



**PRA-RANCANGAN PABRIK 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL
(5-HMF) DARI ECENG GONDOK DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 2000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Oleh:

Yasmin Annisa'

191910401060

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) dari Eceng Gondok dengan Kapasitas Produksi 2000 Ton/Tahun*” ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah dan Ibu saya atas semua dukungan dan do'a nya selama perkuliahan sampai saat ini;
2. Diri saya sendiri yang telah berjuang dan bertahan melewati semua tahapan perkuliahan dari awal hingga akhir;
3. Dosen S1 Teknik Kimia Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Rekan 1 tim saya atas kerja keras dan kerjasamanya selama penulisan Tugas Akhir ini;
5. Almamater saya Fakultas Teknik, Universitas Jember.

MOTTO

“Allah SWT. tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

QS. Al-Baqarah [2]:286

PERYATAAN ORISINIALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yasmin Annisa'

NIM : 191910401060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul "*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) dari Eceng Gondok dengan Kapasitas Produksi 2000 Ton/Tahun*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2023

Yang menyatakan,



Yasmin Annisa'

191910401060

SKRIPSI

PRA-RANCANGAN PABRIK 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL (5-HMF) DARI ECENG GONDOK DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 2000 TON/TAHUN

Oleh:

Rizqi Fitria Damayanti	(191910401020)
Yasmin Annisa'	(191910401060)
Daffa Hafiziaulhaq Azizi	(191910401073)

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D., IPM.

Dosen Pembimbing Anggota : Helda Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc.

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Pra Rancangan Pabrik 5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) Dari Eceng Gondok Dengan Kapasitas Produksi 2000 Ton/Tahun* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin

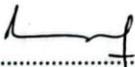
Tanggal : 17 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tanda Tangan

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM. (.....)

NIP : 197409011999031002

2. Pembimbing Anggota

Nama : Helda Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc. (.....)

NIP : 760018071

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Ir. Ditta Kharisma Yolanda Putri, S.T., M.T. (.....)

NIP : 199412212019032018

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si. (.....)

NIP : 760017101

ABSTRACT

5-HMF plant design from water hyacinth for capacity of 2000 ton/year will be established in East Kalimantan with an area of 70 ha. The factory operates for 330 days/year and will be build in 2030. The establishment of the plant based on the increasing need for 5-HMF to produce alternative sources of carbon and energy. Production of 5-HMF use dehydration process. Water hyacinth will injected with high pressure steam to remove lignin and hemicellulose, the steaming process occurs with the operation condition at 22 bar 120°C for 3 minutes. Afterwards cellulose is hydrolyzed to glucose with the help of sulfuric acid. Glucose pumped into the dehydration reactor to produces 82% of 5-HMF with the help of HY zeolite. 5-HMF product from the reactor then flows to flash tank to be purified to 5-HMF 98%. This 5-HMF company was established in the form of Persero Terbatas (PT) with the total of 273 employees. According to economic analysis, the result of TCI Rp. 914.478.365.907,96 with a return on investment for 4 years. Thus the Break Event Point (BEP) at 44,39%. From the result above this factory feasible to be established.

RINGKASAN

Perencanaan pabrik 5-HMF dengan kapasitas 2.000 ton/tahun akan didirikan di Kariangau, Kalimantan Timur dengan luas lahan 70 hektar. Pabrik beroperasi selama 330 hari/tahun dan akan dibangun pada tahun 2030. Pendirian pabrik didasarkan pada kebutuhan 5-HMF yang meningkat untuk menghasilkan sumber karbon dan energi alternatif. Produksi 5-HMF menggunakan proses dehidrasi. Bahan baku eceng memasuki proses *steaming* untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang ada pada eceng gondok, *steamer* dialiri dengan uap jenuh bertekanan tinggi 22 bar pada suhu 120°C selama 3 menit untuk memisahkan dengan selulosa yang akan dihidrolisis untuk memecah selulosa yang ada pada eceng gondok menjadi glukosa. Proses hidrolisis berlangsung selama 90 menit dengan suhu operasi 100°C. Hidrolisat kemudian dipompa menuju filter untuk dilakukan penyaringan yang berfungsi memisahkan ampas eceng gondok dengan glukosa hasil hidrolisis. Glukosa dipompa menuju *flash tank* untuk meningkatkan kemurnian dengan memisahkan antara glukosa dan larutan H₂SO₄. Glukosa hasil pemisahan dengan *flash tank* dialirkan menuju reaktor dehidrasi. Pada proses ini glukosa dikontakan dengan katalis berupa HY *zeolite* untuk membantu konversi menjadi 5-HMF, konversi yang terbentuk sebesar 82%. Produk 5-HMF yang terbentuk dialirkan menuju *flash tank* untuk dimurnikan dengan memisahkan 5-HMF dengan air. Produk yang didapatkan 5-HMF dengan kemurnian 98%. Bentuk perusahaan adalah Persero Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 273. Menurut analisa ekonomi, didapat hasil TCI sebanyak Rp. 914.478.365.907,96 dengan pengembalian modal selama 4 tahun. Diperoleh BEP sebesar 44,39%. Dari hasil tersebut, pabrik layak didirikan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) dari Eceng Gondok dengan Kapasitas Produksi 2000 Ton/Tahun*” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Kimia, Universitas Jember. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena tidak lepas dari berbagai bantuan, bimbingan, dan do’a dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis dengan setulus hati berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan kasih sayang, kekuatan, ketegaran dan kelancaran selama hidup hingga saat ini;
2. Ayah dan Ibu saya yang selalu memberi segala bentuk dukungan selama hidup saya, kasih sayang, serta selalu sabar dalam merawat dan membimbing saya;
3. Diri saya sendiri atas usaha, kerja keras, kekuatan, kesabaran dan ketegaran dalam menjalani perkuliahan hingga pengerjaan Tugas Akhir ini selesai;
4. Bapak Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku pembimbing utama dan Ibu Helda Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc. selaku pembimbing anggota yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Ibu Ir. Ditta Yolanda Kharisma Putri, S.T., M.T. dan ibu Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si. selaku penguji 1 dan 2 yang telah memberikan masukan untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini;
5. Teman-teman 1 tim saya Rizqi Fitria Damayanti dan Daffa Hafiziaulhaq Azizi, yang telah bekerja sama dengan baik dan berjuang untuk menyelesaikan Tugas Akhir;
6. Teman baik saya yang telah banyak membantu saya dan ikut andil dalam pengerjaan Tugas Akhir, mendukung saya selama pengerjaan dan memberikan lingkungan yang positif;

7. Adik-adik saya yang menjadi *support system* mental selama pengerjaan Tugas Akhir, sahabat saya yang selalu mendukung saya dalam segala bentuk dukungan, serta keluarga saya yang mendukung dari jauh;
8. Bapak dan ibu dosen Teknik Kimia Universitas Jember, yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, kesempatan untuk mempelajari hal baru dan bimbingan selama berkuliah di Universitas Jember;
9. Lingkungan Teknik Kimia yang telah memberikan saya banyak pengalaman dan pelajaran hidup sehingga saya menjadi diri saya saat ini;
10. Seluruh sivitas akademik Fakultas Teknik Universitas Jember atas segala bantuan selama masa perkuliahan saya.

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
ABSTRACT.....	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 PERANCANGAN PABRIK.....	1
1.1 Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
1.2 Pemilihan Kapasitas dan Proses	Error! Bookmark not defined.
1.3 Uraian Proses.....	4
1.4 Spesifikasi Bahan dan Produk.....	8
1.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak	Error! Bookmark not defined. 8
BAB 2 NERACA MASSA DAN ENERGI.....	12
2.1 Neraca Massa	12
2.2 Neraca Energi	13
BAB 3 SPESIFIKASI ALAT DAN UTILITAS.....	15
3.1 Spesifikasi Alat.....	155
3.2 Utilitas	15
BAB 4 MANAJEMEN PABRIK, EVALUASI EKONOMI, DAN FAKTOR KESELAMATAN	23
4.1 Manajemen Pabrik.....	23
4.2 Evaluasi Ekonomi.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Faktor Keselamatan	Error! Bookmark not defined. 27

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.	31
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.	31
4.3 Saran	Error! Bookmark not defined.	31
DAFTAR PUSTAKA.....		32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Mekanisme Reaksi Pembentukan 5-HMF	2
Gambar 1.2 Persamaan Regresi untuk Menghitung Kapasitas Produksi	3
Gambar 1.3 <i>Block Flow Diagram</i> Pabrik 5-HMF	6
Gambar 1.4 <i>Process Flow</i> Diagram 5-HMF	7
Gambar 1.5 Lokasi Pendirian Pabrik (Kariangau, Kalimantan Timur)	9
Gambar 1.6 Peta Kalimantan Timur	9
Gambar 1.7 <i>Block Flow Diagram</i> Pengolahan Air	10
Gambar 1.8 Tata Letak Pabrik 5-HMF	11
Gambar 4.1 Struktur Perusahaan 5-HMF.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi Kimia Eceng Gondok	1
Tabel 1.2 Variasi Proses Pembuatan 5-HMF	3
Tabel 2.1 Neraca Massa Total	12
Tabel 2.2 Neraca Energi Total.....	13
Tabel 3.1 Total Kebutuhan Air.....	21
Tabel 3.2 Total Kebutuhan Steam.....	21
Tabel 3.3 Total Kebutuhan Listrik.....	22
Tabel 4.1 Jadwal Kerja Karyawan Shif.....	24
Tabel 4.2 Total Tenaga Kerja Tidak Langsung.....	25
Tabel 4.3 Daftar Gaji Karyawan.....	26
Tabel 4.4 Rangkuman Evaluasi Ekonomi.....	27
Tabel 5.1 Rangkuman Evaluasi Ekonomi.....	31

BAB 1 PERANCANGAN PABRIK

1.1 Pendahuluan

Sumber daya fosil yang makin menipis dan kebutuhan bahan bakar yang meningkat membuat kebutuhan bahan bakar alternatif ikut meningkat. 5-HMF merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diolah menjadi bensin dan bahan bakar *diesel*. Selain itu 5-HMF berpotensi menjadi polimer dengan mengubah menjadi *1,6-heksanediol* dan *tetrahydrofuran dimethanol* yang dapat digunakan untuk memproduksi poliester dan polimer (Chang et al. 2021).

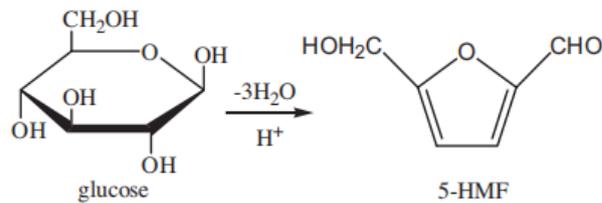
Tabel 1.1 Komposisi Kimia Eceng Gondok

Komponen	Wt %
Kandungan organik	
Selulosa	64,51%
Hemiselulosa	15,61%
Lignin	7,69%
Abu	12,19%

(Munkar, Syafrudin and Nugraha 2017)

Eceng gondok memiliki laju pertumbuhan yang sangat tinggi dan dianggap hama (Krishan, et al., 2020). Eceng gondok memiliki kandungan selulosa yang dapat diubah menjadi berbagai bahan kimia bernilai tambah tinggi seperti 5-HMF (Kougioumtzis et al. 2018). 5-HMF adalah bahan kimia berbasis biomassa yang dihasilkan dari proses hidrodeoksigenasi dengan bantuan katalis (Chang et al. 2021). Beberapa pasar 5-HMF terbesar yaitu Amerika Serikat, Eropa, China, Jepang dan India dengan harga jual yang semakin meningkat. Pada 55.867.000 USD pada tahun 2018 dan diprediksikan mencapai 62.700.000 USD pada tahun 2025 yang membuat urgensi dari pendirian pabrik ini semakin bertambah (Market Research Report 2018). Dengan mendirikan pabrik ini, produk dapat di ekspor dan menaikkan devisa negara.

Senyawa 5-HMF diklasifikasikan berdasarkan pelarut dan katalis yang dipakai. Pelarut dan katalis ini akan mempengaruhi *yield* 5-HMF yang didapat. Produk samping dari sintesis 5-HMF adalah asam levulinik, asam format dan produk larutnya berupa humins (glukosa, fruktosa dan xilosa) (Fachri, B, 2015).

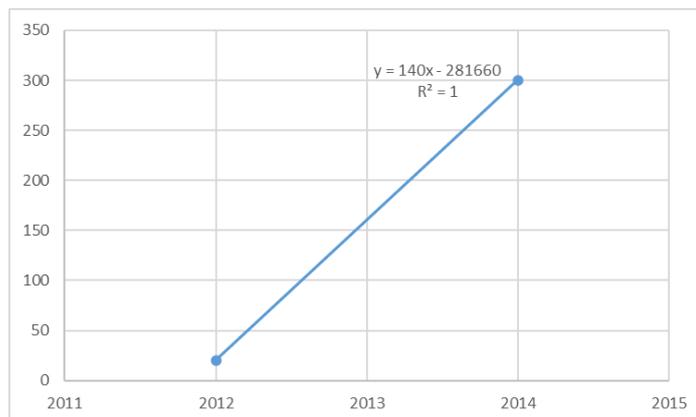


Gambar 1.1 Mekanisme Reaksi Pembentukan 5-HMF

Pada 1895 Dull dan Linter pertama kali mensintesis 5-HMF dari inulin dengan 0,5% katalis asam oksalat selain itu Keimayer melakukan dehidrasi pada glukosa dibawah tekanan menggunakan 0,3% dengan larutan asam oksalat. Keimayer hampir menemukan struktur sempurna dari 5-HMF. Haworth dan Wiggins memodifikasi metode Keimayer dan menemukan fakta bahwa *yield* 5-HMF didapatkan ketika dehidrasi dilakukan pada suhu 162-167°C tanpa penambahan katalis. Substrat asam terbentuk saat terjadi konversi sukrosa yang menyebabkan autokatalisis. Pada 1956 *The Food Chemical and Research Laboratories Inc.* mematenkan formasi senyawa 5-HMF. Pada 1958 Dentrol Inc. mematenkan proses pembuatan 5-HMF dari bahan baku selulosa dengan bantuan katalis asam sulfat 0,6% yang kemudian direaksikan kedalam bejana bersuhu tinggi (285,6°C) pada tekanan (6,9 MPa) (Thomas, et al., 2020). Pada tahun 2014 AVA *Biochem* memproduksi 5-HMF secara komersial dengan skala produksi kecil berbahan dasar tebu. Pabrik ini berdiri di Swiss dengan perencanaan peningkatan kapasitas produksi sebesar 5.000-10.000 ton/tahun. (Thomas, et al., 2020).

1.2 Pemilihan Kapasitas dan Proses

Keberadaan pabrik 5-HMF masih belum ada di Indonesia, belum ada data pada Badan Pusat Statistik (BPS) yang menunjukkan nilai konsumsi maupun impor. Untuk menentukan kapasitas pabrik berpedoman pada AVA *Biochem BSL AG Muttenz*, Swiss yang merupakan pabrik pertama di dunia dalam memproduksi 5-HMF dengan kapasitas produksi 20 ton/tahun pada tahun 2012 kemudian meningkat hingga 300 ton/tahun pada tahun 2014 (Kläusli 2014). Maka didapatkan persamaan regresi dengan jumlah kapasitas produksi 2.000 Ton/Tahun.



Gambar 1.2 Persamaan Regresi untuk Menghitung Kapasitas Produksi

Persamaan regresi: Jumlah = 140 (Tahun) - 281660

Pemilihan proses dilakukan sesuai pertimbangan aspek bahan baku, sistem utilitas dan biaya produksi. Dari studi yang dilakukan oleh (Chang et al. 2021) dapat dilihat dari tabel 2.1 perbedaan *yield* pada variasi katalis dan jenis pelarut. Berdasarkan tabel penggunaan jenis pelarut dan katalis yang menguntungkan menggunakan pelarut air dengan bantuan katalis *zeolite* pada kondisi proses pada suhu 120°C selama 90 menit. Maka dari itu proses yang digunakan dalam produksi 5-HMF menggunakan pelarut air dengan katalis *zeolite* pada kondisi proses suhu 120 °C selama 90 menit.

Tabel 1.2 Variasi Proses Pembuatan 5-HMF

Tipe Proses	Katalis	Jenis Pelarut	T (°C)	Waktu (Menit)	Yield (%)	Ref.
<i>Batch</i>	<i>Amberlyst-15</i>	Aseton/Air	120	90	79	(Chang et al. 2021)
<i>Batch</i>	H ₂ SO ₄	Butanol/Air	150	20	68,6	(Penston 1956)
<i>Batch</i>	H ₂ SO ₄	Butanol/Air	170	8	68	(Penston 1956)
<i>Batch</i>	H ₂ SO ₄	Air	285	1,5	8	(Penston 1956)
<i>Batch</i>	AlCl ₃	Dioksan (Berbahaya)	210	3	41,6	(Thomas et al. 2020)
<i>Batch</i>	AlCl ₃ + HCl	Dioksan (Berbahaya)	150	23	40,2	(Thomas et al. 2020)
<i>Batch</i>	Metal chloride, CrCl ₃	Cairan ionik, EMIM CH ₃ - O-SO ₃	100 -160	2,5	63	(Thomas et al. 2020)

1.3 Uraian Proses

a. Preparasi *brine*

Brine yang digunakan adalah NaCl 17%. NaCl dari tangki penyimpanan F-111 disalurkan melalui *conveyor* J-122 menuju *bucket elevator* J-133. Dari J-133 disalurkan melalui *conveyor* J-144 menuju tangki pengenceran M-110. Pada M-110 dilakukan penambahan air untuk mengencerkan *brine* pada konsentrasi 17% (Urshaghi, 1984).

b. Preparasi H₂SO₄ 12%

Larutan H₂SO₄ (98%) pada F-121 dipompa melalui L-122 menuju tangki pengenceran M-120 untuk diencerkan hingga konsentrasi 12% menggunakan air dari *water plant*. Larutan H₂SO₄ 12% disalurkan melalui pompa L-125 menuju ke tangki hidrolisis M-140.

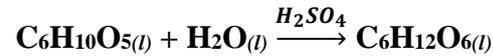
c. Preparasi bahan baku

Eceng gondok disalurkan melalui *conveyor* J-131 menuju *bucket elevator* J-132 dan disalurkan ke *chopper* C-133 untuk mengecilkan ukuran eceng gondok hingga 60 mesh. Eceng gondok 60 mesh disalurkan melalui *conveyor* J-134 untuk proses *steaming* pada F-130. *Steaming* akan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang ada pada eceng gondok, F-130 dialiri dengan uap jenuh 22 bar pada suhu 120°C selama 3 menit. Hasil *steaming* masuk ke *filter press* H-135 untuk dicuci dan di-*press*, agar kandungan lignin dan hemiselulosa yang telah terpisah bisa larut bersama air. Produk H-135 adalah eceng gondok *solid* yang disalurkan melalui *conveyor* J-136 menuju tangki hidrolisis M-140 untuk hidrolisis.

d. Proses hidrolisis

Eceng gondok dari J-136 masuk kedalam M-140 untuk di hidrolisis dengan pelarut H₂SO₄ 12% dari L-125. Proses hidrolisis bertujuan memecah selulosa pada eceng gondok menjadi glukosa. Proses berlangsung selama 90 menit pada suhu operasi 100°C. Kondisi pH asam merupakan kondisi yang optimal untuk proses hidrolisis. Pada tangki hidrolisis dilakukan pemanasan menggunakan uap bertekanan tinggi 175°C dengan tekanan 8,2 bar untuk diperoleh kondisi optimal dari proses hidrolisis (Priatna, et al.,

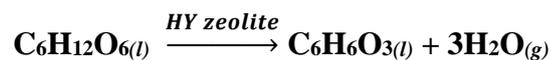
2021). Pada tahapan ini, selulosa terhidrolisis menjadi glukosa dalam suasana asam, dengan reaksi senyawa sebagai berikut (Anggraeni 2013):



Hasil M-140 akan disalurkan menuju *cooler* E-142 dan dipompa melalui L-143 menuju *filter press* H-145 untuk disaring. Filtrasi kedua pada H-145 memisahkan ampas dengan selulosa hasil hidrolisis. Glukosa dari H-145 disalurkan menuju *heater* E-146 untuk dipanaskan hingga suhu 120°C. Pada V-148 memisahkan glukosa dan H₂SO₄ 12%, dengan kondisi operasi suhu 120°C dan tekanan operasi 0,1 atm. Glukosa keluar bersama sisa air sebagai produk bawah dan dialirkan melalui pompa L-152 untuk masuk ke tahap dehidrasi pada R-150. Sementara H₂SO₄ keluar sebagai produk atas menuju unit penampungan limbah.

e. Proses dehidrasi

Glukosa hasil V-148 masuk ke R-150 untuk proses dehidrasi. Pada proses ini glukosa dikontakan dengan *zeolite* dan dikonversi menjadi 5-HMF. Sebanyak 82% 5-HMF terkonversi (Aainaa, 2016). Dehidrasi dilakukan pada suhu 120°C dengan penambahan pelarut air 80:20 v/v dari *water plant*. Reaksi yang terjadi pada reaktor sintesis 5-HMF sebagai berikut:



Produk keluaran dehidrasi didinginkan melalui *cooler* E-154 untuk menurunkan suhu hingga 90°C. Kemudian produk dipompa melau L-155 menuju *flash tank* V-156 untuk dipisahkan antara 5-HMF dengan glukosa yang tidak terkonversi. *Flash tank* V-156 beroperasi pada suhu 90°C dengan tekanan 0,01 atm. Glukosa menjadi produk bawah yang di pompa melalui L-159 menuju R-150 untuk dikonversi kembali dan 5-HMF adalah produk atas yang masuk kedalam kondensor E-161 untuk didinginkan hingga suhu 80°C sebelum masuk ke unit separasi dan konsentrasi.

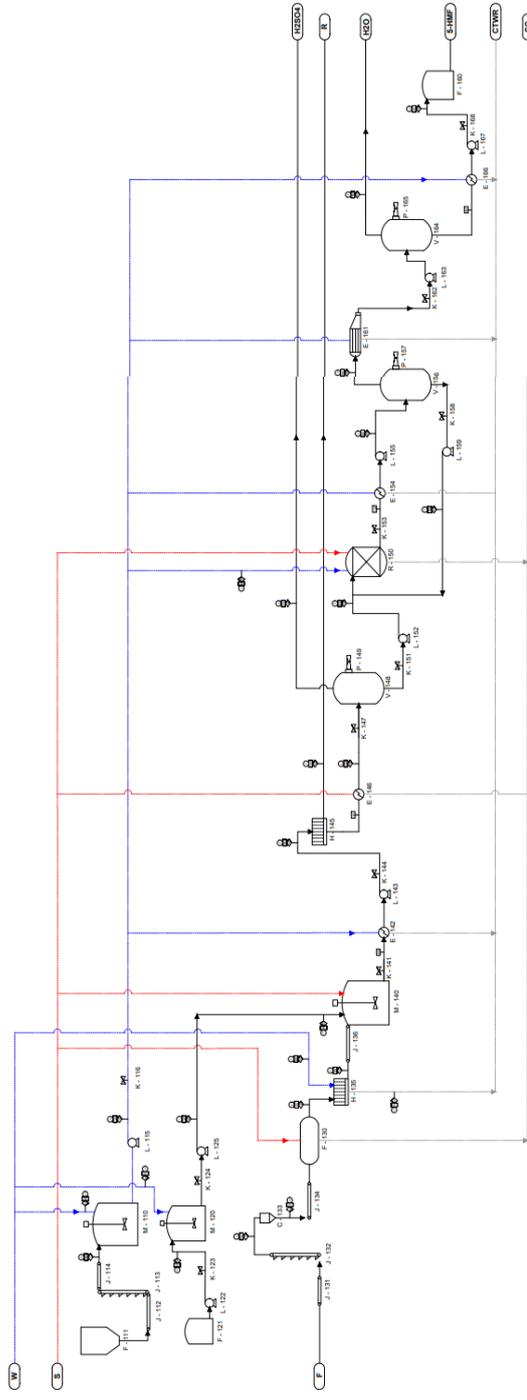
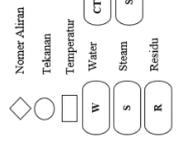
Process Flow Diagram


PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
 2023

Pembimbing:
 Ir. Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D., IPM.
 Helda Wika Ammi S.Si., M.Si., M.Sc.

PROCESS FLOW DIAGRAM
PRA-PERANCANGAN PABRIK
5-HMF DARI ECENG GONDOK

Oleh:
 Rizqi Fitriya Damayanti (191910401020)
 Yasmin Abnisa (191910401060)
 Daffa Hafizaulhaq Azzi (191910401073)



No	Kode	Keterangan
1	E-111	Storage NaCl
2	J-112	Belt Conveyor
3	J-113	Bucket Elevator
4	J-114	Belt Conveyor
5	M-110	Tangki Pengenceran Brine
6	L-115	Pompa Centrifugal
7	F-121	Storage H ₂ SO ₄
8	L-122	Pompa Centrifugal
9	M-120	Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄
10	L-125	Pompa Centrifugal
11	J-131	Belt Conveyor
12	J-132	Bucket Elevator
13	C-133	Chopper
14	J-134	Belt Conveyor
15	F-130	Tangki Penguapan
16	H-135	Filter Press
17	J-136	Belt Conveyor
18	M-140	Tangki Hidrolisis
19	E-142	Cooler Hidrolisis
20	L-143	Pompa Centrifugal
21	H-145	Filter Press
22	E-146	Heater Flash Tank
23	V-148	Flash Tank Hidrolisis
24	P-149	Steam Ejector
25	L-152	Pompa Centrifugal
26	R-150	Reaktor Dehidrasi
27	E-154	Cooler Dehidrasi
28	L-155	Pompa Centrifugal
29	V-156	Flash Tank Dehidrasi
30	P-157	Steam Ejector
31	L-159	Pompa Centrifugal
32	E-161	Kondensor
33	L-163	Pompa Centrifugal
34	V-164	Flash Tank
35	P-165	Steam Ejector
36	E-166	Cooler Flash Tank
37	L-167	Pompa Centrifugal
38	F-160	Storage 5-HMF

Komponen	No. Aliran (kg/jam)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
NaCl	1154,99																								
H ₂ O	5639,07	5639,07	1198,51	1198,51	1198,51	1198,51	516,08	516,08	516,08	2400,00	2400,00	1198,52	1153,04	461,21	691,82	22,74	669,08	1818,94	1953,56	4,09	1949,47	1944,32	5,15		
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n							516,08	516,08	516,08			516,08	106,82	106,82											
(C ₁₀ H ₁₆ O ₄) _n							124,88	124,88	124,88			124,88													
(C ₆ H ₁₂ O ₆)							61,52	61,52	61,52			61,52													
H ₂ O							97,52	97,52	97,52			97,52													
H ₂ SO ₄																									
C ₆ H ₁₀ O ₅																									

Gambar 1.4 Process Flow Diagram 5-HMF

f. Proses separasi dan konsentrasi

Produk E-161 dipompa dengan L-163 menuju ke *Flash tank* V-164 untuk dipisahkan antara 5-HMF dengan air hingga konsentrasi 98%. Pada *flash tank* V-164 pemisahan berlangsung di suhu 80°C dengan tekanan 0,001 atm. Air keluar sebagai produk atas yang disalurkan ke *water treatment plant*. Sementara produk bawah V-164 merupakan 5-HMF dengan konsentrasi 98% yang disalurkan menuju *cooler* E-166 untuk menurunkan suhunya menjadi 30°C. 5-HMF 98% yang telah dingin dipompa melalui L-168 menuju tangki penyimpanan 5-HMF F-160 sebelum didistribusikan.

1.4 Spesifikasi Bahan dan Produk

Komposisi kimia eceng gondok tertinggi kedua adalah selulosa sebanyak 64,51% yang di hidrolisis menjadi glukosa yang di dehidrasi menjadi 5-HMF dengan bantuan katalis *zeolite*. Dalam proses hidrolisis ditambahkan H₂SO₄ 12% yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang lebih besar. Hal ini karena asam memiliki ion hidronium yang lebih banyak dibandingkan asam kuat lainnya (Safitri, et al., 2018). Produk yang dihasilkan adalah 5-HMF 98% berbentuk *liquid*.

1.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak

Lokasi pabrik merupakan faktor yang harus dipertimbangkan dalam pendirian suatu industri karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun berdasarkan faktor sumber bahan baku, geografis dan iklim, populasi tenaga kerja, pemasaran, akses lokasi, utilitas, ekonomi, sosial dan hukum, pabrik 5-HMF ini akan dibangun di Kecamatan Kariangau, Balikpapan Barat, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur.

Bahan baku yang digunakan adalah eceng gondok. Eceng gondok yang memiliki kecepatan pertumbuhan tinggi dan mudah untuk di budidayakan. Kalimantan Timur memiliki sungai yang melimpah sehingga cocok untuk dijadikan lahan budidaya dan lokasi pabrik karena didukung dengan kondisi geografisnya. Bahan lain yang digunakan adalah air, asam sulfat dan *zeolite*. Asam sulfat yang digunakan akan diperoleh dari PT. *Indonesian Acids Industry* yang terletak di

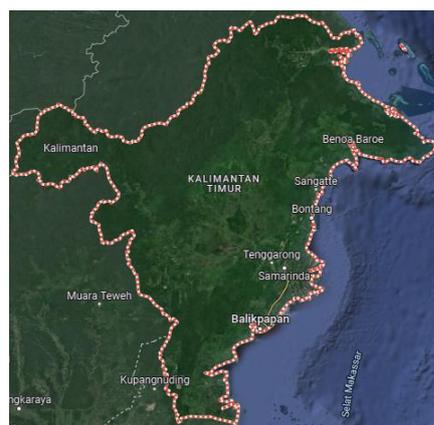
Jakarta dengan kapasitas produksi 127.000 ton/tahun. Sedangkan katalis *zeolite* diperoleh dari PT.Arianto Darmawan.



Gambar 1.5 Lokasi Pendirian Pabrik (Kariangau, Kalimantan Timur)

(Sumber: *Google Maps* terakhir diakses 26 Juni 2023)

Provinsi Kalimantan Timur memiliki luas wilayah daratan 127.346,92 km² dan luas perairan 25.656 km². Letak yang geografis ini lah yang memudahkan distribusi bahan baku ataupun produk yang dihasilkan. Menurut Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Provinsi Kalimantan Timur memiliki resiko bencana alam rendah (Rahmat, et al., 2021). Kalimantan Timur memiliki topografi bergelombang dari kemiringan landai sampai curam dengan ketinggian berkisar 0-1500 MDPL.



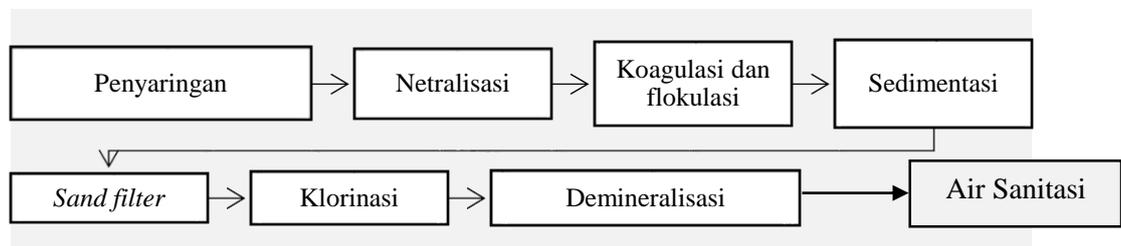
Gambar 1.6 Peta Kalimantan Timur

(Sumber: *Google Maps* terakhir diakses 2 Januari 2023)

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kalimantan Timur mengalami perubahan iklim. Suhu di Kalimantan Timur meningkat 1°C dalam kurun 30 tahun terakhir. Curah hujan di daerah Kalimantan Timur mengalami kenaikan dari tahun ke tahun yang menyebabkan sungai tidak mengalami kekeringan sehingga populasi eceng gondok tidak berkurang.

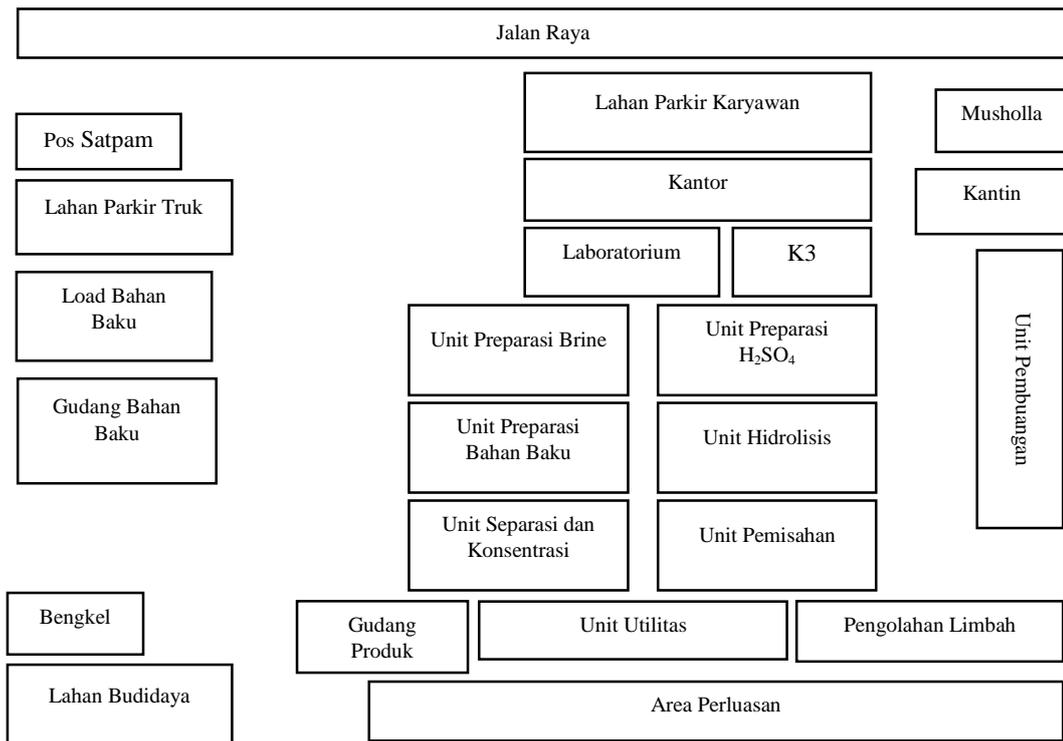
Kalimantan Timur memiliki UMR Rp.3.201.396 yang tergolong rendah sehingga cocok didirikan pabrik. Jumlah penduduk Provinsi Kalimantan Timur setiap tahunnya mengalami peningkatan sehingga jumlah populasi tenaga kerja juga meningkat (Suharto, et al., 2018). Jumlah tenaga kerja di Kalimantan Timur mencapai 1.911,92 ribu orang dengan usia tenaga kerja berumur 15-64 tahun (Tumilaar, et al., 2022). 5-HMF membutuhkan fasilitas penunjang untuk mendistribusikan produk lewat jalur laut, darat dan udara. KIK memiliki pelabuhan industri pelabuhan Kariangau, yang membantu dalam proses distribusi pasar. Kawasan Industri Kariangau (KIK) merupakan salah satu sektor industri di Kalimantan Timur menempati area seluas 3.565 ha yang akan dikembangkan hingga ke Pulau Balang.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik akan disuplai oleh PLTU Kaltim Teluk yang menghasilkan daya listrik sebesar 2.052 MW. Kebutuhan bahan bakar disuplai dari PT. Pertamina sebagai pemasok utama dan kebutuhan air dipenuhi dari sungai Mahakam dengan debit air 2500m³/s. Air sungai perlu melalui proses pemurnian menjadi air *raw clarified water* dan air demineralisasi sebelum digunakan pada proses produksi.



Gambar 1.7 Block Flow Pengolahan Air Proses dan Sanitasi

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 2009 pasal 7 menyebutkan bahwa perusahaan industri yang akan menjalankan kegiatannya setelah peraturan ini berlaku, wajib berlokasi di kawasan industri. Sesuai dengan kebijakan tersebut, telah banyak industri yang didirikan di KIK. Adat-istiadat yang berlaku adalah adat suku Bugis yang membuat peran ketua adat sangat penting.



Gambar 1.8 Tata Letak Pabrik 5-HMF

Tabel 2.1 Neraca Massa Total

Komponen	No. Aliran (kg/jam)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
NaCl								
H ₂ O	22,74	669,08	1818,94	1953,56	4,09	1949,47	1944,32	5,15
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n								
(C ₅ H ₈ O ₄) _n								
(C ₁₀ H ₁₂ O ₃) _n								
C ₆ H ₁₂ O ₆	454,73			81,85	81,85			
K ₂ O								
H ₂ SO ₄		100,34						
C ₆ H ₆ O ₃				260,99	8,46	252,52		252,52

2.2 Neraca Energi**Tabel 2.2 Neraca Energi Total**

Komponen	Q masuk (kkal/jam)	Q keluar (kkal/jam)
Pengenceran NaCl (M - 110)	29361,2324	29361,2324
Pengenceran H ₂ SO ₄ (M - 120)	6150,1816	6150,1816
Chpping (C - 133)	1167,4553	1167,4553
Steaming (F - 130)	23472,1626	23472,1626
Washing dan Filtrasi (H - 135)	33688,9998	33688,9998
Hidrolisis (M - 140)	708999,8793	708999,8793
Cooler (E - 142)	115767,5055	115767,5055
Filter (H - 145)	6888,2777	6888,2777
Heater (E - 146)	85798,5753	85798,5753
Flash tank (V - 148)	64011,5718	64011,5718
Dehidrasi (R - 150)	334339,9331	334339,9331
Cooler (E - 154)	202823,2262	202823,2262
Flash tank (V - 156)	133340,5549	133340,5549
Kondensor (E - 161)	133852,9742	133852,9742
Flash tank (V - 164)	111055,6307	111055,6307

Cooler (E - 166)	4756,3869	4756,3869
Total	1995474,5473	1995474,5473

BAB 3 SPESIFIKASI ALAT DAN UTILITAS

3.1 Spesifikasi Alat

Tangki penyimpanan NaCl (F - 111)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	F - 111	
Fungsi	Untuk menyimpan NaCl padat sebelum masuk ke tangki pengenceran	
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas <i>standard dish head</i> dan tutup bawah <i>conical stainless steel</i> tipe 304	
Bahan	Stainless steel tipe 304	
Konstruksi	grade S (SA-240)	
Kapasitas	0,5347 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	ID	3,6449 m
	OD	3,6576 m
Tangki	Ts	0,00635 m
	Ls	10,6425 m
	Tha	0,0070 m
	Hta	0,5747 m
	Thb	0,0055 m
	Htb	3,3699 m
	H	12 m
Kondisi	Suhu	30 °C
Operasi	Tekanan	1 atm

Belt Conveyor (J - 112)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	J - 112	
Fungsi	Untuk menyalurkan NaCl ke <i>bucket elevator</i> J-113	
Tipe	<i>Troughed Belt Conveyor with rolls of equal length</i>	
Bahan	Carbon steel	
Konstruksi		
Jumlah	1 unit	
Laju Alir	1.155 kg/jam	
Lebar Belt	0,3556 m	
Panjang Belt	6,10 m	
Sudut Elevasi	0°	
Power	2,6 hp	

Bucket Elevator (J - 113)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	J - 113	
Fungsi	Menyalurkan NaCl ke conveyor J-114	
Tipe	<i>Continuous Bucket Elevator</i>	
Bahan	Carboon Steel	
Konstruksi		
Kapasitas	14.000 kg/jam	
Lebar Belt	0,1778 m	
Tinggi Elevator	4,8042 m	
Panjang Belt	10,1164 m	
Jumlah	1 unit	

Kecepatan Belt	14 m/min
Power	4,0072 hp

Belt Conveyor (J - 114)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	J - 114	
Fungsi	Untuk menyalurkan NaCl ke tangki pengenceran <i>brine</i>	
Tipe	<i>Troughed Belt Conveyor with rolls of equal length</i>	
Bahan	Carbon steel	
Konstruksi		
Jumlah	1 unit	
Laju Alir	1.155 kg/jam	
Lebar Belt	0,3556 m	
Panjang Belt	6,10 m	
Sudut Elevasi	0°	
Power	2,6 hp	

Tangki Pengenceran Brine NaCl (M - 110)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	M - 110	
Fungsi	Mengencerkan <i>brine</i> untuk kebutuhan air pendingin	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas berbentuk <i>standard dish head</i>	
Bahan	Stainless steel tipe 304 grade S (SA-240)	
Konstruksi		
Kapasitas	6,0477 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	ID	1,5144 m
	OD	1,524 m
Tangki	Ts	0,0047 m
	Ls	4,4687 m
	Tha	0,0047 m
	Hta	0,2413 m
	H	4,7100 m
	ID	0,0157 m
Ukuran dan Geometri	Lebar flange	0,0889 m
Nozzle	(A)	0,0111 m
	Tebal flange (T)	0,04763 m
	Tinggi nozzle (L)	
Kondisi	Suhu	30°C
Operasi	Tekanan	1 atm
Pengaduk	Tipe	<i>Flat six blade turbine</i>
	Jumlah	4 buah
	baffle	4 buah
	Power	19,4044 hp

Pompa Centrifugal L - 115

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	L - 115	

Fungsi	Memompa <i>brine</i> untuk air pendingin <i>cooler</i> dan kondensor
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Cast Iron & API-610</i>
Konstruksi	
Laju Alir	0,0016 m ³ /s
Efisiensi	50%
<i>Brake</i> kW	0,1049 kW
<i>Power</i> Motor	0,1760 hp
Ukuran Pipa	2 in sch 40

Tangki penyimpanan H₂SO₄ 98% (F - 121)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	F - 121	
Fungsi	Untuk menyimpan H ₂ SO ₄ 98%	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas <i>standard dish head</i>	
Bahan	<i>Stainless steel</i> 316	
Konstruksi		
Kapasitas	0,0915 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	ID	3,3401 m
	OD	3,3528 m
Tangki	Ts	0,0063 m
	Ls	9,6969 m
	Tha	0,0082 m
	Hta	0,5236 m
	H	10,2206 m
Ukuran dan Geometri	ID	0,0157 m
	Lebar <i>flange</i>	0,0889 m
<i>Nozzle</i>	(A)	0,0111 m
	Tebal <i>flange</i>	0,0476 m
	(T)	
	Tinggi <i>nozzle</i>	
	(L)	
Kondisi	Suhu	30°C
Operasi	Tekanan	1 atm

Pompa Centrifugal (L - 122)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	L - 122	
Fungsi	Memompa H ₂ SO ₄ ke tangki pengenceran	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>	
Bahan	<i>Cast Iron & API-610</i>	
Konstruksi		
Laju Alir	0,0000254 m ³ /s	
Efisiensi	40%	
<i>Brake</i> kW	0,0102 kW	
<i>Power</i> Motor	0,0172 hp	
Ukuran Pipa	1/8 in sch 40	

Tangki Pengenceran H₂SO₄ (M - 120)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	M - 120	
Fungsi	Mengencerkan H ₂ SO ₄ 98% menjadi H ₂ SO ₄ 12%	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas berbentuk <i>standard dish head</i>	

Bahan	<i>Carbon steel</i> SA-285 grade	
Konstruksi	C	
Kapasitas	1,2633 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	ID	0,9048 m
	OD	0,9114 m
Tangki	Ts	0,0047 m
	Ls	2,6514 m
	Tha	0,0043 m
	Hta	0,1431 m
	H	2,7946 m
Ukuran dan Geometri	ID	0,0208 m
	Lebar <i>flange</i>	0,1079 m
<i>Nozzle</i>	(A)	0,0142 m
	Tebal <i>flange</i>	0,0555 m
	(T)	
	Tinggi <i>nozzle</i>	
	(L)	
Kondisi	Suhu	30°C
Operasi	Tekanan	1 atm
Pengaduk	Tipe	Flat six
	Jumlah <i>blade</i>	<i>blade</i>
	<i>Power</i>	turbine
		4 buah
		1,7243 hp

Pompa Centrifugal (L - 125)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	L - 125	
Fungsi	Memompa H ₂ SO ₄ 12% ke tangki hidrolisis	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>	
Bahan	<i>Cast Iron & API-610</i>	
Konstruksi		
Laju Alir	0,0003509 m ³ /s	
Efisiensi	40%	
<i>Brake</i> kW	0,0161 kW	
<i>Power</i> Motor	0,0271 hp	
Ukuran Pipa	1/8 in sch 40	

Belt Conveyor (J - 131)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	J - 131	
Fungsi	Menyalurkan eceng gondok ke <i>bucket elevator</i> J-132	
Tipe	<i>Troughed Belt Conveyor</i> with rolls of equal length	
Bahan	<i>Carbon steel</i>	
Konstruksi		
Jumlah	1 unit	
Laju Alir	800 kg/jam	
Lebar <i>Belt</i>	0,3556 m	
Panjang <i>Belt</i>	6,10 m	
Sudut Elevasi	0°	
<i>Power</i>	2,6 hp	

Bucket Elevator (J - 132)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	J - 132	
Fungsi	Menyalurkan eceng gondok ke <i>chopper</i>	
Tipe	<i>Continuous Bucket Elevator</i>	

Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Konstruksi	
Kapasitas	14.000 kg/jam
Lebar <i>Belt</i>	0,1778 m
Tinggi <i>Elevator</i>	3,0599 m
Panjang <i>Belt</i>	6,6279 m
Jumlah	1 unit
Kecepatan <i>Belt</i>	4,704 m/mnt
<i>Power</i>	3,0061 hp

Chopper (C - 133)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	C - 133
Fungsi	Memotong eceng gondok menjadi 60 mesh
Tipe	<i>Jaw Chopper</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Konstruksi	
Kapasitas	360 kg/jam
Lebar <i>Belt</i>	0,1778 m
Jumlah	1 unit
<i>Power</i>	0,00709 hp

Belt Conveyor (J - 134)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	J - 134
Fungsi	Menyalurkan eceng gondok ke tangki <i>steamer</i> F-130
Tipe	<i>Troughed Belt Conveyor with rolls of equal length</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Konstruksi	
Jumlah	1 unit
Laju Alir	800 kg/jam
Lebar <i>Belt</i>	0,3556 m
Panjang <i>Belt</i>	6,10 m
Sudut Elevasi	0°
<i>Power</i>	2,6 hp

Tangki penguapan (F - 130)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	F - 130
Fungsi	Menginjeksi uap jenuh pada eceng gondok
Tipe	<i>Silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk eliptical</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Konstruksi	
Kapasitas	0,4987 m ³ /jam
Jumlah	1 unit
Ukuran dan Geometri	ID 0,2889 m
Tangki	OD 0,3048 m
	Ts 0,0079 m
	Ls 0,9088 m
	Tha 0,0054 m
	Hta 0,0568 m
	Thb 0,0054 m
	Htb 0,0568 m
	H 0,9656 m
Ukuran Inlet dan Outlet	Inlet 0,2900 m
	Outlet 0,2900 m

Kondisi Operasi	Suhu	215°C
	Tekanan	21,712 atm

Filter press (H - 135)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	H - 135
Fungsi	Memisahkan eceng gondok dari lignin dan hemiselulosa setelah proses <i>Steaming</i>
Tipe	<i>Horizontal plate and frame filter press</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
<i>Rate</i>	2,5519 m ³ /jam
<i>Volumetric Filtrat</i>	
Waktu Filtrasi	31,3442 menit
Luas Filter	0,5 m ²
Luas <i>frame</i>	0,5980 m ²
Tebal <i>Plate dan Frame</i>	1,25 in
Jumlah <i>Plate</i>	4 buah
Jumlah	1 unit

Belt conveyor (J - 136)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	J - 136
Fungsi	Menyalurkan eceng gondok dari filter ke tangki hidrolisis
Tipe	<i>Troughed Belt Conveyor with rolls of equal length</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Konstruksi	
Jumlah	1 unit
Laju Alir	614 kg/jam
Lebar <i>Belt</i>	0,3556 m
Panjang <i>Belt</i>	6,10 m
Sudut Elevasi	0°
<i>Power</i>	2,6 hp

Tangki Hidrolisis (M - 140)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	M - 140
Fungsi	Menghidrolisis selulosa menjadi glukosa
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas berbentuk <i>standard dish head</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Konstruksi	C
Kapasitas	1,7414 m ³ /jam
Jumlah	1 unit
Ukuran dan Geometri	ID 1,2096 m
Tangki	OD 1,2192 m
	Ts 0,0047 m
	Ls 3,3779 m
	Tha 0,0048 m
	Hta 0,1824 m
	H 3,5603 m
Ukuran dan Geometri	ID 0,0157 m
	Lebar <i>flange</i> 0,0889 m
<i>Nozzle</i>	(A) 0,0111 m

	Tebal <i>flange</i> (T)	0,0476 m
	Tinggi <i>nozzle</i> (L)	
Kondisi Operasi	Suhu	100°C
Pengaduk	Tekanan	1 atm
	Tipe	<i>Flat six blade turbine</i>
	Jumlah <i>baffle</i>	4 buah
	Power	7,1902 hp
Jaket Pemanas	Tebal jaket	0,4191 m
	Tinggi jaket	3,3779 m

Cooler (E - 142)

Spesifikasi	Keterangan
Alat	<i>Cooler</i>
Kode	E-142
Fungsi	Menurunkan temperatur hidrolisat dari 100°C menjadi 30°C
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger (STHE)</i>
Dimensi	
- Shell	Diameter dalam
	Baffle spacing
- Pipe	Diameter dalam
	Diameter luar
	Pitch (Pt)
	Panjang tube
	Jumlah tube
DP allowance	10 psia
Dirt factor (Rd)	0,003
Bahan	
- Shell	Stainless steel
- Tube	Stainless steel

Pompa Centrifugal (L - 143)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	L - 143
Fungsi	Memompa hasil <i>cooler</i> hidrolisis menuju H-145
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Cast Iron & API-610</i>
Laju Alir	0,0004508 m ³ /s
Efisiensi	40%
Brake kW	0,0452 kW
Power Motor	0,0759 hp
Ukuran Pipa	1/8 in sch 40

Filter press (H - 145)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	H - 145
Fungsi	Memisahkan ampas eceng gondok hasil hidrolisis
Tipe	<i>Horizontal plate and frame filter press</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Rate Volumetric Filtrat	1,0228 m ³ /jam
Waktu Filtrasi	31,5221 menit
Luas Filter	0,5 m ²

Luas <i>frame</i>	0,5980 m ²
Tebal <i>Plate</i> dan <i>Frame</i>	1,25 in
Jumlah <i>Plate</i>	4 buah
Jumlah	1 unit

Preheater (E - 146)

Spesifikasi	Keterangan
Alat	<i>Heater</i>
Kode	E-146
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan <i>Flash tank</i> dari 30°C menjadi 100°C
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>

Dimensi

- Annulus	IPS	2 1/2 in
	Sch No.	40 in
	Diameter dalam	2,88 in
	Diameter luar	2,47 in
- Pipe	IPS	1 1/4 in
	Sch No.	40 in
	Diameter dalam	1,66 in
	Diameter luar	1,38 in
	DP allowance	10 psia
	Dirt factor (Rd)	0,003
Bahan		
0,75 in - Annulus	Stainless steel	
15/16 in - Pipe	Stainless steel	

Flash tank (V - 148)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	V - 148
Fungsi	Memisahkan H ₂ SO ₄ dari keluaran hidrolisis
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas dan bawah <i>standard dish head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kapasitas	1,2670 m ³ /jam
Jumlah	1 unit
Ukuran dan Geometri	ID 0,6381 m
	OD 0,6604 m
Tangki	Ts 0,0111 m
	Ls 1,8010 m
	Tha 0,0111 m
	Hta 0,0972 m
	Thb 0,0111 m
	Htb 0,0972 m
	H 1,9955 m
Kondisi Operasi	Suhu 120 °C
	Tekanan 0,1 atm

Steam Ejector (P - 149)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	P - 149
Fungsi	Membuat kondisi vakum pada <i>Flash tank</i> V-148
Tipe	<i>Steam Jet Ejector</i>
Kebutuhan	270 lb/jam
Steam	
Jumlah	3 unit

Tangki Dehidrasi (R - 150)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	R - 150	
Fungsi	Memisahkan H ₂ SO ₄ dari keluaran hidrolisis	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas dan bawah <i>standard dish head</i>	
Bahan	<i>Stainless steel 285 grade C</i>	
Konstruksi		
Kapasitas	3,7023 m ³	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	H	4,0257 m
	H katalis	0,4416 m
Tangki	Ha	0,6171 m
	Ls	3,4085 m
	OD	1,1362 m
	ID	1,2192 m
	Ts	1,25 in
	THa	0,75 in
	Tebal plat	4,3871 in
	penyangga	0,177
	Diameter lubang plat	6,4671
	Diameter inlet glukosa	15,8567
	Diameter inlet air	18,5018
	Diameter outlet produk	mm
Kondisi	Suhu	120 °C
Operasi	Tekanan	10 atm

Pompa Centrifugal (L - 152)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	L - 152	
Fungsi	Memompa produk hasil <i>Flash tank V-148</i> ke reaktor dehidrasi	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Cast Iron & API-610</i>	
Laju Alir	0,0000878 m ³ /s	
Efisiensi	40%	
Brake kW	0,0095 kW	
Power Motor	0,0160 hp	
Ukuran Pipa	3/8 in sch 40	

Cooler (E - 154)

Spesifikasi	Keterangan	
Alat	<i>Cooler</i>	
Kode	E-154	
Fungsi	Menurunkan temperatur keluaran dehidrasi dari 120°C menjadi 90°C	
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>	

Dimensi

-	Annulus	IPS	2 1/2 in
		Sch No.	40 in
		Diameter dalam	2,88 in
		Diameter luar	2,47 in
-	Pipe	IPS	1 1/4 in
		Sch No.	40 in
		Diameter dalam	1,66 in
		Diameter luar	1,38 in
	DP allowance	10 psia	
	Dirt factor (Rd)	0,003	
	Bahan		
-	Annulus	Stainless steel	
-	Pipe	Stainless steel	

Pompa Centrifugal (L - 155)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	L - 155	
Fungsi	Memompa hasil <i>cooler</i> menuju <i>Flash tank V-156</i>	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>	
Bahan	<i>Cast Iron & API-610</i>	
Konstruksi		
Laju Alir	0,0006034 m ³ /s	
Efisiensi	40%	
Brake kW	0,0145 kW	
Power Motor	0,0244 hp	
Ukuran Pipa	1 in sch 40	

Flash tank (V - 156)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	V - 156	
Fungsi	Memisahkan 5-HMF dan air dari keluaran dehidrasi	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas dan bawah <i>standard dish head</i>	
Bahan	<i>Carbon steel SA-285 grade C</i>	
Konstruksi		
Kapasitas	2,3190 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri	ID	0,7302 m
	OD	0,7620 m
Tangki	Ts	0,0158 m
	Ls	2,2031 m
	Tha	0,0127 m
	Hta	0,1189 m
	Thb	0,0127 m
	Htb	0,1189 m
	H	2,4410 m
Kondisi Operasi	Suhu	90 °C
	Tekanan	0,01 atm

Steam Ejector (P - 157)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	P - 157	
Fungsi	Membuat kondisi vakum pada <i>Flash tank V-156</i>	
Tipe	<i>Steam Jet Ejector</i>	
Kebutuhan Steam	345 lb/jam	
Jumlah	3 unit	

Pompa Centrifugal (L - 159)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	L - 159
Fungsi	Memompa produk bawah <i>Flash tank</i> V-156 menuju reaktor dehidrasi
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Cast Iron & API-610</i>
Laju Alir	0,0000269 m ³ /s
Efisiensi	40%
Brake kW	0,0016 kW
Power Motor	0,0028 hp
Ukuran Pipa	1/8 in sch 40

Kondensor (E - 161)

Spesifikasi	Keterangan
Alat	<i>Cooler</i>
Kode	E-161
Fungsi	Menurunkan temperatur keluaran produk atas <i>Flash tank</i> dari 90oC menjadi 80oC dan merubah fasa
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>
Dimensi	
- Annulus	IPS 2 in Sch No. 40 in Diameter dalam 2,38 in Diameter luar 2,07 in
- Pipe	IPS 1 1/4 in Sch No. 40 in Diameter dalam 1,66 in Diameter luar 1,38 in
DP allowance	10 psia
Dirt factor (Rd)	0,003
Bahan	
- Annulus	Stainless steel
- Pipe	Stainless steel

Pompa Centrifugal (L - 163)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	L - 163
Fungsi	Memompa hasil kondensator menuju <i>Flash tank</i> V-164
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Cast Iron & API-610</i>
Laju Alir	0,0006368 m ³ /s
Efisiensi	40%
Brake kW	0,0449 kW
Power Motor	0,0753 hp
Ukuran Pipa	1 in sch 40

Flash tank (V-164)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	V - 164
Fungsi	Meningkatkan konsentrasi 5-HMF
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas dan bawah <i>standard dish head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-285 grade C</i>

Kapasitas	2,2016 m ³ /jam
Jumlah	1 unit
Ukuran dan Geometri Tangki	ID 0,7239 m OD 0,7620 m Ts 0,0190 m Ls 2,1653 m Tha 0,0127 m Hta 0,1169 m Thb 0,0127 m Htb 0,1169 m H 2,3991 m
Kondisi Operasi	Suhu 80 °C Tekanan 0,001 atm

Steam Ejector (P - 165)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	P - 165
Fungsi	Membuat kondisi vakum pada <i>Flash tank</i> V-164
Tipe	<i>Steam Jet Ejector</i>
Kebutuhan Steam	276 lb/jam
Jumlah	3 unit

Cooler (E - 166)

Spesifikasi	Keterangan
Alat	<i>Cooler</i>
Kode	E-166
Fungsi	Menurunkan temperatur produk dari 80°C menjadi 30°C
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>
Dimensi	
- Annulus	IPS 2 in Sch No. 40 in Diameter dalam 2,38 in Diameter luar 2,07 in
- Pipe	IPS 1 1/4 in Sch No. 40 in Diameter dalam 1,66 in Diameter luar 1,38 in
DP allowance	10 psia
Dirt factor (Rd)	0,003
Bahan	
- Annulus	Stainless steel
- Pipe	Stainless steel

Pompa Centrifugal (L-167)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	L - 167
Fungsi	Memompa hasil <i>Flash tank</i> V-164 menuju tangki penyimpanan F-160
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Cast Iron & API-610</i>
Laju Alir	0,0000578 m ³ /s
Efisiensi	40%
Brake kW	0,0020 kW
Power Motor	0,0034 hp
Ukuran Pipa	1/4 in sch 40

Tangki Penyimpanan 5-HMF (F - 160)		
Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	F - 160	
Fungsi	Menyimpan 5-HMF 98%	
Tipe	Silinder tegak <i>flat bottom</i> dengan tutup atas berbentuk <i>standard dish head</i>	
Bahan Konstruksi	SA-167 <i>grade 3</i>	
Kapasitas	0,2082 m ³ /jam	
Jumlah	1 unit	
Ukuran dan Geometri Tangki	ID	2,7336 m
	OD	2,7432 m
	Ts	0,0047 m
	Ls	7,8506 m
	Tha	0,0042 m
	Hta	0,4239 m
	H	8,2746 m
Ukuran dan Geometri <i>Nozzle</i>	ID	0,0157 m
	Lebar <i>flange (A)</i>	0,0889 m
	Tebal <i>flange (T)</i>	0,0476 m
	Tinggi <i>nozzle (L)</i>	
Kondisi Operasi	Suhu	30°C
	Tekanan	1 atm

3.2 Utilitas

A. Unit Pengolahan dan Pengadaan Air

Tabel 3.1 Total Kebutuhan Air

Jenis Kebutuhan	Laju alir (kg/jam)
Air Umpan Boiler	5.728,3582
Air Pendingin	8.152,8779
Air Proses	10.077,2390
Air Sanitasi/Air Bersih	1.230
Total	25.188,4751

B. Unit Pengadaan *Steam*

Tabel 3.2 Total Kebutuhan *Steam*

Jenis Alat dan Kebutuhan	Laju Alir (kg/jam)
<i>Steaming</i>	33,6468
Reaktor Hidrolisis	3.414,7725
<i>Preheater flash tank 1</i>	122,9904
Reaktor Dehidrasi	787,2560
<i>Flash tank</i>	414,9660
Total	4.773,6318
Faktor Keamanan 20%	954,7264
Total Air Pendingin Setiap Alat dan Faktor Keamanan	5728.3582

C. Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Tabel 3.3 Total Kebutuhan Listrik pada Pabrik 5-HMF

Jenis Kebutuhan	Daya (kW/jam)	Daya (hp/jam)
Peralatan Proses dan Instrumentasi	57,3502	74,2246
Penerangan	159,9604	214,5069
Kantor, Laboratorium, dan Fasilitas lainnya	16,6667	22,35
Total Kebutuhan	231,9773	311,0815
Faktor Keamanan 20%	46,3955	62,2163
Total Kebutuhan dan Faktor Keamanan	278,3727	373,2978

D. Unit Bahan Baku

Unit bahan baku merupakan unit yang bertujuan untuk memasok atau menyimpan bahan baku yang akan digunakan. Bahan baku yang digunakan pada pabrik ini yaitu eceng gondok, asam sulfat (H_2SO_4), dan Natrium Klorida ($NaCl$).

E. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah merupakan unit yang bertujuan untuk mengolah kembali hasil produk yang tidak bernilai jual dan menimbulkan kerugian terhadap masyarakat dan lingkungan. Limbah pada pabrik 5-HMF ini yaitu:

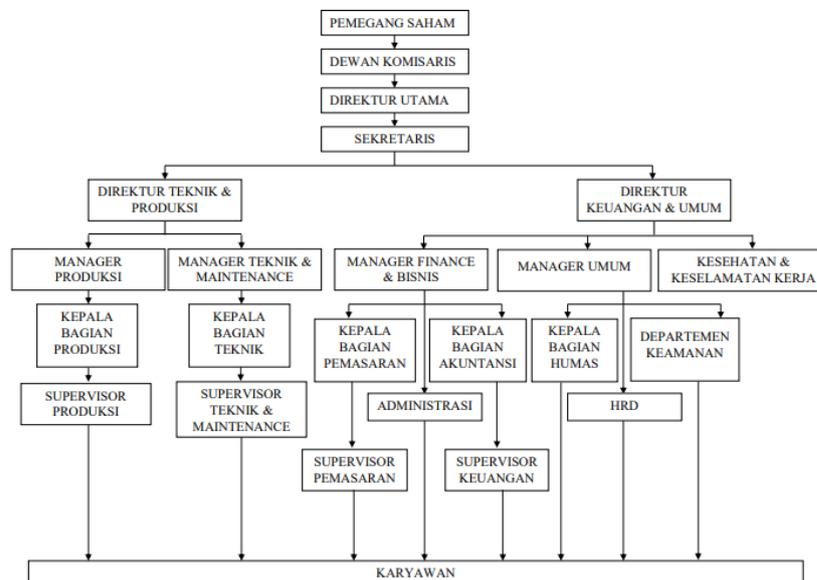
1. Limbah cair. Pada pabrik 5-HMF berupa H_2O , H_2SO_4 , hemiselulosa dan lignin. Limbah ini berasal dari sisa-sisa air sanitasi dan proses pencucian eceng gondok pada alat *filter press* (H -135) dan (H – 145).
2. Limbah padat. Pada pabrik ini berasal dari *filter press* (H – 145) berupa ampas eceng gondok.
3. Limbah gas. Berupa H_2SO_4 yang berasal dari *flash tank* 1 (V – 148) dan H_2O yang berasal dari *flash tank* 3 (V – 164).

BAB 4 MANAJEMEN PABRIK, EVALUASI EKONOMI, DAN FAKTOR KESELAMATAN

4.1 Manajemen Pabrik

Bentuk badan perusahaan yang direncanakan oleh Pabrik 5-HMF adalah Perseroan Terbatas (PT). PT merupakan badan usaha berbentuk hukum dekan dasar hukum Undang-Undang Republik Indonesia yang mengatur tentang Perseroan Terbatas No. 40 Tahun 2007. Pada bentuk perusahaan ini pemegang saham tidak bertanggung jawab secara utuh hanya sebatas tanggung jawab modal, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan.

Struktur organisasi dijalankan secara strukturan sesuai dengan tugas dan wewenang demi mencapai kerja sama yang baik antar karyawan. Kekuasaan tertinggi dalam pabrik 5-HMF dipegang oleh Presiden Direktur yang dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).



Gambar 4.1 Struktur Perusahaan 5-HMF

Pabrik 5-HMF direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam kerja setiap hari. Sisa hari lainnya yaitu hari libur yang digunakan untuk perbaikan atau pemeliharaan. Pembagian jam kerja perusahaan yaitu sebagai berikut:

a. Jam kerja karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* bekerja selama 6 hari dalam seminggu. Sedangkan pada hari minggu atau hari besar libur.

Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 WIB (Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB)

Jum'at : 08.00 – 16.00 WIB (Istirahat : 11.00 – 13.00 WIB)

Sabtu : 08.00 – 16.00 WIB (Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB)

b. Jam kerja karyawan *shift*

Karyawan *shift* dibagi menjadi 3 shift dalam sehari dengan masing-masing selama 8 jam kerja. Jadwal kerja dibagi dalam 4 minggu dan 4 regu dengan jadwal shift yang berbeda. Setiap regu akan mendapatkan 1 kali libur dari 3 shift.

Shift 1 : 08.00 – 16:00 WIB

Shift 2 : 16.00 – 24.00 WIB

Shift 3 : 24.00 – 08.00 WIB

Tabel 4.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Keterangan : P = Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

1. Tenaga kerja langsung (Karyawan *Shift*)

Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja langsung (karyawan *shift*) yang dibutuhkan dalam pabrik 5-HMF:

$$M = 10,4 \times (6.0606)^{0,28}$$

$$= 17.2241$$

Hasil perhitungan jumlah karyawan proses yang dibutuhkan dalam pabrik 5-HMF berdasarkan persamaan berikut adalah:

$$\text{Jumlah karyawan proses} = 22.2478 \text{ per shift}$$

$$\begin{aligned}
 &= 22 \text{ karyawan/shift} \\
 \text{Total karyawan shift} &= 22 \text{ karyawan/shift} \times 4 \text{ regu} \\
 &= 88 \text{ karyawan shift/hari}
 \end{aligned}$$

2. Tenaga kerja tidak langsung (Karyawan *Non-Shift*)

Jumlah tenaga kerja tidak langsung dapat diperkirakan dalam tabel dibawah ini

Tabel 4.2 Total Tenaga Kerja Tidak Langsung

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan Komisaris	2
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Teknik dan Produksi	1
4	Direktur Keuangan dan Umum	1
5	Konsultan	10
6	Sekretaris	3
7	Manajer Teknik	1
8	Manajer Produksi	1
9	Manajer Umum	1
10	Manajer Bisnis dan Finance	2
11	Kepala HRD	1
12	Karyawan HRD	4
13	Kepala Bagian Produksi	1
14	Kepala Bagian Pemasaran	1
15	Kepala Bagian Teknik dan Maintenance	1
16	Kepala Bagian Umum	1
17	Kepala Bagian Keuangan	1
18	Kepala Bagian Humas	1
19	Supervisor Produksi	2
20	Supervisor Teknik dan Maintenance	2
21	Supervisor Keuangan	2
22	Supervisor Pemasaran	2
23	Foreman	32
24	Karyawan Humas	4
25	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4
26	Ahli Gizi	3
27	Dokter	1
28	Perawat	2
29	Admin	2
30	Sopir	4
31	Cleaning Service	5
32	Petani	60
33	Karyawan Gudang	4
34	Mekanik	6
Total		169

3. Gaji Karyawan

Sistem penggajian karyawan berdasarkan kriteria seperti jenis jabatan, tingkat pendidikan, tanggung jawab dan kedudukan. Sistem gaji karyawan diberikan setiap awal bulan dan besarnya gaji yang diberikan disesuaikan dengan Upah Minimum Regional (UMR) Kalimantan Timur tahun 2029 yaitu sebesar Rp.4.450.000. Rincian total karyawan dan perhitungan gaji karyawan dalam pabrik 5-HMF terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Daftar Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Orang	Total
1	Direktur Komisaris	2	120.000.000	240.000.000
2	Direktur Utama	1	90.000.000	90.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	65.000.000	65.000.000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	65.000.000	65.000.000
5	Konsultan Keuangan	2	55.000.000	110.000.000
6	Konsultan Pajak	2	55.000.000	110.000.000
7	Konsultan Amdal	2	55.000.000	110.000.000
8	Tenaga Ahli Pertanian	4	55.000.000	110.000.000
9	Sekretaris	3	10.500.000	31.500.000
10	Manajer	5	40.500.000	202.500.000
11	Kepala HRD	1	25.500.000	25.500.000
12	Karyawan HRD	4	8.500.000	34.000.000
13	Kepala Bagian	6	25.000.000	150.000.000
14	Proses Produksi	88	15.500.000	1.364.000.000
15	Ahli Gizi	3	13.500.000	40.500.000
16	Dokter	1	25.500.000	25.500.000
17	Perawat	2	18.000.000	36.000.000
18	Keamanan	16	8.500.000	136.000.000
19	Supervisor	8	19.500.000	156.000.000
20	Foreman	32	16.500.000	528.000.000
21	Karyawan Humas	4	9.500.000	38.000.000
22	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	12.500.000	50.000.000
23	Admin	2	9.000.000	18.000.000
24	Sopir	4	8.000.000	32.000.000
25	Cleaning Service	5	6.500.000	32.500.000
26	Penggarap Ladang	60	8.500.000	510.000.000
27	Karyawan Gudang	4	6.000.000	24.000.000
28	Mekanik	6	9.500.000	57.000.000
Total		273	856.500.000	4.501.000.000

4.2 Evaluasi Ekonomi

Tabel 4.4 Rangkuman Evaluasi Ekonomi

No	Jenis Analisis	Keterangan	Parameter Keberhasilan
1	<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	39,95%	ACF > bunga bank yang ditetapkan
2	<i>Pay Out Time</i> (POT)	3,1 tahun	Kurang dari setengah umur pabrik (10 tahun)
3	<i>Rate of Return</i> (ROR)	30,95%	Diatas bunga bank
4	<i>Break Event Point</i> (BEP)	44,39%	BEP berada pada range 40-50%

4.3 Faktor Keselamatan

a. Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan upaya untuk mempertahankan kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan pekerja dilingkungan pabrik. Pada proses produksi pabrik 5-HMF menggunakan bahan dan alat yang memiliki perlakuan yang berbeda-beda. K3 diperlukan untuk diterapkan di dalam pabrik karena dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Untuk mewujudkan tujuan keselamatan kerja, pada pabrik 5-HMF memusatkan keselamatan kerja sebagai berikut:

1. Pengendalian secara teknik (*mechanical / engineering control*) pabrik 5-HMF :
 - a. Pengaturan tata ruang pabrik yang tepat
 - b. Pengenalan MSDS bahan-bahan kimia yang ada pada pabrik 5-HMF
 - c. Penyediaan alarm bahaya atau kebakaran dan unit pemadam kebakaran
 - d. Pemberian symbol bahaya pada peralatan industri dan tempat penyimpanan bahan berbahaya
 - e. Penyediaan ventilasi udara yang baik dan jalan darurat untuk evakuasi

- f. Pengawasan alat dan proses produksi secara kontinyu
2. Pengendalian secara administrative (*administrative control*)
 - a. Pelatihan dan pemberian informasi tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja
 - b. Pemeliharaan kebersihan dan kerapian tempat kerja
 - c. Penyediaan alat pelindung diri yang memadai
 - d. Penyediaan sarana kesehatan bagi karyawan
 - e. Penggunaan petunjuk informasi tentang Kesehatan dan Kesehatan Kerja yang tertera pada seluruh area produksi dalam pabrik
 - f. Pemberian sanksi pada pekerja yang tidak melaksanakan Kesehatan dan Keselamatan Kerja
 3. Alat Pelindung Diri (APD) adalah alat yang digunakan sebagai pencegahan atau mengurangi kontak antara bahaya dengan tenaga kerja sesuai dengan standart kerja yang ditetapkan. Menurut UU No.1 Tahun 1970, penyediaan alat pelindung diri adalah menjadi kewajiban dan tanggung jawab bagi pengusaha atau pemimpin perusahaan. Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan di dalam pabrik 5-HMF antara lain:
 - a. Alat pelindung kaki berupa sepatu keselamatan
 - b. Alat pelindung pernafasan
 - c. Alat pelindung tangan berupa sarung tangan kulit, asbes, katun, karet, dan listrik
 - d. Alat pelindung mata
 - e. Pakaian pelindung berupa helm keselamatan dan jaket pelindung
- b. Faktor Bahaya
 1. Penyebab terjadinya kebakaran yaitu adanya nyala terbuka (*open flame*) yang datang dari unit utilitas, *workshop*, serta unit lainnya dan adanya percikan api akibat dari korsleting aliran listrik seperti stop kontak, saklar serta instrumen lainnya. Pencegahan kebakaran:

- a. Menempatkan unit utilitas dan unit pembangkitan cukup jauh dari lokasi proses yang dikerjakan.
 - b. Menempatkan bahan yang mudah terbakar pada tempat yang terisolasi dan tertutup.
 - c. Memasang kabel atau kawat listrik di tempat-tempat yang terlindung, jauh dari daerah yang panas yang memungkinkan terjadinya kebakaran.
 - d. Sistem alarm hendaknya ditempatkan pada lokasi dimana tenaga kerja dengan cepat dapat mengetahui apabila terjadi kebakaran
2. Bahaya mekanik meliputi potensi ancaman yang didapatkan dari alat pada saat proses produksi dan pembangunan pabrik. Faktor bahaya mekanik mencakup konstruksi bangunan, ketinggian area kerja, kebisingan, suhu proses produksi, gangguan listrik, dan lain sebagainya. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mengurangi bahaya ini adalah:
- a. Desain perancangan alat proses yang baik dan sesuai dengan aturan
 - b. Penggunaan *indicator control* pada alat proses yang berisiko menyebabkan bahaya mekanik
 - c. Pemberian instruksi pengoperasian alat dan deskripsi kerja sesuai SOP
3. Bahaya listrik meliputi seluruh potensi ancaman yang didapatkan dari peralatan yang menggunakan listrik serta sambungannya. Pencegahan potensi bahaya listrik dapat dilakukan sebagai berikut:
- a. Instalasi penyusunan listrik pabrik perlu dilakukan secara baik.
 - b. Memberi peringatan berupa simbol bahaya pada area dengan tegangan listrik tinggi
 - c. Melengkapi alat maupun bangunan dengan ketinggian tertentu menggunakan penangkal petir.
4. Bahaya bahan kimia meliputi seluruh material yang memiliki sifat racun, mudah terbakar, mudah meledak, reaktif, radioaktif, iritan, dan korosif. Berikut hal yang dapat mengurangi bahaya ini adalah:

- a. Pelatihan terkait potensi bahaya yang ada pada bahan kimia pada proses produksi.
- b. Memberikan peringatan berupa simbol bahaya pada penyimpanan bahan kimia.
- c. Menyediakan alat pelindung diri (APD) untuk tenaga kerja pabrik.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab-bab diatas, maka dapat diambil kesimpulan dari analisa studi kelayakan pada Pra Rancangan Pabrik 5-Hydroxymethylfulfural dari Eceng Gondok. Studi kelayakan yang dimaksud meliputi kelayakan secara teknik ataupun ekonomis. Pabrik 5-HMF ini akan beroperasi dengan 1 batch = 48 jam, 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 2000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi yaitu Eceng gondok, Asam Sulfat (H_2SO_4), Natrium Klorida (NaCl), dan *zeolite*. Pabrik ini akan didirikan pada tahun 2030 di Provinsi Kalimantan Timur dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 273 karyawan. Produk yang dihasilkan pabrik ini adalah 5-HMF dengan kemurnian sebesar 98%. Ditinjau dari aspek ekonomis, kelayakan pabrik dapat disajikan sebagai berikut:

Tabel 5.1 Rangkuman Evaluasi Ekonomi

No	Jenis Analisis	Keterangan	Parameter Keberhasilan
1	<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	39,95%	ACF > bunga bank yang ditetapkan
2	<i>Pay Out Time</i> (POT)	3,1 tahun	Kurang dari setengah umur pabrik (10 tahun)
3	<i>Rate of Return</i> (ROR)	30,95%	Diatas bunga bank
4	<i>Break Event Point</i> (BEP)	44,39%	BEP berada pada range 40-50%

5.2 Saran

Dalam pengerjaan perancangan pabrik terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Pada pemilihan alat yang dipakai dalam pabrik perlu diperhatikan kebutuhan alat tiap tahapan proses untuk tiap input maupun output untuk produk yang optimal dengan memperhatikan harga tiap alat. Pada pemilihan proses, pelarut maupun katalis yang digunakan harus diperhatikan dampaknya pada lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Putri ;. Zakiyah Addarajah ;. Didi Dwi Anggoro. 2013. “Hidrolisis Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipe*) Menjadi Katalis Arang Aktif Tersulfonasi.” 2(3):63–69.
- Ayuningtyas, I., 2021. Ketimpangan Akses Pendidikan di Kalimantan Timur. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 6(2).
- Chang, Hochan, Ishan Bajaj, Ali Hussain Motagamwala, Arun Somasundaram, George W. Huber, Christos T. Maravelias, and James A. Dumesic. 2021. “Sustainable Production of 5-Hydroxymethyl Furfural from Glucose for Process Integration with High Fructose Corn Syrup Infrastructure.” *Green Chemistry* 23(9):3277–88.
- Fachri, B, B. A., 2015. Catalytic inulin conversions to biobased chemicals. *Thesis*, pp. 1-155.
- Fadli, Ihwan, and Budianto Lanya. 2015. “Pengujian Mesin Pencacah Hijauan Pakan (*Chopper*) Tipe Vertikal Wonosari I Test Performance of Forage *Chopper* Vertikal Wonosari Type I.” 4(1):35–40.
- Indonesia, M. P. U. d. P. R. R., 2017. *Pola Pengolahan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Mahakam*, s.l.: Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Irawati. 2019. “Kualitas Fisik Dan Nutrisi Silase Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Dengan Lama Fementasi Yang Berbeda.” 4(1): 88–100.
- Kayati, Fitri Nur, Siti Syamsiah, Wahyudi Budi Sediawan, and Sutijan Sutijan. 2016. “Studi Kinetika Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Proses Fermentasi Padat Menggunakan Jamur *Aspergillus Niger*.” *Reaktor* 16(1):1–8.
- Kläusli, Thomas. 2014. “AVA Biochem: Commercialising Renewable Platform Chemical 5-HMF.” *Green Processing and Synthesis* 3(3):235–236.

- Kougioumtzis, M. A., A. Marianou, K. Atsonios, C. Michailof, N. Nikolopoulos, N. Koukouzas, K. Triantafyllidis, A. Lappas, and E. Kakaras. 2018. "Production of 5-HMF from Cellulosic Biomass: Experimental Results and Integrated Process Simulation." *Waste and Biomass Valorization* 9(12):2433–45.
- Krishan, S. et al., 2020. Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass (water hyacinth): a biofuel alternative. In: *Bioreactors*. s.l.:Elsevier Inc., pp. 123-143.
- Menegazzo, F., Ghedini, E. & Signoretto, M., 2018. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Production from Real Biomasses. *Molecules*, Volume 23, pp. 1-18.
- Merry, N. M. M., 2019. Water hyacinth: Potential and threat. *Material today: proceeding*, Volume 19, pp. 1408-1412.
- Mitan, N. M. M., 2019. Water hyacinth: Potential and threat. *Material today: Proceedings*, Volume 19, pp. 1408-1412.
- Munkar, Galih, Syafrudin, and Winardi Dwi Nugraha. 2017. "Pengaruh C/N ratio Pada Proses Produksi Biogas dari Daun Eceng Gondok dengan Metode Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)." *Jurnal teknik lingkungan* 1-8.
- Penston, C. P. 1956. "Manufacture of 5-Hydroxymethylfurfural 2-Furfural." 427
- Perez, G. P. & Dumont, M.-J., 2020. Production of HMF in high yield using a low cost and recyclable carbonaceous catalyst. *Chemical Engineering Journal*, Volume 382, pp. 1-9.
- Rahmat, H. K. et al., 2021. Implementasi Kepemimpin Strategis Guna Menghadapi Ancaman Bencana Banjir dan Tsunami di Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Manajemen Bencana (JMB)*, 7(1), pp. 1-18.
- Sari, Ni Ketut. 2000. *Desain Pabrik Kimia*.
- Souzanchi, S. et al., 2021. 5-HMF production from industrial grade sugar syrups derived from corn and wood using niobium phosphate catalyst in a biphasic

continuous-flow tubular reactor. *Catalyst today*, pp. 1-7.

T., F. & Suharto, R. B., 2018. Studi Tentang Ketenagakerjaan di Provinsi Kalimantan Timur. 3(4).

Thomas, Catherine, Johannes Konnerth, Wilfried Sailer-Kronlachner, Pia Solt, Thomas Rosenau, and Hendrikus W. G. van Herwijnen. 2020. "Current Situation of the Challenging Scale-Up Development of Hydroxymethylfurfural Production." *ChemSusChem* 13(14):3544–64.

Tumilaar, T. V., Maramis, M. T. & Siwu, H. F., 2022. Pengaruh Jumlah Penduduk, Pendidikan, dan Upah Minimum Terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka di Kabupaten/Kota Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 22(5).

Utami, S. P. & Amin, N. A. S., 2017. Pembuatan 5-Hidroksimetilfulfural dari Glukosa Melalui Proses Hot Compressed Water dengan Variasi Waktu dan Suhu. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2), pp. 54-61.

LAMPIRAN:

<https://drive.google.com/drive/folders/1gfgjStQrrpyAV-AAIk4sM6u4VilqW4Dc?usp=sharing>