

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Bengkuang**

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) berasal dari Amerika Tengah dan Selatan terutama di daerah Mexico. Suku Aztec menggunakan biji tanaman bengkuang ini sebagai obat-obatan. Kemudian pada abad ke-17, Spanyol menyebarkan tanaman ini ke daerah Philipina sampai akhirnya menyebar ke seluruh Asia dan Pasifik. Tanaman ini masuk ke Indonesia dari Manila melalui Ambon, dan sejak saat itulah bengkuang dibudidayakan di seluruh negeri. Bengkuang sekarang ini lebih banyak dibudidayakan di daerah Sumatera, Jawa dan Madura atau di dataran rendah (Vaughan and Geissler, 2009).

Tumbuhan bengkuang membentuk umbi akar (*cormus*) berbentuk bulat atau membulat seperti gasing. Kulit umbinya tipis berwarna kuning pucat dan bagian dalamnya berwarna putih dengan cairan segar agak manis. Daging umbi bagian dalam berwarna putih dan memiliki tekstur renyah berair. Umbi dengan kualitas baik beratnya mencapai 3 kg dengan rata-rata diameter 10-30 cm. Umbinya mengandung gula dan pati serta posfor dan kalsium. Umbi ini juga memiliki efek pendingin karena mengandung kadar air 86-90%. Rasa manis berasal dari suatu oligosakarida yang disebut inulin yang tidak bisa dicerna tubuh manusia. Sifat ini berguna bagi penderita diabetes atau orang yang berdiet rendah kalori (Fauzi, 2009).

Tanaman ini memiliki panjang 2-6 m, bentuk daun majemuk, dengan 3 sebaran per daun, banyak bunga dan sekali berbunga memiliki panjang hingga 55 cm. Bunga dari jenis polong-polongan ini memiliki kelopak biru atau putih buah legum, dengan panjang 6-13 cm dan lebar 8-17 mm serta berbulu ketika muda. Bentuk benih pipih, bulat, atau persegi, berwarna cokelat, hijau atau kemerahan. Ukuran umbi bervariasi sesuai dengan kondisi pertumbuhan (Hilman, 2012).

Umbi bengkuang tidak tahan terhadap suhu rendah, sehingga mudah mengalami kerusakan. Karena itulah, umbi sebaiknya disimpan pada tempat

kering bersuhu maksimal 16°C. Umbi bengkuang dapat bertahan sekitar dua bulan dengan penyimpanan pada kelembaban dan suhu yang sesuai (Astawan, 2009).

### 2.1.1 Klasifikasi

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dikenal dari umbi (*cormus*) putihnya yang bisa dimakan sebagai komponen rujak dan asinan atau dijadikan masker untuk menyegarkan wajah dan memutihkan kulit. Tumbuhan yang berasal dari Amerika tropis ini termasuk dalam suku polong-polongan atau *Fabaceae*. Di tempat asalnya, tumbuhan ini dikenal sebagai xicama atau jicama. Orang Jawa menyebutnya sebagai besusu (Hilman, 2012).

Menurut Lingga (1986), bengkuang termasuk tanaman merambat, dengan cara melilitkan dirinya. Tanaman bengkuang berbunga kupu-kupu dan berdaun majemuk. Daun bengkuang berwarna hijau tua dan berbentuk mirip jagung. Bunga bengkuang berwarna biru keunguan dan tersusun indah dalam tangkai yang memanjang.



Sumber: Rahayu, 2014

**Gambar 2.1** Bengkuang

Menurut Rahayu (2014) taksonomi dari tanaman bengkuang adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)  
Divisio : *Magnoliophyta* (berbunga)  
Kelas : *Magnoliopsida* (dikotil)

Ordo : *Fabales*  
Familia : *Fabaceae* (umbi-umbian)  
Super Familia : *Faboidea*  
Genus : *Pachyrizus*  
Species : *Pachyrizus erosus*

Produk utama tanaman bengkuang adalah umbinya yang berwarna putih dan mengandung banyak air. Umbi ini biasanya di panen pada umur tanam 4-6 bulan yaitu ketika diameternya mencapai 10-15 cm dan beratnya sekitar 2 kg. Pada kondisi ini umbi bengkuang akan mempunyai tekstur yang renyah, citarasa yang manis dengan *flavor* yang disukai.

### 2.1.2 Komposisi Kimia Buah Bengkuang

Bengkuang merupakan buah yang kaya akan berbagai zat gizi yang sangat penting untuk kesehatan terutama vitamin dan mineral. Vitamin yang terkandung dalam bengkuang yang paling tinggi adalah vitamin C. Kandungan vitamin C yang cukup tinggi (20 mg/100 g), memungkinkan bengkuang digunakan sebagai antioksidan yang potensial untuk menangkal serangan radikal bebas penyebab kanker dan penyakit degeneratif (Astawan, 2009).

Mineral yang terkandung dalam bengkuang adalah fosfor, zat besi, kalsium, dan lain-lain. Bengkuang juga merupakan buah yang mengandung kadar air yang cukup tinggi sehingga dapat menyegarkan tubuh setelah mengkonsumsinya dan menambah cairan tubuh yang diperlukan untuk menghilangkan deposit-deposit lemak yang mengeras yang terbentuk dalam beberapa bagian tubuh. Oleh karena itu, bengkuang dianggap dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Rahayu, 2014).

Umbi merupakan bagian yang paling banyak di konsumsi dari tanaman bengkuang. Bagian dalam umbi bengkuang mengandung gula, pati, dan oligosakarida yang dikenal dengan inulin (Hidayat, 2006). Menurut Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1992) komposisi kimia bengkuang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Bengkuang (per 100 g bahan)

Kandungan Zat Gizi	Satuan	Jumlah
Energi	Kkal	55,00
Protein	g	1,40
Lemak	g	0,20
Karbohidrat	g	12,80
Kalsium	mg	15,00
Fosfor	mg	18,00
Besi	mg	0,60
Vitamin C	mg	20,00
Vitamin B1	µg	0,04
Vitamin A	IU	0,00
Air	g	85,10

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1992

### 2.1.3 Kandungan Gizi dan Manfaat Bengkuang

Bagian umbi bengkuang yang dikonsumsi dari tanaman bengkuang yang mengandung gula, pati dan oligosakarida yang dikenal dengan nama inulin. Inulin berfungsi sebagai prebiotik karena sebagai komponen serat pangan larut yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan, tetapi difermentasi oleh mikroflora kolon (usus besar) sehingga inulin dapat memperlancar proses pencernaan (Rimbawan, 2013). Inulin bukan hanya serat pangan prebiotik, tapi juga karbohidrat rendah kalori, yaitu 1,5 kkal/gram. inulin melewati mulut, lambung, dan usus halus tanpa dimetabolisme, sehingga cocok dikonsumsi penderita diabetes (Handayani, 2014).

Serat dan inulin dapat memperbaiki kadar glukosa darah karena sama-sama berperan sebagai prebiotik dimana tidak dapat dimetabolisme oleh tubuh akan tetapi dapat difermentasi oleh usus besar, sehingga waktu transit makanan lebih pendek dan membuat rasa kenyang yang dirasakan lebih lama dan juga serat dan inulin dapat mengikat karbohidrat, sehingga tubuh lambat menghasilkan glukosa darah.

Komposisi kimia pada bengkuang dapat memungkinkan bahwa umbi bengkuang digunakan sebagai obat, baik obat luar maupun obat dalam. Untuk obat luar, bengkuang dijadikan masker wajah yang memberikan kesegaran pada

kulit wajah. Untuk obat dalam, bengkuang dapat mengatasi penyakit diabetes mellitus, demam, eksim, sariawan dan wasir.

Kandungan mineral kalsium pada bengkuang bermanfaat untuk kesehatan tulang dan gigi, mencegah terjadinya keropos tulang (*osteoporosis*), melenturkan otot, menyetimbangkan tingkat keasaman darah, menurunkan resiko kanker usus, mencegah penyakit jantung, meminimalkan penyusutan tulang saat hamil dan menyusui, serta menjaga kesetimbangan cairan tubuh. Sementara kandungan fosfornya bermanfaat untuk memperbaiki fungsi saraf dan otot, membantu penyerapan lemak di usus, mengoptimalkan fungsi jantung dan ginjal, atau dapat mengatasi kelelahan (Dike, 2011).

## **2.2 Jenis-jenis Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*)**

Varietas yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah bengkuang gajah dan bengkuang badur. Perbedaan di antara kedua jenis bengkuang ini adalah waktu panennya.

Varietas bengkuang gajah dapat dipanen ketika usia tanam memasuki empat sampai lima bulan. Varietas bengkuang badur memiliki waktu panen lebih lama. Jenis ini baru dapat dipanen ketika tanamannya berusia tujuh sampai sebelas bulan.

Bila diperhatikan bentuk umbinya, bengkuang terdiri dari dua macam yaitu bulat pipih dan bulat panjang. Umbi yang berbentuk bulat pipih lebih baik daripada yang berbentuk bulat panjang. Kelebihan umbi yang bentuknya bulat pipih antara lain kulitnya tipis, mudah dikupas, berwarna putih, memiliki banyak kandungan air, sedikit serat, mudah dipecah dan rasanya manis. Sedangkan umbi yang berbentuk bulat panjang kulitnya lebih tebal, sulit dikupas, berwarna sedikit kekuningan, berkadar air rendah, berserat, sulit dipecah dan rasanya tawar (Supriyono, 1993).

## **2.3 Gula**

Menurut Darwin (2013), gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi.

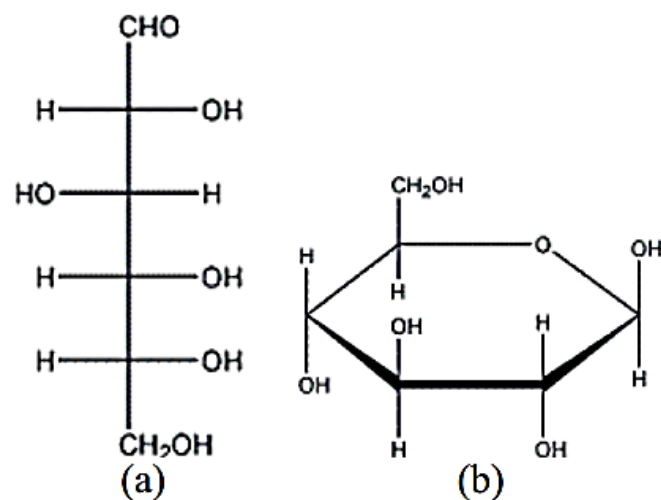
Karbohidrat merupakan senyawa yang terbentuk dari molekul karbon, hidrogen dan oksigen. Fungsi utama karbohidrat adalah penghasil energi di dalam tubuh. Tiap 1 gram karbohidrat yang dikonsumsi akan menghasilkan energi sebesar 4 kkal. Gula sederhana, seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Secara umum, gula dibedakan menjadi dua yaitu monosakarida dan disakarida.

### 2.3.1 Monosakarida

Monosakarida merupakan jenis karbohidrat sederhana yang terdiri dari 1 gugus cincin. Monosakarida yang banyak terdapat di dalam sel tubuh manusia adalah glukosa, fruktosa dan galaktosa. Selain sebagai molekul tunggal, monosakarida juga berfungsi sebagai molekul dasar bagi pembentukan senyawa karbohidrat kompleks pati.

#### 1. Glukosa

Glukosa di dalam industri pangan lebih dikenal sebagai dekstrosa. Di alam, glukosa banyak terkandung di dalam buah-buahan, sayuran dan juga sirup jagung. Glukosa merupakan komponen utama gula darah, menyusun 0,065 – 0,11 % darah. Glukosa dapat terbentuk dari hidrolisis pati, glikogen, dan maltosa. Glukosa adalah merupakan salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama dalam tubuh (Budiman, 2009).

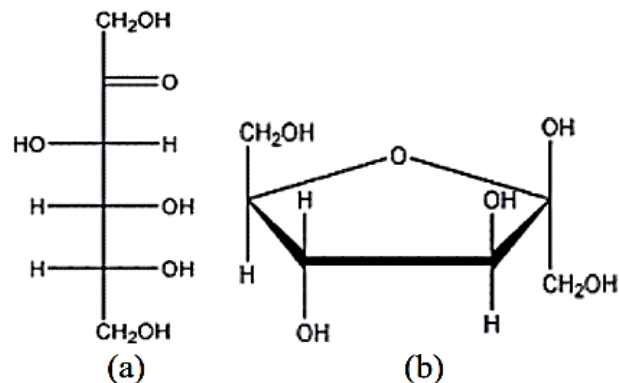


Sumber: Budiman, 2009

**Gambar 2.2** a. Struktur glukosa rantai lurus, b. Struktur glukosa berbentuk cincin

## 2. Fruktosa

Fruktosa merupakan satu-satunya heksulosa yang terdapat di alam. Fruktosa merupakan gula termanis, terdapat dalam madu dan buah-buahan bersama glukosa. Fruktosa dapat terbentuk dari hidrolisis suatu disakarida yang disebut sukrosa. Fruktosa adalah salah satu gula pereduksi (Budiman, 2009).

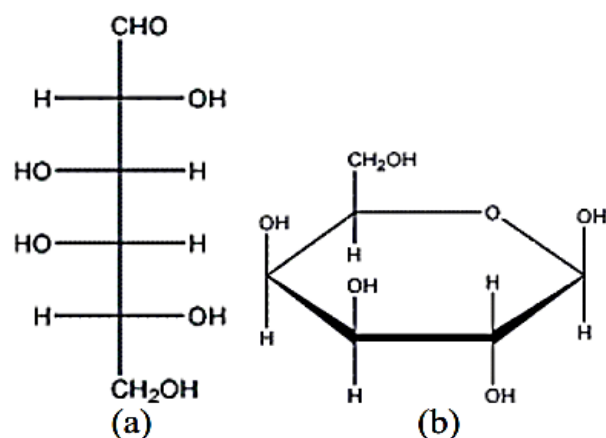


Sumber: Budiman, 2009

**Gambar 2.3** a. Struktur fruktosa rantai lurus, b. Struktur fruktosa berbentuk cincin

## 3. Galaktosa

Galaktosa merupakan monosakarida yang jarang terdapat bebas di alam. Umumnya berikatan dengan glukosa dalam bentuk laktosa, yaitu gula yang terdapat dalam susu. Galaktosa mempunyai rasa yang kurang manis jika dibandingkan dengan glukosa dan kurang larut dalam air (Budiman, 2009).



Sumber: Budiman, 2009

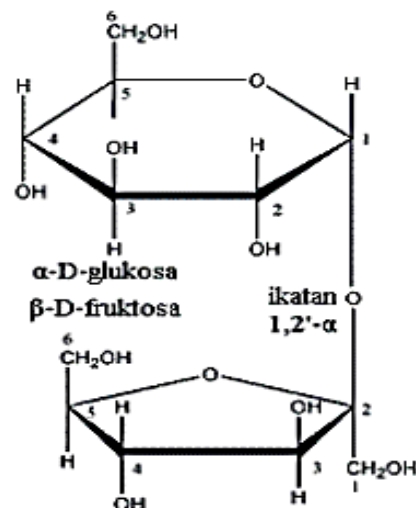
**Gambar 2.4** a. Struktur galaktosa rantai lurus, b. Struktur galaktosa berbentuk cincin

### 2.3.2 Disakarida

Disakarida merupakan jenis karbohidrat yang banyak dikonsumsi oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Setiap molekul disakarida akan terbentuk dari gabungan 2 molekul monosakarida. Contoh disakarida yang umum digunakan adalah sukrosa (gabungan glukosa dan fruktosa), laktosa (gabungan dari glukosa dan galaktosa) dan maltosa (gabungan dari dua glukosa).

#### a. Sukrosa

Sukrosa terdapat dalam gula tebu dan dalam kehidupan sehari-hari sukrosa dikenal dengan gula pasir. Sukrosa tersusun oleh molekul glukosa dan fruktosa yang dihubungkan oleh ikatan 1,2- $\alpha$  (Budiman, 2009).



Sumber: Budiman, 2009

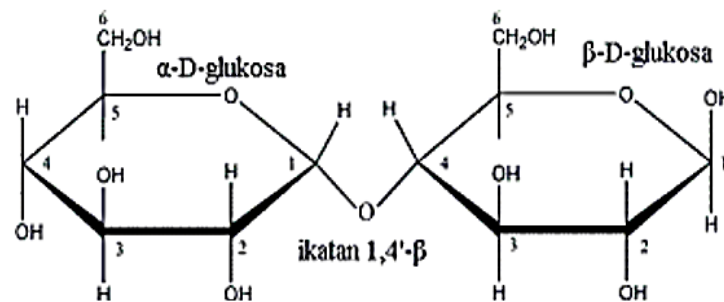
**Gambar 2.5** Struktur Sukrosa

Sukrosa terhidrolisis oleh enzim invertase menghasilkan  $\alpha$ -D-glukosa dan  $\beta$ -D-fruktosa. Campuran gula ini disebut gula inversi, lebih manis daripada sukrosa.

#### b. Maltosa

Maltosa adalah suatu disakarida dan merupakan hasil dari hidrolisis parsial tepung (amilum). Maltosa tersusun dari molekul  $\alpha$ -D-glukosa dan  $\beta$ -D-glukosa. Satu molekul maltosa terhidrolisis menjadi dua molekul glukosa (Budiman, 2009).



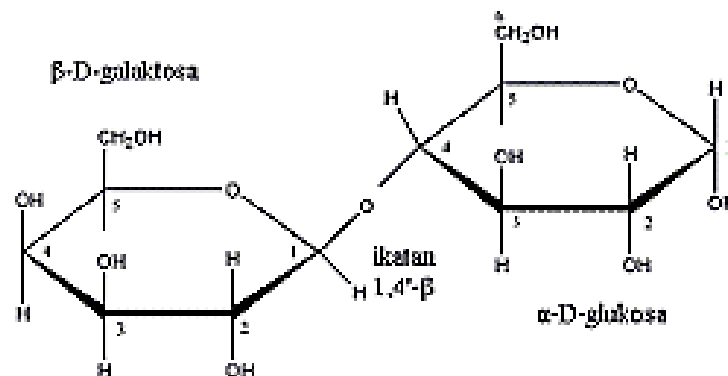


Sumber: Budiman, 2009

**Gambar 2.6** Struktur Maltosa

#### c. Laktosa

Laktosa merupakan disakarida yang merupakan gabungan dari galaktosa dan glukosa. Laktosa merupakan karbohidrat yang banyak terdapat di dalam susu sapi dengan konsentrasi 6,8 g/ 100 ml.



Sumber: Budiman, 2009

**Gambar 2.7** Struktur Laktosa

## 2.4 Jenis-jenis Produk Gula

Menurut Darwin (2013), gula terbagi beberapa jenis, yaitu :

#### a. Gula Pasir

Gula pasir adalah jenis gula yang paling mudah dijumpai, digunakan sehari-hari untuk pemanis makanan dan minuman. Gula pasir berasal dari cairan sari tebu. Setelah dikristalkan, sari tebu akan mengalami kristalisasi dan berubah menjadi butiran gula berwarna putih bersih atau putih agak kecoklatan.

b. Gula Pasir Kasar (*Crystallized Sugar*)

Gula jenis ini memiliki tekstur yang lebih besar dan kasar dari gula pasir pada umumnya. Gula jenis ini dijual dengan aneka warna di pasaran dan sering digunakan sebagai bahan taburan karena tidak meleleh saat di oven.

c. Gula Balok atau Gula Dadu

Gula balok terbuat dari sari tebu. Bentuknya menyerupai balok dadu dengan warna putih bersih. Biasanya gula jenis ini digunakan sebagai campuran minuman kopi atau teh.

d. Gula Bubuk atau *Icing Sugar* (*Confection Sugar*)

Gula ini memiliki tekstur terhalus dalam jenis gula putih. *Icing Sugar* merupakan campuran dari gula pasir yang digiling hingga halus sehingga terbentuk tepung gula dan ditambahkan tepung maizena agar tidak mudah menggumpal.

e. Gula Batu

Gula batu diperoleh dari pengolahan gula pasir biasa agar mudah larut, bentuknya merupakan bongkahan gula menyerupai batu berwarna putih, dimana tingkat kemanisan gula batu lebih rendah dibanding gula pasir, hampir 1/3 dari gula pasir. Bagi pankreas dan organ tubuh, gula batu lebih sehat dan bersahabat dibanding dengan gula pasir.

f. *Brown Sugar*

*Brown sugar* terbuat dari tetes tebu, namun dalam proses pembuatannya dicampur dengan molase sehingga menghasilkan gula berwarna kecoklatan. Gula ini terbagi menjadi dua jenis yaitu *light* dan *dark brown sugar*. *Light brown sugar* biasanya digunakan dalam pembuatan kue, seperti *butterscotch*, kondimen dan *glazes*. *Dark brown sugar* biasanya digunakan untuk membuat *gingerbread* dan bahan tambahan untuk makanan seperti *mincemeat*, *baked bean*, dll.

g. Gula Merah

Gula merah terbuat dari air sadapan bunga pohon kelapa atau air nira kelapa, sering juga disebut gula Jawa. Teksturnya berupa bongkahan berbentuk silinder dan berwarna coklat. Biasanya digunakan dalam bahan pemanis makanan dan minuman dengan cara diiris tipis.

#### h. Gula Aren

Bentuk, tekstur, warna dan rasanya mirip dengan gula merah, yang membedakan hanya bahan bakunya. Gula aren terbuat dari air nira yang disadap pohon aren, tanaman dari keluarga *palm*. Proses pembuatan gula aren umumnya lebih alami, sehingga zat-zat tertentu yang terkandung di dalamnya tidak mengalami kerusakan dan tetap utuh.

#### i. *Corn Syrup*

*Corn syrup* merupakan produk sampingan dalam pengolahan jagung. Rasanya tidak semanis sirup gula. Dibuat dari pati jagung dengan menambahkan sejenis enzim sehingga berbentuk sirup kental. Ada 2 jenis *corn syrup*, yaitu *light corn syrup* dan *dark corn syrup*.

#### j. *Golden Syrup*

*Golden syrup* adalah sirup dengan warna kuning keemasan yang dibuat dari ampas molasses.

#### k. *Simple Syrup*

*Simple syrup* adalah sirup hasil campuran gula dengan air yang perbandingannya 1:1.

Selain gula-gula alami, banyak juga gula-gula yang terbuat dari proses kimiawi yang dijual di pasaran. Menurut Darwin (2013) ada 3 jenis gula buatan yaitu :

#### a. *High Fructose Corn Syrup* ( $C_6H_{12}O_6$ )

Gula jenis ini terbuat dari tepung jagung sebagai bahan baku, memiliki tekstur cair seperti *syrup*. Gula jagung memiliki tingkat kemanisan yang sangat tinggi yaitu 1,8 kali dibandingkan dengan gula biasa. Dimana rasa manis tersebut akan meningkatkan rasa lapar sehingga tubuh menginginkan karbohidrat berlebih.

#### b. *Sorbitol, Sadiatol dan Mannitol* ( $C_6H_{14}O_6$ )

Gula jenis ini terdapat dalam permen bebas gula, obat batuk, serta makanan dan minuman berlabel “diet”. Gula buatan ini akan menghambat proses metabolisme alami tubuh karena tidak dapat dicerna secara baik oleh tubuh.

c. *Saccharine* ( $C_7H_5NO_3S$ ) dan *Aspartame* ( $C_{14}H_{18}N_2O_5$ )

Gula jenis ini sering digunakan dalam minuman rendah kalori dan rendah gula. Keduanya mengandung kalori yang rendah, namun memiliki tingkat kemanisan yang tinggi.

## 2.5 Sirup Glukosa

Sirup glukosa ialah suatu larutan kental termasuk golongan monosakarida yang diperoleh dari pati dengan cara hidrolisis lengkap dengan menggunakan katalis asam atau enzim, selanjutnya dimurnikan serta dikentalkan. Untuk memperoleh gula glukosa dapat ditempuh dengan jalan memasak pati ke dalamnya dan ditambahkan sejumlah kecil zat kimia (HCl). Dengan pemasakan itu akan diperoleh suatu cairan yang rasanya manis, yang disebabkan karena sebagian besar dari pati yang ada telah diubah menjadi gula (glukosa).

Menurut SNI 01-2978-1992, sirup glukosa adalah cairan jernih dan kental dengan komponen utamanya glukosa, yang diperoleh dari hidrolisis pati dengan cara kimia atau enzimatik. Sirup glukosa merupakan substansi kompleks yang terdiri dari dekstrin, maltosa, dekstrosa dan berbagai oligosakarida yang mempunyai sifat viskous dan tidak berwarna. Sirup glukosa mengandung D-glukosa, maltose, dan poimer D-glukosa dibuat melalui proses hidrolisis pati. Bahan baku yang dapat digunakan adalah bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu dan jagung (Oesman, 2009).

Sirup glukosa merupakan cairan kental dengan derajat kemanisan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan sukrosa. Sirup glukosa bukan merupakan produk murni tetapi masih mengandung dekstrin dan maltosa. Perbedaan sirup glukosa dengan gula pasir atau sukrosa yaitu sukrosa merupakan gula disakarida, terdiri atas ikatan glukosa dan fruktosa, sedangkan sirup glukosa adalah monosakarida, terdiri atas satu monomer yaitu glukosa. Sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam atau dengan cara enzim.

Sirup glukosa telah dimanfaatkan oleh industri permen, minuman ringan (*soft drink*), biskuit dan sebagainya. Pada pembuatan produk es krim, glukosa dapat meningkatkan kehalusan tekstur dan menekan titik beku dan untuk kue

dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama dan mengurangi keretakan. Untuk permen, glukosa lebih disenangi karena dapat mencegah kerusakan mikrobiologis dan memperbaiki tekstur (Dziedzic, 1984).

Penggunaan sirup glukosa di industri pangan dan minuman mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan gula lain, yaitu memperbaiki rasa dan penampakan produk akhir, memperbaiki konsistensi produk akhir, memperbaiki daya awet produk, dan mempunyai tingkat keamanan yang tinggi (Mangunwidjaja, 1993).

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Sirup Glukosa SNI No. 01-3544-1994

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
	1. Aroma	-	Normal
	2. Rasa	-	Normal
2	Bahan Tambahan Makanan :		
	1. Pemanis buatan		Tidak boleh ada
3	Cemaran Logam		
	1. Timah (Pb)	mg/kg	Maks 10
	2. Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 10
	3. Seng (Zn)	mg/kg	Maks 25
	4. Arsen (As)	mg/kg	Maks 0,5
4	Cemaran Mikroba		
	1. E. Coli	APM/ml	<3
	2. Salmonella	Koloni/ml	Negatif
	3. Kapang	Koloni/ml	Maks 50
	4. Khamir	Koloni/ml	Maks 50

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 1994

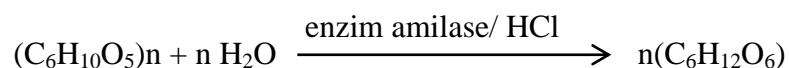
**Tabel 2.3** Faktor-faktor Mutu Sirup Glukosa SNI No. 01-2978-1992

Faktor Utama	Syarat
Kadar Air	Tidak lebih dari 20%
Kadar Abu	Tidak lebih dari 1%
Kadar Gula (Glukosa)	Tidak kurang dari 30%
Bau	Tidak berbau
Rasa	Manis
Warna	Tidak Berwarna
Pati	Tidak ada

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 1992

## 2.6 Hidrolisis

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi antara air dan pati berlangsung sangat lambat, maka untuk memperbesar kecepatan reaksinya diperlukan penambahan katalisator. Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi tidak ikut bereaksi pada prosesnya secara keseluruhan. Penambahan katalisator ini berfungsi untuk memperbesar keaktifan air, sehingga reaksi hidrolisis tersebut berjalan lebih cepat (Haslina, 2015). Katalisator yang dapat digunakan adalah katalis asam dan enzim. Untuk mengubah pati menjadi gula diperlukan proses hidrolisis melalui reaksi sebagai berikut:



### 2.6.1 Hidrolisis Asam

Pada umumnya asam yang banyak digunakan pada industri bahan pangan adalah HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, misalnya pada hidrolisis gluten menjadi monosodium glutamate, hidrolisis pati menjadi glukosa sedangkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> banyak digunakan pada hidrolisis senyawa organik. Pada hidrolisis pati dengan asam, molekul pati akan dipecah secara acak oleh asam dan gula yang dihasilkan sebagian besar merupakan gula pereduksi (Endah, 2009).

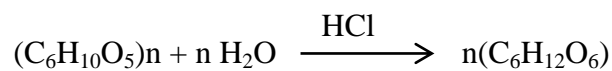
Pembuatan glukosa melalui hidrolisis pati dengan asam mempunyai kelebihan dan kekurangannya yaitu (Endah, 2009):

1. Kelebihan :
  - a. Bahan baku mudah didapat.
  - b. Tidak menggunakan enzim sehingga menghemat biaya.
  - c. Peralatan tidak rumit sehingga operasi tidak butuh tenaga banyak.
  - d. Cocok untuk kondisi kritis saat ini karena seluruh bahan tersedia di dalam negeri.
  
2. Kekurangan :
  - a. Pemakaian asam menyebabkan korosi peralatan.

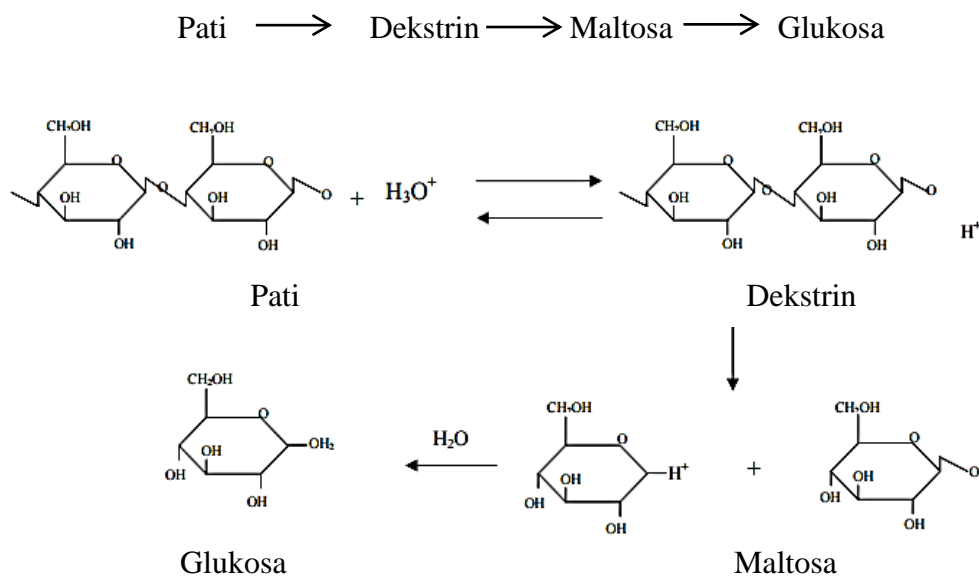
- b. Menghasilkan produk dengan rasa dan warna yang buruk karena asam memiliki sifat sangat reaktif.
- c. Proses pemurnian produk sulit.

Metode hidrolisis asam akan menghasilkan sirup dengan nilai DE (*dextrose equivalen*) rendah, karena hidrolisis asam ini berlangsung secara acak di dalam menghidrolisa struktur molekul pati menjadi molekul monosakarida dan oligosakarida lainnya. Di samping itu sirup yang dihasilkan akan cenderung berwarna kuning (Mayasari, 2007).

Hidrolisis pati dapat dilakukan oleh asam atau enzim. Jika pati dipanaskan dengan asam akan terurai menjadi molekul-molekul yang lebih kecil secara berurutan dan hasil akhirnya adalah glukosa.



Ada beberapa tingkatan dalam reaksi hidrolisis tersebut, yaitu molekul pati mula-mula pecah menjadi unit rantai glukosa yang lebih pendek (6-10 molekul) yang disebut dekstrin. Dekstrin kemudian pecah menjadi maltosa (dua unit glukosa) yang selanjutnya dipecah lagi menjadi unit terkecil glukosa (Mayasari, 2007).



Sumber: Parmadi, 2006

**Gambar 2.8** Mekanisme Reaksi Hidrolisis Asam

Derajat konversi pati menjadi dekstrin, maltosa dan glukosa tergantung pada konsentrasi asam, waktu, suhu, dan tekanan selama proses hidrolisis berlangsung. Bila hidrolisis pati dilakukan pada suhu, konsentrasi asam dan tekanan yang tetap (konstan) maka semakin lama waktu hidrolisa, kadar glukosa yang dihasilkan semakin meningkat sehingga dapat mempengaruhi sirup yang akan dihasilkan (Mayasari, 2007).

Hidrolisa dengan menggunakan asam menyebabkan gelatinasi sempurna dari semua pati akan tetapi didapat produk reverse yaitu garam-garam dan timbulnya warna akibat kerja katalitik spesifik. Pati yang derajat kemurniannya kurang, mengandung kontamin protein yang akan ikut terhidrolisis bila digunakan asam, hal ini merupakan penyebab timbulnya warna coklat pada produk.

Hidrolisa dengan katalis asam sangat korosif (dapat menyebabkan karat) dan butuh energi tinggi, namun dapat menghasilkan derajat konversi pati menjadi glukosa yang lebih tinggi daripada proses enzimatik sedangkan proses hidrolisis enzimatik dapat mencegah penyimpanan warna dan bau dengan penggunaan energi yang lebih rendah.

Proses hidrolisis asam dipengaruhi oleh ukuran bahan, konsentrasi asam, suhu, waktu, ratio bahan dan pengadukan (Endah, 2009). Semakin halus ukuran bahan permukaan bidang kontak akan semakin luas sehingga kecepatan reaksi akan bertambah cepat dan akan memperbesar konversi reaksi. Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi. Selain dapat menambah laju proses hidrolisis, konsentrasi asam yang tinggi juga akan mengakibatkan terikatnya ion-ion pengontrol seperti  $\text{SiO}_2$ , fosfat, dan garam-garam seperti Ca, Mg, Na, dan K dalam pati. Oleh karena itu, diperlukan perbandingan yang sesuai antara pati yang akan dihidrolisis dengan konsentrasi asam yang ditambahkan. Suhu berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar sehingga reaksi dapat semakin cepat.

### **2.6.2 Hidrolisis Enzimatis**

Enzim adalah zat organik yang dihasilkan oleh sel hidup baik tanaman, hewan maupun mikroorganisme. Penggunaan enzim sebagai penghidrolisa

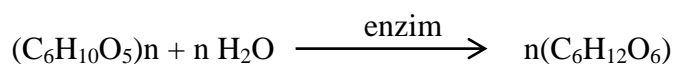


menghasilkan produk lebih murni, biaya pemurnian yang lebih murah dan tanpa produk samping yang berbahaya namun biaya produksi tinggi karena harga dari enzim lebih mahal jika dibandingkan dengan asam.

Dalam proses hidrolisis pati secara enzimatik, terdapat beberapa enzim penghidrolisis pati yang bekerja spesifik yaitu ikatan glikosidik yang diputus, pola pemutusan, aktivitasnya dan spesifitas substrat serta produk yang dihasilkan. Tingginya keragaman jenis pati dan spesifiknya kerja enzim penghidrolisis pati, maka produk yang dibentuk akan mempunyai komposisi karbohidrat yang beragam.

Pada hidrolisis pati dengan metode enzimatik dapat dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu likuifikasi, sakarifikasi dan isomerisasi. Langkah yang pertama adalah likuifikasi 30-40% suspensi padatan untuk menghasilkan maltodekstrin dengan menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase. Setelah likuifikasi dilakukan sakarifikasi menggunakan enzim glukoamilase untuk menghasilkan 19 sirup glukosa atau sirup maltosa. Hasil sakarifikasi dilakukan isomerisasi dengan enzim glukoisomerase untuk menghasilkan sirup fruktosa (Februadi, 2012).

Hidrolisis dengan enzim dapat menghasilkan dengan sifat-sifat tertentu yang didasarkan pada nilai DE (ekuivalen dekstrosa). Nilai DE 100 adalah murni dekstrosa sedangkan nilai DE 0 adalah pati alami. Hidrolisis dengan nilai DE 50 adalah maltosa, nilai DE di bawah 20 adalah maltodekstrin, sedangkan hidrolisis dengan DE berkisar antara 20-100 adalah sirup glukosa (Februadi, 2012).



Enzim yang dipakai sebagai katalisator umumnya berasal dari mikroorganisme, yaitu  $\alpha$ -amilase dan glukoamilase (amiloglukosidase). Untuk memecah amilosa dan amilopektin menjadi komponen gula-gula yang sederhana diperlukan hasil kerja beberapa macam enzim. Secara garis besar proses hidrolisa pati terbagi dalam dua tahapan, yaitu:

1. Tahapan pemecahan molekul-molekul pati menjadi dekstrin, disebut dekstrinisasi atau gelatinisasi. Dalam tahap ini yang berperan adalah enzim  $\alpha$ -

amilase. Alpha amilase ini hanya mampu memecah amilosa dan amilopektin pada ikatan 1-4 saja, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah dekstrin.

2. Tahap pemecahan lebih lanjut dari dekstrin menjadi glukosa, disebut sakarifikasi. Dalam tahap ini yang berperan adalah enzim amiloglukosidase, dimana enzim ini mampu memutuskan ikatan 1-6 sehingga diperoleh hasil akhir glukosa.

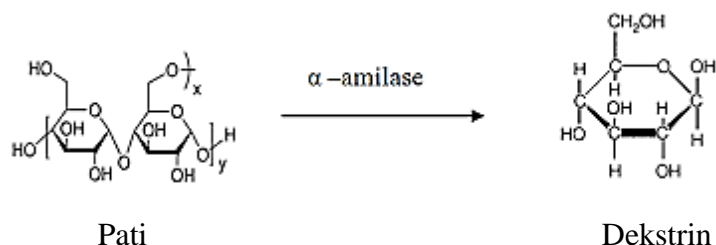
Enzim alpha amilase adalah salah satu enzim pemecah pati yang menghidrolisis ikatan alpha 1,4 glikosida baik pada amilosa maupun amilopektin secara acak. Karena pengaruh aktifitasnya, pati terputus-putus menjadi dekstrin dengan rantai sepanjang 6-10 unit glukosa. Jika waktu reaksi diperpanjang, dekstrin tersebut dapat dipotong-potong lagi menjadi campuran antara glukosa, maltosa, dan ikatan lain yang lebih panjang.

Hidrolisis amilosa oleh  $\alpha$ -amilase terjadi melalui dua tahap. Tahap pertama adalah degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak, sangat cepat dan diikuti penurunan viskositas. Tahap kedua merupakan proses degradasi yang relatif lebih lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir, dimulai dari ujung pereduksi secara teratur (Winarno, 1995).

Enzim  $\alpha$ -amilase yang diperoleh dari mikroba umumnya stabil pada pH 5,5-8,0 dan suhu optimumnya yaitu 80°C – 110°C. Enzim  $\alpha$ -amilase relatif tahan panas, tetapi tidak tahan terhadap pH rendah. Enzim  $\alpha$ -amilase dapat diisolasi dari berbagai sumber mikroorganisme seperti *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis*. Dalam hidrolisis pati,  $\alpha$ -amilase menghasilkan dekstrin yang merupakan substrat untuk tahap selanjutnya, yaitu enzim glukoamilase sehingga dengan mudah enzim ini mengkatalisis hidrolisis untuk menghasilkan glukosa.

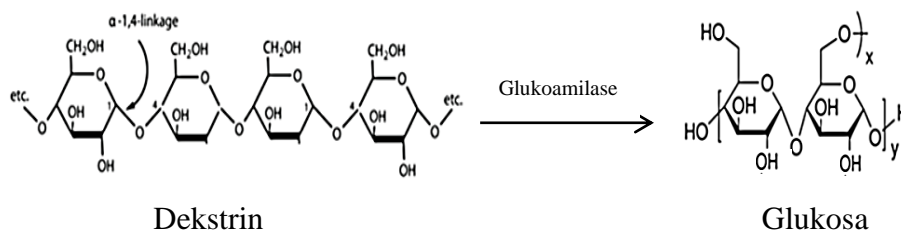
Enzim glukoamilase adalah salah satu yang berperan dalam proses sakarifikasi pati. Enzim ini memiliki peranan yang cukup besar di dalam metabolisme energi di berbagai jenis organisme. Enzim glukoamilase bersifat eksoamilase, yaitu dapat memotong ikatan  $\alpha$ -1,4 pada pati. Selain itu glukoamilase juga dapat memotong  $\alpha$ -1,6, sehingga molekul-molekul pati dapat dikonversikan menjadi molekul-molekul glukosa bebas. Enzim ini mempunyai

suhu optimum  $50^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$  dan pH optimum  $4,0 - 5,0$ . Enzim ini banyak ditemukan pada beragam jenis tanaman dan mikroorganisme seperti *Saccharomyces*, *Endomycopsis*, *Aspergillus*, *Penicillium* (Winarno, 1995).



Sumber: Winarno, 1995

**Gambar 2.9** Tahapan Gelatinasi atau Dekstrinisasi

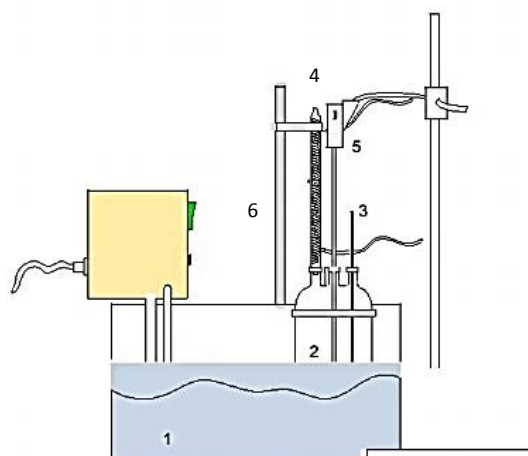


Sumber: Winarno, 1995

**Gambar 2.10** Tahapan Sakarifikasi

## 2.7 Alat-alat Hidrolisis

Pada Tahun 2014, Edi Sutanto dkk, dalam jurnalnya yang berjudul “Pembuatan Sirup Glukosa dari Tepung Sagu yang Dihidrolisis dengan Asam Klorida” (Jurnal Teknik Kimia Vol. 13, No. 1, 2014, 22-28) telah membuat sirup glukosa dengan bahan tepung sagu. Kondisi optimum pada pembuatan sirup glukosa dari tepung sagu yaitu pada waktu 30 menit, volume HCl 15 ml serta suhu  $125^{\circ}\text{C}$  yang menghasilkan sirup glukosa dengan konsentrasi glukosa yaitu 67,7%. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan reaktor termometer yang dapat dilihat pada Gambar 2.11. Pati sagu ditimbang sebanyak 25 gram, dimasukkan ke dalam ketel lalu ditambahkan 75 ml *aquadest* mendidih hingga terbentuk kanji kental. Kemudian ditambahkan asam klorida 0,5 N dengan variasi volume (10,15,20 ml). Ketel ditutup lalu dihidrolisis pada suhu 105, 115 dan  $125^{\circ}\text{C}$  dengan pengadukan 200 rpm selama waktu reaksi (15, 30, 45 menit).



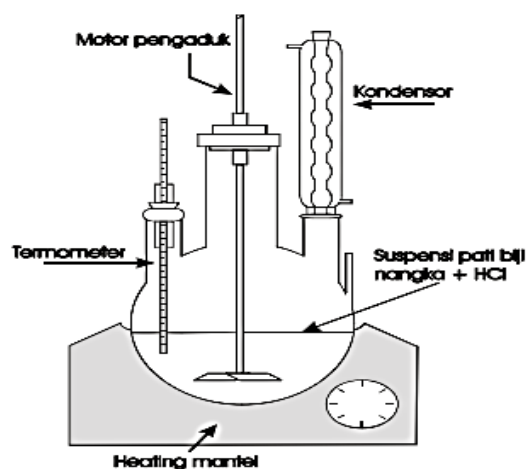
Keterangan:

1. *Oil Batch*
2. Reaktor
3. termometer
4. Kondensor
5. Pengaduk
6. Statif

Sumber: Sutanto, dkk, 2014

**Gambar 2.11** Alat Hidrolisis Pembuatan Sirup Glukosa dari Tepung Sagu

Pada penelitian Fairus, dkk (2010) yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Hidrolisis terhadap Perolehan Glukosa yang Dihasilkan dari Pati Biji Nangka” pembuatan sirup glukosa dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama yaitu proses pembuatan biji nangka. Mula-mula dibuat suspensi pati dengan cara menambahkan air ke dalam tepung biji nangka dengan konsentrasi 40% berat tepung biji nangka dalam air. Kemudian ke dalam suspensi ini ditambahkan HCl sambil diaduk. Tahap kedua yaitu pembuatan suspensi pati biji nangka dan proses hidrolisis. Suspensi pati yang telah diasamkan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam alat hidrolisis (Gambar 2.12) dengan konsentrasi asam dan waktu hidrolisis bervariasi.

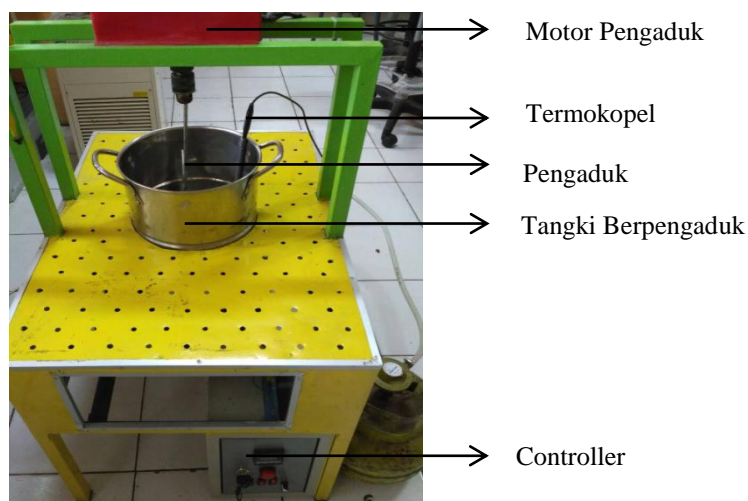


Sumber: Fairus, dkk, 2010

**Gambar 2.12** Alat Hidrolisis Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Biji Nangka

Kondisi optimum pembuatan sirup glukosa dari pati biji nangka yaitu pada penambahan konsentrasi HCl 0,03 N dengan waktu hidrolisis 80 menit dengan perolehan glukosa yang dihasilkan 82,98% (Fairus, 2010).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sirup glukosa dari bengkung secara hidrolisis asam dalam tangki berpengaduk. Proses penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama yaitu proses penghasiian nira bengkung, kemudian ditambahkan HCl 1 N dengan variasi pH (3,4 dan 5) sambil dilakukan pengadukan. Tahap kedua yaitu dilakukan proses hidrolisis asam dalam tangki berpengaduk (Gambar 2.13) selanjutnya dilakukan evaporasi dengan tujuan untuk mengentalkan sirup glukosa yang telah dihidrolisis. Tahap ketiga adalah analisis sirup glukosa yang dihasilkan meliputi kadar glukosa, air, abu, indeks bias serta densitas.



**Gambar 2.13** Alat Hidrolisis Pembuatan Sirup Glukosa dari Bengkung

## 2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Hidrolisis

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis yaitu (Faizal, 2012):

### a. Kandungan Karbohidrat Bahan Baku

Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Apabila kandungan karbohidratnya sedikit, maka jumlah gula yang terjadi juga sedikit, dan sebaliknya, apabila kandungan karbohidrat terlalu tinggi mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat, sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, dengan

demikian kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang pula. Bahan yang hendak dihidrolisis diaduk dengan air panas dan jumlah bahan keringnya berkisar antara 18% hingga 22%.

b. pH Hidrolisis

pH berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisis. pH berkaitan erat dengan konsentrasi asam yang digunakan. Pada umumnya, pH yang terbaik (optimum) adalah 2,3.

c. Waktu Hidrolisis

Semakin lama pemanasan, warna akan semakin keruh dan semakin besar konversi yang dihasilkan. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisis asam sekitar 1-3 jam.

d. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisis karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi suhunya akan diperoleh konversi yang cukup berarti, tetapi jika suhu terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil.

Selain itu pada suhu yang tidak terlalu tinggi (tidak melebihi titik didih air), air sebagai zat penghidrolisis tetap berada fase cair, sehingga terjadi kontak yang baik antara molekul-molekul dengan sebagian besar air, sehingga reaksi dapat berjalan dengan baik.

e. Pencampuran (Pengadukan)

Pencampuran atau pengadukan diperlukan dalam proses hidrolisis agar zat pereaksi dapat saling bertumbukan dengan sebaik-baiknya. Semakin lama dilakukan hidrolisis maka terjadinya kesempatan tumbukan antara molekul air dengan molekul-molekul pati akan semakin lama sehingga akan menghasilkan glukosa yang semakin banyak.

## **2.9 Faktor yang Mempengaruhi dalam Pembuatan Sirup Glukosa**

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan sirup glukosa antara lain (Mayasari, 2007) :

## 1. Lama Hidrolisis

Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan cara hidrolisis dengan katalis asam, kombinasi asam dan enzim serta kombinasi enzim dengan enzim. Pada hidrolisis pati dengan asam, diperlukan suhu yang tinggi. Semakin lama hidrolisis, asam akan memecah molekul pati secara acak dan gula pereduksi yang dihasilkan juga semakin besar.

Hal yang harus diperhatikan dalam membuat sirup glukosa secara hidrolisis adalah lama hidrolisis yang dilakukan karena dapat mempengaruhi sirup yang akan dihasilkan. Bila sirup glukosa dipanaskan dalam lingkungan asam dan waktu hidrolisis yang semakin lama, maka akan terbentuk 5 hidroksi-metil-furfural yang menyebabkan warna kekuning-kuningan pada sirup glukosa. Di samping itu terdapat juga peristiwa pencoklatan bila sirup glukosa masih mengandung protein atau gugus amino (Meyer, 1970). Semakin lama waktu hidrolisa maka kadar glukosa sirup semakin meningkat. Waktu yang semakin lama akan memecah pati semakin sempurna sehingga kadar glukosanya semakin tinggi.

## 2. Konsentrasi HCl

Penambahan HCl dapat mempengaruhi pH. Bila pH yang mendekati pH netral maka jumlah asam yang dikandung relatif rendah. Semakin tinggi konsentrasi asam (HCl) yang digunakan, semakin singkat waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisis pada tekanan yang sama. Penambahan tekanan pada konsentrasi yang sama akan mempercepat proses hidrolisis. Penambahan asam yang terlalu banyak menyebabkan rasa sirup yang dihasilkan kurang baik.

Konservasi dengan asam hanya akan memperoleh sirup glukosa dengan DE (*dextrose equivalent*) sebesar 55. Jika nilai DE di atas 55 maka akan terbentuk warna dan komponen yang rasanya pahit. Hal ini terjadi karena pada saat pemecahan tersebut gula yang terbentuk berubah menjadi bahan yang menyebabkan warna dan rasa yang pahit (Judoamidjoo, 1992).

Hidrolisis pati dengan asam mempunyai kelemahan, antara lain yaitu diperlukan peralatan yang tahan korosif, menghasilkan sakarida yang tertentu saja karena katalis asam menghidrolisis secara acak. Kelemahan lain, jika nilai

ekivalen dekstrosa ditingkatkan, di samping terjadi degradasi karbohidrat juga terjadi rekombinasi produk degradasi yang dapat mempengaruhi warna, rasa, bahkan menimbulkan masalah teknis.

## **2.10 Tangki Berpengaduk**

Pengadukan adalah operasi yang menciptakan terjadinya gerakan di dalam bahan yang diaduk. Tujuan operasi pengadukan yang utama adalah terjadinya pencampuran. Pencampuran merupakan operasi yang bertujuan mengurangi ketidaksamaan kondisi, suhu atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan. Pencampuran dapat terjadi dengan cara menimbulkan gerak di dalam bahan itu yang menyebabkan bagian-bagian bahan saling bergerak satu terhadap yang lainnya, sehingga operasi pengadukan hanyalah salah satu cara untuk operasi pencampuran.

Pengadukan dan pencampuran merupakan operasi yang penting dalam industri kimia. Pencampuran (*mixing*) merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi ketidakteragaman suatu sistem seperti konsentrasi, viskositas, suhu dan lain-lain.

Tangki berpengaduk (tangki reaksi) adalah bejana pengaduk tertutup yang berbentuk silinder, bagian alas dan tutupnya cembung. Tangki berpengaduk digunakan untuk reaksi-reaksi kimia pada tekanan di atas tekanan atmosfer dan pada tekanan vakum, namun tangki ini juga sering digunakan untuk proses yang lain misalnya untuk pencampuran, pelarutan, penguapan ekstraksi dan kristalisasi.

## **2.11 Analisis Produk**

Analisis yang dilakukan pada produk sirup glukosa antara lain :

### **1. Kadar Air**

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).



Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno,1997).

Metode analisis kadar air ini dilakukan dengan cara pengeringan bahan pangan dalam oven. Pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan menggunakan energi panas. Prinsip dari metode oven pengering adalah bahwa air yang terkandung dalam suatu bahan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 105°C selama waktu tertentu. Perbedaan antara berat sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar air (Astuti, 2010).

## 2. Kadar abu

Abu adalah residu yang diperoleh sesudah bahan dibakar hingga bebas dari karbon. Prinsip pada analisis ini didasarkan pada prinsip sifat kandungan bahan organik yang masih tertinggal setelah proses pemanasan dan pengabuan bahan dengan suhu tinggi. Penentuan % kadar abu dapat menggunakan metode pengabuan kering (SNI 01-2891-1992).

## 3. Indeks Bias

Indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya dalam udara dengan kecepatan cahaya dalam zat tersebut. Indeks bias berfungsi untuk identifikasi zat kemurnian, suhu pengukuran dilakukan pada suhu ruangan dan suhu tersebut harus benar-benar diatur dan dipertahankan karena sangat mempengaruhi indeks bias. Penentuan indeks bias ini menggunakan refraktometer. Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/konsentrasi bahan terlarut. Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Ketika cahaya datang dari udara ke dalam larutan maka

kecepatannya akan berkurang. Sumber cahaya ditransmisikan oleh serat optik ke dalam salah satu sisi prisma dan secara internal akan dipantulkan ke interface prisma dan sampel larutan. Bagian cahaya ini akan dipantulkan kembali ke sisi yang berlawanan pada sudut tertentu tergantung dari indeks bias larutannya (Hidayanto,2010).

#### 4. Kadar Glukosa

Gula adalah bentuk karbohidrat, jenis gula yang sering digunakan adalah kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk merubah rasa dan keadaan makanan atau minuman. Gula sederhana seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim dan hidrolisis asam) menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Penentuan kadar glukosa pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode refraktometer. Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/ konsentrasi bahan terlarut. Prinsip kerja dari refraktometer yaitu memanfaatkan refraksi cahaya (pembiasan cahaya). Tujuan pengukuran refraktometer adalah untuk menentukan konsentrasi larutan, bukan indeks biasnya, oleh karena itu perlu dibuat kurva standar terlebih dahulu (Wira, 2012).

#### 5. Densitas

Densitas atau massa jenis benda adalah pengukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, semakin besar pula massa setiap volumenya. Densitas suatu bahan pangan merupakan salah satu indikator yang secara langsung maupun tidak langsung turut berperan dalam suatu proses pengolahan pangan maupun mutu suatu produk.

Bentuk persamaannya adalah :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan (Tim Penyusun Instrument Teknik Pengukuran, 2015) :

$\rho$	= Berat jenis atau densitas	(g/ml)
$m$	= massa sampel	(g)
$v$	= Volume	(ml)

## 6. pH atau derajat keasaman

pH (*potential of hydrogen*) atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai  $\text{pH} > 7$  menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai  $\text{pH} < 7$  menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan.

## 7. % Yield

Persen yield atau persen hasil adalah perbandingan massa produk yang didapat dengan massa bahan awal. Persen yield dapat berada antara 1% hingga 100%.

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{massa produk}}{\text{massa bahan awal}} \times 100\%$$

## 2.12 Senyawa yang Digunakan dalam Penelitian

### 1. HCl

Larutan asam klorida atau larutan HCl dalam air, adalah cairan kimia yang sangat korosif dan berbau menyengat. HCl termasuk bahan kimia berbahaya atau B3. HCl termasuk larutan asam kuat dan juga merupakan cairan yang sangat korosif. Dalam skala industri, HCl biasanya diproduksi dengan konsentrasi 38%. Ketika dikirim ke industri pengguna, HCl dikirim dengan konsentrasi antara 32~34%. Pembatasan konsentrasi HCl ini karena tekanan uapnya yang sangat tinggi, sehingga menyebabkan kesulitan ketika penyimpanan.

Sifat fisik HCl adalah:

- a. Rumus molekul : HCl
- b. Massa molar : 36,46 g/mol
- c. Penampilan : Cairan tak berwarna

- d. Densitas : 1,18 g/ml
- e. Titik lebur : -27,32°C atau 247 K larutan 38%
- f. Titik didih : 110°C atau 383 K larutan 20,2%, 48°C atau 321 K larutan 38%
- g. Kelarutan dalam air: Tercampur jenuh
- h. Viskositas : 1,9 mPa.s pada 25°C, larutan 31,5%

Asam klorida dalam pembuatan sirup glukosa berfungsi sebagai katalis dalam pemecahan rantai heksosa dari polimer pati. Aktivitas suatu katalis banyak dipengaruhi oleh konsentrasi katalis yang diberikan, semakin tinggi jumlah yang diberikan pada konsentrasi yang sama, maka proses kerja katalis semakin tinggi.

Penambahan HCl dapat mempengaruhi pH. Bila pH yang mendekati pH netral maka jumlah asam yang dikandung relatif rendah sehingga ikatan glikosida yang membentuk polisakarida lebih kuat apabila dibandingkan dengan suspensi pati yang mengandung jumlah asam yang lebih tinggi dan akibatnya proses pemutusan rantai heksosa dari ikatan polisakarida yang mendekati pH netral menjadi lebih sulit (Mayasari, 2007).

Semakin tinggi konsentrasi asam (HCl) yang digunakan semakin singkat waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa pada tekanan yang sama. Penambahan tekanan pada konsentrasi yang sama akan mempercepat proses hidrolisa. Penambahan asam yang terlalu banyak menyebabkan rasa sirup yang dihasilkan kurang baik (Mayasari, 2007).

## 2. Glukosa

Glukosa adalah suatu gula monosakarida yang merupakan salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama dalam tubuh.

Sifat fisik glukosa adalah :

- a. Rumus molekul :  $C_6H_{12}O_6$
- b. Berat molekul : 180 g/ mol
- c. Densitas : 1,54 g/ cm<sup>3</sup>
- d. Titik lebur : 140-150°C

- e. Titik didih : 146°C

Sifat kimia glukosa adalah :

- a. Larut dalam air
- b. Larut dalam etanol dan metanol
- c. Memiliki rasa manis
- d. Berfungsi sebagai sumber energi

### 2.13 Kegunaan Sirup Glukosa

Pada Industri permen biasanya digunakan sukrosa (gula pasir) sebagai pemanis, namun bukan hanya gula pasir saja yang digunakan sebagai pemanis, perlu digunakan campuran antara sukrosa dengan sirup glukosa. Kegunaan sirup glukosa antara lain :

- a. Sirup Glukosa akan menurunkan *aw* (*water activity*)

Pengalaman menunjukkan bahwa jika kandungan total padatan kurang dari 75 % b/b, kapang dan khamir akan tumbuh dalam larutan karbohidrat dan akan mengakibatkan kerusakan. Kelarutan jenuh sukrosa dalam air pada suhu 20 °C hanya 67,1 %. Oleh karena itu perlu ditambahkan sirup glukosa untuk meningkatkan kandungan total padatan.

- b. Sirup Glukosa akan menghambat kristalisasi sukrosa

Sukrosa sangat mudah mengalami kristalisasi, oleh karena itu penting menggunakan sirup glukosa untuk mengurangi jumlah kristalisasi sukrosa. Penggunaan sirup glukosa memungkinkan jumlah total padatan yang lebih tinggi, hal ini menjadi salah satu faktor yang dapat mengurangi terbentuknya kristal sukrosa.

- c. Sirup Glukosa dapat mengontrol tingkat kemanisan

DE sirup glukosa dapat disesuaikan dengan produk akhir yang diinginkan dengan memilih harga DE yang sesuai. Nilai DE yang tinggi digunakan untuk menaikkan kemanisan dan tingkat karamelisasi. Sebaliknya nilai DE yang rendah menurunkan kemanisan, namun meningkatkan viskositas, kekunyahan dan kekerasan.

d. Bentuk permen yang dihasilkan tidak menyimpang

Penyimpangan yang dimaksudkan adalah terbentuknya kristal-kristal sukrosa selama proses produksi. Sukrosa sangat mudah mengalami kristalisasi, oleh sebab itu penting menggunakan sirup glukosa untuk mengurangi jumlah kristalisasi sukrosa. Penggunaan sirup glukosa memungkinkan jumlah total padatan yang lebih tinggi, hal ini menjadi salah satu faktor yang dapat mengurangi terbentuknya kristal sukrosa.

Sirup glukosa biasanya digunakan pada industri-industri permen, fungsi sirup glukosa adalah untuk meningkatkan viskositas (kekentalan) dari permen supaya tidak lengket. Selain itu sirup glukosa juga berfungsi untuk memperlunak hasil atau hasilnya halus sehingga kembang gula yang dihasilkan tidak terlalu keras, juga berfungsi sebagai pencegah pengkristalan sukrosa atau gula (Dziedzic, 1984).