

PRODUKSI GULA CAIR DENGAN PROSES HIDROLISIS ASAM DENGAN BAHAN PATI SINGKONG

Muhammad Saiful Fajri^{1*)}, Mochammad Arfin Satrio Pratama¹, Lucky Indriati Utami¹,
Kindriari Nurma Wahyusi¹

¹⁾Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

*Penulis Korespondensi: E-mail: ahmad.fajri98@gmail.com

Abstrak

Singkong mengandung kadar karbohidratnya yang tinggi sehingga memiliki peluang yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan gula cair. Pada penelitian ini dilakukan reaksi hidrolisis asam terhadap pati singkong yang diekstraksi menggunakan media air, dengan larutan asam klorida sebagai katalis reaksi hidrolisis. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan kondisi yang tepat untuk produksi gula cair serta mencari konsentrasi asam klorida (HCl) dan waktu pemanasan yang terbaik. Proses produksi gula cair ini dimulai dengan mengekstraksi pati singkong dari singkong dengan cara menghaluskan serta menambahkan air yang berfungsi sebagai pelarut yang kemudian akan disaring, hasil filtrasi berupa air dan pati didiamkan untuk mengendapkan pati, yang kemudian air akan dibuang dan pati akan dikeringkan. Setelah pati diperoleh, proses hidrolisis asam dilaksanakan dengan variable yang diujikan berupa konsentrasi katalis asam klorida (2, 3, 4, 5, 6 % v/v) dan juga durasi pemanasan sampel pada hot air oven (40, 60, 80, 100, 120 menit). Dari hasil analisa yang dilaksanakan dengan metode Luff-schoorl sampel gula cair terbaik diperoleh dari sample dengan konsentrasi asam klorida sebesar 6% dengan waktu pemanasan 100 menit yang dimana menghasilkan gula cair dengan kadar 37.25% b/v, yang berarti 9.375 gram pati terhidrolisis .

Kata kunci: Asam Klorida; Gula Cair; Hidrolisis Asam; Katalis asam; Pati Singkong

Abstract

Cassava is one of the main sources of starch in Indonesia which comes from the Euphorbiaceae family which is known for its starchy tuberous root. It is commonly and easily found in Indonesia, and It is the third highest source of starch in Indonesia. Because of its high content in starch, cassava can be used as an alternative ingredient to produce simple syrups besides corn. This research was breaking down the cassava starch that we produce ourselves through acid hydrolysis reaction, with hydrochloric acid as our catalyst. The purpose of this research is to know the suitable condition for the reaction takes place, and also the right concentration of acid catalyst used and the right duration of heat treatment done in order to produce simple syrups with the highest sugar content which is measured in %w/v. The process of this simple sugar production was divided into two parts; extracting the starch from cassava, and then doing the acid hydrolysis process. The starch was extracted by making slurry from the cassava tubes and adding water as its extracting agent, the slurry then will be filtered and the starch water is then will be left alone until the starches settled, the water will be thrown away and the starch will then be dried. For the hydrolysis part, variables that were being tested were; the concentration of the hydrochloric acid catalyst (2, 3, 4, 5,6 % v/v); and the duration of the heat treatment being done to the samples in the hot air oven (40, 60, 80, 100, 120 minutes). The samples were analyzed with the Luff Schoorl method, and it was concluded that the best sample with concentration of sugar 37.25% w/v (9.375 gr of sugar produced) was produced by adding acid catalyst 6%, with the duration of the heat treatment for 100 minutes

Keyword: acid catalyst; acid hydrolysis; cassava starch; hydrochloric acid; simple syrups

PENDAHULUAN

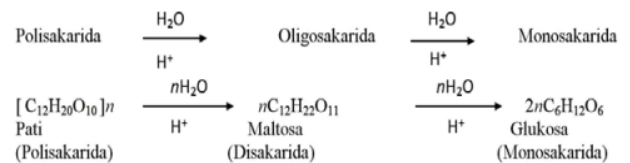
Singkong *Manihot esculenta* merupakan sumber karbohidrat ketiga terbesar di Indonesia. Mengutip data dari Badan Pusat Statistik, produksi singkong di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2018 secara berturut turut adalah 20,260,675; 19,053,748 dan 19,341,233 ton per tahun. Sebagai perbandingan, produksi beras di rentang tahun yang sama yaitu 79,354,767; 81,148,594 dan 83,037,150 ton per tahun. Dikarenakan angka produksinya yang cukup besar dan cenderung stabil, singkong dapat dipertimbangkan sebagai bahan untuk produksi gula cair, yang selama ini hanya mengandalkan jagung sebagai sumber patinya.

Singkong memiliki kandungan pati yang sangat besar yaitu 34% dari total beratnya (Nuruliman, 2006). Untuk memanfaatkan singkong sebagai bahan dalam pembuatan gula cair, singkong terlebih dahulu diolah untuk diambil patinya. Dalam hal kebutuhan gula dalam negeri, menurut data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2017 Indonesia memiliki kebutuhan gula sebesar 5,07 juta ton, sedangkan untuk produksi dalam negeri hanya dapat menghasilkan 2,47 juta ton per tahun. Pemanfaatan singkong sebagai bahan produksi gula cair dinilai dapat mengurangi kebutuhan impor gula di Indonesia.

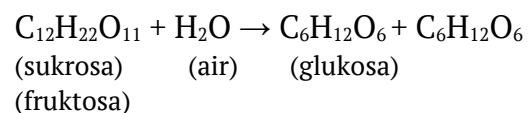
Tabel 1. Rasio amilosa-amilopektin pada umbi-umbian

Sumber Pati	Amilosa (%)	Amilopektin (%)
Ubi Jalar	17.0	83.0
Ubi Kayu	18.0	82.0
Talas	18.0	82.0
Kimpul	21.2	78.7
Ganyong	18.9	81.1
Suweg	18.3	81.7
Uwi	23.6	76.4
Gembili	24.3	75.7

Pati yang terkandung pada berbagai sumber karbohidrat dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu amilosa dan amilopektin. Untuk produksi gula cair, jenis pati yang sesuai yaitu pati yang mengandung amilopektin yang tinggi, hal ini dikarenakan amilopektin memiliki sifat menyerap air, sehingga pada saat reaksi hidrolisis, air dapat terserap oleh amilopektin, yang nantinya ikatan antara molekul amilopektin dan air akan terpecahkan oleh energi panas, hingga molekul pati dapat terpecah menjadi molekul gula-gula yang lebih sederhana. Dalam 34% kandungan pati dalam singkong, terdapat 82% amilopektin dan 18% amilosa. Angka ini menunjukkan bahwa singkong memiliki potensi yang baik untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan gula cair.



Mengutip pembahasan oleh Gaman (1992) dalam literturnya, gula reduksi merupakan suatu jenis gula yang dalam bentuk larutan alkali dapat membentuk aldehida atau keton. Gula reduksi dapat mereduksi ion logam karena mempunyai gugus aldehida atau keton yang dapat menarik kembali O₂ dari logam basa, sehingga logam basa akan tereduksi dan mengendap sebagai Cu₂O. Gula invert termasuk golongan gula reduksi karena dapat mereduksi ion tembaga dalam larutan alkali. Salah satu yang termasuk gula reduksi adalah gula invert. Gula invert dihasilkan dari hidrolisis sukrosa menghasilkan glukosa dan fruktosa. Sukrosa bereaksi bersama asam dalam campuran air dengan bantuan enzim invertase. Reaksi hidrolisis sukrosa adalah sebagai berikut :



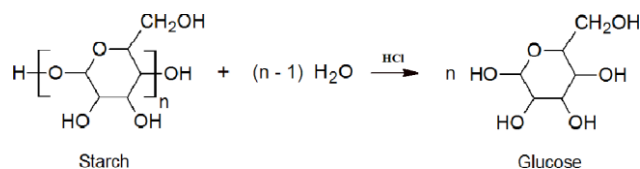
Glukosa merupakan salah satu monosakarida yang terpenting, kadang-kadang disebut gula darah (karena dijumpai di dalam darah), gula anggur (karena dijumpai dalam buah anggur), atau dekstrosa (karena memutar bidang polarisasi ke kanan). Di dalam molase terdapat glukosa sekitar 14%.

Fruktosa adalah monosakarida sederhana yang banyak terdapat didalam makanan dan merupakan isomer dari glukosa. Fruktosa berwarna putih dan mudah larut dalam air. Fruktosa juga sulit dikristalisasi dalam bentuk larutan. Di dalam molase terdapat fruktosa sekitar 16%. Dalam proses hidrolisis pati, hasil yang diharapkan berupa sirup gula, atau istilah lainnya yaitu gula cair. Menurut Standar mutu sirup glukosa yang berdasarkan SNI 01-2978-1992 kadar gula pereduksi yaitu minimal 30% b/v. Data ini digunakan sebagai acuan untuk menjalankan penelitian.

Dalam produksi gula cair terdapat beberapa metode, diantaranya yaitu proses inversi dan juga proses hidrolisis. Topik yang diangkat dalam penelitian yaitu proses hidrolisis. Proses hidrolisis merupakan suatu proses pemecahan zat dengan mereaksikannya dengan air dengan tujuan untuk mengurai zat tersebut. Kata hidrolisis merupakan kata terapan dari Bahasa Yunani dengan *Hydro* yang berarti air, dan *Lysis* memiliki arti "melepas", jadi istilah hidrolisis menjelaskan maksud dari proses ini, yaitu untuk memecah suatu zat dengan mereaksikannya dengan air. Singkat kata, hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Rahmayanti, 2010).

Dalam penelitian ini, metode yang dipilih untuk memproduksi gula cair yaitu

dengan menghidrolisis pati, dengan cara mereaksikan pati singkong dengan air, lalu menambahkan asam klorida sebagai katalis pemecah ikatan pati dan air tersebut, dan langkah akhirnya berupa memanaskan sampel tersebut agar ikatan molekul dan air tersebut dapat terpecah dengan adanya suhu tinggi. Molekul pati mula-mula pecah menjadi unit-unit rantai glukosa yang lebih pendek yang disebut dekstrin. Dekstrin dipecah lagi menjadi maltose yang kemudian terurai menjadi glukosa (Gaman dan Sherrington, 1992). Hasilnya dapat berupa dextrin, sirup, ataupun glukosa tergantung dari derajat pemecahan rantai polisakarida pati.



Gambar 1. Reaksi Hidrolisis Pati dengan katalis Asam

Dalam hasil hidrolisis dari pati, hasil akhirnya berupa monosakarida. Monosakarida ini terdiri dari dua jenis, yaitu glukosa dan juga fruktosa. Glukosa merupakan salah satu monosakarida yang terpenting, terkadang disebut gula darah (karena dijumpai di dalam darah), gula anggur (karena dijumpai dalam buah anggur), atau dekstrosa (karena memutar bidang polarisasi ke kanan). Di dalam molase terdapat glukosa sekitar 14%. Sifat kimia dari glukosa antara lain; memiliki rumus molekul $C_6H_{12}O_6$, memiliki massa molekul sebesar 180,16 densitas sebesar $1,54\text{gr/cm}^3$ dan memiliki titik leleh pada suhu 146°C . Fruktosa merupakan monosakarida sederhana yang banyak terdapat didalam makanan dan merupakan isomer dari glukosa. Fruktosa berwarna putih dan mudah larut dalam air. Fruktosa juga sulit dikristalisasi dalam bentuk larutan. Di dalam molase terdapat fruktosa sekitar 16%. Sifat kimia dari fruktosa adalah sebagai berikut; memiliki rumus molekul $C_6H_{12}O_6$, memiliki massa molekul sebesar

180.16, suhu titik leleh pada 103°C dan berwarna putih. Dalam proses hidrolisis terdapat 2 jenis yaitu hidrolisis dengan enzyme dan juga hidrolisis asam. Keduanya memiliki tujuan yang sama, yaitu memecah molekul gula kompleks menjadi gula yang lebih sederhana, dapat berupa disakarida maupun monosakarida. Tiap cara pun memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada hidrolisis dengan enzyme, hasil sampingnya minim, karena setelah perombakan gula kompleks oleh enzyme telah usai, tidak meninggalkan produk samping.

Pada hidrolisis asam, konsentrasi katalis asam adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi laju ikatan molekul amilopektin yang telah menyerap air untuk terpecah menjadi gula reduksi. Bahan yang pilih sebagai katalis untuk reaksi hidrolisis yang akan teliti dalam penelitian adalah asam klorida. Asam klorida merupakan larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Ia adalah asam kuat, dan merupakan komponen utama dalam asam lambung. Senyawa ini juga digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus ditangani dengan mewanti keselamatan yang tepat karena asam klorida (HCl) merupakan cairan yang sangat korosif. Asam-asam mineral kuat seperti asam sulfat dan asam klorida biasa digunakan dalam proses hidrolisis pati, namun karena asam klorida sangat mudah diperoleh dan juga apabila dinetralkan dengan basa kuat Natrium hidroksida dapat menghasilkan garam Natrium klorida yang tidak berbahaya bagi lingkungan, asam klorida lebih sering digunakan dalam proses hidrolisis pati (Yustinah dkk., 2012). Dikarenakan oleh sifatnya yang apabila dinetralkan dengan NaOH dapat menghasilkan garam dapur (NaCl) yang bersifat tidak beracun, memilih asam klorida sebagai katalis asam .

Pada hidrolisis asam, ada beberapa faktor yang mempengaruhi berjalannya proses hidrolisis asam, antara lain: apabila kandungan selulosa pada bahan baku

mengandung sedikit selulosa, maka glukosa yang dapat diperoleh juga sedikit; apabila konsentrasi asam tinggi, maka pH hidrolisis semakin rendah; pada waktu hidrolisis, semakin lama waktu proses hidrolisis berlangsung maka konsentrasi glukosa yang dihasilkan akan semakin besar; faktor lainnya yaitu suhu, dimana semakin besar suhu maka semakin besar pula konstanta kecepatan reaksi hidrolisis tersebut; faktor yang terakhir yaitu konsentrasi asam, dimana semakin besar konsentrasi asam, maka semakin banyak kadar glukosa yang dapat dihasilkan yang hanya dapat dibatasi sampai dengan konsentrasi optimum. Maksud dari konsentrasi asam optimum yaitu konsentrasi katalis asam dalam proses hidrolisis asam yang dapat menghasilkan gula reduksi tertinggi sebelum hasil tersebut turun dengan adanya katalis asam yang berlebihan dalam pelaksanaan proses hidrolisis asam tersebut.

Dalam proses hidrolisis pati, hasil yang diharapkan yaitu sirup gula, atau istilah lainnya yaitu gula cair. Menurut data yang peroleh dari Standar Mutu pada sirup glukosa yang didasari oleh SNI 01-2978-1992 kadar gula pereduksi minimal sebesar 30% b/v. Angka ini yang akan jadikan patokan terhadap hasil gula reduksi yang proses dengan metode hidrolisis asam ini.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi kayu (singkong), yang peroleh dari Pasar Sopenyono, yang terletak di Surabaya, Jawa Timur. Untuk bahan katalis asam menggunakan Asam Klorida (HCl) 32% yang beli di toko UD. Sentausa, Ngagel Jaya, Surabaya, Jawa Timur. Untuk larutan katalis, asam klorida 32% bagi menjadi 5 bagian yang dimana encerkan menjadi larutan HCl dengan konsentrasi sebagai berikut: 2; 3; 4; 5; 6 % sesuai dengan variable yang ujikan.

Alat

Pada penelitian ini digunakan peralatan utama yaitu *magnetic stirrer* dengan *heated plate* yang berfungsi sebagai alat pengadukan bahan-bahan, dan juga *hot air oven* yang dipergunakan sebagai alat pemanas sampel pada tahap pemanasan. Alat tambahan berupa neraca analitis yang digunakan dalam penakaran berat pati.

Prosedur

Pembuatan Pati Singkong

Pada tahap pembuatan pati singkong, Langkah pertama yaitu mengupas dan mencuci umbi singkong hingga bersih. Langkah selanjutnya yaitu menghaluskan singkong dengan blender, setelah itu singkong yang telah dihaluskan dicampurkan dengan air. Slurry umbi singkong dan air yang telah terbentuk lalu difiltrasi dengan kain penyaring (*cheesecloth*), hasil saringan berupa *starch water* disimpan, sedangkan ampasnya campur kembali dengan air dan lakukan penyaringan kembali. Hasil filtrasi yang berupa campuran antara pati singkong dan air lalu endapkan selama kurang lebih 24 jam. Setelah pati singkong terpisahkan dan terendapkan dari air, air dibuang. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengeringan dengan cara menjemur dibawah terik matahari, yang selanjutnya tahap pengeringan dilakukan dalam hot air oven hingga kadar air minimal, yang ditandai dengan berat pati singkong sudah konstan (tidak ada perubahan). Setelah semua tahap dilakukan, hasil akhir berupa pati singkong yang siap gunakan sebagai bahan dalam produksi gula cair dengan proses hidrolisis asam. Untuk tahap pembuatan pati singkong ini, dilaksanakan di laboratorium riset fakultas Teknik UPN Veteran Jawa Timur.

Hidrolisis Pati

Tahap hidrolisis pati dimulai dengan pertama kali menakar pati singkong sebanyak 25 gram. Tahap selanjutnya yaitu melarutkan pati singkong yang sudah

ditakar sebanyak 25 gram dalam air panas sebanyak 75 ml. Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengadukan terhadap campuran hingga merata dengan magnetic stirrer dengan heated plate dengan suhu operasi heated plate 60 sampai dengan 70 °C. Langkah Pengadukan dilakukan hingga terbentuk gel yang menandakan bahwa pati mulai mengikat molekul air. Setelah itu, katalis asam sebanyak 15 ml (konsentrasi katalis asam yang diuji sebesar 2, 3, 4, 5, dan 6%) dimasukkan kedalam campuran tersebut dan diaduk hingga tercampur sempurna. Langkah terakhir dalam pembuatan gula cair ini yaitu melakukan proses pemanasan dalam hot air oven dengan kondisi operasi 121 °C. Untuk durasi pemanasan dalam proses pemanasan ini berlangsung selama 40; 60; 80; 100; 120 menit sesuai dengan variable yang diujikan. Setelah itu sampel yang sudah berupa gula cair pindahkan kedalam wadah bertutup yang selanjutnya ujikan kadar gula reduksinya dengan metode Luff Schoorl di Unit Layanan Publik fakultas farmasi Universitas Airlangga, Surabaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Pati

Pembuatan pati dilaksanakan dengan jumlah umbi singkong seberat 4 kg, yang menghasilkan pati sebanyak 800 gram, sedangkan kebutuhan bahan pati singkong untuk tahap hidrolisis sebanyak 625 gram.

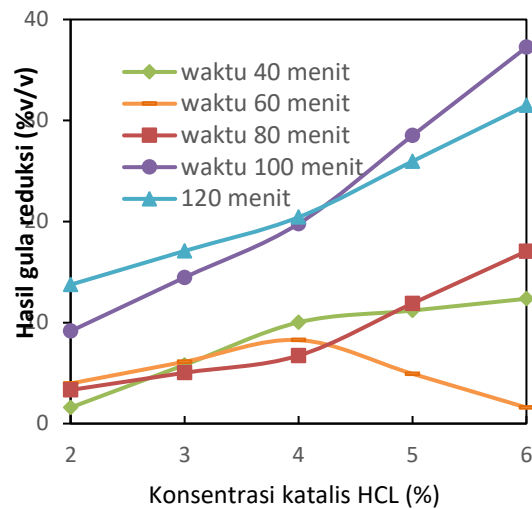
Hidrolisis Pati

Proses Hidrolisis asam pada pati singkong dilaksanakan di Gedung Teknologi Tepat Guna UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya. Hasil yang diperoleh dengan waktu pemanasan pada 40 menit, kadar gula reduksi tertinggi adalah 12,36 % b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan konsentrasi 6%. Untuk waktu pemanasan 60 menit kadar gula tertinggi adalah 8,27 % b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan

konsentrasi 4%. Untuk waktu pemanasan 80 menit kadar gula tertinggi adalah 17,06 % b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan konsentrasi 6%. Untuk waktu pemanasan 80 menit kadar gula tertinggi adalah % b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan konsentrasi 6%. Untuk waktu pemanasan 100 menit kadar gula tertinggi adalah 37,25% b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan konsentrasi 6%. Untuk waktu pemanasan 120 menit kadar gula tertinggi adalah 31,25% b/v yang diperoleh dengan penambahan katalis asam klorida dengan konsentrasi 6%.

Dari hasil analisa tiap sampel, dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan dalam kadar gula reduksi seiring dengan bertambahnya konsentrasi katalis asam klorida dan juga bertambahnya durasi *heat-treatment* atau waktu pemanasan. Hasil gula tertinggi dari semua perlakuan, temukan pada titik sampel dengan perlakuan penambahan katalis asam klorida 6%, dengan waktu pemanasan 100 menit. Melihat dari gambar 2, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis asam, maka molekul-molekul pati yang telah mengikat air dapat terpecah dengan cepat dan membentuk molekul-molekul gula yang lebih sederhana. Sedangkan untuk waktu pemanasannya, berdasarkan dari hasil yang peroleh menunjukkan pada waktu pemanasan yang lebih lama dapat menghasilkan gula reduksi lebih banyak, dimana hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan pada proses hidrolisis pati, maka akan semakin banyak molekul pati, yang telah mengikat air, yang akan terpecah menjadi molekul gula yang lebih sederhana. Untuk hasil gula reduksi dari percobaan yang memenuhi standar kadar gula pereduksi minimal 30% b/v sesuai dengan Standarisasi Nasional, hanya sampel pada kondisi HCl 6% pada waktu pemanasan 100 dan 120 menit yang memenuhi batas minimal tersebut, dengan masing-masing

kadar gula pereduksinya sebesar 37,25 dan 31,5% b/v



Gambar 2. Hubungan antara Konsentrasi Katalis HCL dan Waktu Pemanasan terhadap Hasil Gula Reduksi

Tiap sampel dari penelitian terbukti mengandung gula reduksi, hal ini telah sesuai dengan teori yang kutip dari Gaman dan Sherrington pada tahun 1992 bahwa proses dalam proses hidrolisis pati, molekul pati akan terpecah menjadi dekstrin yang selanjutnya dapat terpecah lagi menjadi glukosa. Pada sampel yang telah analisa, pada tiap rentangan waktu terdapat kenaikan dalam hasil gula reduksi seiring dengan semakin menambahnya konsentrasi dari katalis asam klorida tersebut. Hal yang sama pun berlaku, bahwasannya dengan semakin lama waktu pemanasan, maka semakin banyak pula jumlah pati yang akan terkonversi menjadi gula reduksi.

SIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dari penelitian yaitu:

- 1 Gula cair dapat diproduksi dengan menghidrolisiskan pati singkong dengan bantuan katalis asam dan juga melalui proses pemanasan agar gula kompleks (pati) dapat tereduksi menjadi gula reduksi (gabungan dari glucose dan fructose)

- 2 Hasil gula reduksi tertinggi diperoleh pada sampel dengan perlakuan pemberian katalis asam klorida sebesar 6% pada waktu pemanasan 100 menit dengan hasil konversi yang menunjukkan 37,25%.

SARAN

Pati singkong dapat dihidrolisis menjadi gula reduksi dengan banyak cara, salah satunya yaitu dengan cara hidrolisis asam. Dengan memanfaatkan katalis asam yang berbeda dan juga mencari perlakuan yang lebih tepat mungkin dapat diperoleh hasil gula reduksi yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Kresno. 2017. "Pengertian, Sifat dan Fungsi Asam Klorida".
- Badan Standarisasi Nasional, 1992. "SNI 01 2891-1992: Cara Uji Makanan dan Minuman."
- Darwish, S.M., 2011. "Utilizing of potato starch residue stream to produce fatty acids and other products by *saccharomyces cerevisiae*" (Y-1646). *Journal of Food and Dairy Sciences*, 2(1), pp.33-41.
- Fachry, A.R., Astuti, P. dan Puspitasari, T.G., 2013. Pembuatan bietanol dari limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam klorida dan waktu fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1).
- Febriyanto, A. 2015. "Pembuatan Glukosa Cair dari Tepung Tapioka, Tepung Jagung dan Tepung Ubi Jalar dengan Metode Hidrolisis Asam." Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Bogor
- Gaman, P.M. and Sherrington, K.B., 1992. Ilmu Pangan: Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi. Edisi Kedua. *Gajah Mada UP. Yogyakarta*.
- Nuruliman, A., 2006. "Produksi Hidrolisat Pati dan Serat Pangan dari Singkong dengan Hidrolisis Asam

Klorida". *Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor*.

Sutamihardja, R.T.M., Srikandi, S. Dan Herdiani, D.P., 2017. Hidrolisis Asam Klorida Tepung Pati Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Dalam Pembuatan Gula Cair. *Jurnal Sains Natural*, 5(1), pp.83-91.