

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Singkong (*Manihot utilissima*) disebut juga ubi kayu atau ketela pohon merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang termasuk penting setelah komoditas padi dan jagung sebagai bahan pangan karbohidrat, bahan baku industri makanan, kimia dan pakan ternak. Kandungan utama singkong yaitu karbohidrat sebagai komponen terpenting sumber kalori yang mengandung pati sebanyak 64-75% dan patinya mengandung amilose 17-20% (<http://agribisnis.web.id>). Sebagai bahan baku industri, singkong dapat diolah menjadi berbagai produk antara lain tapioka, glukosa, fruktosa, sorbitol, etanol, asam sitrat dan juga monosodium glutamat.

Indonesia merupakan penghasil tepung tapioka yang besar. Dari proses industri tepung tapioka dihasilkan limbah padat, salah satunya yaitu ampas singkong atau yang biasa disebut onggok. Ketersediaan dari ampas singkong atau onggok terus meningkat sejalan dengan meningkatnya produksi tapioka. Salah satu pemanfaatan ampas singkong atau onggok selama ini selain untuk makanan ternak juga digunakan untuk bahan baku dalam industri asam sitrat dengan proses fermentasi.

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. Zat ini juga dapat digunakan sebagai zat pembersih yang ramah lingkungan dan sebagai antioksidan.

Di dalam industri asam sitrat, bahan baku ampas singkong atau onggok diolah secara fermentasi dalam bentuk media semi padat, dan yang banyak digunakan adalah strain *Aspergillus niger*. Metode fermentasi ini dikenal sebagai proses koji dari Jepang. Media yang sudah disiapkan (onggok) dimasak dengan uap air bertekanan rendah dan selanjutnya didinginkan. Media yang sudah masak kemudian diinokulasi dengan spora *Aspergillus niger* untuk selanjutnya dituangkan dalam baki-baki fermentasi dan dibawa dalam ruang fermentasi (muro). Dalam ruang fermentasi baki-baki tersebut disusun dalam rak-rak kayu. Proses inilah yang selama ini diterapkan dalam industri asam sitrat di Indonesia. Dilihat dari segi operasionalnya, proses ini masih kurang efektif karena proses fermentasi dengan media semi

padat dibutuhkan banyak sekali baki sebagai tempat media fermentasi dan juga membutuhkan banyak tenaga kerja yang bekerja secara terus-menerus. Selain itu baki-baki yang dipakai sebagai media merupakan baki yang terbuka, langsung kontak dengan udara sekitarnya, sehingga mudah terkontaminasi oleh bakteri atau mikroba dari udara.

Preparasi bahan baku pembuatan asam sitrat dari onggok yang selama ini diterapkan pada industri asam sitrat yang ada di Indonesia dinilai kurang efektif, terutama disebabkan oleh fase dari bahan baku asam sitrat itu sendiri yaitu berupa onggok padat yang ditaruh di baki-baki yang tentunya mengakibatkan ketidakefisienan proses fermentasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk mengubah fase media fermentasi yang digunakan yaitu dari fase padat diubah menjadi fase cair atau larutan. Proses pengubahan fase ini bisa disebut sebagai proses hidrolisa. Setelah bahan baku asam sitrat (onggok) diubah menjadi fase cair diharapkan penyimpanan (*storage tank*) bahan baku dapat berupa tanki-tanki yang tentunya lebih mudah dilakukan dan lebih higienis. Selanjutnya proses fermentasi dapat dilakukan lebih efisien yaitu proses fermentasi dalam suatu reactor tertutup yang tidak mudah terkontaminasi dari udara.

Proses pengubahan fase dilakukan dengan cara memasak ampas singkong tersebut dalam suatu wadah berpengaduk dengan penambahan sejumlah air dan asam. Setelah proses pemasakan selesai kemudian disaring untuk dipisahkan antara residu dan larutan yang dihasilkan. Larutan yang didapat dianalisa kadar gula totalnya. Pada penelitian ini proses pemasakan ampas singkong dilakukan dengan menggunakan variabel waktu dan suhu pemasakan, konsistensi atau perbandingan antara ampas singkong dan larutan yang ditambahkan dalam proses pemasakan, konsentrasi asam pada proses hidrolisa, dan kecepatan pengadukan pada saat pemasakan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Salah satu limbah padat hasil dari industri tapioka yaitu ampas singkong atau onggok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam proses fermentasi asam sitrat. Dalam aplikasi di industri, proses fermentasi biasanya dilakukan dalam media semi padat sehingga mudah terkontaminasi oleh bakteri atau mikroba dari udara. Agar proses fermentasi berjalan lebih maksimal maka perlu dilakukan pengubahan fase dari ampas singkong (padat) menjadi cair atau larutan yang dikenal dengan proses hidrolisa. Dalam proses pengubahan fase ini dilakukan dengan pemasakan ampas singkong dalam suatu wadah berpengaduk dengan penambahan sejumlah air. Proses ini dilakukan dengan variabel waktu dan suhu pemasakan,

konsistensi atau perbandingan antara ampas singkong dan larutan yang ditambahkan dalam proses pemasakan, konsentrasi asam pada proses hidrolisa, dan kecepatan pengadukan pada saat pemasakan. Perlakuan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mempelajari proses perubahan fasa ampas singkong dari padat menjadi cair dengan proses hidrolisa.
2. Mempelajari pengaruh variabel waktu, suhu, kecepatan pengadukan, konsistensi dan konsentrasi asam pada proses hidrolisa.
3. Menentukan kondisi operasi proses perubahan fase onggok singkong dari fase padat menjadi fase cair yang optimum sehingga didapat hasil yang maksimal.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Singkong

Singkong (*Manihot utilissima*) disebut ketela pohon atau ubi kayu. Singkong merupakan bahan baku berbagai produk industri, seperti industri makanan, farmasi, tekstil dan lain-lain. Industri makanan dari singkong cukup beragam mulai dari makanan tradisional seperti getuk, timus, keripik, gemblong, dan berbagai jenis makanan lain yang memerlukan proses lanjut. dalam industri makanan, pengolahan singkong dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu hasil fermentasi singkong (tape/peyeum), singkong yang dikeringkan (gaplek) dan tepung singkong atau tepung tapioka.



Gambar 2.1 Singkong

Tabel 2.1 Kandungan gizi singkong, gaplek dan tapioka dalam 100 gram bahan :

<b>Komposisi</b>	<b>Singkong</b>	<b>gaplek</b>	<b>Tapioka</b>
Kalori (kal)	154,00	338,00	363,00
Protein (gram)	1,00	1,50	1,10
Lemak (gram)	0,30	0,70	0,50
Karbohidrat (gram)	36,80	81,30	83,20
Zat Kapur (mgr)	33,00	80,00	89,00
Fosfor (mgr)	40,00	60,00	125,00
Zat besi (mgr)	1,10	1,90	1,00
Vitamin A (SI)	0,06	0	0
Thiamine (mgr)	20,00	0	0,40
Vitamin C (mgr)	30,00	0	0

Sumber : Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, tahun 2000

## 2.2 Ampas Singkong/Onggok

Hasil samping dari proses pengolahan singkong menjadi tepung tapioka adalah ampas singkong atau yang disebut *onggok*. Banyaknya onggok yang dihasilkan dari proses pembuatan tapioka berkisar 5-10% dari bobot bahan bakunya dengan kadar air 20%. Limbah tersebut termasuk limbah organik yang masih banyak mengandung karbohidrat, protein dan gula. Selain itu juga masih banyak mengandung senyawa-senyawa gula seperti sukrosa, glukosa, fruktosa, dekstran, galaktosa dan asam nitrat. Sehingga dengan diketauinya hal tersebut maka ampas singkong (*onggok*) bisa dijadikan sebagai alternative bahan baku pada fermentasi asam sitrat.



Gambar 2.2 Ampas Singkong

Tabel 2.2 Kandungan nutrisi Ampas singkong/onggok

No	Parameter	Persentase (%)
1	Karbohidrat	68,00
2	Protein	1,57
3	Lemak	0,26
4	Serat kasar	10,00
5	Kadar air	20,00

Sumber: <http://agribisnis.web.id>

## 2.3 Produk- Produk Hidrolisis

### 2.3.1 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.

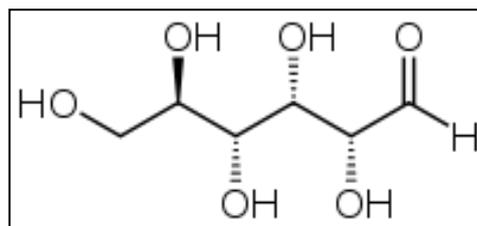
Sebagai aldoheksosa, glukosa memiliki 6 atom karbon di dalam rantai molekulnya. Salah satu ujung rantai tersebut merupakan gugus aldehida. Atom-atom karbon nomor 2 hingga nomor 5 di dalam rantai adalah gugus *chiral*. Dengan demikian terdapat 2<sup>4</sup> atau 16

kemungkinan konfigurasi isomer tersebut telah dikenal. Sebagian terdapat bebas di alam, sebagian yang lain harus dibuat secara sintesis.

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.

Glukosa juga dapat mereduksi larutan Fehling ( $\text{Cu}_{\text{II}} - \text{Cu}_{\text{I}}$ ) maupun larutan Tollens ( $\text{Ag}_{\text{I}} - \text{Ag}_0$ ). oleh karena itu glukosa dinamakan juga gula pereduksi. Sifat mereduksi larutan Fehling atau larutan Tollens tersebut dimanfaatkan di dalam penentuan kadar dekstrosa (DE).

Umumnya gula-gula pereduksi mempunyai struktur hemiasetal atau hemiketal, sedangkan gula-gula nonpereduksi termasuk ke dalam ketal atau asetal.



Gambar 2.3 Rumus Bangun Glukosa

### 2.3.2 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.

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

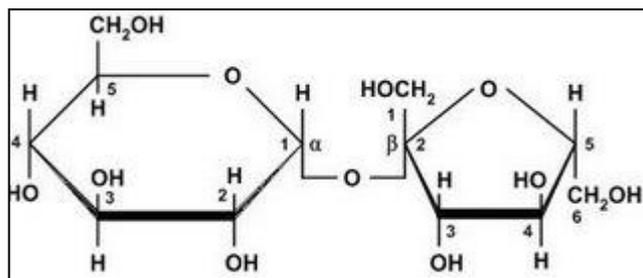
1. Glukosa pertama dan gula kedua saling berikatan melalui  $\text{C}_1$  dan  $\text{C}_4$  pada gugus aglikon-O. disakarida semacam ini masih tetap memiliki sifat-sifat glukosa, karena gugus yang kedua masih memiliki gugus hemiasetal bebas ( $\text{C}_1$ ) yang dengan mudah dapat terbuka menjadi bentuk aldehidanya, misalnya dalam suasana basa lemah dengan hadirnya oksidator Fehling dan Tollens.

2. Kedua molekul gula sederhana yang saling bergan dengan 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

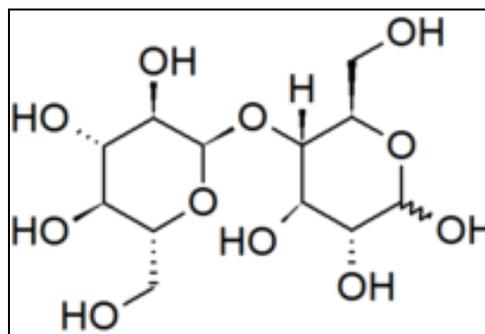
Sukrosa dikenal sebagai gula, terdapat dalam tanaman misalnya dalam sayuran dan buah-buahan.



Gambar 2.4 Rumus Bangun Sukrosa

- Maltosa

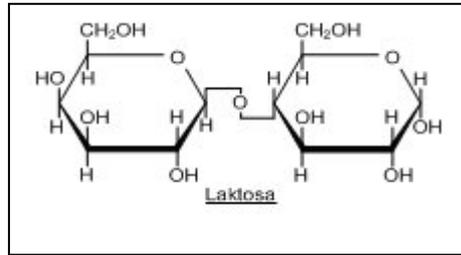
Molekul maltosa dibentuk dari hasil kondensasi dua molekul glukosa.



Gambar 2.5 Rumus Bangun Maltosa

- Laktosa

Laktosa dibentuk dengan proses kondensasi glukosa dan galaktosa.



Gambar 2.6 Rumus Bangun Laktosa

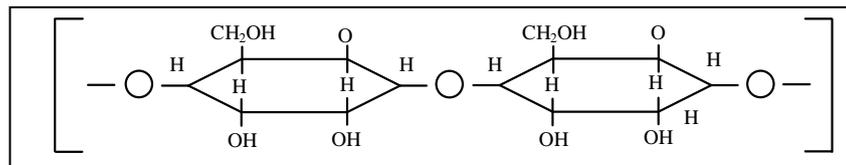
### 2.3.3 Polisakarida

#### 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.

- **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.



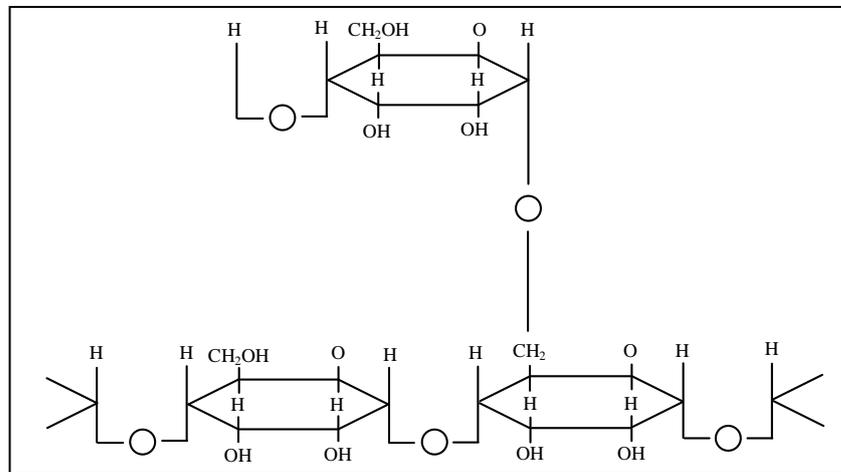
Gambar 2.7 Gambar Rumus bangun Amilosa

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, sebagian dari molekul-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 menjadi glukosa untuk kemudian dikonversikan menjadi energy. 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.



Gambar 2.8 Gambar rumus bangun Amilopektin

Ciri lain dari amilopektin :

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

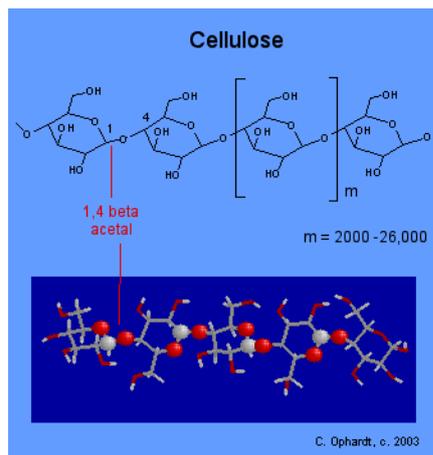
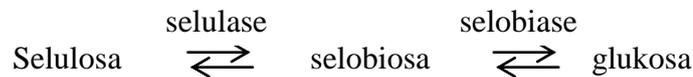
**b. Selulosa**

Selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> adalah polisakarida karbohidrat yang terdiri atas monomer beta-glukosa. Selulosa merupakan komponen struktural utama dari tumbuhan dan tidak dapat dicerna oleh manusia.

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. Tetapi sejumlah kapang dan bakteri yang hidup dari substrat hasil-hasil pertanian dapat menghasilkan sejenis enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana.



Gambar 2.9 Struktur Bangun Selulosa

### 2.3.4 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-kxilosa, 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.

## 2.4 Sifat Fisis dan Kimia Pati

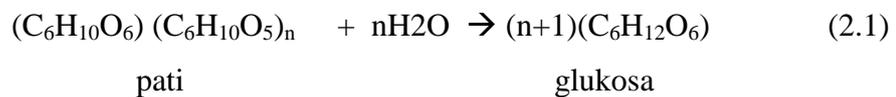
### 2.4.1 Sifat Fisis Pati

- 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 temperature 60oC, 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 60-80oC freaksi amylase larut dalam amilopektin membentuk gel. Pada suhu ini terjadi peristiwa absorbs chemist yang irreversible yang disebut glatinization terp.

### 2.4.2 Sifat Kimia Pati

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

Reaksi :



- 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.

## 2.5 Sifat Fisis dan Kimia HCl

### 2.5.1 Sifat Fisis HCl

- Fase cair
- 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

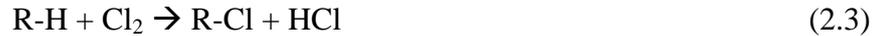
### 2.5.2 Sifat Kimia HCl

- Secara komersial HCl dapat dibuat dari beberapa sumber :

- Reaksi langsung Clor dengan Hidrogen



- Hasil samping reaksi hidrokarbon dengan clor



- Dapat bereaksi dengan Aluminium



### 2.6. 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).



Gambar 2.10. Asam sitrat

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 :



*Sucrose*



*Dextrose*

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.

Dalam proses produksi asam sitrat yang sampai saat ini lazim digunakan, biakan kapang *Aspergillus niger* diberi sukrosa agar membentuk asam sitrat. Setelah kapang disaring dari larutan yang dihasilkan, asam sitrat diisolasi dengan cara mengendapkannya dengan kalsium hidroksida membentuk garam kalsium sitrat. Asam sitrat di-regenerasi-kan dari kalsium sitrat dengan penambahan asam sulfat. Cara lain pengisolasian asam sitrat dari hasil fermentasi adalah dengan ekstraksi menggunakan larutan hidrokarbon senyawa basa organik trilaurylamina yang diikuti dengan reekstraksi dari larutan organik tersebut dengan air. Sekarang lebih dari 350.000 ton per tahun asam sitrat diproduksi secara fermentasi dan sangat luas penggunaannya.

## **2.7 Pemanfaatan Asam Sitrat**

Penggunaan utama asam sitrat saat ini adalah sebagai zat pemberi cita rasa dan pengawet makanan dan minuman, terutama minuman ringan. Kode asam sitrat sebagai zat aditif makanan (*E number*) adalah E330. Garam sitrat dengan berbagai jenis logam digunakan untuk menyediakan logam tersebut (sebagai bentuk biologis) dalam banyak suplemen makanan. Sifat sitrat sebagai larutan penyangga digunakan sebagai pengendali pH dalam larutan pembersih dalam rumah tangga dan obat-obatan. Kemampuan asam sitrat untuk mengkelat logam menjadikannya berguna sebagai bahan sabun dan deterjen. Dengan mengkelat logam pada air sadah, asam sitrat memungkinkan sabun dan deterjen membentuk busa dan berfungsi dengan baik tanpa penambahan zat penghilang kesadahan. Demikian pula, asam sitrat digunakan untuk memulihkan bahan penukar ion yang digunakan pada alat penghilang kesadahan dengan menghilangkan ion-ion logam yang terakumulasi pada bahan penukar ion tersebut sebagai kompleks sitrat.

Asam sitrat juga digunakan di dalam industri bioteknologi dan obat-obatan untuk melapisi (*passivate*) pipa mesin dalam proses kemurnian tinggi sebagai ganti asam nitrat, karena asam nitrat dapat menjadi zat berbahaya setelah digunakan untuk keperluan tersebut, sementara asam sitrat tidak. Asam sitrat dapat pula ditambahkan pada es krim untuk menjaga terpisahnya gelembung-gelembung lemak. Dalam resep makanan, asam sitrat dapat digunakan sebagai pengganti sari jeruk.

## 2.8 Hidrolisa

### 2.8.1 Pengertian hidrolisa

Hidrolisa merupakan reaksi pengikatan gugus hidroksil atau  $\text{OH}^-$  oleh suatu senyawa. Gugus OH dapat diperoleh dari senyawa air. Hidrolisa dapat digolongkan menjadi hidrolisa murni, hidrolisa asam, hidrolisa basa, dan hidrolisa enzim.

➤ 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.

➤ 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 glukosa. Pada umumnya asam-asam yang banyak digunakan antara lain asam klorida, asam sulfat, asam oksalat, dan asam benzen sulfonat. Dalam hal ini asam berfungsi sebagai katalisator yaitu untuk mempercepat terjadinya proses hidrolisa.

➤ Hidrolisa dengan menggunakan alkali

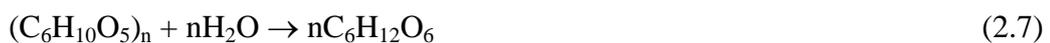
Larutan alkali encer, seperti halnya larutan asam, larutan alkali encer hanya bersifat sebagai katalisator saja. Sedangkan larutan alkali pekat yang diberikan dalam jumlah cukup hanya dengan tujuan untuk mengikat asam yang terbentuk. (James G. Speight, 2002)

➤ Hidrolisa dengan menggunakan enzim

Enzim adalah zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Contoh : dari proses hidrolisa yang menggunakan katalisator enzim adalah reaksi pembuatan alkohol.

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.

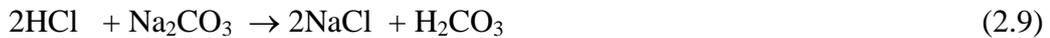
Reaksinya :



Hidrolisa polisakarida menjadi glukosa berlangsung sangat lambat, sehingga dalam reaksinya membutuhkan katalisator untuk mempercepat terjadinya proses hidrolisa. Katalisator yang biasa digunakan adalah asam atau enzim. Asam yang digunakan dalam

hidrolisa bisa asam-asam organic, tapi yang paling banyak digunakan adalah asam sulfat atau asam chloride.

Pada penelitian ini digunakan asam khlorida sebagai katalisnya, hal ini diantaranya dikarenakan bila kita menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maka penetralan dilakukan dengan penambahan Ca(OH)<sub>2</sub> yang akan menghasilkan endapan CaSO<sub>4</sub>. Pemisahan endapan CaSO<sub>4</sub> yang terbentuk harus benar-benar efektif Karena ion Ca<sup>2+</sup> akan memberikan rasa pahit pada hasil dan Ca(OH)<sub>2</sub> juga akan sedikit bereaksi dengan glukosa yang dihasilkan. Akan tetapi jika menggunakan HCl, penetralan dilakukan dengan penambahan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atau NaOH. Walaupun NaCl yang terbentuk nantinya juga sulit dipisahkan, namun kadar NaCl yang kecil hampir tidak mempengaruhi hasil. Reaksinya :



(Groggins, 1958)

## 2.8.2 Variabel- variable yang berpengaruh terhadap reaksi hidrolisa

### ➤ **Konsentrasi**

Konsentrasi berguna untuk mempercepat jalannya reaksi hidrolisa. Katalisator yang digunakan dalam hidrolisa pati (ampas singkong) adalah enzim dan asam, dalam industry digunakan HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HNO<sub>3</sub>, yang berpengaruh terhadap kecepatan reaksi adalah ion H<sup>+</sup>. Jika digunakan HCl 0,015-0,03 N maka konversi yang dihasilkan adalah 77-88% (*Kirk O, 1967*). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa digunakan HCl 0,05-0,15 N maka konversi yang dihasilkan 58-93%

### ➤ **Suhu dan tekanan**

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

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (2.11)$$

Dimana

K = ketetapan kecepatan reaksi, menit<sup>-1</sup> (untuk reaksi orde 1)

E<sub>a</sub> = energy aktivasi, L atm mol<sup>-1</sup>

T = suhu, K

A = fakto tumbukan, menit<sup>-1</sup>

R = tetapan gas ideal, L atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Sedangkan pengaruh tekanan terhadap kecepatan reaksi digambarkan dalam hubungna sebagai berikut :

$$\frac{d \ln k}{dP} = \frac{-\Delta V}{RT^2} \quad (2.12)$$

Makin tinggi tekanannya, reaksi berjalan makin cepat. Agar tetap dalam keadaan cair pada suhu 100°C maka tekanan system harus lebih tinggi dari 1 atm.

Untuk mencapai konversi tertentu, diperlukan waktu sekitar 3 jam untuk menghidrolisa pati ketela rambat pada suhu 100°C. Tetapi jika suhu dinaikkan sampai 135°C konversi yang sebesar itu dapat dicapai dalam waktu 40 menit. (Agra dkk, 1973). Hidrolisa pati gandum dan jagung dengan katalisator asam sulfat memerlukan suhu 160°C. Karena panas reaksi hamper mendekati nol, reaksi berjalan dalam fasa cair, maka suhu dan tekanan tidak banyak mempengaruhi kesetimbangan.

➤ **Pengadukan**

Reaksi kimia berlangsung jika molekul-molekul reaksi saling bertumbukan satu dengan yang lain (Agra dkk, 1973). Agar terjadi tumbukan, maka perlu adanya pengadukan. Jadi kecepatan reaksi sebanding dengan jumlah tumbukan antara zat-zat yang direaksikan.

➤ **Waktu Reaksi**

Hubungan waktu reaksi dengan kecepatan reaksi dapat dinyatakan :

$$-r_A = \frac{-dCA}{dt} = kCA \quad (2.13)$$

Jika konsentrasi pati dinyatakan dengan CA dan konsentrasi pati mula-mula CA<sub>o</sub>, maka;

$$CA = CA_o (1-X_A)$$

Dimana CA = konsentrasi pati, gram/L

X<sub>A</sub> = konversi, bagian

T = waktu hidrolisa, menit

k = tetapan kecepatan reaksi, permenit

CA<sub>o</sub> = konsentrasi pati mula-mula, gram/L

Persamaan 2.13 dapat diturunkan menjadi :

$$dCA = -CA_o \frac{dX_A}{dt} \quad (2.14)$$

➤ **Perbandingan zat pereaksi/Konsistensi**

Jika salah satu zat pereaksi berlebihan jumlahnya, maka keseimbangan dapat berjalan ke sebelah kanan dengan baik. Oleh karena itu, suspensi pati yang kadarnya rendah memberi hasil yang lebih baik dengan kadar yang tinggi. Jika kadar suspensi pati dimurnikan dari 40% menjadi 20% atau 1% maka konversi bertambah dari 80% atau 99% (Groggins, 1958). Pada permukaan kadar suspensi pati yang tinggi sehingga molekul zat pereaksi akan sulit bergerak untuk menghasilkan glukosa, biasanya digunakan suspensi pati 20%.

## 2.9. Mekanisme Fehling

Larutan Fehling adalah larutan yang digunakan untuk membedakan senyawa aldehyd dan keton. Bahan yang akan diuji dengan larutan fehling hingga berwarna merah, menandakan adanya senyawa aldehyd. Keton tidak bereaksi dengan larutan fehling, kecuali keton hidrolisa alfa. Salah satu kegunaannya adalah untuk menguji glukosa dalam upaya untuk menunjukkan kencing manis. Fehling ditemukan oleh para ahli kimia dari Jerman, Hermann Van Fehling. Larutan fehling dibuat dari :

- 34,639 gr cuprum (II) sulfat pentahidrat yang dilarutkan dengan aquadest hingga 500 ml, biarkan 2 hari lalu disaring.
- 172 g Rochelle (kalium Natrium Tartrat Tetrahidrat) dan 50 g natrium hidroksida dalam aquadest sampai volume 500 ml, biarkan 2 hari kemudian disaring.

Uji Fehling :

- ✓ Aldehyd dicampur dengan larutan fehling, kemudian dipanaskan.
- ✓ Aldehyd akan teroksidasi menjadi asam menghasilkan ion Cuprum (II) yang kemudian akan terendap sebagai  $\text{Cu}_2\text{O}$  (Cuprum (I) Oksida) yang berwarna merah.



- Pengoksidasi



- Redoks



# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

#### 3.1.1 Penetapan Variabel

➤ Variabel tetap

Volume campuran : 300 ml

HCl : 10 ml

➤ Variabel berubah

- Konsistensi / perbandingan berat : 1:100, 2:100, 3:100, 4:100, 5:100  
tepung (dry basis) dan air
- Konsentrasi HCl (N) : 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1
- Suhu operasi (°C) : 60, 70, 80, 90, 100
- Waktu (jam) : 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5
- Pengadukan (rpm) : 60 rpm; 150 rpm

#### 3.1.2. Metode Penelitian

Experimental design adalah kumpulan percobaan atau run yang dirancang untuk mendapatkan data kongkrit guna membuktikan suatu hipotesa. Pada eksperimental design setiap variabel yang diuji ditentukan pada beberapa harga, lazimnya semua harga untuk setiap variabel bebas, kemudian beberapa variabel bebas tadi dikombinasikan pada kemungkinan yang ada. Dari hasil kombinasi tadi diperoleh data yang diperlukan untuk penarikan kesimpulan, dimana akan digunakan metode statistik. Dengan pertimbangan tersebut, penggunaan metode espreimental design sangat memungkinkan untuk mendapatkan hasil-hasil dan kesimpulan yang teliti.

Experimental design adalah cara lain yang dianggap konvensional, karena :

1. Perencanaan ini hanya memerlukan sedikit run untuk setiap variabel sehingga menghemat biaya dan waktu.
2. Meskipun tidak mencakup range yang luas, namun dapat menunjukkan kecenderungan yang nyata sehingga dapat menentukan arah penelitian lebih lanjut.
3. Pengambilan kesimpulan lebih pasti karena didukung metode statistik.

Salah satu metode experimental design adalah metode faktorial design dua level, yaitu tinggi dan rendah. Cara inilah yang akan digunakan dalam pengolahan data hasil penelitian.

Hasil pengamatan dari experimental desain awal digunakan untuk membuat rancangan baru untuk menentukan variabel yang paling berpengaruh. Penentuan satu variabel utama dilakukan secara bertahap dengan faktorial design dimana pada setiap rancangan beberapa variabel tertentu yaitu yang berpengaruh kecil pada hasil produk dihilangkan hingga didapat satu variabel akhir yang paling berpengaruh. Karena pada setiap rancangan baru disusun harga-harga variabel baru untuk peningkatan hasil, maka pada akhir percobaan akan didapat hasil atau kondisi optimum untuk semua variabel tanpa menghilangkan efek interaksinya.

### 3.1.3 Cara Pengolahan Data

#### ➤ Metode Faktorial Design

Pada suatu bagian treatment yang memiliki kombinasi dari  $n$  faktor yang masing-masing dapat diteliti sebagai  $2^n$  faktorial. Pemilihan dua level yang masing-masing faktor digunakan untuk memilih atau menyaring percobaan-percobaan yang dilakukan.

Dalam pemilihan  $2^n$  faktorial maksudnya adalah  $n = 5$  faktor yang memiliki level. Jadi  $2^5 =$  tiga puluh dua pengamatan. Yang dimaksud dua level adalah bahwa untuk setiap variabel digunakan dua nilai, satu memiliki harga rendah dan satu lagi memiliki harga tinggi yang diberi simbol (-) dan (+).

Tabel 3.1 Variabel berubah dan harga level (experimental design)

No.	Variabel	Level rendah (-)	Level tinggi (+)
1.	Konsistensi (padat : cair)	1:100	5:100
2.	Konsentrasi HCl (N)	0.25	1
3.	Suhu operasi ( $^{\circ}$ C)	60	100
4.	Waktu operasi (jam)	0.50	2.50
5.	Pengadukan (rpm)	60	150

Dari kelima variabel diatas kemudian dibuat variasi. Setiap variasi diamati dari kadar glukosa ampas singkong. Untuk mencari faktor yang paling berpengaruh dari kelima variabel tadi dengan menghitung harga I dengan metode faktorial design dari setiap kombinasi main efek dan interaksi kelima variabel tersebut.

Tabel 3.2 Kombinasi berubah (Yate's algoritma)

VARIABEL					
RUN	K	X	T	t	P
1.	-	-	-	-	-
2.	+	-	-	-	-
3.	-	+	-	-	-
4.	-	-	+	-	-
5.	-	-	-	+	-
6.	-	-	-	-	+
7.	+	+	-	-	-
8.	+	-	+	-	-
9.	+	-	-	+	-
10.	+	-	-	-	+
11.	-	+	+	-	-
12.	-	+	-	+	-
13.	-	+	-	-	+
14.	-	-	+	+	-
15.	-	-	+	-	+
16.	-	-	-	+	+
17.	+	+	+	-	-
18.	+	+	-	+	-
19.	+	+	-	-	+
20.	+	-	+	+	-
21.	+	-	+	-	+
22.	+	-	-	+	+
23.	-	+	+	+	-
24.	-	+	+	-	+
25.	-	+	-	+	+
26.	-	-	+	+	+
27.	+	+	+	+	-
28.	+	+	+	-	+
29.	+	+	-	+	+
30.	+	-	+	+	+
31.	-	+	+	+	+
32.	+	+	+	+	+

➤ **Analisa variant :**

1. Perhitungan efek utama

$$\text{Rerata} = I_0 = \frac{1}{32} (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{10} + a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{14} + a_{15} + a_{16} + a_{17} + a_{18} + a_{19} + a_{20} + a_{21} + a_{22} + a_{23} + a_{24} + a_{25} + a_{26} + a_{27} + a_{28} + a_{29} + a_{30} + a_{31} + a_{32})$$

$$\text{Efek K} = I_1 = \frac{1}{16} (-a_1 + a_2 - a_3 - a_4 - a_5 - a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{10} - a_{11} - a_{12} - a_{13} - a_{14} - a_{15} - a_{16} + a_{17} + a_{18} + a_{19} + a_{20} + a_{21} + a_{22} - a_{23} - a_{24} - a_{25} - a_{26} + a_{27} + a_{28} + a_{29} + a_{30} - a_{31} + a_{32})$$

$$\text{Efek X} = I_2 = \frac{1}{16} (-a_1 - a_2 + a_3 - a_4 - a_5 - a_6 + a_7 - a_8 - a_9 - a_{10} + a_{11} + a_{12} + a_{13} - a_{14} - a_{15} - a_{16} + a_{17} + a_{18} + a_{19} - a_{20} - a_{21} - a_{22} + a_{23} + a_{24} + a_{25} - a_{26} + a_{27} + a_{28} + a_{29} - a_{30} + a_{31} + a_{32})$$

$$\text{Efek T} = I_3 = \frac{1}{16} (-a_1 - a_2 - a_3 + a_4 - a_5 - a_6 - a_7 + a_8 - a_9 - a_{10} + a_{11} - a_{12} - a_{13} + a_{14} + a_{15} - a_{16} + a_{17} - a_{18} - a_{19} + a_{20} + a_{21} - a_{22} + a_{23} + a_{24} - a_{25} + a_{26} + a_{27} + a_{28} - a_{29} + a_{30} + a_{31} + a_{32})$$

$$\text{Efek t} = I_4 = \frac{1}{16} (-a_1 - a_2 - a_3 - a_4 + a_5 - a_6 - a_7 - a_8 + a_9 - a_{10} - a_{11} + a_{12} - a_{13} + a_{14} - a_{15} + a_{16} - a_{17} + a_{18} - a_{19} + a_{20} - a_{21} + a_{22} + a_{23} - a_{24} + a_{25} + a_{26} + a_{27} - a_{28} + a_{29} + a_{30} + a_{31} + a_{32})$$

$$\text{Efek P} = I_5 = \frac{1}{16} (-a_1 - a_2 - a_3 - a_4 - a_5 + a_6 - a_7 - a_8 - a_9 + a_{10} - a_{11} - a_{12} + a_{13} - a_{14} + a_{15} + a_{16} - a_{17} - a_{18} + a_{19} - a_{20} + a_{21} + a_{22} - a_{23} + a_{24} + a_{25} + a_{26} - a_{27} + a_{28} + a_{29} + a_{30} + a_{31} + a_{32})$$

2. Dari perhitungan efek utama dapat disusun persamaan yield :

$$Y = I_0 + (I_1 \times K) + (I_2 \times X) + (I_3 \times T) + (I_4 \times t) + (I_5 \times P)$$

3. Menentukan variabel yang berpengaruh

Dari perhitungan efek utama di atas, variabel yang paling berpengaruh adalah yang mempunyai harga mutlak paling besar.

**3.1.4 Respon / Pengamatan**

Volume titran untuk menentukan persen ampas singkong yang terhidrolisa

### **3.2 Bahan dan Alat yang Digunakan**

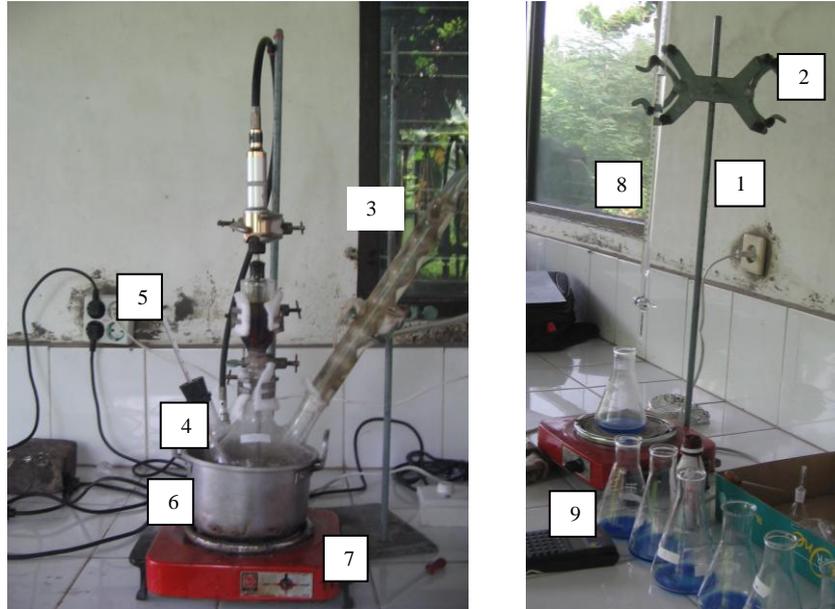
#### **3.2.1 Bahan yang digunakan**

- Ampas Singkong (*dry basis*)
- Aquadest
- Larutan HCl
- Glukosa standard
- Larutan Fehling A dan Fehling B
- Indikator MB

#### **3.2.2 Alat yang digunakan**

- Waterbath
- Labu leher tiga
- Thermometer
- Kompor listrik
- Pendingin balik
- Erlenmeyer
- Gelas ukur
- Beaker glass
- Kertas saring
- Klem dan statif
- Timbangan digital
- Pengaduk (Hg-sheal)
- Pipet
- Picnometer
- Viskosimeter

### 3.3 Gambar Alat Utama



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Utama Hidrolisa

Keterangan Gambar :

1. Statif
2. Klem
3. Pendingin balik
4. Labu leher tiga
5. Termometer
6. Water bath
7. Kompor listrik
8. Buret
9. Erlenmeyer

### 3.4 Langkah Percobaan

#### ➤ Prosedur Kerja

##### 1. Persiapan Awal

- Menghitung densitas ampas

Ampas singkong 1 gram ditambahkan 5 ml aquadest, catat penambahan volum.

$$\rho_{\text{ampas}} = \frac{m_{\text{pati}}}{\Delta V} \quad (3.1)$$

- Menghitung densitas HCl menggunakan picnometer.

## 2. Pembuatan Reagen

- Membuat glukosa standard

Glukosa anhidrid 2 gram dilarutkan dalam 1000 ml aquadest.

- Membuat Fehling A dan fehling B

Fehling A

34,639 gr cuprum (II) sulfat pentahidrat yang dilarutkan dengan aquadest hingga 500 ml, biarkan 2 hari lalu disaring.

Fehling B

172 g Rochelle (kalium Natrium Tartrat Tetrahidrat) dan 50 g natrium hidroksida dalam aquadest sampai volume 500 ml, biarkan 2 hari kemudian disaring.

## 3. Analisa Kadar Ampas Awal

- Standarisasi Larutan Fehling

Larutan Fehling A sebanyak lima ml dan larutan Fehling B lima ml dicampur, lalu ditambah 15 ml larutan glukose standart dari buret. Campuran dipanaskan hingga mendidih. Satu menit 40 detik dari mendidih, ditambah 3 tetes Metilen Blue, dua menit dari mendidih larutan dititrasi dengan glukosa standard hingga warna berubah menjadi merah bata. Catat kebutuhan titran (F) yang dibutuhkan. Yang perlu diperhatikan, proses titrasi dilakukan dalam keadaan mendidih, titrasi efektif dilakukan maksimal satu menit.

- Penentuan kadar glukosa ampas singkong

Sepuluh gram ampas singkong dilarutkan dalam larutan HCl 1N. Larutan dipanaskan pada suhu  $\pm 100$  °C selama satu jam. Setelah itu didinginkan, diencerkan dengan aquadest hingga 500 ml dan dinetralkan. Kemudian ambil 5 ml untuk diencerkan hingga 10 ml. Dari pengenceran tadi, ambil 5 ml kemudian ditambahkan 5 ml larutan Fehling A, 5 ml larutan Fehling B dan 15 ml glukosa standard panaskan hingga mendidih. Satu menit 40 detik dari mendidih, ditambah 3 tetes Metilen Blue, dua menit dari mendidih larutan dititrasi dengan glukosa standard hingga warna berubah menjadi merah bata. Catat kebutuhan titran (M) yang dibutuhkan. Hitung kadar glukosa pada ampas singkong. Yang perlu diperhatikan, proses titrasi dilakukan dalam keadaan mendidih, titrasi efektif dilakuakn maksimal satu menit.

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2891-1992, tentang cara uji makanan dan minuman, kadar glukosa dan kadar karbohidrat dapat dianalisa dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Kadar glukosa} = \frac{(F - M) \times \frac{2 \text{ gr Glukosa Standar}}{1000 \text{ ml larutan}} \times FP}{w} \times 100\% \quad (3.2)$$

Kadar glukosa sama dengan persen ampas singkong terhidrolisa karena  $w$  merupakan berat total sampel (ampas singkong) yang dihidrolisa (*dry basis*).

Dimana : F = volume titran blanko (ml)

M = volume penitar (ml)

W = bobot sampel (gram)

FP = faktor pengenceran

#### 4. Hidrolisa Ampas Singkong

Ampas singkong, air dan larutan HCl yang banyaknya disesuaikan dengan variabel, dimasukkan dalam labu leher tiga. Pada saat suhu dan waktu operasi tercapai, diambil sampel ke-0 sebanyak 5 ml, kemudian dilakukan titrasi dengan metode sesuai *Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2891-1992*. Sesuai metode ini, sampel ditambah dengan larutan Fehling A sebanyak 5 ml, larutan Fehling B 5 ml dan 15 ml larutan glukosa standart dari buret. Campuran dipanaskan hingga mendidih. Satu menit 40 detik dari mendidih, ditambah 3 tetes Metilen Blue, dua menit dari mendidih larutan dititrasi dengan glukosa standard hingga warna berubah menjadi merah bata. Catat kebutuhan titran yang dibutuhkan. Yang perlu diperhatikan, proses titrasi dilakukan dalam keadaan mendidih, titrasi efektif dilakukan maksimal satu menit. Kadar glukosa yang terhidrolisa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.2.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Penelitian Proses Hidrolisa Ampas Singkong

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCl ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,083
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13,0	11,586
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,159
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,139
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,448
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.2 Perbandingan Variabel Berat Ampas (Konsistensi) terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCl ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,082
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13,0	11,586
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,158
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,138
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,448
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.3 Perbandingan Variabel Waktu terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCl ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,083
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13,0	11,586
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,138
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,159
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,448
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.4 Perbandingan Variabel Temperatur terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCl ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,083
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13,0	11,586
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,159
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,449
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,138
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.5 Perbandingan Variabel Konsentrasi HCl terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCL ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,083
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13	11,586
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,448
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,159
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,138
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.6 Perbandingan Variabel Pengadukan terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Percobaan	Berat Ampas ( gr )	Waktu ( jam )	Temperatur ( °C )	Konsentrasi HCl ( N )	Pengadukan ( Rpm )	Volume Titran ( ml )	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
1	3,625	0,5	60	0,2	60	15,0	24,828
6	3,625	0,5	60	0,2	150	14,5	33,103
2	18,125	0,5	60	0,2	60	13,3	10,593
10	18,125	0,5	60	0,2	150	13,0	11,586
3	3,625	0,5	60	1,0	60	12,8	61,241
13	3,625	0,5	60	1,0	150	12,3	69,517
4	3,625	0,5	100	0,2	60	14,0	41,379
15	3,625	0,5	100	0,2	150	13,8	44,690
5	3,625	2,5	60	0,2	60	13,8	44,690
16	3,625	2,5	60	0,2	150	13,2	54,621
7	18,125	0,5	60	1,0	60	5,6	36,083
19	18,125	0,5	60	1,0	150	8,3	27,145
8	18,125	0,5	100	0,2	60	11,9	15,228
21	18,125	0,5	100	0,2	150	8,9	25,159
9	18,125	2,5	60	0,2	60	10,3	20,524
22	18,125	2,5	60	0,2	150	8,0	28,138
11	3,625	0,5	100	1,0	60	12,2	71,172
24	3,625	0,5	100	1,0	150	11,7	79,448
12	3,625	2,5	60	1,0	60	12,1	72,828
25	3,625	2,5	60	1,0	150	11,8	77,793
14	3,625	2,5	100	0,2	60	12,9	59,586
26	3,625	2,5	100	0,2	150	11,9	76,138
17	18,125	0,5	100	1,0	60	8,0	28,138
28	18,125	0,5	100	1,0	150	5,0	38,069
18	18,125	2,5	60	1,0	60	7,0	31,448
29	18,125	2,5	60	1,0	150	4,0	41,379
20	18,125	2,5	100	0,2	60	7,0	31,448
30	18,125	2,5	100	0,2	150	5,5	36,414
23	3,625	2,5	100	1,0	60	11,6	81,103
31	3,625	2,5	100	1,0	150	11,2	87,724
27	18,125	2,5	100	1,0	60	3,3	43,697
32	18,125	2,5	100	1,0	150	3,0	44,690

Tabel 4.7 Pengaruh Konsistensi Terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

<b>Konsistensi</b>	<b>Volume Kebutuhan Titrasi (ml)</b>	<b>Ampas Singkong Terhidrolisa (%)</b>
1%	11,2	87,724
2%	5,8	88,552
3%	2,1	79,448
4%	5,2	46,759
5%	3,0	44,690

Dengan basis waktu hidrolisis 2,5 jam, temperatur operasi 100°C, konsentrasi HCl 1N dan pengadukan 60 rpm.

Tabel 4.8 Pengaruh Waktu Terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Volume Kebutuhan Titrasi (ml)</b>	<b>Ampas Singkong Terhidrolisa (%)</b>
30	11,7	79,448
60	11,5	82,759
90	11,4	84,414
120	11,2	87,724
150	11,2	87,724

Dengan basis waktu konsistensi 1%, temperatur operasi 100°C, konsentrasi HCl 1N dan pengadukan 60 rpm.

Tabel 4.9 Pengaruh Temperatur Terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

<b>Temperatur (°C)</b>	<b>Volume Kebutuhan Titrasi (ml)</b>	<b>Ampas Singkong Terhidrolisa (%)</b>
60	11,7	77,793
70	11,6	81,103
80	11,3	86,069
90	11,1	89,379
100	11,2	87,724

Dengan basis konsistensi 1%, waktu hidrolisis 2,5 jam, konsentrasi HCl 1N dan pengadukan 60 rpm.

Tabel 4.10 Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Konsentrasi HCl (N)	Volume Kebutuhan Titran (ml)	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
0,2	11,7	76,138
0,4	11,6	81,103
0,6	11,5	82,759
0,8	11,2	87,724
1,0	11,2	87,724

Dengan basis konsistensi 1%, temperatur operasi 100°C, waktu hidrolisis 2,5 jam dan pengadukan 60 rpm.

Tabel 4.11 Pengaruh Pengadukan Terhadap Persen Ampas Singkong Terhidrolisa

Kecepatan Anguler	Volume Titran (ml)	Ampas Singkong Terhidrolisa (%)
60 rpm	11,6	81,103
150 rpm	11,8	87,724

Dengan basis konsistensi 1%, waktu hidrolisis 2,5 jam, temperatur operasi 100°C dan konsentrasi HCl 1N.

## 4.2. Pembahasan

### 1. Variabel Teratas dan Terendah yang Paling Berpengaruh

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsistensi (persentase perbandingan padatan dan larutan), konsentrasi HCl, waktu hidrolisa, temperatur dan pengadukan. Untuk menentukan variabel yang paling berpengaruh sehingga dapat menentukan variabel tetap, maka dilakukan percobaan dengan level atas dan level bawah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Dari hasil penelitian awal seperti yang tercantum pada tabel 4.1, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Perbandingan variabel konsistensi terhadap ampas singkong yang terhidrolisa seperti yang terlihat pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa pada konsistensi 1% dihasilkan ampas singkong terhidrolisa sebesar 87,724% sedangkan pada 5% sebesar 44,69%. Konsistensi 1% memberikan hasil yang lebih tinggi dari pada 5%, hal ini disebabkan karena pada konsistensi 5% larutan yang di hidrolisa semakin kental sehingga pergerakan molekul-molekul zat pereaksi dan tumbukan antar molekulnya menjadi terhambat yang mengakibatkan ampas singkong yang terhidrolisa semakin kecil.

- Perbandingan variabel waktu terhadap ampas singkong yang terhidrolisa seperti yang terlihat pada tabel 4.3, menunjukkan bahwa pada waktu 0,5 jam dihasilkan ampas singkong terhidrolisa sebesar 79,448% sedangkan pada 2,5 jam sebesar 87,724. Pada waktu 2,5 jam memberikan hasil yang lebih tinggi dari pada 0,5 jam, hal ini disebabkan makin lama waktu reaksi hidrolisis, maka molekul zat pereaksi yang bertumbukan semakin banyak sehingga ampas singkong yang terhidrolisa semakin naik.
- Perbandingan variabel temperatur terhadap ampas singkong yang terhidrolisa seperti yang terlihat pada tabel 4.4, menunjukkan bahwa pada temperatur operasi 60 °C dihasilkan ampas singkong terhidrolisa sebesar 77,793% sedangkan pada 100 °C sebesar 87,724%. Pada suhu 100<sup>0</sup>C memberikan hasil yang lebih tinggi dari pada 60<sup>0</sup>C, hal ini disebabkan karena dengan naiknya suhu reaksi, maka laju reaksi hidrolisa semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan hubungan aktivitas terhadap temperatur.

$$A = A_o \cdot e^{\left(\frac{\Delta E_h}{RT}\right)} \quad (4.1)$$

Dalam hubungan ini, A adalah energi aktivasi pati yang sudah tergelatinisasi (pati yang sudah bereaksi dengan reaktan-reaktan) pada saat T operasi, A<sub>o</sub> adalah energi aktivasi pati yang sudah tergelatinisasi mula-mula (pada T acuan), ΔE<sub>h</sub> adalah energi aktivasi reaksi hidrolisis, R adalah tetapan gas, dan T adalah temperatur proses hidrolisis.

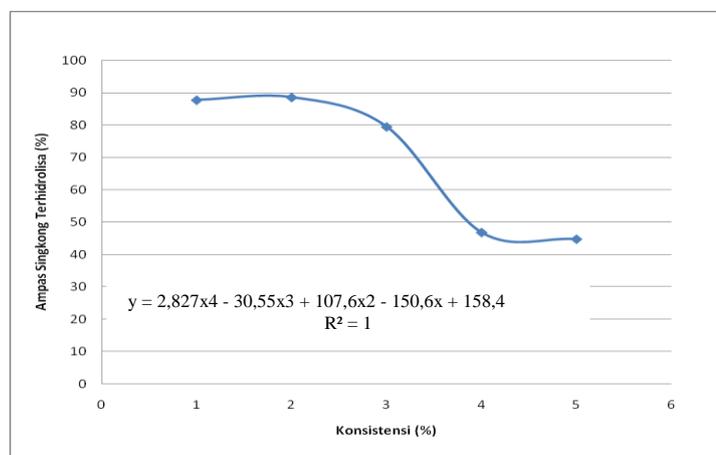
- Perbandingan variabel konsentrasi HCl terhadap ampas singkong yang terhidrolisa seperti yang terlihat pada tabel 4.5, menunjukkan bahwa pada konsentrasi HCl 1N dihasilkan ampas singkong yang terhidrolisa sebesar 87,724% sedangkan pada konsentrasi 0,2N sebesar 76,138%. Pada konsentrasi 1N memberikan hasil yang lebih tinggi dari pada 0,2 N. Dalam hal ini, HCl berfungsi sebagai katalis yang berfungsi untuk mempercepat jalannya reaksi hidrolisa. Katalisator asam akan mempengaruhi penurunan tenaga aktivasi (E), sehingga reaksi berjalan dengan cepat dan rendemen yang dihasilkan akan semakin banyak. (Sukardjo, 1997).
- Perbandingan variabel kecepatan pengadukan terhadap ampas singkong yang terhidrolisa seperti yang terlihat pada tabel 4.6, menunjukkan bahwa antara

kecepatan pengadukan 60 rpm dan 150 rpm yang lebih berpengaruh adalah kecepatan pengadukan pada 150 rpm. Ampas singkong yang terhidrolisa pada kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm yaitu sebesar 87,724% sedangkan pada 60 rpm dihasilkan sebesar 81,103%. Dengan adanya pengadukan maka molekul-molekul saling bertumbukan satu dengan yang lain (Agra dkk, 1973) sehingga menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisa. Semakin besar pengadukan yang dilakukan maka proses tumbukan atau waktu kontak antar molekul menjadi lebih besar sehingga reaksi hidrolisa yang terjadi semakin baik dan kadar glukosa yang dihasilkan semakin meningkat

- Dari hasil persen hidrolisa ampas singkong yang ditunjukkan pada tabel 4.1 hingga tabel 4.6, ketika melakukan hidrolisa pada berbagai variabel yang ditentukan sebelumnya, maka kondisi operasi tetap yang digunakan adalah :
  - Konsistensi 1%
  - Waktu hidrolisa 2,5 jam
  - Konsentrasi HCl sebagai katalis adalah 1 N
  - Temperatur hidrolisnya adalah 100 °C
  - Kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 150 rpm.

## 2. Pengaruh Variabel Konsistensi terhadap Ampas Singkong Terhidrolisa

Untuk mengetahui pengaruh variabel konsistensi terhadap persen ampas singkong terhidrolisa, dilakukan penelitian dengan variabel bebas perbandingan zat pereaksi, sedang variabel tetapnya yaitu suhu reaksi 100°C, waktu 2,5 jam, katalisator HCl 1 N dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Sehingga didapat hasil seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini :



**Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsistensi dengan Persen Ampas Terhidrolisa**

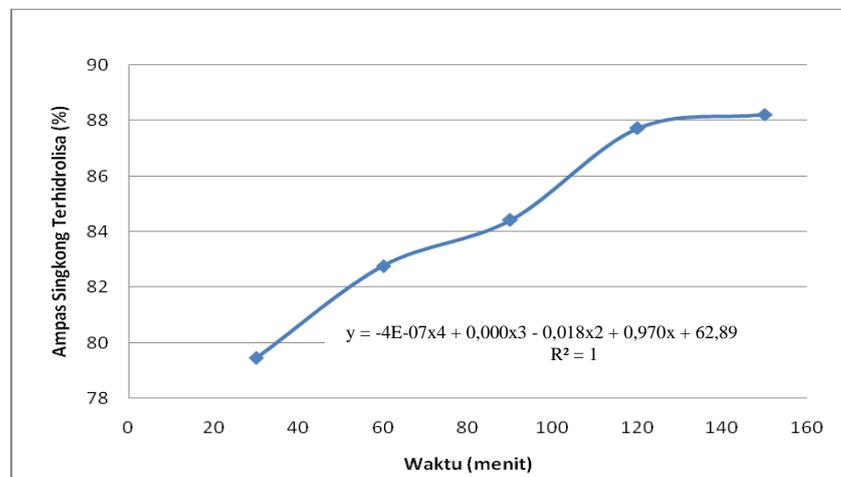
Dari grafik hubungan konsistensi dengan persen ampas singkong terhidrolisa seperti yang terlihat pada gambar 4.1, menunjukkan bahwa variabel konsistensi yang paling optimum yaitu pada konsistensi sebesar 2% dimana pada konsistensi tersebut ampas singkong terhidrolisa yaitu sebesar 88,552%.

Secara umum, reaksi hidrolisa (padat-cair) punya tendensi jika konsistensi (perbandingan zat padat dan zat cair) semakin besar maka konversi reaksi yang dihasilkan juga akan bertambah besar sejauh tidak dihambat oleh kondisi fisik larutan seperti kekentalan. Pada sistem hidrolisa pati faktor kekentalan ini lebih dominan sehingga menghambat konversi reaksi yang dihasilkan.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa pada konsistensi 1% dihasilkan konversi (ampas singkong terhidrolisa) sebesar 87,724%. Pada saat konsistensi dinaikkan menjadi 2% maka konversi akan naik menjadi 88,552%, tetapi jika dinaikkan di atas 2% (3%, 4% dan 5%) kenampakan visual cenderung seperti gelatin semi padat yang sulit diaduk sehingga konversi semakin turun. Jadi dapat dikatakan bahwa pada proses hidrolisa ini jika digunakan konsistensi di atas 2% maka faktor kekentalan menjadi lebih dominan sehingga menyebabkan konversi menjadi turun.

### 3. Pengaruh Variabel Waktu Hidrolisa terhadap Ampas Singkong terhidrolisa

Untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap ampas singkong terhidrolisa, maka dilakukan penelitian dengan variabel bebas waktu operasi hidrolisa, sedang variabel tetapnya adalah konsistensi 1%, suhu reaksi 100°C, katalisator HCl 1 N dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Sehingga didapat hasil seperti grafik di bawah ini :



**Gambar 4.2. Grafik Hubungan Waktu dengan Persen Ampas Singkong Terhidrolisa**

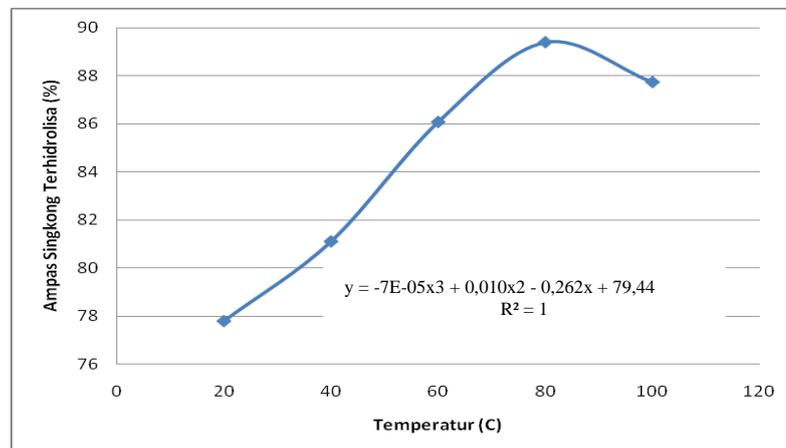
Dari grafik hubungan waktu dengan persen ampas singkong terhidrolisa seperti yang terlihat pada gambar 4.2, menunjukkan bahwa waktu hidrolisa yang paling

berpengaruh yaitu 120 menit (2 jam) dimana pada waktu tersebut ampas singkong terhidrolisa yang dihasilkan sebesar 87,724%.

Pengaruh variabel waktu terhadap proses hidrolisa yaitu semakin lama waktu reaksi maka molekul zat pereaksi yang bertumbukan semakin banyak sehingga ampas singkong yang terhidrolisa juga semakin banyak. Berdasarkan gambar 4.2, semakin lama waktu hidrolisa, persen ampas singkong terhidrolisa semakin naik. Ampas singkong terhidrolisa paling optimal terjadi pada waktu 120 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu hidrolisa yang paling optimum yaitu 120 menit. Setelah 120 menit, ampas singkong yang terhidrolisa juga semakin banyak, namun kenaikan yang terjadi tidak signifikan karena kadar pati yang ada sudah semakin berkurang, sehingga jumlah yang bereaksi semakin sedikit, kontak antar reaktan semakin lambat.

#### 4. Pengaruh Variabel Temperatur Hidrolisa terhadap Ampas Singkong Terhidrolisa

Untuk mengetahui pengaruh temperatur hidrolisa terhadap persen ampas singkong terhidrolisa, dilakukan penelitian dengan variabel bebas temperatur operasi, sedang variabel tetapnya yaitu konsistensi 1%, waktu hidrolisa 2,5 jam, katalisator HCl 1 N dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Sehingga didapat hasil penelitian seperti grafik berikut ini :



**Gambar 4.3 Grafik Hubungan Temperatur dengan Persen Ampas Terhidrolisa**

Temperatur hidrolisis berhubungan dengan laju reaksi mengikuti persamaan Arrhenius.

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (4.2)$$

Dimana :

k = ketetapan kecepatan reaksi, menit<sup>-1</sup>

$E_a$  = energy aktivasi, L atm mol<sup>-1</sup>

T = suhu, K

A = faktor tumbukan, menit<sup>-1</sup>

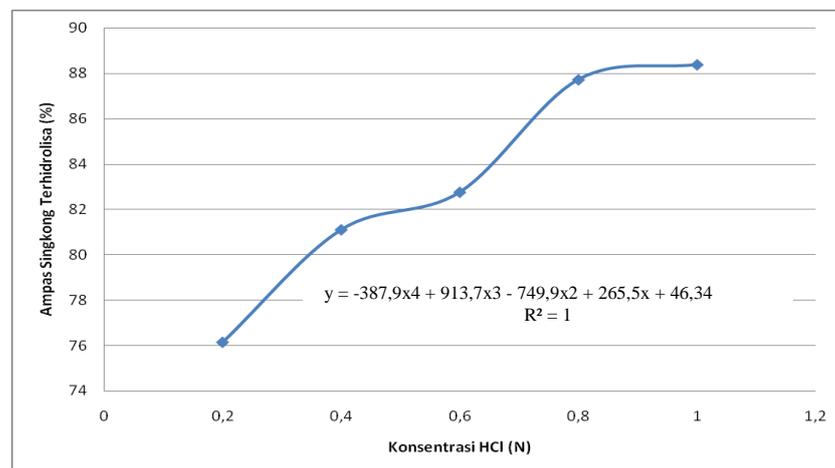
R = tetapan gas ideal, L atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Makin tinggi temperatur hidrolisis, maka laju reaksi hidrolisa semakin besar sehingga ampas singkong yang terhidrolisa bertambah besar.

Dari grafik di atas, temperatur yang optimum yaitu 90<sup>0</sup>C, dimana pada temperatur tersebut persen ampas singkong terhidrolisa sebesar 89,379%. Dari hasil penelitian, pada suhu operasi 100<sup>0</sup>C, persen ampas singkong terhidrolisa mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu di atas 90<sup>0</sup>C glukosa mengalami degradasi atau karbonisasi parsial yang ditandai dengan perubahan warna larutan hasil hidrolisa menjadi semakin gelap.

#### 5. Pengaruh Variabel Konsentrasi HCl terhadap Persen Hidrolisa

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl terhadap persen ampas singkong terhidrolisa, dilakukan penelitian dengan variabel bebas konsentrasi katalis, sedang variabel tetapnya yaitu konsistensi 1%, waktu hidrolisa 2,5jam , temperatur 100<sup>0</sup>C dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Sehingga didapat hasil penelitian seperti terlihat pada grafik berikut ini :



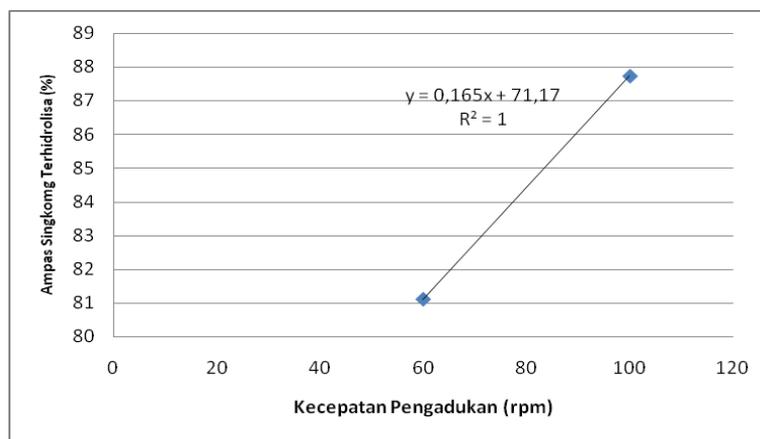
**Gambar 4.4 Grafik Hubungan Konsentrasi HCl dengan Persen Ampas Singkong Terhidrolisa**

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa konsentrasi HCl yang menghasilkan ampas singkong terhidrolisa terbanyak adalah konsentrasi HCl 0,8 N, dimana pada konsentrasi tersebut persen ampas singkong terhidrolisa yang dihasilkan yaitu sebesar 87,724%. Katalis berguna untuk mempercepat jalannya reaksi hidrolisa. Katalisator

yang digunakan dalam hidrolisa ampas singkong adalah HCl, dimana yang berpengaruh terhadap kecepatan reaksi adalah ion  $H^+$  nya.

Pada konsentrasi HCl di atas 0,8N, kenaikan ampas singkong terhidrolisa yang terjadi tidak signifikan. Jumlah  $H_2O$  dalam larutan HCl 0,8N lebih banyak dari HCl 1N sehingga berpengaruh pada kekentalan larutan yang dihidrolisa. Semakin kental larutan, tumbukan antar reaktan menjadi berkurang sehingga reaksi berjalan menjadi lebih lambat.

#### 6. Pengaruh Variabel Pengadukan terhadap Ampas Singkong Terhidrolisa



**Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan dengan Persen Ampas Singkong Terhidrolisa**

Pada penelitian ini variabel pengadukan yang diambil yaitu pada 60 rpm dan 150 rpm. Dua level ini digunakan sebagai kecepatan pengadukan yang terendah dan kecepatan pengadukan tertinggi yang dapat dilakukan di dalam labu leher tiga tanpa terjadi olakan. Dari kedua level tersebut dapat terlihat bahwa pada pengadukan 150 rpm, ampas singkong yang terhidrolisa yaitu 87,72% lebih besar daripada pengadukan 60 rpm yaitu sebesar 81,10%. Dengan adanya pengadukan maka molekul-molekul saling bertumbukan satu dengan yang lain (Agra dkk, 1973). Semakin besar pengadukan yang dilakukan maka proses tumbukan antarmolekul menjadi lebih besar sehingga reaksi hidrolisa yang terjadi semakin baik dan ampas singkong terhidrolisa semakin meningkat.

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan maka persen ampas terhidrolisa semakin tinggi. Namun yang perlu diperhatikan adalah, kecepatan pengadukan dibatasi dengan vortex (lengkungan) dan olakan yang terjadi selama pengadukan berlangsung.

## 7. Pembahasan Keseluruhan Variabel-Variabel yang Berpengaruh

Dari penelitian yang dilakukan, dapat ditentukan variabel-variabel yang dapat dijadikan kombinasi untuk menghasilkan ampas singkong terhidrolisa paling tinggi adalah :

- Konsistensi : 2%
- Waktu hidrolisa : 2 jam
- Temperature operasi : 90°C
- Konsentrasi HCl : 0,8N
- Dan pengadukan : 150 rpm

Dari penelitian dengan menggunakan variabel-variabel di atas, diperoleh hasil ampas singkong terhidrolisa sebesar 90,207%.

# **BAB V**

## **PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Variabel yang paling berpengaruh dalam perubahan fasa ampas singkong sebagai bahan baku pembuatan asam sitrat secara berurutan adalah konsistensi (perbandingan ampas singkong dan air), waktu hidrolisa, temperatur operasi, konsentrasi HCl dan kecepatan pengadukan.
2. Kombinasi variabel untuk mendapatkan ampas terhidrolisa paling tinggi adalah konsistensi 2%, waktu hidrolisa 2 jam, temperatur 90°C, konsentrasi HCl 0,8 N dan kecepatan pengadukan 150 rpm.
3. Kombinasi variabel optimum menghasilkan ampas singkong terhidrolisa sebesar 90,207%.
4. Dalam perubahan fase ampas singkong padat menjadi cair sebagai bahan baku asam sitrat dapat dilakukan dengan hidrolisa

### **5.2 Saran**

1. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan untuk melakukan penelitian hidrolisa ampas singkong ini dengan memakai variabel kecepatan pengadukan diantara titik 60 rpm dan 150 rpm.
2. Hidrolisa polisakarida dari bahan nonpangan, seperti selulosa di masa mendatang diharapkan menjadi terobosan baru dalam menghasilkan glukosa, menggantikan pati yang masih menjadi sumber pangan sampai saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agra, I. B., Warnijati, S., dan Pujiyanto, B., “ Hidrolisa Pati Ketela Rambat Pada Suhu Lebih Dari 100<sup>0</sup>C”, Forum Teknik, 3, 115-129 (1973)
- Groggins, P. H., “Unit Process in Organic Synthesis”, 5 ed., pp. 750-783, Mc. Graw-Hill Book Company Inc., New York, 1950.
- Pearson, David. 1977. “The Chemical Analysis of Foods”, 6<sup>th</sup> ed., Chemical Publishing Company, Inc., New York.
- Speight, J. G., “Chemical and Process Design Handbook”, Mc. Graw-Hill Book Company Inc., New York, 2002.
- Stecher, Paul G., 1968. “An Encyclopedia of Chemical and Drugs”. Merck and Co., Inc., Rahway USA.
- Vogel, Henry. C., “Fermentation and Biochemical Engineering Handbook”, 2nd ed., Noyes Publication, New Jersey, 1997.
- <http://agribisnis.web.id/web/pustaka/teknologi%20proses/Pedoman%20Pengolahan%20Ubi%20Kayu.pdf>

## LAMPIRAN PERHITUNGAN

1. Persiapan awal

Densitas pati = 1.25 gr/ml

Densitas HCl = 1.148 gr/ml

2. Standarisasi larutan Fehling

F = 16.5 ml

3. Kadar pati awal (X<sub>po</sub>)

X<sub>po</sub> = 0.081

4. Variabel

Variabel	Level rendah	Level tinggi	Lambang
Konsistensi (% ampas)	1 %	5 %	K
Konsentrasi HCl (N)	0.25	1	X
Suhu Operasi (C)	60	100	T
Waktu operasi (jam)	0.5	2.5	T
Pengadukan	60 rpm	150 rpm	P

5. Kebutuhan reagen

- Variable HCl

1. HCl 0.2 N dalam 250 ml

$$N \text{ HCl} = \frac{gr}{Mr} \cdot \frac{1000}{V} \cdot eq. kadar$$

$$0.2 = \frac{V \times 1.148}{36.5} \times \frac{1000}{250} \times 1 \times 0.32$$

$$V = 4,968 \text{ ml HCl}$$

2. HCl 0.4 N dalam 250 ml

$$N \text{ HCl} = \frac{gr}{Mr} \cdot \frac{1000}{V} \cdot eq. kadar$$

$$0.4 = \frac{V \times 1.148}{36.5} \times \frac{1000}{250} \times 1 \times 0.32$$

$$V = 9,936 \text{ ml HCl}$$

3. HCl 0.6 N dalam 250 ml

$$N \text{ HCl} = \frac{gr}{Mr} \cdot \frac{1000}{V} \cdot eq. kadar$$

$$0.6 = \frac{V \times 1.148}{36.5} \times \frac{1000}{250} \times 1 \times 0.32$$

$$V = 14,904 \text{ ml HCl}$$

4. HCl 0.8 N dalam 250 ml

$$N \text{ HCl} = \frac{gr}{Mr} \cdot \frac{1000}{V} \cdot eq. kadar$$

$$0.8 = \frac{V \times 1.148}{36.5} \times \frac{1000}{250} \times 1 \times 0.32$$

$$V = 19,871 \text{ ml HCl}$$

5. HCl 1 N dalam 250 ml

$$N \text{ HCl} = \frac{gr}{Mr} \cdot \frac{1000}{V} \cdot eq. kadar$$

$$1 = \frac{V \times 1.148}{36.5} \times \frac{1000}{250} \times 1 \times 0.32$$

$$V = 24,839 \text{ ml HCl}$$

- Variabel konsistensi

1. Konsistensi 1 % dalam 300 ml

$$\text{Volum HCl} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{Volum ampas} = 1\% \times (300 - 10)$$

$$= 2.9 \text{ ml}$$

$$= 3,625 \text{ gr}$$

$$\text{Volume aquadest} = 287.1 \text{ ml}$$

2. Konsistensi 2 % dalam 300 ml

$$\text{Volum HCl} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{Volum ampas} = 2\% \times (300 - 10)$$

$$= 5,8 \text{ ml}$$

$$= 7,25 \text{ gr}$$

$$\text{Volume aquadest} = 284,2 \text{ ml}$$

3. Konsistensi 3 % dalam 300 ml

$$\text{Volum HCl} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{Volum ampas} = 3\% \times (300 - 10)$$

$$= 8,7 \text{ ml}$$

$$= 10,875 \text{ gr}$$

$$\text{Volume aquadest} = 281,3 \text{ ml}$$

4. Konsistensi 4 % dalam 300 ml

$$\text{Volum HCl} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{Volum ampas} = 4\% \times (300 - 10)$$

$$= 11,6 \text{ ml}$$

$$= 14,5 \text{ gr}$$

$$\text{Volume aquadest} = 278,4 \text{ ml}$$

5. Konsistensi 5 % dalam 300 ml

$$\text{Volum HCl} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{Volum ampas} = 5\% \times (300 - 10)$$

$$= 14,5 \text{ ml}$$

$$= 18,125 \text{ gr}$$

$$\text{Volume aquadest} = 275,5 \text{ ml}$$

6. Perhitungan persen ampas singkong terhidrolisa

➤ Menghitung kadar glukosa yang terhidrolisa

$$\text{Kadar glukosa} = \frac{(F - M) \times \frac{2 \text{ gr Glukosa Standar}}{1000 \text{ ml larutan}} \times FP}{w} \times 100\% \quad (3.2)$$

Kadar glukosa sama dengan persen ampas singkong terhidrolisa karena  $w$  merupakan berat total sampel (ampas singkong) yang dihidrolisa (*dry basis*).

Dimana :  $F$  = volume titran blanko (ml)

$M$  = volume penitran (ml) = 15 ml

$W$  = bobot sampel (gram)

$FP$  = faktor pengenceran

Perhitungan untuk run 1 sampai run 32 menggunakan persamaan di atas dan didapat hasil seperti dalam tabel di bawah ini.

Tabel hasil perhitungan

<b>Percobaan</b>	<b>Kadar ampas awal (Xp<sub>0</sub>)</b>	<b>Kadar ampas terhidrolisa (Xa)</b>	<b>% Xa</b>
Run 1	0,081	0,248	24,827
Run 2	0,081	0,331	33,103
Run 3	0,081	0,105	10,593
Run 4	0,081	0,115	11,586
Run 5	0,081	0,612	61,241
Run 6	0,081	0,695	69,517
Run 7	0,081	0,413	41,379
Run 8	0,081	0,446	44,689
Run 9	0,081	0,446	44,689
Run 10	0,081	0,546	54,620
Run 11	0,081	0,360	36,082
Run 12	0,081	0,271	27,144
Run 13	0,081	0,152	15,227
Run 14	0,081	0,251	25,158
Run 15	0,081	0,205	20,524
Run 16	0,081	0,281	28,137
Run 17	0,081	0,711	71,172
Run 18	0,081	0,794	79,448
Run 19	0,081	0,728	72,827
Run 20	0,081	0,777	77,793
Run 21	0,081	0,595	59,586
Run 22	0,081	0,761	76,137
Run 23	0,081	0,281	28,137
Run 24	0,081	0,380	38,068
Run 25	0,081	0,314	31,448
Run 26	0,081	0,413	41,379
Run 27	0,081	0,314	31,448
Run 28	0,081	0,364	36,413
Run 29	0,081	0,811	81,103
Run 30	0,081	0,877	87,724
Run 31	0,081	0,436	43,696
Run 32	0,081	0,446	44,689

7. Perhitungan pengaruh dari berbagai variabel terhadap persen ampas singkong terhidrolisa
- Pengaruh variabel konsistensi terhadap persen ampas singkong terhidrolisa

Dari persamaan 3.2, untuk variabel konsistensi didapat hasil seperti di bawah ini :

<b>Konsistensi</b>	<b>Volume Kebutuhan Titran (ml)</b>	<b>Ampas Terhidrolisa (%)</b>
1%	11,2	87,724
2%	5,8	88,551
3%	2,1	79,448
4%	5,2	46,758
5%	3,0	44,69

- Pengaruh variabel waktu terhadap persen ampas singkong terhidrolisa

Dari persamaan 3.2, untuk variabel waktu didapat hasil seperti di bawah ini :

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Volume Kebutuhan Titran (ml)</b>	<b>Ampas Terhidrolisa (%)</b>
30	11,7	79,448
60	11,5	82,758
90	11,4	84,413
120	11,2	87,724
150	11,2	87,724

- Pengaruh variabel temperatur terhadap persen ampas singkong terhidrolisa

Dari persamaan di atas, untuk variabel temperatur didapat hasil seperti di bawah ini :

<b>Temperatur (°C)</b>	<b>Volume Kebutuhan Titran (ml)</b>	<b>Ampas Terhidrolisa (%)</b>
60	11,7	77,793
70	11,6	81,103
80	11,3	86,068
90	11,1	89,379
100	11,2	87,724

- Pengaruh variabel konsentrasi HCl terhadap persen ampas singkong terhidrolisa

Dari persamaan 3.2, untuk variabel konsentrasi HCl didapat hasil seperti di bawah ini :

<b>Konsentrasi HCl (N)</b>	<b>Volume Kebutuhan Titran (ml)</b>	<b>Ampas Terhidrolisa (%)</b>
0,2	11,7	76,138
0,4	11,6	81,103
0,6	11,5	82,758
0,8	11,2	87,724
1	11,2	87,724

- Pengaruh variabel pengadukan terhadap persen ampas singkong terhidrolisa

Dari persamaan 3.2, untuk variabel pengadukan didapat hasil seperti di bawah ini :

<b>Kecepatan Pengadukan</b>	<b>Volume Kebutuhan Titran (ml)</b>	<b>Ampas Terhidrolisa (%)</b>
60 rpm	11,6	81,103
150 rpm	11,8	87,724

#### 8. Kombinasi Variabel-Variabel Optimum

Penelitian dilakukan dengan kondisi operasi optimum yaitu

- Konsistensi : 2%
- Waktu hidrolisa : 2 jam
- Temperature operasi : 90°C
- Konsentrasi HCl : 0,8N
- Dan pengadukan : 150 rpm

Volume titran yang diperlukan pada penelitian tersebut sebanyak 5,6 ml. Dengan menggunakan persamaan 3.2 diperoleh ampas singkong terhidrolisa sebesar 90,207%.