



**Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari  
Umbi Dahlia (*Dahlia sp.*) Dengan Kapasitas Produksi 3000  
ton/tahun**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelas Sarjana pada  
Program Studi S1 Teknik Kimia

**SKRIPSI**

Oleh :

**Habibatul Inayah Harti Arini**

**191910401045**

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**

**JEMBER**

## PERSEMBAHAN

Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*” ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda saya Hartono, Ibunda saya Endang Kusrini, serta seluruh kerabat atas kasih sayang, dukungan, bimbingan, dan doanya dengan tulus;
2. Bapak dan Ibu Dosen Prodi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater tercinta Fakultas Teknik, Universitas Jember;
4. Diri saya sendiri dan teman 1 tim atas kerja keras dan segala usaha dalam menyelesaikan Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*”.

**MOTTO**

“ Habis Gelap Tebitlah Terang”

- R.A Kartini -



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Habibatul Inayah Harti Arini

NIM : 191910401045

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institut 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2023

Yang menyatakan,



Habibatul Inayah Harti Arini

191910401045

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Prarancangan Pabrik 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) dengan Kapasitas Produksi 3000 Ton/Tahun* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 17 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Pembimbing**

**Tanda Tangan**

1. Pembimbing Utama

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

NIP : 197409011999031002

(.....)

2. Pembimbing Anggota

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

NIP : 760017101

(.....)

**Penguji**

1. Penguji Utama

Nama : Ir. Meta Fitri Rizkiana S.T., M.Sc.

NIP : 760017111

(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Bkti Palupi S.T., M.Eng.

NIP : 198905272022032008

(.....)

**Daftar Isi**

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel .....	vii
ABSTRAK .....	viii
RINGKASAN .....	ix
PRAKATA.....	x
<b>BAB 1 PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>1</b>
1.1    Pendahuluan .....	1
1.2    Pemilihan Kapasitas dan Proses .....	2
1.3    Uraian Proses.....	3
1.4    Spesifikasi Bahan .....	5
1.5    Pemilihan Lokasi Pabrik dan Tata Letak .....	7
<b>BAB 2 NERACA MASSA DAN ENERGI.....</b>	<b>10</b>
2.1    Neraca Massa .....	10
2.2    Neraca Energi .....	11
<b>BAB 3 SPESIFIKASI ALAT DAN UTILITAS .....</b>	<b>13</b>
3.1    Spesifikasi peralatan proses.....	13
3.2    Utilitas .....	14
<b>BAB 4 MANAJEMEN PABRIK, EVALUASI, DAN FAKTOR KESELAMATAN.....</b>	<b>18</b>
4.1    Manajemen Pabrik.....	18
4.2    Evaluasi Ekonomi.....	20
4.3    Keselamatan .....	21
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>23</b>
5.1    Kesimpulan.....	23
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>24</b>

**Daftar Gambar**

Gambar 1. 1 Impor 5-HMF tahun 2006-2010..... 2  
Gambar 1. 2 Mekanisme reaksi konversi inulin menjadi 5-HMF..... 4  
Gambar 1. 3 Proses Flow Diagram 5-HMF ..... 5  
Gambar 1. 4 Lokasi Pendirian Pabrik ..... 8  
Gambar 1. 5 Tata Letak Pabrik ..... 9



## Daftar Tabel

Tabel 1. 1 Data Impor 5-HMF Tahun 2006-2010.....	2
Tabel 1. 2 Perbandingan Teknologi Produksi HMF .....	3
Tabel 2. 1 Aliran Masuk Neraca Massa .....	10
Tabel 2. 2 Aliran Masuk Neraca Massa .....	10
Tabel 2. 3 Aliran Masuk Neraca Massa .....	10
Tabel 2. 4 Aliran Keluar Neraca Massa .....	10
Tabel 2. 5 Neraca Energi.....	11
Tabel 3. 1 Kebutuhan Air Pabrik .....	15
Tabel 3. 2 Kondisi Boiler .....	15
Tabel 3. 3 Total Kebutuhan Listrik .....	16
Tabel 3. 4 Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan.....	16
Tabel 4. 1 Struktur Organisasi Pabrik Sorbitol .....	18
Tabel 4. 2 Jadwal Shift Karyawan .....	19
Tabel 4. 3 Pembagian Shift .....	19
Tabel 4. 4 Besaran Gaji Pegawai dan Jumlah Pegawai Pabrik HMF.....	19
Tabel 4. 5 Parameter kelayakan pendirian pabrik.....	20



## ABSTRAK

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) adalah bahan kimia yang dapat digunakan sebagai produk intermediet untuk banyak industri sebagai prekursor, resin, pelarut, bahan campuran polimer serta bahan bakar. HMF memiliki banyak keunggulan karena dapat dikonversi lebih lanjut menjadi berbagai bahan kimia bernilai tinggi. Data kebutuhan impor 5-HMF menunjukkan impor 5-HMF pada tahun 2006 adalah 920.616 kg dan tahun 2010 adalah 1.308.349 kg, diperkirakan kebutuhan 5-HMF pada tahun 2030 adalah sebesar 3000 ton/tahun. Umbi dahlia digunakan sebagai sumber inulin dalam perancangan pabrik HMF ini. Inulin hasil ekstraksi umbi dahlia mengandung 94% fruktosa dan 6% glukosa. Pabrik didirikan di Wilayah Industri Dumai dengan pertimbangan akses sumber bahan baku, air, listrik, dan kebutuhan pabrik lainnya mudah untuk didapatkan. Produksi 5-HMF melalui beberapa tahapan yaitu (1) Ekstraksi Inulin, (2) Proses hidrolisis dan dehidrasi, (3) Proses pemurnian. Ekstraksi Inulin dari umbi dahlia menggunakan pelarut etanol 70% menghasilkan rendemen 48,25% pada suhu 80°C, tekanan 1 atm. Proses hidrolisis dan dehidrasi dilakukan pada kondisi suhu 170°C, tekanan 1 atm dengan katalis asam sulfat 0,006 M menghasilkan HMF sebanyak 39%. Proses pemurnian menghasilkan HMF dengan kemurnian 98%. Pabrik ini akan beroperasi kontinyu 24 jam selama 300 hari/tahun dengan 160 Karyawan.

Kata Kunci : 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF), umbi dahlia, hidrolisis, *continuous flow stirred-tank reactor*

## RINGKASAN

Pabrik 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) dengan bahan baku berupa umbi dahlia dengan kapasitas 3000 ton/tahun dengan waktu operasi 300 hari/tahun. Bahan baku utama berupa umbi dahlia dibutuhkan sebanyak 16906,8 ton/tahun. Kapasitas produksinya adalah sebesar 10018,723 kg/hari. Proses produksi terbagi menjadi 3 tahap yaitu ekstraksi inulin, proses hidrolisis dan dehidrasi, dan proses pemurnian. Proses ekstraksi inulin menggunakan etanol 70% dengan perbandingan 1:3 pada suhu 80<sup>0</sup>C. Produk yang sudah berbentuk *slury* didinginkan ke suhu 30<sup>0</sup>C menggunakan *cooler* dan difilter menggunakan *centrifuge*. Proses hidrolisis dan dehidrasi inulin akan terhidrolisis menjadi fruktosa dalam suasana asam pada suhu 170<sup>0</sup>C. Fruktosa akan terkonversi menjadi 5-HMF melalui proses dehidrasi. Proses pemurnian untuk memisahkan 5-HMF dari sisa produk yang tidak diinginkan. Produk dari reaktor diturunkan suhunya menggunakan cooler dari 170<sup>0</sup>C menjadi 90<sup>0</sup>C dan dialirkan menuju mixer untuk memisahkan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menggunakan bantuan kalsium Hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub> dari tangki). Larutan HMF kemudian didinginkan lagi dari suhu 90 menjadi 30<sup>0</sup>C menggunakan cooler lalu dimasukkan ke dalam Centrifuge untuk memisahkan humin dari Larutan 5-HMF. Larutan yang telah dipisahkan dari humin dipanaskan menggunakan Heater 4 menjadi 90<sup>0</sup>C dan dialirkan menuju *flash drum 2* untuk memisahkan air yang masih terkandung dalam campuran. Setelah itu 5-HMF yang masih bercampur dengan glucose dialirkan menuju *flash drum 3*. Proses pemurnian diperlukan untuk mendapatkan 5-HMF pada kemurnian 98%. HMF murni kemudian disimpan di tangki F-247. Untuk dapat mendirikan pabrik ini, diperlukan total modal investasi sebesar Rp. 5,800,938,968,265 dan total biaya operasional sebesar Rp. 4.550,515,970,868. Hasil penjualan pertahun Rp. 9,900,006,704,304. Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 4 tahun, didapatkan :

- *Rate of Return (ROR)* sebesar 20,05%
- *Pay Out Time (POT)* sebesar 4 tahun
- *Break Even Point (BEP)* 42,47%

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan yang telah melimpahkan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena tidak lepas dari berbagai bantuan, bimbingan, dan doa dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis dengan setulus hati berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., IPM. Selaku Rektor Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM. Selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
4. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM.. dan Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Ssi. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*” yang telah meluangkan waktu dan memberikan kesabaran selama proses bimbingan.
5. Ir. Bakti Palupi, S.T., M. Eng. dan Ir. Meta Fitri Rizkiana S.T., M.Sc. Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir “*Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun*” yang telah menguji dengan sedemikian baik.
6. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
7. Ibu dan ayah tercinta yang telah banyak mendukung dan mendoakan demi keberhasilan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
8. Kakak dan Adik tercinta saya yang telah menjadi *support system* terbaik dengan limpahan semangat, doa, dan kasih sayangnya selama proses perjalanan saya dalam perkuliahan hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.

9. Rekan satu Tim, Farida Nur Nadia dan Muhammad Rizalluddin selaku teman seperjuangan yang selalu memberikan saran, ide, gagasan, dan kerja kerasnya satu sama lain dalam penyelesaian Tugas Akhir ini hingga mencapai hasil yang memuaskan.
10. Seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian *“Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun”*
11. Sahabat saya Nadia, Aisy, Pipit, dan Arka yang telah mendukung dan memberikan semangat kepada saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
12. Teman-teman Teknik Kimia 2019 yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian naskah Tugas Akhir ini.
13. Serta semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penyusunan *“Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidriksimetilfurfural (5-HMF) Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.) Dengan Kapasitas Produksi 3000 ton/tahun”* ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga segala dukungan, bimbingan dan doa yang diberikan oleh semua pihak dalam pengerjaan Tugas Akhir ini kepada penulis akan menjadi berkah dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Pembuatan Tugas Akhir ini, tentunya masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan adanya kritik dan saran yang membangun maka diharapkan dapat menjadi masukan untuk penyempurnaan di masa depan. Penulis berharap bahwa Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 17 Juli 2023

Penulis

## BAB 1 PERANCANGAN PABRIK

### 1.1 Pendahuluan

#### 1.2.1 Latar Belakang

Dahlia merupakan tanaman hias yang menghasilkan umbi yang mengandung inulin. Tanaman dahlia tumbuh secara liar di pinggir jalan ataupun ditanam di rumah-rumah penduduk serta ada yang dibudidayakan untuk bunga hias, tetapi umbi dari tanaman dahlia jarang dimanfaatkan kecuali sebagai bibit. Umbi dahlia yang tidak dimanfaatkan biasanya akan menjadi limbah, padahal umbi dahlia merupakan sumber inulin yang paling baik (Horiza et al., 2017; Murwindra et al., 2016). Selain mengandung inulin, umbi dahlia juga terdapat gula reduksi, selulosa, protein serta lemak. Karbohidrat berupa serat pangan yang terkandung pada umbi dahlia sebesar 72,6-82,80% (bk), lemak sebesar 0,50-1,00% (bk), protein sebesar 3,90-5,70% (bk), dan gula reduksi sebesar 4,40-6,60%. (Yuliana et al., 2014). Kandungan inulin yang terdapat dalam umbi dahlia memiliki potensi besar untuk diolah menjadi 5-HMF. 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) adalah bahan kimia turunan biomassa, yang dapat diproduksi dari fruktosa dalam inulin. 5-HMF digunakan sebagai bahan baku dalam proses produksi senyawa lain, yaitu asam 2,5 furandikarbosilat dan 2,5di(hidroksimetil)tetrahydrofuran yang dapat digunakan sebagai solvent polimer dan bahan untuk pembuatan polimer, asam levulinat yang dapat digunakan sebagai prekursor bahan-bahan farmasi, plastic dan bahan bakar (Thoma et al., 2020).

#### 1.2.2 Sejarah dan Perkembangan

HMF pertama kali disintesis oleh Dell dan Lintner pada tahun 1895. Dell dan Litner mensintesis HMF dari inulin menggunakan katalis asam oksalat 0,5%. Pada tahun yang sama, Kiermayer melakukan dehidrasi fruktosa menggunakan larutan asam oksalat 0,3% pada kondisi bertekanan. Sejak tahun 2006, jumlah publikasi dan hak paten atas metode produksi HMF terus meningkat. Beberapa perusahaan mengembangkan proses konversi karbohidrat menjadi HMF, dan banyak dari mereka mematenkan beberapa metode proses dan juga meningkatkan

konsep prosesnya. Detail tentang aspek operasional, pemilihan pelarut, sistem katalitik, dan pemilihan bahan baku dibahas dalam bagian ini sejauh tersedia dalam literatur dan secara terpisah untuk setiap proses (Thoma et al., 2020).

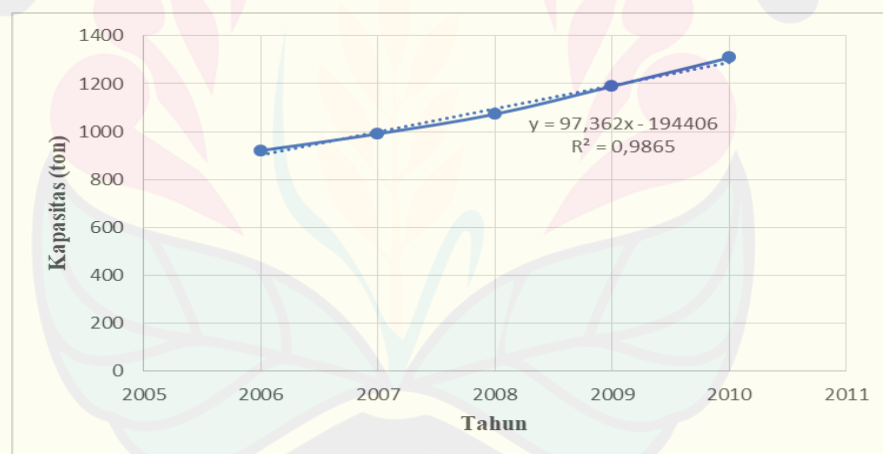
## 1.2 Pemilihan Kapasitas dan Proses

### 1.2.1 Pemilihan Kapasitas

Penentuan kapasitas pabrik 5-HMF didasarkan pada penentuan kebutuhan 5-HMF pada tahun 2030. Pada tahun tersebut diperkirakan akan mulai marak penggunaan bahan biomassa sebagai bahan pembantu dalam penggunaan energi tak terbarukan. Data impor 5-HMF dapat dilihat pada tabel 1.1 dan gambar 1.1.

Tabel 1. 1 Data Impor 5-HMF Tahun 2006-2010

Tahun	Impor 5-HMF (kg)
2006	920.616
2007	990.892
2008	1.072.929
2009	1.189.044
2010	1.308.349



Gambar 1. 1 Impor 5-HMF tahun 2006-2010

Persamaan regresi diperoleh dengan R-Square 0,9865 dimana R-Square yang mendekati 1 menunjukkan model yang sesuai. Persamaan regresi linier yang diperoleh adalah sebagai berikut

$$y = 97,362x - 194406 \quad (1.1)$$

Dimana: y: jumlah impor 5-HMF  
x: tahun yang diprediksi

Jumlah kebutuhan HMF di Indonesia dapat dilihat dari jumlah impor HMF yang dilakukan di Indonesia. Nilai impor HMF mengalami kenaikan sejak tahun 2006 hingga tahun 2010 yaitu 920.616 kg hingga 1.308.349 kg. Nilai konsumsi HMF dapat diasumsikan tidak lebih dari nilai impor sehingga dapat diprediksi kebutuhan HMF tertinggi hingga tahun 2030 adalah 3000 ton/tahun (Larasati, 2019).

### 1.2.2 Pemilihan Proses

Tabel 1. 2 Perbandingan Teknologi Produksi HMF

Tipe Proses	Katalis	Jenis Pelarut	T (°C)	Waktu (Menit)	Yield (%)	Ref.
Batch	Amberlyst-15	Aseton/Air	120	90	79	(Chang et al., 2021)
Batch	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Butanol/Air	150	20	68,6	(Penston, 1956)
Batch	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Air	170	20	39,5	(Fachri et al., 2016)
Batch	AlCl <sub>3</sub>	Dioxane (Berbahaya)	210	3	41,6	(Thoma et al., 2020)
Batch	AlCl <sub>3</sub> + HCl	Dioxane (Berbahaya)	150	23	40,2	(Thoma et al., 2020)
Batch	Metal chloride, CrCl <sub>3</sub>	Ionic liquid, EMIM CH <sub>3</sub> -O-SO <sub>3</sub>	100 - 160	2,5	63	(Thoma et al., 2020)

Tabel 1.2 memberikan pertimbangan untuk pemilihan proses dalam produksi HMF. Berdasarkan tabel diatas, metode produksi yang cocok digunakan adalah metode pada jurnal Fachri tahun 2016 dimana proses produksi menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan pelarut air dalam proses batch.

### 1.3 Uraian Proses

Proses pembuatan 5 *hydroxymethyl furfural* (5-HMF) dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

#### 1.3.1 Persiapan bahan baku

Bahan baku pembuatan 5-HMF terdiri dari umbi dahlia, air, etanol dan katalis asam sulfat. Umbi dahlia berusia 7 bulan dibawa menggunakan belt conveyor (J-111) menuju *bucket elevator* (J-112). *Bucket elevator* mengangkut umbi dahlia menuju mill (C-113) untuk digiling menjadi bubur umbi dahlia dengan perbandingan 1:2 dengan air. Penggilingan ini bertujuan untuk memaksimalkan *yield* inulin yang dihasilkan dari saat memasuki proses ekstraksi (Rahmi et al., 2020). Bubur yang keluar dialirkan menuju *rotary drum vacuum filter* (H-114) untuk memisahkan pati dari ampas umbi dahlia. Etanol 70% disimpan terlebih dahulu di tangki (F-115), begitu pula untuk katalis proses

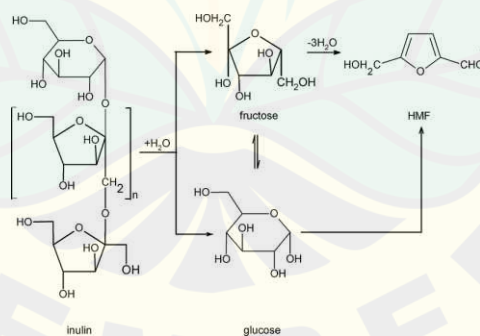
hidrolisis berupa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,006M disimpan di tangki (F-213) untuk menghindari penguapan bahan baku.

### 1.3.2 Ekstraksi Inulin

Pati umbi dahlia dari RDVF dibawa menuju ke dalam *Mixer* (M-110) untuk dilakukan ekstraksi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1:3 pada suhu  $80^\circ\text{C}$ . Produk dari kolom ekstraksi berupa *slurry* akan didinginkan terlebih dahulu ke suhu  $30^\circ\text{C}$  menggunakan cooler (E-116) dan difilter menggunakan *centrifuge* (H-117) untuk memisahkan inulin dari pelarutnya. Inulin yang masih mengandung sisa etanol dari *centrifuge* dilanjutkan menuju *Flash drum 1* (D-120) untuk menghilangkan kandungan etanol didalamnya. Inulin yang telah dihasilkan dialirkan menuju Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210).

### 1.3.3 Proses Hidrolisis dan Dehidrasi

Inulin dari *Flash* kolom (D-120) dipanaskan menggunakan heater 2 (E-211) dari suhu  $77,2$  hingga  $170^\circ\text{C}$  untuk diteruskan menuju Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210). Pada tahapan ini, inulin akan terhidrolisis menjadi fruktosa dalam suasana asam pada suhu  $170^\circ\text{C}$ . Fruktosa akan terkonversi menjadi 5-HMF melalui proses dehidrasi. Mekanisme reaksi konversi inulin menjadi 5-HMF dapat dilihat pada Gambar 1.2. Proses hidrolisis dan dehidrasi terjadi dalam 1 alat Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210) karena fruktosa dapat dengan cepat terkonversi sehingga tidak diperlukan pemisahan alat.



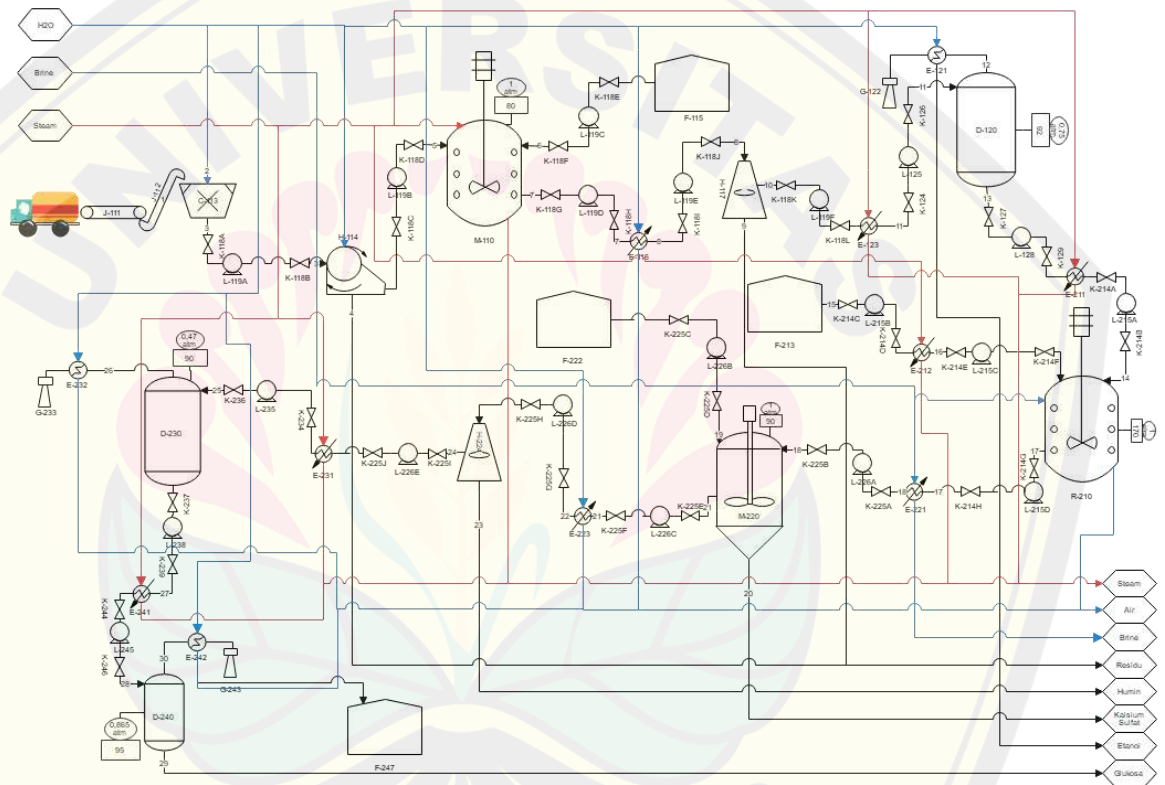
Gambar 1. 2 Mekanisme reaksi konversi inulin menjadi 5-HMF

### 1.3.4 Proses Pemurnian

Aliran yang dihasilkan dari Reaktor (R-210) membutuhkan pemurnian untuk memisahkan 5-HMF dari sisa produk yang tidak diinginkan. Produk dari reaktor diturunkan suhunya menggunakan cooler (E-221) dari  $170$  menjadi  $90^\circ\text{C}$  dan dialirkan menuju mixer (M-220) untuk untuk memisahkan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$



menggunakan bantuan kalsium Hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dari tangki (F-222). Larutan HMF kemudian didinginkan lagi dari suhu 90 menjadi  $30^\circ\text{C}$  menggunakan cooler (E-223) lalu dimasukkan ke dalam Centrifuge (H-224) untuk memisahkan humin dari Larutan 5-HMF. Larutan yang telah dipisahkan dari humin dipanaskan menggunakan Heater 4 (E-231) menjadi  $90^\circ\text{C}$  dan dialirkan menuju *flash drum* 2 (D-230) untuk memisahkan air yang masih terkandung dalam campuran. Setelah itu 5-HMF yang masih bercampur dengan glucose dialirkan menuju *flash drum* 3 (D-240). Proses pemurnian diperlukan untuk mendapatkan 5-HMF pada kemurnian 98%. HMF murni kemudian disimpan di tangki F-247.



Gambar 1. 3 Proses Flow Diagram 5-HMF

## 1.4 Spesifikasi Bahan

### 1.4.1 Bahan Baku

#### 1. Umbi Dahlia

- Divisi = *Spermatophyta*
- Sub Divisi = *Angiospermae*
- Kelas = *Dicotyledonae*

- Keluarga = *Compositae*
- Genus = *Dahlia*
- Spesies = *Dahlia sp*

#### 1.4.2 Bahan Pendukung

##### 1. Air ([www.labchem.com](http://www.labchem.com))

- Kenampakkan = Cair tidak berwarna
- Bentuk = Cair
- Rumus Kimia =  $H_2O$
- Berat Molekul = 18,02 g/mol
- Titik Lebur =  $0^{\circ}C$
- Titik Didih =  $100^{\circ}C$
- Viskositas = 0,952 mPa.s

##### 2. Etanol 70% ([www.labchem.com](http://www.labchem.com))

- Kenampakkan = Cair tidak berwarna
- Bentuk = Cair
- Rumus Kimia =  $C_2H_5OH$
- Berat Molekul = 46,07 g/mol
- Titik Lebur =  $25^{\circ}C$
- Titik Didih =  $78^{\circ}C$
- Viskositas = 1,22 mPa.s

##### 3. Asam Sulfat 98% ([www.labchem.com](http://www.labchem.com))

- Kenampakkan = Cair tidak berwarna
- Bentuk = Cair
- Rumus Kimia =  $H_2SO_4$
- Berat Molekul = 98,08 g/mol
- Titik Lebur =  $10,31^{\circ}C$
- Titik Didih =  $290^{\circ}C$
- Viskositas = 21 mPa.s dalam air pada  $25^{\circ}C$

##### 4. Kalsium Hidroksida

- Bentuk = Padatan
- Rumus Kimia =  $Ca(OH)_2$
- Berat Molekul = 74,09 g/mol

- Titik Lebur = 580°C
  - Titik Didih = 2850°C
- (www.labchem.com)

#### 1.4.3 Produk Utama

##### 5-Hidroksimetilfurfural

- Bentuk = Cair
  - Rumus Kimia =  $C_6H_6O_3$
  - Berat Molekul = 126,11 g/mol
  - Titik Lebur = 34°C
  - Titik Didih = 116°C
- (www.labchem.com)

#### 1.4.4 Produk Samping

##### 1. Kalsium Sulfat

- Warna = Putih
  - Bentuk = Padat
  - Rumus Kimia =  $CaSO_4$
  - Berat Molekul = 136,14 g/mol
  - Titik Lebur = 1,460°C
- ([www.labchem.com](http://www.labchem.com))

##### 2. Glukosa

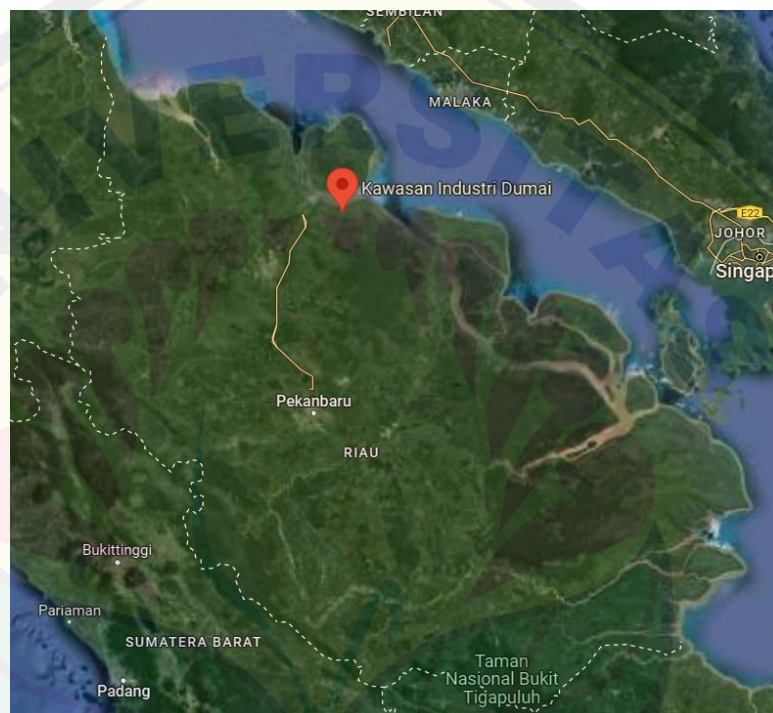
- Bentuk = Cair
  - Rumus Kimia =  $C_6H_{12}O_6$
  - Berat Molekul = 180,156 g/mol
  - Titik Lebur = 146°C
- (www.labchem.com)

### 1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik dan Tata Letak

#### 1.5.1 Pemilihan Lokasi Pabrik

Keberhasilan suatu industri menyangkut segala faktor produksi dan distribusi produk. Faktor tersebut dipengaruhi kuat oleh lokasi geografis dari pabrik. Pabrik *5-Hidroksimetilfurfural* akan didirikan di Riau, Sumatera. Provinsi Riau cukup strategis karena langsung berhadapan dengan kawasan pertumbuhan ekonomi yaitu IMS-GT (Indonesia, Malaysia, Singapura Growth Triangle).

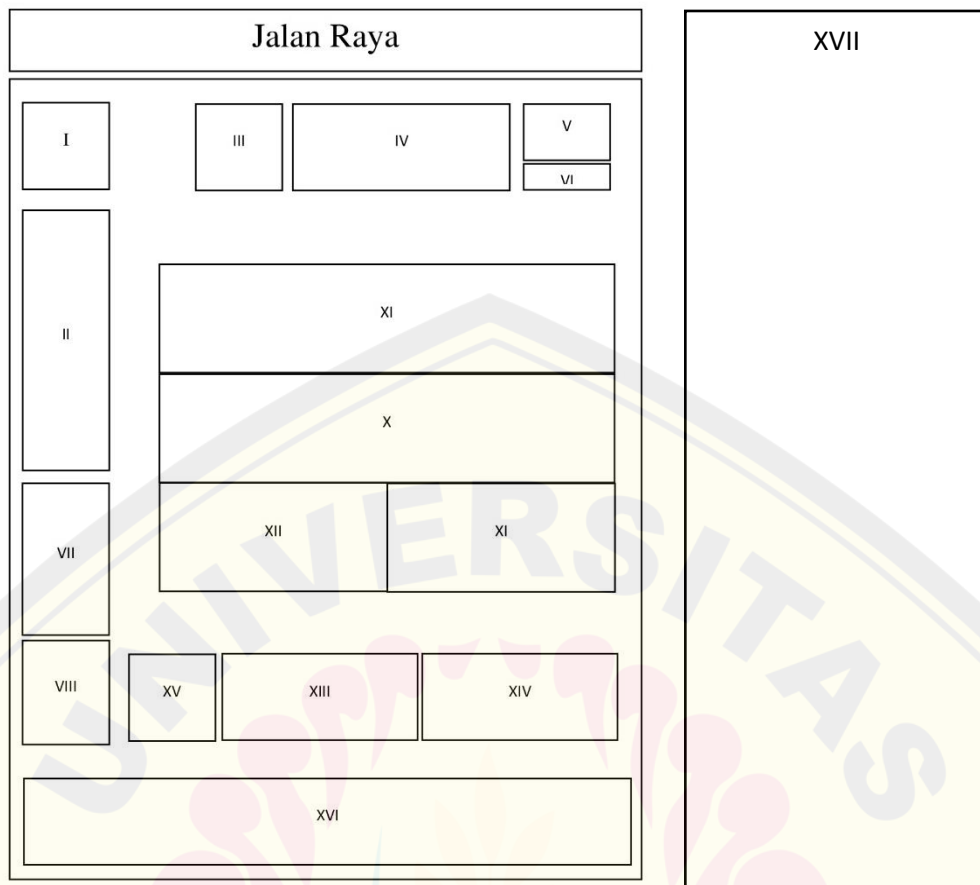
Kawasan Strategis Nasional adalah wilayah yang penataan ruangnya diprioritaskan karena mempunyai pengaruh sangat penting secara nasional terhadap kedaulatan Negara, pertahanan, dan keamanan Negara ekonomi, sosial, budaya dan lingkungan, termasuk wilayah yang ditetapkan sebagai warisan dunia. Salah satu Kawasan Strategis Nasional yang berada di Provinsi Riau berada di Kota Dumai. Kota Dumai dapat dipilih menjadi lokasi pembangunan pabrik karena kawasan industri di kota ini merupakan kawasan industri dengan kemajuan yang sangat pesat sehingga mempermudah proses distribusi bahan baku dan produk.



Sumber : Google Maps

Gambar 1. 4 Lokasi Pendirian Pabrik

1.5.2 Tata Lokasi Pabrik



Gambar 1. 5 Tata Letak Pabrik

## BAB 2 NERACA MASSA DAN ENERGI

### 2.1 Neraca Massa

Neraca massa pabrik 5-HMF dari umbi dahlia ditunjukkan pada Tabel 2.1

#### 2.1.1 Aliran Masuk

Tabel 2. 1 Aliran Masuk Neraca Massa

Komponen	1	2	3	5	6	7	8
umbi dahlia	1930		1930				
pati umbi dahlia				1351		699.143	699.143
ekstraksi inulin						651.858	651.858
Etanol					2955.313	2955.313	2955.313
Air		3860	3860	3860	1097.69	4957.688	4957.688

Tabel 2. 2 Aliran Masuk Neraca Massa

Komponen	10	11	13	15	14	16	17
Inullin	651,858	651,858	651,858		651,858		
Etanol	59.106	59.106					44.996
asam sulfat				1.25		1.25	
Air	99.154	99.154	49.49	3833.206	49.49	3833.206	4004.075
HMF							409.097
Humin							76.425

Tabel 2. 3 Aliran Masuk Neraca Massa

	18	19	21	22	24	25	27	30
Glukosa	44.996		44.996	44.996	44.996	44.996	44.996	
asam sulfat	1.25							
Air	4004.075	4004.075	4004.075	4004.075	4004.075	4004.075	8.349	8.349
HMF	409.097	409.097	409.097	409.097	409.097	409.097	409.097	409.097
Humin	76.425	76.425	76.425					
kalsium hidroksida	0.945							

#### 2.1.2 Aliran Keluar

Tabel 2. 4 Aliran Keluar Neraca Massa

Komponen	4	9	12	20	23	26	31
Umbi Dahlia	579						
Pati Umbi Dahlia							
Dahlia		699.143		0.459			
Etanol		2896.206	59.106				
Air		4858.534	57.528			3987.863	8.349
HMF							409.098
Humin					76.425		
Kalsium Sulfat				1.736			
	579	8453.883	116.634	2.195	76.425	3987.863	417.447

## 2.2 Neraca Energi

Neraca energi pabrik 5-HMF dari Umbi dahlia ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Neraca Energi

No	Kode Alat	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
1	M-110	Q1	89401	Q3	1582591
		Q2	58967		
		Qs in	2064881	Qs out	630658.4095
		<b>Total</b>	2213249.34	<b>Total</b>	2213249
2	E-116	Q1	1632052	Q2	148368.35
		Qw in	361694	Qw out	1845377.533
		<b>Total</b>	1993746	<b>Total</b>	1993746
3	H-117	Q1	143871.90	Q2	136885.97
				Q3	6985.93
		<b>Total</b>	143871.90	<b>Total</b>	143871.90
4	E-123	Q1	6985.93	Q2	93611.52
		Qs in	124717	Qs out	38091.1252
		<b>Total</b>	131702.64	<b>Total</b>	131702.64
5	D-120	Q1	90708.89	Q2	23567.43
				Q3	70044.09
		<b>Total</b>	90708.89	<b>Total</b>	93611.52
6	E-121	Q1	23567.43	Q2	1758.76
		Qw in	4257.47	Qw out	26066.13401
		<b>Total</b>	27824.90	<b>Total</b>	27824.90
7	E-211	Q1	70044.09	Q2	151587.95
		Qs in	117400	Qs out	35856.58434
		<b>Total</b>	187444.53	<b>Total</b>	187444.53
8	E-212	Q1	80161.25	Q2	2324676.2
		Qs in	3231476	Qs out	986961.3151
		<b>Total</b>	3311637	<b>Total</b>	3311637.47
9	R-210	Q1	151587.95	Q3	2521786.48
		Q2	2324676	Qw out	12253482.2
		Qr	9897322		
		Qw in	2401683		
		<b>Total</b>	14775269	<b>Total</b>	14775269
10	E-221	Q1	2521786.48	Q2	1130456.01
		Qw in	151164.51	Qw out	1542494.982
		<b>Total</b>	2672950.99	<b>Total</b>	2672950.99
11	M-220	Q1	1130456.01	Q3	202.89
		Q2	5.70	Q4	1130340.06
		$\Delta Hr$	376.40	Q Lepas	295.17

		<b>Total</b>	1130838.11	<b>Total</b>	1130838.11
12	E-223	Q1	1130340.06	Q2	86949.24
		Qw in	254358.96	Qw out	1297749.779
		<b>Total</b>	1384699.01	<b>Total</b>	1384699.01
13	H-224	Q1	86949.24	Q2	483.95
				Q3	86465.29
		<b>Total</b>	86949.24	<b>Total</b>	86949.24
14	E-231	Q1	86465.29	Q2	1124048.73
		Qs in	1493831	Qs out	456247.6809
		<b>Total</b>	1580296.41	<b>Total</b>	1580296.41
15	D-230	Q1	1124048.73	Q2	1086158.36
				Q3	37890.38
		<b>Total</b>	1124048.73	<b>Total</b>	1124048.73
16	E-232	Q1	1086158.36	Q2	83550.64
		Qw in	195728.20	Qw out	1198335.913
		<b>Total</b>	1281886.56	<b>Total</b>	1281886.56
17	E-241	Q1	37890.38	Q2	43719.67
		Qs in	8392.55	Qs out	2563.263211
		<b>Total</b>	46282.93	<b>Total</b>	46282.93
18	D-240	Q1	43719.67	Q2	4340.76
				Q3	39379.01
		<b>Total</b>	43719.67	<b>Total</b>	43719.67
19	E-242	Q1	39379.01	Q2	2625.27
		Qw in	7175.03	Qw out	43928.77084
		<b>Total</b>	46554.04	<b>Total</b>	46554.04



## BAB 3 SPESIFIKASI ALAT DAN UTILITAS

### 3.1 Spesifikasi peralatan proses

#### 3.1.1 Tangki penyimpanan etanol

<b>Kode Alat</b>	<b>F-222</b>		
Fungsi	Menampung Etanol Untuk Proses Ekstraksi		
Tipe	Bejana ( silinder tegak dengan alas datar tutup conical head)		
Bahan Konstruksi	Carbon sttel SA 283 M Grade C (API 60)		
Kapasitas	887,953 m <sup>3</sup>		
Jumlah	1 unit		
Ts - Tebal Silinder	course 1	=	0,196850394 in
	course 2	=	0,196850394 in
Hs – Tinggi Silinder	141,7322835 in		
Tta – Tinggi tutup atas	4,921259843 in		
Tebal tutup atas	0,296299079 in		
Tebal tutup bawah	0,31496063 in		

#### 3.1.2 Reaktor hidrolisis dan dehidrasi

<b>Kode Alat</b>	<b>: R-210</b>		
Fungsi	: Menghidrolisis inulin menjadi fruktosa dan glukosa dan menghidrasi menjadi HMF		
Tipe	: <i>Continous Stirred Tank</i> dengan penutup elipsoidal dan alas lurus		
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel, SA – 285 C (ASME)</i>		
Jumlah	: 1 buah		
Temperatur	: 170 <sup>0</sup> C		
Tekanan	: 1 atm		
Dimensi	: Diameter dalam (ID) = 187,002 in		
	: Diameter luar (OD) = 187,252 in		
	: Tebal silinder (ts) = 46,7504 in		
	: Tinggi <i>head</i> (th) = 46,7504 in		
	: Tinggi silinder (H) = 342,837 in		
	: Tinggi silinder (H) = 342,837 in		
Pengaduk	: Jenis = <i>6 disk mounted flat blade turbine</i>		
	: Kecepatan putaran = 100 rpm		
	: <i>Power</i> = 6,098711669 hp/jam		
Baffle	: Jumlah = 4 baffle vertical		
	: Lebar = 18,7002 in		
Coil	: ID = 4,026 in		
	: OD = 4,75621 in		
	: Tinggi coil dari dasar = 28,0503 in		
	: Jarak antar coil = 8,18133 in		
Tekanan	: 1 atm		

## 3.1.3 Heater

<b>Kode Alat</b>	: <b>E-212</b>
Fungsi	: Memanaskan Asam sulfat menuju Reaktor dari suhu 30 <sup>0</sup> C ke 170 C
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah
Ukuran Annulus	: $Flow\ area = 3,14\ in^2$ OD = 1,14 in ID = 0,53 in
Dimensi Pipa	: ID = 3,068 in OD = 3,5 in $Flow\ area = 7,38\ in^2$ Jumlah <i>hairpin</i> = 3 buah <i>Schedule</i> = 40 Panjang total = 864 in
Dirt Factor (Rd)	: 0,003

## 3.1.4 Pompa

<b>Kode Alat</b>	: <b>L-119 A</b>
Fungsi	: Untuk memompa umbi dahlia dari miling menuju RDVF
Tipe	: Centrifugal pump, single Stage
Bahan Konstruksi	: Commercial Steel pipe
Pipa	
Kapasitas	: 5790 kg/jam
Efisiensi	: 85%
Jumlah	: 1 buah
Dimensi Pipa	: NPS = 2,5 in Sch = 40 tw = 0,203 in ID = 2,469 in OD = 2,875 in A = 4,7837 in
<i>Power</i>	: 0,7 Hp
NPSHa	: 524,37 in
NPSHr	: 160,5872 in

## 3.2 Utilitas

## 3.2.1 Unit Pengolahan dan Pengadaan Air

Unit pengolahan dan pengadaan air di suatu pabrik harus menyediakan air yang siap untuk dipakai. Air yang digunakan direncanakan berasal dari air sungai di dekat pabrik yaitu sungai dumai. Kebutuhan air yang harus disediakan oleh

pabrik ditunjukkan pada tabel 3.1. Menurut (Hanum et al., 2002) tahapan pengolahan air adalah screening, sedimentasi, koagulasi dan Flokulasi, sand Filter, demineralisasi serta deaerasi.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Air Pabrik

No.	Jenis Alat dan Kebutuhan	Laju Alir (kg/jam)
1	Air Proses	10114
2	Air Umpan Boiler	2773
3	Air Pendingin	44162,605
4	Air Sanitasi/Air Bersih	2880
Total Kebutuhan Air		59930

### 3.2.2 Unit Pengadaan Steam

Unit pengadaan steam memiliki peran dalam menghasilkan steam yang dibutuhkan dalam proses produksi. *Steam* dihasilkan dari boiler. Suhu *steam* yang dihasilkan dari boiler yaitu 200°C pada tekanan 15,5 bar. Data kondisi boiler dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kondisi Boiler

Parameter	Keterangan
Suhu proses paling tinggi	170 °C
Suhu <i>steam</i> operasi	200 °C
Tekanan <i>steam</i> operasi	15.549 bar
Entalpi <i>steam</i> ( $H_g$ pada kondisi operasi)	2790.9 Kj/Kg
Entalpi <i>liquid</i> ( $H_f$ pada kondisi operasi)	852.4 Kj/Kg
Suhu BFW	30 °C
Densitas	0.833 kg/l
<i>S. gravity</i> (sg)	1.4 g/cm <sup>3</sup>
Massa <i>steam</i> yang dihasilkan ( $M_s$ )	2773 kg/jam
Efisiensi boiler	80%
Jenis bahan bakar	Batu bara
Kapasitas panas bahan bakar ( $H_v$ )	8,825 kWh/kg

### 3.2.3 Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Unit pengadaan listrik bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik baik untuk proses produksi, penerangan, hingga kebutuhan setiap ruangan. Listrik digunakan di seluruh ruangan untuk berbagai keperluan. Kebutuhan listrik di pabrik 5-Hidroksimetil furfural ini disediakan oleh PLN dan generator sebagai

cadangan. Total kebutuhan listrik 5-Hidroksimetil furfural dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Total Kebutuhan Listrik

No.	Jenis Alat dan Kebutuhan	Laju Alir (kW/jam)
1	Listrik Alat Proses	197
2	Listrik Penerangan	166855
3	Listrik untuk Fasilitas lainnya	39.411
	Total Kebutuhan	167091.297
4	Faktor Keamanan 20%	33418.259
	Total Kebutuhan Listrik	200510

#### 3.2.4 Unit Bahan Bakar

Bahan bakar diperlukan untuk mendukung kinerja produksi pabrik. Bahan bakar yang diperlukan adalah *diesel fuel* dan *antrachite coal*. Spesifikasi bahan bakar yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan

Parameter	Batu bara	Diesel Fuel
Kap. panas ( $H_v$ )	8,825 kWh/kg	12,4997 kWh/kg
Densitas	0,833 kg/l	0,82 kg/l
<i>S. gravity</i> (sg)	1,4 g/cm <sup>3</sup>	0,88 g/cm <sup>3</sup>
Keperluan	Memanaskan boiler untuk unit pengadaan steam dan	Memutar genset diesel sebagai kebutuhan listrik sekunder
Massa yang dibutuhkan	211,526 kg/jam	32,49 kg/jam 39,62 L/jam

#### 3.2.5 Unit Pengolahan Limbah

Pengelolaan limbah diperlukan untuk menjaga lingkungan di sekitar pabrik tidak tercemar limbah pabrik. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah yang dihasilkan dari proses produksi 5-Hidroksimetil furfural dari umbi dahlia dapat dilihat pada tabel 6.14 dan tabel 6.15. Sebagian besar limbah yang dihasilkan dapat digunakan kembali sebagai produk samping.

1. Limbah ampas umbi dahlia dan pati sebagai bahan organik dapat diproses menjadi pupuk. Limbah yang dihasilkan akan ditampung terlebih dahulu. Limbah yang telah terkumpul akan dikirimkan ke pabrik pembuat pupuk organik.

2. Limbah kalsium sulfat dan glukosa dapat berperan sebagai produk samping sehingga bisa dijual kembali. Kalsium sulfat sering digunakan pada proses konstruksi pabrik sebagai bahan baku.
3. Limbah terakhir adalah etanol. Limbah etanol yang dihasilkan akan dikirimkan ke unit pengelola limbah

Tabel 3.6 Limbah padat umbi dahlia

Sumber	Jenis	Jumlah (kg/jam)
Rotary Drum Vakum Filter (H-114)	Ampas umbi dahlia	579
Tangki pemisahan Asam Sulfat (M-220)	Kalsium sulfat	1,735571308
Sentrifus 2 (H-224)	Humin	76,42467241

Tabel 3.7 Limbah cair umbi dahlia

Sumber	Jenis	Jumlah (kg/jam)
Sentrifus 1 (H-117)	Pati umbi dahlia	699,143
Sentrifus 1 (H-117)	Etanol 96 %	2896,206
Flash drum 1 (D-120)		59,106
Total Limbah Etanol		2955,313
Tangki pemisahan Asam Sulfat (M-220)	Glukosa	44,996

## BAB 4 MANAJEMEN PABRIK, EVALUASI, DAN FAKTOR KESELAMATAN

### 4.1 Manajemen Pabrik

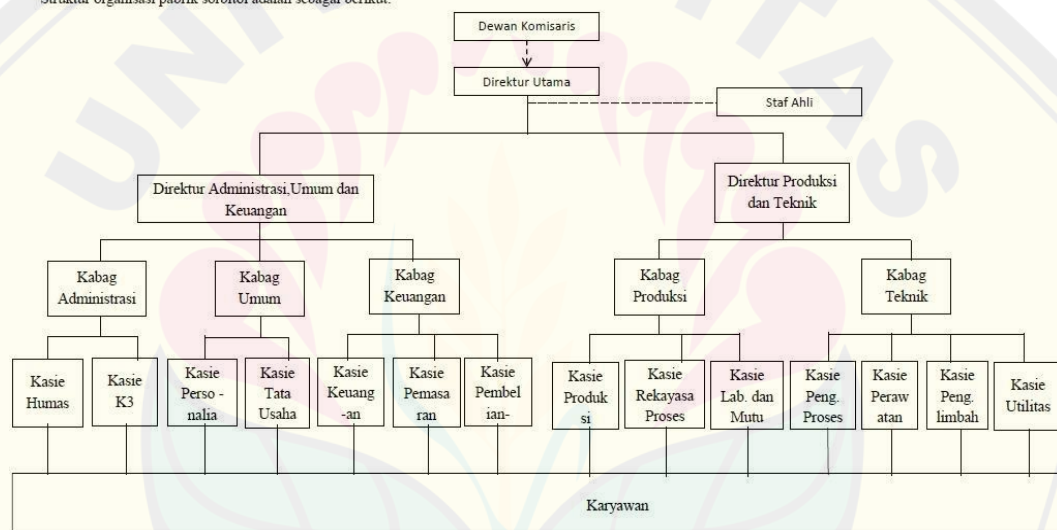
#### 4.1.1 Bentuk Perusahaan

Pada pra rancangan pabrik 5-HMF (*5-Hydroxymethylfurfural*) dari umbi dahlia ini, bentuk perusahaan yang dipilih adalah perseroan terbatas (PT). Perseroan terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian dengan melakukan kegiatan usaha menggunakan modal dasar yang berasal dari saham dan memenuhi persyaratan dalam undang-undang.

#### 4.1.2 Struktur Perusahaan

Struktur organisasi kerja yang dipilih berdasarkan *Line and Staff System*.

Struktur organisasi pabrik sorbitol adalah sebagai berikut:



Tabel 4. 1 Struktur Organisasi Pabrik Sorbitol

#### 4.1.3 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Waktu kerja karyawan shift dibagi menjadi 3 kelompok seperti pada tabel

7.1 dan 7.2 Karyawan yang bekerja dibagi dalam 3 shift antara lain:

1. Kepala Unit
2. Karyawan unit *Quality dan Planning*
3. Karyawan unit Produksi 5-HMF
4. Karyawan unit *Engineering dan Maintenance*

Tabel 4. 2 Jadwal Shift Karyawan

Shift	Jadwal Shift
1	07.00-15.00 WIB
2	15.00-23.00 WIB
3	23.00-07.00 WIB

Tabel 4. 3 Pembagian Shift

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	A	D	C	B	A	D	C
2	B	A	D	C	B	A	D
3	C	B	A	D	C	B	A
Libur	D	C	B	A	D	C	B

## 4.1.4 Jumlah Karyawan dan Gaji

Tabel 4. 4 Besaran Gaji Pegawai dan Jumlah Pegawai Pabrik HMF

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Bulanan (Rp)	
			Tiap Orang	Total
1	Dewan Komisaris	1	Rp 100.000.000,00	Rp 100.000.000,00
2	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000,00	Rp 40.000.000,00
3	Sekretaris	2	Rp 5.000.000,00	Rp 10.000.000,00
4	Manajer	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00
5	Kepala Bagian	4	Rp 7.000.000,00	Rp 28.000.000,00
6	Supervisor	18	Rp 7.000.000,00	Rp 126.000.000,00
7	Karyawan Shift	68	Rp 6.000.000,00	Rp 408.000.000,00
8	Karywan Pengadaan	3	Rp 5.000.000,00	Rp 15.000.000,00
9	Karyawan werehouse (Pergudangan)	5	Rp 5.000.000,00	Rp 25.000.000,00
10	Karyawan Perencanaan	3	Rp 5.000.000,00	Rp 15.000.000,00
12	Karyawan Pemasaran	10	Rp 6.000.000,00	Rp 60.000.000,00
13	Karyawan Pengembangan dan Teknologi	10	Rp 5.000.000,00	Rp 50.000.000,00
14	Karyawan Administrasi	11	Rp 5.000.000,00	Rp 55.000.000,00
16	Dokter	1	Rp 10.000.000,00	Rp 10.000.000,00
17	Perawat	4	Rp 3.000.000,00	Rp 12.000.000,00
18	Sopir	5	Rp 4.000.000,00	Rp 20.000.000,00
19	Cleaning service	8	Rp 4.000.000,00	Rp 32.000.000,00
Total		160	Rp 232.000.000,00	Rp 1.096.000.000,00

#### 4.2 Evaluasi Ekonomi

Kapasitas Produksi	=	3000	ton/tahun
	=	416,667	kg/jam
Waktu Operasi	=	300	hari
Dengan Bahan Baku :			
Umbi Dahlia	=	1930	kg/jam
Air	=	59335	kg/jam
Etanol 70%	=	4053	kg/jam
Asam Sulfat 98%	=	1,25	kg/jam
Kalsium Hidroksida	=	0,945	kg/jam
Produk yang dihasilkan (5-HMF)	=	10018,72	kg/hari

Evaluasi ekonomi pada prarancangan pabrik *5-Hidroksimetilfurfural* dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik untuk didirikan dari segi nilai ekonominya. Faktor yang perlu diperhatikan dalam perhitungan evaluasi ekonomi adalah modal, ongkos produksi, keuntungan yang didapatkan, lama waktu pengembalian peminjaman, laju pengembalian modal, serta *break event poin* sebagai penarik kesimpulan kelayakan pabrik untuk didirikan.

Tabel 4. 5 Parameter kelayakan pendirian pabrik

Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
(ACF)	29,05%	Lebih besar dari bunga bank (8,42% < ACF)	Layak
(POT)	4	Kurang dari setengah umur pabrik (POT < 5 tahun)	Layak
(NPOTLP)	Rp 23.621.974.647.283	Lebih besar dari TCI + jumlah bunga pinjaman	Layak
(TCS)	Rp 16.447.796.349.789	Lebih besar dari TCI	Layak
(ROR)	20,05 %	Lebih besar dari bunga bank (8,42% < ROR)	Layak
(DCF-ROR)	26,55%	Lebih besar dari bunga bank (8,42% < DCF-ROR)	Layak
(BEP)	42,47%	40% < BEP < 50%	Layak



### 4.3 Keselamatan

#### 4.3.1 Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Keselamatan kerja yang ada bagi setiap pekerja wajib diperhatikan selama berlangsungnya proses. Keselamatan kerja diperlukan karena memiliki peran penting dalam menjaga dan mempertahankan kondisi tenaga kerja agar selalu berada pada keadaan yang baik pada lingkup area kerja. PP No. 11 tahun 1976 Pasal 36 dan UU No. 1 tahun 1970 Bab III tentang Keselamatan Kerja pasal 3 dan 4 menyebutkan tujuan keselamatan kerja sebagai berikut:

1. Menjamin tiap pekerja atas hak dan keselamatannya dalam melaksanakan tugas untuk kesejahteraan dan meningkatkan hasil produksi.
2. Menjamin keselamatan orang yang ada di lokasi kerja.
3. Menjamin agar sumber produksi dapat dipelihara dengan baik dan dapat digunakan secara efisien.
4. Menjamin agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar tanpa hambatan apapun.

Untuk mewujudkan tujuan tersebut maka diperlukan tindakan keselamatan kerja diantaranya adalah perlindungan badan dan kepala, perlindungan kaki, perlindungan alat pendengaran, perlindungan mesin dan semua alat yang bergerak, dan perbaikan pekerjaan.

#### 4.3.2 Faktor Bahaya

Keselamatan dan kesehatan setiap pekerja pada area kerja wajib dijunjung dengan penerapan K3. Faktor bahaya dalam area kerja pabrik meliputi fisik dan sumber lain yang secara langsung maupun tidak langsung yang dapat mencederaikan individu berkaitan. Faktor bahaya yang mungkin terjadi pada pabrik sorbitol yaitu sebagai berikut:

##### a. Sistem Manajemen

Faktor yang dapat menyebabkan potensi ancaman keselamatan dari sistem manajemen yaitu prosedur yang tidak dilakukan dan diterapkan dengan baik, kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi pabrik, tidak adanya inspeksi perusahaan, dan tidak ada sistem penanggulangan bahaya.

##### b. Faktor Bahan Kimia

Faktor ini mencakup seluruh bahan kimia yang memiliki sifat racun, mudah terbakar, mudah meledak, reaktif, radioaktif, iritan, dan korosif. Bahan kimia berbahaya yang perlu diperhatikan pada pabrik sorbitol adalah  $H_2SO_4$

c. Faktor Bahaya Mekanik

Faktor bahaya mekanik meliputi ketinggian area kerja, kebisingan, keterbatasan ruang, suhu proses produksi, gangguan listrik, dan sebagainya. Faktor ini mencakup seluruh potensi ancaman yang didapatkan dari alat pada saat proses pembangunan pabrik dan produksi pabrik. Hal-hal yang dapat mengurangi potensi terjadinya faktor bahaya tersebut adalah desain perancangan alat yang baik, penggunaan *indicator* dan alat *control*, dan pemberian instruksi pengoperasian alat serta deskripsi kerja sesuai SOP tenaga kerja

d. Faktor Bahaya Listrik

Faktor bahaya listrik mencakup seluruh potensi ancaman yang didapatkan dari peralatan yang menggunakan listrik serta sambungannya. Bahaya yang dapat disebabkan oleh faktor ini adalah hubungan singkat dan arus pendek listrik.

e. Faktor Ledakan dan Kebakaran

Suhu operasi yang tinggi dan bahan mudah terbakar dapat memicu bahaya kebakaran dengan adanya percikan api. Selain itu ancaman lain didapatkan dari bahan yang mudah terbakar dan tingginya kondisi operasi pabrik.

#### 4.3.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri merupakan seperangkat peralatan yang digunakan oleh masing-masing individu guna mencegah bahaya di lokasi kerja. Penyediaan APD pada tempat kerja yang memiliki potensi bahaya adalah kewajiban dan tanggung jawab perusahaan yang harus ditaati sesuai kebijakan yang tertera pada PP No. 11 tahun 1976 Pasal 36 dan UU No. 1 tahun 1970. Alat pelindung diri yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Helm Keselamatan
2. Pelindung Mata
3. Pelindung Wajah
4. Pelindung Pernafasan
5. Sarung Tangan
6. Sepatu Pengaman
7. Jaket Pelindung

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian proses dan hasil perhitungan Pra-Rancangan Pabrik 5-Hidroksimetilfurfuran (5-HMF) dari Umbi Dahlia (*Dahlia sp*) dengan Kapasitas Produksi 3000 Ton/Tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik 5-Hidroksimetilfurfuran ini memiliki kapasitas produksi sebesar 3000 ton/tahun;
2. Pembangunan Pabrik 5-Hidroksimetilfurfuran direncanakan mulai pada tahun 2030 di Kawasan Industri Dumai, Riau;
3. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 300 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 160 karyawan;
4. Proses produksi berlangsung dalam beberapa tahapan, yaitu ekstraksi, hidrolisis, dehidrasi, dan pemurnian;
5. Evaluasi ekonomi diperoleh:
  - a. Annual Cash Flow (ACF) = 29,05%
  - b. Pay Out Time (POT) = 4 tahun
  - c. Net Profit Over Total Lifetime of The Project (NPOTLP) = Rp23.621.974.647.283
  - d. Total Capital Sink (TCS) = Rp16.447.796.349.789
  - e. Rate of Return (ROR) = 20,05%
  - f. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR) = 26,55%
  - g. Break Event Point (BEP) = 42,47%

Berdasarkan evaluasi ekonomi yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Pabrik 5-Hidroksimetilfurfuran dengan kapasitas 3000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

### 5.1 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep-konsep dasar agar dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik tersebut. Contohnya adalah optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat memperoleh keuntungan lebih bagi perusahaan. Masih banyak bahan organik yang dapat dimanfaatkan, sehingga diharapkan pada masa mendatang akan lebih banyak pabrik yang memanfaatkan bahan baku organik untuk dijadikan produk layak jual dengan limbah yang minimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carniti, P., Gervasini, A., &Marzo, M. (2011). Absence of expected side-reactions in the dehydration reaction of fructose to HMF in water over niobic acid catalyst. *Catalysis Communications*, 12(12), 1122–1126. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2011.03.025>
- Chang, H., Bajaj, I., Motagamwala, A. H., Somasundaram, A., Huber, G. W., Maravelias, C. T., &Dumesic, J. A. (2021). Sustainable production of 5-hydroxymethyl furfural from glucose for process integration with high fructose corn syrup infrastructure. *Green Chemistry*, 23(9), 3277–3288. <https://doi.org/10.1039/d1gc00311a>
- Davidson, M. G., Elgie, S., Parsons, S., &Young, T. J. (2021). Production of HMF, FDCA and their derived products: A review of life cycle assessment (LCA) and techno-economic analysis (TEA) studies. *Green Chemistry*, 23(9), 3154–3171. <https://doi.org/10.1039/d1gc00721a>
- Dr. Vladimir, V. F. (1967). Msds Alkohol 70%. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local.*, 1(69), 5–24.
- Fachri, B. A., Abdilla, R. M., Rasrendra, C. B., &Heeres, H. J. (2016). Experimental and modeling studies on the acid-catalyzed conversion of inulin to 5-hydroxymethylfurfural in water. *Chemical Engineering Research and Design*, 109, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.01.002>
- Fachri, B. A., Rasrendra, C. B., &Heeres, H. J. (2015). Experimental and modeling studies on the conversion of inulin to 5-hydroxymethylfurfural using metal salts in water. *Catalysts*, 5(4), 2287–2308. <https://doi.org/10.3390/catal5042287>
- Fan, W., Verrier, C., Queneau, Y., &Popowycz, F. (2019). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in Organic Synthesis: A Review of its Recent Applications Towards Fine Chemicals. *Current Organic Synthesis*, 16(4), 583–614. <https://doi.org/10.2174/1570179416666190412164738>
- Fatriasari, W., Syafii, W., Wistara, N., &Syamsu, K. (2015). Hidrolisis Enzimatis Dan Microwave Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper* (Schult.F.)) Setelah Kombinasi Perlakuan Pendahuluan Secara Biologis Dan Microwave Enzymatic And Microwave-Assisted Hydrolysis Of Betung Bamboo

- (*Dendrocalamus asper* (Schult.f.)) AFTER CO. *Bambang Prasetya J Tek Ind Pert*, 25(2), 164–173.
- Gomes, F. N. D. C., Pereira, L. R., Ribeiro, N. F. P., & Souza, M. M. V. M. (2015). Production of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) via fructose dehydration: Effect of solvent and salting-out. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 32(1), 119–126. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20150321s00002914>
- Gupta, S., Gambhire, A. B., & Jain, R. (2022). Conversion of carbohydrates (glucose and fructose) into 5-HMF over solid acid loaded natural zeolite (PMA/NZ) catalyst. *Materials Letters: X*, 13, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.mlblux.2021.100119>
- Hanum, F., Fakultas, S. T., Program, T., Teknik, S., Universitas, K., Utara, S., Air, A., Air, K., Fisik, K., Kekuruhan, A. A., Kenaikan, T., & Warna, W. (2002). *Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum*. 1–13.
- Hariyadi. (2017). A Global Renewable Energy Breakthrough: Lesson Learned and Its Implication To Indonesia. *Kajian*, 22(1), 33–44.
- Herminiati, A. (2012). Umbi Dahlia: Potensi, Peranan, dan Prospek Pengembangannya. *Jurnal Pangan*, 21, 397–406.
- Horiza, H., Azhar, M., Efendi, J., & Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Tanjungpinang, J. (2017). *Inulin Dari Umbi Dahlia (Dahlia sp.L)*. 18(1). <http://eksakta.ppj.unp.ac.id>
- Khayati, M., Indarto, M., Wardana, F. W. K., & Widayatno, T. (2020). Produksi Biodiesel Dari Dedak Padi Dengan Metode In-Situ Dua Tahap Menggunakan Katalis Asam Sulfat Dan Cao/Hydrotalcite. *Rekayasa Mesin*, 11(3), 461–466.
- Kusnarjo. (2010). *BAB I*. 1–11.
- LabChem. (2018). Sulfuric Acid, ACS. *Safety Data Sheet*, 77(58), 1–9. <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC25550.pdf>
- LabChem. (2020). Water Safety Data Sheet. *LabChem*, 4(2), 8–10. <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC26750.pdf>
- Li, M., Yu, X., Zhou, C., Yagoub, A. E. G. A., Ji, Q., & Chen, L. (2020). Construction of an integrated platform for 5-HMF production and separation

- based on ionic liquid aqueous two-phase system. *Journal of Molecular Liquids*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113529>
- Menegazzo, F., Ghedini, E., & Signoretto, M. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) production from real biomasses. *Molecules*, 23(9), 1–18. <https://doi.org/10.3390/molecules23092201>
- Morales-Leal, F. J., Rosa, J. R. dela, Lucio-Ortiz, C. J., Rio, D. A. D. H.-D., Maldonado, C. S., Wi, S., Casabianca, L. B., & Garcia, C. D. (2018). Dehydration of fructose over thiol- and sulfonic- modified alumina in a continuous reactor for 5-HMF production: Study of catalyst stability by NMR. *Applied Catalysis B: Environmental*, 244, 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.11.053>
- Murwindra, R., Sikumbang, S., Awaliddin, A., & Linggawati, A. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Asam Levulinat Dari Inulin Umbi Dahlia (*Dahlia Sp.*). *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 7(01), 127–135. <https://doi.org/10.37859/jp.v7i01.573>
- Penston, C. P. (1956). *Manufacture of 5-Hydroxymethylfurfural 2-Furfural*. 427.
- Rahmi, D., Marpaung, M. T., Aulia, R. D., Putri, S. E., Aidha, N. N., & Widjajanti, R. (2020). Ekstraksi Dan Karakterisasi Mikroselulosa Dari Rumput Laut Coklat *Sargassum Sp.* Sebagai Bahan Penguat Bioplastik Film. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(2), 57. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.6401>
- Septian, D. D., & Sugiarti, S. (2019). Modifikasi Zeolit Alam Ende dengan Garam Logam serta Potensinya Sebagai Katalis Transformasi Glukosa Menjadi 5-Hidroksimetilfurfural (HMF). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 203. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.2.28180.203-218>
- Slak, J., Pomeroy, B., Kostyniuk, A., Grilc, M., & Likozar, B. (2022). A review of bio-refining process intensification in catalytic conversion reactions, separations and purifications of hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural. *Chemical Engineering Journal*, 429, 132325. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132325>
- Souza, R. L.de, Yu, H., Rataboul, F., & Essayem, N. (2012). 5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) Production from Hexoses: Limits of

- Heterogeneous Catalysis in Hydrothermal Conditions and Potential of Concentrated Aqueous Organic Acids as Reactive Solvent System. *Challenges*, 3(2), 212–232. <https://doi.org/10.3390/challe3020212>
- Thoma, C., Konnerth, J., Sailer-Kronlachner, W., Solt, P., Rosenau, T., & vanHerwijnen, H. W. G. (2020). Current Situation of the Challenging Scale-Up Development of Hydroxymethylfurfural Production. *ChemSusChem*, 13(14), 3544–3564. <https://doi.org/10.1002/cssc.202000581>
- Timerhause, M. S. P. K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*.
- Ulrich, G. D. (1984). *John Wiley & Sons a Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*.
- Widayat, W. (2002). Teknologi Pengolahan Air Sadah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(3), 256–266.
- Yuliana, D. (2016). Prebiotik Inulin Asal Umbi Bunga Dahlia (*Dahlia Variabilis*) Sebagai Feed Additive Untuk Meningkatkan Ketahanan Tubuh Broiler. 15(1), 165–175. <https://core.ac.uk/download/pdf/196255896.pdf>
- Yuliana, R., Kusdiyantini, E., & Izzati, M. (2014). Potensi Tepung Umbi Dahlia Dan Ekstrak Inulin Dahlia Sebagai Sumber Karbon Dalam Produksi Fruktooligosakarida (FOS) Oleh Khamir *Kluyveromyces marxianus* DUCC-Y-003. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.14710/bioma.16.1.39-49>
- Zhang, L., Xi, G., Chen, Z., Qi, Z., & Wang, X. (2016). Enhanced formation of 5-HMF from glucose using a highly selective and stable SAPO-34 catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 307, 877–883. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.003>