

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 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.

Tapioka adalah nama yang diberikan untuk produk olahan dari akar ubi kayu (*cassava*). Analisis terhadap akar ubi kayu yang khas mengidentifikasi kadar air 70%, pati 24%, serat 2%, protein 1% serta komponen lain (mineral, lemak, gula) 3%. Tahapan proses yang digunakan untuk menghasilkan pati tapioka dalam industri adalah pencucian, pengupasan, pemarkisan, ekstraksi, penyaringan halus, separasi, pembasahan, dan pengering.

Kualitas tapioka sangat ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

- a) Warna tepung; tepung tapioka yang baik berwarna putih.
- b) Kandungan air; tepung harus dijemur sampai kering benar sehingga kandungan airnya rendah.
- c) Banyaknya serat dan kotoran; usahakan agar banyaknya serat dan kayu yang digunakan harus yang umurnya kurang dari 1 tahun karena serat dan zat kayunya masih sedikit dan zat patinya masih banyak.
- d) Tingkat kekentalan; usahakan daya rekat tapioka tetap tinggi. (Whister, dkk, 1984).

Tepung tapioka yang dibuat dari ubi kayu mempunyai banyak kegunaan, antara lain sebagai bahan pembantu dalam berbagai industri. Dibandingkan dengan tepung jagung, kentang, dan gandum atau terigu, komposisi zat gizi tepung tapioka cukup baik sehingga mengurangi kerusakan tenun, juga digunakan sebagai bahan bantu pewarna putih (Whister, dkk, 1984).

Berikut adalah gambar bahan tepung tapioka yang digunakan:



**Gambar 1.** Tepung Tapioka  
(Dok\_pribadi, diambil 20 Mei 2014)

Berikut ini merupakan informasi rinci komposisi kandungan nutrisi/gizi pada tepung tapioka:

Nama Bahan Makanan : Tepung Tapioka

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

Kandungan nutrisi yang terdapat pada tepung tapioka disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan Nutrisi Pada Tepung Tapioka 100 g Bahan Makanan

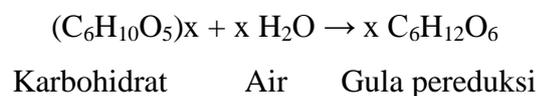
No.	Zat Gizi	Kadar
1	Energi	362 kkal
2	Protein	0,5 g
3	Lemak	0,3 g
4	Karbohidrat	86,9 g
5	Kalsium (Ca)	0 mg
6	Besi (Fe)	0 mg
7	Fosfor (P)	0 mg
8	Vitamin A	0 mg
9	Vitamin B1	0 mg
10	Vitamin C	0 mg
11	Air	12 g

*Sumber : Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, 2012*

## 2.2 Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses konversi pati menjadi gula pereduksi. Prinsip hidrolisis pati adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstroza ( $C_6H_{12}O_6$ ). Dalam prakteknya, hidrolisis pati menjadi gula pereduksi dapat dilakukan dengan cara, yakni hidrolisis asam dan enzimatis. Hidrolisis secara enzimatis memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatis akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu. Hidrolisis dapat digolongkan menjadi hidrolisis murni, hidrolisis asam (penambahan katalisator asam) dan hidrolisis enzim. Sedangkan berdasarkan fase reaksi yang terjadi diklasifikasikan menjadi hidrolisis fase cair dan hidrolisis fase uap (BeMiller dan Whistler, 2009). Hidrolisis ampas singkong terjadi antara ampas singkong dengan air. Pada reaksi hidrolisis ini air akan memecah komponen karbohidrat atau hemiselulosa menjadi gula atau monosakarida yang lebih sederhana seperti glukosa, galaktosa, dan mannososa (Agra, dkk., 1973).

Hidrolisis merupakan reaksi pengikatan gugus hidroksil/OH oleh suatu senyawa. Gugus OH dapat diperoleh dari senyawa air. Hidrolisis pati terjadi antara suatu reaktan pati dengan reaktan air. Reaksi ini adalah orde satu karena reaktan air yang dibuat berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Reaksi hidrolisis pati dapat menggunakan katalisator ion  $H^+$  yang dapat diambil dari asam. Reaksi yang terjadi pada hidrolisis pati adalah sebagai berikut (Yuniwati, dkk., 2011):



### 2.3 Penggolongan Hidrolisis

Hidrolisis dapat digolongkan menjadi hidrolisis murni, hidrolisis katalis asam, hidrolisis katalis basa, gabungan alkali dengan air dan hidrolisis dengan katalis enzim.

#### a. Hidrolisa murni

Hidrolisa murni adalah hidrolisa yang menggunakan air saja sebagai penghidrolisa. Beberapa macam senyawa yang dapat dihidrolisa secara langsung dengan menggunakan air saja, antara lain : halida asam dan asam anhidrid.

#### b. Hidrolisa asam

Hidrolisa dengan asam ini mula-mula diamati oleh *Kirchoff* dengan mengamati hidrolisa pati dengan adanya asam-asam mineral dan terjadi suatu transformasi bahan pati menjadi gula pereduksi. Pada umumnya asam-asam yang banyak digunakan antara lain asam klorida, asam sulfat, asam oksalat, dan asam benzene sulfonat. Dalam hal ini asam berfungsi sebagai katalisator yaitu untuk mempercepat terjadinya proses hidrolisa.

#### c. Hidrolisa dengan menggunakan alkali

Larutan alkali encer, seperti halnya larutan asam, larutan alkali encer hanya bersifat sebagai katalisator saja. Sedangkan larutan alkali pekat yang diberikan dalam jumlah cukup hanya dengan tujuan untuk mengikat asam yang terbentuk. (James G. Speight, 2002)

#### d. Hidrolisa dengan menggunakan enzim

Enzim adalah zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Contoh : dari proses hidrolisa yang menggunakan katalisator enzim adalah reaksi pembuatan alcohol. Hidrolisa ampas singkong terjadi antara ampas singkong dengan air. Pada reaksi hidrolisa ini air akan menyerang komponen karbohidrat atau hemiselulosa sehingga pecah menjadi gula yang lebih sederhana seperti glukosa, galaktosa, dan mannose.

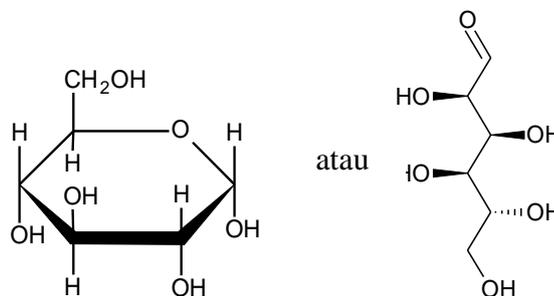
## 2.4 Produk- Produk Hidrolisis

### 2.4.1 Monosakarida

Glukosa adalah monosakarida yang paling banyak terdapat di alam sebagai produk dari proses fotosintesis. Dalam bentuk bebas terdapat dalam buah-buahan, tumbuh-tumbuhan, madu, darah dan cairan tubuh binatang. Dalam bentuk ikatan terdapat sebagai glikosida dalam tubuh binatang, sebagai disakarida-disakarida, dan polisakarida-polisakarida di dalam tubuh tumbuh-tumbuhan. Glukosa juga dapat dihasilkan melalui hidrolisis polisakarida atau disakarida, baik dengan asam maupun dengan enzim (Budiman, 2009).

Sebagai aldohexosa, glukosa memiliki 6 atom karbon di dalam rantai molekulnya. Salah satu ujung rantai tersebut merupakan gugus aldehida. Atom-atom karbon nomor 2 hingga nomor 5 di dalam rantai adalah gugus *chiral*. Dengan demikian terdapat  $2^4$  atau 16. Kemungkinan konfigurasi isomer tersebut telah dikenal. Sebagian terdapat bebas di alam, sebagian yang lain harus dibuat secara sintetis.

Oleh karena itu salah satu ujung rantai glukosa merupakan gugus aldehida, maka glukosa memiliki sifat-sifat aldehida. Misalnya senyawa ini dapat membentuk oksima dan sianohidrin. Dengan cara hidrogenasi dapat direduksi menjadi sorbitol (heksa hidroksi heksana). Oksidasi dengan brom menghasilkan asam glukonat, dan oksidasi lebih lanjut menghasilkan asam D-glukonat. Berikut rumus bangun glukosa yang tertera pada gambar 1.



**Gambar 2.** Rumus Bangun Glukosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

### 2.4.2 Disakarida

Dua molekul gula sederhana atau lebih dapat saling berikatan pada gugus glikosidanya, membentuk suatu substansi baru yang dinamakan polisakarida. Jika molekul-molekul gula sederhana yang saling berikatan tersebut kurang dari 10, substansi yang terbentuk dinamakan juga oligosakarida. Oligosakarida yang paling sederhana adalah disakarida yang tersusun atas dua molekul monosakarida ([www.id.wikipedia](http://www.id.wikipedia), diakses tanggal 25 Mei 2014).

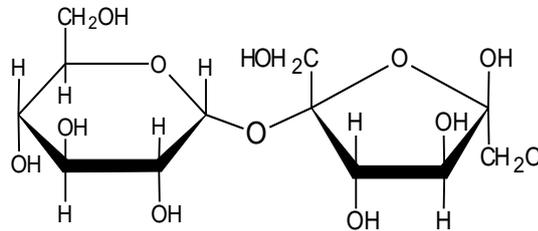
Dari penelitian-penelitian yang telah dilaksanakan oleh Haworth, diketahui bahwa molekul-molekul gula sederhana di dalam polisakarida dapat berikatan melalui dua cara :

1. Glukosa pertama dan gula kedua saling berikatan melalui  $C_1$  dan  $C_4$  pada gugus aglikon-O. disakarida semacam ini masih tetap memiliki sifat-sifat glukosa, karena gugus yang kedua masih memiliki gugus hemiasetal bebas ( $C_1$ ) yang dengan mudah dapat terbuka menjadi bentuk aldehidanya, misalnya dalam suasana basa lemah dengan hadirnya oksidator Fehling dan Tollens.
2. Kedua molekul gula sederhana yang saling bergandengan masing-masing bertindak sebagai glikosida dan sekaligus juga aglikon ( $C_1-C_1$ ). Oleh karena kedua molekul gula sederhana yang saling berikatan tersebut bergandengan melalui gugus asetal masing-masing, maka di dalam molekul disakarida yang terbentuk tidak lagi ada gugus hemiasetal bebas, sehingga tidak dapat berkelakuan sebagai gula pereduksi. Hanya setelah dihidrolisis maka sifat-sifat gula pereduksi dari masing-masing komponen tersebut timbul kembali. Pada umumnya disakarida-disakarida yang tidak memiliki sifat pereduksi tersebut juga tidak dapat mengalami reaksi-reaksi karbonil seperti pada glukosa, misalnya dalam pembentukan osason, mutarotasi, dan sebagainya.

Diantara disakarida - disakarida yang terpenting adalah :

- Sukrosa

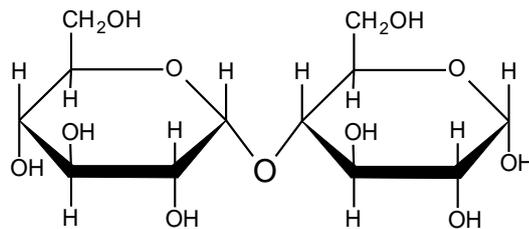
Sukrosa dikenal sebagai gula, terdapat dalam tanaman misalnya dalam sayuran dan buah-buahan. Rumus bangun sukrosa dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Rumus Bangun Sukrosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

- Maltosa

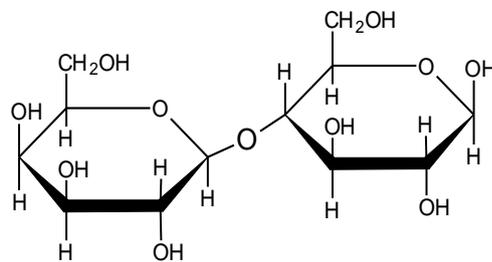
Molekul maltosa dibentuk dari hasil kondensasi dua molekul glukosa. Berikut rumus bangun maltosa pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Rumus Bangun Maltosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

- Laktosa

Laktosa dibentuk dengan proses kondensasi glukosa dan galaktosa. (Budiman, 2009). Berikut rumus bangun maltosa pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Rumus Bangun Laktosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

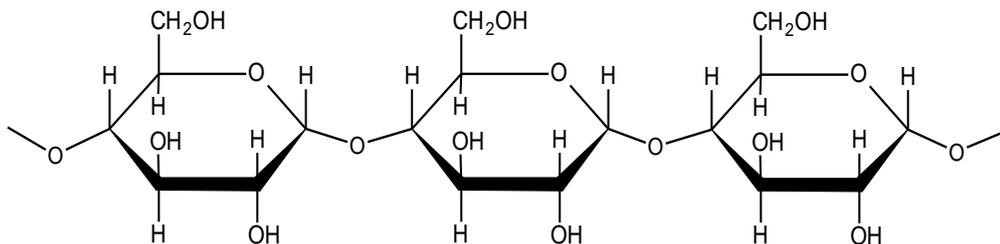
### 2.4.3 Polisakarida

#### a. Pati

Pati merupakan polisakarida kompleks yang tersusun atas satuan glukosa yang saling berikatan dengan ikatan 1,4 glukosa secara alami. Pada umumnya pati terdiri dari 2 tipe komponen, yang terpisah satu dengan yang lainnya, yaitu amilosa dan amilopektin (Kirk and Othmer, 1954).

- Amilosa

Di dalam amilosa, molekul-molekul glukosa saling bergandengan melalui gugus glukopiranososa  $\alpha$ -1,4 ; berbeda dengan pada selulosa yang saling bergandengan melalui gugus glukopiranososa  $\beta$ -1,4. Pada hidrolisis, amilosa menghasilkan maltose disamping glukosa dan oligosakarida lainnya. Rumus bangun amilosa dapat dilihat pada Gambar 6.



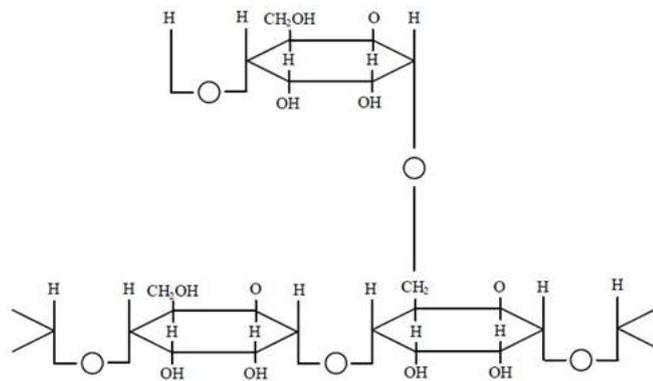
**Gambar 6.** Rumus Bangun Amilosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

Ciri lain yang dimiliki amilosa adalah :

- Berupa komponen panjang yang tidak mempunyai rantai yang bercabang dengan ikatan 1,4 glikosa.
- Secara preparative mempunyai BM 10000 – 50000 g/mol.
- Larut dalam air.
- Reaksi dengan iodium, memberi warna biru.

- Amilopektin

Pada amilopektin, sebgiaan dari melekul-molekul glukosa di dalam rantai percabangannya saling berikatan melalui gugus  $\alpha$ -1,6. Ikatan  $\alpha$ -1,6 sangat sukar diputuskan, lebih-lebih jika dihidrolisis memakai katalisator asam. Untuk kepentingan tumbuh-tumbuhan itu sendiri, cadangan pati di dalam sel-sel penyimpanannya dapat diuraikan kembali menjadiglukosa untuk kemudian dikonversikan menjadi energi. Pada saat yang tepat, tubuh tanaman akan mensintesa  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, dan R-enzim semuanya secara bersama-sama bertugas memutus ikatan-ikatan rantai pati menjadi molekul-molekul glukosa bebas (Kirk and Othmer, 1954). Rumus bangun amilopektin dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Rumus Bangun Amilopektin  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

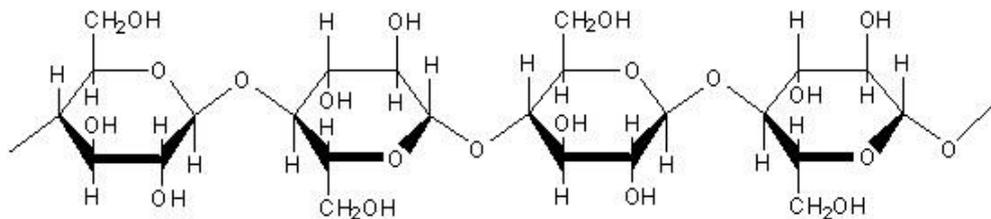
Ciri lain dari amilopektin :

- Berupa komponen panjang dan mempunyai rantai bercabang dengan ikatan 1,6 glukosid.
- Tidak larut dalam air.
- Secara preparatif mempunyai BM diatas 50000 – jutaan g/mol.
- Reaksi dengan iodium memberi warna violet seperti merah violet.

## b. Selulosa

Selulosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$  adalah polisakarida karbohidrat yang terdiri atas monomer beta-glukosa. Selulosa merupakan komponen struktural utama dari tumbuhan dan tidak dapat dicerna oleh manusia (Budiman, 2009).

Berbeda dengan pati, selulosa memiliki rantai percabangan. Dan meskipun molekul-molekul glukosa pada pati dan pada glukosa hanya berbeda dalam bentuk ikatannya,  $\alpha$  dan  $\beta$  namun sifat-sifat kimia dari kedua bahan ini sangat jauh berlainan. Secara normal selulosa berbentuk kristal. Kristal-kristal selulosa tersebut saling bergandengan melalui sejenis gula (bukan glukosa) membentuk rantai panjang yang dinamakan misela. Misela dari selulosa sangat tahan terhadap pengaruh kimia ataupun enzim. Hidrolisis selulosa oleh aktifitas tanaman sendiri sangat terbatas. Berikut struktur bangun selulosa terlihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Struktur Bangun Selulosa  
([www.google.co.id](http://www.google.co.id), diakses 25 Mei 2014)

### 2.4.4 Hemiselulosa

Bahan ini memiliki nama yang hampir sama dengan selulosa, namun susunan kimia dari hemiselulosa sangat jauh berbeda dengan selulosa. Hemiselulosa merupakan polimer dari sejumlah sakarida-sakarida yang berbeda-beda yaitu D-ksilosa, L-arabinosa, D-galaktosa, dan D-glukoronat. Susunan dari bahan-bahan tersebut di dalam rantai hemiselulosa sangat tidak teratur (heterogen). Ikatan di dalam rantai hemiselulosa juga banyak bercabang karena gugus  $\beta$ -glukosida di dalam molekul yang lain. Berbeda dengan selulosa, hemiselulosa berbentuk amorf. Pada umumnya hemiselulosa juga dapat didegradasi oleh jasad renik yang dapat mencernakan selulosa (Kirk and Othmer, 1954).

## 2.5. Analisis Gula Pereduksi

### 2.5.1 Analisa Kualitatif

Karbohidrat dengan zat tertentu akan menghasilkan warna tertentu yang dapat digunakan untuk analisis 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 (+) adanya fruktosa. (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.

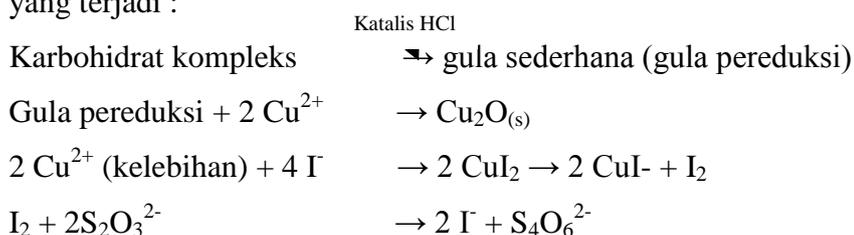
### 2.5.2 Analisa Kuantitatif

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.

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 :



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 reproduibel dan akurat (Southgate 1976).

#### Fungsi Pereaksi dalam Metode *Luff-Schoorl*

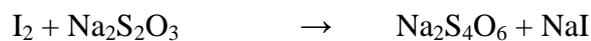
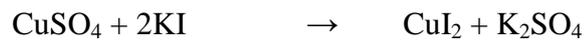
Pereaksi yang digunakan dalam metode *Luff-Schoorl* adalah CH<sub>3</sub>COOH 3%, *Luff Schoorl*, KI 20%, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N, NaOH 30%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25%, dan HCl 3%. HCl digunakan untuk menghidrolisis pati menjadi monosakarida, yang akan bereaksi dengan larutan uji *Luff Schoorl* dengan mereduksi ion Cu<sup>2+</sup> menjadi ion Cu<sup>+</sup>. 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 I<sub>2</sub> (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 I<sub>2</sub> yang terbentuk dengan air (hidrolisis). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ditambahkan untuk mengikat ion tembaga yang terbentuk dari hasil reduksi monosakarida dengan pereaksi *Luff-Schoorl*, kemudian membentuk CuSO<sub>4</sub>. 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).

Tahapan reaksi setelah penambahan asam sulfat, KI, dan titrasi dengan natrium tiosulfat :



#### 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, sedang bila zat cair sebagai fase tetapnya maka disebut kromatografi partisi. (S Sudarmadji, dkk. 2003)

## 2.6 Sifat Fisis dan Kimia Pati

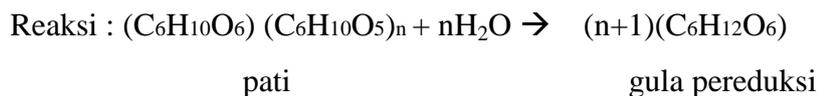
### 2.6.1 Sifat Fisis Pati

- Merupakan zat kimia padat berbentuk granular
- Berwarna putih, tidak berasa dan berbau
- Tidak larut dalam air dan pelarut organik

- Tidak termasuk *reducing power*
- Pati dapat memutar bidang polarisasi cahaya yang besarnya  $\alpha_{20D}$ , tetapi berbeda untuk tiap jenis pati.
- Pada temperatur 60°C, larutan pati tidak bereaksi dalam air dan hanya terjadi proses adsorpsi fisis yang reversible dimana akan terjadi pengembangan massa sampai konsentrasi 50% larutan. Pada suhu 60-80°C fraksi amilase larut dalam amilopektin membentuk gel. Pada suhu ini terjadi peristiwa *absorbs chemist* yang irreversible.

### 2.6.2 Sifat Kimia Pati

- Pati dapat mereduksi larutan Fehling
- Pati mengalami reaksi hidrolisa total membentuk glukosa.



- Pati tidak dapat mereduksi perak amoniakal (*reagens tollens*). Reagen ini dibuat dari AgNO<sub>3</sub>, KOH dan endapannya dilarutkan dalam NH<sub>4</sub>OH *excess*.

### 2.6.3 Tanaman -Tanaman Penghasil Pati

Pati dapat dihasilkan dari beberapa macam sumber antara lain dari biji-bijian dan umbi-umbian. Pati yang berasal dari biji-bijian dapat berasal dari sereal seperti jagung, gandum, beras, sorghum dan dari kacang-kacangan. Adapun dari umbi-umbian, pati dapat dihasilkan dari singkong, kentang. Selain dari kedua sumber tersebut, pati juga dapat dihasilkan dari batang tanaman, seperti pati sagu, dan dari daging buah muda seperti pisang. Pati umbi-umbian memiliki suhu gelatinisasi berkisar antara 70-80°C, bersifat elastis, mudah rusak dan memiliki penampakan yang translucent ketika dingin. Pati biji-bijian memiliki suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, yaitu 95°C, berbentuk gel. Secara umum biji-bijian mengandung 75% karbohidrat dalam bentuk pati, selulosa, hemiselulosa, dan pektin; 10-14% protein; 1-2% lemak; 10% air; dan 1-2% abu (mineral) (Nopianto, 2009).

## 2.7 Sifat Fisis dan Kimia HCl

### 2.7.1 Sifat Fisis HCl

- Berat molekul = 36,47
- *Specivic gravity* = 1.268
- Titik lebur = -111°C
- Titik didih = -85°C
- Kelarutan dalam 100 bagian air dingin 0°C = 82,3
- Kelarutan pada 100 bagian air panas 60°C = 56,1

### 2.7.2 Sifat Kimia HCl

- Secara komersial HCl dapat dibuat dari beberapa sumber :

a. Reaksi langsung Clor dengan Hidrogen



b. Hasil samping rekasi hidrokarbon dengan clor



- Dapat bereaksi dengan Aluminium



Menurut Hartono dan Wahyudi (1999), HCl digunakan sebagai katalis dengan pertimbangan antara lain :

HCl merupakan :

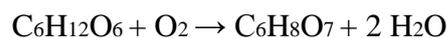
- Salah satu jenis oksidator kuat
- Harganya relatif murah dan mudah diperoleh
- Lebih aman jika dibandingkan dengan jenis asam yang lain seperti :  
HNO<sub>3</sub> : dapat terbentuk gas NO<sub>2</sub> selama proses hidrolisis berlangsung yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : laju reaksi hidrolisisnya lebih lambat dibandingkan HCl

## 2.8 Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang ditemukan pada daun dan buah tumbuhan genus *Citrus* (jeruk-jerukan). Senyawa ini merupakan bahan pengawet yang baik dan alami, selain digunakan sebagai penambah rasa masam pada makanan dan minuman ringan. Dalam biokimia, asam sitrat dikenal sebagai senyawa antara dalam siklus asam sitrat, yang penting dalam metabolisme makhluk hidup, sehingga ditemukan pada hampir semua makhluk hidup. Zat ini juga dapat digunakan sebagai zat pembersih yang ramah lingkungan dan sebagai antioksidan. Asam sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran, namun ditemukan pada konsentrasi tinggi, yang dapat mencapai 8% bobot kering, pada jeruk lemon dan limau (misalnya jeruk nipis dan jeruk purut). Pertama kali asam sitrat diisolasi oleh Scheele dengan mengkristalisasinya dari sari buah lemon. Tahun 1903 Wehmer`s melakukan percobaan fermentasi asam sitrat secara komersial menggunakan *penicillia* (Prescott and Dunn, 1949). Tahun 1916, Thom and Currie mengembangkan riset tentang fermentasi asam sitrat menggunakan *Aspergillus niger*. Reaksi keseluruhan pembuatan asam sitrat dari karbohidrat adalah sebagai berikut :



Sukrosa



Dekstrosa

Seiring dengan perkembangan teknologi, ditemukan metode *submerged culture* dengan menggunakan strain *Aspergillus niger* dimana waktu fermentasi menjadi berkurang, bahan baku murah (yang mengandung karbohidrat dengan konsentrasi fosfor, ion logam dan nitrogen yang tidak berlebihan) dan menghasilkan 90 % berat asam sitrat dari sukrosa.

## 2.9 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 gula pereduksi, dimana gula pereduksi 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 ([www.eckonopianto.blogspot.com](http://www.eckonopianto.blogspot.com), diakses 25 Mei 2014).

## 2.10 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.

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).

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius. Semakin tinggi suhu maka semakin cepat jalannya reaksi.

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad \dots (1)$$

Dimana k = ketetapan kecepatan reaksi ;  $E_a$  = energi aktivasi,  $J \text{ mol}^{-1}$  ;  
T = suhu, K; A = faktor tumbukan ; R = tetapan gas ideal,  $J \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

### 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.

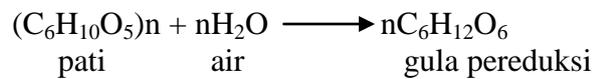
### c. Konsentrasi katalis

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 kecepatan reaksinya adalah

$$-r_A = k.C_A.C_B^n \quad \dots (2)$$

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 (2) menjadi :

$$-r_A = k'.C_A \quad \dots (3)$$

dimana  $k' = k.C_B^n$  sehingga

$$-\frac{dC_A}{dt} = k'.C_A \quad \dots (4)$$

Karena  $C_A = C_{A0}(1-x)$  maka persamaan (4) menjadi :

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)} = k'.dt \quad \dots (5)$$

Jika diintegrasikan dengan batasan  $t_1=0$  hingga  $t_2=t$  dan  $x_1=0$  hingga  $x_2=x$ , maka persamaan (5) menjadi :

$$-\ln(1-x) = k'.t + C \quad \dots (6)$$

Persamaan (6) 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).

Dalam penentuan laju reaksi diperlukan persamaan matematika, yang dikenal dengan fungsi linear. Fungsi linear adalah fungsi yang mempunyai bentuk umum

$$y = ax + b \text{ atau } y = mx + C$$

Keterangan : a,m = gradien/koeffisien arah

b,C = konstanta

Arah dari grafik fungsi linear atau garis lurus ditentukan oleh gradien atau koeffisien arah, yaitu a atau m. Sehingga dapat diasumsikan bahwa  $-\ln(1-x) = k'.t + C$  setara dengan persamaan umum garis lurus yaitu  $y = mx + C$ , dimana  $-\ln(1-x)$  adalah y,  $k'$  konstanta kecepatan reaksi adalah m (*slope*) (Diansara G, 2013).