

**PRA RANCANGAN PABRIK GLUKOSA
DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN**

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



Oleh:

Nama : Linda Ismail Sabaniah

Nama : Resi Miani

NIM : 20521123

NIM : 20521227

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA PERANCANGAN PABRIK GLUKOSA DARI
TONGKOL JAGUNG DENGAN KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Linda Ismail Sabaniah	Nama	: Resi Miani
No. Mahasiswa	: 20521123	No. Mahasiswa	: 20521227

Yogyakarta, 04 September 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini bukan dari hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi sesuai peraturan yang berlaku Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan

Linda Ismail Sabaniah

Td. Tangan

Resi Miani

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA PERANCANGAN PABRIK GLUKOSA DARI
TONGKOL JAGUNG DENGAN KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Linda Ismail Sabaniah

Nama : Resi Miani

NIM : 20521123

NIM : 20521227

Yogyakarta, 04 September 2024

Pembimbing



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

NIP.105210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK GLUKOSA DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Linda Ismail Sabaniah

Nama : Resi Miani

NIM : 20521123

NIM : 20521189

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

Yogyakarta, 30 September 2024

Tim Penguji.

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

Ketua Penguji



Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.

Penguji 1



Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji 2



Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Taklupa sholawat beserta salam selalu tercurah kepada junjungan besar kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya,

Tugas Akhir Perancangan Pabrik yang berjudul **“Pra Perancangan Pabrik Glukosa dari Tongkol Jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun”**, disusun sebagai bentuk penerapan ilmu keteknikan selama masa studi, yang juga merupakan salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia.

Penulisan Tugas Akhir ini tentunya dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini kami menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas Rahmat serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penyesunan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua kami, (Bapak Rukmana dan Ibu Ipah Latipah selaku orang tua dari Linda Ismail Sabaniah) serta (Bapak Lakoni dan Ibu Uminah selaku orang tua dari Resi Miani) dan seluruh keluarga yang telah memberikan motivasi, serta dukungan baik secara moril maupun materil.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Ibu Dr.Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. Selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahannya, bimbingan serta dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh teman-teman seperjuangan khususnya mahasiswa Teknik Kimia angkatan 2020, yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa.
7. Semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Selaku penulis kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami terbuka atas kritik dan saran serta masukan yang membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan pembaca. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 04 September 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	1
<i>ABSTRACT</i>	2
BAB I PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	4
1.3 Produksi Dalam Negeri	4
1.3.1 Konsumsi Dalam Negeri	5
1.3.2 Impor	6
1.3.3 Ekspor.....	8
1.3.4 Peluang	10
1.4 Tinjauan Pustaka.....	12

1.4.1 Glukosa.....	12
1.4.2 Tongkol Jagung.....	12
1.4.3 Lignoselulosa.....	13
1.4.4 Proses Manufaktur Glukosa.....	14
1.4.5 Seleksi Proses	15
1.4.6 Tinjauan Termodinamika	16
1.4.7 Tinjauan Kinetika	19
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	21
2.1 Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung	23
2.2 Pengendalian Kualitas	25
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	25
2.2.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung	25
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	26
2.2.4 Pengendalian Proses Produksi	26
BAB III PERANCANGAN PROSES	28
3.1 Diagram Alir Kualitatif.....	28
3.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	29
3.3 Uraian Proses.....	30
3.3.1 Tahap <i>Pre-Treatment</i>	30
3.3.2 Tahap Hidrolisis Asam.....	31
3.3.3 Tahap Pemurnian	31

3.4 Spesifikasi Alat.....	34
3.4.1 Spesifikasi Alat Pemisah	34
3.4.2 Spesifikasi Alat Pendukung	38
3.4.3 Spesifikasi Reaktor (R-01)	44
3.4.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	46
3.4.5 Spesifikasi Alat Transportasi	48
3.4.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas	55
3.5 Neraca Massa.....	60
3.5.1 Neraca Massa Alat	60
3.6 Neraca Panas.....	64
3.6.1 Neraca Panas Total	64
3.6.2 Neraca Panas Alat	65
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	67
4.1 Lokasi Pabrik.....	67
4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	68
4.1.2 Pemasaran Produk	68
4.1.3 Sarana Transportasi dan Telekomunikasi	68
4.1.4 Utilitas	69
4.1.5 Tenaga Kerja.....	69
4.1.6 Keadaan Iklim.....	69
4.1.7 Lingkungan dan Masyarakat	70

4.1.8 Limbah Industri	70
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	70
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	76
4.4 Organisasi Perusahaan.....	80
4.4.1 Bentuk Perusahaan	80
4.4.2 Struktur Organisasi	81
4.4.3 Tugas dan Wewenang	83
4.4.4 Jadwal Kerja Karyawan.....	86
4.4.5 Penggolongan Jabatan Sistem Gaji	88
4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan	92
BAB V UTILITAS.....	94
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	97
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	97
5.1.2 Unit Pengolahan Air	101
5.2 Unit Pembangkit Steam	106
5.3 Unit Pembangkit Listrik	106
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	109
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	110
5.6 Unit Pengolahan Limbah	110
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas	110
Pompa Utilitas	123

BAB VI EVALUASI EKONOMI	129
6.2 Penaksiran Harga Alat	130
6.3 Dasar Perhitungan	140
6.4 Perhitungan Biaya	140
6.4.1 Modal (<i>Capital Investment</i>)	140
<i>a. Capital Investment (Fixed dan Working Capital)</i>	140
<i>b. Working Capital Investment</i>	142
6.4.2 <i>Total Production Cost (direct manufacturing cost, indirect manufacturing cost, fixed manufacturing cost dan general expenses)</i>	143
6.4.3 <i>General Expense</i>	145
6.5 Analisa Kelayakan	146
6.5.1 Sales and Profit.....	146
6.5.2 <i>Return On Investmenst (ROI)</i>	147
6.5.3 <i>Pay Out Time (POT)</i>	148
6.5.4 <i>Break Event Point (BEP)</i>	148
6.5.5 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	150
6.5.6 <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	151
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	153
7.1 Kesimpulan.....	153
7.2 Saran	154
DAFTAR PUSTAKA	155

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kebutuhan Glukosa di Indonesia.....	5
Tabel 1. 2 Pertumbuhan Konsumsi Glukosa Tahun 2015-2020	5
Tabel 1. 3 Data Impor Glukosa Tahun 2018-2023	7
Tabel 1. 4 Pertumbuhan Impor Glukosa Tahun 2018-2023.....	7
Tabel 1. 5 Data Ekspor Glukosa Tahun 2018-2023	8
Tabel 1. 6 Pertumbuhan Ekspor Glukosa Tahun 2018-2023	9
Tabel 1. 7 Supply dan demand tahun 2030.....	10
Tabel 1. 8 Produksi jagung pada tahun 2023 di beberapa Kabupaten Jawa Timur	11
Tabel 1. 9 Komposisi Tongkol Jagung	13
Tabel 1. 10 Perbandingan Proses Hidrolisis	16
Tabel 1. 11 Harga ΔH°_f pada masing-masing komponen	17
Tabel 1. 12 Harga ΔG°_f pada masing-masing komponen.....	18
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat RDVF-01	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat RDVF-02	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat ADS-01	36
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat FT-01	37
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat NF-01.....	38
Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat CRS-01	38
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat VS-01.....	39

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat DLG-01	40
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat M-01	41
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat M-02	43
Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat R-01	44
Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	46
Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa.....	48
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Belt Conveyor.....	53
Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Bucket Elevator	53
Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Screw Conveyor	54
Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater	55
Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler	58
Tabel 3. 19 Neraca Massa CRS-01	60
Tabel 3. 20 Neraca Massa VS-01.....	60
Tabel 3. 21 Neraca Massa DLG-01	60
Tabel 3. 22 Neraca Massa RDVF-01	61
Tabel 3. 23 Neraca Massa R-01	62
Tabel 3. 24 Neraca Massa RDVF-02.....	62
Tabel 3. 25 Neraca Massa ADS-01.....	63
Tabel 3. 26 Neraca Massa FT-01	63
Tabel 3. 27 Neraca Massa NF-01	64
Tabel 3. 28 Neraca Panas Total.....	64
Tabel 3. 29 Neraca Panas R-01	65
Tabel 3. 30 Neraca Panas HE-01	65
Tabel 3. 31 Neraca Panas HE-02	65

Tabel 3. 32 Neraca Panas HE-03	66
Tabel 3. 33 Neraca Panas CL-01	66
Tabel 4. 1 Data Ukuran Luas Area Pabrik	73
Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan	89
Tabel 4. 3 Harga Gaji Karyawan	89
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik	99
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses	99
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Umpan Boiler	100
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Pendingin	101
Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Air.....	101
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses	107
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	108
Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat BU-01	111
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat KL-01	111
Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat SF-01	112
Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat BU-02	113
Tabel 5. 12 Spesifikasi Alat T-01	114
Tabel 5. 13 Spesifikasi Alat T-02.....	115
Tabel 5. 14 Spesifikasi Alat BU-05	115
Tabel 5. 15 Spesifikasi Alat BU-04	116
Tabel 5. 16 Spesifikasi Alat KE-01	117
Tabel 5. 17 Spesifikasi Alat AE-01	118
Tabel 5. 18 Spesifikasi Alat D-01	119
Tabel 5. 19 Spesifikasi Alat CT-01	120

Tabel 5. 20 Spesifikasi Alat Penyimpanan	121
Tabel 5. 21 Spesifikasi Pompa Utilitas	123
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat	131
Tabel 6. 2 Daftar Harga Alat Proses	134
Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas	137
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (DPC).....	141
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DC).....	142
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment	142
Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI).....	142
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)	143
Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	144
Tabel 6. 10 General Expense	145
Tabel 6. 11 Total Production Cost.....	146
Tabel 6. 12 Annual Fixed Cost (Fa).....	149
Tabel 6. 13 Annual Variable Cost (Va)	149
Tabel 6. 14 Annual Regulated Expense (Ra).....	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hazard Diamond pada Asam Sulfat.....	23
Gambar 2. 2 <i>Hazard Diamond</i> pada Natrium Hidroksida	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Glukosa	28
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi Glukosa	29
Gambar 4. 1 Peta Rencana Lokasi Pabrik Sirup Glukosa	67
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik	76
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	80
Gambar 4. 4 Pembagian Shift Karyawan	88
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	96
Gambar 6. 1 Grafik Regresi Linear	133
Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point (BEP).....	152

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR	155
LAMPIRAN B <i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i> (PEFD)	174
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN.....	176

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, Kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
x	: Konversi, %
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, Jam
m	: Massa, Kg
Fv	: Laju Alir Volumetrik, m ³
r	: Jari-jari, in
P	: <i>Power Motor</i> , Hp
ts	: Tebal <i>Shell</i> , in
ΔP	: <i>Pressure Drop</i> , psia
ID	: <i>Inside</i> diameter, in

OD : *Outside* diameter, in
 th : Tebal *head*, in
 Re : Bilangan Reynold
 f : *Allowable Stress*, psia
 E : Efisiensi Pengelasan
 C : *Corrosion allowance*
 icr : Jari-jari sudut dalam, in
 Zi : Jarak pengaduk, m
 ZL : Tinggi pengaduk, m
 N : Kecepatan pengadukan, rpm
 Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft² °F
 Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft² °F
 Rd : Faktor Pengotor
 Cp : Kapasitas Panas, Btu/lb °F
 K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft² °F
 JH : *Heat transfer factor*
 Hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
 Ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
 LMTD : *Long mean Temperature different*, °F

K : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu

ΔH : Entalpi, KJ/Jam

th : Tebal *head*, in

ROI : *Return On Investment*

POT : *Pay Out Time*

DCFRR : *Discounted Cash Flow Rate of Return*

BEP : *Break Event Point*

SDP : *Shut Down Point*

Fa : *Annual Fixed Cost*

Va : *Annual Variable Cost*

Ra : *Annual Regulated Expense*

CEPCI : *Chemical Engineering Plant Cost*

ABSTRAK

Glukosa merupakan monosakarida dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_6$. Glukosa banyak digunakan pada industri makanan, obat-obatan, serta farmasi. Pabrik Glukosa dari tongkol jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun pada tahun 2030 di Kabupaten Tuban, Jawa Timur yang akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun kerja. Bahan baku yang digunakan untuk mendirikan pabrik tersebut adalah sebesar 13.371,79 kg/jam. Proses produksi Glukosa dari tongkol jagung melibatkan proses *pre-treatment*, yaitu *delignifikasi* bahan baku untuk menghilangkan lignin kemudian dilanjutkan dengan proses utama, yaitu hidrolisis asam untuk membentuk glukosa. Proses hidrolisis asam berlangsung pada kondisi operasi suhu $60^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm dengan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Berdasarkan tinjauan analisis kelayakan, pabrik ini memiliki resiko rendah (*Low Risk*) dengan nilai *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 32,09% dan ROI setelah pajak sebesar 20,86%. Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,43 tahun dan setelah pajak adalah 3,35 tahun. *Break Event Point* (BEP) sebesar 45,08% , *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,54% kapasitas produksi dan *Discount Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 12,11%. Berdasarkan data analisis teknis dan ekonomi tersebut, maka pabrik Glukosa dari tongkol jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : *Tongkol jagung, Glukosa, Hidrolisis asam*

ABSTRACT

Glucose is a monosaccharide with the chemical formula $C_6H_{12}O_6$. Glucose is widely used in the food, medicine, and pharmaceutical industries. Glucose plant from corn cob with a capacity of 60,000 tons/year is planned to be built in 2030 in Tuban Regency, East Java which will operate for 330 days in one working year. The raw material used to build the plant is 13,371.79 kg/hour. Glucose production process from corn cob involves a pre-treatment process, namely delignification of raw materials to remove lignin and then continued with the main process, namely acid hydrolysis to form glucose. The acid hydrolysis process takes place under operating conditions of temperature 60 C and pressure 1 atm using a stirred tank flow reactor (RATB). Based on the feasibility analysis review, this plant has a low risk with a pre-tax Return of Investment (ROI) value of 32.09% and an after-tax ROI of 20.86%. The Pay Out Time (POT) value before tax is 2.43 years and after tax is 3.35 years. Break Event Point (BEP) of 45.08%, Shut Down Point (SDP) of 24.54% production capacity and Discount Cash Flow Rate of Return (DCFRR) of 12.11%. Based on the technical and economic analysis data, the Glucose plant from corn cob with a capacity of 60,000 tons/year is worthy of further study.

Keywords: *Corn cob, Glucose, Acid hydrolysis*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris (*agriculture country*) yang memiliki beragam hasil pertanian mulai dari padi, jagung, ubi kayu dan sejumlah hasil pertanian lainnya yang sangat penting dalam perindustrian nasional. Jagung merupakan salah satu hasil tani yang melimpah di Indonesia. Pada umumnya jagung digunakan sebagai makanan pokok maupun bahan baku industri. Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2023 produksi jagung nasional berada pada angka 14,46 juta ton.

Banyaknya produksi jagung, akan menimbulkan banyak limbah salah satunya tongkol jagung. Limbah tongkol jagung belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal tongkol jagung berpotensi sebagai sumber biomassa karena mengandung kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi (Hayati & Ibrahim, 2022). Limbah lignoselulosa merupakan limbah yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Limbah tongkol jagung mengandung selulosa 35-55%, hemiselulosa 25-35% dan lignin 20-30% (Eriningsih et al., 2011). Kandungan selulosa dalam tongkol jagung dapat dikonversi untuk memproduksi glukosa.

Glukosa merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ dan termasuk ke dalam salah satu monosakarida sederhana (Anjana et al., n.d.). Glukosa adalah produk pemanis yang berbentuk padatan, tidak berbau, tidak berwarna dan dapat diperoleh dari bahan berpati, seperti tapioka, umbi-umbian, sagu dan jagung.

Kebutuhan glukosa semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya penggunaan glukosa di industri makanan dan minuman serta sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia maupun obat-obatan. Akan tetapi, sampai saat ini produksi glukosa di Indonesia belum memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sehingga, Indonesia masih mengimpor glukosa dari beberapa negara seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat dan lain-lain. Sehubungan dengan hal tersebut, pendirian pabrik glukosa baru akan sangat membantu untuk memenuhi kebutuhan industri-industri terkait dan dapat membantu mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor glukosa.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Terdapat beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas produksi pabrik, di antaranya kebutuhan konsumsi dan produksi produk serta ekspor dan impor. Pabrik glukosa direncanakan akan didirikan pada tahun 2030 dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas produksi tersebut dilakukan dengan menentukan peluang menggunakan analisis *demand* dan *supply*. *Demand* terdiri dari besarnya konsumsi dalam negeri dan ekspor sedangkan *supply* terdiri dari besarnya produksi dalam negeri dan impor. Untuk setiap data dari BPS, diambil data lima tahun kebelakang lalu diproyeksikan untuk tahun 2030.

1.3 Produksi Dalam Negeri

Di Indonesia terdapat beberapa pabrik glukosa yang sudah beroperasi, yaitu PT Suba Indah, PT BAJ dan PT Associated British. Kapasitas produksi masing-masing pabrik secara berurutan sebesar 82.500 ton/tahun, 18.000 ton/tahun, dan 72.500 ton/tahun. Sehingga diperkirakan kapasitas produksi glukosa di Indonesia pada tahun 2030 adalah 173.000 ton/tahun.

1.3.1 Konsumsi Dalam Negeri

Glukosa merupakan salah satu produk kimia yang banyak digunakan di industri kimia, makanan dan minuman, farmasi dan sektor industri lainnya. Menurut data statistik industri manufaktur bahan baku BPS RI, konsumsi glukosa di Indonesia pada tahun 2015-2020 ditunjukkan pada tabel 1.1, sebagai berikut :

Tabel 1. 1 Kebutuhan Glukosa di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2015	113.991,00
2016	154.735,00
2017	182.894,00
2018	261.135,54
2019	222.275,98
2020	282.496,51

Berdasarkan data pada tahun 2015-2020, dapat diperkirakan besarnya konsumsi pada tahun 2030 dengan cara menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan. Estimasi konsumsi glukosa tahun 2030 dengan rata-rata pertumbuhan ditunjukkan pada tabel 1.2

Tabel 1. 2 Pertumbuhan Konsumsi Glukosa Tahun 2015-2020

Tahun	Kapasitas (Ton)	%Pertumbuhan
2015	113.991,00	-
2016	154.735,00	35,74%
2017	182.894,00	18,20%
2018	261.135,54	42,78%
2019	222.275,98	-14,88%

Tahun	Kapasitas (Ton)	%Pertumbuhan
2020	282.496,51	27,09%
rata-rata (i)		21,79%

Dengan menggunakan tabel 1.2 diperoleh rata-rata pertumbuhan adalah 21,79% per tahun, maka perkiraan konsumsi glukosa pada tahun 2030 dapat dihitung dengan persamaan

$$m = P(1 + i)^n$$

Dimana :

P : data besarnya konsumsi tahun 2023 (ton)

m : jumlah konsumsi pada tahun 2030 (ton)

i : rata-rata kenaikan konsumsi tiap tahun (%)

n : selisih tahun

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai konsumsi glukosa di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 2.027.713,94 ton/tahun.

1.3.2 Impor

Sampai saat ini, Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan glukosa di dalam negeri. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan glukosa di Indonesia dilakukan kegiatan impor dari luar negeri. Berdasarkan data statistik perdagangan luar negeri impor glukosa di Indonesia pada tahun 2018-2023 di tunjukan pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data Impor Glukosa Tahun 2018-2023

Tahun	Kapasitas (Ton)
2018	8.808.719,05
2019	10.516.081,65
2020	12.815.518,92
2021	8.011.418,16
2022	7.672.939,80
2023	6.236.186,80

Berdasarkan data pada tahun 2018-2023, dapat diperkirakan besarnya impor glukosa pada tahun 2030 dengan cara menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan. Estimasi impor glukosa tahun 2030 dengan rata-rata pertumbuhan ditunjukan pada tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Pertumbuhan Impor Glukosa Tahun 2018-2023

Tahun	Kapasitas (Ton)	%Pertumbuhan
2018	8.808.719,05	-
2019	10.516.081,65	19,38%
2020	12.815.518,92	21,87%
2021	8.011.418,16	-37,49%
2022	7.672.939,80	-4,22%
2023	6.236.186,80	-18,72%
rata-rata (i)		-3,84%

Dengan menggunakan tabel 1.4 diperoleh rata-rata pertumbuhan adalah -3,84% per tahun, maka perkiraan impor glukosa pada tahun 2030 dapat dihitung dengan persamaan

$$m = P(1 + i)^n$$

Dimana :

P : data besarnya impor tahun 2023 (ton)

M : jumlah impor pada tahun 2030 (ton)

i : rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n : selisih tahun

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai impor glukosa di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 4.741.947,09 ton/tahun.

1.3.3 Ekspor

Berdasarkan data statistik perdagangan luar negeri ekspor glukosa Indonesia pada tahun 2018-2023 di tunjukan pada tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Data Ekspor Glukosa Tahun 2018-2023

Tahun	Kapasitas (Ton)
2018	48.758,42
2019	66.673,30
2020	150.371,27
2021	95.854,85
2022	172.205,58
2023	262.902,30

Berdasarkan data pada tahun 2018-2023, dapat diperkirakan besarnya ekspor glukosa pada tahun 2030 dengan menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan. Estimasi ekspor glukosa tahun 2030 dengan rata-rata pertumbuhan ditunjukkan pada tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Pertumbuhan Ekspor Glukosa Tahun 2018-2023

Tahun	Kapasitas (Ton)	%Pertumbuhan
2018	48.758,42	-
2019	66.673,30	36,7%
2020	150.371,27	125,5%
2021	95.854,85	-36,3%
2022	172.205,58	79,7%
2023	262.902,30	52,7%
rata-rata (i)		51,7%

Dengan menggunakan tabel 1.6 diperoleh rata-rata pertumbuhan adalah 51,7% per tahun, maka perkiraan ekspor glukosa pada tahun 2030 dapat dihitung dengan persamaan :

$$m = P(1 + i)^n$$

Dimana :

P : data besarnya ekspor tahun 2023 (ton)

m : jumlah ekspor pada tahun 2030 (ton)

i : rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n : selisih tahun

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai ekspor glukosa di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 4.853.564,79 ton/tahun.

1.3.4 Peluang

Peluang kapasitas produksi ditentukan dengan menggunakan analisis *demand* dan *supply*. Analisis dilakukan dengan menggunakan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.7 dengan persamaan sebagai berikut :

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

$$\text{Peluang} = (\text{Konsumsi Produk} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi Produk} + \text{Impor})$$

Tabel 1. 7 *Supply* dan *demand* tahun 2030

<i>Supply</i> (ton/tahun)		<i>Demand</i> (ton/tahun)	
Produksi	173.000	Konsumsi	2.027.713,94
Impor	4.741.947,09	Ekspor	4.853.564,79
Total	4.914.947,09	Total	6.881.278,73

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai peluang sebesar 1.966.331,64 ton/tahun. Dari nilai peluang yang diperoleh, ditentukan kapasitas produksi pabrik glukosa pada tahun 2030 sebesar 60.000 ton/tahun. Kapasitas produksi yang dipilih adalah sebesar 3,1% dari peluang dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku. Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS), Jawa Timur menjadi provinsi urutan pertama sebagai produsen jagung terbesar secara nasional. Berdasarkan data BPS pada tahun 2023, Jawa Timur memiliki luas panen sebesar 755.071,41 ha dengan total produksi jagung sebesar 4.429.459,28 ton. Produksi jagung pada tahun 2023 di beberapa kabupaten Jawa Timur dapat dilihat pada tabel 1.8.

Tabel 1. 8 Produksi jagung pada tahun 2023 di beberapa Kabupaten Jawa Timur

Kabupaten	Produksi jagung (ton)
Tuban	614.810,00
Lamongan	383.267,00
Bojonegoro	239.637,00
Tulungagung	338.243,00
Blitar	355.902,00
Jember	498.644,00
Kediri	373.705,00
Sumenep	379.850,00

Menurut data dari table 1.8, Kabupaten Tuban menjadi produsen jagung terbesar di Jawa Timur dengan produksi jagung sebesar 614.810,00 ton. Di samping itu Kabupaten Tuban berdampingan dengan Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Bojonegoro, yang mana kedua Kabupaten tersebut memiliki produksi jagung yang cukup besar. Dengan produksi jagung yang besar maka limbah yang dihasilkan juga besar. Proporsi limbah jagung dari hasil panen sebesar 50% yang terdiri dari batang jagung 50%, daun 20%, tongkol jagung 20% dan kulit jagung 10% (Frenly Simanullang et al., 2021). Dengan demikian, diperkirakan ketersediaan tongkol jagung yang di dapat dari ke tiga kabupaten tersebut adalah 123.771,40 ton. Sehingga, kebutuhan bahan baku tongkol jagung untuk kapasitas pabrik glukosa 60.000 ton/tahun adalah 116.739,81 ton/tahun dapat terpenuhi.

Kandungan selulosa yang terdapat dalam tongkol jagung sebesar 45,43% dengan demikian selulosa yang digunakan untuk memproduksi glukosa diperkirakan tersedia sebesar 66.229,35 ton. Untuk itu, ditetapkan kapasitas produksi pabrik glukosa sebesar

60.000 ton/tahun. Dengan didirikannya pabrik ini, diharapkan dapat mengurangi impor glukosa di Indonesia serta dapat terciptanya lapangan pekerjaan baru.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Glukosa

Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) merupakan golongan karbohidrat monosakarida yang banyak ditemukan di alam. Sirup glukosa berbentuk cairan jernih dan kental dengan komponen utamanya adalah glukosa yang didapatkan dari proses hidrolisis. Sirup glukosa banyak dimanfaatkan pada industri pangan dan obat-obatan. Mutu dari sirup glukosa ditentukan dari warna sirup, kadar air dan tingkat konversi pati yang dihitung sebagai *ekuivalen dekstrosa* (DE). Sirup glukosa dapat memiliki nilai *ekuivalen dekstrose* (DE) yang tinggi diperoleh dengan cara mengoptimasikan proses hidrolisis (Indah Budiarti & Sumardiono, 2016). Menurut (Tjokroadikoesoemo, 1993) manfaat glukosa dalam industri adalah sebagai berikut :

- a. Glukosa, khususnya dalam bentuk sirup, sangat dibutuhkan dalam memproduksi bahan makanan, misalnya dalam pembuatan es krim, permen, sirup, biskuit, kecap, bumbu masak dan sebagainya.
- b. Glukosa dapat dikonsumsi sebagai *substituen* karena mengandung karbohidrat atau gula pereduksi, seperti dalam industri fermentasi (alkohol).
- c. Dalam bidang farmasi, glukosa digunakan dalam pembuatan larutan infus.

1.4.2 Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan limbah yang dihasilkan saat biji jagung dirontokan dari buahnya sehingga didapatkan jagung pipilan sebagai produk utamanya dan sisa buah yang disebut tongkol jagung. Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian

yang biasanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau hasil industri yang tidak diolah kembali menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Tongkol jagung adalah salah satu limbah biomassa yang merupakan sumber bahan berlignoselulosa. Tongkol jagung termasuk dalam jenis tanaman pangan yang dikenal banyak mengandung serat kasar. Serat kasar tersebut terdiri dari senyawa kompleks selulosa, hemiselulosa dan lignin. Masing-masing dari senyawa tersebut berpotensi untuk dikonversi menjadi senyawa lain secara biologis. Kandungan tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 1.9

Tabel 1. 9 Komposisi Tongkol Jagung

Kandungan	Persentase (%)
Selulosa	45,43
Hemiselulosa	29,92
Lignin	10,93
Air dan lain-lain	13,72

Dari table 1.9 tongkol jagung memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga berpotensi dapat dikonversi menjadi glukosa secara hidrolisis (Widya et al., 2020).

1.4.3 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama selulosa (35-50% berat), hemiselulosa (20-35% berat) dan lignin (10-25% berat). Selulosa ($C_6H_{10}O_5$) merupakan komponen utama lignoselulosa yang berupa *biopolymer* linier yang terdiri atas unit-unit anhydro D-glukosa yang berikatan dengan β -1,4 *glukosidik* dengan ikatan hidrogen. Hemiselulosa merupakan salah satu komponen penyusun sel tumbuhan selain lignin dan selulosa, tersusun dari lima gula netral, yaitu glukosa, *mannose*, galaktosa (heksosa) serta xilosa dan arabinosa (pentosa). Hemiseulosa

adalah gabungan antara β dan γ selulosa yang memiliki sifat mudah larut pada kondisi netral hingga asam. Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman. Berbeda dengan selulosa dan hemiselulosa, meskipun tersusun atas karbon, hydrogen, dan oksigen, lignin tidak termasuk golongan karbohidrat. Lignin adalah heteropolimer kompleks yang terdiri dari tiga jenis unit *fenilpropana* yang berbeda yaitu *p-kumaril*, *koniferil*, dan *sinapil* alkohol (Fuadi et al., n.d.).

1.4.4 Proses Manufaktur Glukosa

Limbah-limbah tumbuhan yang mengandung selulosa dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan sirup glukosa melalui proses hidrolisis. Hidrolisis merupakan proses pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana. Pada proses ini, selulosa akan diubah menjadi glukosa. Terdapat beberapa macam proses pembuatan sirup glukosa, melalui hidrolisis, yaitu :

1. Hidrolisis dengan enzim

Hidrolisis enzimatis merupakan proses penguraian suatu polimer yang kompleks menjadi monomer penyusunnya dengan menggunakan enzim (Perez et al, 2002). Hidrolisis enzim menggunakan bantuan enzim selulase atau enzim lainnya yang dapat memecah selulosa menjadi monomer-monomernya. Enzim ini memiliki peran aktif dalam mempercepat konversi selobiosa menjadi glukosa dengan cara mengisolasi cairan yang berada didalam bahan yang akan difermentasi. Selain itu enzim ini dapat mempercepat konversi selobiosa menjadi glukosa, dan sangat mudah diperoleh dengan total biaya yang lebih rendah.

Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, diantaranya hidrolisis tidak menyebabkan proses degradasi gula hasil hidrolisis, pH normal, memiliki potensi untuk memberikan hasil fermentasi alkohol

dengan kemurnian yang tinggi, dan biaya pelaksanaan dan pemeliharaan hidrolisis cenderung lebih rendah karena tidak ada bahan korosi (Taherzadeh dan Karimi, 2008).

2. Hidrolisis dengan asam

Proses pembuatan glukosa melalui hidrolisis secara asam dapat dilakukan dengan penambahan asam, seperti asam sulfat dan asam klorida. Hidrolisis asam merupakan hidrolisis dengan menambahkan larutan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Asam berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi pemecahan karbohidrat menjadi gula (Fuadi et al., 2015).

Proses hidrolisis dengan menggunakan asam dipengaruhi oleh ukuran bahan, kecepatan pengadukan, konsentrasi asam, rasio bahan, suhu, dan waktu. Semakin halus ukuran bahan permukaan bidang kontak akan semakin luas sehingga kecepatan reaksi akan bertambah cepat dan akan memperbesar konversi reaksi (Supranto., 1998). Selain itu, faktor penting dalam hidrolisis asam adalah perbandingan permukaan dan volume, perbandingan ini akan menentukan besarnya *yield* glukosa.

Pembuatan glukosa melalui proses hidrolisis selulosa dengan asam dilakukan dengan melarutkan serbuk lignoselulosa dengan air, kemudian ditambahkan zat asam untuk mengatur pH-nya. Kemudian larutan dipanaskan pada rentang suhu 60-140°C sampai proses hidrolisis selulosa selesai.

1.4.5 Seleksi Proses

Pada pra rancangan pabrik pembuatan glukosa dari tongkol jagung ini menggunakan proses hidrolisa dengan dasar pemilihan proses berdasarkan pada tabel berikut :

Tabel 1. 10 Perbandingan Proses Hidrolisis

Aspek Pembanding	Hidrolisis Asam	Hidrolisis Enzim
Katalis	H ₂ SO ₄	Enzim Selulase
Suhu & Tekanan	Berkisar pada suhu 60-140°C Tekanan 1 atm	Berkisar pada suhu 40-50°C Tekanan 1 atm
Reaktor	RATB	RATB
Kelebihan	1. Bahan baku yang akan digunakan mudah di dapat dan tersedia di dalam negeri. 2. Biaya yang lebih murah 3. Waktu operasi tidak terlalu lama	1. Kemurnian produk lebih tinggi 2. Tidak mengakibatkan korosi pada peralatan
Kekurangan	Prosesnya sangat korosif karena penggunaan asam kuat sebagai katalis tetapi kekurangan ini dapat diminimalisir dengan menggunakan reaktor khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga.	1. Enzim yang dipakai harus impor dan harganya tidak ekonomis 2. Waktu hidrolisis cenderung lebih lama 3. Sehingga, waktu operasi juga cenderung lama

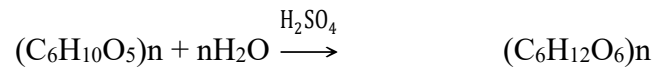
Dari hasil perbandingan proses hidrolisa dengan katalis asam dan proses hidrolisa dengan katalis enzim, maka pra rancangan pabrik pembuatan glukosa dari bahan baku tongkol jagung menggunakan proses hidrolisa dengan katalis asam karena hidrolisis dengan katalis asam lebih efisien dibandingkan menggunakan metode hidrolisis enzim.

1.4.6 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi apakah berjalan secara endotermis atau eksotermis serta untuk mengetahui arah reaksi terjadi secara

reversible/irreversible. Panas reaksi pembentukan glukosa berjalan secara eksotermis, hal tersebut dapat diketahui dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°).

Reaksi hidrolisis selulosa :



Harga ΔH_f° untuk komponen air pada suhu 298 K dan harga ΔH_f° untuk komponen selulosa dan glukosa berdasarkan (Wooley, 1996) dapat dilihat pada table 1. 11 sebagai berikut :

Tabel 1. 11 Harga ΔH_f° pada masing-masing komponen

Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
Selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) _n	-976,36
Air (H_2O)	-241,8
Glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) _n	-1.256,9

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 288 & Wooley, 1996)

Setelah mengetahui nilai ΔH_f° untuk masing-masing komponen, kemudian dihitung nilai entalpi untuk reaksi keseluruhan (ΔH_r°).

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = \Delta H_{f \text{ produk}}^\circ - \Delta H_{f \text{ reaktan}}^\circ$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = [\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - [\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_n]$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = [(-976,36) + (-241,8)] - [(-1.256,9)]$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = -38.74 \text{ kJ/mol}$$

Setelah mengetahui nilai entalpi reaksi, kemudian nilai *Gibbs* untuk komponen air dan selulosa pada suhu 298 K dan harga ΔG_f° untuk komponen glukosa berdasarkan (Wooley, 1996) dapat dilihat pada table 1. 11 sebagai berikut :

Tabel 1. 12 Harga ΔG_f° pada masing-masing komponen

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
Selulosa (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	-569,77
Air (H ₂ O)	-228,60
Glukosa (C ₆ H ₁₂ O ₆) _n	-909,33

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 288 & Wooley, 1996)

$$\Delta G^\circ_{(298)} = \Delta G^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta G^\circ_{f \text{ reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ_{(298)} = [\Delta G^\circ_f (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + \Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{O}] - [\Delta G^\circ_f (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_n]$$

$$\Delta G^\circ_{(298)} = [(-569,77) + (-228,60)] - [(-909,33)]$$

$$\Delta G^\circ_{r(298)} = -110,96 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{r(298)} = -110.960 \text{ J/mol}$$

Reaksi keseluruhan dari proses pembentukan glukosa merupakan reaksi eksotermis dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke kanan didapatkan nilai $\Delta H^\circ_r = -38.74 \text{ kJ/mol}$ artinya reaksi melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan. Sementara untuk nilai energi Gibbs didapatkan sebesar $\Delta G^\circ_r = -110,96 \text{ kJ/mol}$ artinya reaksi ini termasuk reaksi spontan ($\Delta G^\circ < 0$).

Berdasarkan persamaan 15.14 dari Van Ness (1997), maka :

$$\ln K = \left(\frac{-\Delta G^\circ_r}{T \cdot R} \right)$$

$$\ln K = \frac{1}{T} \times \left(\frac{-(-110.960) \left(\frac{\text{J}}{\text{mol}} \right)}{8,314 \left(\frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right)} \right)$$

$$K = e^{\frac{1}{T} \times 1,33 \times 10^4}$$

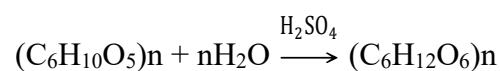
Pada pra rancangan pabrik glukosa dioperasikan pada suhu 333,15 K. Dengan menggunakan persamaan di atas dapat menghitung konstanta kesetimbangan dengan menggunakan suhu operasi yang akan digunakan yaitu 333,15 K, sehingga didapatkan nilai K :

$$K = 2,13 \times 10^{17}$$

Didapatkan nilai K yang besar, maka reaksi berjalan secara *irreversible*.

1.4.7 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia serta hubungannya terhadap mekanisme reaksi. Reaksi hidrolisis didefinisikan sebagai proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah dan terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan air dapat diabaikan, Reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa menggunakan katalis asam sulfat. Adapun persamaan reaksi yang terbentuk yaitu :



Reaksi diatas bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatan reaksi adalah :

$$-r_A = k.C_A.C_B^n$$

Tinjauan kinetika reaksi pada hidrolisa tersebut berhubungan dengan persamaan Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

Dengan menggunakan garis linear didapat suatu persamaan garis yang dapat dipakai untuk menghitung nilai k fungsi suhu sehingga dapat nilai k sebagai berikut (Jatmiko, et al 2011)

$$k = 6,499 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-96,662/T}$$

Untuk suhu operasi 60°C didapatkan nilai k sebesar :

$$k = 0,004862 \text{ /menit}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Pemenuhan kualitas produk yang akan dihasilkan pada produksi sirup glukosa dipengaruhi oleh spesifikasi bahan baku, bahan pembantu, dan produk. Berikut spesifikasi dan pengendalian proses dari bahan baku, bahan pendukung pada pembuatan sirup glukosa. (Patent, 2012).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Parameter	Bahan Baku			Bahan Pendukung			Produk	
	Selulosa	Hemiselulosa	Air	Natrium Hidroksida	Asam Sulfat	Karbon Aktif 2,2%	Glukosa	Xylosa
Rumus Kimia	$(C_6H_{10}O_5)_n$	$(C_5H_8O_4)_n$	H_2O	NaOH	H_2SO_4	SiO_2	$C_6H_{12}O_6$	$C_5H_{10}O_5$
BM (g/mol)	162	1321	18	40	98	60	180	150
Warna	Coklat kekuningan	Coklat kekuningan	Bening	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Hitam	Bening	Bening
Fase	Padat	Padat	Cair	Padat	Cair	Padat	Cair	Cair
Kelarutan Dalam Air	Tidak larut dalam air	Tidak larut dalam air	N/A	418 gr/1L	Sangat larut dalam air	Tidak larut dalam air	909 gr/1L	1640 gr/1L

Parameter	Bahan Baku			Bahan Pendukung			Produk	
	Selulosa	Hemiselulosa	Air	Natrium Hidroksida	Asam Sulfat	Karbon Aktif 2,2%	Glukosa	Xylosa
Densitas (kg/m ³)	1.559	1.520	995	2.100	1.830	2.650	1.540	1.750
Titik Didih (°C)	527	315	100	1.388	337	2.230	N/A	N/A
Cp (kJ/kmol.K)	138	206	0	59	84,4	44,7	270	170
Kemurnian (%)	94	94	100	97	98	99,9	≥ 80	≥ 70
ΔH°_f (kJ/mol)	-976,36	-970,28	-241,80	-425,8	-735,13	N/A	-1.256,90	-1.248,21
ΔG°_f (kJ/mol)	-569,77	-528,23	-228,60	-379,7	-653,47	N/A	-910,56	-860,3

2.1 Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1. Bahan Baku

a. Asam Sulfat



Gambar 2. 1 *Hazard Diamond* pada Asam Sulfat

1) Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Asam sulfat tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa asam sulfat bersifat berbahaya karena dapat menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan pada mata. Sehingga digunakan pencegahan khusus seperti penggunaan sarung tangan, pakaian pelindung, pelindung mata, dan pelindung wajah.

2) Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Asam sulfat tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa asam sulfat bersifat tidak mudah terbakar.

3) Reaktivitas (Warna Kuning)

Asam sulfat tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa asam sulfat merupakan senyawa yang reaktif. Sehingga harus ditangani dengan hati-hati harus dilakukan pencegahan khusus seperti penggunaan sarung tangan, pakaian pelindung, pelindung mata dan pelindung wajah.

4) Peringatan Khusus (Warna Putih)

Asam sulfat tergolong ke dalam bahaya peringatan khusus pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa asam sulfat tidak memiliki peringatan khusus.

b. Natrium Hidroksida



Gambar 2. 2 *Hazard Diamond* pada Natrium Hidroksida

1) Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

NaOH diklasifikasikan sebagai bahaya kesehatan pada tingkat 3, yang menunjukkan bahwa paparan singkat dapat menyebabkan luka, atau cedera sedang hingga serius.

2) Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH tidak dapat terbakar.

3) Reaktivitas (Warna Kuning)

NaOH dikategorikan sebagai bahaya reaktivitas pada tingkat 1, yang menandakan bahwa zat ini umumnya stabil, namun dapat menjadi tidak stabil jika berada di bawah tekanan dan suhu tinggi.

4) Peringatan Khusus (Warna Putih)

NaOH tidak memiliki peringatan khusus (Lab Chem, 2018).

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada proses manufaktur pabrik dilakukan untuk mendapatkan produk glukosa yang memiliki kualitas dan spesifikasi sesuai dengan standart yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas mencakup pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas bahan pendukung, pengendalian kualitas produk, dan pengendalian proses produksi.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku merupakan tahapan yang penting untuk memastikan bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi agar menghasilkan produk sesuai dengan standar, maka dibutuhkan kualitas yang sudah sesuai dengan standar proses yang telah ditetapkan, pengawasan dan pengendalian terhadap proses melalui sistem kontrol sehingga diperoleh produk yang memiliki kualitas dan dapat dipasarkan. Pengendalian kualitas yang diterapkan dalam perancangan pabrik ini didasarkan pada spesifikasi bahan baku yang diperlukan serta produk yang diinginkan (Donna C.S. Summer, 2007). Langkah-langkah pengendalian kualitas yang akan dilakukan, sebagai berikut :

2.2.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung

Bahan-bahan pendukung seperti asam sulfat yang digunakan sebagai katalis dan natrium hidroksida yang digunakan pada proses delignifikasi serta proses pembentukan glukosa didalam reaktor, selain itu pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisiknya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Proses pengawasan untuk produk yang dihasilkan bertujuan untuk menjaga kualitas produk glukosa yang akan dihasilkan agar diperoleh produk sesuai standar yang telah ditetapkan. Pengawasan ini dilakukan mulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Seluruh pengawasan dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2.2.4 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, pengendalian ini berlangsung dari awal bahan baku masuk ke proses hingga keluaran produk hasil. Kelancaran proses merupakan salah satu kunci untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi. Untuk mencapai produk tersebut mencakup mempertahankan kondisi operasi setiap alat, laju alir pada setiap alat produksi dan dilakukan analisa di laboratorium yang bersangkutan.

Pengawasan dan pengendalian proses dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat instrument pengendalian yang memiliki ruang pusat kontrol secara automatic kontrol. Pengawasan berlangsung secara terus menerus yang dijaga secara ketat sepanjang waktu operasi dan dapat dikendalikan dari jarak jauh. Alarm atau sensor bunyi, dan sebagainya disiapkan untuk mengetahui apabila terjadi penyimpangan pada setiap indikator-indikator yang telah ditetapkan, mulai dari bahan baku masuk hingga produk keluaran proses. Dengan itu operator yang bertanggungjawab akan pengawasan dan pengendalian proses dapat secara langsung bertindak mengembalikan penyimpangan ke kondisi semula secara otomatis maupun manual jika diperlukan. Beberapa instrument control yang diperlukan selama proses pembuatan glukosa dari tongkol jagung diantaranya sebagai berikut :

- *Flow Control (FC)*

Flow control merupakan alat kontrol yang berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran fluida dalam pipa atau unit proses lainnya. Alat ini dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses.

- *Temperature Control (TC)*

Temperature control merupakan alat kontrol yang berfungsi untuk mengontrol suhu dalam alat proses, ketika belum mencapai kondisi yang ditetapkan akan menimbulkan masalah dan akan ditandai dengan suara dan nyala lampu.

- *Pressure Control (PC)*

Pressure Control merupakan alat yang dipasang untuk mengontrol tekanan pada sistem proses terutama pada proses yang memerlukan tekanan di atas tekanan atmosfer. Pengaturan awal alat ini dengan cara *set point pressure* ke jumlah tertentu. Jika pada suatu proses, tekanan naik lebih dari *set point* maka saklar akan aktif dan *control valve* akan mati secara otomatis.

- *Level Control (LC)*

Level control merupakan alat kontrol yang digunakan untuk mengontrol ketinggian larutan pada suatu tangki alat proses.

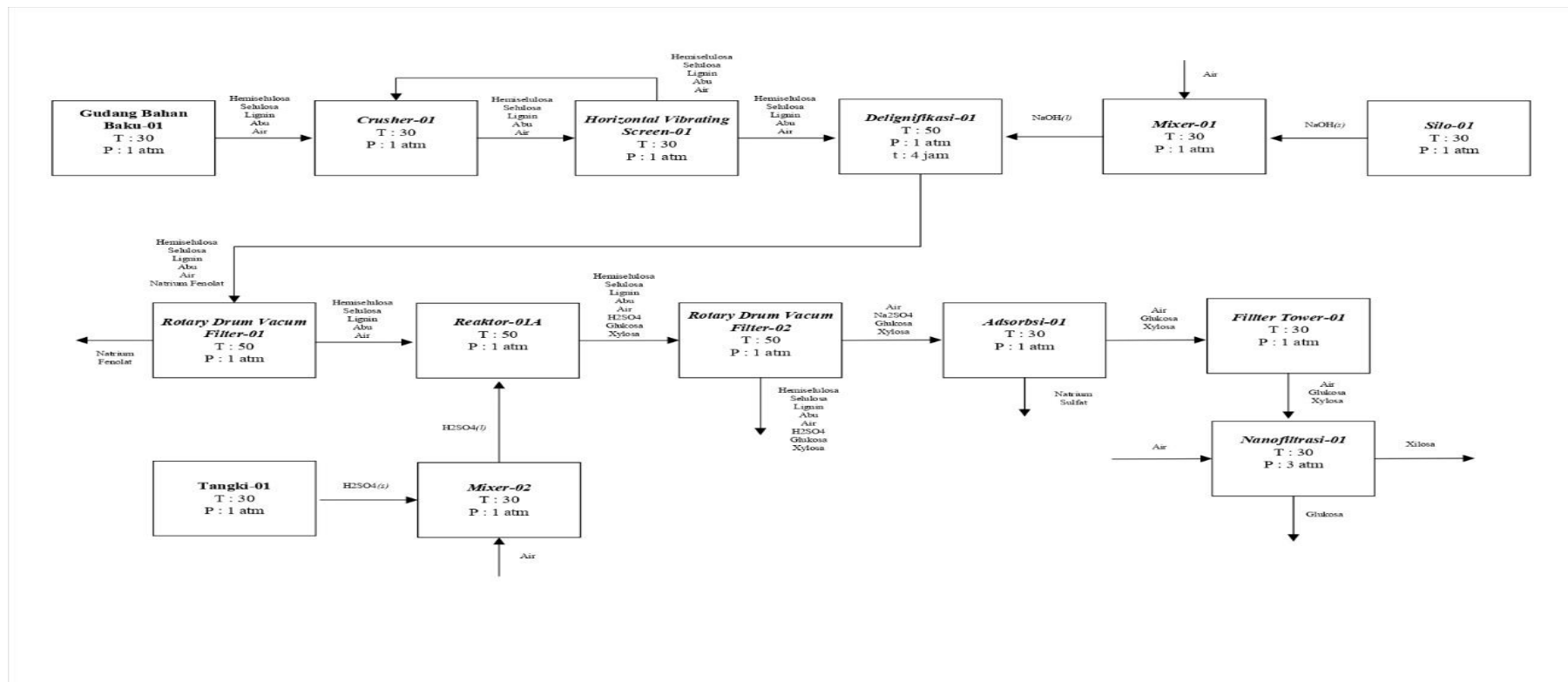
- *pH Control*

pH Controller merupakan suatu instrument untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan. pH Controller dilengkapi dengan sensor pH dengan panjang kabel 5 m yang dilengkapi dengan alarm yang menyala jika terjadi perubahan pH telah melewati batas yang sudah ditentukan.

BAB III

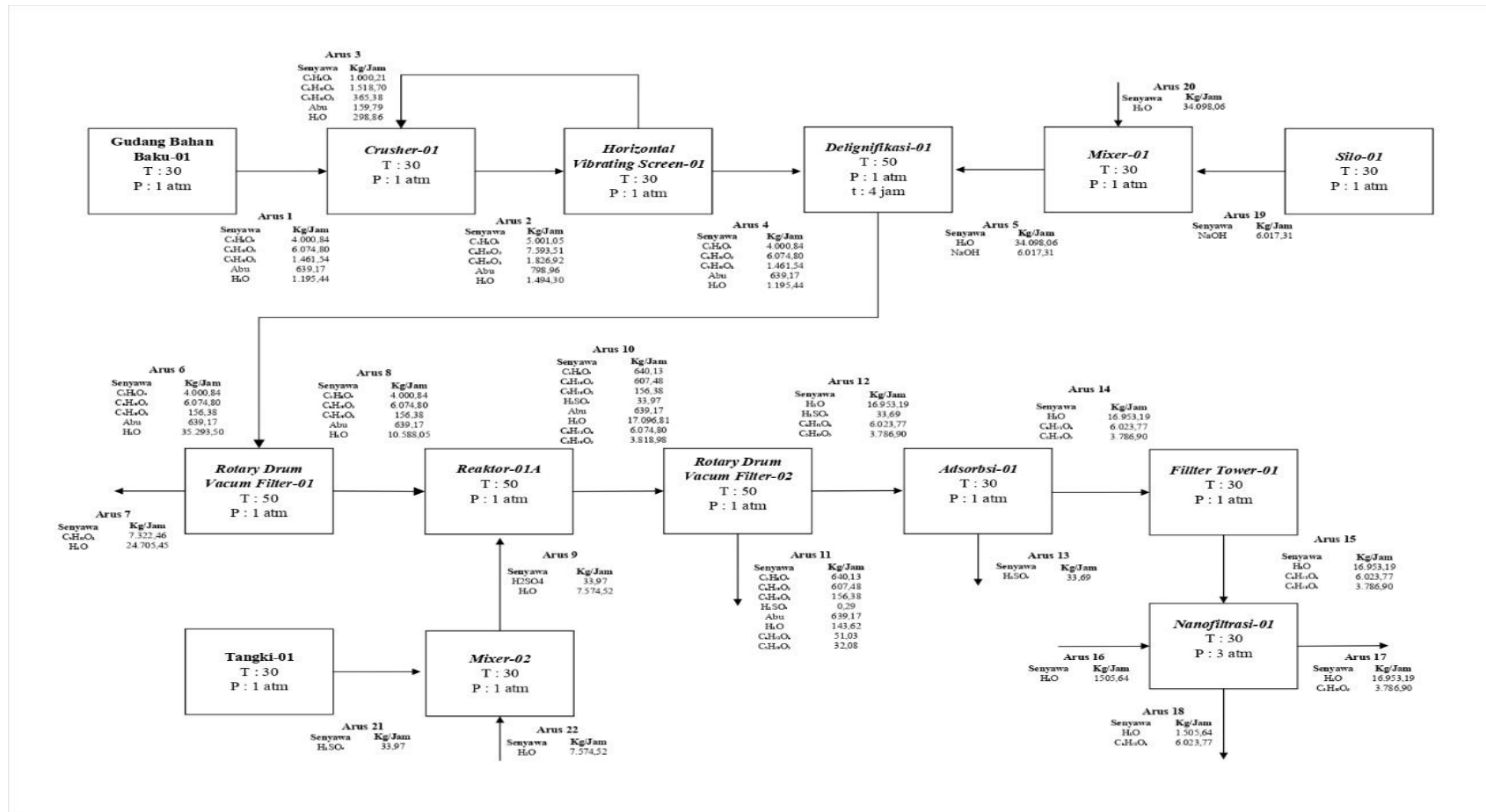
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Glukosa

3.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi Glukosa

3.3 Uraian Proses

Proses pembuatan glukosa dari bahan baku tongkol jagung terdiri dari tiga proses, yaitu :

1. Tahap *Pre-treatment*, untuk mereduksi ukuran tongkol jagung dan mendegradasi lignin agar terpisah dari holoselulosa.
2. Tahap Hidrolisis Asam, untuk memproduksi glukosa dari tongkol jagung yang telah melalui proses *pre-treatment* sebelumnya.
3. Tahap Pemurnian

3.3.1 Tahap *Pre-Treatment*

Tongkol jagung yang disimpan di gudang penyimpanan bahan baku pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dikirim dengan *belt conveyer* (BC-01) menuju mesin penghancur *crusher* (CRS-01). Di dalam *crusher* tongkol jagung akan mengalami *size reduction* hingga ukurannya menjadi ± 20 mesh. Hasil gilingan kemudian akan diayak menggunakan *vibrating screen* (VS-01) dengan ukuran ± 20 mesh. Hasil potongan tongkol jagung yang tidak lolos *vibrating screen* (VS-01) akan direcycle kembali ke mesin *crusher* (CS-01) agar diperoleh ukuran yang seragam. Kemudian hasil *vibrating screen* (VS-01) akan dipindahkan menggunakan *screw conveyer* (SC-01) ke tangki delignifikasi (DLG-01). Dalam tangki *delignifikasi* (DLG-01) bahan baku direndam dalam larutan NaOH 15% selama 4 jam Dengan perbandingan NaOH dan tongkol jagung 1:3. Proses ini dilakukan pada kondisi operasi dengan temperature 50°C dan tekanan 1 atm. Melalui proses ini, sebagian lignin akan larut menjadi natrium fenolat. (Mardina et al.,2013)

Setelah proses *pre-treatment*, *slurry* akan dikeluarkan dari tangki delignifikasi (DLG-01) menuju *Rotary drum vacuum filter* (RDVF-01) untuk memisahkan antara natrium fenolat dari hasil *pre-treatment*. Setelah terjadi pemisahan di *Rotary drum vacuum filter* (RDVF-01) natrium fenolat yang terlarut didalam air kemudian diproses lebih lanjut di IPAL. Sedangkan filtrat yang tertahan di RDVF-01 akan dialirkan menuju *heat exchanger* untuk dipanaskan menjadi 60°C menggunakan *heater* (HE-02) sebelum masuk ke reaktor.

3.3.2 Tahap Hidrolisis Asam

Tongkol jagung yang telah mengalami tahap *pre-treatment* kemudian akan diumpankan menuju reaktor hidrolisis. Hidrolisis merupakan proses pemecahan makromolekul seperti selulosa menjadi monomer glukosa (Widya et al., 2020). Tahap hidrolisis asam encer dilakukan pada reaktor (R-01) dengan katalisator yang digunakan, yaitu asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi larutan yang digunakan adalah 0,25% dan berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan 1,25 liquid larutan H_2SO_4 per total berat kering partikel tongkol jagung yang telah didelegnifikasi. Proses hidrolisis asam encer dengan H_2SO_4 akan menghasilkan glukosa dari tongkol jagung yang telah di delignifikasi, asam sulfat sebagai katalisator akan merusak rantai polimer dari selulosa dan hemiselulosa untuk membentuk gula fermentasi.

3.3.3 Tahap Pemurnian

Terdapat tiga tahap pemurnian produk larutan glukosa, di antaranya proses filtrasi, adsorpsi, dan *nanofiltrasi*.

a. Filtrasi

Tahap ini menggunakan alat *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-02) guna memisahkan impuritas yang tidak larut seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan abu. Hasil keluaran pada tahap filtrasi berupa solid (*cake*) yang akan dibuang menjadi *solid waste* dan sirup glukosa (filtrat) yang dialirkan ke dalam tangki Adsorpsi (ADS-01) dengan penambahan resin.

b. Adsorpsi

Proses Adsorpsi (ADS-01) dilakukan untuk memisahkan campuran hasil reaktor yang tidak bisa dipisahkan oleh *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-02). Pemisahan adsorpsi dengan prinsip pemisahan *kation anion* untuk menyerap H_2SO_4 , sehingga H_2SO_4 akan tertahan oleh resin didalam adsorpsi yang berlangsung pada suhu $30^{\circ}C$ dan 1 atm kemudian selanjutnya larutan glukosa dan xylosa dialirkan menuju *Nanofiltrasi* (NF-01).

c. Filter Tower

Pada tahap ini larutan glukosa, xylosa hasil adsorpsi akan masuk kedalam *Filter Tower* (FT-01) untuk menjernihkan warna larutan. *Filter tower* (FT-01) dilengkapi dengan karbon aktif akan menyerap partikel-partikel yang menyebabkan warna larutan menjadi coklat gelap. Dengan demikian hasil keluaran *Filter Tower* (FT-01) berupa glukosa dan xylosa sudah sesuai dengan spesifikasi warna yang dibutuhkan.

d. Nanofiltrasi

Hasil adsorpsi kemudian dialirkan menuju ke *nanofiltrasi* (NF-01) untuk memisahkan antara produk sirup glukosa dari campuran xylosa. Pemisahan dengan *nanofiltrasi* pada kondisi operasi suhu $30^{\circ}C$ dan 3 atm. Glukosa akan tertahan didalam kolom *nanofiltrasi* kemudian dibilas dengan air utilitas untuk

selanjutnya dialirkan menuju tangki produk. Sedangkan xylosa langsung terpisahkan dan menuju ke tangki xylosa (T-03).

3.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Spesifikasi Alat Pemisah

1. *Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01)*

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat RDVF-01

Spesifikasi Umum <i>Rotary Drum Vacuum Filter 01</i>		
Kode	:	RDVF-01
Fungsi	:	Memisahkan <i>slurry</i> (Natrium fenolat) hasil proses <i>delignifikasi</i>
Jumlah	:	1 unit
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-283 Grade 3</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	50
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi		
Jenis	:	Silinder horizontal dengan tutup datar
Diameter drum, m	:	5,01
Panjang drum, m	:	12,52
Luas area drum, m ²	:	196,75
Daya motor, Hp	:	3
Harga	:	Rp 7.983.653.600,00

2. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-02)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat RDVF-02

Spesifikasi Umum <i>Rotary Drum Vacuum Filter 02</i>		
Kode	:	RDVF-02
Fungsi	:	Memisahkan <i>sllury</i> yang masih tersisa seperti selulosa, hemiselulsa, lignin, dan abu hasil proses hidrolisis
Jumlah	:	1 unit
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-283 Grade 3</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	60
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi		
Jenis	:	Silinder horizontal dengan tutup datar
Diameter drum, m	:	3,69
Panjang drum, m	:	9,23
Luas area drum, m ²	:	106,93
Daya motor, Hp	:	3
Harga	:	Rp 7.983.653.600,00

3. Adsorpsi (ADS-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat ADS-01

Spesifikasi Umum Adsorpsi		
Kode	:	ADS-01
Fungsi	:	Memisahkan senyawa H_2SO_4 dari larutan glukosa, xylosa, dan air.
Jumlah	:	2 unit
Bahan	:	<i>Stainless steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Kapasita, m ³ /jam	:	23,07
Data Mekanik		
Jenis	:	<i>Fixed Bed Adsorber</i>
Volume adsorben, (m ³)	:	0,05
Tinggi tumpukan, (m)	:	0,94
Diameter adsorpsi, (m)	:	1,84
Tebal tangki, (in)	:	0,19
Tebal head, (in)	:	0,19
Tinggi adsorpsi, (m)	:	3,35
Waktu regenerasi, (menit)	:	0,04
Waktu pembilasan, (menit)	:	15,04
Jumlah air pencuci dan pembilas, (L)	:	576,81
Harga	:	Rp 51.666.839,48

4. Filter Tower (FT-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat FT-01

Spesifikasi Umum <i>Filter Tower</i>		
Kode	:	FT-01
Fungsi	:	Menambahkan karbon aktif 2,2% yang berfungsi untuk mengubah warna produk menjadi lebih jernih
Jumlah	:	1 alat
Tipe	:	<i>Cartridge</i>
Bahan	:	<i>Carbon Steel</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi		
Diameter <i>shell</i> (m)	:	2,18
Tinggi <i>shell</i> (m)	:	3,28
Volume <i>head</i> (m ³)	:	0,19
Volume (m ³)	:	12,65
Tinggi (m)	:	3,98
Tinggi Cairan (m)	:	2,73
Tinggi <i>head</i> (m)	:	0,31
Tebal <i>shell</i> (in)	:	0,25
Tebal <i>head</i> (in)	:	0,31
Harga	:	Rp930.003.110,55

5. Nanofiltration

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat NF-01

Spesifikasi Umum <i>Nanofiltration</i>		
Kode	:	NF-01
Fungsi	:	Memisahkan campuran Glukosa dan Xylosa hasil adsorpsi
Jumlah	:	1 alat
Bahan	:	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	3
Spesifikasi		
Jenis	:	<i>Desal 5 DK</i>
Luas permukaan membran, m ²	:	279,25
Harga	:	Rp 13.553.572.240,00

3.4.2 Spesifikasi Alat Pendukung

1. *Crusher* (CRS-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat CRS-01

Spesifikasi Umum <i>Crusher</i>		
Kode	:	CRS-01
Fungsi	:	Memperkecil ukuran bonggol jagung
Jumlah	:	1 unit
Bahan	:	<i>Carbon steel</i>

Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi		
Jenis	:	<i>Cone Crusher</i>
Kapasitas, ton/jam	:	9,19
Ukuran komponen	:	
Masuk, mm		300
Keluar, mm		5-50
Daya motor, Hp	:	97,5
Harga, Rp	:	Rp1.815.720.358,70

2. Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat VS-01

Spesifikasi Umum <i>Vibrating Screen</i> (VS-01)		
Kode	:	VS-01
Fungsi	:	Mengayak bahan baku hasil keluaran CRS-01
Jumlah	:	1 unit
Bahan	:	<i>Carbon steel</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi Alat		
Jenis	:	<i>Horizontal Vibrating Screen</i>
Jenis bahan	:	<i>Wet Screen</i>

Spesifikasi Alat		
Lebar, m	:	2,38
Panjang, m	:	4,76
Luas permukaan, m ²	:	11,31
Jumlah layer	:	2
Ukuran <i>screen</i>	:	1200 x 3700
Ukuran Komponen		
Masuk, mm	:	5
Keluar, mm	:	4,76
Power, Hp	:	5,5
Persentase umpan lolos	:	80
Harga	:	Rp 636.609.272,10

3. Tangki Delignifikasi (DLG-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat DLG-01

Spesifikasi Umum Tangki Delignifikasi (DLG-01)		
Kode	:	DLG-01
Fungsi	:	Menurunkan kadar lignin dengan NaOH
Jumlah	:	1 unit
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	50
Tekanan, atm	:	1
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	:	224,76

Konstruksi dan Material		
Diameter (ID) shell, m	:	5,72
Tinggi shell, m	:	8,58
Tebal <i>shell</i> , in	:	0,5
Tebal <i>head</i> , in	:	0,75
Tinggi total, m	:	10,37
Jenis <i>head</i>	:	<i>Torispherical</i>
Spesifikasi Pengaduk		
Tipe pengaduk	:	<i>Theree-bladed mixing propeller</i>
Diameter pengaduk, m	:	1,72
Kecepatan pengaduk, rpm	:	56
Daya pengaduk, Hp	:	30
Jumlah pengaduk	:	1 buah
Jumlah <i>baffle</i>	:	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	:	0,48
Harga	:	Rp 317.382.013,92

4. Mixer (M-01)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat M-01

Spesifikasi Umum Mixer (M-01)		
Kode	:	M-01
Fungsi	:	Mencampurkan NaOH dan air
Jumlah	:	1 unit
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>

Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Fase	:	Padat – Cair
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	:	22,45
Diameter (ID) shell, m	:	2,65
Tinggi shell, m	:	3,97
Tebal <i>shell</i> , in	:	0,25
Tebal <i>head</i> , in	:	0,38
Tinggi total, m	:	4,8
Jenis <i>head</i>	:	<i>Torispherical</i>
Spesifikasi Pengaduk		
Tipe pengaduk	:	<i>Theree-bladed mixing propeller</i>
Diameter pengaduk, m	:	0,79
Kecepatan pengaduk, rpm	:	125
Daya pengaduk, Hp	:	7,5
Jumlah pengaduk	:	1 buah
Jumlah <i>baffle</i>	:	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	:	0,22
Harga	:	Rp 153.155.274,16

5. Mixer (M-02)

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat M-02

Spesifikasi Umum Mixer (M-02)		
Kode	:	M-02
Fungsi	:	Mencampurkan H ₂ SO ₄ dan air
Jumlah	:	1 unit
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Fase	:	Cair – Cair
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	:	4,46
Diameter (ID) shell, m	:	1,56
Tinggi shell, m	:	2,34
Tebal <i>shell</i> , in	:	0,19
Tebal <i>head</i> , in	:	0,25
Tinggi total, m	:	2,86
Jenis <i>head</i>	:	<i>Torispherical</i>
Spesifikasi Pengaduk		
Tipe pengaduk	:	<i>Theree-bladed mixing propeller</i>
Diameter pengaduk, m	:	0,47
Kecepatan pengaduk, rpm	:	190
Daya pengaduk, Hp	:	1,5
Jumlah pengaduk	:	1 buah

Spesifikasi Pengaduk		
Jumlah <i>baffle</i>	:	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	:	0,13
Harga	:	Rp 71.964.526,41

3.4.3 Spesifikasi Reaktor (R-01)

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat R-01

Spesifikasi Umum Reaktor		
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Menghidrolisis kandungan selulosa dalam tongkol jagung dengan bantuan asam sulfat
Jumlah	:	2 Unit
Kapasitas, m ³	:	226,96
Konversi	:	90%
Harga, Rp		Rp51.884.578.298,59
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	60
Tekanan, atm	:	1
Mode Operasi	:	Kontinyu
Kondisi Proses	:	<i>Isothermal, non adiabatis</i>
Konstruksi dan Material		
Diameter (ID) shell, m	:	5,77
Tinggi shell, m	:	8,67

Konstruksi dan Material		
Tebal <i>shell</i> , in	:	0.38
Tebal <i>head</i> , in	:	0.63
Tinggi total, m	:	10.3
Jenis <i>head</i>	:	<i>Torispherical</i>
Spesifikasi Pengaduk		
Tipe pengaduk	:	<i>Theree-bladed mixing propeller</i>
Diameter pengaduk, m	:	1,73
Kecepatan pengaduk, rpm	:	56
Daya pengaduk, Hp	:	30
Jumlah pengaduk	:	1 buah
Jumlah <i>baffle</i>	:	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	:	0,48
Harga	:	Rp51.884.578.298,59

3.4.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Keterangan	GBB-01	S-01	S-02	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku tonggol jagung.	Menyimpan senyawa NaOH	Menimpan SiO ₂	Menyimpan larutan H ₂ SO ₄	Menyimpan larutan xylosa	Menyimpan produk glukosa
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari	7 hari	7 hari	7 hari	7 hari
Fasa	Padat	Padat	Padat	Cair	Cair	Cair
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Jenis: Bangunan persegi tertutup yang	Bahan Konstruksi : <i>Carbon Steel SA-283</i> Kapasitas : 203.4 m ³	Diameter: 1,39 m Tinggi: 2,09 m Jumlah <i>course</i> : 2	Diameter :23,36 m Tinggi: 8,76 m Jumlah <i>course</i> : 5	Diameter:15,25 m Tinggi: 5,72 m Jumlah <i>course</i> : 4	

Keterangan	GBB-01	S-01	S-02	T-01	T-02	T-03
Spesifikasi	Dinding : Batu bata Lantai: Semen Atap: Seng Panjang: 15,21 m Lebar: 15,21 Tinggi: 7,61 m	Diameter : 5,58 m Tinggi : 8,37 m Tebal dinding : 1.5 in	Diameter : 3,15 m Tinggi : 4,73 m Tebal dinding : 1.5 in	Tebal <i>sheel</i> : 0,25 in 0,25 in	Tebal <i>sheel</i> : 0,63 in 0,50 in 0,44 in 0,38 in 0,31 in	Tebal <i>sheel</i> : 0,44 in 0,38 in 0,31 in 0,25 in
Head & Bottom				Jenis head: <i>Torispherical</i>	Jenis head: <i>Torispherical</i>	Jenis head: <i>Torispherical</i>
				Tebal head: 0,26 in	Tebal head: 0,88 in	Tebal head: 0,75 in
				Jenis <i>bottom</i> : <i>flat</i>	Jenis <i>bottom</i> : <i>flat</i>	Jenis <i>bottom</i> : <i>flat</i>
Harga	-	Rp1.241.849.391,67	Rp433.632.402,74	Rp690.121.355,85	Rp507.909.480,00	Rp231.432.760,00

3.4.5 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Alat Transportasi Fluida Cair

Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa						
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>						
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1
Fungsi	Memompakan larutan NaOH dari M-01 ke HE-01	Memompakan larutan NaOH dari HE ke DLG-01	Memompakan hasil DLG-01 ke RDVF-01	Memompakan hasil RDVF-01 ke HE-02	Memompakan hasil RDVF-01 dari HE-02 ke R-01	Memompakan H ₂ SO ₄ dari T-01 ke M-02	Memompakan H ₂ SO ₄ dari M-02 ke HE-03
Kondisi Operasi							
Viskositas (cP)	346,77	147,86	0,36	0,36	0,31	1,9 x 10 ⁻⁸	0,81
Kapasitas (m ³ /jam)	43,78	44,54	50,14	29,67	29,88	0,06	8,92
Pump head (m)	10,32	10,32	5,07	10,40	10,40	2,86	10,32
Suhu fluida °C	30	50	50	50	60	30	30

Spesifikasi	Pompa						
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>						
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07
Efisiensi pompa	80%	80%	62%	62%	62%	80%	85%
Daya motor (Hp)	5	5	3	3	3	0,1	0,75
Pipa							
Luas aliran, (in²)	28,9	28,9	28,9	12,7	12,7	0,10	4,79
Nominal pipe size, (in)	6	6	6	4	4	0,3	2,5
Schedule number	40	40	40	40	40	40	40
ID, (in)	6,07	6,07	6,07	4,03	4,03	0,36	2,47
Harga Rp	Rp405.953.738,73	Rp405.953.738,73	Rp405.953.738,73	Rp317.382.013,92	Rp317.382.013,92	Rp83.035.992,01	Rp254.643.708,84

Spesifikasi	Pompa							
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>							
Kode	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1	1
Fungsi	Memompakan larutan H ₂ SO ₄ dari HE-03 ke R-01	Memompakan hasil R-01 ke RDVF-02	Memompakan hasil RDVF-02 menuju CL-01	Memompakan hasil RDVF-02 dari CL-01 ke ADS-01	Memompakan hasil ADS-01 ke FT-01	Memompakan hasil FT-01 ke NF-01	Memompakan xylosa dan air dari UF-01 ke T-02	Memompakan produk glukosa dari UF-01 ke T-03
Kondisi Operasi								
Viskositas (cP)	0,47	0,32	0,32	0,56	0,54	0,54	0,54	0,54
Kapasitas (m³/jam)	9,18	32,98	32,40	31,51	31,51	31,51	24,33	8,83
Pump head (m)	10,32	3,72	3,47	3,47	5,01	4,38	10,16	10,16

Spesifikasi	Pompa							
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>							
Suhu fluida °C	60	60	60	30	30	30	30	30
Kode	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15
Efisiensi pompa	85%	62%	62%	62%	62%	62%	62%	60%
Daya motor (Hp)	0,75	1	1	1	2	2	2	1
Pipa								
Luas aliran, (in²)	4,79	28,9	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	2,47
NPS (in)	2,5	6	4	4	4	4	4	2,5

Spesifikasi	Pompa							
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>							
Schedule number	40	40	40	40	40	40	40	40
ID, (in)	2,47	6,07	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	2,45
OD, (in)	2,88	6,63	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	2,88
Harga Rp	Rp254.643.708,84	Rp405.953.738,73	Rp317.382.013,92	Rp317.382.013,92	Rp317.382.013,92	Rp317.382.013,92	Rp317.382.013,92	Rp249.107.976,04

b. Alat Transportasi Padatan

1. *Belt Conveyor*

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Belt Conveyor

Kode	BC-01
Fungsi	Mengangkut tongkol jagung dari GBB-01 menuju ke CRS-01
Jumlah	1 buah
Panjang Belt (m)	12,25
Lebar Belt (m)	0,36
Daya motor, (Hp)	0,75
Harga, (\$)	5.700

2. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Bucket Elevator

Kode	BE-02	BE-03
Fungsi	Mengangkut serbuk tongkol jagung dari SC-03 menuju ke DLG-01	Mengangkut NaOH dari SL-01 menuju ke M-01
Jenis	<i>Centrifugal Discharge Elevator</i>	<i>Centrifugal Discharge Elevator</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Konstruksi	<i>Malleable-iron</i>	<i>Malleable-iron</i>
Panjang Belt (m)	-	-
Lebar Belt (m)	-	-
Ukuran <i>bucket</i> , (in)	6 x 4 x 4 1/4	6 x 4 x 4 1/4
Tinggi <i>elevator</i> , (m)	10	4,80
Kecepatan <i>elevator</i> , (ft/min)	214,90	96,70
Rpm <i>shaft</i> , (rpm)	41,07	18,48
Daya motor, (Hp)	0,75	0,17
Harga, (\$)	12.600	9.000

3. *Screw Conveyor*

Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Screw Conveyor

Kode	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut serbuk tongkol jagung dari CRS-01 menuju HVS-01	Untuk mengangkut serbuk tongkol jagung dari HVS-01 menuju CRS-01	Untuk mengangkut serbuk tongkol jagung dari HVS-01 menuju BE-02
Fasa	Padat	Padat	Padat
Bentuk	<i>Horizontal screw conveyor</i>	<i>Horizontal screw conveyor</i>	<i>Horizontal screw conveyor</i>
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas, (kg/jam)	16.714,74	3.342,95	13.371,79
Diameter screw, (in)	12	9	12
Panjang (ft)	15	15	30
Kecepatan, (rpm)	75	40	60
Daya (Hp)	2,12	0,43	3
Harga, (\$)	5.000	3.800	7.500

3.4.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Heater*

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Heater*

Spesifikasi		<i>Heater</i>		
Kode Alat		HE-01	HE-02	HE-03
Fungsi		Memaskan larutan NaOH (sebelum masuk Tangki Delignifikasi) dari suhu 30°C menjadi 50°C.	Memaskan larutan H ₂ SO ₄ sebelum masuk reaktor dari suhu 30°C menjadi 60°C.	Memaskan <i>slurry</i> hasil Tangki Delignifikasi (DLG-01) sebelum masuk ke Reaktor (R-01) dari suhu 50°C menjadi 60°C.
Jenis		<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>
Fluida Panas		<i>Steam</i>	<i>Steam</i>	<i>Steam</i>
Luas Transfer Panas (ft²)		111	47	0,634
<i>Annulus</i>	Fluida	Larutan NaOH	Larutan H ₂ SO ₄	<i>Slurry</i> hasil delignifikasi
	Suhu Masuk (°C)	30	30	50
	Suhu Keluar (°C)	50	60	60
	Tekanan (atm)	1	1	1

Spesifikasi		<i>Heater</i>		
Kode Alat		HE-01	HE-02	HE-03
<i>Inner Pipe</i>	Fluida	<i>Aqueous</i>	<i>Aqueous</i>	<i>Heavy Organic</i>
<i>Tube</i>	Suhu Keluar (°C)	60	60	60
	Tekanan (atm)	0,112	0,197	0,197
	Beban Panas (Btu/jam)	2.944,042	908,935	417,853
<i>Mechanical Design</i>				
<i>Annulus</i>	ID (in)	4,026	4,026	3,068
	OD (in)	4,50	4,50	3,50
	Pressure Drop (psi)	0,0015	0,00005	0,00005
<i>Inner Pipe</i>	ID (in)	3,07	3,068	2,067
	OD (in)	3,50	3,50	2,38
	A (ft²)	111	47	11
	Pressure Drop (psi)	0,00121	0,00005	0,000027
	Rd, (Btu/jam.ft².F)	0,003	0,002	0,003

Spesifikasi	<i>Heater</i>		
Kode Alat	HE-01	HE-02	HE-03
Jumlah Hairpins (buah)	7	8	4
Panjang Hairpin (ft)	40	40	12
Harga	Rp29.523.908,27	Rp25.833.419,74	Rp11.071.465,60

b. Cooler

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Cooler*

Spesifikasi		Cooler
Kode Alat		CL-01
Fungsi		Mendinginkan <i>slurry</i> hasil dari (RDVF-02) sebelum masuk (ADS-01) dari suhu 60 °C menjadi 30 °C
Jenis		<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Luas Transfer Panas (ft2)		346,680
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Hasil keluaran <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-02)
	Kapasitas (Kg/jam)	26.880,67
	Pressure Drop (psi)	9,181
Tube	Fluida	Air
	Kapasitas (kg/jam)	20.076
	Pressure Drop (Psi)	9,960

Konstruksi dan Material		
Shell	Passes (in)	1
	Baffle Space (in)	6,6
	ID (in)	11
Tube	Passes (in)	4
	BWG (in)	14
	ID (in)	0,584
	OD (in)	0,750
	Susunan	<i>Triangular pitch</i>
	Panjang (m)	3.6576
Material		<i>Stainless Steel SA-283 grade C</i>
UD, Btu/jam.ft².F		150, 027
UC, Btu/jam.ft².F		5742,849
Rd required, Btu/jam.ft².F		0,001
Rd, Btu/jam.ft².F		0,0065
Harga		Rp378.275.074,73

3.5 Neraca Massa

3.5.1 Neraca Massa Alat

1. Crusher (CRS-01)

Tabel 3. 19 Neraca Massa CRS-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 3 (<i>Recycle</i>)	Arus 2
Lignoselulosa	11.537,18	2.884,30	14.421,48
Abu	639,17	159,79	798,96
Air	1.195,44	298,86	1.494,30
Total	13.371,79	3.342,95	16.714,74
	16.714,74		

2. Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa VS-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 3 (<i>Recycle</i>)	Arus 4
Lignoselulosa	14.421,48	2.884,30	11.537,18
Abu	798,96	159,79	639,17
Air	1.494,30	298,86	1.195,44
Total	16.714,74	3.342,95	13.371,79
		16.714,74	

3. Tangki Delignifikasi (DLG-01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa DLG-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
Lignoselulosa	11.537,18		
Selulosa			6.074,80
Hemiselulosa			4.000,84
Lignin			156,38
Abu	639,17		639,17
Air	1.195,44	34.098,06	35.293,50
NaOH		6.017,31	
Natrium fenolat			7.322,46
Total	13.371,79	40.115,37	53.487,16
	53.487,16		

4. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa RDVF-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Selulosa	6.074,80		6.074,80
Hemiselulosa	4.000,84		4.000,84
Lignin	156,38		156,38
Abu	639,17		639,17
Air	35.293,50	24.705,45	10.588,05
Natrium fenolat	7.322,46	7.322,46	
Total	53.487,16	32.027,91	21.459,25
		53.487,16	

5. Reaktor Hidrolisis (R-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa R-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Selulosa	6.074,80		607,48
Hemiselulosa	4.000,84		640,13
Lignin	156,38		156,38
Abu	639.17		639,17
Air	10.588,05	7.574,52	17.096,81
H ₂ SO ₄		33,97	33,97
Glukosa			6.074,80
Xylosa			3.818,98
Total	21.459,25	7.608,49	29.067,75
	29.067,75		

6. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-02)

Tabel 3. 24 Neraca Massa RDVF-02

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
Selulosa	607,48	607,48	
Hemiselulosa	640,13	640,13	
Lignin	156,38	156,38	
Abu	639,17	639,17	

Air	17.096,81	143,62	16.953,19
H ₂ SO ₄	33,97	0,29	33,69
Glukosa	6.074,80	51,03	6.023,77
Xylosa	3.818,98	32,08	3.786,56
Total	29.067,75	2.270,19	26.797,56
		29.067,75	

7. Adsorpsi (ADS-01)

Tabel 3. 25 Neraca Massa ADS-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
Air	16.953,19		16.953,19
H ₂ SO ₄	33,69	33,69	
Glukosa	6.023,77		6.023,77
Xylosa	3.786,90		3.786,90
Total	26.797,56	33,69	26.763,87
		26.797,56	

8. Filter Tower (FT-01)

Tabel 3. 26 Neraca Massa FT-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 14	Arus 15
Air	16.953,19	16.953,19
Glukosa	6.023,77	6.023,77

Xylosa	3.786,90	3.786,90
Total	26.763,87	26.763,87

9. Nanofiltrasi (NF-01)

Tabel 3. 27 Neraca Massa NF-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18
Air	16.953,19	1505,64	16.953,19	1505,64
Glukosa	6.023,77	-	-	6.023,77
Xylosa	3.786,90	-	3.786,90	-
Sub Total	26.763,87	1.505,64	20.740,09	7.529,41
Total	28.269,51		28.269,51	

3.6 Neraca Panas

3.6.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 28 Neraca Panas Total

Alat	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Reaktor (R-01)	4.420.077,47	4.420.077,47
<i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	3.886.283,95	3.886.283,95
<i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	1.119.410,13	1.119.410,13
<i>Heat Exchanger</i> (HE-03)	1.545.971,26	1.545.971,26
<i>Cooler</i> (CL-01)	2.938.578,53	2.938.578,53
Total	12.910.321,34	12.910.321,34

3.6.2 Neraca Panas Alat

1. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 29 Neraca Panas R-01

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q1	3.112.610,86	-
Q2	-	3.016.262,67
Qreaksi	1.307.467,61	-
Qpendingin	-	1.403.814,80
Total	4.420.077,47	4.420.077,47

2. Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3. 30 Neraca Panas HE-01

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	780.099,13	-
Qout	-	3.886.283,95
Qsteam	3.106.184,82	-
Total	3.886.283,95	3.886.283,95

3. Heat Exchanger (HE-02)

Tabel 3. 31 Neraca Panas HE-02

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	160.415,31	-
Qout	-	1.119.410,13
Qsteam	958.994,82	-
Total	1.119.410,13	1.119.410,13

4. Heat Exchanger (HE-03)

Tabel 3. 32 Neraca Panas HE-03

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	1.105.104,66	-
Q _{out}	-	1.545.971,26
Q _{steam}	440.866,61	-
Total	1.545.971,26	1.545.971,26

5. Cooler (CL-04)

Tabel 3. 33 Neraca Panas CL-01

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	2.938.578,53	-
Q _{out}	-	420.898,55
Q pendingin	-	2.517.679,98
Total	2.938.578,53	2.938.578,53

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku diperlukan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku dalam pembuatan pabrik glukosa adalah tonggol jagung. Provinsi Jawa Timur menjadi provinsi urutan ke-1 kontribusi rata-rata sentra luas panen di Indonesia, Berdasarkan data BPS Kabupaten Tuban merupakan daerah penghasil jagung terbesar di Jawa Timur, disamping itu Kabupaten Tuban juga berdampingan dengan Kabupaten Lamongan dan Bojonegoro yang mana dua Kabupaten tersebut juga memiliki produksi jagung yang besar.

4.1.2 Pemasaran Produk

Target pasar produk pabrik ini adalah pemenuhan kebutuhan glukosa dalam negeri maupun luar negeri, yang mana glukosa digunakan sebagai salah satu kebutuhan primer masyarakat. Selain itu, kebutuhan sirup glukosa juga digunakan untuk memenuhi produksi industri makanan, minuman, serta farmasi dan obat-obatan. Oleh karena itu, pemilihan lahan di desa Gesing, Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur sudah sangat baik karena dengan demikian akses untuk menuju seluruh wilayah Jawa, Madura, Bali, Kalimantan, dan Sulawesi, serta luar negeri dengan lingkup wilayah ASEAN dapat mudah diakses. Pemasaran produk dapat dengan mudah dijangkau karena adanya sarana yang memadai baik jalur darat maupun jalur laut.

4.1.3 Sarana Transportasi dan Telekomunikasi

Kabupaten Tuban merupakan daerah yang dilengkapi dengan sarana darat dan laut yang memadai. Wilayah Tuban merupakan daerah yang cukup dekat dengan Pelabuhan Tuban dan juga berada di jalur Pantai Utara yang merupakan jalur perdagangan di Pulau Jawa. Dengan demikian transportasi untuk proses bahan baku serta produk sudah tercukupi dengan baik dan mudah diakses. Selain itu, wilayah Tuban juga memiliki akses

jaringan telekomunikasi berupa jaringan telepon, dan internet dapat diakses dengan mudah.

4.1.4 Utilitas

Kelancaran operasi pabrik, perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti air, listrik, dan bahan bakar, agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Kabupaten Tuban dekat dengan sumber air, yaitu sungai Bengawan Solo yang merupakan sungai terbesar di Jawa Timur yang memiliki debit air sekitar 135.733 L/jam dengan fluktuasi musim hujan dan musim kemarau relatif kecil (jurnal ULM). Kebutuhan listrik untuk proses dipenuhi dari sumber tenaga PT PLN Tanjung Awar-Awar yang berada dalam satu lingkup kabupaten dari lokasi berdirinya pabrik sirup glukosa . Dengan demikian kebutuhan tenaga listrik didapat dari PT PLN Tanjung Awar-Awar dan sumber air didapat dari sungai Bengawan Solo.

4.1.5 Tenaga Kerja

Jumlah kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi, baik dari sekitar lokasi maupun luar lokasi pabrik. Jumlah dan keterampilan tenaga kerja harus sesuai dengan kriteria perusahaan. Selain itu, perlu dipertimbangkan gaji minimum di daerah tersebut, jumlah waktu kerja, adanya industri lain di daerah tersebut, keanekaragaman keterampilan, pendidikan masyarakat sekitar dan lain-lain. Dengan adanya pembangunan pabrik baru di daerah tersebut diharapkan dapat menurunkan angka TPT (Tingkat Pengangguran Terbuka).

4.1.6 Keadaan Iklim

Wilayah Pakah, Tuban, Jawa Timur memiliki suhu iklim yang relatif stabil sehingga baik untuk keberlangsungan proses agar berjalan dengan optimal dan lancar. Wilayah

pabrik yang tidak rawan bencana banjir dan gempa sangat penting, sehingga memungkinkan proses dapat berlangsung dengan lancar. Selain itu wilayah yang memiliki kawasan hijau yang luas dapat mengurangi kadar polusi yang ditimbulkan selama proses berlangsung.

4.1.7 Lingkungan dan Masyarakat

Diperkirakan sikap dari masyarakat sekitar akan cukup baik dengan adanya pabrik baru. Hal tersebut disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Selain itu, pendirian pabrik ini tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat karena jarak didirikannya pabrik bisa dikatakan cukup jauh dari kawasan penduduk serta dampak serta faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum berdirinya pabrik ini.

4.1.8 Limbah Industri

Limbah pabrik sudah diminimalisir dengan pengolahan limbah di area pabrik. Pengolahan limbah yang telah sesuai dengan standar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), sehingga limbah aman untuk dikembalikan ke lingkungan.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan salah satu cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas di dalam pabrik agar proses produksi pabrik berjalan lancar. Tata letak pabrik mencakup rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik, meliputi kantor, gudang bahan baku, serta gudang produk, dan personil kerja, semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik (*Peters, 2004*):

- a. Urutan rangkaian proses produksi
- b. Perluasan pabrik
- c. Distribusi ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, steam proses serta tenaga listrik
- d. Pemeliharaan serta perbaikan komponen-komponen dalam pabrik
- e. Keamanan (*safety*) dan keselamatan kerja
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, serta konstruksi bangunan yang telah memenuhi syarat
- g. Perencanaan tata letak pabrik yang fleksibel dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses ataupun mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak membutuhkan biaya yang mahal
- h. Pembuangan limbah cair
- i. *Service area*, seperti ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan sebagainya diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari lokasi kerja.

Tata letak dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

- a. Area Administrasi atau Perkantoran, Laboratorium serta fasilitas penunjang.
- b. Kantor menjadi pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran pabrik.
- c. Laboratorium merupakan pusat analisa dan pengendalian kualitas bahan baku yang akan diproses serta produk yang akan didistribusikan. Selain itu, fasilitas penunjang dapat berupa, klinik, masjid, kantin, dan taman serta yang lainnya.
- d. Area Proses dan Ruang Kontrol

Area proses merupakan tempat berlangsungnya proses produksi, mengolah bahan baku dan bahan pembantu yang kemudian akan menghasilkan produk. Ruang kontrol adalah pusat pengendalian dan pemantauan selama berlangsungnya proses produksi.

e. Area pergudangan, bengkel dan garasi

Area pergudangan merupakan tempat menyimpan bahan, barang, produksi, dan material yang akan digunakan. Area perbengkelan merupakan sarana untuk memperbaiki fasilitas dan peralatan yang pabrik rusak. Sedangkan garasi digunakan untuk menyimpan sarana transportasi.

f. Area utilitas dan Power Station

Area utilitas dan power station merupakan area yang menyediakan kebutuhan energi listrik, air, dan kebutuhan pendukung lainnya seperti pemadam kebakaran yang dipusatkan.

g. Area Pengolahan Limbah

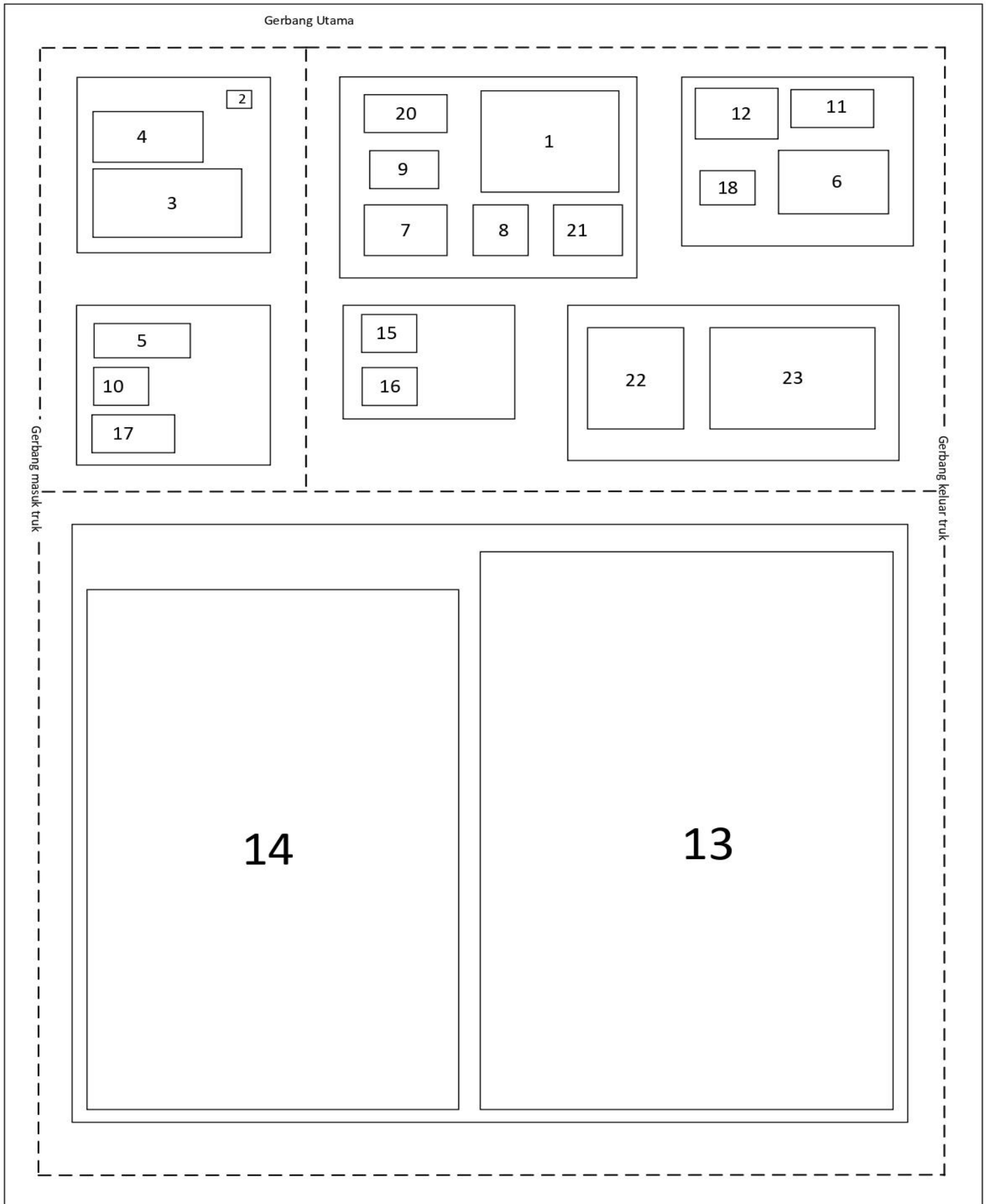
Area ini digunakan untuk memproses dan memastikan limbah yang ditimbulkan selama proses masih berada dalam batas aman dari standar yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 1 Data Ukuran Luas Area Pabrik

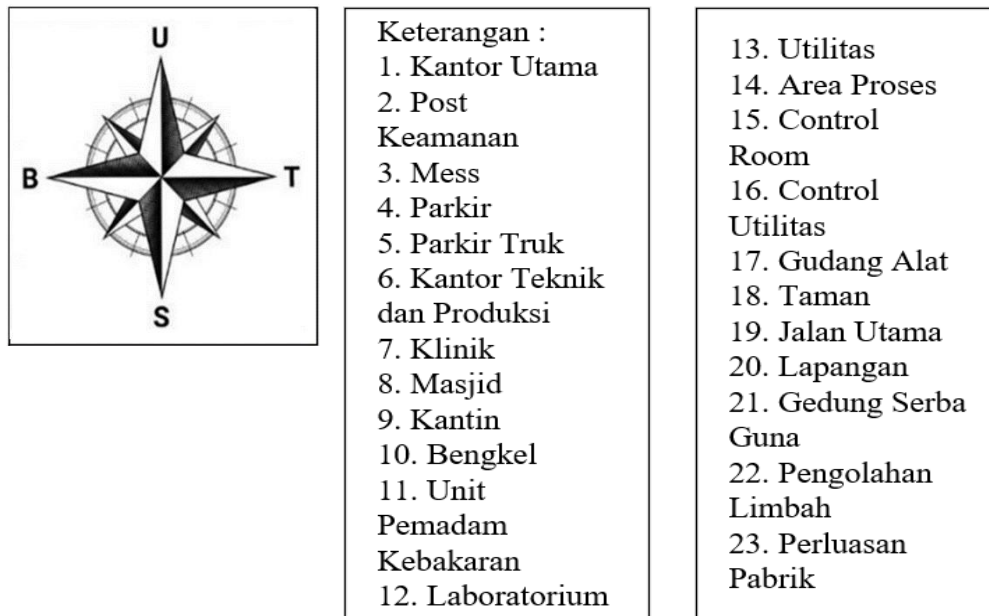
No	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m2)
1	Kantor Utama	50x 40	2000
2.	Post Keamanan	9 x 7	63
3.	Mess	60 x 30	1800
4.	Parkir	40 x 20	800
5.	Parkir Truk	35 x 15	500
6.	Kantor Teknik dan Produksi	40 x 25	1000
7.	Klinik	30 x 20	600
8.	Masjid	20 x 20	400
9.	Kantin	25 x 15	375
10.	Bengkel	20 x 15	300
11.	Unit Pemadam Kebakaran	30 x 15	450
12.	Laboratorium	30 x 20	600
13.	Utilitas	220 x 150	33.000
14.	Area Proses	205 x 135	27.675
15.	Control Room	20 x 15	300
16.	Control Utilitas	20 x 15	300
17.	Gudang Alat	30 x 15	450
18.	Taman	20 x 15	300
19.	Jalan Utama	20 x 30	600
20.	Lapangan	30 x 15	450
21.	Gedung Serba guna	25 x 20	500
22.	Pengolahan Limbah	40 x 35	1400
23.	Perluasan Pabrik	60 x 40	2400

Luas Bangunan	76.288,00
Luas Tanah	1806
Total	78.094,00

TATA LETAK
PABRIK SIRUP GLUKOSA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN
SKALA 1:1800



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik



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

Tata letak mesin merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat penting untuk mendapatkan keuntungan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berlangsung secara efisien. Selain itu, hal ini juga penting karena berkaitan dengan keselamatan, kenyamanan, dan keamanan di wilayah kerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam perancangan tata letak alat proses, antara lain :

- Aliran bahan baku dan produk
- Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang akan menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi yang juga memberikan keuntungan besar.
- Aliran udara

Sirkulasi udara yang berada disekitar area proses harus dipastikan kelancarannya. Hal ini diperlukan untuk menghindari adanya stagnasi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan-bahan yang berbahaya untuk keselamatan proses dan pekerja. Sehingga, arah hembusan angin harus diperhatikan dengan baik.

d. Pencahayaan

Pencahayaan area pabrik harus sebaik mungkin sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Dengan demikian pencahayaan sangat penting dan harus dipastikan pada area-area yang memiliki resiko bahaya tinggi.

e. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses harus dilakukan dengan sebaik mungkin serta efisien, sehingga dapat menjamin kelancaran dan keamanan produksi, serta meminimalisir biaya operasional yang dikeluarkan.

f. Jarak antar alat proses

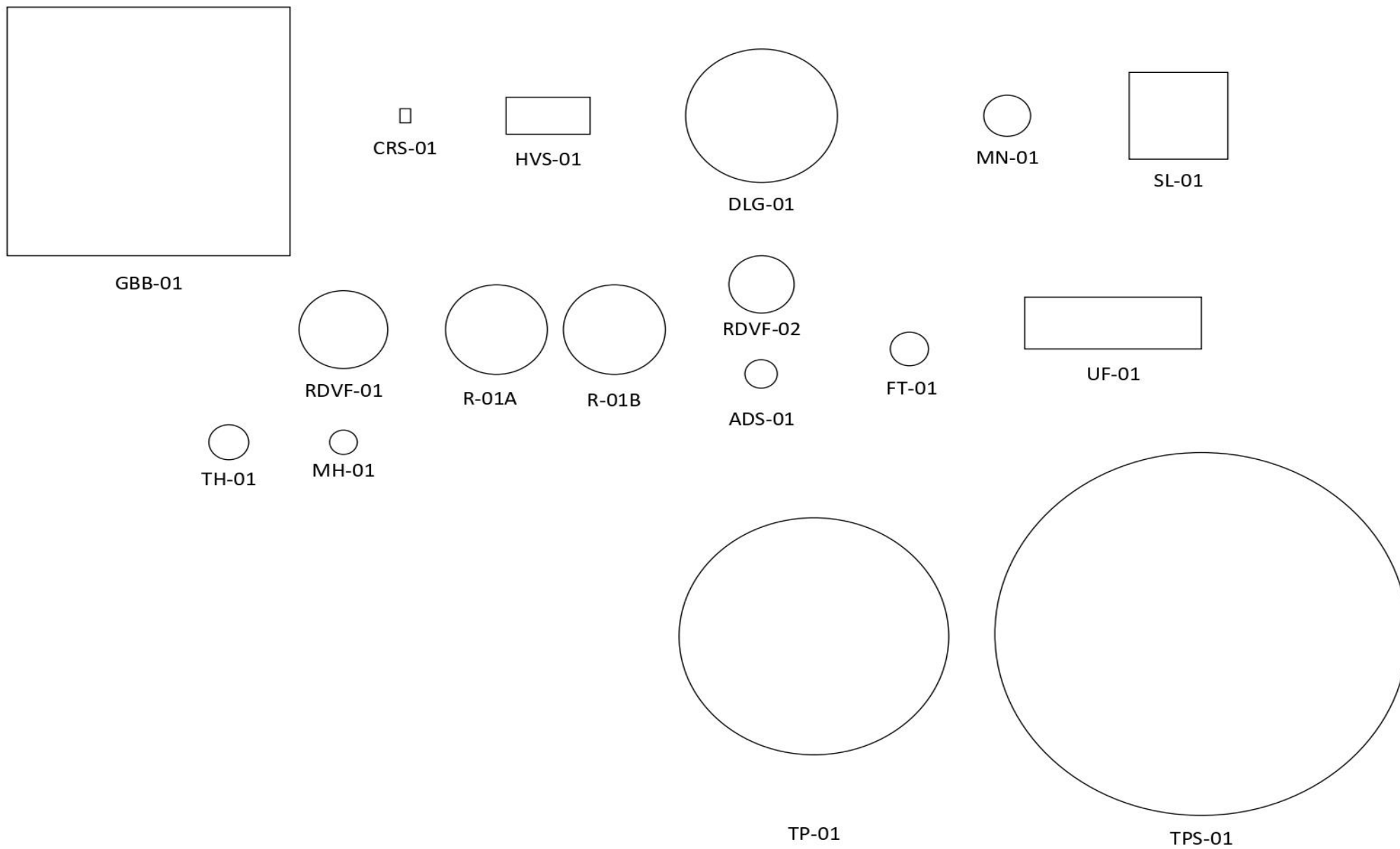
Penempatan alat-alat proses harus diperhatikan dengan cermat, terutama alat-alat yang beroperasi pada suhu, dan tekanan tinggi. Alat-alat tersebut harus disesuaikan posisinya untuk meminimalisi jika terjadi kecelakaan kerja serta mempermudah dilakukannya evakuasi dan penanganan terhadap kecelakaanan kerja.

g. Lalu lintas manusia dan Kendaraan

Lalu lintas manusia dan kendaraan harus dirancang dengan baik agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah, serta apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, kemanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

h. Perawatan

Perawatan bertujuan untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat proses pabrik agar produktivitas menjadi optimal sehingga dapat mencapai target produksi dan spesifikasi produk yang telah dirancang.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

GBB-01	Gudang bahan baku	R-01B	Reaktor
CRS-01	Crusher	RDVF-02	Rotary drum vacum filter
HVS-01	Horizontal vibrating screen	TH-01	Tangki H ₂ SO ₄
DLG-01	Delignifikasi	MH-01	Mixer H ₂ SO ₄
MN-01	Mixer NaOH	ADS-01	Adsorpsi
SL-01	Silo	NF-01	Nanofiltrasi
RDFV-01	Rotary drum vacum filter	TP-01	Tangki produk glukosa
R-01A	Reaktor	TPS-02	Tangki produk xilosa
FT-01	Filter Tower		

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik sirup glukosa yang akan didirikan akan menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu yang memiliki modal terdiri dari saham-saham dimana pemiliknya memiliki bagian sebanyak saham yang diperjualbelikan dan memiliki tanggung jawab yang terbatas hanya pada aset yang diinventarisasi oleh pemegang saham. Pemegang saham hanya bertanggung jawab terhadap menyeter penuh jumlah yang disebutkan dalam setiap saham.

Adapun pemilihan bentuk Perseroan Terbatas pada pendirian perusahaan ini dilatarbelakangi oleh beberapa pertimbangan, antara lain:

1. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan,
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab terhadap hutang-hutang perusahaan sesuai dengan proporsi kepemilikan saham,

3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain,
4. Keberlangsungan perusahaan lebih terjamin karena tidak bergantung pada satu orang pemilik serta behentinya pemegang saham, direksi maupun staf karyawan perusahaan,

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu antara lain:

1. Didirikan dengan akta notaris dengan berdasarkan Undang-Undang Hukum dagang
2. Pemegang saham dan pengurus perusahaan memiliki badan hukum yang terpisah
3. Keuntungan berskala besar dari kegiatan-kegiatan yang berskala besar
4. Setiap pemegang saham memiliki tanggung jawab atas perusahaan sebanyak modal saham yang tertanam

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting agar perusahaan dapat berjalan secara efektif dan efisien. Struktur organisasi didefinisikan sebagai salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Struktur organisasi dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing anggota dalam perusahaan tersebut.

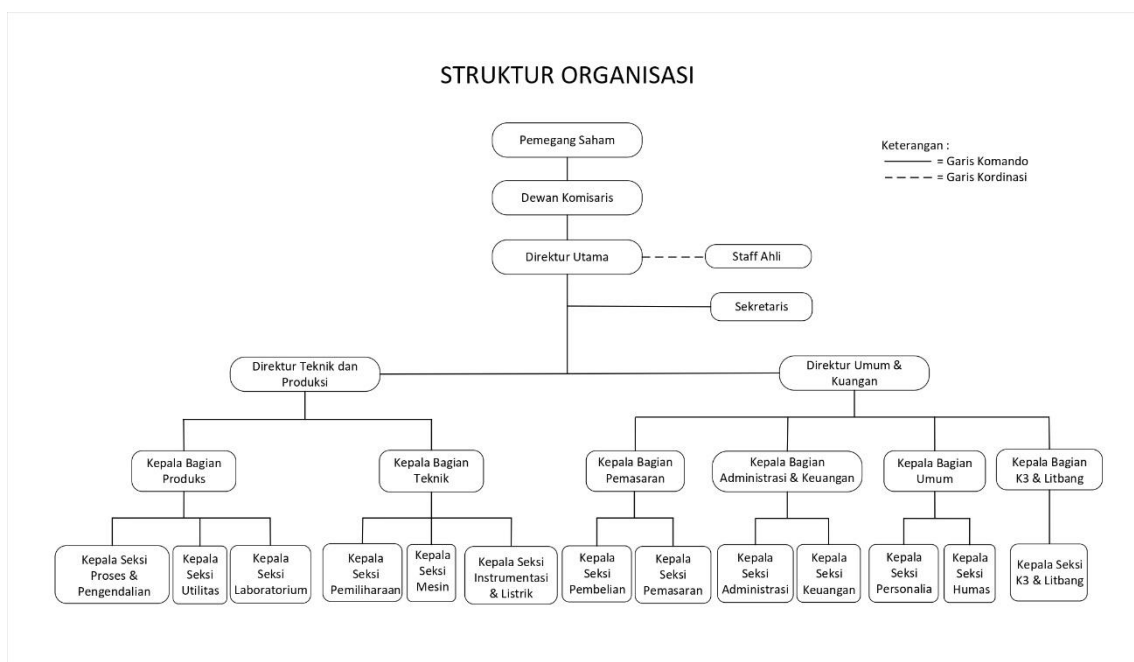
Beberapa azas yang perlu diperhatikan agar mendapatkan suatu sistem organisasi yang baik, antara lain:

- a) Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b) Pendelegasian wewenang
- c) Pembagian tugas

Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

1. Pemegang saham
2. Dewan Komisaris
3. Direktur Utama
4. Direktur
5. General Manager
6. Manager
7. Karyawan dan Operator

Setiap bagian memiliki wewenang dan tugas yang berbeda. Semakin tinggi jabatan yang dimiliki maka semakin besar pula tugas dan wewenang yang dipegang. Kekuasaan yang tertinggi dipegang oleh Pemegang saham, sedangkan dalam pelaksanaannya Dewan komisari memiliki tanggung jawab, tugas, serta wewenang tertinggi.



Gamabar 4.3 Struktur Organisasi Pabrik

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham atau pemilik perusahaan merupakan beberapa orang yang telah menyetorkan nominal modal untuk kepetingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Pemegang saham secara sah memiliki satu atau lebih saham di dalam perseroan. Para pemegang saham merupakan pemilik perusahaan yang mereka dirikan, namun pemegang saham melimpahkan tugas kewenangan, pengawasan dalam pelaksanaan kepada Dewan komisaaris.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertugas untuk melakukan pengawasan selama jalannya operasi perusahaan, sehingga Dewan Komisaris bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Secara umum tugas dan wewenang Dewan Komisaris diantaranya:

- 1) Mengawasi tugas Direksi dalam menjalankan manajemen perusahaan
- 2) Memberikan saran dan nasihat kepada Direksi mengenai kebijakan manajemen dan operasional perusahaan
- 3) Mengawasi pelaksanaan rencana jangka panjang perusahaan serta rencana kerja dan anggaran perusahaan
- 4) Mengadakan rapat secara berkala untuk membahas isu-isu penting
- 5) Menilai dan menyetujui rancangan yang dibuat oleh Direksi terkait kebijakan, target keuntungan, alokasi sumber dana, serta strategi pemasaran.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam pelaksanaan tugas, tanggung jawab, dan wewenang sepenuhnya terhadap maju atau mundurnya suatu perusahaan.

Beberapa tugas dan wewenang Direktur Utama, antar lain:

- 1) Memimpin, mengelola, dan mengarahkan jalannya perusahaan sesuai dengan tujuan, serta terus meningkatkan efisiensi dan efektivitas perusahaan
- 2) Mengawasi dan mengevaluasi manajemen risiko serta sistem pengendalian internal perusahaan
- 3) Menyusun rencana kerja tahunan dalam bentuk anggaran dasar tahunan, yang kemudian diajukan kepada Dewan komisaris
- 4) Mengangkat dan memberhentikan karyawan perusahaan
- 5) Bertanggung jawab atas keuntungan maupun kerugian perusahaan
- 6) Mengkoordinasi seluruh kegiatan mulai dari administrasi, kepegawaian, hingga pengadaan barang di perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur utama dibantu oleh Direktur Operasi dan Produksi serta Direktur Administrasi dan Umum. Direktur Operasi bertugas memimpin kegiatan pabrik yang berkaitan dengan semua aspek produksi, operasi pabrik, pengembangan, pemeliharaan, peralatan, pengadaan, serta laboratorium. Sementara itu, Direktur Administrasi dan Umum bertanggung jawab atas hal-hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran hubungan masyarakat dan keselamatan kerja.

Tugas Direktur Operasi dan Produksi adalah memimpin kegiatan pabrik yang berkaitan dengan semua aspek produksi, termasuk proses produksi, operasi pabrik, pengembangan, pemeliharaan, peralatan, pengadaan, dan laboratorium. Sementara itu, Direktur Administrasi dan Umum bertanggung jawab atas hal-hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, hubungan masyarakat, dan keselamatan kerja.

d. Direktur

Direktur secara umum memiliki tugas mengkoordinasi dan mengawasi pekerjaan di lingkungan atau divisi sesuai dengan arahan pimpinan perusahaan. Direktur yang menjalankan perusahaan diantaranya , direktur produksi dan teknik, serta direktur administrasi. Direktur produksi dan teknik bertanggung jawab terhadap operasional bidang teknik, produksi, proyek, penelitian dan pengembangan hingga kualitas produksi. Berbeda dengan direktur utama dan direktur keuangan, yang bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang keuangan, bidang umum, bidang kesehatan dan keselamatan lingkungan (HSE), serta pemasaran, serta mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.

e. Kepala Bagian

Tugas umum dari kepala bagian yaitu melakukan koordinasi, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkup bagiannya sesuai dengan arahan yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Setiap kepala bagian memiliki tanggung jawab khusus sesuai dengan bidang masing-masing. Beberapa kepala bagian diantara lain :

Kepala Bagian Produksi

Berjawab untuk mengkoordinasi kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku serta produksi

f. Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian teknik bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi untuk memastikan kelancaran proses teknik didalam perusahaan. Kepala Bagian Teknik membawahi seksi proses, dan seksi utilitas.

g. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala bagian administrasi dan keuangan bertugas untuk mengatur serta mengawasi semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi dan keuangan. Dalam melaksanakan tugasnya, Kepala Administrasi dan Keuangan dibantu oleh beberapa seksi, yaitu seksi Administrasi dan Seksi Keuangan.

h. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pemasaran adalah mengawasi dan mengelola seluruh kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan pembelian bahan baku serta pemasaran produk.

i. Kepala Bagian K3 & Penelitian, Pengembangan

Tugas kepala bagian k3, penelitian dan pengembangan yaitu bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan keselamatan kerja karyawan. Memastikan seluruh kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan penelitian dan pengembangan.

j. Kepala Seksi

Kepala seksi bertindak sebagai pelaksana tugas dalam lingkup masing-masing bidangnya sesuai dengan rencana yang telah disusun oleh kepala bagian untuk mencapai hasil yang efektif dan maksimal selama proses produksi berlangsung. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian sesuai dengan struktur organisasi yang telah ditetapkan.

4.4.4 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik sirup glukosa direncanakan akan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Dengan jumlah hari kerja 330 hari selama satu tahun, dimana waktu tambahan yang dialokasikan untuk proses perawatan dan perbaikan akan tetap dihitung sebagai hari kerja.

a. Cuti Tahunan

Masing-masing karyawan perusahaan memiliki hak cuti maksimal 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam kurung waktu 1 tahun cuti tersebut tidak digunakan, maka hak tersebut akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), maka hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan *shift*, hari libur nasional tidak terhitung sebagai hari libur kerja atau tetap dihitung hari kerja dengan perhitungan hari lembur (*overtime*)

c. Kerja Lembur

Kerja lembur (*overtime*) dilakukan apabila terdapat keperluan yang mendesak harus segera di selesaikan dengan persetujuan dari kepala bagian.

Pada pelaksanaannya, karyawan dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Karyawan Shift

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang menangani langsung proses produksi serta mengatur bagian-bagian tertentu di pabrik yang berhubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Karyawan *shift* mencakup operator produksi, bagian teknik, gudang dan utilitas, bagian pengendalian, laboratorium, serta petugas keamanan. Karyawan bekerja secara bergantian dalam 3 *shift* dengan penjabaran sebagai berikut :

Shift Pagi : 07.30-15.30

Shift Sore : 15.30-23.30

Shift Malam : 23.30-07.30

Karyawan bekerja selama 8 jam per hari. Dengan pola bekerja 3 hari kerja diikuti 1 hari libur.

Gambar 4. 4 Pembagian Shift Karyawan

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

b. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur, Kepala Bagian, Kepala Seksi, serta bagian administrasi. Karyawan *non-shift* bekerja dengan rincian jam kerja sebagai berikut :

Senin – Kamis : 07.30-15.30 (Istirahat 12.00-13.00)

Jumat : 07.30-16.30 (Istirahat 11.00-13.00)

Sabtu-minggu : Hari libur, termasuk hari libur nasional

4.4.5 Penggolongan Jabatan Sistem Gaji

a. Penggolongan Jabatan

Setiap jabatan dan struktur organisasi diisi oleh individu dengan latar belakang pendidikan yang sesuai dengan posisi dan tanggung jawabnya. Jenjang pendidikan yang dibutuhkan oleh karyawan berkisar dari lulusan SMA hingga Sarjana S-2. Penggolongan terkait jabatan berdasarkan jenjang pendidikan dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
1.	Direktur Utama	S-2
2.	Direktur	S-2
3.	General Manager	S-1
4.	Manager	S-1
5.	Dokter	S-2
6.	Perawat	D-3/D-4/S-1
7.	Karyawan	D-3/S-1
8.	Operator	SMK/D-3/S-1
9.	Supir	SMA/Sederajat
10.	<i>Cleaning Service</i>	SMA/Sederajat
11.	Satpam	SMA/Sederajatf
12.	Sekretaris	S-1

b. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan yang dibutuhkan tentu saja disesuaikan dengan tapat sehingga pelaksanaan proses dapat berjalan dengan baik dan efisien. Rincian jumlah tenaga kerja dan gaji karyawan dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4. 3 Harga Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
2	Staff Ahli	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

3	Sekretaris Direktur Umum	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
5	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
11	Kepala Bagian Litbang	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
12	Kepala Seksi Personalia	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
13	Kepala Seksi Humas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
14	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
15	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
16	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
17	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
18	Kepala Seksi Proses	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
19	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
20	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
21	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
22	Kepala Seksi Pengembangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

23	Kepala Seksi Penelitian	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
24	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
25	Karyawan Personalia	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
26	Karyawan Humas	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
27	Karyawan Pembelian	4	Rp6.000.000	Rp24.000.000
28	Karyawan Pemasaran	4	Rp6.000.000	Rp24.000.000
29	Karyawan Administrasi & Keuangan	6	Rp7.000.000	Rp42.000.000
30	Karyawan Proses	12	Rp7.000.000	Rp84.000.000
31	Karyawan Pengendalian	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
32	Karyawan Laboratorium	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
33	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp7.000.000	Rp42.000.000
34	Karyawan Utilitas	15	Rp7.000.000	Rp105.000.000
35	Karyawan K3	6	Rp7.000.000	Rp42.000.000
36	Karyawan Litbang	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
37	Operator Proses	10	Rp6.000.000	Rp60.000.000
38	Operator Utilitas	15	Rp6.000.000	Rp90.000.000
39	Dokter	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
40	Perawat	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
41	Satpam	6	Rp2.864.225	Rp17.185.350
42	Supir	5	Rp2.864.225	Rp17.185.350
43	<i>Cleaning Service</i>	6	Rp2.864.225	Rp17.185.350
	TOTAL	146		Rp1.125.556.050

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Fasilitas dan Hak yang didapatkan karyawan yang diberikan oleh perusahaan adalah sebagai berikut :

a. Hak Cuti

Hak cuti yang diberikan kepada karyawan antara lain:

- 1) Cuti sakit diberikan kepada karyawan dengan berdasarkan keterangan dari dokter.
- 2) Cuti tahunan yang diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- 3) Cuti hamil, karyawan wanita mendapatkan hak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Tunjangan dan Asuransi

Tunjangan yang diberikan oleh perusahaan antara lain:

- 1) Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan masing-masing karyawan yang bersangkutan.
- 2) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melawati batas jam kerja berdasarkan ketentuan jumlah jam kerja.
- 3) Tunjangan jabatan diberikan kepada karyawan dengan berdasarkan masing-masing jabatan yang dipegang. Sedangkan asuransi yang diberikan perusahaan, diantaranya berupa asuransi kesehatan, jaminan keselamatan dan kesehatan kerja, jaminan kematian, serta jaminan hari tua. Dengan demikian hal tersebut akan memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika menjalankan tugasnya.
- 4) Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah tiga pasang untuk setiap tahunnya. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari adanya kesenjangan antar karyawan, selain itu disediakan masker dan sarung tangan sebagai alat pengaman dalam bekerja.

5) Bonus

Bonus diberikan oleh perusahaan kepada setiap karyawan berdasarkan hasil keuntungan yang didapat perusahaan, tercapainya hasil kerja yang lebih besar dari target produksi normal atau karena adanya peningkatan produktivitas. Dengan secara umum bonus setiap karyawan diberikan pada akhir tahun. Sehingga akan memotivasi karyawan untuk bisa bekerja dengan lebih baik lagi.

6) Penyedia fasilitas karyawan, terdiri dari :

- a) Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi karyawan.
- b) Penyediaan fasilitas tempat kesehatan yang dilengkapi dengan dokter dan perawat.
- c) Penyediaan tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana listrik dan air.
- d) Penyediaan fasilitas kantin.
- e) Memberikan penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja 10 tahun berturut-turut.

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Dalam perancangan pabrik glukosa unit utilitas yang dibutuhkan antara lain:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai penyedia air sanitasi, air pendingin, air umpan *boiler*, dan air proses. Air sanitasi digunakan untuk air perkantoran dan lingkungan.

2. Unit Penyedia *Steam* pada *Heater*

Unit penyedia *steam* digunakan untuk proses pemanasan pada *heater*.

3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit pembangkit listrik digunakan untuk tenaga penggerak peralatan proses, transportasi bahan dan penerangan lingkungan pabrik. Listrik yang digunakan bersumber dari PT. PLN Tanjung Awar-Awar yang berada dalam satu lingkup kabupaten dari lokasi berdirinya pabrik sirup glukosa dan generator sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit penyedia udara tekan berfungsi sebagai penyedia udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Alat penyedia udara tekan berupa kompresor dan tangka udara.

5. Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Stroge System*)

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar penggerak generator.

6. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Water Treatment*)

Unit pengolahan limbah merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan dari air limbah. Proses pengolahan limbah melibatkan berbagai metode baik fisika, kimia maupun biologi untuk menghilangkan berbagai kontaminan fisik, kimia dan biologis.

Keterangan		Keterangan	
BU-01	Bak Sedimentasi	TU-01	Tangki Klo
BU-02	Bak Air Bersih Sementara	TU-02	Tangki Dek
BU-03	Bak Penyimpanan Air Bersih	TU-03	Tangki Penyimp
BU-04	Bak Air Pendingin	TU-04	Tangki N
KL-01	Klarifier	TU-05	Tangki Penyimp
SF-01	Sand Filter	TU-06	Tangki Resin Kar
CT-01	Cooling Tower	TU-07	Tangki Resin An
CL-01	Cooler	TU-08	Tangki Air K
R-01	Reaktor	TU-09	Tangki Penyimp
KE-01	Kation Exchanger	B-01	Boiler
AE-01	Anion Exchanger	HE-01, HE-02 & HE-3	Heat
D-01	Dosimeter	PU-01 - PU-18	Pompa U

96

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai penyedia air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik.

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan salah satu bahan penunjang yang digunakan dalam mendukung berbagai kebutuhan proses produksi. Air yang digunakan dapat bersumber dari air sungai, air danau, air sumur, dan air laut. Pada pra rancangan pabrik glukosa ini, air yang digunakan berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa pertimbangan penggunaan air sungai, di antaranya :

- a. Letak sungai Bengawan Solo tidak terlalu jauh dari lokasi pabrik
- b. Air sungai merupakan sumber air yang tersedia dalam jumlah yang besar sehingga dapat menghindari adanya kekurangan air
- c. Pengolahan air sungai relatif lebih murah, mudah, dan sederhana

Kebutuhan air yang digunakan pada pabrik glukosa digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

a. Air Domestik

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan perumahan, perkantoran, laboratorium dan tempat ibadah. Sehingga, air yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu tidak berbau dan berasa, air jernih tidak beracun, serta tidak mengandung zat organik dan anorganik. Berikut ini merupakan rincian kebutuhan air domestik pada Pabrik Glukosa :

b. Air untuk penggunaan kantor

Kebutuhan air dalam sehari : 120 liter/hari

Jumlah karyawan : 161

Antisipasi dilebihkan : 177

Total penggunaan air : 19.320 kg/hari

: 805 kg/jam

Air untuk perumahan karyawan

Jumlah rumah : 23 unit

Jumlah orang per rumah : 5 orang

Kebutuhan air per orang : 120 Liter/hari

Total penggunaan air : 13.800 kg/hari

: 575 kg/jam

Air untuk penggunaan lingkungan

Rincian kebutuhan air lingkungan

Hidran : 40 Liter/hari

Taman : 40 Liter/hari

Lain-lain : 40 Liter/hari

Total : 120 Liter/hari

: 120 kg/hari

: 5 kg/jam

Sehingga total kebutuhan air domestic dapat dilihat pada Table 5.1 sebagai berikut

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Penggunaan Air	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Kantor	805
2	Perumahan	575
3	Lingkungan	5
Total		1.385

c. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air layanan umum merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, kantin, laboratorium, masjid, dan lain-lain. Perkiraan total kebutuhan air untuk layanan umum yaitu 984,58 kg/jam.

d. Air Proses

Air proses digunakan untuk kebutuhan pada alat-alat proses utama. Terdapat beberapa persyaratan air proses yang digunakan yaitu tidak berbau dan berasa, air jernih, serta tidak mengandung zat organik dan anorganik. Pada Pabrik Glukosa ini, kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel 5.2 dibawah ini :

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses

No	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	M-01	34.098,06
2	M-02	7.574,52

3	ADS-01	567,81
4	UF-01	1.505,64
Total		42.240,40

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

Air umpan *boiler* pada Tabel 5.3 adalah air yang akan menghasilkan *steam* untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* pada pabrik Glukosa dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Umpan Boiler

No	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Heater</i> (HE-01)	1.147,66
2	<i>Heater</i> (HE-01)	367,67
3	<i>Heater</i> (HE-01)	169,02
	<i>Over Design</i>	2.406,67
	<i>Makeup</i>	485,16
Total		2.910,96

f. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang berfungsi sebagai media pendingin pada produksi pabrik. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Glukosa dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Reaktor-01 (R-01)	16.788,03
2	<i>Cooler-01</i> (CL-01)	20.075,65
	<i>Over Design</i>	44.236,41
	<i>Makeup</i>	5.529,55
Total		49.765,96

Sehingga total kebutuhan air pada pabrik Glukosa dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini :

Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Air

No	Kebutuhan Air	Jumlah (kg/jam)
1	Air Domestik	1.385
2	Layanan Umum	984,58
3	Air Proses	42.240,40
4	Air Umpan Boiler	2.910,96
5	Air Pendingin	49.765,96
Total		97.286,90

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk perancangan pabrik glukosa diambil dari air sungai Bengawan Solo yang jaraknya cukup dekat dengan pabrik. Air sungai tidak dapat langsung

digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk mendapatkan spesifikasi air yang diinginkan. Beberapa tahapan dalam proses pengolahan air, antara lain :

1. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar.

2. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan dimasukkan ke dalam bak sedimentasi. Proses ini bertujuan untuk memisahkan kotoran yang terikut dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Kotoran-kotoran yang terikut dalam air akan mengendap pada bagian bawah karena adanya gaya gravitasi.

3. Bak Penggumpal (*Clarifier*)

Pada *clarifier* terjadi proses koagulasi. Koagulasi adalah metode yang memanfaatkan reaksi kimia untuk membersihkan air dari kotoran, seperti lumpur, mikroorganisme, dan zat pencemar lainnya. Tujuan utama dari proses koagulasi adalah untuk membantu partikel-partikel kecil ini bergabung membentuk flok yang lebih besar, yang kemudian dapat dengan mudah diendapkan atau dihilangkan dari air. Proses koagulasi diawali dengan penambahan koagulan. Pada pabrik glukosa digunakan koagulan alumunium sulfat $Al_2(SO_4)_3$. Alumunium sulfat merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk

menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

4. **Pengendapan**

Pengendapan dilakukan di dalam bak pengendapan untuk memisahkan *flok* yang terbentuk pada proses sebelumnya. Bentuk-bentuk flok tadi akan dibuang (*blow down*).

5. **Sand Filter**

Setelah keluar dari bak pengendapan, air kemudian dialirkan menuju *Sand Filter* untuk di filtrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

6. **Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)**

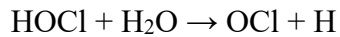
Air yang keluar dari *Sand Filter* merupakan air yang sudah bersih dan akan ditampung pada bak penampungan sementara. Air tersebut akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan untuk keperluan air domestik, air layanan umum, air pendingin, air umpan *boiler*, dan air proses.

7. **Tangki Klorinasi**

Air bersih yang akan didistribusikan untuk air rumah tangga harus melalui proses klorinasi. Klorin yang ditambahkan digunakan sebagai desinfektan untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, serta mikroorganisme-mikroorganisme lainnya sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Dalam reaksinya, klorin di dalam air akan membentuk asam hipoklorit dengan reaksi sebagai berikut :



Selanjutnya, asam hipoklorit akan diuraikan sesuai dengan reaksi berikut :



8. Tangki Deklorinasi

Tangki deklorinasi bertujuan untuk menghilangkan klorin (Cl_2). Klorin memiliki sifat beracun yang membahayakan kesehatan manusia. Setelah air terbebas dari klorin air dapat didistribusikan sebagai air rumah tangga.

9. *Cooling Tower*

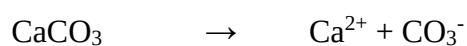
Cooling tower adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat proses. Pada alat ini air panas akan diolah menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. Air akan mengalami proses evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang aliran.

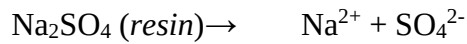
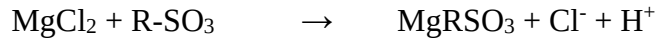
10. Demineralisasi

Air yang digunakan untuk air proses dan air umpan *boiler* untuk produksi *steam water* tidak cukup air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral terlarut. Sehingga perlu dilakukan adanya demineralisasi. Demineralisasi adalah proses pemisahan mineral yang terdapat pada air. Proses ini dilakukan menggunakan proses pertukaran ion dengan menggunakan resin kation dan anion.

a. Kation Exchanger

Kation Exchanger adalah unit yang bertugas menukar kation, di mana kation yang ada dalam air digantikan oleh ion H^+ . Akibatnya, air yang keluar dari *Kation Exchanger* mengandung anion dan ion H^+ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :





b. Anion Exchanger

Air yang keluar dari tangki kation diumpankan menuju tangki *Anion Exchanger* untuk mengikat ion negative (*anion*) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

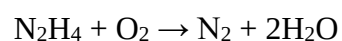


Selama proses pertukaran ion berlangsung, kation resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasi menggunakan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



11. *Deaerator*

Air proses dan air umpan *boiler* yang telah di demineralisasi (*demin water*) pada *Kation Exchanger* dan *Anion Exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *Deaerator*. Deaerasi adalah proses menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) yang dapat menimbulkan korosi pada air proses dan air umpan *boiler*. *Demin water* dipompakan menuju *Deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia hidrazin (N_2H_2) untuk mengikat oksigen sehingga mencegah terjadinya korosi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit pembangkit steam berfungsi untuk memenuhi kebutuhan *steam* yang dibutuhkan dalam proses produksi menggunakan boiler yang beroperasi pada tekanan 101,3 kPa. *Steam* atau uap yang dihasilkan *boiler* (B-01) merupakan uap jenuh (*saturated steam*). Spesifikasi *boiler* (B-01) yang digunakan yaitu sebagai berikut :

Kode : B-01

Fungsi : Membuat *steam* jenuh dengan menggunakan air umpan *boiler*

Jenis : *Fire tube boiler*

Jumlah : 1 unit

Heating Surface : 1.330,54 ft²

Rate of Steam : 4.456,79 lb/jam

Efisiensi Pembakaran : 92%

Tekanan : 1 atm

Suhu *steam* : 148°C

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Rincian kebutuhan listrik yang digunakan pada pabrik glukosa, antara lain:

- a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Crusher</i>	CR-01	97,46	72.675,43
<i>Vibrating screen</i>	VS-01	7,48	5.577,84
Tangki Delignifikasi	M-01	30	22.371,00
<i>Mixer</i> H ₂ SO ₄	M-02	1,5	1.118,55
<i>Mixer</i> NaOH	M-03	7,5	5.592,75
<i>Rotary Drum Vacuum Filter 01</i>	RDVF-01	3	2.237,10
<i>Rotary Drum Vacuum Filter 02</i>	RDVF-02	3	2.237,10
Reaktor	R-01	30	22.371,00
Adsorpsi	ADS-01	13	9.694,10
<i>Nanoultrafiltration</i>	UF-01	5	3.728,50
Pompa 1	P-01	5	3.728,50
Pompa 2	P-02	5	3.728,50
Pompa 3	P-03	2	1.491,40
Pompa 4	P-04	3	2.237,10
Pompa 5	P-05	3	2.237,10
Pompa 6	P-06	1,5	1.118,55
Pompa 7	P-07	0,75	559,28
Pompa 8	P-08	0,75	559,28
Pompa 9	P-09	1	745,70
Pompa 10	P-10	0,75	559,28
Pompa 11	P-11	0,75	559,28
Pompa 12	P-12	1	745,70

Pompa 13	P-13	2	1.491,40
Pompa 14	P-14	1	745,70
<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	0,75	559,28
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	0,75	559,28
<i>Bucket Elevator</i>	BE-02	0,17	124,28
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	2,12	1.580,88
<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	0.43	320,65
<i>Screw Conveyor</i>	SC-03	3	2.237,10
Total		232,66	173.491,59

Total kebutuhan listrik alat proses = 173.491,59 watt

= 173,49 kW

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa Utilitas 01	PU-01	7,50	5.592,75
Pompa Utilitas 02	PU-02	5,00	3.728,50
Pompa Utilitas 03	PU-03	3,00	2.237,10
Pompa Utilitas 04	PU-04	3,00	2.237,10
Pompa Utilitas 05	PU-05	0,17	124,28
Pompa Utilitas 06	PU-06	0,08	62,14
Pompa Utilitas 07	PU-07	0,17	124,28
Pompa Utilitas 08	PU-08	0,17	124,28

Pompa Utilitas 09	PU-09	0,05	37,29
Pompa Utilitas 10	PU-10	0,05	37,29
Pompa Utilitas 11	PU-11	0,08	62,14
Pompa Utilitas 12	PU-12	0,05	37,29
Pompa Utilitas 13	PU-13	0,05	37,29
Pompa Utilitas 14	PU-14	0,05	37,29
Pompa Utilitas 15	PU-15	0,75	559,28
Pompa Utilitas 16	PU-16	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 17	PU-17	2,00	1.491,40
Pompa Utilitas 18	PU-18	0,05	37,29
<i>Klarifier</i>	KL-01	15,00	11.185,50
Tangki Klorinasi	T-01	25,00	18.642,50
Tangki Deklorinasi	T-02	10,00	7.457,00
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	5,00	3.728,50
Total		78,72	58.699,02

Total kebutuhan listrik alat proses = 58.699,02 Watt

$$= 58,70 \text{ kW}$$

Kebutuhan listrik secara keseluruhan pada perancangan pabrik glukosa ini digunakan faktor keamanan sebesar 20% sehingga total kebutuhan tenaga listrik sebesar 278,628 kW

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan digunakan untuk memenuhi kebutuhan instrumentasi alat proses seperti *control valve*. Fungsi dari udara tekan adalah untuk menggerakkan

instrumen-instrumen kontrol tersebut. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah alat *control* yang dipakai, yaitu *control valve*. Kebutuhan udara tekan tiap *control valve* yaitu 3 m³/jam, sehingga diperkirakan kebutuhan udara tekan total sebesar 14 x 3 m³/jam = 42 m³/jam, pada tekanan 1 atm dan suhu 30 °C. Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menyediakan udara tekan. Kompresor dilengkapi *silica gel* untuk menyerap kandungan air pada udara tekan.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *boiler* dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan adalah *diesel oil* 33°API yang diperoleh dari Pertamina dan distributornya.

Kebutuhan Bahan Bakar Boiler

- Jenis bahan bakar : *Diesel Oil 33°API*
- Rate bahan bakar : 124,83 lb/jam
- Efisiensi pembakaran : 80%
- Kebutuhan *diesel* : 69,86 kg/jam

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik glukosa ini menghasilkan limbah dalam bentuk padat, cair, dan gas. Limbah padat berasal dari limbah *rotary drum vacuum filter*, sementara limbah cair didapat dari hasil adsorpsi. Limbah-limbah yang dihasilkan dalam proses produksi glukosa ini akan diproses lebih lanjut di Unit Pengolahan Limbah (UPL), sebelum dibuang.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Sedimentasi (BU-01)

Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat BU-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menampung air sungai untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air secara gravitasi
Jenis	:	Bak persei panjang
Bahan	:	Beton bertulang
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, jam	:	24
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	2.568,37
Panjang, m	:	21,74
Kedalaman, m	:	10,87
Lebar, m	:	10,87
Harga	:	Rp18.334.929.870,80

2. Klarifier (KL-01)

Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat KL-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Mengendapkan gumpalan kotoran dari Bak Sedimentasi (BU-01)
Jenis	:	<i>Conical Bottom</i>
Bahan	:	<i>Carbon Steel SA 283</i>

Jumlah	:	1
Waktu tinggal, jam	:	1
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	105,07
Diameter, m	:	4,47
Tinggi, m	:	6,70
Pengaduk		
Jenis	:	<i>Marine Propeller</i>
Kecepatan, rpm	:	56
Power pengadukan, Hp	:	15
Harga	:	Rp5.989.318.844,66

3. *Sand Filter* (SF-01)

Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat SF-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menyaring partikel halus yang masih terbawa air dari <i>klarifier</i> (KL-01)
Jenis	:	Tangki silinder dengan tutup atas dan bawah <i>dished head</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-283</i>
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, jam	:	0,25

Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	19,50
Diameter, m	:	1,7
Tinggi, m	:	4,4
Tinggi lapisan, m	:	3,5
Harga	:	Rp798.706.674,24

4. Bak Air Bersih Sementara (BU-02)

Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat BU-02

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menampung air bersih dari <i>sand filter</i> (SF-01)
Jenis	:	Bak persei panjang
Bahan	:	Beton bertulang
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, (jam)	:	8
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	:	780,14
Panjang, m	:	14,61

Tinggi, m	:	7,31
Lebar, m	:	7,31
Harga	:	Rp12.082.646.175,16

5. Tangki Klorinasi (T-01)

Tabel 5. 12 Spesifikasi Alat T-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Mencampurkan Cl ₂ kedalam air sebagai desinfektan untuk menghilangkan kuman dan patogen di dalam air.
Jenis	:	Tangki silinder vertical
Bahan	:	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, jam	:	24
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	68,25
Diameter, m	:	3,87
Tinggi, m	:	5,80
Kecepatan pengadukan, rpm	:	84
Daya, Hp	:	25
Harga	:	Rp1.670.023.046,14

6. Tangki Deklorinasi (T-02)

Tabel 5. 13 Spesifikasi Alat T-02

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menghilangkan kandungan klorin dalam air
Jenis	:	Tangki silinder vertical
Bahan	:	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, jam	:	24
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	62,56
Diameter, m	:	3,76
Tinggi, m	:	5,64
Kecepatan pengadukan, rpm	:	68
Daya, Hp	:	10
Harga	:	Rp1.652.361.227,79

7. Bak Air Rumah Tangga (BU-03)

Tabel 5. 14 Spesifikasi Alat BU-05

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menampung air untuk keperluan air domestik dan air layanan umum
Jenis	:	Bak persegi panjang
Bahan	:	Beton bertulang

Jumlah	:	1
Waktu tinggal, (jam)	:	24
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Konstruksi		
Volume, m ³	:	71,09
Panjang, m	:	6,58
Tinggi, m	:	3,29
Lebar, m	:	3,29
Harga	:	Rp5.223.973.382,86

8. Bak Air Sementara (BU-04)

Tabel 5. 15 Spesifikasi Alat BU-04

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menampung kebutuhan air untuk pendingin setelah dibersihkan pada <i>Sand Filter</i> (SF-01)
Jenis	:	Bak persegi panjang
Bahan	:	Beton bertulang
Jumlah	:	1
Waktu tinggal, (jam)	:	8
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Konstruksi		

Volume, m ³	:	442,36
Panjang, m	:	12,09
Tinggi, m	:	6,05
Lebar, m	:	6,05
Harga	:	Rp9.906.317.669,68

9. *Kation Exchanger* (KE-01)

Tabel 5. 16 Spesifikasi Alat KE-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion positif (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Ba) yang ada di dalam air.
Jenis	:	Tangki Silinder Tegak
Bahan	:	<i>Stainless steel SA 167 type 309</i>
Jumlah	:	1
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume Resin, m ³	:	3,49
Diameter, m	:	3,24
Tinggi, m	:	3,24

10. *Anion Exchaner* (AE-01)

Tabel 5. 17 Spesifikasi Alat AE-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion negatif
Jenis	:	Tangki Silinder Tegak
Bahan	:	<i>Stainless steel SA 167 type 309</i>
Jumlah	:	1 unit
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume Resin, m ³	:	2,93
Diameter, m	:	3,17
Tinggi, m	:	3,17

11. *Deaerator (D-01)*

Tabel 5. 18 Spesifikasi Alat D-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air
Jenis	:	Tangki silinder horizontal
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 283</i>
Jumlah	:	1 unit
Waktu tinggal, jam	:	0,5
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi, °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Dimensi		
Volume, m ³	:	1,75
Diameter, m	:	0,96
Tinggi, m	:	1,71
Harga	:	Rp1.287.350.315,24

12. *Cooling Tower* (CT-01)

Tabel 5. 19 Spesifikasi Alat CT-01

Spesifikasi Umum		
Fungsi	:	Mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai
Jenis	:	<i>Counter flow induced draft cooling tower</i>
Bahan	:	<i>Carbon Steel 178 Grade C</i>
Jumlah	:	1
Kondisi Operasi		
Suhu <i>input</i> , °C	:	60
Suhu <i>output</i> , °C	:	30
Tekanan, atm	:	1
Konstruksi		
Luas Penampang, m ²	:	9,05
Panjang, m	:	2,02
Diameter, m	:	3,39
Tinggi, m	:	11,13
Daya motor, Hp	:	5
Harga	:	Rp3.703.094.580,56

Alat Penyimpanan (Tangki Utilitas)

Tabel 5. 20 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Kode	TU-03	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Tempat penyimpanan tawas (Al_2SO_4) ₃	Tempat penyimpanan soda kaustik	Tempat penyimpanan kaporit	Tempat pelarutan H_2SO_4 untuk regenerasi resin kation
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari	7 hari	7 hari
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283</i>	<i>Carbon Steel SA 283</i>	<i>Carbon Steel SA 283</i>	<i>Stainless Steel SA 316</i>
Bentuk	Tangki silindris vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal
Volume (m ³)	0,47	3,78	7,35	0,60
Tinggi (m)	1,11	2,21	2,76	1,20
Panjang (m)	-	-	-	-
Diameter (m)	0,74	1,48	1,84	0,8
Harga	Rp516.117.580,65	Rp1.175.492.132,36	Rp1.275.575.769,67	Rp5.123.889.745,55

Kode	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Tempat penyimpanan NaOH untuk regenerasi resin anion	Menyimpan kondensat <i>steam</i>	Sebagai tempat penyimpanan cairan <i>hidrazin</i> (N ₂ H ₄)
Lama Penyimpanan	7 hari	8 jam	7 hari
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283</i>	<i>Carbon Steel SA 283</i>	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Bentuk	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder horizontal	Tangki silinder vertikal
Volume (m ³)	0,50	3,88	1,36
Tinggi (m)	1,13	-	1,58
Panjang (m)	-	2,37	-
Diameter (m)	0,75	2,58	1,58
Harga	Rp1.475.743.044,29	Rp1.887.852.139,11	Rp945.888.493,82

Pompa Utilitas

Tabel 5. 21 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju Bak Sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) menuju klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari Klarifier (KL-01) menuju <i>Sand Filter</i> (SF-01)	Mengalirkan air dari <i>Sand Filter</i> (SF-01) menuju Bak Air Bersih Sementara (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Air Bersih Sementara (BU-02) menuju Tangki Klorinasi (TU-01)	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-01) menuju Tangki Deklorinasi (TU-02)
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	1	1	1	1	1	1
Kapasitas (gpm)	502	452	407	403	12,24	12,24
<i>Pump head</i> (m)	10,94	6,76	4,45	7,36	5,81	4,03
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30

Spesifikasi Pipa						
NPS (in)	8	8	8	8	1,50	1,50
Sch. Number	40	40	40	40	40	40
OD (in)	8,625	8,625	8,625	8,625	1,90	1,90
ID (in)	8	8	8	8	1,61	1,61
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Efisiensi pompa	83%	80%	80%	80%	58%	58%
Daya motor (HP)	7,5	5	3	3	0,2	0,1
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Material Constraction	<i>Commercial Steel</i>					
Harga	Rp465.094.549,9	Rp465.094.549,9	Rp465.094.549,9	Rp465.094.549,9	Rp147.181.819,6	Rp147.181.819,6

Tabel 5.20 Lanjutan

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju Bak Air Rumah Tangga (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Air Bersih Sementara (BU-02) menuju <i>Kation Exchanger</i> (KE-01)	Mengalirkan air dari <i>Kation Exchanger</i> (KE-01) menuju <i>Anion Exchanger</i> (AE-01)	Mengalirkan air dari <i>Anion Exchanger</i> (AE-01) menuju <i>Deaerator</i> (D-01)	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (D-01) menuju <i>Boiler</i> (B-01)	Mengalirkan air dari <i>Boiler</i> (B-01) ke <i>Heater</i> (HE-01, HE-02, HE-03)
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	1	1	1	1	1	1
Kapasitas (gpm)	12,24	15,03	15,03	14,28	18,04	16,24
<i>Pump head</i> (m)	3,29	3,25	3,65	1,72	1,72	3,0
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30
Spesifikasi Pipa						
NPS (in)	1,50	1,50	1,50	1,50	2	2

<i>Sch. Number</i>	40	40	40	40	40	40
OD (in)	1,90	1,90	1,90	1,90	2,38	2,38
ID (in)	1,61	1,61	1,61	1,61	2	2
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Efisiensi pompa	54%	60%	60%	58%	60%	60%
Daya motor (HP)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Jumlah	1	1	1	1	1	1
<i>Material Constraction</i>	<i>Commercial Steel</i>					
Harga	Rp147.181.819,6	Rp147.181.819,6	Rp147.181.819,6	Rp147.181.819,6	Rp215.866.668,7	Rp215.866.668,7

Tabel 5.20 Lanjutan

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Heater</i> menuju Tangki Kondensat TU-08	Mengalirkan air dari Tangki Kondensat TU-08 menuju <i>Deaerator</i> (D-01)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Air Bersih Sementara (BU-02) menuju Bak Air Pendingin (BU-04)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-04) menuju <i>Cooler</i> (CL-01) dan Reaktor (R-01)	Mengalirkan air dari <i>Cooler</i> (CL-01) dan Reaktor (R-01) menuju <i>Cooling Tower</i> (CT-01)	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju Bak Air Pendingin (BU-04) untuk digunakan kembali
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	1	1	1	1	1	1
Kapasitas (gpm)	2,51	2,51	104	104	104	0,11
<i>Pump head</i> (m)	1,58	1,71	4,69	8,71	11,17	6,04
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30

Spesifikasi Pipa						
NPS (in)	0,75	0,75	4	4	4	0,25
Sch. Number	40	40	40	40	40	40
OD (in)	1,05	1,05	4,5	4,5	4,5	0,54
ID (in)	0,75	0,75	4	4	4	0,36
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
Efisiensi pompa	45%	45%	75%	75%	75%	45%
Daya motor (HP)	0,1	0,1	0,75	1,5	2	0,1
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Material Constraction	<i>Commercial Steel</i>					
Harga	Rp147.181.819,6	Rp147.181.819,6	Rp317.912.730,3	Rp317.912.730,3	Rp317.912.730,3	Rp147.181.819,6

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam merancang sebuah pabrik, diperlukan analisa ekonomi yang bertujuan memperkirakan kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi. Analisis ini meliputi peninjauan terhadap kebutuhan modal investasi, perkiraan keuntungan yang akan diperoleh, waktu pengembalian modal, dan identifikasi titik impas dimana modal total biaya produksi sama dengan pendapatan yang diperoleh. Selain itu, evaluasi ekonomi bertujuan untuk menilai apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak layak untuk dilanjutkan. Dalam evaluasi ekonomi ada beberapa faktor yang dapat diperhitungkan, diantaranya :

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

Namun sebelum dilakukan analisa terhadap kelima point evaluasi tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut :

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*)
2. Total Capital Investment terdiri dari :
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

3. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
4. *Total Production Cost* terdiri dari :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
 - c. Pendapatan Modal

Perlu dilakukan perkiraan beberapa hal untuk mengetahui titik impas dari suatu pabrik.

Beberapa diantaranya, yaitu :

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
2. Biaya Variabel (*Variabel Cost*)
3. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan cenderung berubah seiring dengan perubahan waktu, dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang berlaku. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun tertentu, dengan mempertimbangkan indeks harga peralatan pada tahun tersebut. Pabrik sirup glukosa direncanakan akan berdiri pada tahun 2030, sehingga diperlukan perkiraan indeks harga pada tahun tersebut. Indeks harga pada tahun 2030 dengan menggunakan metode linear menggunakan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Data indeks harga tersebut didapatkan dari *Chemical Engineering Plant Cost* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

Tahun (x)	Indeks (y)
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,30
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20
2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,10
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10

2019	607,50
2020	596,20
2021	776,30
2022	625,10
2023	632,51
2024	639,92
2025	647,34
2026	654,75
2027	662,16
2028	669,58
2029	676,99
2030	684,41

Berdasarkan dari indeks harga diatas diperoleh persamaan metode regresi linear sebagai berikut :

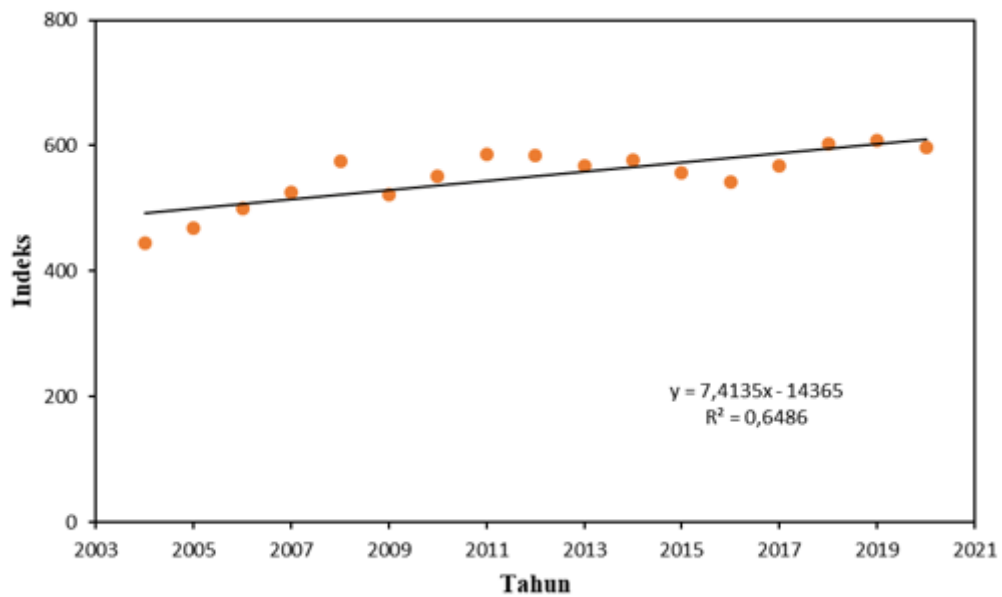
$$y = 7,413x - 14365 \quad (6.1)$$

Dimana:

y = Indeks Harga

x = Tahun Pembelian

Persamaan tersebut digunakan untuk mencari perkiraan indeks harga pada tahun pabrik didirikan. Direncanakan pabrik akan didirikan pada tahun 2030 dengan harga indeks alat sebesar 684,41. Berikut merupakan grafik hubungan antara tahun dan indeks harga peralatan :



Gambar 6. 1 Grafik Regrasi Linear

Dari persamaan (6.1) didapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga.

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Dimana:

Ex = Harga alt pada tahun X

Ey = Harga alat pada tahun Y

Nx = Nilai Indeks pada tahun X

Ny = Nilai indeks pada tahun Y

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang akan digunakan dan dicari harganya.

Berikut daftar harga alat proses dan alat utilitas dapat diihat pada tabel berikut :

Tabel 6. 2 Daftar Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ny	Nx	Ey (\$)	Ex (\$)	Harga Total (Rp)
			2014	2030	2014	2030	
Tangki H ₂ SO ₄	T-01	1	576,10	684,41	12.800	15.206,36	Rp236.191.266,17
Silo NaOH	SL-01	1	576,10	684,41	67.300	79.952	Rp1.241.849.391,67
Silo SiO ₂	SL-02	1	576,10	684,41	23.500	27.918	Rp433.732.402,74
Crusher	CRS-01	1	576,10	684,41	98.400	116.899	Rp1.815.720.358,70
Screener	HVS-01	1	576,10	684,41	34.500	40.986	Rp636.609.272,10
Delignifikasi	DLG-01	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Mixer NaOH	M-01	1	576,10	684,41	8.300	9.860	Rp153.155.274,16
Rotary Drum Vacum Filer-01	RDVF-01	1	576,10	684,41	786.400	514.000	Rp7.983.653.600,00
Rotary Drum Vacum Filter-02	RDVF-02	1	576,10	684,41	545.800	514.000	Rp7.983.653.600,00
Mixer H ₂ SO ₄	M-02	1	576,10	684,41	3.900	4.633	Rp71.964.526,41
Reaktor	R-01	2	576,10	684,41	1.405.900	3.340.410	Rp51.884.578.298,59
Adsorpsi	ADS-01	1	576,10	684,41	2.800	3.326	Rp51.666.839,48

Filter Tower	FT-01	1	576,10	684,41	50.400	59.875	Rp930.003.110,55
Ultrafiltrasi	UF-01	1	576,10	684,41	124.100	872.600	Rp13.553.572.240,00
Tangki Produk	T-02	1	576,10	684,41	117.400	139.471	Rp2.166.316.769,42
Tangki Xylosa	T-03	1	576,10	684,41	137.000	162.756	Rp2.527.984.645,75
Belt Conveyor-01	BC-01	1	576,10	684,41	3.600	4.277	Rp66.428.793,61
Bucket Elevator-01	BE-01	1	576,10	684,41	12.300	14.612	Rp226.965.044,84
Bucket Elevator-02	BE-02	1	576,10	684,41	9.000	10.692	Rp166.071.984,03
Screw Conveyor-01	SC-01	1	576,10	684,41	4.900	5.821	Rp90.416.969,08
Screw Conveyor-02	SC--02	1	576,10	684,41	3.500	4.158	Rp64.583.549,34
Screw Conveyor-03	SC-03	1	576,10	684,41	9.300	11.048	Rp171.607.716,83
Pompa-01	P-01	1	576,10	684,41	22.000	26.136	Rp405.953.738,73
Pompa-02	P-02	1	576,10	684,41	22.000	26.136	Rp405.953.738,73
Pompa-03	P-03	1	576,10	684,41	22.000	26.136	Rp405.953.738,73
Pompa-04	P-04	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-05	P-05	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-06	P-06	1	576,10	684,41	4.500	5.346	Rp83.035.992,01

Pompa-07	P-07	1	576,10	684,41	13.800	16.394	Rp254.643.708,84
Pompa-08	P-08	1	576,10	684,41	13.800	16.394	Rp254.643.708,84
Pompa-09	P-09	1	576,10	684,41	22.000	26.136	Rp405.953.738,73
Pompa-10	P-10	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-11	P-11	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-12	P-12	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-13	P-13	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-14	P-14	1	576,10	684,41	17.200	20.434	Rp317.382.013,92
Pompa-15	P-15	1	576,10	684,41	13.500	16.038	Rp249.107.976,04
Heater-01	HE-01	1	576,10	684,41	1.600	1.901	Rp29.523.908,27
Heater-02	HE-02	1	576,10	684,41	1.400	1.663	Rp25.833.419,74
Heater-03	HE-03	1	576,10	684,41	600	713	Rp11.071.465,60
Cooler-01	CL-01	1	576,10	684,41	20.500	24.354	Rp378.275.074,73
Total						6.121.629	Rp95.083.591.833

Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas

NO	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ny	Nx	Ey (\$)	Ex (\$)	Harga Total (Rp)
				2014	2030	2014	2030	
1	Boiler	B-01	1	541,70	684,4	212.200,00	268.102	Rp4.164.264.281,91
2	Bak sedimentasi	BU-01	1	541,70	684,4	934.300,00	1.180.431	Rp18.334.929.870,80
3	Klarifier	KL-01	1	541,70	684,4	305.200,00	385.602	Rp5.989.318.844,66
4	Sand filter	SF-01	1	541,70	684,4	40.700,00	51.422	Rp798.706.674,24
5	Bak air bersih sementara	BU-02	1	541,70	684,4	615.700,00	777.899	Rp12.082.646.175,16
6	Tangki Klorinasi	T-01	1	541,70	684,4	85.100,00	107.519	Rp1.670.023.046,14
7	Tangki deklorinasi	T-02	1	541,70	684,4	84.200,00	106.382	Rp1.652.361.227,79
8	Bak air rumah tangga	BU-03	1	541,70	684,4	266.200,00	336.328	Rp5.223.973.382,86
9	Bak air sementara	BU-04	1	541,70	684,4	504.800,00	637.784	Rp 9.906.317.669,68
10	Kation exchanger	KE-01	1	541,70	684,4	136.500,00	344.919	Rp5.357.418.232,61

11	Anion exchanger	AE-01	1	541,70	684,4	133.700,00	337.844	Rp5.247.522.473,99
12	Deaerator	D-01	1	541,70	684,4	65.600,00	82.882	Rp1.287.350.315,24
13	Cooling tower	CT-01	1	541,70	684,4	188.700,00	238.411	Rp3.703.094.580,56
14	Tangki tawas	TU-03	1	541,70	684,4	26.300,00	33.228	Rp516.117.580,65
15	Tangki soda kaustik	TU-04	1	541,70	684,4	59.900,00	75.680	Rp1.175.492.132,36
16	tangki kaporit	TU-05	1	541,70	684,4	65.000,00	82.124	Rp1.275.575.769,67
17	Tangki H2SO4	TU-06	1	541,70	684,4	261.100,00	329.884	Rp5.123.889.745,55
18	Tangki Naoh	TU-07	1	541,70	684,4	75.200,00	95.011	Rp1.475.743.044,29
19	Tangki kondensat	TU-08	1	541,70	684,4	96.200,00	121.543	Rp1.887.852.139,11
20	Tangki N2H4	TU-09	1	541,70	684,4	48.200,00	60.898	Rp945.888.493,82
21	Pompa 1	PU-01	1	541,70	684,4	23.700,00	29.944	Rp465.094.549,86
22	Pompa 2	PU-02	1	541,70	684,4	23.700,00	29.944	Rp465.094.549,86
23	Pompa 3	PU-03	1	541,70	684,4	23.700,00	29.944	Rp465.094.549,86
24	Pompa 4	PU-04	1	541,70	684,4	23.700,00	29.944	Rp465.094.549,86

25	Pompa 5	PU-05	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
26	Pompa 6	PU-06	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
27	Pompa 7	PU-07	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
28	Pompa 8	PU-08	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
29	Pompa 9	PU-09	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
30	Pompa 10	PU-10	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
31	Pompa 11	PU-11	1	541,70	684,4	11.000,00	13.898	Rp215.866.668,71
32	Pompa 12	PU-12	1	541,70	684,4	11.000,00	13.898	Rp215.866.668,71
33	Pompa 13	PU-13	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
34	Pompa 14	PU-14	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
35	Pompa 15	PU-15	1	541,70	684,4	16.200,00	20.468	Rp317.912.730,29
36	Pompa 16	PU-16	1	541,70	684,4	16.200,00	20.468	Rp317.912.730,29
37	Pompa 17	PU-17	1	541,70	684,4	16.200,00	20.468	Rp317.912.730,29
38	Pompa 18	PU-18	1	541,70	684,4	7.500,00	9.476	Rp147.181.819,58
Total							818.641,62	Rp12.715.469.126,62

Dari hasil penaksiran harga alat proses dan alat utilitas diatas maka didapatkan bahwa total harga alat sebesar Rp. 92.712.513.896

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk ($C_6H_{12}O_6$)	= 60.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur alat	= 10 tahun
Tahun pabrik didirikan	= 2030
Kurs rupiah 2024	=1 US\$ = Rp. 15.532

6.4 Perhitungan Biaya

Dalam memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapan tersebut antara lain:

6.4.1 Modal (*Capital Investment*)

a. Capital Investment (Fixed dan Working Capital)

Capital Investment merupakan biaya untuk mendirikan fasilitas dan operasi pabrik. *Fixed Capital Investment* terdiri dari :

a. Purchased Equipment Cost

b. Delivered Equipment Cost

c. Installation Cost

d. Piping cost

e. Instrumentation Cost

f. Insulation Cost

g. Electrical Cost

h. Building Cost

i. Land and Yard Improvement

j. Engineering and Construction

k. Contractor's Fee

l. Contingency

Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (DPC)

No	Type Capital Investment	Biaya (Rp)	
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp	187.905.479.315
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp	46.976.369.829
3	<i>Installation Cost</i>	Rp	30.816.498.608
4	<i>Piping Cost</i>	Rp	44.216.508.101
5	<i>Instrumentation Cost</i>	Rp	46.999.858.014
6	<i>Insulation Cost</i>	Rp	7.222.616.861
7	<i>Electrical Cost</i>	Rp	20.669.602.725
8	<i>Building Cost</i>	Rp	190.720.000.000
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp	29.700.000.000
TOTAL		Rp	605.226.933.452

Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DC)

No	Tipe Capital Investment	Biaya (Rp)	
1	Teknik dan Konstruksi	Rp	121.045.386.690
TOTAL		Rp	726.272.320.142

Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment

No	Tipe Capital Investment	Biaya (Rp)	
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp	726.272.320.142
2	Biaya Konstruksi (<i>Construction Cost</i>)	Rp	29.050.892.806
3	Biaya Tak Terduga (<i>Contingencies</i>)	Rp	65.364.508.813
TOTAL		Rp	820.687.721.761

b. Working Capital Investment

Working Capital Investment merupakan biaya yang diperlukan agar operasi bisnis dapat berjalan sesuai target dalam jangka waktu tertentu. Biaya ini mencakup pengeluaran untuk bahan baku yang dibutuhkan dalam produksi dan siklus operasional, biaya penyimpanan produk sebelum dikirim ke konsumen, serta biaya untuk pembayaran gaji, jasa, dan amterial.

Working Capital Investment berniai 10 – 20% dari total capital investment. Hasil perhitungan *Working Capital Investment* didapatkan sebagai berikut :

Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp	283.834.546.823
2	<i>Inprocess Inventoryinve</i>	Rp	243.919.794.905

3	<i>Product Inventory</i>	Rp	162.613.196.603
4	<i>Extended Credit</i>	Rp	654.545.454.545
5	<i>Available Cash</i>	Rp	487.839.589.809
TOTAL		Rp	1.832.752.582.685

6.4.2 Total Production Cost (direct manufacturing cost, indirect manufacturing cost, fixed manufacturing cost dan general expenses)

Manufacturing Cost merupakan biaya yang dibuthkan untuk melakukan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk dalam pabrik, *Manuffacturing Cost*, diantaranya :

a. Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik. Berikut beberapa yang termasuk dalam *Direct Production Cost*:

Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 1.040.726.671.684
2	<i>Labor</i>	Rp 13.506.672.600
3	<i>Supervision</i>	Rp 2.026.000.890
4	<i>Maintenance</i>	Rp 16.413.754.435
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 2.462.063.165

6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp	84.000.000.000
7	<i>Utilities</i>	Rp	41.132.535.523
Total		Rp	1.200.267.698.298

b. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect Manufacturing Cost (IMC) merupakan biaya tidak langsung, yaitu biaya yang tidak ikut terkait langsung dengan unit produksi dalam pabrik. Berikut ini termasuk *Indirect Manufacturing Cost*:

Tabel 6.9 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Komponen	Biaya (Rp)	
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp	2.026.000.890
2	<i>Laboratory</i>	Rp	1.215.600.534
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp	6.753.336.300
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp	480.000.000.000
Total		Rp	489.994.937.724

c. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Fixed Manufacturing Cost merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan *Initial Fixed Capital Investment*. Biaya ini bersifat konstan dan tidak berubah, terlepas dari waktu maupun tingkat produksi. Ini karena *Fixed Manufacturing Cost* tetap dikeluarkan, baik saat pabrik beroperasi maupun tidak. Berikut komponen yang termasuk dalam *fixed manufacturing cost*:

Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Komponen	Biaya (Rp)	
1	<i>Depreciation</i>	Rp	73.861.894.958
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp	16.413.754.435
3	<i>Insurance</i>	Rp	8.206.877.218
TOTAL		Rp	98.482.526.611

$$\begin{aligned}
 \text{Total Manufacturing Cost} &= \text{Direct Manufacturing Cost} + \text{Indirect Manufacturing Cost} + \text{Fixed Manufacturing Cost} \\
 &= \text{Rp.1.788.745.162.633}
 \end{aligned}$$

6.4.3 General Expense

General Expense merupakan biaya yang mencakup pengeluaran terkait fungsi perusahaan yang tidak termasuk kedalam *manufacturing cost*. Biaya ini digunakan untuk memastikan kelancaran operasional perusahaan secara keseluruhan. Berikut adalah rincian komponen dari *General Expense*:

Tabel 6. 10 General Expense

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	
1	<i>Administration</i>	Rp	35.774.903.253
2	<i>Sales expense</i>	Rp	178.874.516.263
3	<i>Research</i>	Rp	53.662.354.879
4	<i>Finance</i>	Rp	79.603.209.133
Total		Rp	347.914.983.528

Sedangkan untuk hasil perhitungan *Total Production Cost* ditunjukkan pada tabel 6.11 sebagai berikut :

Tabel 6. 11 Total Production Cost

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1.788.745.162.633
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 347.914.983.528
TOTAL		Rp 2.136.660.146.162

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan potensial secara ekonomi. Evaluasi kelayakan tersebut antara lain :

6.5.1 Sales and Profit

Berdasarkan data penjualan dari produk serupa, rata-rata penjualan sirup glukosa hasil bongkol jagung adalah sebesar Rp. 25.000 - 40.000/kg. Dengan demikian dirancakan produk sirup glukosa yang dihasilkan akan dijual dengan harga Rp. 40.000/kg.

Profit (Keuntungan)

Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp.2.400.000.000.000

Total biaya produksi : Rp.2.136.660.146.162

Keuntungan : Total penjualan – Total biaya produksi

: Rp. 263.339.853.838,48

Keuntungan sesudah pajak

Pajak 35% : Rp.92.168.948.843

Keuntungan Setelah Pajak : Rp.171.170.904.995

6.5.2 Return On Investmenst (ROI)

Return on invesment merupakan kecepatan pengembalian modal investasi, dinyatakan dalam persentase terhadap modal tetap.

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

Keuntungan dihitung berdasarkan penjualan tahunan (sa) dan *total manufacturing cost*. Keuntungan ini juga mencakup komponen untuk pengembalian hutang yang diambil selama pembangunan pabrik. Keuntungan tersebut akan berkontribusi pada arus kas pabrik. Pabrik dengan risiko rendah memiliki (ROI) minimum sebelum pajak sebesar 11%, sementara pabrik dengan resiko tinggi memiliki ROI minimum sebelum pajak sebesar 44% . Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai ROI, sebagai berikut :

a. ROI sebelum pajak

$$ROIb = \left(\frac{Rp263.339.853.838,48}{Rp820.687.721.760,63} \right) \times 100\%$$
$$= 32\%$$

b. ROI setelah pajak

$$ROIa = \left(\frac{Rp171.170.904.995}{Rp820.687.721.760,63} \right) \times 100\%$$
$$= 21 \%$$

Dengan nilai ROI pada *Indsutri chemical* dengan resiko rendah minimal 11%. Berdasarkan perhitungan pabrik sirup glukosa dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dengan nila ROI sebelum pajak sebesar 32 % serta ROI setelah pajak sebesar 21 %. Maka hal ini menunjukan bahwa pabrik memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.

6.5.3 Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan jumlah tahun yang berselang sebelum didapatkannya suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Fixed Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

$$\begin{aligned} \text{a. POT sebelum pajak} &= \frac{Rp820.687.721.760,63}{(Rp\ 263.339.853.838,48 + Rp73.861.894.958)} \\ &= 2,43 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. POT setelah pajak} &= \frac{Rp820.687.721.760,63}{(Rp171.170.904.995 + Rp\ 73.861.894.958)} \\ &= 3,35 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Nilai POT Industri Chemical dengan resiko rendah maksimum sebesar 5 tahun. Sehingga dengan berdasarkan perhitungan diatas, pabrik sirup glukosa dengan kapasitas 60.000 ton/tahun memenuhi persyaratan dan layak untuk didirikan.

6.5.4 Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) merupakan titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mengalami keuntungan ataupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat sales value dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah persentase BEP dan untung jika beroperasi diatas persentase BEP. Umumnya untuk menghitung nilai BEP, dapat menggunakan persamaan berikut :

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi minimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi minimum

Tabel 6. 12 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Komponen	Biaya (Rp)	
1	<i>Depreciation</i>	Rp	73.861.894.958
2	<i>Property taxes</i>	Rp	16.413.754.435
3	<i>Insurance</i>	Rp	8.206.877.218
TOTAL		Rp	98.482.526.611

Tabel 6. 13 Annual Variable Cost (Va)

No	Komponen	Biaya (Rp)	
1	<i>Raw material</i>	Rp	1.040.726.671.684
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp	480.000.000.000
3	<i>Utilities</i>	Rp	41.132.535.523
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp	84.000.000.000
TOTAL		Rp	1.645.859.207.207

Tabel 6. 14 Annual Regulated Expense (Ra)

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 13.506.672.600
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 6.753.336.300
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.026.000.890
4	<i>Supervision</i>	Rp 2.026.000.890
5	<i>Laboratory</i>	Rp 1.215.600.534
6	<i>Administration</i>	Rp 53.538.323.150
7	<i>Finance</i>	Rp 79.603.209.133
8	<i>Sales expense</i>	Rp 178.461.077.166
9	<i>Research</i>	Rp 53.662.354.879
10	<i>Maintenance</i>	Rp 16.413.754.435
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 2.462.063.165
TOTAL		Rp 409.668.393.142

Dari data-data tersebut digunakan untuk menghitung nilai BEP dan dapat didapatkan nilainya yaitu:

$$\text{BEP} = 45,08\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik sirup glukosa dengan kapasitas 60.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

6.5.5 Shut Down Point (SDP)

Shut Down point merupakan level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

Persamaan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut :

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

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai SDP :

$$SDP = 24,54\%$$

6.5.6 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Evaluasi keuntungan dengan cara *discounted cash flow rate* menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik (*present value*).

Dapat dihitung dengan persamaan :

$$(FC+WC) (1+i)^n = CF[(1+i)^{n-1}+(1+i)^{n-2}+....(1+i)^1]+SV+WC$$

$$R = S$$

Dimana:

FC : *Fixed Capital Investment*

WC : *Working Capital Investment*

SV : *Salvage Value* = Depresiasi

CF : *Cash Flow*

i : nilai DCFR

n : Umur Pabrik

Umur Pabrik : 10 Tahun

Sehingga dari perhitungan data tersebut didapatkan sebagai berikut :

FCI : Rp820.687.721.761

WCI : Rp1.832.752.582.685

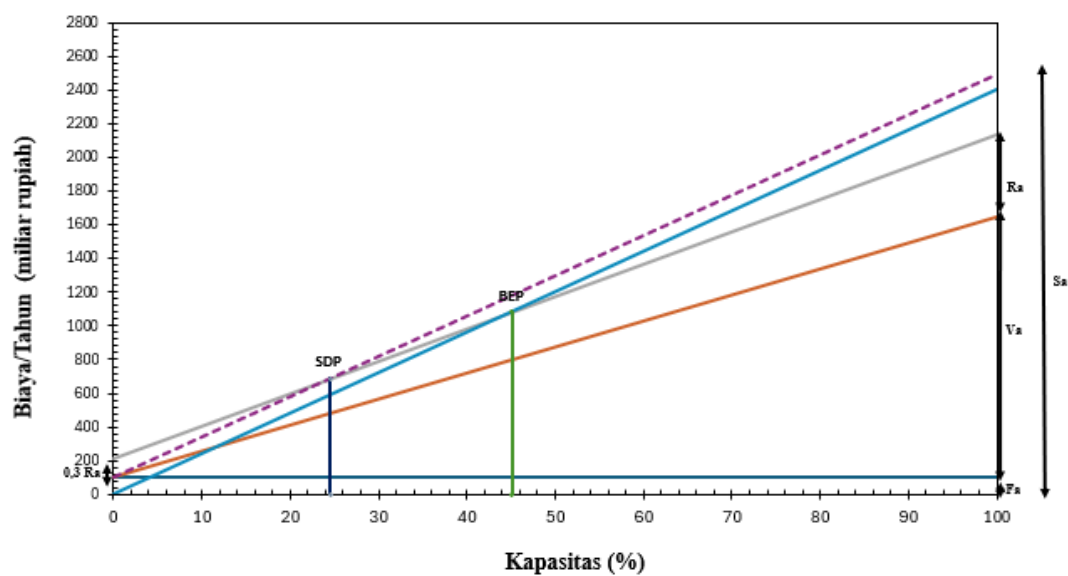
SV : Rp73.861.894.958

n : 10 tahun

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah :

DCFR (i) : 12,11%

Dengan beberapa analisa ekonomi dididapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point (BEP)

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pra rancangan pabrik glukosa dari tongkol jagung adalah sebagai berikut :

1. Pendirian pabrik glukosa dari tongkol jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dilakukan untuk memenuhi kebutuhan glukosa yang dapat digunakan pada industri makanan, obat-obatan, dan farmasi. Sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor glukosa, mengurangi angka pengangguran, sehingga dapat meningkatkan perekonomian negara.
2. Berdasarkan sifat bahan baku, proses produksi, kondisi operasi, dan evaluasi ekonomi, pabrik glukosa dari tongkol jagung termasuk kedalam pabrik dengan resiko rendah (*Low risk*)
3. Pabrik Glukosa dari Tongkol Jagung akan dibangun dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) yang akan didirikan pada tahun 2030 selama 330 hari dalam satu tahun di Desa Gesing, Kec.Semandaing, Kab. Tuban, Jawa Timur.
4. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik sebagai berikut :
 - a. Keuntungan sebelum pajak : Rp263.339.853.838,48
 - b. Keuntungan setelah pajak : Rp171.170.904.995
 - c. ROI : 32,09% dengan standar *low risk* minimal 11%
 - d. POT : 2,43 tahun dengan standar *low risk* maksimum 5 tahun

- e. BEP : 45,08%, dengan standard 40-60%
- f. SDP : 24,54%
- g. DCFR : 12,11% (>1,5 bunga bank)

Dari hasil analisis ekonomi tersebut maka didapatkan kesimpulan bahwa pabrik glukosa dari tongkol jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar untuk dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia. Berikut beberapa saran yang diberikan mengenai Pra Rancangan pabrik Glukosa dari Tongkol Jagung dengan kapasitas 60.000 ton/tahun :

1. Pendirian pabrik kimia selalu disertai dengan produksi limbah. Limbah ini perlu diolah dengan benar untuk mencegah pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diharapkan adanya pengembangan pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
2. Pemilihan peralatan yang optimal terhadap proses dan bahan baku perlu diperhatikan untuk mengurangi biaya operasi, sehingga keuntungan yang diperoleh dapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjana, F., Oktaviani, W. R., & Roesyadi, A. (n.d.). *Studi Kinetika Dekomposisi Glukosa pada Temperatur Tinggi*.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. 1979. Process Equipment Design. John Wiley and sons Inc, New York
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. Chemical Equipment Design, Vol.6. New York:John Wiley and Sons. Inc.
- Eriningsih, R., Yulina, R., & Mutia, T. (2011). PEMBUATAN KARBOKSIMETIL SELULOSA DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG UNTUK PENGENTAL PADA PROSES PENCAPAN TEKSTIL. *Arena Tekstil*, 26(2).
<https://doi.org/10.31266/at.v26i2.1177>
- Frenly Simanullang, A., Sijabat, A., Hasanah, M., Pematangsiantar Jl Sangnawaluh No, N., Suhu, S., Siantar Tim, K., & Pematang Siantar, K. (2021). KARAKTERISASI SIFAT FISIS PAPAN PARTIKEL LIMBAH TONGKOL JAGUNG DENGAN RESIN EPOXY ISOSIANAT. In *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*) (Vol. 05, Issue 01).
- Fuadi, A., Harismah, K., Setiawan, A., Teknik Kimia, J., Teknik, F., Muhammadiyah Surakarta Jl Yani Tromol Pos, U. A., & Tengah, J. (2015). PENGARUH SUHU DAN PH TERHADAP BANYAKNYA YIELD (KADAR GLUKOSA) YANG DIHASILKAN PADA PROSES HIDROLISIS ENZIMATIS DARI LIMBAH KERTAS. *Simposium Nasional RAPI XIV*, 179–185.
- Geankoplis, C. J. 1978. Transport Processes and Unit Operations, 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International, inc

- Hayati, N., & Ibrahim, I. (2022). PEMBUATAN GLUKOSA DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH BONGGOL JAGUNG. In *Chemical Engineering Journal Storage* (Vol. 2, Issue 1).
- Indah Budiarti, G., & Sumardiono, S. (2016). *Studi Konversi Pati Ubi Kayu (Cassava Starch) menjadi Glukosa secara Enzimatik*. 3(1), 7–16.
- Kern, D. Q. 1983. Process Heat Transfer. New York: Mc Graw Hill Book Co. Ltd.
- LabChem. 2012. Safety Data Sheet Sulfuric Acid. Pennsylvania, USA.
- LabChem. 2012. Safety Data Sheet Sodium Hydroxide. Pennsylvania, USA.
- McCabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha, Ltd.
- Mardina, et al, 2013, 'Pengaruh Proses Delignifikasi Pada Produksi Glukosa Dari Tongkol Jagung Dengan Hidrolisis Asam Encer Konversi,' Volume 2, pp.17-23.
- Mohammed, A. A. B. A., Hasan, Z., Omran, A. A. B., Kumar, V. V., Elfaghi, A. M., Ilyas, R. A., & Sapuan, S. M. (2022). Corn: Its Structure, Polymer, Fiber, Composite, Properties, and Applications. *Polymers*, 14(20), 4396. <https://doi.org/10.3390/polym14204396>
- Patent, CN. 2012. *A Acid Degenerative Starch and Preparation Method*
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1997, Perry's Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1980. Plant Design and Economic for Chemical Engineers. 3rd edition. Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo

- Perez J, Munoz D, Rubia TDL, Martinez T. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int Microbiol.* 5:53-63.
- Rase, H.F., “Chemical Reaktor Design for Process Plant vol I and II, Principles and Techniques”, Willey and Sons, Inc, New York.
- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. 1957. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company
- Taherzadeh, Muhammad, J. dan Karimi, K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Waste to Improve Bioethanol and Biogas Production: *Int. J. Mol. Sci.* 9, 1621- 1651.
- Wahyudi, Jatmiko., et al. 2011. Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Glukosa Terbentuk dan Konstanta Kecepatan Reaksi pada Hidrolisis Kulit Pisang. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Yogyakarta. ISSN 1693 – 4393.
- Walas, S. M. 1988. Chemical Process Equipment. New York : Butterworth Publishers, Reed Publishing Inc,
- Widya, N., Sina, F., Sukmaria, A. A., & Redjeki, S. (2020). Studi Kinetika Reaksi Fermentasi Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Enzim Selulase Pada Reaktor Batch. In *Journal of Chemical and Process Engineering ChemPro Journal* (Vol. 1, Issue 02). www.chempro.upnjatim.ac.id
- WHO-IPCS (World Health Organization – International Programme on Chemical Safety), 1997. Hexachlorobenzene, Environmental Health Criteria 195. World Health Orgaization, Geneva, Switzerland.
- Yaws, C. L., 1999, “Chemical Properties Handbook”, p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi hidrolisis antara selulosa dengan air menjadi glukosa

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 60°C

Sifat reaksi : Reaksi eksotermis, irreversible

Konversi : 90%

Tipe reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Fase reaksi : Padat – Cair

Kondisi : Isothermal, non adiabatis

Tipe perancangan : Bejana vertikal dengan flange and torispherical head sebagai tutup atas dan bawah.

Alasan Pemilihan : *torispherical head* dapat dioperasikan pada tekanan operasi antara 15-200 psi

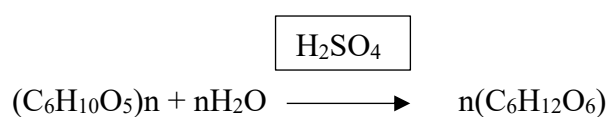
Tujuan : - Menentukan volume reactor

- Menentukan dimensi reactor

- Merancang pengaduk

- Merancang pemanas

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor :

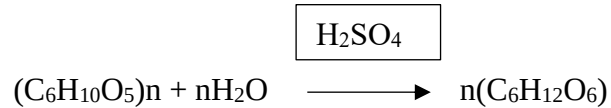


a. **Mekanisme reaksi**

Proses pembuatan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) ini berlangsung di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan menggunakan katalis asam sulfat pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan 1 atm,

b. **Menentukan Persamaan Laju Reaksi**

Reaksi :



Dari persamaan reaksi diatas bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatan reaksi :

$$-r_A = k.C_A.C_B^n$$

Konsentrasi B sangat besar, sehingga konsentrasi B dapat dianggap bernilai konstan untuk setiap nilai n. Maka persamaan diatas menjadi :

$$-r_A = k.C_A$$

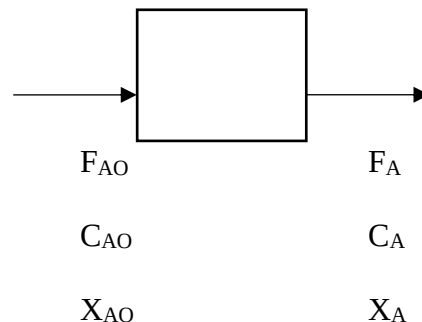
Dengan :

$-r_A$ = laju pengurangan $(C_6H_{10}O_5)_n$ persatuan waktu, ($kmol/m^3.jam$)

C_A = konsentrasi selulosa sisa ($kmol/m^3$)

k = konstanta kecepatan reaksi = 0,00486 /menit

c. **Menentukan Volume Reaktor**



Neraca Massa :

$$\text{Rate of Input} - \text{Rate of Output} - \text{Rate of Reaction} = \text{Rate of Accumulation}$$

karena proses steady state maka rate of accumulation = 0. Sehingga:

$$F_{AO} - F_A - (-r_A)V = 0$$

$$V = \frac{F_{AO} - F_A}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{AO} - (F_{AO} - F_{AO} \cdot x)}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{AO} \cdot x}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{AO} \cdot x}{k \cdot C_A}$$

Keterangan :

V = Volume reaktor, m³

F_{AO} = laju alir mol (C₆H₁₀O₅)n mula-mula, kmol/jam

C_A = konsentrasi (C₆H₁₀O₅)n sisa, kmol/m³

x = konversi reaksi

k = konstanta kecepatan reaksi = 0,00486 /menit

Tabek Komposisi Tangki Reaktor

Komponen	Massa (kg/jam)	Wi	ρ (kg/m ³)	Wi/ρ
Selulosa	6.074,80	0,2049	1.559,00	0,0000612
Hemiselulosa	4.000,84	0,1349	1.520,00	0,0000414

Lignin	156,38	0,0053	1.397,00	0,0000018
Abu	639,17	0,0216		
Air	18.777,59	0,6332	994,82	0,000833
H2SO4	5,70	0,0002	1.789,60	0,0000002
Total	29.654,49	1,00	7.260,42	0,000861

1. Menentukan densitas campuran

$$\rho_{mix} = \frac{\sum w_i}{\sum w_i / \rho}$$

$$\rho_{mix} = \frac{1}{0,000861}$$

$$\rho_{mix} = 1.062,04 \frac{kg}{m^3} = 75,24 \frac{lb}{ft^3}$$

2. Menentukan laju alir volumetrik

$$F_v = \frac{F_{total}}{\rho_{mix}}$$

$$F_v = \frac{29.654,49 \text{ kg/jam}}{1.062,04 \text{ kg/m}^3}$$

$$F_v = 25,52 \frac{m^3}{jam}$$

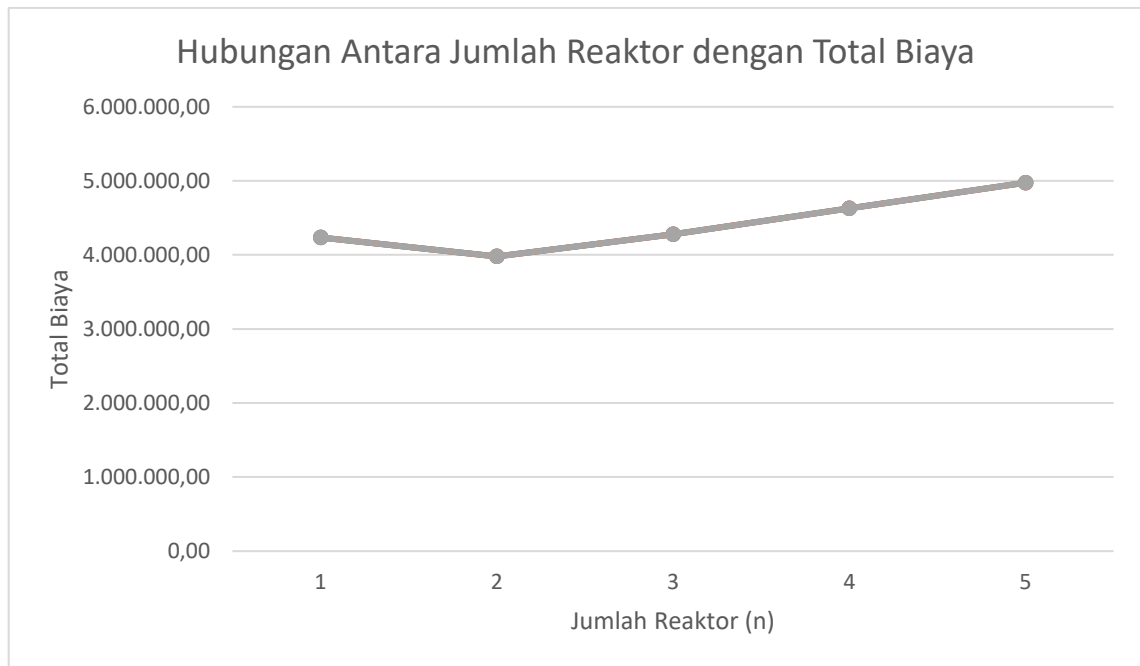
3. Menentukan volume reaktor

$$V = \frac{37,5 \frac{kmol}{jam} \times 0,9}{0,043 \frac{kmol}{m^3 \cdot jam^3}}$$

$$V = 787,27 \text{ m}^3$$

d. Optimasi reaktor

n	Volum e (m ³)	F _v (m ³ /ja m)	τ (jam)	k	X (%)	V (gallon)	Harga Satuan	Harga Total
1	787,27	25,5193	30,85	0,29174	90	207974,7317	2.701.200,00	2.701.200,00
2	189,15	25,5193	7,41	0,29174	90	49967,54366	1.268.600,00	2.537.200,00
3	100,99	25,5193	3,96	0,29174	90	26677,52554	909.600,00	2.728.800,00
4	68,08	25,5193	2,67	0,29174	90	17985,17985	738.100,00	2.952.400,00
5	51,16	25,5193	2,00	0,29174	90	13516,30635	634.400,00	3.172.000,00



Berdasarkan optimasi yang dilakukan, maka jumlah reaktor yang optimal untuk mendapatkan konversi 90% dengan laju alir 25,52 m³/jam yaitu 2 reaktor dikarenakan mempunyai harga yang paling murah

e. **Menentukan Dimensi Reaktor**

1. **Volume reactor setelah *overdesign* 20%**

$$\begin{aligned} V_{\text{desain}} &= 226,98 \text{ m}^3 \\ &= 8015,63 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2. **Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor**

$$V_{\text{total}} = \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot H_L}{4} + 2 (0,000049 ID^3)$$

Keterangan : ID = diameter dalam *shell*, ft

H_L = tinggi cairan, ft

Diambil perbandingan tinggi cairan terhadap diameter dalam shell standar dan tinggi sf adalah :

$$H = 1,5 ID \quad (\text{Walas, hal.601})$$

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

$$V_{total} = \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot HL}{4} + 2 (0,000049 ID^3)$$

Diketahui V_{desain} yaitu 18.739,24 ft³, dengan mengetahui volume reaktor maka diameter dan tinggi reaktor dapat ditentukan.

Dengan demikian, diperoleh :

$$ID = 18,9516 \text{ ft} = 227,419 \text{ in} = 5,7765 \text{ m}$$

$$H = 28,4275 \text{ ft} = 341,1295 \text{ in} = 8,6647 \text{ m}$$

3. Menentukan Tinggi Cairan (H_c)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan di dalam shell} &= \frac{\text{Volume bahan dalam tangki} \times \text{tinggi tangki}}{\text{volume tangki}} \\ &= 23,69 \text{ ft} = 7,2206 \text{ m} = 284,2756 \text{ in} \end{aligned}$$

4. Menentukan Tekanan Design

$$P_{hidrostatik} = \rho \frac{(H - 1)}{144}$$

Keterangan : ρ = densitas campuran = 72,51 lb/ft³

$$H = \text{tinggi cairan} = 23,69 \text{ ft}$$

Dari persamaan di atas diperoleh $P_{hidrostatik} = 11,43 \text{ lb/in}^2 = 0,78 \text{ atm}$

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

Tekanan desain adalah 5 – 10% di atas tekanan kerja normal (Coulson, 1983).

Tekanan desain diambil 10% atau 1,1. Jadi tekanan desain adalah :

$$P_{desain} = 1,1 (P_{operasi} + P_{hidrostatik})$$

Sehingga,

$$P_{\text{desain}} = 1,96 \text{ atm} = 28,73 \text{ psia}$$

5. **Konstruksi Bahan**

Material : *Stainless steel SA 167 Grade 11 type 316* (Coulson Vol.6, 2005: 295)

Alasan : Austenitic (18-20% Cr dan >7% Cr) memiliki ketahanan yang baik terhadap asam, khususnya untuk larutan yang mengandung asam kuat (Coulson Vol. 6, 2005 : 296)

S = *stress value of material* atau *Allowable stress*, psia = 18.750 psia

C = corrosion allowance, in = 0,125 in/10year

E = joint efficiency atau Efisiensi pengelasan = 80%

(Single-welded butt joint)(Brownell, 1959, Table 13.2, Page 254)

6. **Menghitung Tebal Shell**

Rumus untuk mencari tebal shell (Wallas, Table 18.3)

$$ts = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 P} + C$$

Keterangan :

ts = tebal shell, in

P = tekanan desain tangki, psia = 28,73 psia

R = jari jari diameter tangki atau inside diameter, in = 113,71 in

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal shell (ts) = 0,34 in

Digunakan tebal shell standar = 0,38 in

7. **Menentukan Diameter Luar Shell**

$$OD = ID + 2ts$$

$$OD = 228,17 \text{ in}$$

Digunakan OD standar = 240 in

8. Menghitung Tebal Head

Bentuk Head : *Torispherical Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi:

1. *Flanged and Standard Dished Head*

Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil

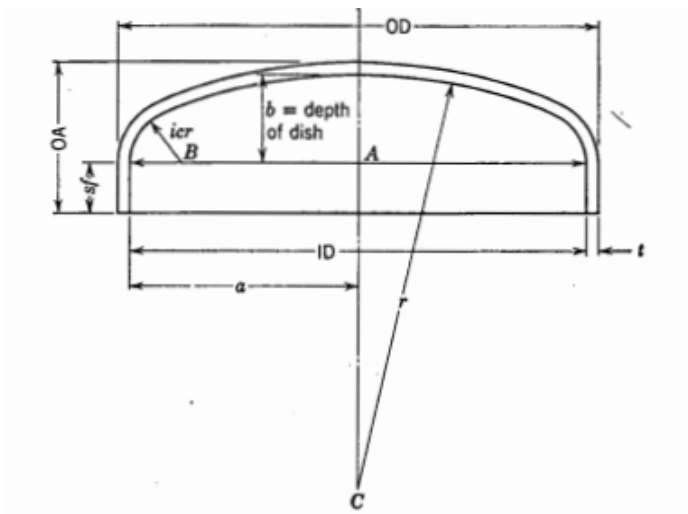
2. *Torispherical Flanged and Dished Head*

Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis

3. *Elliptical Dished head* Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal

4. *Hemispherical Head* Digunakan untuk tekanan operasi yang sangat tinggi, struktur kuat, dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.

Dari pertimbangan-pertimbangan diatas dan tekanan operasi perancangan yang dibuat, maka dipilih bentuk *torispherical flanged and dished head*.



Keterangan gambar :

t = tebal head, in

icr = inside corner radius, in

r = radius of dish, in

OD = outside diameter, in

ID = inside diameter, in

B = dept of dish, in

OA = overall dimension, in

Sf = straight flange

Rumus untuk mencari tebal head, (Walas, 2012) :

$$ts = \frac{0,885 P \cdot L}{S \cdot E - 0,1 P} + C$$

th = *tebal head*, in

L = *Crown Radius* (OD), in = 240 in

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal head (th) = 0,532 in

Digunakan tebal shell standar = 0,63 in

Berdasarkan table 5.6 Brownell, maka diperoleh :

sf = 1 ½ - 3 ½ in dipilih sf = 2 in

icr = 1,88 in

9. Menentukan Tinggi Tutup (OA)

$$b = rc - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

Dengan mengetahui AB dan BC, maka dapat ditentukan tinggi *torispherical* atas dan bawah.

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID}{2} - icr \\ &= 111,83 \text{ in} \end{aligned}$$

$$BC = rc - icr$$

$$239,38 \text{ in}$$

$$b = 241,25 - \sqrt{239,38^2 - 111,83^2}$$

$$b = 29,61 \text{ in}$$

Tinggi *head and bottom torrispherical* adalah :

$$OA = th + b + sf$$

$$OA = 32,23 \text{ in}$$

10. Menentukan volume reaktor

$$V_{reaktor} = V_{shell} + 2 \cdot \text{Volume head}$$

$$V_{shell} = \frac{\rho \cdot ID^2 \cdot H}{4} = 13.49.850,42 \text{ in}^3$$

$$V_{torispherical} = (0,000049 * ID^3) = 576,34 \text{ in}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\rho \cdot ID^2 \cdot sf}{4} = 81.199,95 \text{ in}^3$$

$$V_{head} = V_{torispherical} + V_{sf} = 81.776,29 \text{ in}^3$$

Sehingga, volume reaktor :

$$\begin{aligned} V_{reaktor} &= 13.849.850,42 + 2 \cdot 81.776,29 \\ &= 14.013.403,00 \text{ in}^3 \\ &= 229,64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

11. Menghitung Tinggi Total Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= H_s + (2 \times H_{\text{head}}) \\ &= 405,59 \text{ in} = 10,30 \text{ m} = 33,80 \text{ ft} \end{aligned}$$

g. Menentukan Desain Sistem Pengaduk

1. Dimensi Pengaduk

Digunakan *impeller* dengan jenis :

Jenis : *three-bladed mixing propeller*

Dasar pemilihan : Jenis pengaduk yang digunakan untuk bahan yang memiliki viskositas rendah dan memiliki kecepatan sampai dengan 1800 rpm. (Walas : 288)

Perancangan pengadukan berdasarkan Brown, 1950 : 507

ID = 18,95 ft

Tabel Standar Agittion System

$Da/Dt = 0,3 \text{ to } 0,5$	$H/Dt = 1$	$C/Dt = 1/3$
$W/Da = 1/5$	$L/Da = 1/4$	$J/Dt = 1/12$
$Dd/Da = 2/3$	(table 4.4-1 Geankopis, 1993 : 144)	

Menentukan Diameter Pengaduk :

$$Da/Dt = 0,3$$

$$Da = 0,3 \times 18,95 \text{ ft}$$

$$Da = 5,69 \text{ ft}$$

Menentukan Lebar Penaduk :

$$W/Da = 0,2$$

$$W = 0,2 \times 5,69 \text{ ft}$$

$$W = 1,14$$

Menentukan Panjang Pengaduk :

$$L/Da = 0,25$$

$$L = 0,25 \times 5,69 \text{ ft}$$

$$L = 1,42 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi liquid :

$$H/D_t = 1$$

$$H = 18,95 \text{ ft}$$

Menentukan jarak pengaduk dari dasar tangka :

$$J/D_t = 0,0833 \times 5,69 \text{ ft}$$

$$J = 1,58 \text{ ft}$$

Menentukan Offset Top dan Offset Bottom :

Berdasarkan Wallas (1990 : 288)

$$\text{Offset top} = W_b/6$$

$$= 0,19 \text{ ft}$$

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

$$= 2,84 \text{ ft}$$

Menentukan Jumlah Pengaduk :

$$H_c = 23,69 \text{ ft}$$

$$ID = 18,95 \text{ ft}$$

$$S_g = 1,16$$

$$WELH = H_c \times s_g = 27,53 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = WELH/ID = 1 \text{ pengaduk}$$

2. Menentukan Putaran Pengaduk

Kecepatan putaran motor standar yang tersedia secara komersil adalah 4, 5, 6, 7,5, 9, 11, 13,5, 16,5, 20, 25, 30, 37, 45, 56, 68, 84, 100, 125, 155, 190, 230, 280, 350 dan 1750 rpm. (Walas, 1990).

Digunakan putaran motor 56 rpm = 0,93 rps

$$\rho_{\text{mix}} = 72,54 \text{ lb/ft}^3$$

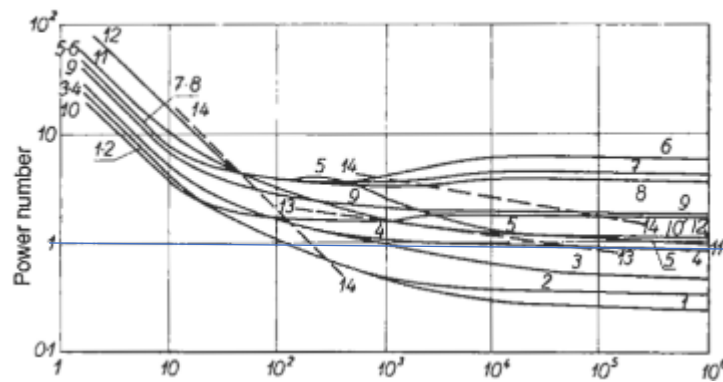
$$\mu_{\text{mix}} = 0,43 \text{ cp} = 0,0286 \text{ lb/ft.s}$$

$$Da = 5,69 \text{ ft}$$

$$NRe = \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho_{mix}}{\mu_{mix}} \quad (\text{Geankoplis, Pers.3.4-1, 1978})$$

$$NRe = \frac{5,69^2 \cdot 0,93 \cdot 72,54}{0,0286} = 76.598,27$$

Berdasarkan Fig.10-5 Wallas, 1990, hal. 292, dengan menghubungkan nilai NRe dan jenis pengaduk berupa *three-bladed mixing propeller* (4), diperoleh bilangan power (Np) yaitu 1,1.



Kebutuhan teoritis :

$$NP = \frac{P \cdot gc}{\rho \cdot N^3 \cdot Da^5}$$

$$P = \frac{1,1 \times 72,54 \times 0,93^3 \times 5,69^5}{32,17}$$

$$P = 11.981,02 \text{ lb/ft.s}$$

$$= 21,78 \text{ Hp}$$

Menentukan daya yang hilang :

Asumsi daya yang hilang sebesar 10% daya teoritis, maka :

$$P_{loss} = 10\% \times P_{teoritis} \quad (\text{MV. Oshi})$$

$$= 10\% \times 21,78 \text{ Hp}$$

$$= 2,18 \text{ Hp}$$

Keterangan:

$P_{\text{teoritis}} = \text{daya teoritis (hp)}$

$P_{\text{loss}} = \text{daya yang hilang (hp)}$

Menentukan Daya yang Dibutuhkan

$$P_{\text{input}} = P_{\text{teoritis}} + P_{\text{loss}}$$

$$= 23,69 \text{ Hp}$$

Keterangan:

$P_{\text{input}} = \text{daya yang dibutuhkan (hp)}$

Menentukan Efisiensi Motor (η)

Berdasarkan Coulson Volume 6, 1983 : 93, diperoleh:

Efisiensi motor (η) = 80 %

$$\mathbf{P = 29,95 \text{ Hp}}$$

Maka digunakan power motor sebesar 30 Hp

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

Komponen	Jumlah (kg/jam)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Selulosa	6074,80	7593,51	1518,70	6074,80	-	6074,80	-	6074,80	-	607,48	607,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stabilisator	4000,84	5001,05	1000,21	4000,84	-	4000,84	-	4000,84	-	640,13	640,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Litium	1461,54	1826,92	365,38	1461,54	-	156,38	-	156,38	-	156,38	156,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alu	639,17	798,96	159,79	639,17	-	639,17	-	639,17	-	639,17	639,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Air	1195,44	1494,30	298,86	1195,44	3498,06	35293,50	24705,45	10388,05	7574,52	17096,81	143,62	1693,19	-	1693,19	1693,19	1505,64	1693,19	1505,64	-	3498,06	-	7574,52
NaOH	-	-	-	-	607,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	607,31	-	-	-
Natrium Perolat	-	-	-	-	-	7332,46	7332,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2SO4	-	-	-	-	-	-	-	-	33,97	33,97	0,29	33,69	33,69	-	-	-	-	-	-	-	33,9734247	-
Glukosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6074,80	51,83	6033,77	-	6023,77	6023,77	-	-	6023,77	-	-	-	-
Yerolisa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3818,98	32,08	3786,90	-	3786,90	3786,90	-	3786,90	-	-	-	-	-
Total	13871,79	16714,74	3342,95	13871,79	40115,57	53487,16	32427,91	21459,25	7608,49	20607,55	22710,19	26797,56	33,69	26763,87	26763,87	1505,64	20740,09	7529,41	6017,31	3498,06	33,97	7574,52

Simbol	
	Tape
	Pipeline
	Serial Flow
	Anus Survival Parametric
	Nomor Anus
	Suhu
	Tekanan
	Anus Survival Listrik
	Anus Storm Masuk
	Anus Pendirian Masuk
	Kondensat
	Anus Pendirian Keluar
	Anus menuju LPI
	Proses semi batch
	Anus Down

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
<i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i> PRA RANCANGAN PABRIK GLUKOSA DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN	
Disusun Oleh	
Nama:	1. Linda Ismail Sabaniyah (20521123) 2. Resi Miani (20521127)
Dosen Pembimbing: Dr. Dviah Retno Savitri, S.T., M.Eng	

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGANN PRA RANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Linda Ismail Sabaniah

NIM : 20521123

2. Nama Mahasiswa : Resi Miani

NIM : 20521227

Judul Pra rancangan : PRA PERANCANGAN PABRIK

GLUKOSA DARI TONGKOL JAGUNG KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 14 Septembraer 2023

Batas Akhir Bimbingan : 13 September

Nama Dosen Pembimbing : Dr.Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	10 November 2023	Luaran 1 : Penentuan kapasitas pra perancangan pabrik	
2	8 Desember 2023	Luaran 2 : Pemilihan proses disertai dengan dukunga Pustaka	
3	4 Januari 2024	Luaran 3: Penentuan spesifikasi bahan-bahan yang terlibat dan analisis resiko proses berdasarkan MSDS	
4	8 Maret 2024	Luaran 4: Pembuatan diagram alir proses kualitatif disertai dengan alasan pemilihan alat yang logis	
5	16 Mei 2024	Luaran 5: Perhitungan neraca massa	
6	22 Juni 2024	Luaran 6: Perancangan alat besar bagian 1 (reactor)	
7	17 Juli 2024	Luaran 7: Perancangan alat besar bagian 2 (alat-alatpemisah dan unit operasi lainnya)	

8	31 Juli 2024	Luaran 8: Pembuatan Process Engineering Flow Diagra (PEFD)	CR
9	5 Agustus 2024	Luaran 9: Perancangan alat penyimpanan bahan	CR
10	19 Agustus 2024	Luaran 10: Perancangan alat transportasi bahan	CR
11	23 Agustus 2024	Luaran 11: Perancangan alat penukar panas	CR
12	23 Agustus 2024	Luaran 12: Perhitungan neraca panas	CR
13	30 Agustus 2024	Luaran 13: Penentuan Lokasi, tata letak pabrik, dan struktur organisasi Perusahaan	CR
14	31 Agustus 2024	Luaran 14: Perancangan unit utilitas	CR
15	04 September 2024	Luaran 15: Evaluasi ekonomi	CR
16	04 September 2024	Luaran 16: Penyusunan naskah	CR