

PENELITIAN PEMBUATAN ETANOL DARI SERAT/AMPAS SAGU

RESEARCH MAKING ETHANOL FROM FIBER / PULP SAGO

Fahri F. Polii

Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado

Jalan Diponegoro No: 21-22 Manado

e-mail: poliifahri@yahoo.com

Diterima tgl 19-05-2016, Disetujui tgl 27-05-2016

ABSTRAK

Penelitian pembuatan etanol dari serat/ampas sago baruk dan sago rumbia telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan etanol dari serat/ampas sago dengan perlakuan proses hidrolisis asam dan lama proses hidrolisis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa serat/ampas sago baruk (*Arenga microcarpa Beccari*) dan sago rumbia (*Metroxylon sago*) yang merupakan limbah dari proses pengambilan tepung pati sago. Serat/ampas sago dipersiapkan melalui proses pengeringan, pengilingan, pengayakan hingga diperoleh serbuk berukuran 40 mesh. Sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol, terhadap serat/ampas sago yang telah disiapkan dianalisis untuk mengetahui kadar karbohidrat dan gula. Hasil uji bahan baku menunjukkan kadar karbohidrat serat/ampas sago baruk dan sago rumbia adalah 41,22-49,18% dan 52,78-62,85%, sedangkan kadar gula bahan baku adalah 1,91-3,19% dan 1,28-3,19%. Selanjutnya ke dalam bahan baku yang telah disiapkan ditambahkan asam sulfat dengan konsentrasi 0,5 N; 1,0 N; 1,5 N dan dihidrolisis selama 2, 3, dan 4 jam pada temperatur 121°C. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar gula serat/ampas sago dipengaruhi oleh konsentrasi asam sulfat yang ditambahkan serta lama proses hidrolisis pada temperature 121°C. Kadar gula tertinggi ditemukan pada serat/ampas sago rumbia dengan perlakuan penambahan asam sulfat 1,5 N yang dihidrolisis selama 3 jam, yakni 13,90%. Kadar etanol tertinggi juga diperoleh pada hasil fermentasi serat sago rumbia yang diperlakukan dengan penambahan asam sulfat 1,0 N yang dihidrolisis selama 3 jam, yakni 13,60%. Limbah pengolahan pati sago dari tanaman sago baruk dan sago rumbia berupa serat/ampas dapat diolah menjadi etanol melalui proses hidrolisis asam sulfat konsentrasi rendah dengan pemanasan bertekanan.

Kata Kunci: etanol, serat, sago, konsentrasi, hidrolisis

ABSTRACT

*Research making ethanol from fiber / pulp of sago baruk and sago palm has been done. This study aims to obtain ethanol from fiber / pulp sago treated with some different sulfuric acid concentrations and a long process of hydrolysis. Materials used in this study were fiber / pulp of sago baruk (*Arenga microcarpa Beccari*) and sago palm (*sago Metroxylon*) which is a waste of sago starch-making process. Sago fiber / pulp was prepared through the process of drying, milling, and sieving to obtain a powder size of 40 mesh. Before being used as a raw material for making ethanol, sago fiber / pulp were analyzed to determine levels of carbohydrates and sugar. The test results showed that levels of carbohydrate of both raw materials used were 41.22 to 49.18% for sago baruk and 52.78 to 62.85% for sago palm, while the sugar content were 1.91- 3.19% and 1.28 to 3.19%, respectively. Further to the raw materials that treated with sulfuric acid concentration of 0.5 N; 1.0 N; 1.5 N and hydrolyzed for 2, 3, and 4 hours at temperatures of 121°C were show the results that the highest sugar content was resulted in the sago fiber / pulp that treated with the addition of 1.5 N sulfuric acid and hydrolyzed for 3 hours yields 13.90%. The same result also obtained in ethanol content for sago palm fibers that are treated with the addition of 1.0 N sulfuric acid and hydrolyzed for 3 hours yields 13.60%. Waste processing sago from sago starch and sago baruk in the form of fiber / pulp could be processed into ethanol through a process of low concentration of sulfuric acid hydrolysis with pressurized heating.*

Keywords: ethanol, fiber, sago, concentration, hydrolysis

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam melimpah. Salah satu kekayaan alam Indonesia adalah tumbuhan sagu (*Metroxylon sp.*). Luas areal tanaman sagu di Indonesia diperkirakan 1.114.000 hektar yang merupakan 50 persen dari total luas areal sagu dunia[1]. Luas areal sagu yang sudah dibudidayakan baru sekitar 114.000 hektar, sedangkan lahan sagu seluas 1.000.000 hektar belum dibudidayakan secara intensif. Sagu dapat tumbuh di daerah rawa atau tanah marginal yang sulit ditumbuhi oleh tanaman penghasil karbohidrat lainnya[5]. Sagu memiliki kandungan pati yang besar. Pada umur panen sagu sekitar 11 tahun ke atas empulur sagu mengandung 15 - 20 persen pati[6].

Potensi sagu yang besar ini belum di eksploitasi secara optimal. Sangat rendahnya pemanfaatan areal sagu dalam bidang pangan yang hanya sekitar 10% dari total areal sagu nasional disebabkan oleh kurangnya minat masyarakat dalam mengelola sagu[2]. Potensi sagu Indonesia merupakan yang terbesar di dunia dan dapat dimanfaatkan dalam industri energy [4].

Ampas sagu merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan sagu, kaya akan karbohidrat dan bahan organik lainnya. Pemanfaatannya masih terbatas dan biasanya dibuang begitu saja ke tempat penampungan atau ke sungai yang ada di sekitar daerah penghasil. Oleh karena itu ampas sagu berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan[7]. Ampas

sagu merupakan salah satu jenis limbah perkebunan yang didapatkan pada proses pengolahan tepung sagu. Perbandingan tepung dengan ampas yang dihasilkan pada pengolahan tepung sagu adalah sekitar 1:6[8]. Dalam pengolahan empulur sagu diperoleh 18,5% pati dan 81,5% berupa ampas[9]. Ampas sagu terdiri dari serat-serat empulur yang diperoleh dari hasil pamarutan/pemerasan isi batang sagu. Limbah ampas merupakan bahan lignoselulosa yang sebagian besar tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ampas sagu dapat digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya sebagai pakan ternak, etanol dan bioethanol.

Pembuatan etanol dari pati dapat dilakukan secara kimia ataupun biologis.. Etanol dapat diperoleh dari serat dengan menggunakan enzim selulase dan asam. Efektivitas proses ini dipengaruhi oleh jenis enzim, kekentalan bahan (ratio pati dan air), presentase enzim, konsentrasi asam dan proses fermentasi. Pembuatan etanol menggunakan NaOH dan NH₄OH diperoleh rendemen etanol 12,99% sebesar 0,38 mL pada lama fermentasi 168 jam[8]. Penggunaan enzim selulosa dalam pembuatan etanol dari sagu diperoleh konsentrasi etanol tertinggi yaitu 8% pada saat konsentrasi substrat 80 gr dan volume inokulum 12,5%[12].

Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan CO₂ oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Kualitas

hasil fermentasi bahan secara biologis diantaranya tergantung pada ketersediaan energi dan nutrient lain bagi pertumbuhan mikroba[10].

Dari data-data di atas menunjukkan bahwa potensi tanaman sagu sangat tinggi akan tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu potensi yang belum dimanfaatkan yakni ampas sagu yang merupakan limbah dalam proses pengolahan pati/tepung sagu dan ternyata mengandung selulosa yang tinggi dan dapat ditingkatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis yakni etanol (bioetanol) dimana proses dapat dilakukan secara kimia.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan etanol dari serat/ampas sagu dengan proses hidrolisis asam dan lama pemanasan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: ampas/serat sagu, asam sulfat, natrium hidroksida, ragi roti fermipan, minyak tanah/gas elpiji, dan bahan kimia untuk analisis. Alat yang digunakan yaitu: autoklaf, alat penghancur serat (*dish mill*), fermentor, alat suling alkohol, kompor, erlenmeyer, beker gelas, *hand* refraktometer, piknometer, alkohol meter, pH meter, neraca, oven, penyaring dan alat uji kimia/laboratorium.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu:

Tahap I. Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini bahan baku serat /ampas sagu diperlakukan penggilingan dengan tujuan untuk mencari tingkat kehalusan bahan baku yang akan diproses sehingga didapatkan kadar karbohidrat dan kadar gula tertinggi. Adapun tingkat kehalusan yang diperlakukan yakni 4 mesh dan 40 mesh. Tahap ini menggunakan metode deskriptif dan hasil perlakuan terbaik tahap 1 menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya.

Tahap 2. Penambahan Larutan Asam Sulfat, hidrolisis dan fermentasi

Tahap ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan asam sulfat dengan beberapa konsentrasi yakni 0,5 N, 1,0 N dan 1,5 N untuk hidrolisis dengan metode panas dan bertekanan serta lama hidrolisis 2 jam, 3 jam, dan 4 jam dengan 2 ulangan. Tahap ini menggunakan metode deskriptif.

Tahap 3. Destilasi etanol

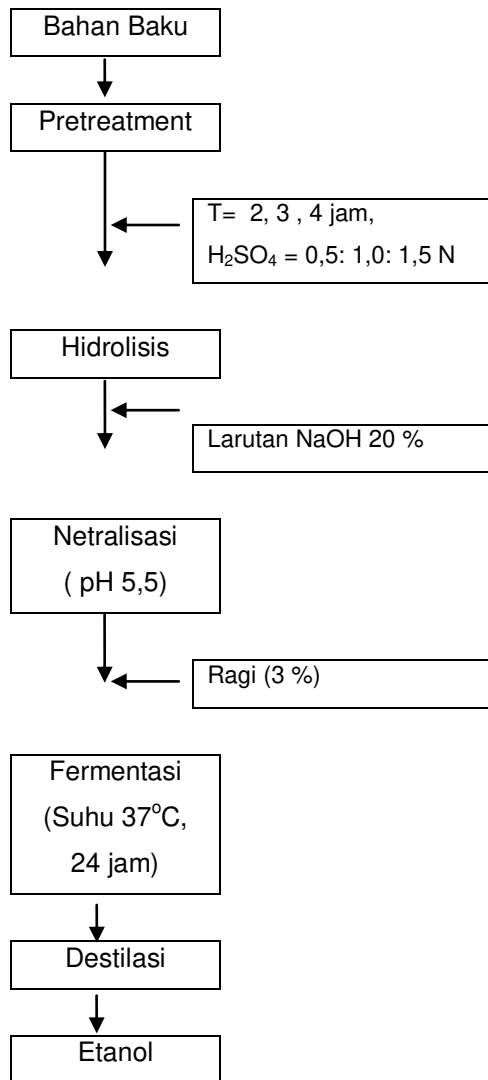
Pada tahap ini dilakukan destilasi alkohol untuk mendapatkan kadar etanol tertinggi dari hasil perlakuan pada tahap 2. Tahap ini menggunakan metode deskriptif.

Prosedur Penelitian

- a. Serat sagu dipisahkan dari kotoran/benda bukan serat sagu kemudian Serat sagu dihaluskan

- dengan menggunakan *dish mill*,
- b. dilakukan uji karbohidrat dan gula.
 - c. Serat sagu ditimbang sejumlah 75,0 gram lalu dimasukkan dalam Erlenmeyer, ditambahkan 750 ml larutan asam sulfat 0,5 N.
 - d. dimasukkan ke dalam autoclave dan dipanaskan pada suhu 121°C selama (120 menit) dengan tekanan 76 cmHg untuk proses hidrolisis, kemudian hasil hidrolisis dinetralkan dengan larutan NaOH 20% hingga pH 5, lalu diukur volume larutan/hidrolisat dan dilakukan uji kadar gula.
 - e. Larutan/hidrolisat disaring lalu ditambahkan ragi roti (*Fermipan*) 3%, kemudian medium fermentasi ditutup dengan kertas kraft dan dimasukkan ke dalam fermentor selama 24 jam
 - f. Setelah 24 jam, larutan/cairan hasil fermentasi dilakukan penyulingan/destilasi untuk memisahkan air dan etanol, kadar etanol diuji (piknometer), dan dihitung rendemen.

Diagram alir proses pembuatan etanol dari limbah serat/ampas sagu tercantum pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan etanol dari ampas/serat sagu

Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap kadar karbohidrat dan kadar gula bahan baku serat/ampas sagu baruk dan sagu rumbia, volume larutan hasil hidrolisis, kadar gula larutan hasil hidrolisis, volume destilat (etanol), kadar etanol dan rendemen

Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi dan disusun dalam bentuk tabelaris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Karbohidrat dan Gula Serat Sagu

Hasil uji kadar karbohidrat dan gula dengan berbagai ukuran kehalusan serat sagu tercantum pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil uji kadar karbohidrat dan Gula

| No | Jenis serat sagu | Ukuran serat | Karbohidrat (%) | Gula (%) |
|----|------------------|-----------------|-----------------|----------|
| 1 | Sagu Baruk | Kasar (4 mesh) | 41,22 | 1,91 |
| 2 | Sagu Baruk | Halus (40 mesh) | 49,18 | 3,19 |
| 3 | Sagu rumbia | Kasar (4 mesh) | 52,78 | 1,28 |
| 4 | Sagu rumbia | Halus (40 mesh) | 62,85 | 3,19 |

Hasil analisis kadar karbohidrat dan gula dengan 2 jenis serat sugu dengan berbagai ukuran menunjukkan bahwa jenis serat dan ukuran kehalusan serat sugu memberikan perbedaan hasil terhadap kadar karbohidrat dan kadar gula. Kadar karbohidrat tertinggi diperoleh pada serat sugu rumbia dengan kehalusan 40 mesh yakni 62,85%, sedangkan kadar karbohidrat terendah pada serat sugu baruk yaitu 41,22%. Sebaliknya untuk kadar gula ternyata serat sugu baruk cenderung lebih tinggi dibandingkan serat sugu rumbia pada ukuran kehalusan kasar (4 mesh) yakni 1,91% (sagu baruk) dan 1,28% (sagu rumbia). Akan tetapi pada kehalusan serat 40 mesh kadar gula kedua jenis serat ini sama yakni 3,19%. Tingginya kadar karbohidrat pada serat sugu rumbia dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya adanya pati (karbohidrat) yang tidak terekstrak ketika proses ekstraksi sugu dan tertinggal pada serat/empulur sugu (limbah). Hal ini dapat terjadi karena proses ekstraksi dari serat/empulur sugu rumbia dilakukan secara tradisional (contoh dari proses ekstraksi/pencucian menggunakan tangan manusia). Pada proses ekstraksi sugu baruk menggunakan alat mesin ekstraksi, diduga karena menggunakan mesin, maka proses ekstraksi/pencucian pati dalam serat lebih maksimal juga alat bekerja secara kontinu sehingga pati/karbohidrat yang tertinggal dalam serat sugu baruk sedikit).

Kadar gula serat sugu baruk dan serat rumbia cenderung berbeda pada ukuran serat (ukuran 4 mesh) akan tetapi sama

pada kehalusan 40 mesh. Adanya perbedaan kadar gula pada ukuran serat kasar (4 mesh) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pada serat yang halus (40 mesh) proses hidrolisis karbohidrat menjadi gula sederhana lebih mudah karena penetrasi asam (H_2SO_4) ke dalam butiran/serbuk serat lebih maksimal dibandingkan dengan keadaan serat yang kasar dan dengan sendirinya proses perubahan karbohidrat menjadi gula akan maksimal, sebaliknya pada ukuran serat kasar (butiran kasar) penetrasi asam ke dalam serat tidak maksimal karena diameter serat yang besar dan diduga tidak semua bagian serat di penetrasi oleh asam yang akan merubah karbohidrat menjadi gula sederhana.

Berdasarkan hasil uji terhadap kadar karbohidrat dan gula serat sugu dengan berbagai ukuran dan ternyata serat yang dihaluskan sampai dengan 40 mesh memberikan kadar tertinggi, maka untuk perlakuan selanjutnya menggunakan serat sugu dengan ukuran 40 mesh.

Volume Larutan Hidrolisis serat Sagu

Serat sugu dengan ukuran 40 mesh setelah dihidrolisis, maka dilakukan pengukuran volume larutan yang diperoleh dan dapat dilihat pada Tabel 2. Volume awal 750 ml (asam sulfat yang ditambahkan pada 75 gram contoh serat sugu) setelah melalui proses hidrolisis dan penetralan dengan larutan NaOH serta penyaringan, maka volume akhir larutan tidak sama dengan volume awal tapi berkisar antara 600-700 ml,

begitu pula untuk berat contoh 25 gram dengan penambahan asam sulfat 250 ml,

mendapatkan volume akhir di bawah volume awal yaitu antara 240 - 245 ml.

Tabel 2. Volume larutan hasil hidrolisis asam serat sagu

| Jenis Serat | Berat Contoh (gr) | Konsentrasi H ₂ SO ₄ (N) | Volume H ₂ SO ₄ (ml) | Lama Hidrolisis (Jam) | Volume larutan (ml) |
|-------------|-------------------|--|--|-----------------------|---------------------|
| Sagu Baruk | 75 | 0,5 | 750 | 2 | 625 |
| | 75 | 0,5 | 750 | 3 | 600 |
| | 25 | 0,5 | 250 | 4 | 240 |
| | 75 | 1,0 | 750 | 2 | 575 |
| | 75 | 1,0 | 750 | 3 | 550 |
| | 25 | 1,0 | 250 | 4 | 245 |
| | 75 | 1,5 | 750 | 2 | 600 |
| | 75 | 1,5 | 750 | 3 | 600 |
| | 25 | 1,5 | 250 | 4 | 245 |
| | Sagu Rumbia | 75 | 0,5 | 750 | 2 |
| 75 | | 0,5 | 750 | 3 | 700 |
| 25 | | 0,5 | 250 | 4 | 245 |
| 75 | | 1,0 | 750 | 2 | 700 |
| 75 | | 1,0 | 750 | 3 | 670 |
| 25 | | 1,0 | 250 | 4 | 240 |
| 75 | | 1,5 | 750 | 2 | 650 |
| 75 | | 1,5 | 750 | 3 | 700 |
| 25 | | 1,5 | 250 | 4 | 240 |

Hasil ini menunjukkan bahwa ada pengurangan volume ekstrak cairan yang dihasilkan dibandingkan dengan volume awal larutan sebelum proses hidrolisis. Adanya pengurangan volume larutan/cairan pada akhir proses disebabkan oleh sebagian larutan tertinggal dalam butiran serat sagu dan tidak ikut tersaring ke dalam larutan ekstrak. Ini ditandai dengan butiran serat sagu yang tetap basah setelah dibiarkan 2 jam setelah proses penyaringan, juga sebagian cairan melekat pada kertas saring.

Dari Tabel 2 di atas diketahui bahwa perbedaan konsentrasi asam sulfat yang ditambahkan memperlihatkan perbedaan volume akhir, dimana semakin tinggi konsentrasi larutan asam sulfat yang ditambahkan, maka volume akhir cenderung

meningkat atau semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi asam sulfat yang ditambahkan, maka semakin banyak volume larutan NaOH 20% yang dibutuhkan untuk proses penetralan sehingga dengan sendirinya akan mempengaruhi volume akhir cairan/larutan ekstrak.

Pengaruh Konsentrasi Asam dan Lama Hidrolisis Terhadap Kadar Gula Serat Sagu

Setelah melalui proses hidrolisis dengan penambahan asam sulfat 0,5 N; 1,0 N dan 1,5 N serta lama hidrolisis yang bervariasi, maka diperoleh kadar gula serat sagu seperti tercantum pada Tabel 2.

Untuk mendapatkan hasil optimal dalam proses hidrolisis serat sugu khususnya jumlah gula, maka telah dilakukan penelitian penggunaan asam sulfat dengan konsentrasi rendah yaitu 0,5 N; 1,0 N; 1,5 N dan divariasikan dengan lama hidrolisis 2 jam, 3 jam dan 4 jam.

Pembuatan etanol dari bahan baku limbah serat/empulur sugu akan dipengaruhi oleh berbagai faktor, dan untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam proses hidrolisis ialah konsentrasi asam. Penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi atau konsentrasi rendah akan memberikan hasil yang bervariasi. Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi akan memberikan kadar gula yang tinggi setelah melalui tahapan hidrolisis, namun mempunyai kelemahan dari segi biaya dan lingkungan[13]. Sebaliknya penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan asam sulfat dengan konsentrasi rendah (0,3 N) akan memberikan hasil optimal[3].

Penggunaan asam sulfat konsentrasi rendah juga menghemat biaya karena ongkos produksi lebih rendah dan murah, serta dampak terhadap lingkungan tidak seberat jika menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi tinggi. Selain faktor konsentrasi asam sulfat, maka faktor lama hidrolisis terhadap serat selulosa mempengaruhi kadar gula yang dihasilkan. Hasil penelitian penulis terhadap lama hidrolisis terhadap serat selulosa sabut kelapa menunjukkan semakin lama waktu hidrolisis (6 jam), maka kadar

gula yang dihasilkan akan semakin tinggi, akan tetapi penelitian lain menyatakan bahwa pada lama hidrolisis 2 jam dihasilkan kadar gula optimal (tertinggi) dan jika hidrolisis dilakukan diatas 2 jam (120 menit), maka kadar gula yang dihasilkan cenderung menurun[18].

Hasil penelitian dengan perlakuan penggunaan asam sulfat berbagai konsentrasi dan lama hidrolisis menunjukkan pada penggunaan konsentrasi asam sulfat 0,5 N dan lama hidrolisis 2 jam, baik serat sugu baruk maupun serat sugu rumbia menghasilkan kadar gula rendah (3,25% dan 10,50%), akan tetapi dengan meningkatnya konsentrasi asam sulfat serta waktu hidrolisis selama 3 jam, maka kadar gula yang dihasilkan mencapai angka maksimal/optimal (12,90% pada serat sugu baruk dan 13,90% pada serat sugu rumbia). Pada proses hidrolisis 4 jam kadar gula yang di hasilkan mulai menurun (4,92% pada serat sugu baruk dan 5,56% pada serat sugu rumbia). Dari Tabel 2 diatas, kadar gula tertinggi hasil hidrolisis diperoleh pada konsentrasi asam sulfat 1,5 N dan lama hidrolisis 3 jam yakni 14,50% (serat sugu rumbia).

Tingginya kadar gula yang diperoleh pada hidrolisis asam sulfat 1,5 N terjadi karena pada konsentrasi asam sulfat 1,5 N, maka proses degradasi/peruraian selulosa (alfa selulosa dan hemiselulosa) serat sugu optimal, dimana komponen asam dapat secara optimal memutuskan rantai ikatan alfa maupun beta selulosa sehingga

terputus/terurai menjadi monomer-monomer gula tunggal, yakni glukosa (selulosa tersusun oleh monosakarida diantaranya glukosa dengan ikatan alfa dan beta). Pada konsentrasi asam sulfat 0,5 N ternyata hidrolisis tidak berlangsung optimal karena kadar gula relatif rendah. Hal ini diduga asam belum optimal atau tidak cukup untuk menguraikan/memutuskan ikatan alfa dan beta glukosa pada serat sagu. Disamping itu, konsentrasi asam yang kurang tidak mampu memecahkan komponen lain yang merekatkan antar selulosa maupun lignin yang menyatukan sel selulosa yang satu dengan yang lain. Pada konsentrasi larutan asam sulfat 1,5 N dalam proses hidrolisis gugus H^+ dari asam akan mengubah gugus serat sagu menjadi gugus radikal bebas dan gugus radikal bebas serat sagu yang kemudian akan berikatan dengan gugus OH^- dari air, dan bereaksi pada suhu 120 °C (suhu autoklave) menghasilkan gula tinggi. Sebaliknya pada konsentrasi asam sulfat rendah (0,5 dan 1,0 N), kebutuhan H^+ dari asam belum mencukupi sehingga tidak banyak terbentuk radikal bebas dari serat sagu dan gula yang dihasilkan belum maksimal.

Waktu hidrolisis 3 jam merupakan waktu optimal terjadinya hidrolisis, dimana selulosa yang ada dalam serat sagu semakin lama bersentuhan dengan asam yang ditambahkan. Selain itu, proses dekomposisi selulosa terurai menjadi karbohidrat (gula) semakin banyak. Faktor lain yaitu suhu bertekanan yang dilakukan dalam jangka waktu yang optimum pada proses hidrolisis

sangat berpengaruh terhadap perombakan bahan-bahan yang melindungi atau mengikat komponen selulosa dalam serat menjadi monosakarida-monosakarida bebas yang tidak terikat, baik alfa maupun beta glukosa. Glukosa-glukosa yang telah diputuskan rantai ikatan alfa maupun beta akan lebih mudah diubah menjadi etanol oleh ragi. Sebaliknya jika waktu hidrolisis pendek (2 jam), maka proses penguraian selulosa menjadi gula sederhana (monosakarida) tidak optimal, karena pada saat belum semua selulosa dalam serat sagu terdekomposisi menjadi glukosa, proses telah terhenti. Sebaliknya jika waktu hidrolisis terlalu lama (4 jam), maka glukosa (gula) akan terdegradasi menjadi *hydroxymethylfurfural* dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar gula menurun.

Fermentasi Gula Menjadi Etanol

Angka kuantitatif proses fermentasi etanol/bioetanol dari gula hasil hidrolisis serat sagu oleh ragi menjadi etanol, tercantum pada Tabel 3. Data Tabel 3 menunjukkan kadar etanol tertinggi yakni 13,60%, pada penambahan larutan asam sulfat 1,0 N dan lama hidrolisis 3 jam, sedangkan kadar etanol terendah pada proses penambahan larutan asam sulfat 0,5 N dan lama hidrolisis 2 jam yaitu 2,43%. Kadar etanol meningkat seiring dengan kenaikan persentase kadar gula. Semakin tinggi kadar gula serat sagu hasil hidrolisis, maka semakin tinggi kandungan etanol yang diperoleh setelah proses fermentasi oleh ragi. Proses

fermentasi gula menjadi etanol oleh ragi dipengaruhi oleh kadar gula dalam larutan.

Semakin tinggi kadar gula dalam larutan, maka semakin optimal aktifitas

Tabel 3. Kadar gula dan etanol serat sagu

| Jenis Serat | Konsentrasi H ₂ SO ₄ (N) | Lama Hidrolisis (Jam) | Kadar Gula (%) | Kadar Etanol (%) |
|-------------|--|-----------------------|----------------|------------------|
| Sagu Baruk | 0,5 | 2 | 3,25 | 2,43 |
| | 0,5 | 3 | 5,26 | 4,18 |
| | 0,5 | 4 | 5,94 | 3,47 |
| | 1,0 | 2 | 5,60 | 4,77 |
| | 1,0 | 3 | 12,90 | 11,36 |
| | 1,0 | 4 | 4,92 | 2,57 |
| | 1,5 | 2 | 6,76 | 5,73 |
| | 1,5 | 3 | 10,90 | 10,53 |
| | 1,5 | 4 | 5,50 | 3,40 |
| Sagu Rumbia | 0,5 | 2 | 10,50 | 9,46 |
| | 0,5 | 3 | 11,90 | 11,53 |
| | 0,5 | 4 | 10,20 | 6,37 |
| | 1,0 | 2 | 9,70 | 8,23 |
| | 1,0 | 3 | 13,80 | 13,60 |
| | 1,0 | 4 | 6,17 | 4,13 |
| | 1,5 | 2 | 14,40 | 12,55 |
| | 1,5 | 3 | 14,50 | 12,99 |
| | 1,5 | 4 | 5,56 | 5,56 |

mikroorganisme khamir merombak gula menjadi etanol. Hasil pengamatan pada Tabel 4 memperlihatkan apabila kadar gula dalam larutan serat sagu diatas 10%, maka mikroorganisme khamir (ragi) akan optimal melakukan fermentasi/merubah gula menjadi etanol, bahkan angka persentasenya diatas 90%. Sebaliknya jika kandungan gula dalam larutan serat sagu di bawah 10% ternyata mikroorganisme tidak optimal merombak gula menjadi etanol dan angka persentase keberhasilan fermentasi dibawah 90%.

Keberhasilan mikroorganisme khamir dalam melakukan fermentasi gula menjadi etanol dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain pH larutan dan ketersediaan nutrien. Pada larutan hasil hidrolisis serat sagu dengan

kandungan gula tinggi juga ketersediaan nutrisi tinggi sehingga hampir semua khamir/ragi yang ditambahkan melakukan aktifitas fermentasi merubah gula menjadi etanol dan dengan demikian kadar etanol tinggi. Sebaliknya apabila kadar gula dalam larutan hasil hidrolisis serat sagu rendah, maka kandungan nutrisi dalam larutan tersebut rendah. Sehingga ada sebagian ragi tidak mendapatkan makanan/nutrisi untuk merubah gula menjadi alcohol, bahkan sebagian mikroorganisme akan mengubah etanol menjadi asam asetat dan ini mengakibatkan penurunan kadar etanol.

Rendemen

Dari Tabel 4, terlihat bahwa rendemen etanol yang dihasilkan berkisar antara 32,85

- 81,63%. Rendemen tertinggi diperoleh pada proses hidrolisis 4 jam dengan penambahan larutan asam sulfat 1,5 N dan terendah pada perlakuan penambahan asam sulfat 1,0 N dan lama hidrolisis 2 jam.

Data pada Tabel 4 juga menunjukkan semakin tinggi konsentrasi larutan asam sulfat yang ditambahkan dan semakin lama waktu hidrolisis, maka rendemen etanol/bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena pada awal destilasi volume larutan yang dihidrolisis dengan konsentrasi asam sulfat tinggi relatif lebih tinggi daripada volume larutan awal cairan yang diproses dengan asam sulfat konsentrasi rendah (perlakuan 2 dan 3 jam lama hidrolisis).

Tinggi atau rendahnya persentase rendemen larutan etanol yang dihasilkan ditentukan oleh sistem pemanasan pada tahap penyulingan/destilasi dan lama proses destilasi. Semakin tinggi suhu pemanasan dan semakin lama proses destilasi, maka semakin banyak rendemen yang diperoleh. Sebaliknya semakin rendah suhu pemanasan dan waktu penyulingan yang tidak lama, maka rendemen yang di hasilkan relatif rendah. Dalam proses destilasi etanol, faktor suhu sangat berperan. Agar hasil destilasi etanol optimal, maka selama proses destilasi diusahakan agar suhu minimum dan sebaiknya suhu dibawah 100 °C.

Tabel 4. Rendemen kadar etanol

| Jenis Serat | Konsentrasi H ₂ SO ₄ (N) | Lama Hidrolisis (Jam) | Volume larutan (ml) | Volume Etanol (ml) | Rendemen (%) |
|-------------|--|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| Sagu Baruk | 0,5 | 2 | 625 | 320 | 51,20 |
| | 0,5 | 3 | 600 | 340 | 56,00 |
| | 0,5 | 4 | 240 | 180 | 75,00 |
| | 1,0 | 2 | 575 | 250 | 43,47 |
| | 1,0 | 3 | 550 | 364 | 66,18 |
| | 1,0 | 4 | 245 | 190 | 77,55 |
| | 1,5 | 2 | 600 | 270 | 45,00 |
| | 1,5 | 3 | 600 | 360 | 60,00 |
| | 1,5 | 4 | 245 | 200 | 81,63 |
| | Sagu Rumbia | 0,5 | 2 | 650 | 340 |
| 0,5 | | 3 | 700 | 370 | 52,85 |
| 0,5 | | 4 | 245 | 185 | 75,51 |
| 1,0 | | 2 | 700 | 230 | 32,85 |
| 1,0 | | 3 | 670 | 400 | 59,70 |
| 1,0 | | 4 | 240 | 190 | 79,16 |
| 1,5 | | 2 | 650 | 320 | 49,23 |
| 1,5 | | 3 | 700 | 400 | 57,14 |
| 1,5 | | 4 | 240 | 180 | 75,00 |

KESIMPULAN

Serat/ampas sugu baruk dan sugu rumbia dapat diolah menjadi etanol dengan kadar alkohol antara 2,43 - 11,36 % untuk serat sugu baruk dan 4,13 - 13,60 % pada serat sugu rumbia. Kadar gula tertinggi diperoleh pada serat/ampas sugu rumbia dengan penambahan asam sulfat 1,5 N dan lama hidrolisis 3 jam yakni 13,90%. Kadar alkohol tertinggi didapatkan pada serat/ampas sugu rumbia dengan penambahan asam sulfat 1 N dan lama hidrolisis 3 jam yakni 13,60%

DAFTAR PUSTAKA

1. Abner L, Miftahorrahman. Keragaman industri sugu Indonesia. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. Vol 8 No 1 Juni 2002. 2002.
2. Akyuni D. Pemanfaatan pati sugu (*metroxylon sp.*) untuk pembuatan sirup glukosa menggunakan -amilase dan amiloglukosidase. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor. 2004.
3. Anggraeni PZ, Addarajah DD, Anggoro. Hidrolisis selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipe*) menjadi glukosa dengan katalis arang aktif tersulfonasi. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Vol. 2, No. 3. Hal 63-69. 2013.
4. Clark TA., Mackie KL. Fermentation inhibitors in wood hydrolysates derived from the softwood Pinus radiata. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 34.2: 101-110. 1984.
5. Dhiputra K., Made I., Jonatan N, Ekayuliana A. Pemanfaatan Ampas Ela Sagu Sebagai Bioetanol untuk Kebutuhan Bahan Bakar Rumah Tangga di Provinsi Papua, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTMXIV). Banjarmasin. 2015.
6. Hartoto L. Petunjuk Laboratorium Teknologi Fermentasi. Depdikbud. PAU IPB. Bogor. 1992
7. Haryanto B, Pangloli P. Potensi dan Pemanfaatan Sagu. Kanisius. 1992.
8. Islamiyati R. Kandungan nutrisi campuran ampas sugu (*Metroxilon sago*) dan feses broiler yang difermentasi dengan berbagai level EM4. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. Makassar. 2009.
9. Khairunnisah. Produksi bioetanol dari ampas sugu (*Metroxylon sp*) melalui proses pretreatment dan metode *simultaneous saccharification fermentation* (SSF). Tesis. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas. Padang. 2014.
10. Kiat LJ. Preparation and characterization of carboxymethyl sago waste and its hydrogel. PhD Thesis. School of Graduate Studies, Universiti Putra Malaysia. 2006.
11. Sukria HA. Kualitas protein dan komposisi asam amino ampas sugu hasil fermentasi *Aspergillus niger* dengan penambahan urea dan zeolit. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 20(2), 124-130. 2015.
12. Yolanda A, Muria SR, Chairul. Pembuatan bioetanol dari limbah padat sugu menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan proses *simultaneous sacherification and fermentation* (SSF) dengan variasi konsentrasi substrat dan volume inokulum. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains Vol 1, No 1. 2014.
13. Wiratmaja IG, Kusuma IW, Winaya SIN. Pembuatan etanol generasi kedua dengan memanfaatkan limbah rumput laut *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin .Vol. 5 No.1: (75-84). 2011.