm	72,1328 rpm
Total Head	6,0781 m	5,1023 m	3,0071 m
Efisiensi pompa	0,8145075 kW	0,67267654 kW	0,123782136 kW

25. Menara Destilasi -01 (MD-01)

Tabel 3.24 Spesifikasi Menara Destilasi

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Kolom Destilasi	
Alat Kode	MD-01	
Jenis	Sieve Tray Column	
Jumlah	1 buah	
Operasi	Kontinyu	
Fungsi	Tempat memurnikan kandungan etanol pada campuran etanol-air dengan memisahkan air dari aliran etanol-air	
DATA DESIGN		
	Top	Bottom
Tekanan	1 Atm	1,2 atm
Temperatur	80,2312 °C	105,3167 0 °C
KOLOM		
	Top	Bottom
Diameter	0,774 m	1,313 m
Tray spacing	0,6090 m	0,6090 m
Jumlah tray	4 Buah	19 Buah
Tebal	0,03 m	0,03 m

Material	Carbon steel	
PLATE		
	Top	Bottom
Downcomer area	0,070 m ²	0,203 m ²
Active area	0,329 m ²	0,948 m ²
Hole Diameter	5 mm	5 mm
Hole area	0,02 m ²	0,0284 m ²
Tinggi weir	50 mm	50 mm
Panjang weir	0,627 m	1,064 m
Tebal plate	3 mm	3 Mm
Pressure drop per tray	160,976 mm liquid	141,032 mm liquid
Tipe aliran cairan	Single pass	Single pass
Desain % flooding	85 %	85 %
Jumlah hole	10 Buah	14 Buah

26. Mixing Point (MP-01)

Tabel 3.25 Spesifikasi Mixing Point

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	Mixing Point
Kode Alat	T-03

Jumlah	1buah	
Fungsi	Untuk menyimpan hasil CF-0 1 dan FP - 01	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki torispherical head and flat bottom	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,4	atm
Kapasitas	670,194	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	9,4866	m
Tinggi vessel	9,4866	m
Tebal dinding vessel	0,0822	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

27. **Condensor (CD-01)****Tabel 3.26** Spesifikasi Condensor

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Condensor
Kode alat	: CD -01
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengkondensasikan uap produk keluaran MD-01
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Kapasitas	: 2039,727 kg/jam
Luas transfer panas	: 0,19 ft ²
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Annulus	
Aliran fluida	: Cold <i>fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2,5 in
Schedule number	: 40
OD	: 2,880 in

ID	: 2,469 in
Panjang	: 12 in
ΔP_a	: 0,000111 psi

Tabel 3.26 Spesifikasi Condensotr (CD-01) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>hot fluid</i> /umpan
NPS	: 1,5 in
Schedule number	: 40
OD	: 1,90 in
ID	: 1,610 in
Panjang	: 12 ft
Uc	: 1,5954 btu/jamft ² F
Ud	: 1,59 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	: 0,0031
Rd _{required}	: 0,002
ΔP_p	: 0,052 psi

28. Reboiler (RB-01)**Tabel 3.27** Spesifikasi Reboiler (RB-01)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Reboiler
Kode alat	: RB -01
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menguapkan kembali produk bottom produk pada Menara Destilasi (MD-01)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Kapasitas	: 24423,0802 kg/jam
Luas transfer panas	: 126,4042 ft ²
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Annulus	
Aliran fluida	: Cold <i>fluid/air</i>
Jumlah Hairpin	: 1 buah
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
OD	: 2,380 in
ID	: 2,067 in

Panjang	: 12 in
ΔP_a	: 0,000111 psi

Tabel 3. 27 Spesifikasi Reboiler (RB-01) (Lanjutan)

Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>hot fluid</i> /umpan
NPS	: 1,5 in
Schedule number	: 40
OD	: 1,660 in
ID	: 1,1380 in
Panjang	: 12 ft
Uc	: 196,3647 btu/jamft ² F
Ud	: 140,99 btu/jamft ² F
Rd _{calculated}	: 0,0032
Rd _{required}	: 0,002
ΔP_p	: 1,6207 psi

29. TANGKI (T-06)

Tabel 3.28 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Tangki penyimpanan Bioetanol	
Kode Alat	T-05	
Jumlah	1buah	
Fungsi	Untuk menyimpan Bioetanol	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki torispherical head and flat bottom	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,3	atm
Kapasitas	56,302	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	4,1548	m
Tinggi vessel	4,1548	m
Tebal dinding vessel	0,015085865	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

30. Blower

Tabel 3.29 Spesifikasi Blower

DATA DESIGN		
Tipe	Centrifugal	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,1	atm
Fungsi	Mengalirkan Oksigen ke Reaktor SFS	
Kapasitas	2607,96	Kg/jam
DATA MEKANIK		
Head	3,29	m
Efisiensi Motor	0,083	HP

31. Belt Conveyer

Tabel 3.30 Spesifikasi Belt Conveyer

IDENTIFIKASI	
Nama	Belt Conveyer
Kode Alat	BC-01

Jumlah	1
Operasi	Kontinyu
Fungsi	Mengalirkan Biji Sorgum dari Bin Storage (BS-01) ke Hammer Mill (HM-01)
DATA DESAIN	
Kapasitas	1.014,2354 ft ³ /min
Lebar Belt	14 in
Panjang	4,2640 ft
Power	0,083 Hp

32. TANGKI (T-05)

Tabel 3.30 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	Tangki penyimpanan oksigen
Kode Alat	T-03

Jumlah	1 buah	
Fungsi	Untuk menyimpan hasil dari gas Oksigen	
DATA DESIGN		
Tipe	Tangki Spherical	
Temperature design	30	°C
Tekanan design	1,2	atm
Kapasitas	270,5247	m ³
DATA MEKANIK		
Diameter vessel	8,03	m
Tinggi vessel	8,03	m
Tebal dinding vessel	0,25	m
Bahan konstruksi	Carbon steel	

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku biji sorgum diperoleh dari pabrik perkebunan sorgum yang berada di Jawa Tengah sebanyak 17.350 Ton/Ha dengan total Perkebunan 50 ha (*Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Daerah TK I Jawa Tengah*)

Tabel 3.31 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
Biji Sorgum	4.463,0801	17.350

Dari table 3.29 di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku metanol dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses, umur ekonomis peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan berbagai pertimbangan baik, matang, dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa yang akan datang merupakan faktor – faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang harus diperhatikan diantaranya adalah pengadaan bahan baku, utilitas, dan faktor penunjang lain–lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas maka direncanakan pendirian pabrik pembuatan bioetanol ini berlokasi di Kab. Kalisari, Demak, Jawa Tengah.

4.1.1 Persediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik harus cukup dekat dengan sumber bahan baku, sehingga proses operasi dapat berlangsung dengan lancar karena selalu tersedianya bahan baku. Bahan baku pembuatan bioetanol adalah biji sorgum yang didapat dari perkebunan sorgum yang berada di Jawa Tengah sebanyak 17.350 Ton/Ha (*Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Daerah TK I Jawa Tengah dalam Beti et al. (1990)*). Sedangkan air diperoleh dari utilitas dengan memanfaatkan sumber air dari Sungai Kali Tuntang yang terletak relatif dekat dengan area pabrik.

4.1.2 Pemasaran Produk

Besarnya permintaan pasar terhadap produk yang dihasilkan pada suatu wilayah dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik. Distribusi produk akan berjalan lebih mudah dan efisien apabila pabrik berada dekat dengan wilayah pemasaran.

Bioetanol dipasarkan ke wilayah industri kimia yang menggunakan bahan baku Bioetanol, di Indonesia sendiri pemasaran Bioetanol telah dilakukan oleh Pertamina. Bioetanol dapat dipasarkan oleh Pertamina untuk kebutuhan di pulau Jawa atau distributor cabang di daerah sekitar pulau Jawa tersebut.

Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus dipilih yang paling mudah, tidak memerlukan waktu yang lama, serta aman dalam proses pengangkutan.

Lokasi pabrik Bioetanol ini telah dipilih untuk mempermudah proses produksi dan pemasaran dengan didukung sistem transportasi yang baik.

4.1.3 Utilitas

Pada perencanaan suatu pabrik, air, tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Lokasi pabrik haruslah cukup dekat dengan sumber air, sumber listrik.

Sumber air tersebut harus mampu memenuhi semua kebutuhan air untuk berbagai keperluan dalam kegiatan pabrik dalam jangka waktu yang lama. Air digunakan untuk keperluan proses, air bersih untuk keperluan pabrik, air domestik dan air untuk pemadam kebakaran. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan mengolah air dari sungai Kali Tuntang yang mengalir di daerah dekat lokasi pabrik .

Lokasi pabrik yang baik juga berada cukup dekat dengan sumber listrik dan bahan bakar yang akan digunakan dalam kegiatan pabrik itu sendiri. Tenaga listrik disediakan oleh PLN Gardu Induk Mranggen dan sumber listrik sendiri (generator). Bahan bakar dan minyak pelumas diperoleh melalui kerjasama dengan Pertamina UPms IV.

4.1.4 Transportasi

Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus dipilih yang paling mudah, tidak memerlukan waktu yang lama, serta aman dalam proses pengangkutan.

Lokasi pabrik Bioetanol ini telah dipilih untuk mempermudah proses produksi dan pemasaran dengan didukung sistem transportasi yang baik

Lokasi yang letaknya dekat dengan akses jalan raya semarang-demak diperlukan untuk pemasaran dan distribusi yang memadai untuk mendukung proses distribusi produk dari lokasi pabrik ke konsumen berjalan dengan baik dan lancar.

Dengan tersedianya sarana yang baik, maka diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi, serta kelancaran pemasaran.

4.1.5 Tenaga Kerja

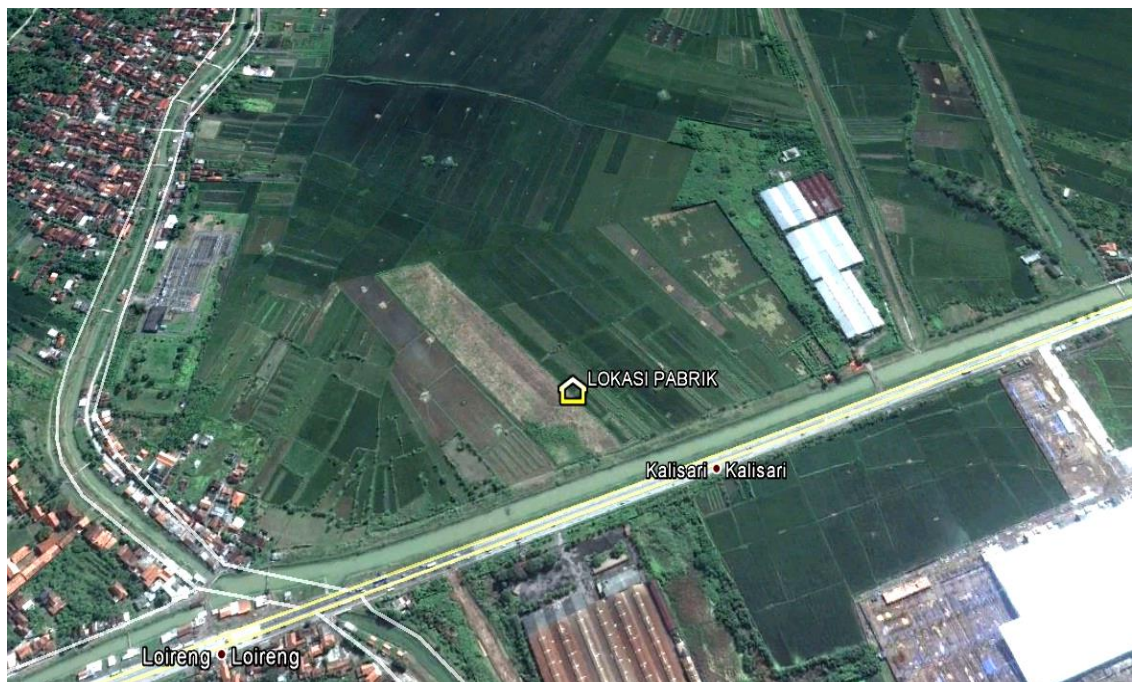
Tenaga kerja di lokasi pabrik cukup tersedia, baik tenaga terdidik dan terampil maupun tenaga kasar. Adapun mengenai tenaga kerja terdidik dan terlatih direkrut dari kerjasama dengan pabrik-pabrik besar, maupun proses penerimaan karyawan dari perguruan tinggi negeri dan swasta yang ada disekitarnya ataupun di seluruh Indonesia. Sedangkan untuk tenaga kasar direkrut dari warga-warga sekitar. Dengan terlaksananya penyerapan tenaga kerja ini diharapkan dapat mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

4.1.6 Kondisi Keadaan Iklim dan Lingkungan

Keadaan iklim di lokasi pabrik harus dipikirkan dengan baik untuk mengoptimalkan kegiatan produksi pabrik, baik dari segi proses, maupun dari segi peralatannya. Lokasi pabrik harus merupakan wilayah yang beriklim cukup stabil, sehingga penyesuaian atau desain awal proses dan peralatan pabrik terhadap iklim itu sendiri dapat berjalan dengan baik.

Adapun iklim di lokasi pabrik bioetanol ini adalah tropis dengan suhu udara sekeliling berkisar antara 27-30°C.

Dalam pemilihan lokasi pabrik, karakteristik dan kondisi lingkungan seperti tanah, ketinggian terhadap permukaan air laut, ketinggian air tanah, drainase, kecepatan angin, kuantitas hujan, kemungkinan terjadinya bencana alam. Berdasarkan pertimbangan karakteristik dan kondisi lingkungan tersebut, lokasi pabrik bioetanol ini memiliki kondisi lingkungan yang cukup baik untuk mendukung berdirinya pabrik tersebut.



Gambar 4.1. Peta Lokasi Pabrik

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman

dan tempat parkir. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

4.2.1 Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Area administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengembangan, pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual.

4.2.2 Area Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan area tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

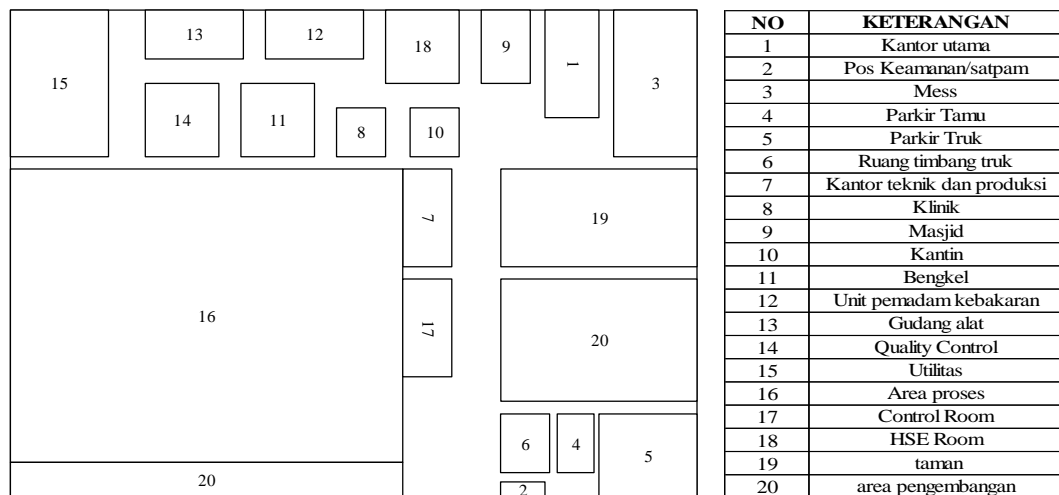
4.2.3 Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

Merupakan area tempat menyimpan alat-alat dan bahan kimia, tempat kegiatan umum, reparasi transportasi, dan parkir kendaraan.

4.2.4 Area Utilitas dan *Power Station*

Merupakan area dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan.

Tata letak pabrik dan tata letak alat proses disajikan pada gambar 4.2. sebagai berikut :



Gambar 4.2 *Layout* Pabrik

4.3 Tata Letak Alat Proses

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

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

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

4.3.4 Pencahayaan

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

4.3.5 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

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

4.3.6 Pertimbangan Ekonomi

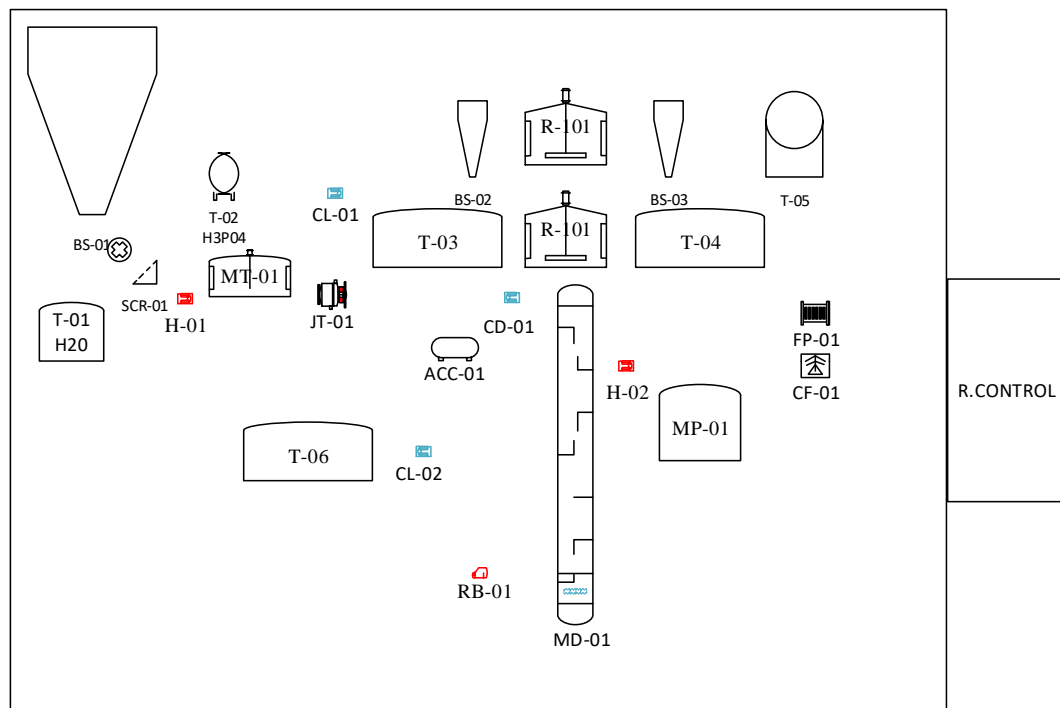
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

4.3.7 Jarak Antar Alat Proses

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

4.3.8 Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vilbrant, 1959).



Gambar 4.3 Layout alat proses

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

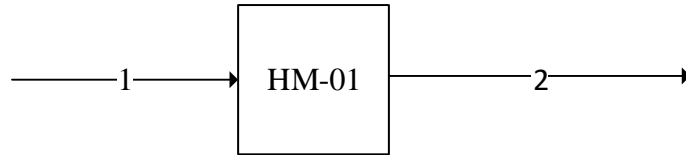
4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.1 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg)	Keluar (Kg)	
	Aliran (15)	Aliran (16)	Aliran (17)
Pati	12492,544		12492,544
Inert	1738,944		1738,944
Air	5854,904	4976,668	878,236
H ₃ PO ₄	0,014		0,014
Glukosa	3186,987		3186,987
Etanol	2344,033	2297,152	46,881
CO ₂	2242,119		2242,119
O ₂	2086,370		2086,370
Aspergillus Niger	2086,370		2086,370
Ragi	2086,370		2086,370
TOTAL	27122,830	7273,821	19849,009
TOTAL	27122,830	27122,830	

4.4.1.2 Neraca Massa Ala

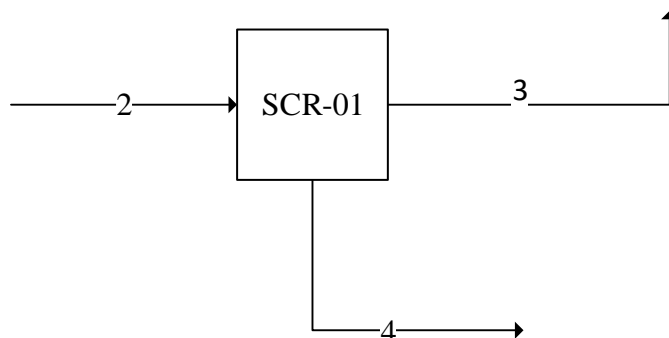
1.HUMMER MILL (HM01)



Tabel 4.2 Neraca Massa Hammer Mill (HM-01)

Komponen	Aliran 1	Aliran 2
Biji sorgum	21252,762	4675,608
Tepung sorgum		16577,155
Total	21252,762	21252,762

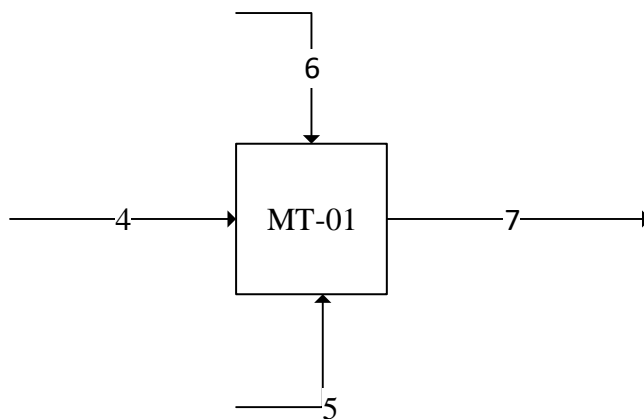
2. SCREEN-01(SC-01)



Tabel 4.3 Neraca Massa Screen (SC-01)

Komponen	Aliran 2	aliran 3	aliran 4
Biji Sorgum	4675,608	4675,608	-
Tepung Sorgum	16577,155	-	16577,155
Total	21252,762	4675,608	16577,155
Total	21252,762	21252,762	

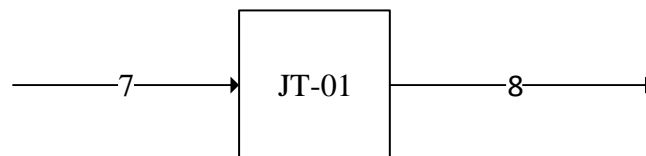
3. MIXING TANK(MT-01)



Tabel 4.4 Neraca Massa Mixing Tank (MT-01)

Komponen	Masuk (Kg)			Keluar (Kg)
	Aliran (4)	Aliran (5)	Aliran (6)	Aliran (7)
Pati	12492,544	-	-	12492,544
Inert	1738,944	-	-	1738,944
Air	2345,667	4285,194	1,341	6632,203
H ₃ PO ₄	-	-	0,014	0,014
TOTAL	16577,155	4285,194	1,355	20863,704
TOTAL	20863,704			20863,704

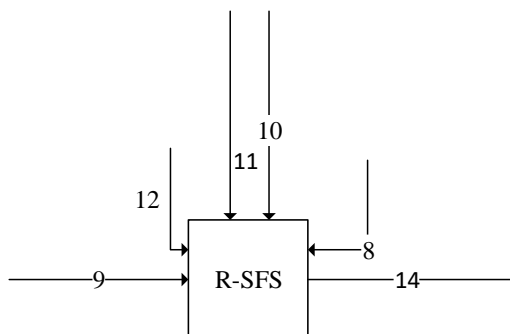
4. Jet Cooker



Tabel 4.5 Neraca Massa Jet-Cooker (Jt-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
	Aliran (7)	Aliran (8)
Pati	12492,544	12492,544
Inert	1738,944	1738,944
Air	6632,203	6632,203
H ₃ PO ₄	0,014	0,014
TOTAL	20863,704	20863,704
TOTAL	20863,704	20863,704

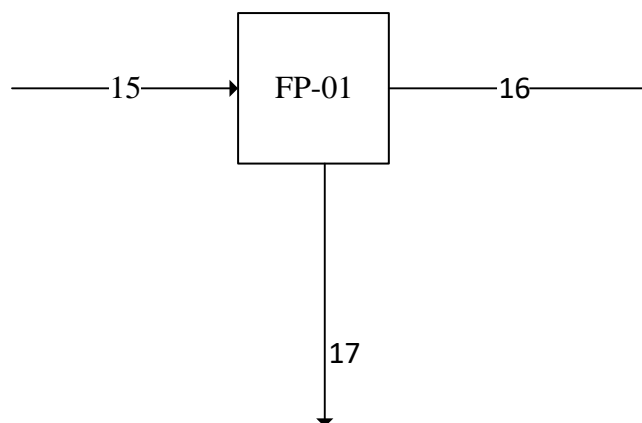
5. Fermentor SFS (Sakarifikasi Fermentation Simultan)



Tabel 4.6 Neraca Masa Fermentor SFS

Komponen	Masuk (Kg)					Keluar (Kg)
	Aliran (9)	Aliran (10)	Aliran (11)	Aliran (12)	Aliran (13)	Aliran (14)
Pati	12492,544					5496,719
Inert	1738,944					1738,944
Air	6632,203		0,015			5854,904
H3PO4	0,014		0,000			0,014
Glukosa						3186,987
Etanol						2344,033
CO2						2242,119
O2		2086,370				2086,370
Aspergillus Niger				2086,370		2086,370
Ragi					2086,370	2086,370
TOTAL	20863,704	2086,370	0,015	2086,370	2086,370	27122,830
TOTAL		27122,830				27122,830

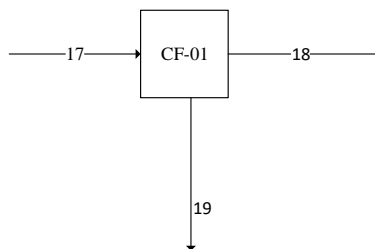
6. FILTER PRESS (FP-01)



Tabel 4.7 Neraca Massa Filter Press (FP-01)

Komponen	Masuk (Kg)	Keluar (Kg)	
	Aliran (15)	Aliran (16)	Aliran (17)
Pati	5496,719		5496,719
Inert	1738,944		1738,944
Air	5854,904	4976,668	878,236
H ₃ PO ₄	0,014		0,014
Glukosa	3186,987		3186,987
Etanol	2344,033	2297,152	46,881
CO ₂	2242,119		2242,119
O ₂	2086,370		2086,370
Aspergillus Niger	2086,370		2086,370
Ragi	2086,370		2086,370
TOTAL	27122,830	7273,821	19849,009
TOTAL	27122,830	27122,830	

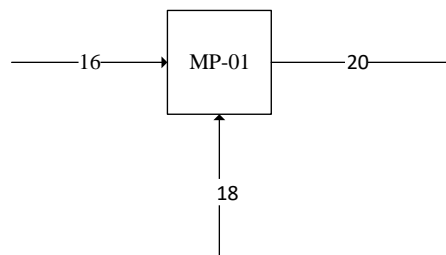
7. CENTRIFUGE-01 (CF-01)



Tabel 4.8 Neraca Massa Neraca Massa Centrifuge 01 (CF-01)

Komponen	Masuk (Kg)	Keluar (Kg)	
	Aliran (17)	Aliran (18)	Aliran (19)
Pati	5496,719		5496,719
Inert	1738,944		1738,944
Air	878,236	746,500	131,735
H ₃ PO ₄	0,014		0,014
Glukosa	3186,987		3186,987
Etanol	46,881	45,943	0,938
CO ₂	2242,119		2242,119
O ₂	2086,370		2086,370
Aspergillus Niger	2086,370		2086,370
Ragi	2086,370		2086,370
TOTAL	19849,009	792,443	19056,566
TOTAL	19849,009	19849,009	

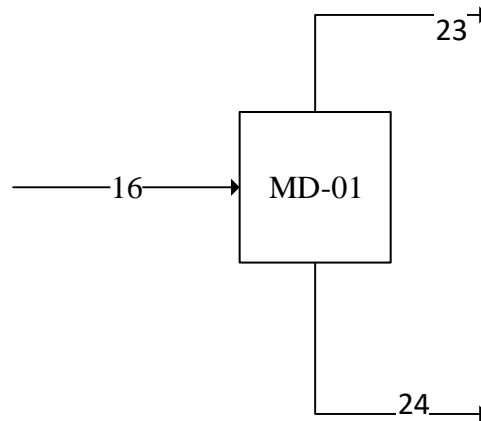
8. MIXING POINT-01 (MP-01)



Tabel 4.9 Neraca Massa Neraca Massa Mixing Point-01 (MP-01)

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)
	Aliran (16)	Aliran (18)	Aliran (20)
Etanol	2297,152	45,943	2343,095
Air	4976,668	746,500	5723,168
TOTAL	7273,821	792,443	8066,264
TOTAL	8066,264		8066,264

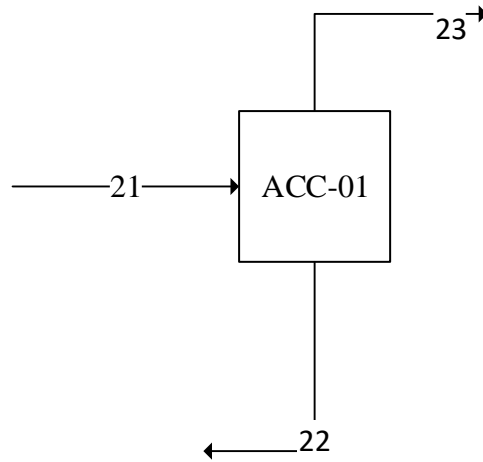
9. Menara Destilasi-01 (MD-01)



Tabel 4.10 Neraca Massa Neraca Massa Menara Destilasi-01 (MD-01)

Komponen	Masuk (kg)	Keluar (kg)	
	Aliran (20)	Aliran (24)	Aliran (23)
Bioetanol	2343,095	2,688	1112,933
Air	5723,168	6800,949	149,693
Total	8066,264	6803,638	1262,626
Total	8066,264	8066,264	

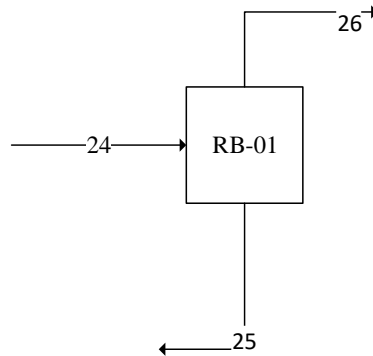
10. Akumulator (ACC-01)



Tabel 4.11 Neraca Massa Neraca Massa Condensor (CD-01)

Komponen	Masuk (Kg)	Keluar (Kg)	
	Arus 21	Arus 22	Arus 23
Etanol	2218,797	1106,423	1112,933
Air	299,701	149,449	149,693
TOTAL	2518,499	1255,872	1262,626
TOTAL	2518,499	2518,499	

11. Reboiler-01



Tabel 4.12 Neraca Massa Neraca Massa Reboiler-01

Komponen		Input (21)	Output	
			Refluks ke KD (22)	Produk Bottom (23)
			kg	kg
Bioetanol		9,322	2,518	6,804
Air		9312,814	2515,980	6796,834
Total		9322,136	2518,499	6803,638
		9322,136	9322,136	

4.4.2 Neraca Panas

1. NP PADA HE-01 (HEATER)

Tabel 4.13 Neraca Panas HE-01 (Heater)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q_{in}	36,851	0,000
Q_{out}	0,000	5160,599
Q_{s-in}	6198,762	0,000
Q_{c-out}	0,000	1075,014
Total	6235,613	6235,613

2. Neraca Panas *Mixing Tank (MT-01)*

Tabel 4.14 Neraca Panas Mixing Tank (MT01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	148,269	-
Q2	5160,599	-
Q3	0,012	-
Q4	-	8883,754
Total	5308,881	8883,754

3. Neraca Panas di Jet Cooker (JC-01)

Tabel 4.15 Neraca Panas Jet Cooker (JC-01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q_{in}	8883,754	0,000
Q_{out}	0,000	121893,054
Q_{s-in}	136719,781	0,000
Q_{c-out}	0,000	23710,481
Total	145603,535	145603,535

4. Neraca Panas Cooler-01

Tabel 4.16 Neraca Panas Cooler-01

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q _{in}	121893,054	0,000
Q _{out}	0,000	185,132
Q _{w-in}	30426,981	0,000
Q _{w-out}	0,000	152134,903
Total	152320,035	152320,035

5. Neraca Panas di Fermentor SFS

Tabel 4.17 Neraca Panas Fermentor (SFS-01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	74702,810	0,000
Q2	0,000	74669,702
Qw-in	3646,083	0,000
Qw-out	0,000	18230,416
Qr	0,000	-14551,225
Total	78348,894	78348,894

6. Neraca Panas Filter Press FP-01)

Tabel 4.18 Neraca Panas Filter Press (FP-01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	74669,702	0,000
Q2		74623,852
Q3	0,000	45,850
Total	74669,702	74669,702

7. Neraca Panas Centrifuge (CF-01)

Tabel 4.19 Neraca Panas Centrifuge (CF-01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	74623,852	0,000
Q2		74617,372
Q3	0,000	6,481
Total	74623,852	74623,852

8. Neraca panas Mixing Point (MP-01)

Tabel 4.20 Neraca Panas Mixing Point (MP-01)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	45,850	
Q2	6,481	
Q3		52,331
Total	52,331	52,331

9. Neraca Panas Menara Destilasi (MD-01)

Tabel 4.22 Neraca Panas Menara Destilasi (MD-01)

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Qf	103280,020	Qd	1,082
Qrb	-53635,797	Qb	50115,337
	-	Qcd	-472,195
Total	49644,223		49644,223

10. Neraca Panas Condenser

(CD-01)

Tabel 4.23 Neraca Panas Condens

Panas Masuk (Kj)		Panas keluar (Kj)	
Q Cd-in	1,748	Q reflux	765,09
Qw in	1545,261	Q destilat	472,64
	-	Qw out	309,05
Total	1547		1547

11. Neraca Panas di Reboiler (RB-01)

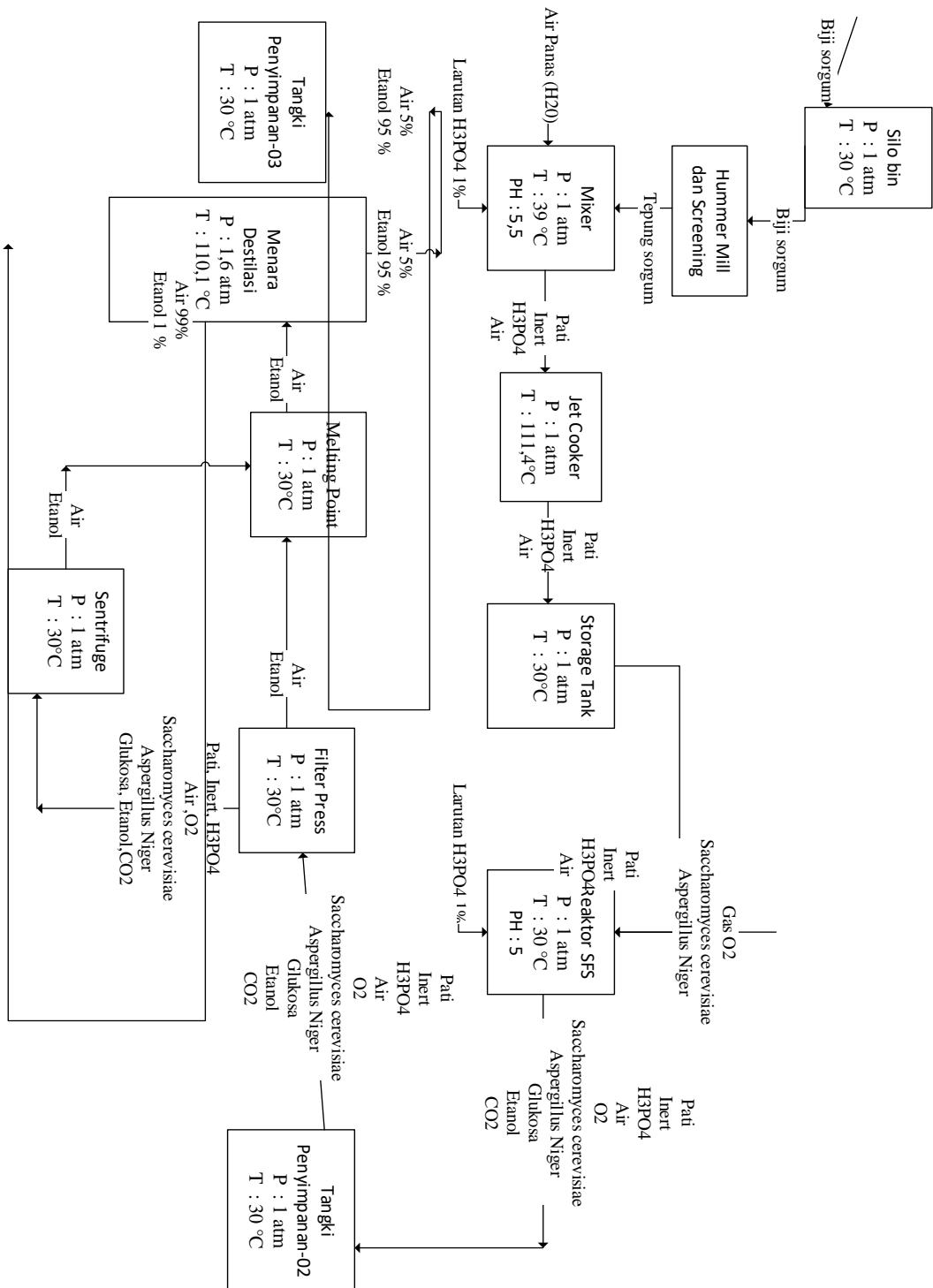
Tabel 4.24 Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Panas Masuk (Kj)		Panas Keluar (Kj)	
Q Rb-in	50115,337	Q RB-out	38556,206
Qs-in	64889,124	Q RB-vapour	11559,131
		Q RB	53635,797
	-	Qs-out	11253,327
Total	115004,461		115004,461

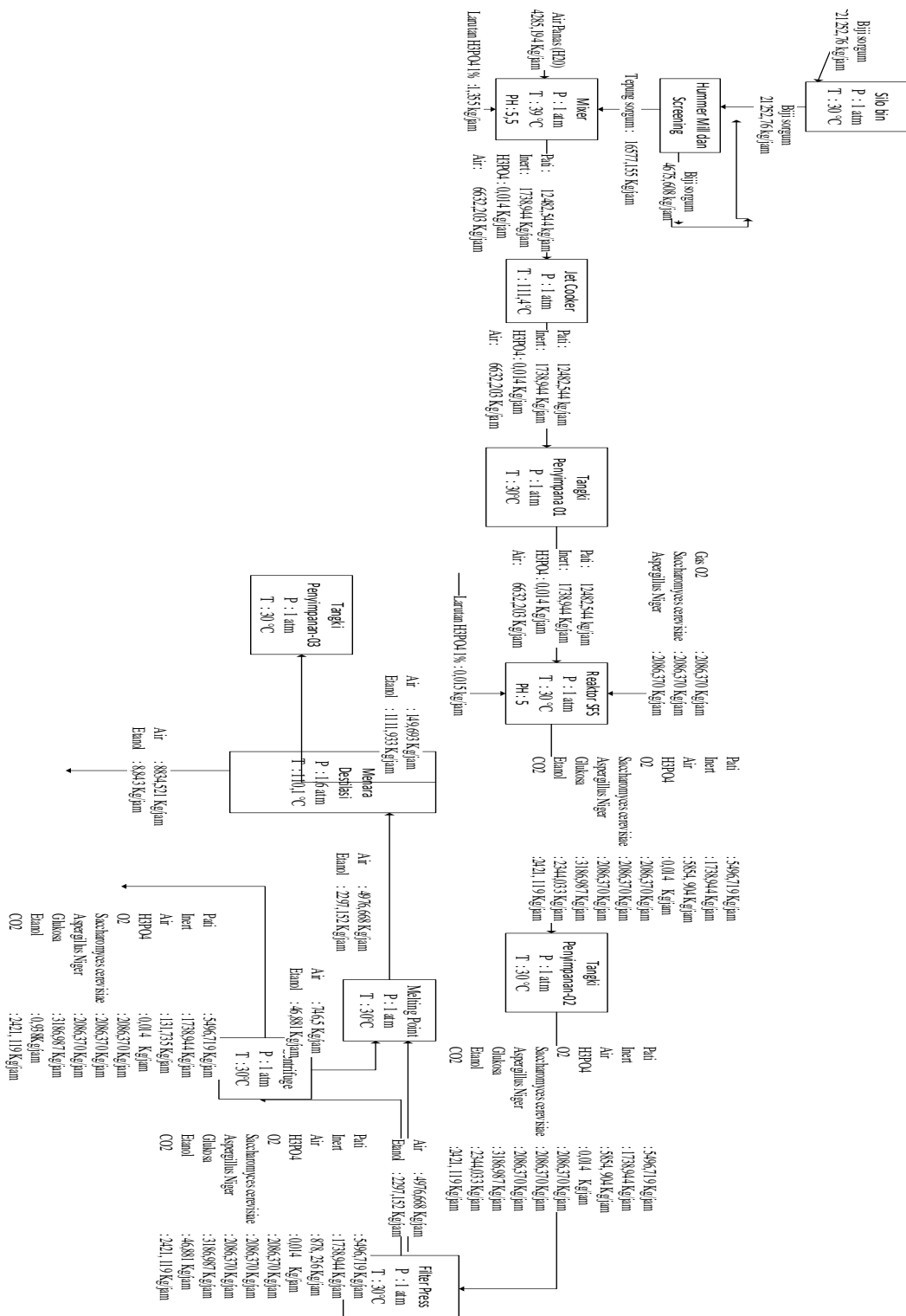
13. Neraca Panas Cooler-02

Tabel 4.25 Neraca Panas Cooler (CO-02)

	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1	1,082	0,000
Q2	0,000	2,766
Qw-in	-0,421	0,000
Qw-out	0,000	-2,106
Total	0,660	0,660



Gambar 4.4 Diagram alir kualitatif



Gambar 4.5 Diagram alir kuantitatif

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Unit utilitas keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik. Unit utilitas pabrik tidak semuanya sama. Semua itu tergantung dari beberapa faktor, diantaranya karakteristik proses produksi, kompleksitas proses produksi, proses-proses penunjang yang ada di dalam pabrik dan jenis produk yang dihasilkan.

Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik dimetil eter ini terdiri dari:

1. Unit pengolahan air

Unit ini berfungsi menyediakan air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

2. Unit penyediaan steam

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan di heat exchanger dan reboiler.

3. Unit penyediaan listrik

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *Boiler* dan *Generator*.

5. Unit penyediaan udara tekan

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol pneumatik.

4.5.1 Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air (*Water Supply Section*)

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Untuk memenuhi kebutuhan air dalam industri pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut. Dalam perancangan pabrik DME ini, sumber air baku yang digunakan berasal dari sungai Bontang. Adapun pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah:

1. 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.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.

3. Letak sungai berada dekat dengan pabrik.

Air sungai akan digunakan untuk keperluan dilingkungan pabrik sebagai:

1. Air pendingin

Alasan penggunaan air sebagai fluida pendingin berdasarkan faktor berikut:

- a. Air merupakan bahan yang mudah didapatkan dalam jumlah yang besar dengan biaya yang murah.
- b. Air mudah dikendalikan dan dikerjakan.
- c. Dapat menyerap panas per satuan volume yang tinggi.
- d. Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

Air pendingin ini digunakan sebagai fluida pendingin pada cooler. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air pendingin:

- a. Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak.
- b. Besi yang dapat menimbulkan korosi.
- c. Minyak yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan *film* yang mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

2. Air Umpan *Boiler*

Berikut adalah syarat air umpan *boiler* (*boiler feed water*) :

a. Tidak berbuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa diantaranya adalah kesulitan dalam pembacaan tinggi *liquid* dalam *boiler* dan juga buih ini dapat menyebabkan percikan yang kuat serta dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal-hal di atas maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

b. Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

Kerak yang di ebakkan oleh *solid matter*, *suspend matter* dalam *boiler* dapat menyebabkan isolasi terhadap proses perpindahan panas terhambat dan kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

3. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

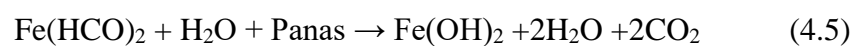
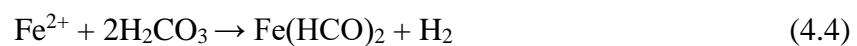
Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂, yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.



Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut :



Bikarbonat dalam air akan membentuk CO_2 yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO_2 kembali. Berikut adalah reaksi yang terjadi :



4. Air Sanitasi

Air sanitasi pada pabrik digunakan sebagai keperluan laboratorium, kantor, konsumsi, mandi, mencuci, taman dan lainnya. Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan sebagai air sanitasi:

a. Syarat Fisika

Secara sifat fisika air sanitasi tidak boleh berwarna dan berbau, kekeruhan SiO_2 kurang dari 1 ppm dan pH netral.

b. Syarat Kimia

Secara sifat kimia air sanitasi tidak boleh mengandung bahan beracun dan tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang tidak larut dalam air seperti PO_4^{3-} , Hg, Cu, dan sebagainya.

c. Syarat Bakteriologis

Secara biologi air sanitasi tidak mengandung bakteri terutama bakteri *pathogen* yang dapat merubah sifat fisis air.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut adalah tahapan pengolahan air

1. Penyaringan Awal/*screen* (FU-101)

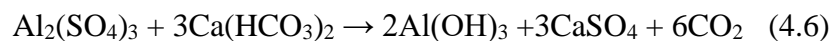
Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak pengendap (BU-101)

Air sungai setelah melalui *filter* dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang tidak lolos dari penyaring awal (*screen*). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak Penggumpal (BU-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 Na_2CO_3 . Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal adalah



4. *Clarifier* (CLU)

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, penambahan desinfektan, dan penggunaan *ion exchanger*.

Raw water diumpankan ke tangki terlebih dahulu dan kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi serta ditambahkan

bahan–bahan kimia selama pengadukan tersebut. Bahan–bahan kimia yang digunakan adalah:

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4).18\text{H}_2\text{O}$ yang berfungsi sebagai koagulan.
- b. Na_2CO_3 yang berfungsi sebagai flokulan.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4).18\text{H}_2\text{O}$) sebagai koagulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku dialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran *clarifier* sebagai *overflow*, sedangkan flok yang terbentuk atau *sludge* akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dengan waktu yang telah ditentukan. Air baku yang belum di proses memiliki *turbidity* sekitar 42 ppm. Setelah keluar *clarifier* kadar *turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

5. *Sand Filter* (SFU)

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju *sand filter* untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari *sandfilter* akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (*filter water reservoir*) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

6. Bak Penampung Sementara (BU-102)

Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung yang siap akan kita distribusikan sebagai air perumahan/perkantoran, air umpan *boiler*, dan air pendingin.

7. Tangki Klorinator (TU-102)

Air setelah melalui bak penampung dialirkan ke tangki Klorinator (TU-02). Air harus ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amoeba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi.

8. Kation *Exchanger* (KEU)

Air dari bak penampung (BU-02) berfungsi sebagai *make up boiler*, selanjutnya air diumpankan *kation exchanger* (KEU). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

9. *Anion Exchanger* (AEU)

Air yang keluar dari tangki kation *exchanger* (KEU) kemudian diumpankan *anion exchanger* (AEU). AEU 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 terikat dengan resin. Dalam waktu tertentu, anion resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasikn kembali dengan larutan NaOH.

10. Unit *Deaerator* (DAU)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti *oksigen* (O_2) dan *karbon dioksida* (CO_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju *deaerator*. Pada pengolahan air untuk (terutama) *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yag dapat menimbulkan korosi. Unit *deaerator* ini berfungsi menghilangkan gas O_2 dan CO_2 yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_2) yang berfungsi untuk mengikat O_2 sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang

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

11. Bak Air Pendingin (BU-103)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blowdown* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat *dispersant*, untuk mencegah timbulnya penggumpalan

4.5.1.1. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4.26 Kebutuhan air pembangkit *steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	H-01	2,301463674
Heater	H-02	46,36737625
Reboiler	R-01	24,09190005
Jet Cooker	JC-01	50,76103859
TOTAL		123,5217786

Kebutuhan air *make up* sebesar 20%, jadi kebutuhan air umpan *boiler* untuk kebutuhan *make up* yang harus disediakan sebesar 148,23 kg/jam.

2. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.27 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Cooler	C-01	1792,986477
Cooler	C-02	24,81483728
Condensor	CD-01	18209,29086
Fermentor	F-01	214,8265093
Total		20241,91868

Kebutuhan air *make up* berdasarkan jumlah air yang menguap (W_e) sebesar 206,47 kg/jam, *blowdown* (W_b) sebesar 201,61 kg/jam, dan air yang terbawa aliran keluar

tower (Wd) sebesar 4,86 kg/jam. Jadi jumlah air *make up* yang harus disediakan sebesar 412,94 kg/jam.

3. Air Proses

Tabel 4.28 Kebutuhan air proses

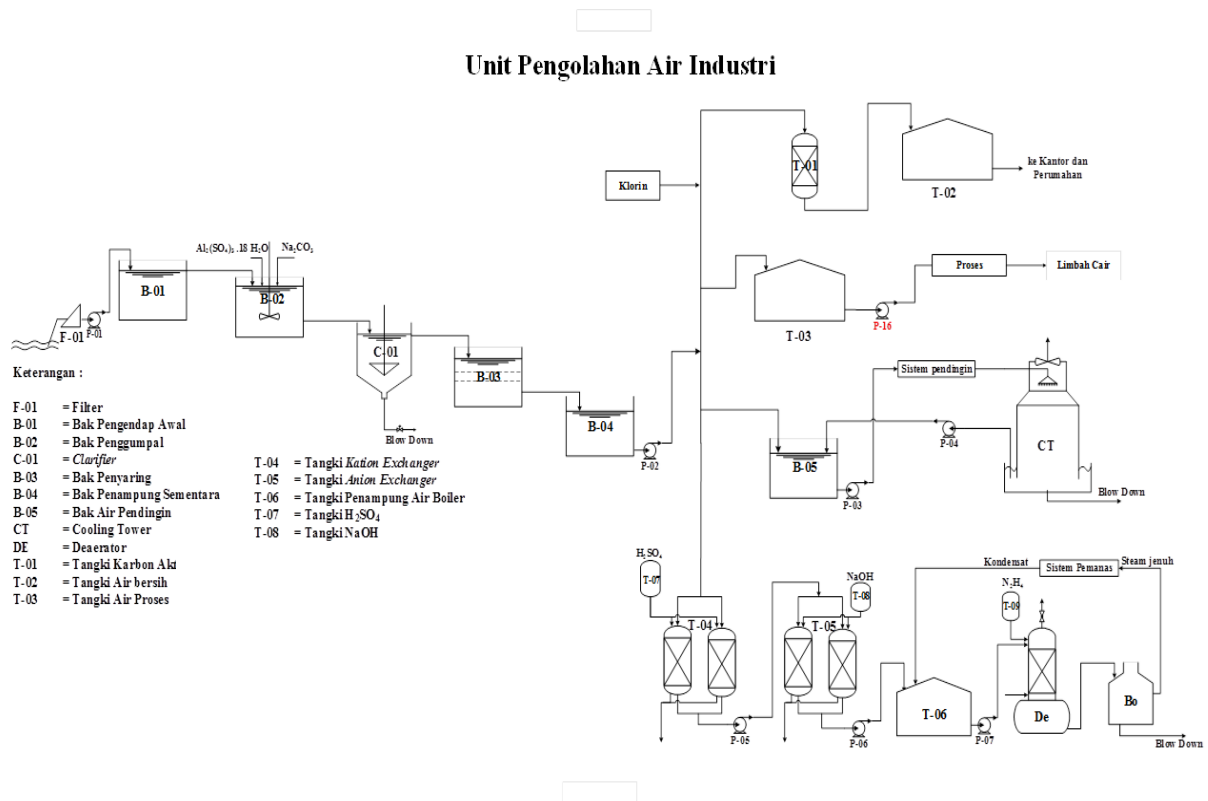
Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Mixing Tank	4286,535
Reaktor	0,015
Total	4286,55

Kebutuhan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air proses adalah 5143,8601kg/jam.

4. Air untuk Perkantoran dan Rumah Tangga

Tabel 4.29 Kebutuhan air perkantoran dan rumah tangga

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Domestik <i>Water</i>	568,56
<i>Service Water</i>	1000
Total	1568,56



Gambar 4.6. Pengolahan air industr

4.5.2 Unit Pembangkit dan Distribusi Listrik

4.5.2.1 Sumber Listrik

Kebutuhan listrik pada pra rancangan pabrik Urea Formaldehid dipenuhi dari dua sumber yaitu PLN dan Generator diesel, Generator juga digunakan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar

2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan dengan transformer

Dengan memperkirakan faktor daya generator listrik sebesar 80%, maka beban generator listrik yang harus dipenuhi adalah sebesar 80,6961 kW

Tabel 4.30 Total kebutuhan listrik

No	Keperluan	Daya (kW)
1	Alat Proses	21,3606
2	Utilitas	28,2986
3	Alat instrumentasi	2,4830
4	Kantor,penerangan,ac	12,4148
Total		64,5569

4.5.2.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Pada prarancangan pabrik Urea Formaldehid ini dibutuhkan suatu peralatan guna menunjang kebutuhan steam, Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 148,23 kg/jam

Jenis : water Tube Boiler

Jumlah : 1

Boiler dilengkapi dengan sebuah unit economizer safety valve sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis,

Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler, Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, kemudian diumpankan ke boiler,

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (burner) berfungsi untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api, Gas sisa pembakaran ini masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terkumpul sampai mencapai tekanan 6 bar, kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.5.2.3 Unit Penyedia Udara Instrument

Proses yang terjadi pada unit penyedia udara instrument pada dasarnya yaitu untuk mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrument udara. Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control, Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 44,8589 m³/jam,

4.5.2.4 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada boiler dan generator, Bahan bakar yang dipakai pada

boiler adalah *Marine fuel oil* dengan kapasitas 9,3807 kg /jam dan bahan bakar pada generator adalah *Marine diesel fuel* dengan kapasitas 7,9345 kg/jam

4.5.3 Spesifikasi Alat-alat Utilitas

4.5.3.1 Penyediaan Air

1. Screener

Kode : FU-01

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya,

Bahan : Alumunium

Panjang : 10 ft

Lebar : 8 ft

Ukuran lubang : 1 cm

2. Bak Pengendap Awal/Sedimentasi

Kode : BU-01

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa oleh air sungai

Jenis : Bak persegi terbuka

Kapasitas : 25,7834 m³/jam

Dimensi Panjang : 7,5896 m

Lebar : 12,6672 m

Tinggi : 3,794 m

Jumlah : 1

3. Bak Penggumpal

Kode : BU-02

Fungsi :Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak pengendap awal dengan menambahkan alum dan soda kausik

Jenis : Silinder Vertikal

Kapasitas : 34,5801 m³

Diameter : 3,5317 m

Tinggi : 3,5317 m

Pengaduk : *Marine Propeller*

Diamater : 1,1772m

Power : 2 Hp

Jumlah : 1

4. Tangki Larutan Alum

Kode : TU-01

Fungsi :Menyiapkan dan menyimpan larutan alum untuk diinjeksikan ke dalam bak penggumpal

Jenis : Silinder Vertikal

Kapasitas : 0,2469 m³

Diameter : 0,5736 m

Tinggi : 1,1472 m

Jumlah : 1

5. Clarifier

Kode : CLU

Fungsi : Mengendapkan gumpalan-gumpalan yang terbentuk di bak penggumpal

Jenis : *External Solid Recirculation Clarifier*

Kapaitas : 28,8167 m³

Diameter : 3,5317 m

Tinggi : 3,5317m

Jumlah : 1

6. Sand Filter

Kode : FU-02

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa air

Jenis : Bak persegi terbuka dengan saringan pasir

Kapasitas : 3,6767 m³/jam

Dimensi : Panjang : 1,9446 m

Lebar : 1,9446 m

Tinggi : 0,9723 m

Jumlah : 1

7. Bak Penampung Sementara

Kode : BU-03

Fungsi : Menampung sementara raw *water* setelah disaring di sand filter

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 31,2085 m³

Dimensi : Panjang : 3,9667 m

Lebar : 3,9667 m

Tinggi : 1,9834 m

Jumlah : 1

4.5.3.2 Pengolahan Air Sanitasi

1. Tangki Klorinasi

Kode : TU-02

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan sanitasi

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 0,6823 m³

Dimensi : Diameter : 0,9543 m

Tinggi : 0,9543 m

Pengaduk : *Marine Propeller*

Diamater : 1,1034 m

Power : 1 Hp

Jumlah : 1

2. Tangki Klorin

Kode : TU-03

Fungsi : Menampung klorin untuk diinjeksi ke tangki klorinasi

Jenis : Tangki silinder vertikal

Kapasitas : 0,0015029m³

Dimensi : Diameter : 0,142 m

Tinggi: 0,142 m

Jumlah : 1

3. Tangki Air Bersih

Kode : TU-04

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 16,3746 m³

Dimensi : Diameter : 2,7527 m

Tinggi : 2,7527 m

Jumlah : 1

4.5.3.3 Penyedia Air Proses

1. Tangki Penampungan Sementara Air Proses

Kode	: TU-05
Fungsi	: Menampung sementara air untuk proses produksi
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 123,45 m ³
Dimensi	: Diameter : 5,397 m Tinggi: 5,397 m
Jumlah	: 1

4.5.3.4 Pengolahan Air Pendingin

1. *Cooling tower*

Kode	: CT
Fungsi	: Mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara
Jenis	: <i>Inducted Draft Cooling tower</i>
Kapasitas	: 24,29 m ³ /jam
Dimensi	: Panjang : 1,9536 m Lebar : 1,9536 m Tinggi : 2,0615 m

Tenaga motor : 3 Hp

Jumlah : 1

4.5.3.5 Pengolahan Air Panas

1. Kartion *Exchanger*

Kode : KEU

Fungsi : Menghilangkan kesdahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 0,1482 m³/jam

Dimensi : Diameter : 0,1243 m
Tinggi: 1,2192 m

Tebal tangki : 0,1875 in

2. Anion *Exchanger*

Kode : AEU

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion seperti Cl, SO₄ dan NO₃

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 0,1482 m³/jam

Dimensi :Tebal : 0,1875 m
Tinggi: 1,2192 m

3. Tangki Asam Sulfat H₂SO₄

Kode	: TU-07
Fungsi	: Menampung dan menyimpan larutan asam sulfat yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 0,096 m ³ /jam
Dimensi	: Diameter : 0,4963 m Tinggi: 0,4963 m
Jumlah	: 1

4. Tangki NaOH

Kode	: TU-08
Fungsi	: Menampung dan menyimpan larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasi anion <i>exchanger</i> dan diinjeksikan ke bak penggumpal
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 0,0599 m ³
Dimensi	: Diameter : 0,4242 m Tinggi: 0,4242 m
Jumlah	: 1

5. Deaerator

Kode	: DE
Fungsi	: Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang dapat menyebabkan kerak pada boiler
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 0,1779 m ³
Dimensi	: Diameter : 0,6096 m Tinggi: 0,66096 m
Jumlah	: 1

6. Tangki N₂H₄

Kode	: TU-10
Fungsi	: Menyiapkan dan menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 0,1808 m ³
Dimensi	: Diameter : 0,6130 m Tinggi : 0,6130m
Jumlah	: 1

4.5.3.6 Pengolahan Steam

1. Boiler

Kode : BLU

Fungsi : Menguapkan lewat jenuh keluar pompa dan memanaskannya sehingga terbentuk saturated steam

Jenis : Fire tube boiler

Kebutuhan steam: 148,2261 kg/jam

Jumlah : 1

2. Tangki Bahan Bakar Generator

Kode : TU-11

Fungsi : Menyimpan bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan generator

Jenis : Tangki silinder tegak

Volume : 35,5396 m³

Dimensi : Diameter : 3,5641 m

Tinggi: 3,5641 m

Jumlah : 1

4.5.3.7 Pompa Utilitas

1. Pompa 1

Kode : PU-01

Fungsi : Mengalirkan air sungai ke bak pengendap awal
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 182,5930 gpm
 Ukuran pipa : ID : 6,065 in
 SCH : 40
 IPS : 6 in
 Daya pompa : 2,445 Hp
 Motor penggerak : 3 Hp
 Jumlah : 1

2. Pompa 2

Kode : PU-02
 Fungsi : Mengalirkan air keluaran Bak Sedimentasi menuju Bak Penggumpal
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 182,5930 gpm
 Ukuran pipa : ID : 6,065 in
 SCH : 40
 IPS : 6 in
 Daya pompa : 2,445 Hp

Motor penggerak : 3 Hp

Jumlah : 1

3. Pompa 3

Kode : PU-03

Fungsi : Mengalirkan air keluaran Bak
Penggumpal menuju *Clarifier*

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kapasitas : 173,4663 gpm

Ukuran pipa : ID : 6,065 in

SCH : 40

IPS : 6 in

Daya pompa : 2,3115 Hp

Motor penggerak : 3 Hp

Jumlah : 1

4. Pompa 4

Kode : PU-04

Fungsi : Mengalirkan air keluaran *Clarifier* ke
Sand Filter

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kapasitas : 173,4663 gpm

Ukuran pipa : ID : 6,065 in

SCH : 40
 IPS : 6 in
 Daya pompa : 2,3115p
 Motor penggerak : 3 Hp
 Jumlah : 1

5. Pompa 5

Kode : PU-05
 Fungsi : Mengalirkan air keluaran Sand Filter
 ke Bak Penampung Sementara
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 164,7902 gpm
 Ukuran pipa : ID : 6,065in
 SCH : 40
 IPS : 6 in
 Daya pompa : 2,1863 Hp
 Motor penggerak : 3 Hp
 Jumlah : 1

6. Pompa 6

Kode : PU-06
 Fungsi : Mengalirkan air Bak Penampung
 Sementara menuju Tangki Air Proses

Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 156,6007 gpm
 Ukuran pipa : ID : 6,065in
 SCH : 40
 IPS : 6 in
 Daya pompa : 2,3238 Hp
 Motor penggerak : 3 Hp
 Jumlah : 1

7. Pompa 7

Kode : PU-07
 Fungsi : Mengalirkan air dari Bak
 Penampung Sementara menuju
 Tangki Kloro
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 125,5268 gpm
 Ukuran pipa : ID : 4,026 in
 SCH : 40
 IPS : 4 in
 Daya pompa : 1,3876 Hp
 Motor penggerak : 3 Hp
 Jumlah : 1

8. Pompa 8

Kode	: PU-08
Fungsi	: Mengalirkan air dari bak air pendingin ke bak <i>cooling tower</i>
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 125,5268 gpm
Ukuran pipa	: ID : 4,026 in SCH : 40 IPS : 4 in
Daya pompa	: 1,8376 Hp
Motor penggerak	: 3 Hp
Jumlah	: 1

9. Pompa 9

Kode	: PU-09
Fungsi	: Mengalirkan air dari <i>cooling tower</i> menuju unit peralatan
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 125,5268 gpm
Ukuran pipa	: ID : 4,026 in SCH : 40 IPS : in

Daya pompa : 1,8123 Hp
Motor penggerak : 3 Hp
Jumlah : 1

10. Pompa 10

Kode : PU-10
Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih
menuju tangki klorinasi
Jenis : *Centrifugal Pump*
Kapasitas : 2,9382 gpm
Ukuran pipa : ID : 0,824 in
SCH : 40
IPS : 0,75 in
Daya pompa : 0,0487 Hp
Motor penggerak : 0,0833 Hp
Jumlah : 1

11. Pompa 11

Kode : PU-11
Fungsi : Mengalirkan air dari tangki klorinasi
menuju tangki air bersih
Jenis : *Centrifugal Pump*
Kapasitas : 2,9382 gpm

Ukuran pipa : ID : 0,824 in
SCH : 40
IPS : 0,75 in
Daya pompa : 0,0487Hp
Motor penggerak : 0,0833 Hp
Jumlah : 1

12. Pompa 12

Kode : PU-12
Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air
bersih menuju area kebutuhan
Jenis : *Centrifugal Pump*
Kapasitas : 2,9382 gpm
Ukuran pipa : ID : 0,824in
SCH : 40
IPS : 0,75 in
Daya pompa : 0,0487 Hp
Motor penggerak : 0,0833 Hp
Jumlah : 1

13. Pompa 13

Kode : PU-13

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih pendingin menuju tangki *service water*
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 5,1678 gpm
 Ukuran pipa : ID : 1,049 in
 SCH : 40
 IPS : 1 in
 Daya pompa : 0,1653 Hp
 Motor penggerak : 0,25 Hp
 Jumlah : 1

14. Pompa 14

Kode : PU-14
 Fungsi : Mengalirkan air dari Tangki *service water* pendingin menuju area kebutuhan *service water*
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 5,1678 gpm
 Ukuran pipa : ID : 1,049 in
 SCH : 40
 IPS : 1 in

Daya pompa : 0,1653 Hp
Motor penggerak : 0,25 Hp
Jumlah : 1

15. Pompa 15

Kode : PU-15
Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih
ke Tangki kation *Exchanger*
Jenis : *Centrifugal Pump*
Kapasitas : 20,1124 gpm
Ukuran pipa : ID : 0,622 in
SCH : 40
IPS : 0,50 in
Daya pompa : 0,01Hp
Motor penggerak : 0,0125 Hp
Jumlah : 1

16. Pompa 16

Kode : PU-16
Fungsi : Mengalirkan H₂SO₄ dari TU-07
ke Tangki Kation *Exchanger* (TU-
04)
Jenis : *Centrifugal Pump*

Kapasitas : 0,0027 gpm
 Ukuran pipa : ID : 0,622 in
 SCH : 40
 IPS : 0,50 in
 Daya pompa : 0,0001 Hp
 Motor penggerak : 0,05 Hp
 Jumlah : 1

17. Pompa 17

Kode : PU-17
 Fungsi : Mengalirkan air dari Tangki kation
 Exchanger (TU-04) ke Tangki
 Anion Exchanger (TU-05)
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 0,3804 gpm
 Ukuran pipa : ID : 0,622 in
 SCH : 40
 IPS : 0,5 in
 Daya pompa : 0,01 Hp
 Motor penggerak : 0,0125 Hp
 Jumlah : 1

18. Pompa 18

Kode	: PU-18
Fungsi	: Mengalirkan NaOH dari TU-08 ke Tangki Anion <i>Exchanger</i> (TU-05)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 0,0251 gpm
Ukuran pipa	: ID : in SCH : 40 IPS : 0,269 in
Daya pompa	: 0,0000389 Hp
Motor penggerak	: 0,05 Hp
Jumlah	: 1

19. Pompa 19

Kode	: PU-19
Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki anion <i>Exchanger</i> (TU-05) ke tangki deaerator (De-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 0,7660 gpm
Ukuran pipa	: ID : 0,622 in SCH : 40 IPS : 0,5 in

Daya pompa : 0,01 Hp
 Motor penggerak : 0,0125 Hp
 Jumlah : 1

20. Pompa 20

Kode : PU-20
 Fungsi : Mengalirkan N₂H₄ dari TU-09 ke
 Daerator
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Kapasitas : 0,0000230 gpm
 Ukuran pipa : ID : 0,269 in
 SCH : 40
 IPS : 0,13 in
 Daya pompa : 0,0000003 Hp
 Motor penggerak : 0,05 Hp
 Jumlah : 1

21. Pompa 21

Kode : PU-21
 Fungsi : Mengalirkan air dari tangki
 deaerator (De-01) menuju Boiler
 (BO-01)
 Jenis : *Centrifugal Pump*

Kapasitas	: 0,7660 gpm
Ukuran pipa	: ID : in
	SCH : 40
	IPS : 0,622 in
Daya pompa	: 0,01 Hp
Motor penggerak	: 0,0125 Hp
Jumlah	: 1

4.6 Organisasi Perusahaan

4.6.1 Bentuk Perusahaan

Ditinjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yaitu:

1. Perusahaan perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggung jawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, tanggung jawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
3. Persekutuan Komanditer (*Commanditaire Venootshaps*) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masingnya memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya

memasukkan modalnya dan bertanggung jawab sebatas dengan modal yang dimasukan saja).

4. Perseroan Terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

Dengan pertimbangan diatas maka bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik DME ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.

5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang pemburuhan.

4.6.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Ada beberapa macam struktur organisasi antara lain:

1. Struktur Organisasi *Line*

Di dalam struktur organisasi ini biasanya paling sedikit mempunyai tiga fungsi dasar yaitu, produksi, pemasaran dan keuangan. Fungsi ini tersusun dalam suatu organisasi dimana rantai perintah jelas dan mengalir ke bawah melalui tingkatan-tingkatan manajerial. Individu-individu dalam departemen-departemen melaksanakan kegiatan utama perusahaan. Setiap orang mempunyai hubungan pelaporan hanya ke satu atasan, sehingga ada kesatuan perintah.

2. Struktur Organisasi Fungsional

Staf fungsional memiliki hubungan terkuat dengan saluran-saluran line. Jika dilimpahkan wewenang fungsional oleh manajemen puncak, maka seorang staf fungsional mempunyai hak untuk memerintah saluran line sesuai kegiatan fungsional.

3. Struktur Organisasi *Line and Staff*

Staf merupakan individu maupun kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya adalah memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi line. Pada umumnya, staf tidak secara langsung terlibat dalam kegiatan utama organisasi, posisi staf untuk memberikan saran dan pelayanan departemen line dan membantu agar tercapainya tujuan organisasi yang lebih efektif.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain (Zamani, 1998):

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas,
2. Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi,
3. Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi,
4. Adanya kesatuan arah (unity of direction),
5. Adanya kesatuan perintah (unity of command)
6. Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab
7. Adanya pembagian tugas (distribution of work)
8. Adanya koordinasi
9. Struktur organisasi disusun sederhana
10. Pola dasar organisasi harus relatif permanen
11. Adanya jaminan batas (unity of tenure)
12. Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya.

13. Penempatan orang harus sesuai keahliannya.

Berdasarkan macam-macam struktur organisasi dan pedomannya, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik adalah sistem line and staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem line dan staff ini yaitu:

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya. Dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

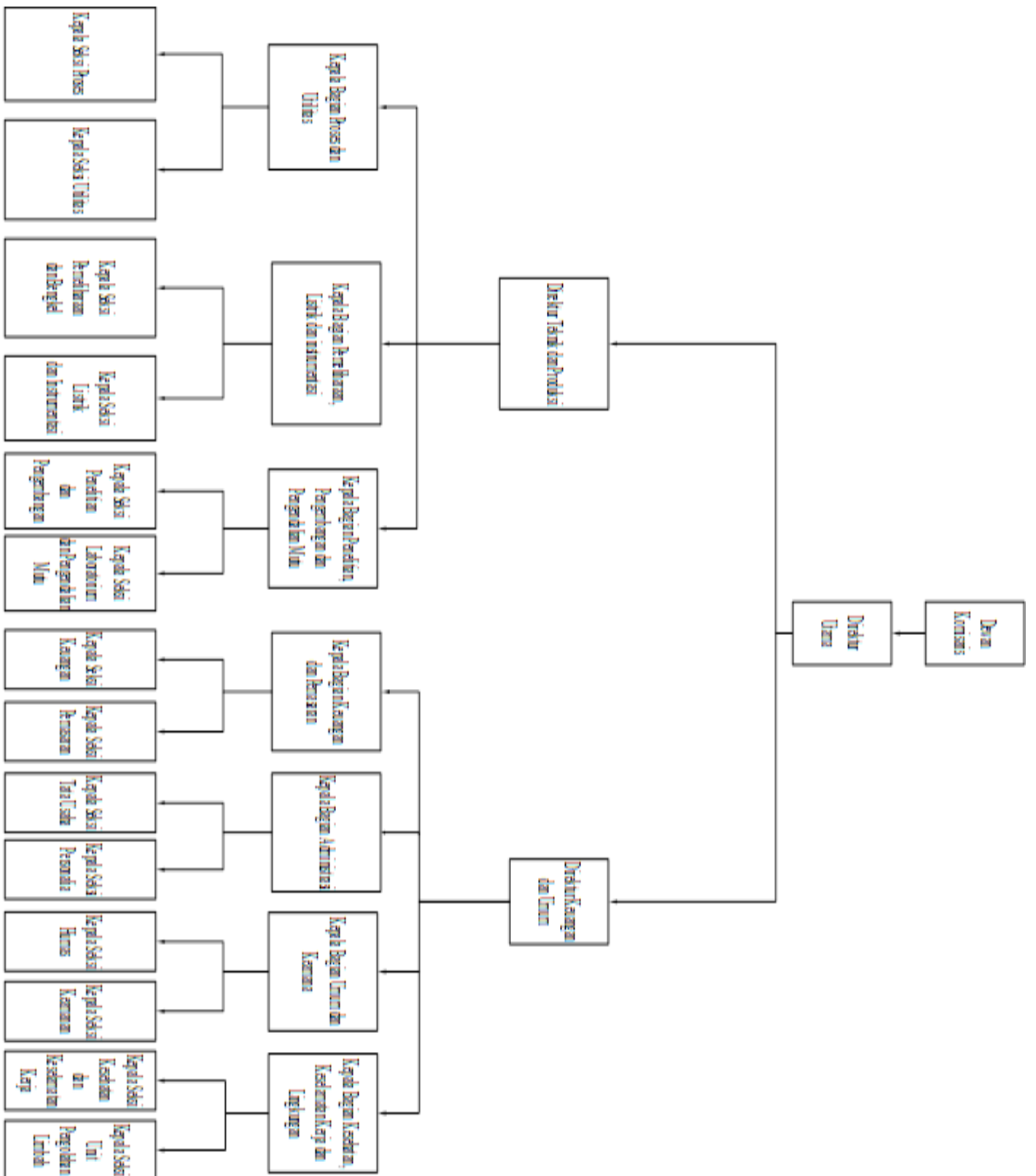
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian dan Kepala Bagian ini akan membawahi para karyawan perusahaan.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan didapatkan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain-lain.
2. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
3. Penyusunan program pengembangan manajemen akan lebih terarah.

4. Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.
5. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
6. Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku

Berikut bagan dan struktur organisasi dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Struktur Organisasi 4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

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

4.6.3.2 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 kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

4.6.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

a. **Direktur Teknik dan Produksi**

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. **Direktur Keuangan dan Umum**

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4.6.3.4 Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

4.6.3.6 Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan utilitas.

4.6.3.7 Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

4.6.3.8 Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian

Mutu

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4.6.3.9 Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

4.6.3.8 Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

4.6.3.9 Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

4.6.3.10 Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.6.3.11 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.6.3.12 Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

4.6.3.13 Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4.6.3.13 Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggant alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4.6.3.14 Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

4.6.3.15 Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

4.6.3.16 Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan , produk dan limbah.

4.6.3.17 Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

4.6.3.18 Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk pengadaan bahan baku pabrik.

4.6.3.19 Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

4.6.3.20 Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan kepegawaian.

4.6.3.2.1 Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat

4.6.3.22 Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.6.3.23 Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.6.3.24 Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas : Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.6.3.25 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi

bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.6.3.26 Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

4.6.3.27 Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4.6.3.28 Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4.6.3.29 Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

4.6.3.29 Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

4.6.3.28 Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

4.6.3.29 Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

4.6.3.30 kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

4.6.3.31 Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

4.6.3.32 Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

4.6.3.33 Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat

4.6.3.34 Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.6.3.35 Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas: Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.6.3.36 Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.6.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik pembuatan Etanol berkapasitas 55.000 ton/tahun beroperasi selama 300 hari dalam satu tahun dan 24 jam dalam sehari. Untuk menjaga kelancaraan proses produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, maka waktu kerja diatur dengan *non-shift dan shift*.

4.6.4.1 Waktu Kerja Karyawan *Non-Shift*

- Hari Senin s/d Kamis : Pukul 07.00 – 12.00 WIB
Pukul 13.00 – 16.30 WIB
- Hari Jumat : Pukul 07.00 – 11.30 WIB
Pukul 13.00 – 17.00 WIB
- Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar libur

4.6.4.2 Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Kegiatan perusahaan yang dijalani oleh pekerja staf adalah selama 8 jam per hari. Pembagian shift 3 kali per hari yang bergantian secara periodik dengan perulangan dalam 8 hari. Jumlah tim dalam pekerja nonstaf adalah 4 tim (A, B, C, dan D) dengan 3 tim bekerja secara bergantian dalam 1 hari sedangkan 1 tim lainnya libur. Penjadwalan dalam 1 hari kerja per periode (8 hari) adalah sebagai berikut :

- Shift I (Pagi) : Pukul 07.00 – 15.00 WIB
- Shift II (Sore) : Pukul 15.00 – 23.00 WIB
- Shift III (Malam): Pukul 23.00 – 07.00 WIB
- Shift IV (Libur)

Adapun hari libur diatur sebagai berikut:

- Shift I : 6 hari kerja, 2 hari libur
- Shift II : 6 hari kerja, 2 hari libur
- Shift III : 6 hari kerja, 2 hari libur

Tabel 4.31 Pembagian Jam kerja Pekerja shift

Shift	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	A	D	C	B	A	D	C	B
II	B	A	D	C	B	A	D	C
III	C	B	A	D	C	B	A	D
Libur	D	C	B	A	D	C	B	A

Pembagian jadwal shift untuk pekerja nonstaff dapat dilihat tabel 7.1 dimana pergantian antara shift dilakukan berdasarkan standar prosedur operasional yang diberlakukan oleh pihak perusahaan.

4.6.5 Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan

4.6.5.1 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan mengacu UUD pasal 14 ayat (1, 2) PP nomor 78 Tahun 2015 dan peraturan menteri No 1 Tahun 2017 tentang struktur dan skala upah setiap golongan jabatan.

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian sesuai peraturan dirjen pajak nomor 31/PJ/2009.

c. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok sesuai pasal 10 kep.234/Men/2003 dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam.

Berikut adalah perincian jumlah dan gaji karyawan sesuai dengan jabatan.

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	30.000.000,00	30.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	21.000.000,00	21.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	21.000.000,00	21.000.000,00
Staff Ahli	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Bag Umum	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag. Teknik	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag. Produksi	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag. Litbang	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	7.000.000,00	7.000.000,00

Ka. Sek. Pengembangan	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Karyawan Personalia	2	5.000.000,00	10.000.000,00
Karyawan Humas	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Keamanan	4	5.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Pembelian	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Pemasaran	4	5.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Administrasi	2	4.000.000,00	8.000.000,00
Karyawan Kas/Anggaran	2	4.000.000,00	8.000.000,00
Karyawan Proses	5	4.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Pengendalian	4	4.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Laboratorium	4	4.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	4	4.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Utilitas	8	4.000.000,00	32.000.000,00
Karyawan KKK	5	4.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Litbang	3	4.000.000,00	12.000.000,00
Operator	25	3.500.000,00	87.500.000,00
Sekretaris	3	4.500.000,00	13.500.000,00
Dokter	2	4.500.000,00	9.000.000,00
Paramedis	2	3.500.000,00	7.000.000,00
Sopir	4	3.000.000,00	12.000.000,00
Cleaning Service	7	3.000.000,00	21.000.000,00

Total	119		591.000.000,00
-------	-----	--	----------------

Table 4.32 Daftar Gaji karyawan

4.6.5.2 Kesejahteraan Karyawan

Peningkatan efektifitas kerja pada perusahaan dilakukan dengan cara pemberian fasilitas untuk kesejahteraan karyawan. Upaya yang dilakukan selain memberikan upah resmi adalah memberikan beberapa fasilitas lain kepada setiap tenaga kerja berupa:

1. Fasilitas cuti tahunan selama 12 hari.
2. Fasilitas cuti sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
3. Tunjangan hari raya dan bonus berdasarkan jabatan.
4. Pemberian *reward* bagi karyawan yang berprestasi.
5. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja lebih dari jumlah jam kerja pokok.
6. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian bagi keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja.
7. Pelayanan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja.
8. Penyediaan kantin, tempat ibadah, dan sarana olah raga.
9. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu dan sarung tangan).

10. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.

4.7 Evaluasi Ekonomi

Analisa ekonomi berfungsi untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak layak jika didirikan.

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya 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* (DCF)

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:

a. *Percent Return on Investment (ROI)*

Percent Return on Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time 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.

c. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point adalah titik impas dimana tidak mempunyai suatu keuntungan/kerugian.

d. *Shut Down Point (SDP)*

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).

No	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1	1990	356
2	1991	361,3
3	1992	358,2
4	1993	359,2
5	1994	368,1
6	1995	381,1
7	1996	381,7
8	1997	386,5
9	1998	389,5
10	1999	390,6
11	2000	394,1
12	2001	394,3
13	2002	395,6
14	2003	402
15	2004	444,2
16	2005	468,2
17	2006	499,6
18	2007	525,4
19	2008	575,4
20	2009	521,9
21	2010	550,8
22	2011	585,7
23	2012	584,6
24	2013	567,3

25	2014	576,1
26	2015	556,8
27	2016	541,7
28	2017	567,5

e. *Discounted Cash Flow*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*Discounted Cash Flow*” merupakan perkiraan 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.

4.7.1 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)*.

Tabel 4.33 *Chemical Engineering Plant Cost Index*

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) dan (Chemical engineering progress, 2017)

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

Dimana : E_x : Harga alat pada tahun x
 E_y : Harga alat pada tahun y
 N_x : Index harga pada tahun x
 N_y : Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak ada spesifikasi di referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan: (Peters & Timmerhaus, 1980)

$$E_b = E_a \left[\frac{C_b}{C_a} \right]^{0,6}$$

Dimana: E_a : Harga alat a
 E_b : Harga alat b
 C_a : Kapasitas alat a
 C_b : Kapasitas alat b

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukakan oleh Peters dan Timmerhaus tahun 1980 serta data-data yang diperoleh dari www.matche.com/equipcost. Berdasarkan data nilai CEP indeks

yang ada kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui nilai CEP index pada tahun referensi dan tahun pembelian. Nilai CEP index pada tahun referensi yaitu tahun 2014 adalah 576,1. Sementara nilai CEP indeks pada tahun pembelian yaitu tahun 2023 adalah 656,44.

4.7.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 10.000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Kurs mata uang : \$ 1= Rp. 15.187,00 (20 Oktober 2018)
- e. Tahun pabrik didirikan : 2023

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 Modal (Capital investment)

Capital investment adalah biaya untuk pengadaan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 4. 34 *Physichal Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 20.489.973.036	\$ 1.349.178
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 5.122.493.259	\$ 337.295
3	Instalasi cost	Rp 4.222.337.591	\$ 278.023
4	Pemipaan	Rp 12.316.096.182	\$ 810.963
5	Instrumentasi	Rp 5.286.676.133	\$ 348.105
6	Insulasi	Rp 922.268.028	\$ 60.727
7	Listrik	Rp 3.073.495.955	\$ 202.377
8	Bangunan	Rp 15.000.000.000	\$ 987.687
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 7.000.000.000	\$ 460.921
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 73.433.340.185	\$ 4.835.276

Tabel 4. 35 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 14.686.668.037	\$ 967.055
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp 88.120.008.222	\$ 5.802.331

Tabel 4. 36 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 88.120.008.222	\$ 5.802.331
2	Kontraktor	Rp 8.812.000.822	\$ 580.233
3	Biaya tak terduga	Rp 8.812.000.822	\$ 580.233
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 105.744.009.867	\$ 6.962.798

b. Working Capital Investment

Working Capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan/mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4. 37 *Total Working Capital Investment (TWCI)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 43.122.268.785	\$ 2.839.420
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 793.087.059	\$ 52.221
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 142.755.670.580	\$ 9.399.860

4	<i>Extended Credit</i>	Rp 181.363.636.364	\$11.942.032
5	<i>Available Cash</i>	Rp 142.755.670.580	\$ 9.399.860
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp 508.008.327.654	\$33.450.209

4.7.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu produk.

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 4. 38 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 474.344.956.633	\$31.233.618
2	<i>Labor</i>	Rp 591.000.000	\$ 38.915
3	<i>Supervision</i>	Rp 59.100.000	\$ 3.891
4	<i>Maintenance</i>	Rp 2.114.880.197	\$ 139.256
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 317.232.030	\$ 20.888
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 6.650.000.000	\$ 437.874
7	<i>Utilities</i>	Rp 26.223.380.003	\$ 1.726.699
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp 510.300.548.863	\$33.601.142

Tabel 4. 39 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 88.650.000	\$ 5.837
2	<i>Laboratory</i>	Rp 59.100.000	\$ 3.891
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 295.500.000	\$ 19.457
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 4.378.745	\$ 288
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 447.628.745	\$ 29.474

Tabel 4. 40 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 9.516.960.888	\$ 626.652
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 2.114.880.197	\$ 139.256
3	<i>Insurance</i>	Rp 1.057.440.099	\$ 69.628
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp 12.689.281.184	\$ 835.536

Tabel 4. 41 Total Manufacturing Cost (TMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 510.300.548.863	\$33.601.142
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 447.628.745	\$ 29.474
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 12.689.281.184	\$ 835.536
Manufacturing Cost (MC)		Rp 523.437.458.792	\$34.466.153

4.7.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expense*)

General expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

Tabel 4. 42 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 15.703.123.764	\$ 1.033.985
2	<i>Sales expense</i>	Rp 41.874.996.703	\$ 2.757.292
3	<i>Research</i>	Rp 26.171.872.940	\$ 1.723.308
4	<i>Finance</i>	Rp 11.627.640.888	\$ 765.631
<i>General Expense (GE)</i>		Rp 95.377.634.295	\$ 6.280.216

Tabel 4. 43 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 523.437.458.792	\$34.466.153
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 95.377.634.295	\$ 6.280.216
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp 618.815.093.087	\$40.746.368

4.7.3.4 Analisis Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 665.000.000.000

Total biaya produksi : Rp 618.815.093.087

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya

produksi

: Rp 46.184.906.913

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak keuntungan sebesar 50-52% (Aries & Newton, 1955).

Pajak : 50 % x Rp 46.184.906.913

: Rp 23.092.453.456

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 33.977.105.828

4.7.4 Analisis Kelayakan

1. Return on Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit (Keuntungan)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

a. ROI sebelum pajak (ROI_b)

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

ROI_b = 44 % (pabrik memenuhi kelayakan)

b. ROI setelah pajak (ROI_a)

ROI_a = 21,84 %

2. Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan+Depresiasi}}$$

a.POT sebelum pajak (POT_b)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum adalah 2 tahun. (Aries & Newton, 1955).

POT_b = 2 tahun (pabrik memenuhi kelayakan)

b.POT setelah pajak (POT_a)

POT_a = 3,24 tahun

3. Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama.

Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40 – 60 %.

$$\text{BEP} = \frac{Fa + 0.3Ra}{Sa - Va - 0.7Ra} \times 100\%$$

Tabel 4. 44 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 9.516.960.888	\$ 626.652
2	<i>Property taxes</i>	Rp 2.114.880.197	\$ 139.256
3	<i>Insurance</i>	Rp 1.057.440.099	\$ 69.628
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp 12.689.281.184	\$ 835.536

Tabel 4. 45 Annual Variable Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 474.344.956.633	\$31.233.618
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 4.378.745	\$ 288
3	<i>Utilities</i>	Rp 26.223.380.003	\$ 1.726.699
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 6.650.000.000	\$ 437.874
Variable Cost (Va)		Rp 507.222.715.381	\$33.398.480

Tabel 4. 46 Annual Regulated Cost (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 591.000.000	\$ 38.915
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 295.500.000	\$ 19.457
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 88.650.000	\$ 5.837
4	<i>Supervision</i>	Rp 59.100.000	\$ 3.891
5	<i>Laboratory</i>	Rp 59.100.000	\$ 3.891
6	<i>Administration</i>	Rp 15.703.123.764	\$ 1.033.985
7	<i>Finance</i>	Rp 11.627.640.888	\$ 765.631
8	<i>Sales expense</i>	Rp 41.874.996.703	\$ 2.757.292
9	<i>Research</i>	Rp 26.171.872.940	\$ 1.723.308
10	<i>Maintenance</i>	Rp 2.114.880.197	\$ 139.256
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 317.232.030	\$ 20.888

<i>Regulated Cost (Ra)</i>	Rp 98.903.096.522	\$ 6.512.352
-----------------------------------	--------------------------	---------------------

Tabel 4. 47 Annual Sales Cost (Sa)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Annual Sales Cost</i>	Rp 665.000.000.000	\$ 43787449,79
	<i>Annual Sales Cost (Sa)</i>	Rp 665.000.000.000	\$ 43787449,79

BEP = 45,48 % (pabrik memenuhi kelayakan)

4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0.3Ra}{Sa - Va - 0.7Ra} \times 100\%$$

SDP = 33,51 %

3. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

Umur pabrik (n)	: 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	: Rp 105.744.009.867
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	: Rp 581.375.081.598
<i>Salvage value (SV) = Depresiasi</i>	: Rp 9.516.960.888
<i>Cash flow (CF)</i>	: Rp 44.237.055.232

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

Persamaan untuk menentukan DCFR:

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} = [(1 + i)^9 + (1 + i)^8 + \dots + (1 + i) + 1] + \frac{(WC + SV)}{CF}$$

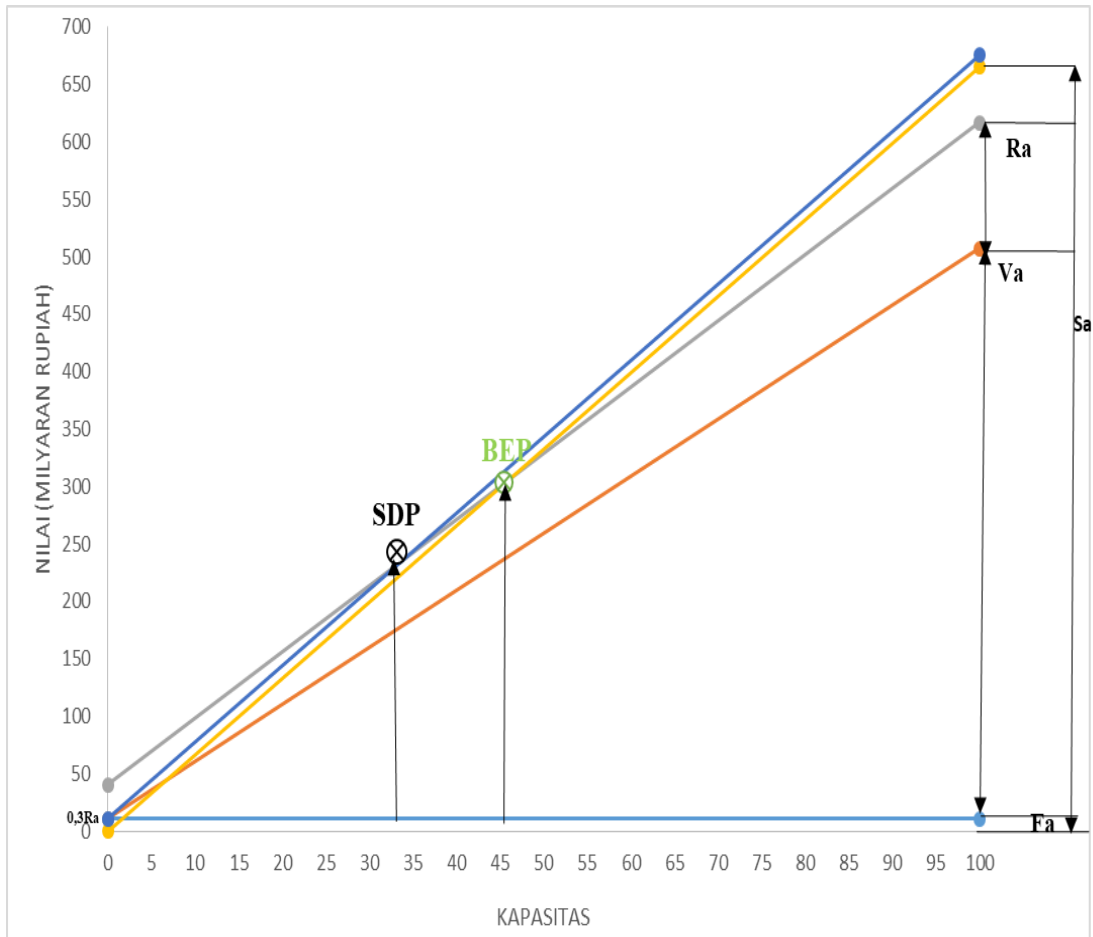
$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i : 0,2118$

DCFR	: 33,76 %
Minimum nilai DCFR	: 1,5 x bunga pinjaman bank (Aries Newton)
Bunga bank	: 11 %
Kesimpulan	: Memenuhi syarat (1,5 x 11% = 16,5%)

(Didasarkan pada suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 11% ,www.bi.go.id, berlaku mulai September 2018)

Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1.5 x suku bunga pinjaman bank (1.5 x 11% = 16,5 %)



Gambar 4.8 Grafik Analisa Kelayakan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pra rancangan pabrik Etanol dari Biji Sorgum dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa :

1. Ditinjau dari segi proses, sifat-sifat bahan baku dan kondisi operasinya, maka Pabrik Biotenal dari biji Sorgum dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp 46.184.906.913/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 23.092.453.456/tahun.
 - b. *Return On Investment* (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 44%, dan ROI setelah pajak sebesar 21,84%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).
 - c. *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 5 tahun dan POT setelah pajak selama 3,24 tahun. (Aries & Newton, 1955).

- d. *Break Event Point* (BEP) pada 43,68%, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 33,51%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 33%. Suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 11% (www.bi.go.id, Oktober 2018). Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank ($1,5 \times 11\% = 16,5\%$).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik Etanol dari Biji Sorgum dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
2. Produk Bioetanol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. "Chemical Engineerin Cost estimation", McGraw Hill Book Company, New York
- Agra, S. W., 1985, Ringkasan Reaktor Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Badan Pertanahan Nasional (BPN). 2018. <http://peta.bpn.go.id/>. Diakses pada 23 Oktober 2018 pukul 13.16 WIB
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. www.bps.go.id. Diakses pada 28 Oktober 2018 pukul 16.02 WIB
- BankIndonesia(BI).2013.<https://www.bi.go.id/id/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>. Diakses pada 6 Oktober 2018 pukul 19.16 WIB
- Branan, Carl R. 2005. "Rules of Thumb for Chemical Engineers", 4th ed, Elsevier, UK
- Brown, G.G. 1963. "Unit Operation ", 2nd ed, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H. 1959. "Process Equipment Design", John Wiley and Sons. Inc, New York
- Cengel A. Yunus, 2002. "HeatTransfer" New York: McGraw-Hill Book Company, Singapore.

- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. 2005. "Chemical Engineering", 4th ed, vol. 6, Pergamon Press, Oxford
- Fogler, H. Scott. 2004. "Elements of Chemical Reaction Engineering", 3rd ed, Prentice-Hall of India, New Delhi
- Hill, Charles G. 1977. "An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design", Wiley, United States
- Holman, J.P. 2010. "Heat Transfer", ed 10th, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York
- Kern, D.Q. 1965. "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Mathematics and chemistry. 2014. "Equipment Cost Index", www.matche.com. Diakses pada 29 Oktober 2018 pukul 21.20 WIB
- Perry, R.H and Grens, D.W. 2008. "Chemical engineering's Hand Book", 8th ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo
- Peter, M.S., and Timmerhaus. 1991. "Plant Design Economic for Chemical Engineering", 4th edition, Mc. Graw Hill Kogokusha Ltd, Tokyo
- Powell, R.E. 1954. "Water Conditioning for Industry", McGraw-Hill Book Company, New York
- Smith, J.M and Van Ness, H.C, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic's", 2nd ed, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York

Treyball, R.E. 1979. "Mass Transfer Operation's", 3rd ed, Mc Graw Hill Book
Kogakusha, Tokyo

Turton, Richard., et al. 2013. "Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Process
Fourth Edition", Printice Hall, United States

Ulrich, G.D, 1984, "A Guide to Chemical engineering Process Design and
Economic's ", John Wiley and Sons. Inc, New York

Graw Hill Book Company, Japan

Wallas, Stenley, M. 1991. "Chemical Process Equiment Selection and Design", Mc
GrawHill Book Co., Tokyo

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

LAMPIRAN

1. Perancangan Dimensi Reaktor

Fungsi	: Sebagai tempat reaksi hidrolisis Pati dan fermentasi glukosa
Fasa	: Padat - Cair
Jenis	: Batch Stirred-tank Fermentor
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-204 grade A</i>
Jumlah	: 2 unit
Waktu 1 <i>batch</i>	: 72 jam
Laju Alir Massa (W)	: 27.122,830 kg/jam
T _{operasi}	: 30°C
P _{operasi}	: 1 atm = 14,7 psi
Konversi	: 59 %

2. Menentukan Kapasitas Reaktor

Komposisi umpan masuk Tanki Fermentor

Komponen	Massa (Kg)
Pati	5.496,719
Air	5854,903668
H ₃ PO ₄	0,013766525
Glukosa	3186,986722
Etanol	2344,033052
CO ₂	2242,118572
O ₂	2086,370379
Aspergillus Niger	2086,370379
Ragi	2086,370379
Protein	1206,816861
Lemak	139,2480993
abu	392,878566
Total	27122,8297
Total	27122,8297

Laju alir volumetrik umpan, Q_f

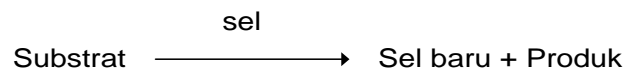
$$Q_f = \frac{\text{laju alir massa}}{\text{densitas}}$$

$$\frac{27122,8297}{1.354,828}$$

$$= 20,019 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Menentukan laju reaksi

Fermentasi



Data untuk fermentasi etanol (*sumber : Modeling Bioreactors*”, R. Miller & M. Melick, *Chemical Engineering Feb. 16, p. 113, 1987*) :

$$\text{Product concentrations, } C_p^* = 93,000 \text{ gr/dm}^3$$

$$\text{Empirical constant, } n = 0,520$$

$$\text{A maximum specific growth reaction rate, } \mu_{\max} = 0,200 \text{ hr}^{-1}$$

$$\text{Parameter analogous to the Michaelis constant, } K_s = 1,036,780 \text{ g/dm}^3$$

$$\text{Cell maintenance, } m = 0,225$$

$$\frac{\text{gr substrat}}{\text{gr cell} \cdot \text{tim}}$$

$$= 0,225 \text{ hr}^{-1}$$

$$\text{Yield coefficient pembentukan sell, } Y'_{c/s} = 3,796 \text{ gr/gr}$$

$$\text{Yield coefficient pembentukan produk, } Y_{p/s} = 0,511 \text{ g/g}$$

$$C_p = 81,588 \text{ gr/dm}^3$$

Yield coefficient pembentukan sell,

$$Y'_{c/s} = 3,796 \text{ gr/gr}$$

Yield coefficient pembentukan produk, $Y_{p/c}$

$$Y_{p/s} = \frac{\text{Etanol terbentuk}}{\text{glukosa bereaksi}}$$

$$= 0,511$$

$$Y_{p/c} = \frac{0,511}{604,352}$$

$$= 0,135 \text{ g/g}$$

Konstanta Deaktivasi, K_d

$$K_d = 0,01 \text{ hr}^{-1}$$

$$\text{Massa glukosa awal} = 3.186,987 \text{ kg/jam}$$

$$N_{AO} \text{ glukosa} = \frac{3.186,987 \text{ kg/jam}}{180 \text{ kg/mol}}$$

$$= 17,705 \text{ kmol/jam}$$

$$C_{Ao} \text{ glukosa} = \frac{17,75 \text{ kmol/jam}}{20,019 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 0,884 \text{ kmol/m}^3$$

- Konsentrasi Substrat, C_s

$$C_s = \frac{3.186,987 \text{ kg/jam}}{20,019 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 159,195 \text{ gr/dm}^3$$

$$\mu = \mu_{max} \frac{c_s}{k_s + c_s}$$

$$0,027 \text{ hr}^{-1}$$

$$C_c = C_{co} \cdot e^{\mu \cdot t}$$

$$= 708,570 \text{ gr/dm}^3$$

- Kecepatan pertumbuhan sel :

$$K_{obs} = \text{factor inhibisi}$$

$$K_{obs} = \left(1 - \frac{cp}{cp^*}\right)^n$$

...Fogler hal.703

$$= 0,350$$

$$rg = k_{obs} \cdot \mu \cdot Cc_0 \quad \dots \text{Eq.12.30 Fogler}$$

$$= 0,972 \text{ gr/dm}^3 \cdot \text{hr}$$

4. Menentukan Volume Reaktor, V_R

$$\text{Etanol terbentuk} = 2344,033 \text{ kg/jam}$$

$$V = \frac{v_o \cdot C_p}{Y_{p/c} \cdot rg}$$

$$= 17.865,047 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20 %

Maka kapasitas desain reactor adalah sebesar :

$$V_R = 21.438,057 \text{ m}^3$$

5. Menentukan Bentuk dan Ukuran Reaktor

Bentuk : Silinder tegak

Bahan : *Stainless steel SA-204 grade A*

➤ Menentukan Diameter Dalam dan Tinggi Reaktor Mula-mula

- Diameter Reaktor (D_i)

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

$$\begin{aligned}
 V_R &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot H \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot (1 \cdot D_i) \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_i &= [V_R / (\frac{1}{4} \pi)]^{1/3} \\
 &= 2,743 \text{ m} = 108 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned}
 H &= 1 \cdot D_i = 1 \times 2,743 \text{ m} \\
 &= 2,743 \text{ m} = 108 \text{ in}
 \end{aligned}$$

➤ Menentukan Tebal Dinding Reaktor (t_T)

- Tinggi Cairan dalam Reaktor (V_L)

$$\begin{aligned}
 V_L &= \frac{\pi}{4} \times D_i^2 \times h_{\text{cairan}} \\
 123,9514 &= \frac{\pi}{4} \times (2,6924)^2 \times h_{\text{cairan}} \\
 h_{\text{cairan}} \text{ perkiraan} &= 4,0272565 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Tekanan Desain

$$\begin{aligned}
 P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} \quad ; \quad g = 9,8 \text{ m/dt}^2 \\
 P_{\text{hidrostatik}} &= h_{\text{cairan}} \times \rho_{\text{cairan}} \times g \\
 &= 1,56333 \text{ m} \times 1086,8000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/dt}^2 \\
 &= 20,8 \text{ N/m}^2 =
 \end{aligned}$$

$$= 20,8 \text{ N/m}^2 \times 10^{-5} \text{ bar/ N/m}^2 \times 1,013 \text{ atm/ 1 bar}$$

$$= 0,0001 \text{ atm}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} = 1 \text{ atm} + 0,0002 \text{ atm}$$

$$= 1,0002 \text{ atm}$$

$$\text{safety factor} = 10 \%$$

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \times P_{\text{total}} = 1,1 \times (1,0002 \text{ atm}) = 1,1002 \text{ atm}$$

$$= 16,1732 \text{ psi}$$

- Tebal Dinding Reaktor

$$P \times r_i$$

$$t = \frac{\quad}{f \times E - 0,6 \times P} + c \quad (\text{Peters table 4 hal 537})$$

$$f \times E - 0,6 \times P$$

dimana :

t = tebal dinding reaktor, in

r_i = jari – jari bagian dalam tangki = 1/2 Di = 85,0891 in

f = *maximum allowable stress* = 18750 psi

→ untuk *stainless steel SA-167 grade 11 tipe 316*

E = efisiensi penyambungan = 80 % = 0,8

(Tipe *joint* yang dipilih adalah *double welded butt joint* \

tanpa diradiografi dan tanpa *stress relieve* → *max*

efficiency

berdasarkan tabel 13.2, hal 254, Brownell & Young)

c = faktor korosi = 0,0125 in/tahun (Tabel 6, Peters, hal 542)

→ umur tangki diperkirakan 10 tahun, maka :

$$= 0,0125 \text{ in/tahun} \times 10 \text{ tahun} = 0,125 \text{ in}$$

P = tekanan desain = 16,1732 psi

sehingga :

$$(16,1732 \text{ psi}) \cdot (85,0891 \text{ in})$$

$$t = \frac{\quad}{(18750 \text{ psi}) \cdot (0,8) - 0,6 \cdot (16,17327 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$(18750 \text{ psi}) \cdot (0,8) - 0,6 \cdot (16,17327 \text{ psi})$$

$$= 0,2168 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar *shell* (t_s) = 0,25 in

→ Tabel 5.8, hal 93, Brownell & Young

➤ Menentukan Diameter Reaktor Sesungguhnya

Diameter luar *shell* (D_o) adalah :

$$D_o = D_i + 2 \cdot t$$

$$= 170,1781 + (2 \times 1 \text{ in}) = 170,6781 \text{ in}$$

Diambil diameter luar *standart shell* (Brownell, table 5.7, hal 90), OD = 180 in. Karena tebal tangki diambil 0,25 in, maka diameter dalam tangki sesungguhnya adalah :

$$D_i = OD - (2 \times t) = 180 - (2 \times 0,25) = 179,5000 \text{ in} = 4,5593 \text{ m}$$

$$D_o = OD = 180 \text{ in} = 4,5720 \text{ m}$$

$$t_s = 0,25 \text{ in}$$

Tinggi Tangki, termasuk tinggi *head* dan *bottom*

$$H_t = H + 2 \times O_A$$

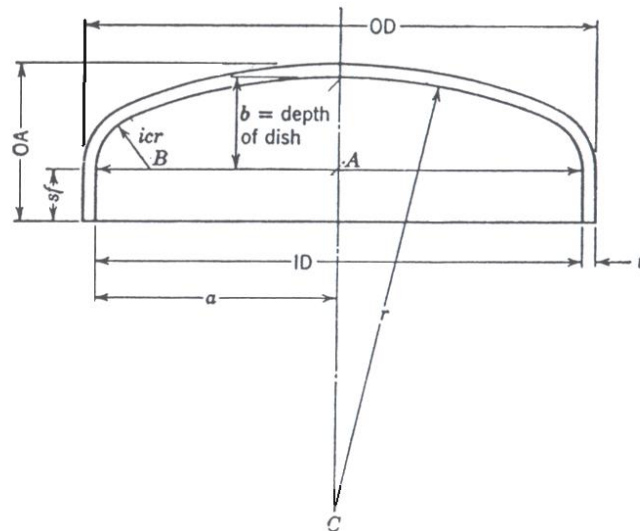
$$= 5,4911 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Tangki Termasuk Head (HT)

Bentuk : *Torispherical head (flange and dished head)*

(Brownell & Young, hal 88)

Bahan : *stainless steel SA-167 grade 11 tipe 316*



Gambar 5.1. Hubungan dimensional untuk *flange and dished head*

- Tebal Head

Berdasarkan table 5.7, Brownell & Young, hal 91, diperoleh :

$$icr = 10 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$icr = 11 \text{ in} > 10,77 \% \times Di$ sehingga memenuhi untuk *Torispherical head* (Brownell & Young, hal 88). Berdasarkan Brownell & Young, hal 256-258, karena $icr > 6 \% \times Di$, maka persamaan yang digunakan untuk menghitung tebal *head* adalah pers. 7.76 dan pers. 7.77, Brownell & Young, hal 135.

$$W = \frac{1}{4} (3 + (rc/ri)^{0,5}) \quad (\text{Pers. 7.76, Brownell})$$

Dimana :

W = faktor intensifikasi stress untuk *torispherical head*, in

rc = *radius of crown* = r = 170 in

ri = *inside corner radius* = icr = 11 in maka

W = $\frac{1}{4} (3 + (170 / 10)^{0,5}) = 1,7328$ in

P. rc. W

$t_H = \frac{\quad}{\quad} + c$ (Pers.7.77,

Brownell)

2. f. E – 0,2. P

dimana :

t_s = tebal *head*

rc = r = 180 in

W = 1,7328 in

f = *allowable stress* = 18750 psi

→ untuk *stainless steel SA-167 grade 11 tipe 316*

E = efisiensi penyambungan = 80 % = 0,8

→ untuk *double welded butt joint* (Brownell, table 13.2, hal 254)

c = faktor korosi = 0,0125 in/tahun

→ umur tangki diperkirakan 10 tahun, maka :

$$= 0,0125 \text{ in/tahun} \times 10 \text{ tahun} = 0,125 \text{ in}$$

P = tekanan desain = 16,132 psi

Sehingga :

$$(16,1732 \text{ psi}) \cdot (170) \cdot (1,7328 \text{ in})$$

$$t_H = \frac{\quad}{\quad} + 0,125 \text{ in}$$

$$2 \cdot (18750 \text{ psi}) \cdot (0,8) - 0,2 \cdot (16,1732 \text{ psi})$$

$$= 0,2838 \text{ in}$$

dipilih tebal *head* (t_H) = 0,3125 in.

- Tinggi *Head*

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk $t_H = 0,3125$

in :

Standart straight flange (S_f) = 1½ - 3 in (dipilih $S_f = 2$ in)

Dari tabel 5.7, Brownell & Young, hal 91, untuk OD = 180 in,

$$t_H = 0,3125 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 11 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

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

$$a = ID/2 = 179,5000 / 2 = 89,7500 \text{ in}$$

$$AB = (ID/2) - icr = 89,7500 - 11 = 78,7500 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 170 - 11 \text{ in} = 159,0000 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0,5} = (159,0000^2 - 78,7500^2)^{0,5} = 138,1283 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 170 - 138,1283 = 31,8717 \text{ in}$$

$$OA = tH + b + Sf = 0,3125 + 31,8717 + 2 = 36,1842 \text{ in} = 0,9191 \text{ m}$$

- Tinggi Cairan Maksimal dalam Reaktor (Z_L)

$$Z_L = \pi/4 \times D_i^2 \times h_{\text{cairan}} + OA$$

$$123,9514 = \pi/4 \times (4,5593^2) \times h_{\text{cairan}} + 0,9191$$

$$h_{\text{cairan}} \text{ sesungguhnya} = 3,1082 \text{ m}$$

- Tinggi Total Tangki

$$H = H_{\text{tangki}} + 2 \times OA$$

$$= 4,5720 \text{ m} + 2 \times 0,9191 \text{ m} = 5,4911 \text{ m}$$

6. PERANCANGAN PENGADUK

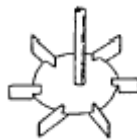
Bahan : *Stainless steel SA-204 grade A*

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 yang lain.
- Layak secara ekonomis dalam *power*.
- Tidak merusak partikel yang memiliki viskositas yang cukup besar.



gambar 5.2. *vertical blade turbine*

➤ Penentuan Dimensi Pengaduk

Penentuan Diameter Pengaduk

Untuk turbin $D_i / D_t = 1 / 3$

(Brown, hal 507)

Dimana :

D_t = diameter dalam tangki = ID tangki = 4,5593 m

D_i = diameter impeler (pengaduk)

Maka :

$$\begin{aligned} D_i &= D_t / 3 \\ &= 4,5593 \text{ m} / 3 = 1,5198 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Penentuan Lebar *Blade* Pengaduk

- Menentukan Lebar *Blade* Pengaduk

$$W_b = D_i / 4 = 1,5198 \text{ m} / 4 = 0,3799 \text{ m}$$

- Penentuan Lebar *Baffle*

Jumlah *baffle* = 4 buah (Brown, hal 507)

$W/D_t = 0,17$ (Brown, hal 507)

Maka lebar *baffle* = $W = 0,17 \times 5,7404 \text{ m}$

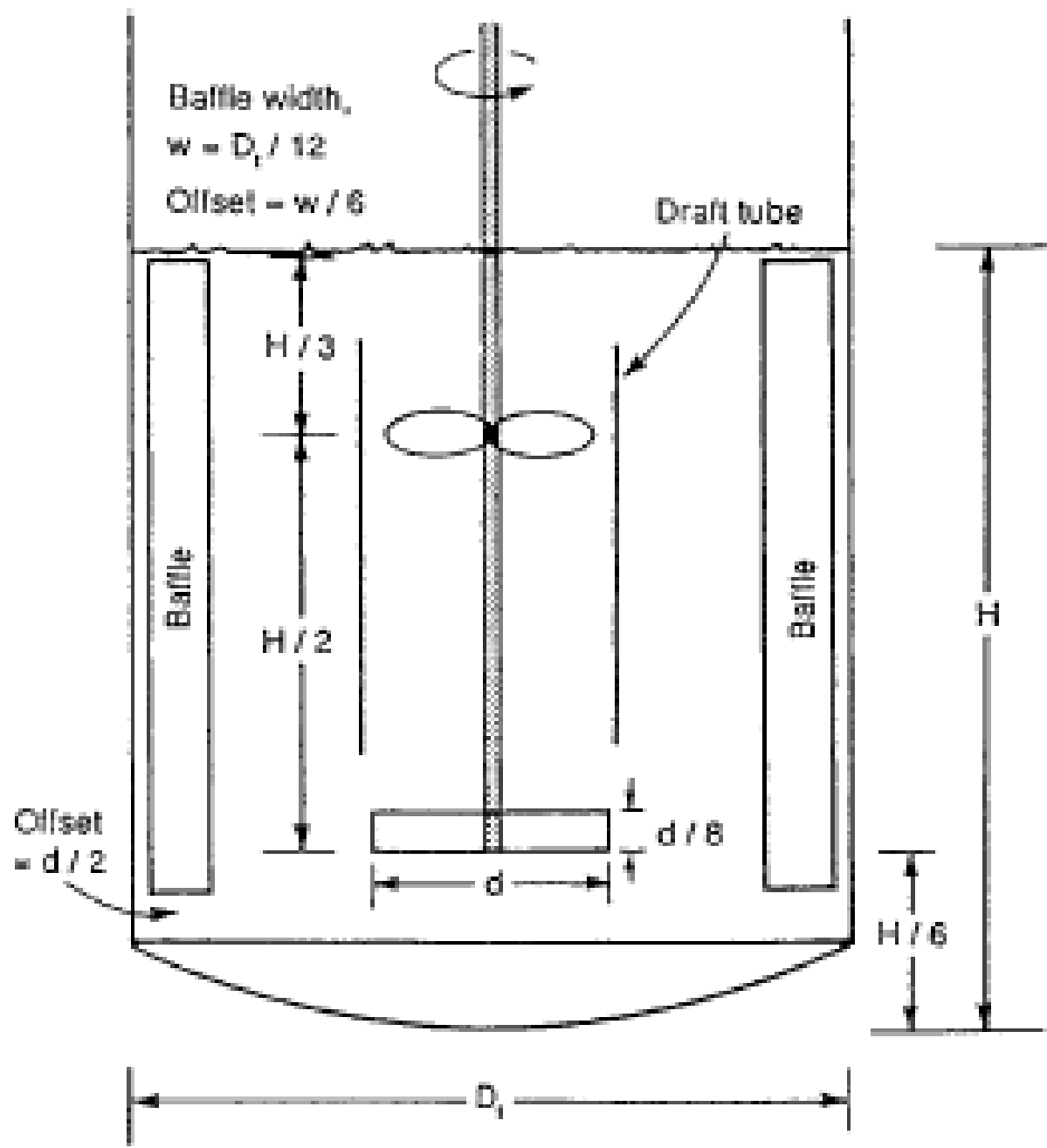
$$= 0,9759 \text{ m}$$

Penentuan *Offset Top* dan *Offset Bottom*

$$\textit{Offset Top} = 1,5198 \text{ m} / 6 = 0,2533 \text{ m}$$

$$\textit{Offset Bottom} = D_i / 2$$

$$= 1,5198 \text{ m} / 2 = 0,7599 \text{ m}$$



➤ **Penentuan Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki**

$Z_i/D_i = 0,75$ s/d $1,3$ (Brown, hal 507) diambil $Z_i/D_i = 1$

Maka tinggi tepi blade dari dasar tangki = $Z_i = 1 \times D_i = 1 \times 1,5198$ m
 $= 1,5198$ m

Dari perhitungan sebelumnya telah di ketahui bahwa $Z_l = 4,0272565$ m

Banyaknya pengaduk yang digunakan ditentukan dengan cara Walas hal

$288 = Z_l/D_t$ (tinggi cairan/diameter tangki) $= 4,0272565 / 4,5593 = 0,9$

$\mu < 25.000$ cP dan maksimum level $Z_l/D_t = 1,4 \approx 1$ pengaduk

maka banyaknya pengaduk yang digunakan ≈ 1 pengaduk

➤ **Menentukan Kecepatan Pengadukan**

Menentukan Bilangan Reynolds

$$Re = (n \times D_i^2 \times \rho_{\text{campuran}}) / \mu_{\text{campuran}}$$

Dimana :

$$D_i = 1,9135 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 1354,8276 \text{ kg/m}^3$$

Menentukan Putaran Pengaduk, N

$$\frac{N D_i}{(\tau g gc / \rho)^{0,25}} = 1,22 + 1,25 \frac{D_T}{D_i}$$

$$\begin{aligned}
 D_i &= \text{Diameter pengaduk} &= 4,985 \text{ ft} \\
 S &= \text{Konstanta} &= 7,500 \\
 D_p &= \text{Diameter partikel} &= 0,005 \text{ cm} \\
 V &= \text{Viskositas kinematika} &= 0,009 \text{ cm}^2/\text{s} \\
 g &= \text{gravitasi} &= 980,000 \text{ cm/s}^2 \\
 B &= (\text{berat solid/berat liquid}) \times 100 &= 54,310 \\
 \rho &= 1354,828 \text{ kg/m}^3 \\
 \Delta\rho &= 354,828 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{S \times V^{0,1} \times D_p^{0,2} \times (g \cdot (\Delta\rho/\rho))^{0,45} \times B^{0,13}}{D_i^{0,85}} \\
 &= 0,465 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

➤ Menentukan Power Pengaduk

Nilai reynold number, N_{RE}

$$\begin{aligned}
 N_{RE} &= \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu} \\
 &= 728.902,279
 \end{aligned}$$

Untuk $N_{RE} > 10.000$ pada tanki yang dilengkapi dengan baffle maka power pengaduk tidak bergantung pada nilai N_{RE} .

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

Dimana :

K_T = faktor pengaduk

$$= 6,300$$

ρ = 84,451 lb/ft³

Di = 4,985 ft

gc = 32,172 ft/s²

maka :

P = 9,312 HP

Efisiensi motor = 82%

p = 11,219 HP

Dipakai motor 11 HP.

7. PERANCANGAN JAKET

Fungsi :

- Menyerap panas yang dilepaskan reaksi
- Menaikkan suhu pada saat sterilisasi fermentor

➤ **Perancangan Jacket sebagai Pendingin**

- Penentuan Laju Alir Volumetrik *air pendingin*

$$Q = 35136,46 \text{ KKal/gr}^\circ\text{C}$$

Massa *Air Pendingin* yang digunakan (W_s) :

$$W_s = 30,119 \text{ kg/jam}$$

$$C_p \text{ air pada } T = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ kkal/gr}^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur keluar} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Densitas air pada suhu } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 995,65 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu pendinginan} = t = 0,25 \text{ jam} = 15 \text{ menit}$$

$$Q_a = W / (\rho \times t) = 0,1210 \text{ m}^3$$

- Pengecekan Jacket yang Digunakan
 - a. Luas Perpindahan Panas

Tabel 5.11. Tabel luas perpindahan panas jaket pemanas

	T_{in}	T_{out}
Fluida panas = <i>bahan</i> dalam reaktor	40°C = 104 F	35°C = 95 F
Fluida air = <i>air pendingin</i>	30°C = 86 F	38°C = 100 F

T_{in} = temperatur fluida masuk

T_{out} = temperatur fluida keluar

$$(T_{h1} - T_{c1}) - (T_{h2} - T_{c2})$$

$$\text{LMTD} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$(T_{h1} - T_{c1})$$

$$\ln \frac{\quad}{\quad}$$

$$(T_{h2} - T_{c1})$$

$$\begin{aligned}
 & (104 - 86) - (95 - 100) \\
 \text{LMTD} = & \frac{\quad}{\quad} \\
 & (104 - 86) \\
 & \ln \frac{\quad}{\quad} \\
 & (95 - 86) \\
 = & 6,166 \text{ F}
 \end{aligned}$$

dari Tabel 5, Kern, untuk *air*, pada temperatur 86 F, diperoleh harga :

$$\text{Re}_j = \frac{D_i^2 \times N \times \rho_{\text{campuran}}}{\mu_{\text{campuran}}}$$

dimana :

Di = diameter pengaduk = 1,5198 m = 4,9862 ft

N = perputaran pengaduk = 115 rpm = 6.900 rph

ρ = densitas campuran cairan dalam reaktor = 1354,8276 kg/m³
 = 84,6048 lb/ft³

μ = viskositas campuran cairan dalam reaktor = 0,0011 kg/m.dt
 = 2,6377 lb/ft.jam

maka :

$$Re_j = \frac{D_i^2 \times N \times \rho_{\text{campuran}}}{\mu_{\text{campuran}}}$$

$$= 5502833,8380$$

Dengan harga Re_j = dapat dicari harga J dari fig. 20.2, Kern, sehingga didapat J (faktor transfer panas jaket) = 1000

$$J = h_i \cdot D_i / k \times (c \times \mu / k)^{1/3} \times (\mu / \mu_w)^{0,14}$$

$$k_{86} = 0,3560 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

Dimana :

h_i = koefisien perpindahan panas fluida

k = konduktifitas termal = 0,3560 Btu/jam.ft²

D_j = diameter dalam jaket = 15,0007 ft

c = kapasitas panas spesifik rata-rata = 1,0010 Btu/lb.F

μ = viskositas campuran cairan dalam reaktor = 2,6377 lb/ft.jam

μ_w = viskositas pada temperatur dinding *tube*/ pipa

$(\mu/\mu_w)^{0,14} = 1 \rightarrow$ untuk air (Kern, hal 719)

maka :

$$h_i = 46,2814 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

$$h_{io} = (ID/DO) \times h_i = 46,1529 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

Perhitungan h_o

$$Re = (De \times G)/\mu$$

$$G = \text{Mass flow velocity} = W/t = 211,3797 \text{ lb/jam}$$

Viskositas air pada suhu $30^\circ\text{C} = 0,0008 \text{ kg/m.detik} = 1,93576 \text{ lb/ft.jam}$

$$Re = 3,7649$$

$$J = h_o \cdot D_j / k \times (c \times \mu / k)^{1/3} \times (\mu / \mu_w)^{0,14}$$

Maka $J = 176$

Dimana :

h_o = koefisien perpindahan panas fluida

k = konduktifitas termal = $0.3560 \text{ Btu/jam.ft}^2$

D_j = diameter dalam jaket = $15,0007 \text{ ft}$

c = kapasitas panas spesifik rata-rata = 50000 Btu/lb.F

μ = viskositas campuran cairan dalam reaktor = 2,6377 lb/ft.jam

μ_w = viskositas pada temperatur dinding *tube*/ pipa

$(\mu/\mu_w)^{0,14} = 1 \rightarrow$ untuk air (Kern, hal 719)

maka :

$$h_o = 299,1318 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

$$h_o \times h_{i_o}$$

$$U_c = \frac{\quad}{\quad}$$

$$h_o + h_{i_o}$$

dimana : U_c = koefisien *clean overall*

maka :

$$299,1318 \times 46,1529$$

$$U_c = \frac{\quad}{\quad}$$

$$299,1318 + 46,1529$$

$$= 39,9838 \text{ Btu/jam.ft.}$$

diketahui : $R_{d \min} = 0,003$ untuk *air* dalam jaket

$$h_d = 1 / R_{d \min} = 1 / 0,003 = 333,3333$$

$$U_d = (U_c \times h_d) / (U_c + h_d)$$

$$= 0,02801 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$R_d \text{ terkoreksi} = (U_c - U_d) / (U_c \times U_d)$$

$$= 0,02801$$

$R_d \text{ terkoreksi} \geq R_{d \min}$ sehingga jaket dapat digunakan

b. Panas pada Jaket

$$A_j = (\pi \times D_j \times h_{\text{tangki}}) + (2 \times D_j^2)$$

Dimana :

$$ID_j = \text{diameter dalam jaket} = 15,0007 \text{ ft}$$

$$H_{\text{tangki}} = \text{tinggi tangki} = 18,0162 \text{ ft}$$

$$A_{\text{jaket}} = 1298,6496 \text{ ft}^2$$

Aterhitung = luas permukaan transfer panas yang diperlukan

$$= Q / (U_d \times \text{LMTD})$$

$$\text{Diketahui } Q = 35136,4635 \text{ kJ/jam} = 33302,3401 \text{ Btu /jam}$$

$$\text{Maka Aterhitung} = 286,3717 \text{ ft}^2$$

Jaket dapat digunakan karena $A_{jaket} > A_{terhitung}$

Penentuan Diameter Jacket

$$V_j = [(\pi/4 \times OD_j^2 \times H_s) + (\pi/3 \times 1/4 \times OD_j^2 \times OA)] - [(\pi/4 \times ID_j^2 \times H_s) + (\pi/3 \times ID_j^2 \times OA)]$$

Dimana :

$$V_j = \text{volume jacket} = Q_a \times t = 0,0303 \text{ m}^3$$

OD_j = diameter luar jacket

ID_j = diameter dalam jacket = $OD = 4,5720 \text{ m}$

H_s = tinggi jacket yang menutupi tangki = $4,5720 \text{ m}$

OA = tinggi *head* = $0,9191 \text{ m}$

Maka :

$$OD_j = 4,5729 \text{ m} = 15,0029 \text{ ft}$$

Penentuan Tebal Jacket

$$t_j = \frac{(OD_j - ID_j)}{2}$$

dimana :

t_j = tebal jaket

OD_j = diameter luar jaket = 4,5729 m

ID_j = diameter dalam jaket = 4,5720 m

OA = tinggi *head*

Maka :

$$t_j = \frac{(4,5729 - 4,5720)}{2}$$
$$= 0,0004 \text{ m} = 0,01575 \text{ in}$$