

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan senyawa yang terbentuk dari molekul karbon, hidrogen dan oksigen. Sebagai salah satu jenis zat gizi, fungsi utama karbohidrat adalah penghasil energi di dalam tubuh. Tiap 1 gram karbohidrat yang dikonsumsi akan menghasilkan energi sebesar 4 kkal dan energi hasil proses oksidasi (pembakaran) karbohidrat ini kemudian akan digunakan oleh tubuh untuk menjalankan berbagai fungsi-fungsinya seperti bernafas, kontraksi jantung dan otot serta juga untuk menjalankan berbagai aktivitas fisik seperti berolahraga atau bekerja (irawan,2007).

#### **2.1.1 Karbohidrat Sederhana**

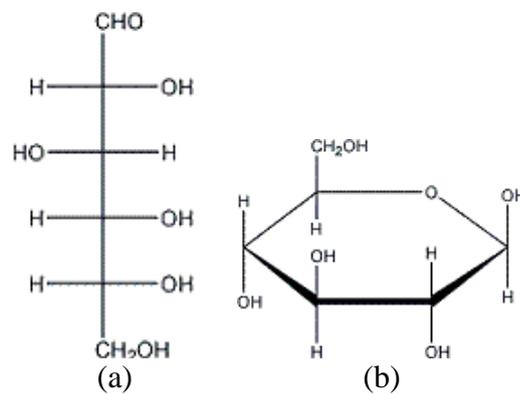
##### **2.1.1.1 Monosakarida**

Monosakarida merupakan jenis karbohidrat sederhana yang terdiri dari 1 gugus cincin. Contoh dari monosakarida yang banyak terdapat di dalam sel tubuh manusia adalah glukosa, fruktosa dan galaktosa. Glukosa di dalam industri pangan lebih dikenal sebagai dekstrosa atau juga gula anggur. Di alam, glukosa banyak terkandung di dalam buah-buahan, sayuran dan juga sirup jagung. Fruktosa dikenal juga sebagai gula buah dan merupakan gula dengan rasa yang paling manis. Di alam fruktosa banyak terkandung di dalam madu (bersama dengan glukosa), dan juga terkandung diberbagai macam buah-buahan. Sedangkan galaktosa merupakan karbohidrat hasil proses pencernaan laktosa sehingga tidak terdapat di alam secara bebas. Selain sebagai molekul tunggal, monosakarida juga akan berfungsi sebagai molekul dasar bagi pembentukan senyawa karbohidrat kompleks pati (*starch*) atau selulosa.

##### **a. Glukosa**

Glukosa merupakan suatu aldoheksosa, disebut juga dekstrosa karena memutar bidang polarisasi ke kanan. Glukosa merupakan komponen utama gula darah, menyusun 0,065- 0,11% darah kita.

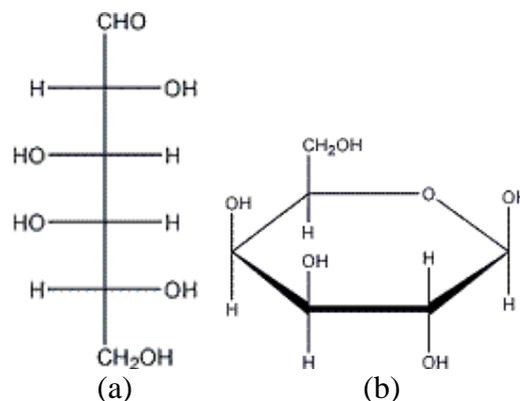
Glukosa dapat terbentuk dari hidrolisis pati, glikogen, dan maltosa. Glukosa sangat penting bagi kita karena sel tubuh kita menggunakannya langsung untuk menghasilkan energi. Glukosa dapat dioksidasi oleh zat pengoksidasi lembut seperti pereaksi Tollens sehingga sering disebut sebagai gula pereduksi (Budiman,2009).



Gambar 1. a.Struktur glukosa rantai lurus, b.struktur glukosa berbentuk cincin

### b. Galaktosa

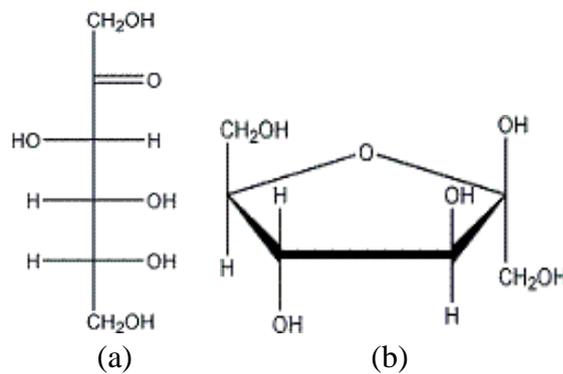
Galaktosa merupakan suatu aldohexosa. Monosakarida ini jarang terdapat bebas di alam. Umumnya berikatan dengan glukosa dalam bentuk laktosa, yaitu gula yang terdapat dalam susu. Galaktosa mempunyai rasa kurang manis jika dibandingkan dengan glukosa dan kurang larut dalam air. Seperti halnya glukosa, galaktosa juga merupakan gula pereduksi (Budiman,2009).



Gambar 2. a.Struktur galaktosa rantai lurus, b.struktur galaktosa bentuk cincin

### c. Fruktosa

Fruktosa adalah suatu heksulosa, disebut juga levulosa karena memutar bidang polarisasi ke kiri. 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 dan fruktosa adalah salah satu gula pereduksi (Budiman,2009).



Gambar 3. a. Struktur fruktosa rantai lurus, b.Struktur fruktosa bentuk cincin

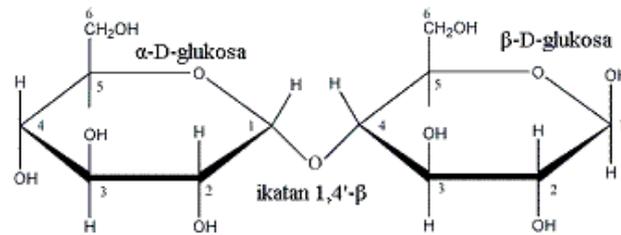
#### 2.1.1.2 Disakarida

Disakarida merupakan jenis karbohidrat yang banyak dikonsumsi oleh manusia di dalam kehidupan sehari-hari. Setiap molekul disakarida akan terbentuk dari gabungan 2 molekul monosakarida. Contoh disakarida yang umum digunakan dalam konsumsi sehari-hari adalah sukrosa yang terbentuk dari gabungan 1 molekul glukosa dan fruktosa dan juga laktosa yang terbentuk dari gabungan 1 molekul glukosa & galaktosa .

Di dalam produk pangan, sukrosa merupakan pembentuk hampir 99% dari gula pasir atau gula meja (*table sugar*) yang biasa digunakan dalam konsumsi sehari-hari sedangkan laktosa merupakan karbohidrat yang banyak terdapat di dalam susu sapi dengan konsentrasi 6.8 gr / 100 ml.

#### a. Maltosa

Maltosa adalah suatu disakarida dan merupakan hasil dari hidrolisis parsial tepung (amilum). Maltosa tersusun dari molekul  $\alpha$ -D-glukosa dan  $\beta$ -D-glukosa.

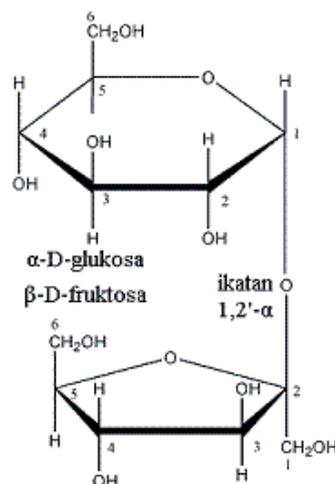


Gambar 4. struktur maltosa

Dari struktur maltosa, terlihat bahwa gugus -O- sebagai penghubung antarunit yaitu menghubungkan C 1 dari  $\alpha$ -D-glukosa dengan C 4 dari  $\beta$ -D-glukosa. Konfigurasi ikatan glikosida pada maltosa selalu  $\alpha$  karena maltosa terhidrolisis oleh  $\alpha$ -glukosidase. Satu molekul maltosa terhidrolisis menjadi dua molekul glukosa.

#### b.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- $\alpha$ .



Gambar 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. Jika diperhatikan strukturnya, karbon anomerik (karbon karbonil dalam monosakarida) dari glukosa maupun fruktosa di dalam air tidak digunakan untuk berikatan sehingga keduanya tidak memiliki gugus hemiasetal. Akibatnya, sukrosa dalam air tidak berada dalam kesetimbangan dengan bentuk aldehid atau keton sehingga sukrosa tidak dapat dioksidasi. Sukrosa bukan merupakan gula pereduksi.

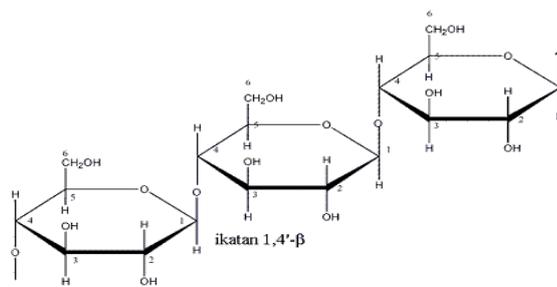
### 2.1.2 Karbohidrat kompleks

Karbohidrat kompleks merupakan karbohidrat yang terbentuk oleh hampir lebih dari 20.000 unit molekul monosakarida terutama glukosa. Karbohidrat kompleks juga disebut polisakarida dan dalam ilmu gizi, jenis karbohidrat kompleks yang menjadi sumber utama bahan makanan yang umum dikonsumsi oleh manusia adalah pati (*starch*).

Polisakarida merupakan polimer monosakarida, mengandung banyak satuan monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosida. Hidrolisis lengkap dari polisakarida akan menghasilkan monosakarida. Glikogen dan amilum merupakan polimer glukosa. Berikut beberapa polisakarida terpenting.

#### 2.1.2.1. Selulosa

Menurut Budiman (2009) Selulosa merupakan polisakarida yang banyak dijumpai dalam dinding sel pelindung seperti batang, dahan, daun dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa merupakan polimer yang berantai panjang dan tidak bercabang. Suatu molekul tunggal selulosa merupakan polimer rantai lurus dari 1,4'- $\beta$ -D-glukosa. Hidrolisis selulosa dalam HCl 4% dalam air menghasilkan D-glukosa.

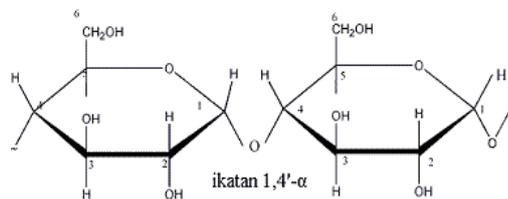


Gambar 6. Struktur Selulosa

Dalam sistem pencernaan manusia terdapat enzim yang dapat memecahkan ikatan  $\alpha$ -glikosida, tetapi tidak terdapat enzim untuk memecahkan ikatan  $\beta$ -glikosida yang terdapat dalam selulosa sehingga manusia tidak dapat mencerna selulosa. Dalam sistem pencernaan hewan herbivora terdapat beberapa bakteri yang memiliki enzim  $\beta$ -glikosida sehingga hewan jenis ini dapat menghidrolisis selulosa. Contoh hewan yang memiliki bakteri tersebut adalah rayap, sehingga dapat menjadikan kayu sebagai makanan utamanya. Selulosa sering digunakan dalam pembuatan plastik. Selulosa nitrat digunakan sebagai bahan peledak, campurannya dengan kamper menghasilkan lapisan film (seluloid).

### 2.1.2.2 Pati/Amilum

Pati yang juga merupakan simpanan energi di dalam sel-sel tumbuhan ini berbentuk butiran-butiran kecil mikroskopik dengan berdiameter berkisar antara 5-50 nm. Pati terbentuk lebih dari 500 molekul monosakarida. Merupakan polimer dari glukosa. Pati terdapat dalam umbi-umbian sebagai cadangan makanan pada tumbuhan. Jika dilarutkan dalam air panas, pati dapat dipisahkan menjadi dua fraksi utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Perbedaan terletak pada bentuk rantai dan jumlah monomernya. Komposisi kandungan amilosa dan amilopektin ini akan bervariasi dalam produk pangan dimana produk pangan yang memiliki kandungan amilopektin tinggi akan semakin mudah untuk dicerna.

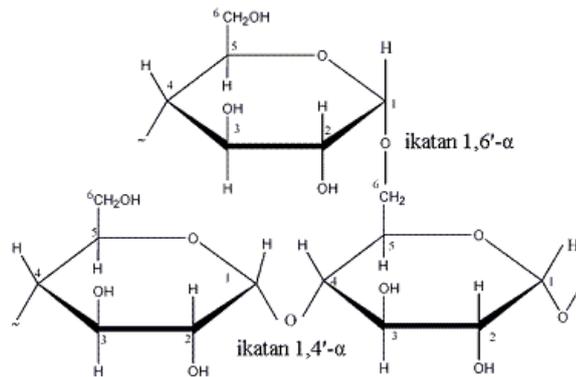


Gambar 7. Struktur amilosa

Amilosa adalah polimer linier dari  $\alpha$ -D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan 1,4- $\alpha$ . Dalam satu molekul amilosa terdapat 250 satuan glukosa atau lebih.

Amilosa membentuk senyawa kompleks berwarna biru dengan iodium. Warna ini merupakan uji untuk mengidentifikasi adanya pati.

Molekul amilopektin lebih besar dari amilosa. Strukturnya bercabang. Rantai utama mengandung  $\alpha$ -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan 1,4'- $\alpha$ . Tiap molekul glukosa pada titik percabangan dihubungkan oleh ikatan 1,6'- $\alpha$ .



Gambar 8. Struktur Amilopektin

Hidrolisis lengkap pati akan menghasilkan D-glukosa. Hidrolisis dengan enzim tertentu akan menghasilkan dextrin dan maltosa

## 2.2 Tepung Tapioka

Tepung Tapioka, tepung singkong, tepung kanji, atau aci adalah tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon atau dalam bahasa Indonesia disebut singkong. Tapioka memiliki sifat-sifat yang serupa dengan sagu, sehingga kegunaan keduanya dapat dipertukarkan. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan, bahan perekat, dan banyak makanan tradisional yang menggunakan tapioka sebagai bahan bakunya. Berikut ini merupakan Informasi Rinci Komposisi Kandungan Nutrisi/Gizi Pada Tepung Tapioka:

Nama Bahan Makanan : Tepung Tapioka

Nama Lain / Alternatif : Tepung Kanji / Tepung Singkong / Tepung Pati Singkong / Aci.

Tabel 1. Kandungan Gizi Tepung Tapioka

| no | Zat Gizi     | Kadar   |
|----|--------------|---------|
| 1  | Energi       | 362 kal |
| 2  | Protein      | 0,5 g   |
| 3  | Lemak        | 0,3 g   |
| 4  | Karbohidrat  | 86,9 g  |
| 5  | Kalsium (Ca) | 0 mg    |
| 6  | Besi (Fe)    | 0 mg    |
| 7  | Fosfor (P)   | 0 mg    |
| 8  | Vitamin A    | 0 mg    |
| 9  | Vitamin B1   | 0 mg    |
| 10 | Vitamin C    | 0 mg    |
| 11 | Air          | 12 g    |

Sumber : Badan ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, 2012

### 2.3 Tepung Maizena

Tepung Maizena atau Tepung Pati Jagung adalah bahan makanan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Maizena sebenarnya sebuah brand merk tepung pati jagung yang sangat populer di Mexico. Tepung maizena meski jarang sekali digunakan sebagai bahan utama pada pembuatan cake dan cookies, tapi selalu menjadi bahan pembantu untuk mendapatkan tekstur sempurna. Pada resep cookies maizena dipakai sebagai bahan untuk merenyahkan, sedangkan pada resep cake, maizena adalah bahan untuk melembutkan. Penggunaannya berkisar 10% s/d 20% saja dari bahan tepung terigunya, sebab kalau terlalu banyak cake dan cookies akan mudah berjamur atau tidak awet. Berikut ini merupakan Informasi Rinci Komposisi Kandungan Nutrisi/Gizi Pada Tepung Maizena:

Nama Bahan Makanan : Tepung Maizena

Nama Lain / Alternatif : Tepung Pati Jagung / Tepung Jagung

Banyaknya Tepung Maizena yang diteliti (*Food Weight*) = 100 gr

Bagian yang dapat dikonsumsi (*Bdd / Food Edible*) = 100 %

Tabel 2. Kandungan Gizi Tepung Maizena

| no | Zat Gizi     | Kadar   |
|----|--------------|---------|
| 1  | Energi       | 343 kal |
| 2  | Protein      | 0,3 g   |
| 3  | Lemak        | 0 g     |
| 4  | Karbohidrat  | 85 g    |
| 5  | Kalsium (Ca) | 20 mg   |
| 6  | Besi (Fe)    | 1,5 mg  |
| 7  | Fosfor (P)   | 30 mg   |
| 8  | Vitamin A    | 0 mg    |
| 9  | Vitamin B1   | 0 mg    |
| 10 | Vitamin C    | 0 mg    |
| 11 | Air          | 14 g    |

Sumber : Badan ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, 2012

## 2.4 Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

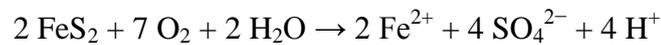
Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Produksi dunia asam sulfat pada tahun 2001 adalah 165 juta ton, dengan nilai perdagangan seharga US\$8 juta. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak.

### 2.4.1 Keberadaan

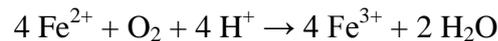
Asam sulfat murni yang tidak diencerkan tidak dapat ditemukan secara alami di bumi oleh karena sifatnya yang higroskopis. Walaupun demikian, asam sulfat merupakan komponen utama hujan asam, yang terjadi karena oksidasi sulfur dioksida di atmosfer dengan keberadaan air (oksidasi asam sulfit). Sulfur dioksida adalah produk sampingan utama dari pembakaran bahan bakar seperti batu bara dan minyak yang mengandung sulfur (belerang).

Asam sulfat terbentuk secara alami melalui oksidasi mineral sulfida, misalnya besi sulfida. Air yang dihasilkan dari oksidasi ini sangat asam dan disebut sebagai

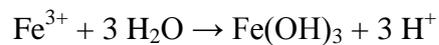
air asam tambang. Air asam ini mampu melarutkan logam-logam yang ada dalam bijih sulfida, yang akan menghasilkan uap berwarna cerah yang beracun. Oksidasi besi sulfida pirit oleh oksigen molekuler menghasilkan besi(II), atau  $\text{Fe}^{2+}$ :



$\text{Fe}^{2+}$  dapat kemudian dioksidasi lebih lanjut menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ :



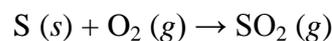
$\text{Fe}^{3+}$  yang dihasilkan dapat diendapkan sebagai hidroksida:



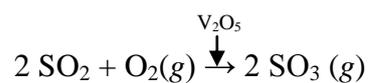
Besi(III) atau ion feri juga dapat mengoksidasi pirit. Ketika oksidasi pirit besi(III) terjadi, proses ini akan berjalan dengan cepat. Nilai pH yang lebih rendah dari nol telah terukur pada air asam tambang yang dihasilkan oleh proses ini.

#### 2.4.2 Pembuatan

Asam sulfat diproduksi dari belerang, oksigen, dan air melalui proses kontak. Pada langkah pertama, belerang dipanaskan untuk mendapatkan sulfur dioksida:



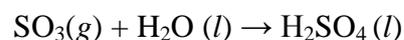
Sulfur dioksida kemudian dioksidasi menggunakan oksigen dengan keberadaan katalis vanadium oksida:



Sulfur trioksida diserap ke dalam 97-98%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menjadi oleum ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ), juga dikenal sebagai asam sulfat berasap. Oleum kemudian diencerkan ke dalam air menjadi asam sulfat pekat.



Perhatikan bahwa pelarutan langsung  $\text{SO}_3$  ke dalam air tidaklah praktis karena reaksi sulfur trioksida dengan air yang bersifat eksotermik. Reaksi ini akan membentuk aerosol korosif yang akan sulit dipisahkan.



Sebelum tahun 1900, kebanyakan asam sulfat diproduksi dengan proses bilik timbal.

### 2.4.3 Sifat- Sifat

#### 2.4.3.1 Sifat fisika H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Sifat fisika adalah sifat yang umumnya dapat dinyatakan dalam satuan angka. Sifat asam sulfat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat fisik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

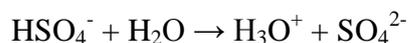
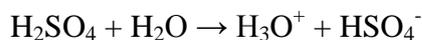
| No. | Sifat              | Nilai        |
|-----|--------------------|--------------|
| 1.  | Berat Molekul      | 98,08 gr/mol |
| 2.  | Titik leleh        | 10,49 °C     |
| 3.  | Titik didih        | 290 °C       |
| 4.  | Berat jenis cairan | 1,84 gr/ml   |

*Sumber : Perry's Chemical Engineering Hand's Book. 1996*

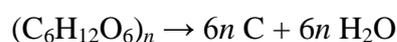
#### 2.4.3.2 Sifat Kimia H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

##### a. Reaksi dengan air

Reaksi hidrasi asam sulfat sangatlah eksotermik. Selalu tambahkan asam ke dalam air daripada air ke dalam asam. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat, ia akan dapat mendidih dan bereaksi dengan keras. Reaksi yang terjadi adalah pembentukan ion hidronium:



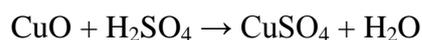
Asam sulfat adalah zat pendehidrasi yang sangat baik dan digunakan untuk mengeringkan buah-buahan. Afinitas asam sulfat terhadap air cukuplah kuat sedemikianya ia akan memisahkan atom hidrogen dan oksigen dari suatu senyawa. Sebagai contoh, mencampurkan pati (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)<sub>n</sub> dengan asam sulfat pekat akan menghasilkan karbon dan air yang terserap dalam asam sulfat (yang akan mengencerkan asam sulfat):



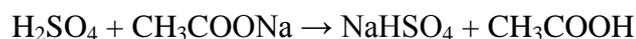
Efek ini dapat dilihat ketika asam sulfat pekat diteteskan ke permukaan kertas. Selulosa bereaksi dengan asam sulfat dan menghasilkan karbon yang akan terlihat seperti efek pembakaran kertas. Reaksi yang lebih dramatis terjadi apabila asam sulfat ditambahkan ke dalam satu sendok teh gula. Seketika ditambahkan, gula tersebut akan menjadi karbon berpori-pori yang mengembang dan mengeluarkan aroma seperti karamel.

### **b. Reaksi Lainnya**

Sebagai asam, asam sulfat bereaksi dengan kebanyakan basa, menghasilkan garam sulfat. Sebagai contoh, garam tembaga tembaga(II) sulfat dibuat dari reaksi antara tembaga(II) oksida dengan asam sulfat:



Asam sulfat juga dapat digunakan untuk mengasamkan garam dan menghasilkan asam yang lebih lemah. Reaksi antara natrium asetat dengan asam sulfat akan menghasilkan asam asetat,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dan natrium bisulfat:



Hal yang sama juga berlaku apabila mereaksikan asam sulfat dengan kalium nitrat. Reaksi ini akan menghasilkan asam nitrat dan endapan kalium bisulfat. Ketika dikombinasikan dengan asam nitrat, asam sulfat berperilaku sebagai asam sekaligus zat pendehidrasi, membentuk ion nitronium  $\text{NO}_2^+$ , yang penting dalam reaksi nitrasi yang melibatkan substitusi aromatik elektrofilik. Reaksi jenis ini sangatlah penting dalam kimia organik.

Asam sulfat bereaksi dengan kebanyakan logam via reaksi penggantian tunggal, menghasilkan gas hidrogen dan logam sulfat.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer menyerang besi, aluminium, seng, mangan, magnesium dan nikel. Namun reaksi dengan timah dan tembaga memerlukan asam sulfat yang panas dan pekat. Timbal dan tungsten tidak bereaksi dengan asam sulfat. Reaksi antara asam sulfat dengan logam biasanya akan menghasilkan hidrogen seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini. Namun reaksi dengan timah akan menghasilkan sulfur dioksida daripada hidrogen.





Hal ini dikarenakan asam pekat panas umumnya berperan sebagai oksidator, manakala asam encer berperan sebagai asam biasa. Sehingga ketika asam pekat panas bereaksi dengan seng, timah, dan tembaga, ia akan menghasilkan garam, air dan sulfur dioksida, manakalah asam encer yang beraksi dengan logam seperti seng akan menghasilkan garam dan hidrogen. Asam sulfat menjalani reaksi substitusi aromatik elektrofilik dengan senyawa-senyawa aromatik, menghasilkan asam sulfonat.

## 2.5 Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi adalah ilmu kimia yang mempelajari tentang kecepatan (*speed*) atau laju (*rate*) reaksi kimia. Salah satu tujuan utama mempelajari kinetika kimia adalah untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi kimia. Dalam reaksi hidrolisis pati in

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pada proses hidrolisis dibagi atas empat kelompok :

### a. Suhu

Dalam kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi semakin sepat pula jalannya reaksi. Tetapi kalau proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang (Radley,1954).

### b. Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, konversi waktu yang dicapai semakin besar dan pada batas tertentu diperoleh konversi yang relatif baik dan apabila waktu tersebut diperpanjang, penambahan konversi akan mengecil.

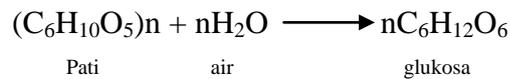
### c. Konsentrasi katalis

Penambahan katalis bertujuan untuk memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalis yang dipakai akan semakin cepat reaksi hidrolisis. Dalam waktu tertentu pati yang berubah menjadi glukosa juga meningkat. Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi (Matz,1970).

#### d. Kadar Suspensi

Perbandingan antara air dan tepung yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan lebih cepat. Bila air berlebihan, maka tumbukan antara kedua selulosa dan air akan berkurang dan akan memperlambat jalannya reaksi.

Menurut Matz (1970), Reaksi Hidrolisis yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dari persamaan di atas, bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatannya adalah

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B^n \quad \dots\dots(1)$$

Dengan

$C_A$  = konsentrasi pati

$C_B$  = konsentrasi air

Karena konsentrasi air sangat besar, maka konsentrasi air dapat dianggap bernilai konstan untuk setiap n. Maka persamaan (1) menjadi :

$$-r_A = k' \cdot C_A \quad \dots\dots(2)$$

dimana  $k' = k \cdot C_B^n$

sehingga

$$-\frac{dC_A}{dt} = k' \cdot C_A \quad \dots\dots(3)$$

Karena  $C_A = C_{A0} (1-x)$  maka persamaan (3) menjadi :

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)} = k' \cdot dt \quad \dots\dots(4)$$

Jika diintegrasikan dengan batasan  $t_1=0$  hingga  $t_2=t$  dan  $x_1=0$  hingga  $x_2=x$ , maka persamaan (4) menjadi :

$$-\ln(1-x) = k' \cdot t + C \quad \dots\dots(5)$$

Persamaan (5) menunjukkan hubungan antara konversi reaksi dengan waktu. Dengan x adalah konversi reaksi yang menyatakan perbandingan jumlah pati atau selulosa yang bereaksi dengan jumlah pati atau selulosa mula-mula, dan C adalah suatu konstanta (Levenspiel, 1999).

## 2.6 Proses Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air ( $H_2O$ ) menjadi kation hidrogen ( $H^+$ ) dan anion hidroksida ( $OH^-$ ) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu, seperti pati. Kata hidrolisis berasal dari bahasa Yunani *hydro* yaitu air dan *lysis* adalah pemisahan. Hidrolisis berbeda dengan hidrasi. Pada hidrasi, molekul tidak terpecah menjadi dua senyawa baru. Biasanya hidrolisis terjadi saat proses pemecahan karbohidrat atau pati. Ada beberapa macam proses hidrolisis antara lain

a. Hidrolisis Murni

hidrolisis ini menggunakan air dan berlangsung lambat (Grogins,1958).

b. Hidrolisis dengan larutan asam

hidrolisis ini menggunakan larutan asam encer atau pekat sebagai katalis. Asam sulfat dan asam klorida paling banyak digunakan dibanding bahan lain yang pernah digunakan. Menurut Grogins (1958), Asam sulfat memiliki gerakan ion hidrogen yang khusus dan jumlah konsentrasi ion hidrogen tertentu tidak dapat digantikan oleh asam lain.

c. Hidrolisis dengan larutan basa

Hidrolisis ini dilakukan dalam larutan basa encer atau pekat yang berguna sebagai katalis.

d. Hidrolisis dalam alkali fusion

hidrolisa ini dilakukan dengan atau tanpa menggunakan air pada temperatur tinggi.

e. Hidrolisis dengan enzim

hidrolisis ini terjadi dengan bantuan enzim. Sirup yang dihasilkan dapat diatur perbandingannya sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan lebih dahulu. Jenis enzim yang digunakan adalah alpha amilase, beta amilase dan glukosa amilase.

Dan pada proses hidrolisis pati, yang sering digunakan adalah hidrolisis dengan larutan asam encer dimana kecepatan reaksinya sebanding dengan

konsentrasi asam (Groggins, 1958). Reaksi Hidrolisis pati dapat dituliskan ssebagai berikut :



Tetapi reaksi antara air dan pati berjalan sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalis yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat, dan asam sulfat (Endang Mastuti, 2010). Dan dalam industri umumnya menggunakan asam klorida sebagai katalis. Pemilihan ini didasarkan bahwa garam yang terbentuk setelah penetralan hasil merupakan garam yang yang tidak berbahaya, yaitu garam dapur.

Faktor yang berpengaruh pada proses hidrolisis antara lain:

a. Suhu Reaksi

Suhu mempengaruhi jalanya reaksi hidrolisis, terutama pada kecepatan reaksinya. Hidrolisis dari pati mengikuti persamaan reaksi orde satu dengan kecepatan reaksi yang berbeda-beda untuk setiap jenis pati. Untuk kisaran suhu 90-100°C, kecepatan reaksi meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 5°C. Sedangkan secara keseluruhan, pada umumnya kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10°C. Dengan penggunaan suhu yang lebih tinggi, maka waktu reaksi dapat di minimalkan. (Groggins, 1958). Penggunaan suhu tinggi juga dapat meminimalkan penggunaan katalisator sehingga biaya operasional lebih ekonomis. Tapi jika suhu yang dipakai terlalu tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang.

b. Waktu Reaksi

Waktu reaksi mempengaruhi konversi yang dihasilkan. Semakin lama waktu reaksi, maka semakin tinggi pula konversi yang di hasilkan. Hal ini disebabkan oleh kesempatan zat reaktan untuk saling bertumbukan dan bereaksi semakin besar, sehingga konversi yang di hasilkan semakin tinggi.

c. Konsentrasi Katalis

Penggunaan katalisator pada reaksi hidrolisis dilakukan pertama kali oleh Braconnot pada 1819. Beliau menghidrolisis linen (selulosa) menjadi gula fermentasi dengan menggunakan asam sulfat pekat. Setelah itu ditemukan bahwa asam dapat digunakan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi hidrolisis (Groggins, 1958). Katalisator yang biasa di gunakan berupa asam, yaitu asam klorida, asam sulfat, asam sulfit, asam nitrat, atau yang lainnya. Makin banyak asam yang di pakai sebagai katalisator, makin cepat jalannya reaksi hidrolisa. Penggunaan katalisator dengan konsentrasi kecil (larutan encer) lebih disukai karena akan memudahkan pencampuran sehingga reaksi dapat berjalan merata dan efektif. Penggunaan konsentrasi katalisator yang kecil dapat mengurangi kecepatan reaksi. Namun hal ini dapat diatasi dengan menaikkan suhu reaksi.

d. Kadar Suspensi Selulosa

Perbandingan antara air dan selulosa dapat membuat reaksi hidrolisis berjalan dengan cepat. Bila air berlebihan, maka tumbukan antara selulosa dan air akan berkurang dan akan memperlambat jalannya reaksi.

e. Netralisasi

Proses hidrolisis yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan proses hidrolisis partial, sehingga diperlukan penghentian reaksi agar tak terjadi pemecahan senyawa lebih lanjut. Proses hidrolisis diakhiri dengan menghentikan pemanasan yang dilakukan dalam autoclave, dan menetralsasi suasana asam. Kondisi asam oleh asam klorida dinetralsasi dengan larutan natrium karbonat.



Penambahan larutan natrium karbonat sebanyak 15 ml dengan konsentrasi tertentu sesuai dengan perhitungan berdasarkan konsentrasi dari HCl yang berbeda-beda, sampai kondisi larutan menjadi netral ( $\text{pH} \pm 7$ ).

## 2.7 Aplikasi Hidrolisa Pati

Pati dan juga produk turunannya merupakan bahan yang multiguna dan banyak digunakan pada berbagai industri antara lain pada minuman dan *confectionary*, makanan yang diproses, kertas, makanan ternak, farmasi dan bahan kimia serta industri non pangan seperti tekstil, detergent, kemasan dan sebagainya. Kegunaan pati dan turunannya pada industri minuman dan *confectionery* memiliki persentase paling besar yaitu 29%, industri makanan yang diproses dan industri kertas masing-masing sebanyak 28%, industri farmasi dan bahan kimia 10%, industri non pangan 4% dan makanan ternak sebanyak 1%.

Di dalam industri non pangan seperti tekstil dan kemasan, pati digunakan sebagai bahan pengisi. Pati dapat digunakan sebagai bahan yang mengurangi kerutan pada pakaian dan digunakan untuk busa buatan untuk kemasan "kacang tanah". Pada sektor kimia, pati dan turunannya banyak diaplikasikan pada pembuatan plastik biodegradable, surfaktan, poliurethan, resin, senyawa kimia dan obat-obatan. Pada sektor lainnya, pati dan turunannya dimanfaatkan sebagai bahan detergent yang bersifat non toksik dan aman bagi kulit, pengikat, pelarut, biopestisida, pelumas, pewarna dan flavor. Adapun di dalam industri pangan, pati dapat digunakan sebagai bahan makanan dan flavor baik pati konvensional maupun termodifikasi. Khusus untuk industri makanan, pati sangat penting untuk pembuatan makanan bayi, kue, *pudding*, bahan pengental susu, permen *jelly*, dan pembuatan dekstrin.

Pati merupakan polimer glukosa, dimana glukosa merupakan substrat utama pada proses fermentasi. Di dalam fermentasi pati akan dihasilkan berbagai macam produk turunan, seperti asam-asam organik (asam sitrat dan asam laktat), asam amino, antibiotik, alkohol dan enzim.

## 2.8 Analisa Glukosa

### 2.8.1 Analisa Kualitatif

Karbohidrat dengan zat tertentu akan menghasilkan warna tertentu yang dapat digunakan untuk analisa kuantitatif. Bila karbohidrat direaksikan dengan larutan naftol dalam alkohol, kemudian ditambahkan  $H_2SO_4$  pekat secara hati-

hati, pada batas cairan akan berbentuk furfural yang berwarna ungu. Reaksi ini disebut reaksi *molisch* dan merupakan reaksi umum bagi karbohidrat.

a. Uji *Molisch*

Dengan prinsip karbohidrat direaksikan dengan  $\alpha$ -naftol dalam alkohol kemudian ditambah dengan asam sulfat pekat melalui dinding tabung, (+) bila terbentuk cincin ungu (Sawhney, 2005).

b. Uji *Barfoed*

Pereaksi terdiri dari Cu-asetat dan asam asetat. Sampel ditambah pereaksi kemudian dipanaskan, endapan merah bata menunjukkan (+) monosakarida (Krause, 2006).

c. Uji *Benedict*

Pereaksi terdiri dari Cu-sulfat, Na-sitrat dan Na-karbonat. Sampel ditambah pereaksi dan dipanaskan adanya endapan merah coklat menunjukkan adanya gula reduksi.

d. Uji *Iodium*

Larutan sampel diasamkan dengan HCl kemudian ditambah iodin dalam larutan KI. Warna biru berarti (+) adanya pati kalau warna merah (+) glikogen.

e. Uji *Seliwanoff*

Pereaksi 3.5 ml resosinol 0,5 % dengan 12 ml HCl pekat diencerkan 3,5 ml dengan aquades setelah sampel ditambah pereaksi dipanaskan. Warna merah cerri menunjukkan positif adanya fruktosa dalam makanan. (Winarno, FG, 2004)

f. Uji *Antron*

Prinsip uji Antron sama dengan uji *Seliwanoff* dan *Molisch* yaitu menggunakan senyawa  $H_2SO_4$  untuk membentuk senyawa furfural lalu membentuk kompleks dengan pereaksi Antron sehingga terbentuk warna biru kehijauan.

g. Uji *Fehling*

Pereaksi terdiri dari Cu-sulfat dalam suasana alkalis, NaOH, ditambah *Chelating Agent* (kalium natrium tartrat). Sampel ditambah pereaksi dan

dipanaskan adanya endapan berwarna merah coklat menunjukkan adanya gula reduksi.

### 2.8.2 Analisa Kuantitatif

Banyak cara yang dapat digunakan untuk menemukan banyaknya karbohidrat dalam suatu bahan yaitu antara lain dengan cara kimiawi, cara fisik, cara enzimatik atau biokimiawi dan cara kromatografi. Penentuan karbohidrat yang termasuk polisakarida maupun oligosakarida memerlukan perlakuan pendahuluan sehingga diperoleh monosakarida. Untuk keperluan ini, maka bahan dihidrolisis dengan asam atau enzim pada suatu keadaan tertentu.

#### a. Metode *Luff Schoorl*

Uji karbohidrat yang resmi ditetapkan oleh BSN dalam SNI 01-2891-1992 yaitu analisis total karbohidrat dengan menggunakan metode *Luff Schoorl*. Pada tahun 1936, *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis* mempertimbangkan metode *Luff Schoorl* sebagai salah satu metode yang digunakan untuk menstandarkan analisis gula pereduksi karena metode *Luff Schoorl* saat itu menjadi metode yang resmi dipakai di pulau Jawa.

Seluruh senyawa karbohidrat yang ada dipecah menjadi gula-gula sederhana (monosakarida) dengan bantuan asam, yaitu HCl, dan panas. Monosakarida yang terbentuk kemudian dianalisis dengan metode *Luff-Schoorl*. Prinsip analisis dengan metode *Luff-Schoorl* yaitu reduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Cu}^{1+}$  oleh monosakarida. Monosakarida bebas akan mereduksi larutan basa dari garam logam menjadi bentuk oksida atau bentuk bebasnya. Kelebihan  $\text{Cu}^{2+}$  yang tidak tereduksi kemudian dikuantifikasi dengan titrasi iodometri (SNI 01-2891-1992). Reaksi yang terjadi :

Karbohidrat kompleks → gula sederhana (gula pereduksi)

Gula pereduksi +  $2 \text{Cu}^{2+}$  →  $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$

$2 \text{Cu}^{2+}$  (kelebihan) +  $4 \text{I}^-$  →  $2 \text{CuI}_2$  →  $2 \text{CuI} + \text{I}_2$

$\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  →  $2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$

Osborne dan Voogt (1978) mengatakan bahwa Metode *Luff-Schoorl* dapat diaplikasikan untuk produk pangan yang mengandung gula dengan bobot molekuler yang rendah dan pati alami atau modifikasi. Kemampuan mereduksi dari gugus aldehid dan keton digunakan sebagai landasan dalam mengkuantitasi gula sederhana yang terbentuk. Tetapi reaksi reduksi antara gula dan tembaga sulfat sepertinya tidak stoikiometris dan sangat tergantung pada kondisi reaksi. Faktor utama yang mempengaruhi reaksi adalah waktu pemanasan dan kekuatan reagen. Penggunaan luas dari metode ini dalam analisis gula adalah berkat kesabaran para ahli kimia yang memeriksa sifat empiris dari reaksi dan oleh karena itu dapat menghasilkan reaksi yang reproduksibel dan akurat (Southgate 1976).

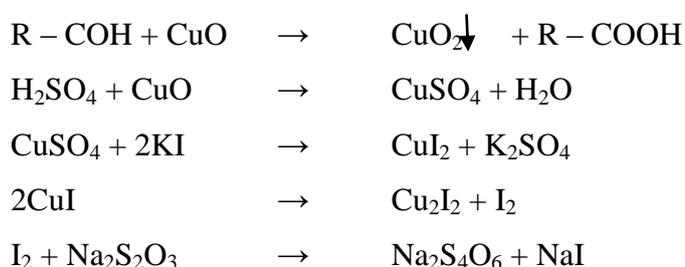
Pereaksi yang digunakan dalam metode *Luff-Schoorl* adalah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3%, *Luff Schoorl*, KI 20%,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N, NaOH 30%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  25%, dan HCl 3%. HCl digunakan untuk menghidrolisis pati menjadi monosakarida, yang akan bereaksi dengan larutan uji *Luff Schoorl* dengan mereduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi ion  $\text{Cu}^+$ . Setelah proses hidrolisis selesai dilakukan, maka akan ditambahkan NaOH, yang berfungsi untuk menetralkan larutan sampel ditambahkan HCl. Asam asetat digunakan setelah proses penetralan dengan NaOH dengan maksud untuk menciptakan suasana yang sedikit asam. Dalam metode *Luff-Schoorl*, pH harus diperhatikan dengan cermat. Suasana yang terlalu asam akan menimbulkan *overestimated* pada tahap titrasi sebab akan terjadi reaksi oksidasi ion iodide menjadi  $\text{I}_2$  (Harjadi 1994).



Apabila pH terlalu tinggi (terlalu basa), maka hasil titrasi akan menjadi lebih rendah daripada sebenarnya, karena pada pH tinggi akan terjadi resiko kesalahan, yaitu terjadinya reaksi  $\text{I}_2$  yang terbentuk dengan air (hidrolisis).  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ditambahkan untuk mengikat ion tembaga yang terbentuk dari hasil reduksi monosakarida dengan pereaksi *Luff-Schoorl*, kemudian membentuk  $\text{CuSO}_4$ . KI akan bereaksi dengan tembaga sulfat membentuk buih coklat kehitaman. Langkah terakhir yang dilakukan dalam metode *Luff Schoorl* adalah titrasi dengan natrium tiosulfat (Harjadi 1994).

Pada penentuan metode ini, yang ditentukan bukanlah kuprooksida yang mengendap tapi kuprioksida dalam larutan sebelum direaksikan dengan gula reduksi (titrasi blanko) dan sesudah direaksikan dengan sampel gula reduksi (titrasi sampel). Penentuan titrasi dilakukan dengan menggunakan Na-tiosulfat. Selisih titrasi blanko dengan titrasi sampel ekuivalen atau sama dengan jumlah kuprooksida yang terbentuk dan sama dengan jumlah gula reduksi yang ada dalam bahan / larutan. Reaksi yang terjadi selama penentuan karbohidrat cara ini mula- mula kuprooksida yang ada dalam reagen akan membebaskan iod dari garam K-iodida. Banyaknya iod yang dibebaskan ekuivalen dengan banyaknya kuprioksida. Banyaknya iod dapat diketahui dengan titrasi dengan menggunakan Na-tiosulfat. Untuk mengetahui bahwa titrasi sudah cukup maka diperlukan indikator amilum. Apabila larutan berubah warnanya dari biru menjadi putih, adalah menunjukkan bahwa titrasi sudah selesai.

Menurut sudarmadji (1989), Reaksi yang terjadi dalam penentuan gula menurut luff schoorl dapat dituliskan sebagai berikut :



#### b. Metode Enzimatis

Penentuan gula dengan cara enzimatis sangat tepat terutama tujuan penentuan gula tertentu yang ada dalam suatu campuran berbagai macam gula. Cara kimiawi mungkin sulit untuk penentuan secara individual yang ada dalam campuran itu, tetapi dengan cara enzimatis ini penentuan gula tertentu tidak akan mengalami kesulitan karena tiap enzim sudah sangat spesifik untuk gula yang tertentu. (Slamet S, dkk. 2003).

### c. Metode Kromatografi

Perlakuan dengan mengisolasi dan mengidentifikasi karbohidrat dalam suatu campuran ialah cara untuk menentukan karbohidrat dengan cara kromatografi. Isolasi karbohidrat ini berdasarkan prinsip pemisahan suatu campuran berdasarkan atas perbedaan distribusi rasionya pada fase tetap dengan fase bergerak. Fase bergerak dapat berupa zat cair atau gas, sedang fase tetap dapat berupa zat padat atau zat cair. Apabila zat padat sebagai fase tetapnya maka disebut kromatografi serapan, sedangkan bila zat cair sebagai fase tetapnya maka disebut kromatografi partisi atau sebagian. (S Sudarmadji, dkk. 2003).