

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara yang akan kaya sumber daya alam yang berlimpah terutama hasil pertanian. Produk pertanian juga menjadi andalan komoditas ekspor di Indonesia yang banyak diminati pasar internasional. Sebagai negara agraris, sektor pertanian mampu melestarikan sumber daya alam, memberi penghidupan, serta menciptakan lapangan pekerjaan. Produk singkong merupakan sumber pangan tinggi karbohidrat dengan manfaat yang digunakan sebagai bahan pengikat, pengental, dan *structure enhancers* dalam pangan (Dudu dalam Pasca et al., 2022). Saat ini, singkong hanya dimanfaatkan sebagai tepung, dan belum banyak referensi yang membahas pemanfaatannya secara lebih luas (Hidayat *et al.* 2009).

Tepung Tapioka atau sering disebut dengan patiubi kayu atau pati singkong merupakan salah satu polisakarida yang memiliki kandungan amilopektin yang tinggi tetapi lebih rendah dari pada ketan. Kandungan amilopektin pada pati singkong sebesar 83% dan amilosa 17% (Syaputra et al., 2020). Potensi produksi singkong (*Manihot Utilissima*) sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai pendukung ketahanan pangan. Pengolahannya menjadi tepung memungkinkan lebih awet, lebih ringkas dan lebih mudah diangkut, serta lebih luwes untuk diolah (Wijayanti & Rahmadhia, 2021). Salah satu metode untuk meningkatkan daya saing produk tapioka adalah dilakukandengan cara produksi gula cair tapioka (sirup glukosa).

Sirup glukosa menurut (Badan Standarisasi Nasional, 1992), didefinisikan sebagai cairan kental dan jernih dengan komponen utama glukosa, yang diperoleh dari hidrolisis pati dengan cara kimia atau enzimatik. Sirup glukosa dapat diproduksi dengan memanfaatkan komoditi sumber pati seperti jagung, ubi (ketela), sagu, dan lain-lain. Penggunaan Sirup glukosa pada industri makanan digunakan sebagai pembuatan *monosodium glutamate*, penyedap rasa, *jelies*, *caramels*, *coffee whitener*, *pastilles*, *dessert powder*, *maltodextrins*, dan lain-lain. Selain itu glukosa juga banyak digunakan di dalam pabrik-pabrik farmasi antara lain untuk pembuatan larutan infus, serta pembuatan tablet-tablet sebagai lapisan luar sehingga berasa manis (Rosadi &Setiawan, 2022).

Perkembangan industri makanan dan farmasi akan bertambah pesat seiring berjalannya waktu. Selain itu, pertumbuhan tersebut sejalan dengan meningkatnya jumlah

penduduk dan semakin meningkatnya kesejahteraan penduduk tersebut. Hal mengakibatkan semakin tingginya konsumsi masyarakat terhadap barang-barang kebutuhan pokok seperti makanan dan minuman yang membutuhkan dekstrosa sebagai bahan pemanis, sehingga kebutuhan akan glukosa semakin meningkat.

## I.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

### I.2.1 Data Impor

Dalam proses penentuan kapasitas produksi yang dapat menghasilkan keuntungan digunakan beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan sirup glukosa di Indonesia dan ketersediaan bahan baku. Berikut merupakan data impor sirup glukosa tiap tahun berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel I. 1 Data Impor Sirup Glukosa di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Impor (Ton)</b>	<b>Pertumbuhan (%)</b>
2017	59.867,710	-
2018	118.134,397	97,3
2019	99.497,293	-15,7
2020	103.894,008	4,4
2021	56.566,355	-45,5
2022	71.975,155	27,2
<b>Rata-rata</b>		<b>11,27</b>

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

### I.2.2 Kapasitas Pabrik yang sudah berdiri

Faktor penentu kapasitas pabrik yang akan didirikan salah satunya berdasarkan kapasitas pabrik yang sudah ada di Indonesia maupun di luar negeri. Selain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan sirup glukosa dalam negeri dan luar negeri, pabrik yang dirancang juga mampu bersaing dalam pasar luar negeri. Berikut merupakan daftar pabrik sirup glukosa yang sudah beroperasi di Dunia dengan kapasitas produksi setiap tahunnya sebagai berikut:

Tabel I. 2 Kapasitas Pabrik Sirup Glukosa di Indonesia

<b>Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT. Sari Pati Idaman	Jawa Tengah	72.500

PT. Suba Indah	Banten	82.500
PT. Permata Dunia Sukses	Banten	295.000
PT. Bungasari	Jakarta Selatan	410.000
Rajawali Nusantara Indonesia	Jakarta Selatan	340.000
PT. IGN Pabrik Gula Cepiring	Jawa Tengah	126.000

(Sumber: haihangchem)

Perkiraan kapasitas produksi pabrik sirup glukosa baru pada tahun 2028 dapat dilakukan dengan menghitung perkiraan nilai konsumsi sirup glukosa pada tahun 2028. Perkiraan nilai konsumsi dapat dilakukan dengan pendekatan perhitungan perkiraan nilai impor glukosa. Adapun perkiraan nilai impor glukosa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = P (1 + I)^n$$

Dengan :

M : Perkiraan nilai impor, ekspor

P : Data terakhir nilai impor, ekspor

I : Pertumbuhan rata-rata pertahun

n : Selisih waktu perkiraan

Dengan rumus tersebut perkiraan kapasitas impor sirup glukosa pada tahun 2028 adalah :

$$\begin{aligned}
 M &= P (1 + I)^n \\
 &= 71.975,155 (1 + 0,1127)^5 \\
 &= 122.796,674 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Sehingga perkiraan konsumsi kapasitas sebesar 122.796,674 ton/tahun.

Dengan melihat pertimbangan pabrik sirup glukosa yang sudah didirikan di Indonesia, diketahui bahwa pabrik dengan kapasitas terendah adalah PT. Sari Pati Idaman yang berada di Jawa Tengah sebesar 72.500 ton/tahun, sedangkan pabrik dengan kapasitas terbesar yaitu PT Bungasari di Jakarta Selatan sebesar 410.000 ton/tahun. Apabila kebutuhan sirup glukosa diperkirakan pada tahun 2028 sebesar 122.796,674 ton/tahun dapat ditentukan bahwa kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 130.000 ton/tahun sehingga sirup glukosa yang tersisa nantinya dapat diekspor ke luar negeri.

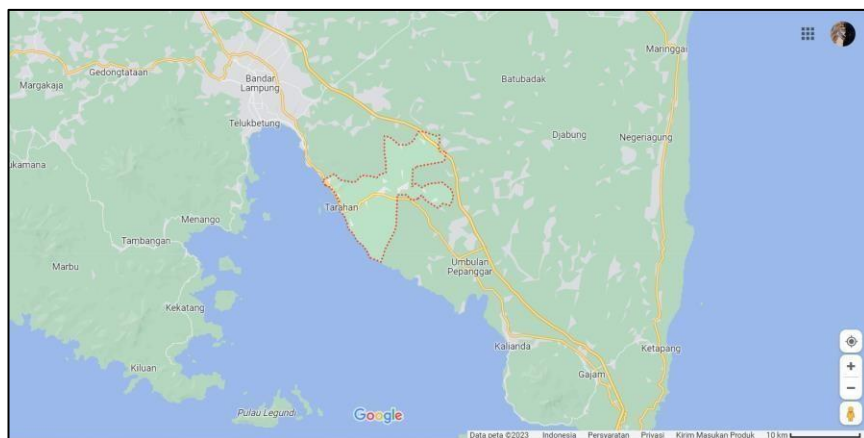
### I.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik menjadi salah satu pertimbangan yang penting dalam proses perancangan pabrik. Pemilihan lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap keberadaan suatu industri baik dari segi komersial maupun kemungkinan dimasa mendatang. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik antara lain ketersediaan bahan baku, transportasi, dan pemasaran, pemasaran, penyediaan air, kawasan industri dan tenaga kerja. Pendirian pabrik sirup glukosa dari pati tapioka dengan proses hidrolisis enzimatis kapasitas 130.000 ton/tahun ditempatkan di lokasi Kawasan Industri Katibung, Lampung Selatan.

Adapun beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan TanjungBintang sebagai lokasi pendiri pabrik ini antara lain:

#### 1. Sumber bahan baku

Bahan baku pokok untuk membangun pabrik sirup glukosa yaitu pati tapioka. Penempatan pabrik yang dekat dengan bahan baku dapat mengurangi waktu dan biaya produksi. Daerah yang menghasilkan pati tapioka terbesar adalah Provinsi Lampung. Beberapa perusahaan yang memproduksi pati tapioka yaitu PT Berjaya Tapioka Indonesia (120.000 ton/tahun) yang terletak di Lampung Timur, Bangka Asindo Anggri (45.000 ton/tahun) di Bangka Belitung, Bayuansih Agro Mandiri (18.000 ton/tahun) di Palembang, Hampan Bumi mas Abadi (48.000 ton/tahun). Untuk enzim  $\alpha$ -amilase dan *glukoamilase* diperoleh impor dari Cina.



Gambar I. Lokasi Pendiri Pabrik di Lampung Selatan

#### 2. Pemasaran produk

Pemasaran menjadi faktor penting karena mempengaruhi distribusi produk dan keuntungan yang diperoleh pabrik. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemasaran, seperti wilayah pemasaran, persaingan usaha dan

sarana transportasi untuk menjangkau wilayah pemasaran. Produk sirup glukosa yang dihasilkan akan difokuskan untuk memenuhi pasar dalam negeri, yang biasanya dapat digunakan untuk pembuatan permen, biskuit, *ice cream*, sirup, kecap, bumbu masak, dan sebagainya.

Tabel I. 3 Pabrik yang Membutuhkan Sirup Glukosa

<b>No</b>	<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Komoditi</b>	<b>Lokasi</b>
1.	PT Indofood CBP "Sukses Makmur" FS	Kecap dan sirup	Jl. Tugurejo Km. 10,2, Semarang, Jawa Tengah
2.	PT Boga Indomakmur Abadi	Permen Lolipop	Boga Indomakmur Abadi Jalan Adiyaksa No 88, Bekasi, Jawa Barat
3.	PT Indo Van Houten	Ice cream	Jl. Kayu Besar 9 Blok H No. 4, Jakarta Barat, DKI Jakarta
4.	PT Maju Jaya Pohon Pinang	Sirup Pohon Pinang	Jl. Tanjung Morawa Km. 17,7, Deli Serdang, Sumatera Utara
5.	PT Suka Sari Mitra Mandiri	Sirup dan Kecap	Terboyo Industri 2 No. 2, Semarang, Jawa Tengah
6.	PT Buana Tirta Adijaya	Permen	Jl. Kabupaten Ds Cangkring Mng, Pasuruan, Jawa Timur
7.	PT Agel Langgeng	Permen dan biskuit	Jl. Raya Sultan Agung KM 27, Pondok Ungu Medan Satria, Bekasi Barat
8.	PT Diamond Cold Storage	Ice Cream	Kawasan Industri Mm 2100 Blok Ee -2, Bekasi, Jawa Barat

9.	PT Palur Raya	Monosodium Glutamat (MSG) dan Glutamic Acid (GA)	Palur, Karanganyar, Jawa Tengah
10.	PT Lasallefood Indonesia	Sirup dan Saus	Jl. Raya Jakarta-bogor Km. 31 Mekarsari, Depok, Jawa Barat

---

(Sumber: kemenperin)

### 3. Sarana transportasi

Sarana transportasi sebagai alat penunjang utama sangat penting dalam penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Lampung merupakan kawasan yang strategis karena dekat dengan pelabuhan dan memiliki akses yang mudah menuju Kawasan industri Jabodetabek yang merupakan pusat pengembangan industri sehingga memberikan peluang pemasaran produk sirup glukosa. Pabrik sirup glukosa sebaiknya berlokasi di dekat jalan raya utama untuk memudahkan penerimaan bahan baku dan pengiriman produk.

### 4. Penyedia Utilitas

Pabrik pembuatan sirup glukosa merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan ketika memilih lokasi untuk bisnis. Dalam mengoperasikannya, pabrik membutuhkan pasokan air, energi (listrik), steam, dan kebutuhan utilitas lainnya untuk menunjang kebutuhan proses, pendingin, pemadam kebakaran, maupun kebutuhan rumah tangga pabrik. Berdasarkan hal tersebut, lokasi pabrik seharusnya dapat berdekatan dengan sumber air seperti sungai, laut, atau waduk sehingga dapat terjamin ketersediaannya. Selain itu, biaya produksi bisa menjadi lebih ekonomis. Kawasan industri Katibung, Lampung Selatan memiliki sumber air untuk memenuhi kebutuhan unit pendukung proses, yaitu air dari sungai Sekampung, sungai Kalibatu, dan sungai Way Galih. Untuk sumber energi utamanya yaitu energi listrik dapat dipenuhi dengan instalasi listrik bekerjasama dengan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

### 5. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik harus memperhatikan tenaga kerja yang meliputi tenaga kerja lokal serta tenaga kerja terampil dan berpengalaman di bidangnya. Jam kerja merupakan faktor penting dalam proses pembuatan. Produksi dapat

berjalan lancar dengan pendidikan tinggi dan terampil tenaga kerja. Pengoperasian toko akan membutuhkan banyak pekerjaan. Untuk itu akan membuka lapangan kerja khususnya bagi masyarakat di sekitar pabrik. Sehingga hal ini dapat mengurangi angka pengangguran di wilayah Lampung.

## I.4 Tinjauan Pustaka

### I.4.1 Dasar Reaksi

Hidrolisis pati merupakan proses dekomposisi kimia yang memisahkan air ikatan kimia suatu zat dengan air. Hidrolisis pati adalah proses penguraian molekul pati menjadi bahan penyusun yang tepat, seperti glukosa, isomaltosa, maltosa dan dekstrin.

#### a. Hidrolisis Asam

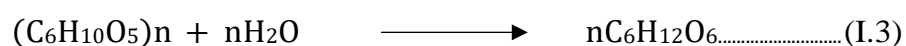
Asam biasanya berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air dari kadar asam yang encer. Pada hidrolisis asam, umumnya digunakan senyawa-senyawa seperti  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ , dan  $H_2C_2O_4$ . Senyawa  $H_2SO_4$  jarang dipakai karena harganya mahal, serta  $HCl$  lebih menguntungkan karena lebih reaktif dibandingkan  $H_2SO_4$ , dan lebih volatil (Mastuti, 2013).

Hidrolisis pati dengan asam dilakukan dengan menambahkan larutan asam ke dalam larutan pati yang telah ditambahkan air. Zat asam digunakan untuk mengatur pH. Proses hidrolisis ini membutuhkan suhu antara 80-145 °C dengan waktu reaksi selama 48 jam (Rosadi & Setiawan, 2022), sehingga harus dilakukan pemanasan antara suhu tersebut untuk proses hidrolisis yang optimal.

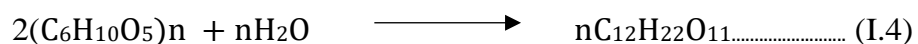
Setelah itu dilakukan proses netralisasi dengan larutan basa supaya pH mencapai 2,5. Larutan yang sudah netral kemudian dijernihkan dengan cara menambahkan larutan *bleaching agent* yaitu karbon aktif, koalin, dan lain-lain. Setelah itu dilakukan penyaringan untuk memisahkan kotoran. Untuk mendapatkan sirup glukosa dengan kepekatan yang diinginkan dapat dilakukan dengan cara pemekatan pada evaporator (Shenck & Herbeda, 1992).

Reaksi yang terjadi:

#### 1. Reaksi utama asam



#### 2. Reaksi samping asam





Miller dan Whistler (2009), bahan baku berupa pati dicampur dengan air ke dalam tangki dengan penambahans CaCl<sub>2</sub> sebagai aktivator. Selanjutnya larutan dipanaskan dengan suhu 140 - 160°C dan tekanan operasi 5,4 atm yang ditentukan hingga konversi yangdiharapkan tercapai (>50%). Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari proses hidrolisis asam :

Keuntungan

1. Bahan pembuatan (Asam) mudah didapatkan dan harganya murah.

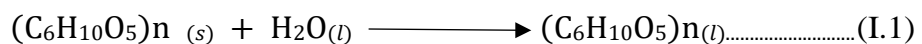
Kerugian

1. Penggunaan bahan pembuatan (Asam) beresiko besar terhadap Kesehatan pekerja dan lingkungan, serta mempunyai sifat eksplosif.
2. Biaya untuk pembuatan peralatan mahal, dikarenakan peralatan yang dibutuhkan harus tahan terhadap korosi (Kartika et al., 2019).

b. Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis enzim dilakukan menggunakan bantuan enzim *α-amilase* dan enzim *glukoamilase (amiloglukosidase)*. Enzim *α-amilase* digunakan pada proses likuifikasi, sedangkan enzim *glukoamilase* digunakan pada proses sakarifikasi (Risoyatiningsih. 2011). Liquifikasi merupakan pemutusan rantai polisakarida menjadi dextrin yang dibantu dengan enzim *α-amilase* dan katalisator berupa CaCl<sub>2</sub>. Sedangkan sakarifikasi merupakan proses hidrolisis dextrin menjadi glukosa yang bantu dengan enzim *glukoamilase (amiloglukosidase)* dan katalisator berupa HCl (Whitaker, 1996).

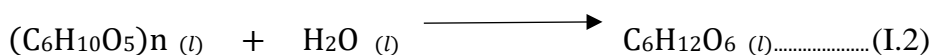
*α-amilase*



(Pati (Amilosa)                      (Air)    (Dextrin)

Reaksi yang terjadi pada saat proses Sakarifikasi:

*glukoamilase*



(Dextrin)                                      (Air)    (Glukosa)

Pada proses hidrolisis enzimatis terdapat faktor yang mempengaruhiseperti



suhu, pH, serta konsentrasi enzim dan substrat. Proses liqifikasi suhu yang diperlukan sebesar 105°C dengan transisi ke proses sakarifikasi 95°C dan proses sakarifikasi 60°C. Untuk pH yang diperlukan berkisar 4,5-6. Sedangkan konsentrasi substrat dan enzim yang tinggi akan mempengaruhi kecepatan reaksi dan yield yang dihasilkan, semakin tinggi konsentrasinya semakin cepat reaksi dan banyak *yield* glukosa dan fruktosa yang dihasilkan (Budiarti, 2016). Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari proses hidrolisisenzimatis

#### Keuntungan hidrolisis enzim

1. Dekstrosa Ekuivalen (DE) yang dihasilkan mencapai 98%, dimana hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan hidrolisis asam.
2. Dibandingkan dengan hidrolisis asam, kemurnian produk yang dihasilkan dengan menggunakan hidrolisis enzim lebih tinggi.
3. Sirup yang dihasilkan dengan hidrolisis enzim komposisinya lebih stabil
4. Tidak mudah mengakibatkan korosi pada peralatan.
5. Dibandingkan dengan menggunakan asam, proses lebih sederhana.
6. Operasinya tidak butuh tenaga banyak dikarenakan peralatan yang dipakai tidak rumit dan lebih sederhana.

#### Kerugian hidrolisis enzim:

1. Enzim yang dipakai harus impor.
2. Kondisi operasi berbeda untuk setiap enzim, supaya tercapai konversi produk yang diinginkan (Kartika et al., 2019).

#### c. Hidrolisis Asam-Enzim

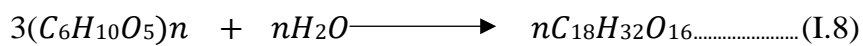
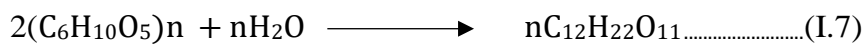
Pada metode ini, hidrolisis dilakukan secara parsial. Hidrolisis parsial merupakan reaksi penguraian sebagian komponen ion garam oleh air. Hidrolisis enzim dan asam pada pati merupakan hidrolisis yang mengkombinasikan enzim dan asam, dengan tahap awal menggunakan asam, dilanjutkan dengan proses sakarifikasi menggunakan enzim *glukoamilase*. Pada pengoperasiannya proses hidrolisis enzim dan asam memerlukan control yang ekstra.

Hidrolisis pati dengan enzim dan asam membutuhkan pH dan suhu yang sesuai dalam pengoperasiannya. Konversi enzim dilakukan di pH 4,5-7 dan suhu optimum 50-60°C (Kirk-Othmer, 2000). Komposisi dari hidrosilat bergantung

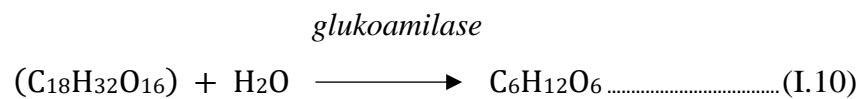
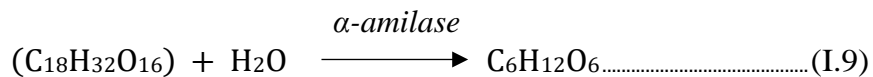
pada pengaturan dari kondisi mula-mula hidrolisis asam mula-mula, dan tipe enzim serta tingkat sakarifikasi enzim  $\alpha$ -amilase dan enzim *glukoamilase*.

Reaksi yang terjadi:

1. Reaksi yang terjadi dengan menggunakan katalis asam:



2. Reaksi yang terjadi dengan menggunakan katalis enzim:



Pada hidrolisis asam-enzim suhu yang digunakan berkisar 60-140°C dengan tekanan sebesar 1-3 atm. Hal ini disebabkan adanya penggunaan asam di liquifikasi dan enzim pada proses sakarifikasi. Sehingga kondisi operasi menyesuaikan katalis yang digunakan (Tjockroadikoesoemo, 1986). Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari proses hidrolisisenzim dan asam

Keuntungan:

1. Dekstrosa Ekuivalen (DE) yang dihasilkan bisa mencapai 90-92%.
2. Hidrolisa bisa berjalan lebih sempurna dikarenakan katalis yang dipakai yaitu 2 (asam dan enzim).

Kerugian:

1. Biaya produksi tinggi, dikarenakan memakai 2 katalis.
2. Kondisi operasi sulit tercapai, dikarenakan penyusaian suhu dan pH optimun dari masing-masing katalis (Kartika et al., 2019).

#### I.4.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan perbandingan proses hidrolisis dengan metode asam, enzimatik dan asam-enzim dalam tabel sebagai berikut

Tabel I. 4 Perbandingan Kondisi Operasi Pada Proses Hidrolisis

(Tjockroadikoesoemo, 1986)

Uraian	Hidrolisis		
	Asam	Enzim-Enzim	Asam-Enzim
Aspek dari segi teknis			
1. Operasi			
- Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> )	5,4	1-2,5	1,3
- Suhu (°C)	80-145	30-140	60-140
- pH	2,3	4,5-6	4,5-7
2. Proses			
- Konversi	30%-55%	66,08% - 98%	63%-80%
- Waktu reaksi	48 jam	72 jam	72 jam
- Reaksi samping	Ada	-	Ada
- Daya korosi	Tinggi	Rendah	Tinggi
3. Aspek Ekonomi			
- Kebutuhan asam	Banyak	Sedikit	Banyak
- Biaya peralatan	Mahal	Murah	Mahal
- Energi	Besar	Kecil	Besar
- Investasi	Tinggi	Rendah	Tinggi

(Sumber :Rosadi & Setiawan, 2022)

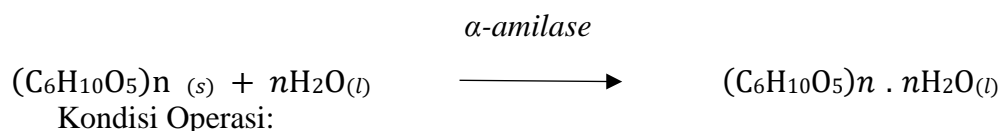
diketahui bahwa keuntungan dari menggunakan proses hidrolisis enzim-enzim dari pada hidrolisis yang lain yaitu:

1. Konversi yang dihasilkan dapat mencapai mencapai 98%, dimana hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan hidrolisis yang lain.
2. Biaya energi lebih rendah dibandingkan menggunakan hidrolisis yang lain karena suhu operasi lebih rendah.
3. Tidak mengakibatkan korosi pada peralatan.
4. Tidak terjadi reaksi samping.

### I.4.3 Tinjauan Kinetika

Reaksi hidrolisis pati berdasarkan hasil penelitian Yuniwati dkk, (2011) dengan suhu operasi 90°C dan tekanan 1 atm yaitu :

1. Reaksi liquifikasi



Kondisi Operasi:

Suhu = 90°C

Tekanan = 1 atm

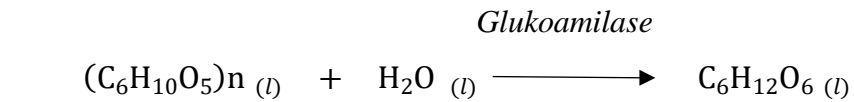
Orde reaksi = 0 (orde nol)

Konversi (XA) = 71,55%

Waktu reaksi = 2 jam

(Muliadi & Zahra, 2020)

## 2. Reaksi Sakarifikasi



Kondisi Operasi :

Suhu = 60°C

Tekanan = 1 atm

Orde reaksi = 0 (orde nol)

Konversi (XA) = 97 %

Waktu reaksi = 24 jam

(Muliadi & Zahra, 2020)

Dari kedua reaksi diatas didapatkan nilai konstanta kecepatan reaksi (k) hidrolisis pati menjadi glukosa diperoleh harga k sebagai fungsi suhu adalah sebagai berikut :

$$k = 1,0106 \times \exp\left(-\frac{1844}{RT}\right)$$

Keterangan

k : konstanta kecepatan reaksi/1 menit

T: suhu reaksi

Maka persamaan reaksinya sebagai berikut :

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A$$

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{dt} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = kt$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k(1 - X_A)$$

$$-\ln(1 - X_A) = kt$$

$$k = -\ln(1 - X_A)/t$$

Maka nilai k yang didapat untuk proses liquifikasi adalah 0,5487/jam dan pada proses sakarifikasi adalah 0,5193/jam.

#### I.4.4 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat reaksi yaitu eksotermis atau endotermis. Dimana cara menentukan sifatreaksi panas dapat menggunakan perhitungan standar ( $\Delta H_f^\circ$  pada P= 1 atm dan T =25°C) (Yaws, 1999).

Tabel I. 5 Data Panas Pembentukan

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/kmol)
(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> )	-958,6
H <sub>2</sub> O	-0,04427
(C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	-1262,2

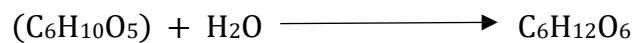
Sumber : Yaws, 1999

Panas Reaksi Standar ( $\Delta H_R^\circ$ )

Jika  $\Delta H_R^\circ$  = bernilai negative maka reaksi eksotermis

Jika  $\Delta H_R^\circ$  = bernilai positif maka reaksi endotermis

Maka  $\Delta H_R^\circ$  pada reaksi berikut yaitu :



$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H^\circ f (\text{produk}) - \sum \Delta H^\circ f (\text{reaktan})$$

$$\Delta H_R^\circ = (\Delta H^\circ f C_6H_{12}O_6) - (\Delta H^\circ f C_6H_{10}O_5 + \Delta H^\circ f H_2O)$$

$$\Delta H_R^\circ = (-1262,2) - (-958,6 + (-0,04427))$$

$$\Delta H_R^\circ = -1262,2 - (-958,6443)$$

$$\Delta H_R^\circ = -303,5557 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan  $\Delta H_{R_{298}}^\circ$  dari reaksi yang berlangsung menunjukkan hasil yang negatif, sehingga reaksi bersifat eksotermis.