

PRARANCANGAN PABRIK 5-HIDROKSIMETILFURFURAL (5-HMF) DARI UMBI DAHLIA (DAHLIA SP.) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 3000 TON/TAHUN

Muhammad Rizalluddin¹, Habibatul Inayah Harti Arini^{1*}, Farida Nur Nadia¹
Boy Arief Fachri¹, Istiqomah Rahmawati¹

¹ Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember,
Jl. Kalimantan No. 37, Jember

*Corresponding Author: Inayaharini08@gmail.com

Abstrak

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) adalah bahan kimia yang dapat digunakan sebagai produk intermediat 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 prarancangan 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.

1. Pendahuluan

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) adalah bahan kimia yang dapat digunakan sebagai produk intermediat untuk banyak industri sebagai prekursor, resin, pelarut, bahan campuran polimer serta bahan bakar. HMF pertama kali disintesis oleh Dell dan Lintner pada tahun 1895 dari Inulin menggunakan katalis asam oksalat 0,5% (Thoma et al., 2020). 5-HMF dapat dihasilkan dari reaksi dehidrasi Fruktosa. Inulin dari umbi dahlia merupakan salah satu bahan dengan kandungan fruktosa yang cukup besar yaitu 96%. 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). umbi dahlia mempunyai masa panen 210 hari dan produksi umbi sebesar 28,5 ton/ha (Hermianti, 2016).

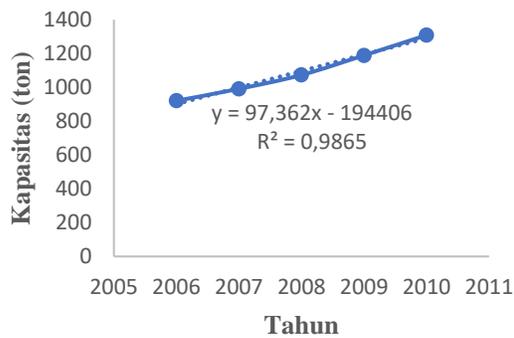
Pabrik 5-HMF didirikan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan impor 5-HMF di Indonesia. Penentuan kapasitas pabrik 5-HMF berdasarkan kebutuhan impor Indonesia yang di plot dalam pada gambar 1.. untuk mendapatkan persamaan 1.

Persamaan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

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

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





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

Persamaan 1.1 memberikan hasil kapasitas pabrik untuk tahun 2030 adalah sebesar 3000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Proses pembuatan 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

2.1 Persiapan bahan baku

Bahan baku pembuatan 5-HMF terdiri dari umbi dahlia, air, etanol dan katalis asam sulfat. Umbi dahlia dibawa menuju mill (C-113) untuk digiling dan ditambahkan 1:2 air. Penggilingan ini bertujuan untuk memaksimalkan yield inulin yang dihasilkan dari saat memasuki proses ekstraksi (Rahmi et al., 2020). Umbi dahlia 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 H₂SO₄ 0,006M disimpan di tangki (F-213).

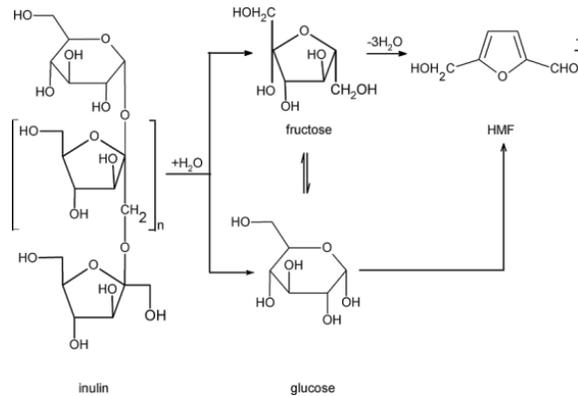
2.2 Ekstraksi inulin

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°C. Produk dari kolom ekstraksi didinginkan ke suhu 30°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.

2.3 Proses hidrolisis dan dehidrasi

Inulin dari Flash kolom (D-120) dipanaskan menggunakan heater 2 (E-211) hingga 170°C untuk diteruskan menuju Reaktor hidrolisis dan dehidrasi

(R-210). Pada tahapan ini, inulin akan terhidrolisis menjadi fruktosa dalam suasana asam pada suhu 170°C. Fruktosa akan terkonversi menjadi 5-HMF melalui proses dehidrasi. Mekanisme reaksi konversi inulin menjadi 5-HMF dapat dilihat pada Gambar 2. Proses hidrolisis dan dehidrasi terjadi dalam 1 alat Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210).

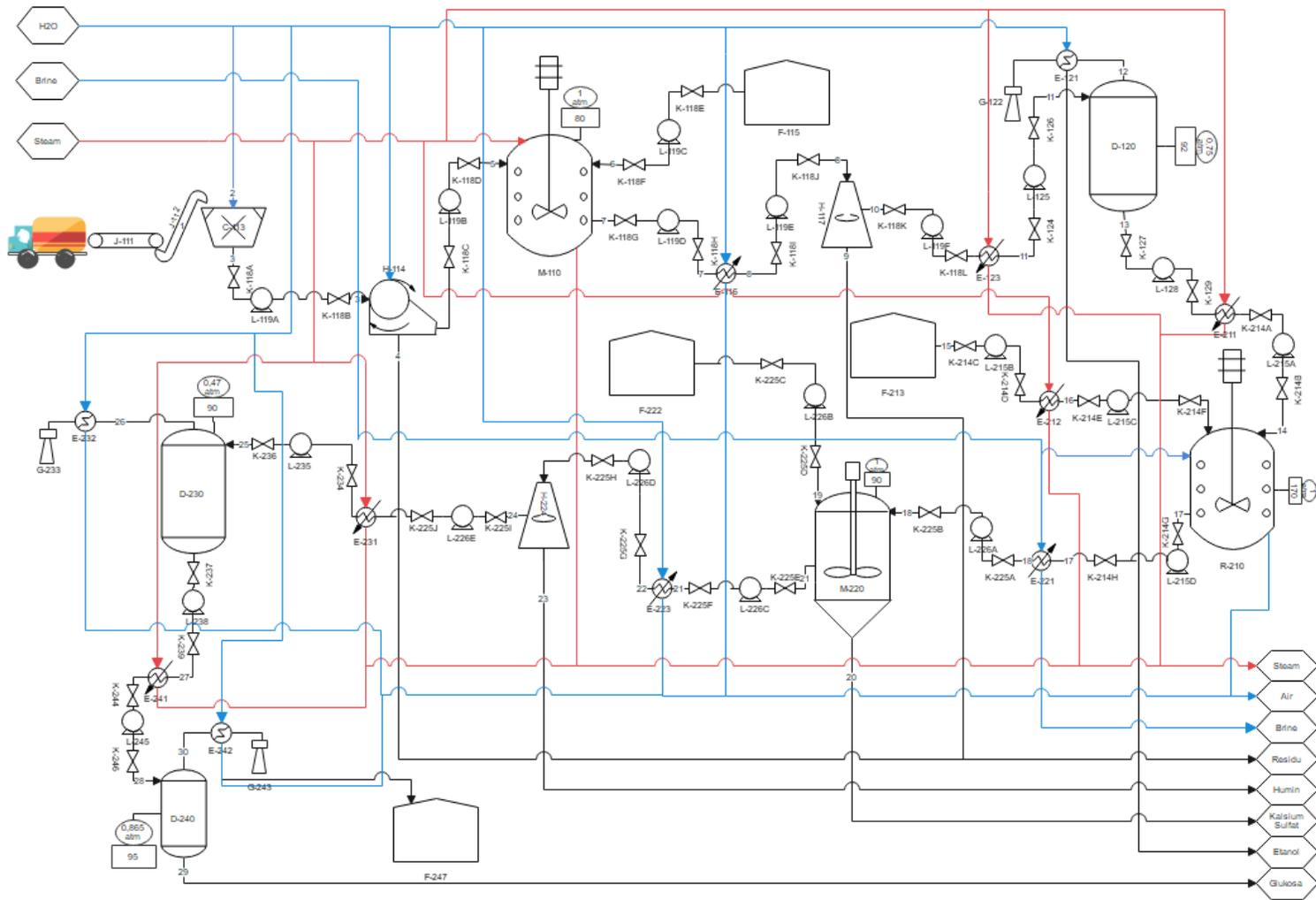


Gambar 2. Mekanisme reaksi konversi inulin menjadi 5-HMF

2.3 Proses hidrolisis dan dehidrasi

Produk dari reaktor diturunkan suhunya menggunakan cooler (E-221) dari 170 menjadi 90°C dan dialirkan menuju mixer (M-220) untuk untuk memisahkan katalis H₂SO₄ menggunakan bantuan kalsium Hidroksida Ca(OH)₂ dari tangki (F-222). Larutan HMF kemudian didinginkan lagi dari suhu 90 menjadi 30°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°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 3. Flow Diagram Process Produksi 5-HMF kapasitas 3000 Ton/Tahun.

3. Utilitas

Utilitas merupakan sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang memiliki fungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang produksi agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Utilitas menyediakan kebutuhan untuk semua proses berjalannya pabrik dalam hal air, steam, listrik, bahan bakar dan pengolahan limbah.

Air yang digunakan untuk seluruh aktivitas di pabrik didapatkan dari pemurnian air sungai dan PDAM. Kebutuhan air yang perlu dipenuhi yaitu air proses, air umpan boiler, air pendingin, dan air sanitasi/air bersih. Perhitungan kebutuhan air proses didapatkan dari air yang diperlukan pada setiap alat produksi. Air umpan boiler diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan steam untuk proses produksi. Air pendingin diperlukan untuk pendinginan bahan pada proses produksi. Sedangkan air sanitasi diperlukan untuk keperluan aktivitas lainnya. perhitungan kebutuhan air ditambahkan air cadangan sebanyak 10%.

Pemenuhan steam didapatkan dari Boiler. Steam yang dibutuhkan sama dengan jumlah air umpan boiler. Boiler membutuhkan bahan bakar untuk menghasilkan panas. Bahan bakar yang digunakan adalah batu bara.

Bahan pendukung lainnya yang harus disediakan pada bagian utilitas adalah etanol 70%, asam sulfat 98%, brine, dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Bahan-bahan tersebut didapatkan melalui pembelian di pabrik penghasilnya.

Kebutuhan listrik yang diperlukan pada pabrik yaitu kebutuhan listrik alat proses, listrik penerangan, serta listrik fasilitas lainnya. perhitungan kebutuhan listrik ditambahkan faktor keamanan sebanyak 20%. Listrik didapatkan dari PLN dengan generator set sebagai cadangan.

Bahan bakar yang perlu dipenuhi adalah bahan bakar untuk kebutuhan boiler dan generator set.

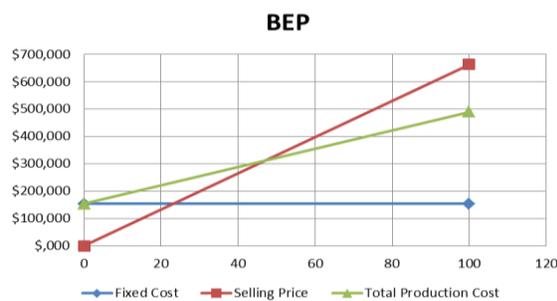
Bahan bakar boiler adalah batu bara, sedangkan bahan bakar generator set adalah diesel fuel.

Pabrik 5-HMF memerlukan pengolahan limbah dan penanganan produk samping. Limbah ampas dan pati umbi dahlia dapat diolah menjadi pupuk organik. Kalsium sulfat dan glukosa yang dihasilkan dari proses pemurnian dapat dijual. Limbah humin dan etanol yang dihasilkan dikumpulkan terlebih dahulu untuk dikirimkan ke unit pengolahan limbah.

4. Analisis Ekonomi

Layak atau tidaknya suatu pabrik untuk didirikan dapat dilihat dari evaluasi ekonominya. Perhitungan ekonomi pabrik berdasarkan buku tahun 1991 milik timmerhaus dan buku tahun 2010 milik Kusnarjo. Evaluasi ekonomi pabrik 5-HMF dapat dilihat pada tabel 1.

Pabrik dapat dikatakan layak didirikan apabila nilai BEP tidak terlalu besar maupun terlalu kecil. Menurut Kusnarjo, 2010 nilai BEP yang dapat diterima yaitu $40\% < \text{BEP} < 50\%$. Berdasarkan perhitungan nilai BEP yang diperoleh yaitu 42,47% dimana nilai tersebut telah memenuhi syarat sehingga Pabrik 5-HMF dari Umbi Dahlia layak untuk didirikan. Gambar 4 menunjukkan nilai BEP dari perpotongan antara garis total penjualan (SP) dengan total biaya produksi (TPC).



Gambar 4. BEP dan SDP Pabrik 5-HMF Kapasitas 3.000 Ton/Tahun

Tabel 1 Parameter kelayakan pendirian pabrik

Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
(ACF)	29,05%	Lebih besar dari bunga bank ($8,42\% < \text{ACF}$)	Layak
(POT)	4	Kurang dari setengah umur pabrik ($\text{POT} < 5$ 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 ($8,42\% < \text{ROR}$)	Layak
(DCF-ROR)	26,55%	Lebih besar dari bunga bank ($8,42\% < \text{DCF-ROR}$)	Layak
(BEP)	42,47%	$40\% < \text{BEP} < 50\%$	Layak



5. Kesimpulan

Pabrik 5-Hidroksimetilfurfural direncanakan dibangun pada tahun 2030 dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan impor Indonesia dibangun di daerah Kawasan Industri Dumai. Produksi 5-HMF menggunakan bahan baku umbi dahlia dengan bahan pendukung air, etanol 70%, dan asam sulfat 0,006 M. Kapasitas pabrik yaitu 3000 ton/tahun beroperasi secara kontinyu 24 jam selama 300 hari. Evaluasi ekonomi pabrik menunjukkan hasil Break Event Point sebesar 42,47% dengan waktu pengembalian modal selama 4 tahun yang menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- 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>
- 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>
- Murwindra, R., Sikumbang, S., Awaliddin, A., & Lingawati, 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>
- Thoma, C., Konnerth, J., Sailer-Kronlachner, W., Solt, P., Rosenau, T., dan 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".

