

## PEMBUATAN BIOETANOL DARI RUMPUT GAJAH DENGAN DISTILASI BATCH

Ni Ketut Sari

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya  
Email: tk\_upn\_jatim@yahoo.com/jur\_tekim@upnjatim.ac.id

### Abstrak

Ketersediaan rumput gajah dapat diperoleh secara kontinu dan melimpah, seringkali hanya digunakan sebagai makanan ternak, dan terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu. Rumput gajah mempunyai kadar selulosa, glukosa, pati yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil etanol. Kadar etanol yang diperoleh dari kajian produksi bioetanol dari rumput gajah antara 7-11%. Untuk meningkatkan kemurnian kadar etanol dilakukan pemisahan menggunakan distilasi batch. Dalam penelitian kajian produksi bioetanol dari rumput gajah dilakukan proses hidrolisis pada kondisi tetap suhu 30 °C, air 7 liter, waktu hidrolisis 1 jam, dan kondisi berubah yaitu berat rumput gajah 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 gram, volume larutan HCl 10, 20, 30, 40, 50 mL. Kemudian dilanjutkan proses fermentasi pada kondisi tetap suhu 30 °C, pH 4,5, volume fermentasi 500 mL dan kondisi berubah yaitu waktu fermentasi 4, 5, 6, 7, 8 hari, dan starter 8, 10, dan 12%. Dari penelitian kajian produksi bioetanol dari rumput gajah diperoleh hasil terbaik yaitu: berat rumput gajah 200 gram, starter *Saccharomyces cerevisiae* 10% selama 6 hari, menghasilkan etanol sebesar 27,71% dan kadar glukosa sisa 8,09%. Untuk memperoleh produk etanol yang lebih murni dilakukan proses pemisahan lanjutan dengan distilasi batch, setelah dilakukan pemisahan lanjut diperoleh kadar etanol 90-95%, sehingga rumput gajah dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioetanol.

**Kata Kunci:** bioetanol, fermentasi, hidrolisis, rumput gajah.

### Abstract

Elephant grass is available continuously and in abundance, but has only been utilized as animal feed, and is sometimes regarded as a nuisance. However, elephant grass contains cellulose, glucose and starch that can be utilized as raw materials for ethanol production. The concentration of ethanol obtained from a study on the production of bioethanol from elephant grass was between 7-11%. To improve the purity of the ethanol, a batch distillation separation process was performed. In the study of bioethanol production from elephant grass, a hydrolysis process was performed at the following fixed condition 30 °C temperature, 7 liter of water, 1 hour of hydrolysis time, while the following variables were changed fermentation period of 4, 5, 6, 7, and 8 days, and starter concentration of 8, 10, and 12%. From the bioethanol production study, the following best condition was obtained: 200 gram of grass, 10% *Saccharomyces cerevisiae* starter for 6 days. This condition produced 27.71% ethanol, with a 8.09% residual glucose. To obtain a higher purity ethanol product, a subsequent separation using batch distillation was performed, resulting in 90-95% ethanol. Therefore, elephant grass can be used as an alternative raw material for bioethanol production.

**Keywords:** bioethanol, fermentation, hydrolysis, elephant grass

## 1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai iklim yang mempermudah tumbuhnya rumput gajah, sehingga ketersediaan rumput gajah dapat secara kontinu melimpah. Rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Sekarang ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak, terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu, tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil etanol.

Etanol atau *ethyl alcohol* yang kadang disebut juga etanol spiritus, digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, bensin etanol (gasohol) dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti (*methyl tertiarybutyl ether/MTBE*). Etanol dapat meningkatkan efisiensi pembakaran karena mengandung 35 persen oksigen. Etanol juga ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah kadar karbon monoksidanya, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan serta mudah terurai dan aman karena tidak mencemari lingkungan. Sampai saat ini konsumsi etanol dunia sekitar 63 persen untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, Jepang dan Korea Selatan adalah konsumsi terbesar etanol adalah untuk minuman keras.

Rumput gajah selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan dapat mengganggu lingkungan apabila dibiarkan begitu saja. Indonesia memiliki beberapa tempat penghasil rumput gajah seperti di Jawa Tengah, Jawa Barat dan Jawa Timur serta akan dikembangkannya di beberapa daerah lainnya, dengan potensi tersebut dipastikan sumber bahan baku pembuatan etanol akan tersedia dalam jumlah yang cukup besar. Dalam mengembangkan produk etanol yang tinggi perlu dikaji mengenai bahan, mekanisme reaksi dan teknologi yang diperlukan. Faktor yang sangat berpengaruh adalah bahan baku, proses hidrolisis dan proses fermentasi.

Penelitian kajian produksi bio etanol dari rumput gajah ini bertujuan untuk menghasilkan produk bioetanol dan suatu prototipe industri etanol. Di samping itu penelitian ini dapat dipergunakan sebagai

acuan dalam mengembangkan industri etanol di Indonesia, membantu mengembangkan sektor pertanian serta membantu dalam penyediaan campuran bahan bakar dan memberikan nilai ekonomi.

Keutamaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Program Pemerintan pada tahun 2025 tentang pemakaian etanol sebagai bahan bakar, produksi etanol hanya tergantung pada bahan baku tetes merupakan limbah pabrik gula, keberadaan pabrik gula di Indonesia tidak berkembang. Tetes yang dihasilkan tidak memenuhi kuantitas, sehingga perlu pengembangan bahan baku alternatif untuk produk etanol.
- Rumput gajah hasil pertanian yang melimpah dan saat ini hanya dipergunakan untuk pakan sapi.
- Berdasarkan kajian pendahuluan rumput gajah mengandung selulosa yang cukup besar (40,85%) yang dapat diproduksi menjadi etanol.
- Indonesia memiliki industri ragi *Saccharomyces cerevisiae* yang nantinya dapat dipergunakan dalam produksi etanol.
- Sejak Menteri Negara Riset dan Teknologi me-launching Bahan bakar Gasohol BE-10 pada akhir Januari 2005, dimana bahan baku yang digunakan untuk pembuatan etanol dari ketela pohon dan jagung, mempunyai harga jual yang sangat berfluktuatif, sehingga harga jualnya jauh lebih mahal dari bahan bakar minyak (BBM).
- Pemerintah melakukan impor BBM, hal ini menunjukkan kebutuhan BBM nasional cukup besar sedangkan produksi dalam negeri tidak mencukupi sehingga sering terjadi kelangkaan BBM dan harga BBM menjadi sangat mahal, dan harga kebutuhan pokok ikut mahal, yang mengakibatkan terganggunya sektor ekonomi.
- Berdasarkan kajian literatur dan studi pendahuluan diketahui bahwa bahan baku yang mempunyai kadar selulosa yang tinggi dapat menghasilkan etanol.

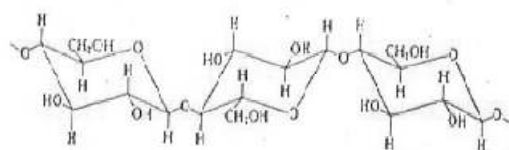
### Kualitas rumput gajah

Rumput gajah dikenal dengan nama ilmiah: *Pennisetum Purpureum Schumach.* Nama daerahnya: *Elephant grass, napier grass* (Inggris), *Herbe d'elephant, fausse canne a*

*sucre* (Prancis), Rumput Gajah (Indonesia, Malaysia), *Buntot-pusa* (Tagalog, Filipina), *Handalawi* (Bokil), *Lagoli* (Bagobo), *Ya-nepia* (Thailand), *Co' duoi voi* (Vietnam), *Pasto Elefante* (Spanyol). Rumput gajah berasal dari Afrika tropika, kemudian menyebar dan diperkenalkan ke daerah-daerah tropika di dunia. Dikembangkan terus-menerus dengan berbagai silangan sehingga menghasilkan banyak kultivar, terutama di Amerika, Philipina dan India. Rumput gajah merupakan keluarga rumput-rumputan (*graminae*) yang telah dikenal manfaatnya sebagai pakan ternak pemamah biak (ruminansia) yang alamiah di Asia Tenggara.

Rumput gajah secara umum merupakan tanaman tahunan yang berdiri tegak, berakar dalam, tinggi rimpang yang pendek. Tinggi batang dapat mencapai 2-4 meter, bahkan mencapai 6-7 meter, dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 3 cm dan terdiri sampai 20 ruas/buku. Tumbuh membentuk rumpun dengan lebar rumpun hingga 1 meter. Pelepeh daun gundul hingga berbulu pendek, helai daun bergaris dengan dasar yang lebar, ujungnya runcing. Kandungan nutrien setiap ton bahan kering adalah: N: 10-30 kg; P: 2-3 kg; K: 30 kg; Ca: 3-6 kg; Mg dan S: 2-3 kg. Kandungan lain dari rumput gajah adalah: protein kasar 5,2% dan serat kasar 40,85%.

Selulosa adalah polimer  $\beta$ -glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 diantara satuan glukosanya. Selulosa berfungsi sebagai bahan struktur dalam jaringan tumbuhan dalam bentuk campuran polimer homolog dan biasanya disertai polisakarida lain dan lignin dalam jumlah yang beragam. Molekul selulosa memanjang dan kaku, meskipun dalam larutan. Gugus hidroksil yang menonjol dari rantai dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mudah, mengakibatkan kekristalan dalam batas tertentu Derajat kekristalan yang tinggi menyebabkan modulus kekenyalan sangat meningkat dan daya regang serat selulosa menjadi lebih besar dan mengakibatkan makanan yang mengandung selulosa lebih liat (Ilroy, 1990).



Gambar 1. Rumus bangun selulosa

Selulosa yang merupakan polisakarida terbanyak di bumi dapat diubah menjadi glukosa dengan cara hidrolisis asam (Ilroy, 1990).

### Sifat fisik dan kimia etanol

Hasil yang diinginkan dari fermentasi glukosa adalah etanol. Etanol mempunyai rumus dasar  $C_2H_5OH$  dan mempunyai sifat-sifat fisik sebagai berikut: cairan tidak berwarna, berbau khas menusuk hidung, mudah menguap, titik didih  $78,32\text{ }^\circ\text{C}$ , larut dalam air dan ether, densitas pada  $15\text{ }^\circ\text{C}$  adalah 0,7937; spesifik panas pada  $20\text{ }^\circ\text{C}$  adalah 0,579 cal/g $^\circ\text{C}$ , panas pembakaran pada keadaan cair adalah 328 Kcal, viskositas pada  $20\text{ }^\circ\text{C}$  adalah 1,17 cp, flash point adalah sekitar  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , berat molekul adalah 46,07 g/mol, terjadi dari reaksi fermentasi monosakarida, bereaksi dengan asam asetat, asam sulfat, asam nitrit, asam ionida (Soebijanto, 1986). Kebutuhan etanol di dunia makin meningkat, hal ini dapat juga dilihat pada kebutuhan etanol nasional (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah kebutuhan etanol nasional

Tahun	Kebutuhan Etanol (Liter)
2001	25.251.852
2002	21.076.317
2003	34.063.193
2004	230.613.100

Sumber: BPS, Surabaya

### Proses pembuatan etanol

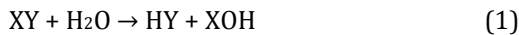
Bahan-bahan yang mengandung monosakarida ( $C_6H_{12}O_6$ ) sebagai glukosa langsung dapat difermentasi menjadi etanol. Akan tetapi disakarida pati, atau pun karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap proses fermentasi dapat berjalan secara optimal, bahan tersebut harus mengalami perlakuan pendahuluan sebelum masuk ke dalam proses fermentasi.

Disakarida seperti gula pasir ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) harus dihidrolisa menjadi glukosa. Polisakarida seperti selulosa harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa. Terbentuknya glukosa berarti proses pendahuluan telah berakhir dan bahan-bahan selanjutnya siap untuk difermentasi. Secara kimiawi proses fermentasi dapat berjalan cukup panjang, karena terjadi suatu deret

reaksi yang masing-masing dipengaruhi oleh enzim-enzim khusus.

### Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi organik dan anorganik yang mana terdapat pengaruh air terhadap komposisi ganda (XY), menghasilkan hydrogen dengan komposisi Y dan komposisi X dengan hidroksil, dengan reaksi sebagai berikut

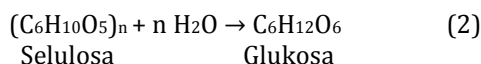


Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Dalam hidrolisis asam biasanya digunakan asam chlorida (HCl) atau asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan kadar tertentu. Hidrolisis ini biasanya dilakukan dalam tangki khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga yang dihubungkan dengan pipa saluran pemanas dan pipa saluran udara untuk mengatur tekanan dalam udara (Soebijanto, 1986).

Selulosa dari rumput dapat diubah menjadi etanol dengan proses hidrolisis asam dengan kadar tertentu. Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa (Fieser dan Fieser, 1963).

Proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- pH (derajat keasaman)  
pH mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan, pH yang baik untuk proses hidrolisis adalah 2,3 (Soebijanto, 1986).
- Suhu  
Suhu juga mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis, suhu yang baik untuk hidrolisis selulosa adalah sekitar 21 °C.
- Konsentrasi  
Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi hidrolisis, untuk hidrolisis asam digunakan konsentrasi HCl pekat atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (Groggins, 1985). Dalam proses ini selulosa dalam rumput gajah diubah menjadi glukosa dengan reaksi sebagai berikut:



Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5-20 mikron,

biasanya berukuran sampai 5-10 kali lebih besar dari bakteri. Terdapat berbagai macam bentuk ragi, bentuk ini tergantung pada pembelahannya. Sel khamir sering dijumpai secara sel tunggal, tetapi apabila anak-anak sel tidak dilepaskan dari induknya setelah pembelahan, maka akan terjadi bentuk yang disebut *pseudomiselum*. Khamir tidak bergerak, pembelahan khamir terjadi secara aseksual atau tunas. Khamir sangat berperan penting dalam membantu proses-proses pembuatan bir, salah satu khamir yang baik untuk pembuatan etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang mana tunasnya berkembang dari bagian permukaan sel induk (Buckle, 1985).

### Fermentasi

Proses fermentasi yang dilakukan adalah proses fermentasi yang tidak menggunakan oksigen atau proses *anaerob*. Cara pengaturan produksi etanol dari gula cukup kompleks, konsentrasi substrat, oksigen, dan produk etanol, semua mempengaruhi metabolisme khamir, daya hidup sel, pertumbuhan sel, pembelahan sel, dan produksi etanol. Seleksi galur khamir yang cocok dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap baik konsentrasi, substrat ataupun alkohol merupakan hal yang penting untuk peningkatan hasil (Dwijoseputro, 1982).

Fermentasi pertama kalinya dilakukan perlakuan dasar terhadap bibit fermentor/persiapan starter. Dimana starter diinokulasikan sampai benar-benar siap menjadi fermentor, baru dimasukkan ke dalam substrat yang akan difermentasi (Dwijoseputro, 1982). Bibit fermentor yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Mempunyai bentuk sel yang bulat, pendek oval, atau oval.
- Mempunyai ukuran sel (4,2-6,6) x (5-11) mikron dalam waktu tiga hari pada 25 °C dan pada media agar.
- Dapat bereproduksi dengan cara penyembuhan atau multilateral.
- Mampu mengubah glukosa dengan baik.
- Dapat berkembang dengan baik pada suhu antara 20-30 °C (Judoamidjojo, 1992).

### Nutrisi

Pada proses fermentasi, mikroorganisme sangat memerlukan nutrisi yang baik agar dapat diperoleh hasil fermentasi

yang baik. Nutrisi yang tepat untuk menyuplai mikroorganisme adalah nitrogen yang mana dapat diperoleh dari penambahan NH<sub>3</sub>, garam amonium, pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400-1000 gram/1000 L cairan. Dan fosfat yang dibutuhkan sebesar 400 gram/1000 L cairan. (Soebijanto, 1986). Nutrisi yang lain adalah amonium sulfat dengan kadar 70-400 gram/100 L cairan (Judoamidjojo, 1992). pH yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4,5-5, tetapi pada pH 3,5 fermentasi masih dapat berjalan dengan baik dan bakteri pembusuk akan terhambat, untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH dan HNO<sub>3</sub>.

**Suhu dan Waktu**

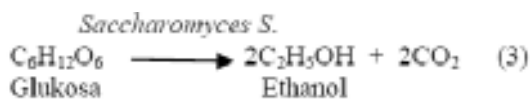
Suhu yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah antara 20-30 °C. Makin rendah suhu fermentasi, maka akan semakin tinggi etanol yang akan dihasilkan, karena pada suhu rendah fermentasi akan lebih komplit dan kehilangan etanol karena terbawa oleh gas CO<sub>2</sub> akan lebih sedikit. Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah 7 hari (Judoamidjojo, 1992).

**Kandungan gula**

Kandungan gula akan sangat mempengaruhi proses fermentasi, kandungan gula optimum yang diberikan untuk fermentasi adalah 25%, untuk permulaan, kadar gula yang digunakan adalah 16% (Sardjoko, 1991).

**Volume starter**

Volume starter yang baik untuk melakukan fermentasi adalah 1/10 bagian dari volume substrat. Dalam proses fermentasi ini, glukosa dari hasil fermentasi diubah menjadi etanol dengan reaksi sebagai berikut:



**Kualitas etanol**

Kandungan etanol dalam rumput gajah dapat dikendalikan dengan mengatur berbagai faktor yang mempengaruhi:

- Konsentrasi selulosa, pati dan glukosa, pH.
- Perbandingan rumput gajah dengan larutan HCl, Jumlah *Saccharomyces cerevisiae*.
- Waktu fermentasi.

Kualitas produk yang akan dihasilkan mempunyai standar komposisi sebagai berikut (Tabel 2).

**Tabel 2. Standar Komposisi Produk**

No.	Komponen	Komposisi Produk (% berat)
1	Rumput Gajah	40 - 70
2	Gula Reduksi	15 - 25
3	Etanol	10 - 12

Di samping kualitas berdasarkan komposisi, etanol ini mempunyai keunggulan lain dibandingkan dengan etanol yang ada saat ini seperti:

- a. Bahan baku rumput gajah tersedia dalam jumlah yang cukup besar
- b. Mempunyai kadar selulosa yang tinggi (40,85%)
- c. Sesuai untuk daerah subtropis dan tropis seperti di Indonesia

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan penelitian terhadap biji kapas dengan proses hidrolisis yang menggunakan 0,8% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada suhu 120 °C selama 1 jam sehingga dihasilkan kadar glukosa tertinggi 13,848%, glukosa ini mendapat perlakuan fermentasi yang optimum selama 72 jam dengan kadar etanol 7,86 % setelah proses distilasi. Kemudian dilanjutkan penelitian tentang buah siwalan dilakukan proses hidrolisis dengan pH 2,3 , suhu 100°C, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, dengan proses tersebut dapat dihasilkan kadar glukosa optimum sebesar 21,86% kemudian dilakukan proses fermentasi dengan penambahan optimum (NH<sub>4</sub>)HPO<sub>4</sub> sebesar 9 gram sehingga didapatkan 9,92% etanol setelah distilasi dan kadar glukosa sisa sebesar 8,02 % (Sari, 2007).

Pada PT. Molindo Raya Industrial dilakukan proses fermentasi pada molasses dengan kadar glukosa 12% menghasilkan etanol dengan kadar 9% sebelum proses distilasi, setelah proses distilasi dapat dihasilkan kadar etanol 96-99,9%, pada proses fermentasi suhunya dijaga 33°C dan pH 4,5 serta ditambahkan bahan-bahan penunjang seperti urea, SP 36, asam sulfat, *defoaming agent*.

Setelah dilakukan penelitian pembuatan boietanol dari rumput gajah dengan distilasi Batch selanjutnya dilakukan simulasi sistem tiga komponen Bioetanol-Air-HCl dengan meninjau peta kurva residunya, kemudian dilakukan verifikasi dengan simulasi sistem tiga komponen yang homolog

yaitu sistem tiga komponen Metanol-Etanol-1-Propanol (Sari dkk., 2006).

## 2. Metodologi

Kondisi yang digunakan

### a. Proses hidrolisis

- Kondisi tetap: suhu 30°C, volume H<sub>2</sub>O 7 L
- Kondisi berubah : berat rumput gajah: 50, 100, 150, 200, 250 gram
- Volume HCl: 10, 20, 30, 40, 50 mL

### b. Proses fermentasi

- Kondisi tetap: suhu 30 °C, pH hidrolisis 4,5; volume fermentasi 500 mL
- Kondisi berubah: waktu 4,5,6,7,8 hari
- Starter: 8%,10%,12% dari volume cairan

### Prosedur proses hidrolisis

- Menimbang rumput gajah seberat variabel yang telah dijalankan.
- Mencampur rumput gajah ke dalam 7 L H<sub>2</sub>O.
- Menyaring larutan tersebut dan mengambil filtratnya.
- Menganalisis kadar glukosa pada filtrat hasil hidrolisa dan mencari kondisi terbaik untuk dilakukan fermentasi.
- Menambahkan Asam Sitrat ke dalam filtrate hasil hidrolisa yang akan

difermentasi hingga mencapai pH fermentasi yang telah ditetapkan 4,5.

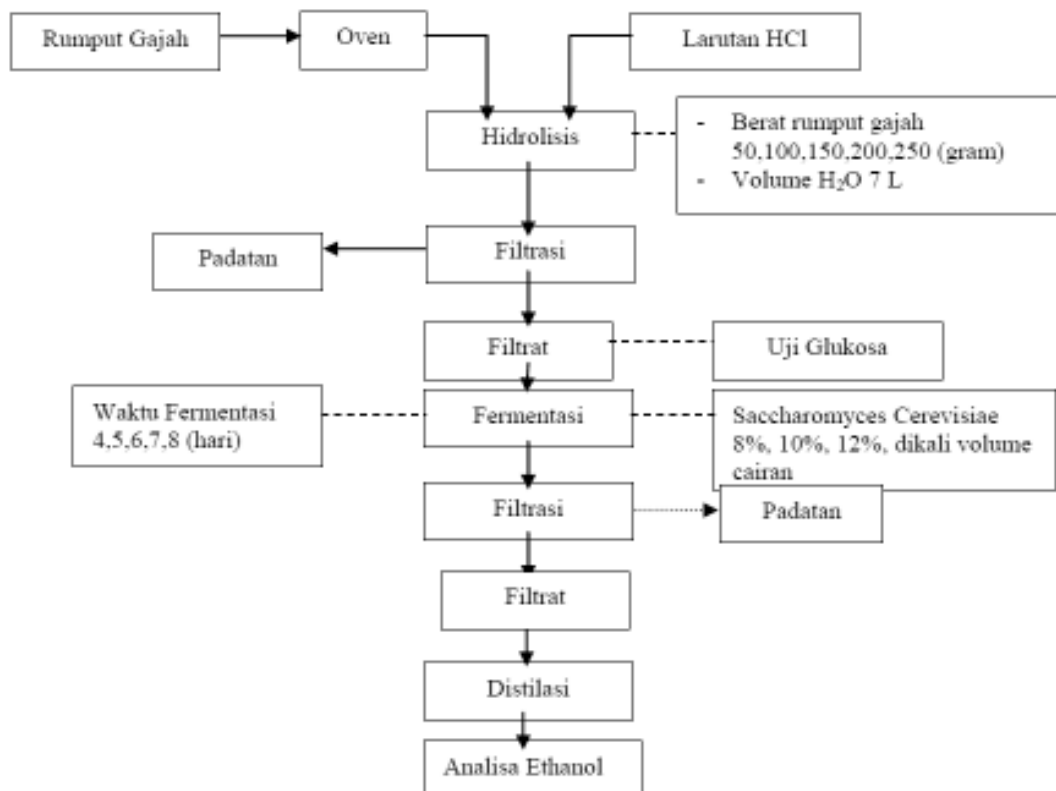
- Kemudian dianalisis kadar glukosa.

### Prosedur proses fermentasi

- Hasil glukosa terbaik yang diperoleh dari proses hidrolisis, yaitu glukosa yang diperoleh dari hidrolisis rumput gajah sebanyak 200 gram dengan HCl 20 mL.
- Menambahkan Asam Sitrat ke dalam filtrat hasil hidrolisa yang akan difermentasi hingga mencapai pH fermentasi yang telah ditetapkan (4,5).
- Memasukkan starter ke dalam larutan tersebut dalam kondisi anaerobik.
- Menutup rapat botol dan mengamati selama waktu tertentu.
- Analisis kadar etanol.

### Prosedur proses distilasi

Hasil dari fermentasi yang didapat dimasukkan ke dalam labu distilasi untuk mendapatkan alkohol dari glukosa. Proses distilasi ini dijalankan pada suhu 70-80°C, setelah volume larutan bottom tinggal 10% diatilasi dihentikan, kemudian dianalisis kadar etanolnya.



Gambar 2. Skema Penelitian



Gambar 3. Produksi bioetanol dari rumput gajah

**3. Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang tercantum dalam Tabel 3, diketahui bahwa jumlah unsur pembentuk bioetanol (selulosa, glukosa dan pati) rata-rata sebesar 48,055%, ini berarti jika seluruhnya bisa terhidrolisis dan terfermentasi secara sempurna diperoleh etanol dalam jumlah yang besar. Dalam 100 gram rumput gajah dapat dihasilkan minimal etanol sebesar 48,055 gram, jika densitas etanol 0,98 g/mL maka volume etanol makin tinggi yaitu sebesar 49,036 mL. Dalam 1 kg rumput gajah dapat dihasilkan etanol sebesar 0,49 liter. Mengingat komposisi selulosa yang tinggi pada rumput gajah, proses hidrolisis diharapkan berjalan dengan sempurna, sehingga semua selulosa terdegradasi secara sempurna menjadi glukosa.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui kualitas rumput gajah seperti tercantum dalam Tabel 3.

**Tabel 3. Kualitas rumput gajah**

No.	Parameter	Konsentrasi 1 (%)	Konsentrasi 2 (%)	Konsentrasi Rata-rata (%)
1	Selulosa	48,008	48,102	48,055
2	Glukosa	4,774	4,898	4,836
3	Pati	20,318	20,416	20,367
	Total	73,100	73,416	73,258

Sumber: Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim

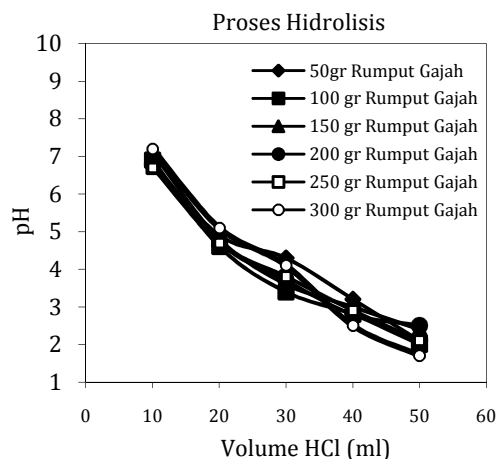
Pemotongan rumput gajah dengan panjang kurang lebih 5 cm untuk memperoleh kadar glukosa yang tinggi dan selulosa bisa terhidrolisis dengan larutan HCl. Sebaiknya rumput gajah dibuat dalam bentuk powder, sehingga selulosa bisa terhidrolisis sempurna, akan tetapi dibutuhkan biaya yang lebih tinggi. Di samping itu juga dikhawatirkan kalau rumput gajah dalam bentuk powder terjadi

destruksi secara fisik, sehingga menyebabkan gugus glukosa rusak.

Pengeringan rumput gajah dilakukan secara alami terlebih dahulu dengan suhu kamar, setelah 2-3 hari baru dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 100°C selama 3 jam, hal ini dilakukan untuk penghematan biaya. Pengeringan merupakan proses yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam etanol, kadar air yang diijinkan berdasarkan SNI adalah 1%.

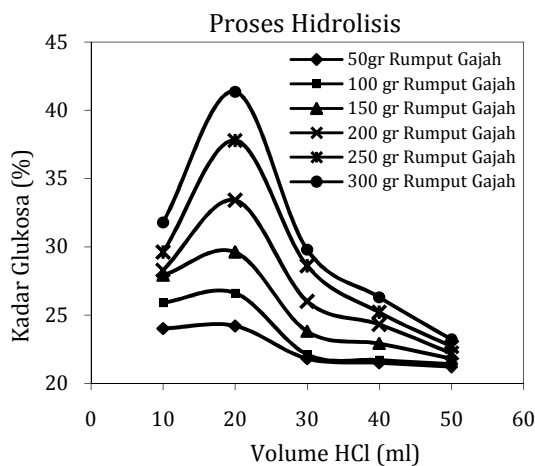
**Ekstraksi rumput gajah**

Proses ekstraksi dilakukan dengan berat rumput gajah bervariasi yaitu: 50, 100, 150, 200, 250, 300 gram dengan penambahan volume HCl yang bervariasi 10, 20, 30, 40, 50 mL. Setelah proses ekstraksi selesai diperoleh filtrat dan padatan, filtrat akan diproses secara proses fermentasi untuk memperoleh kadar etanol dan padatan bisa digunakan sebagai pupuk kompos. Filtrat diukur pH nya sesuai syarat proses fermentasi yaitu kurang lebih 4,5. Untuk memperoleh pH 4,5 dilakukan penambahan NaOH apabila pH filtrat di bawah 4,5 dan dilakukan penambahan asam sitrat apabila pH filtrat diatas 4,5.



Gambar 4. Pengaruh penambahan volume HCl terhadap pH pada rumput gajah

Dari Gambar 4 diperoleh pengaruh pH terhadap penambahan volume HCl, dimana semakin besar penambahan volume HCl maka pH makin kecil. Karena dalam proses fermentasi dibutuhkan pH 4,5 maka penambahan volume HCl sebanyak 20 mL yang paling mendekati, untuk berat rumput gajah yang bervariasi. Sebelum dilakukan proses fermentasi, filtrat diukur kadar glukosa optimum yaitu kurang lebih 16%, apabila kadar glukosa lebih dari 16% dilakukan pengenceran, kalau kadar glukosa kurang dari 16% dilakukan penambahan glukosa.

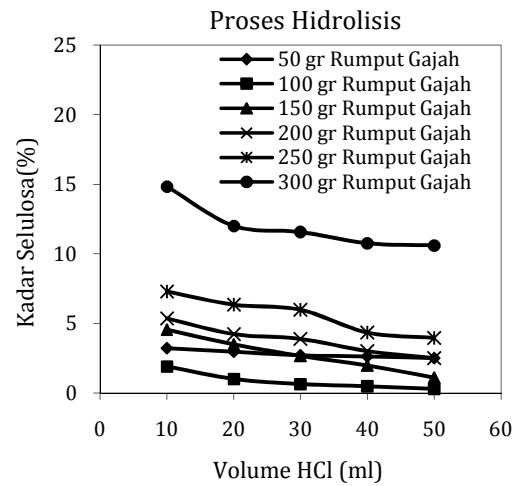


**Gambar 5. Pengaruh penambahan volume HCl terhadap kadar glukosa pada rumput gajah**

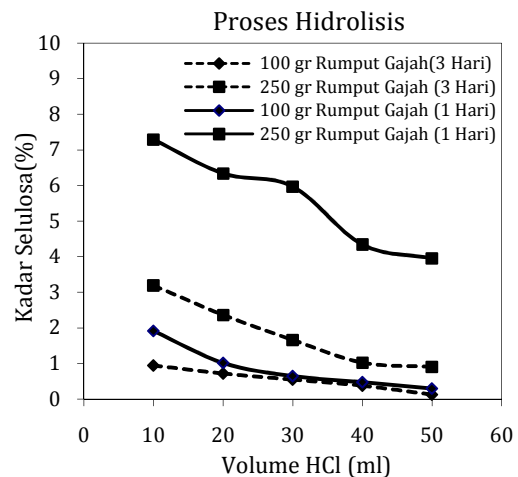
Dalam bentuk grafik diperoleh kadar glukosa optimum (16%) pada berat rumput gajah 200 gram dan penambahan volume HCl 20 mL. Sebelum dilakukan proses fermentasi diukur kadar selulosa yang masih terkandung dalam filtrat. Dari beberapa hasil analisis kadar selulosa diperoleh penurunan kadar selulosa setelah didiamkan 2-3 hari, setelah itu kadar selulosa tetap. Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui kadar selulosa hari pertama dan hari ketiga.

Dari Grafik 5 diperoleh pengaruh kadar selulosa terhadap penambahan volume HCl, dimana semakin besar penambahan volume HCl kadar selulosa makin kecil. Pada penambahan diatas volume HCl 40 mL grafik menunjukkan profil yang konstan, dari penambahan volume HCl 10 mL sampai 40 mL mempunyai kecendrungan profil menurun. Penambahan volume HCl sekitar 0,14-0,71% merupakan jumlah yang sangat kecil, kemungkinan tidak akan berpengaruh terhadap produk bioetanol. Sekecil apapun

penambahan HCl tetap akan dianalisis pada produk bioetanol akhir.



**Gambar 6. Pengaruh penambahan volume HCl terhadap kadar selulosa pada hari pertama**



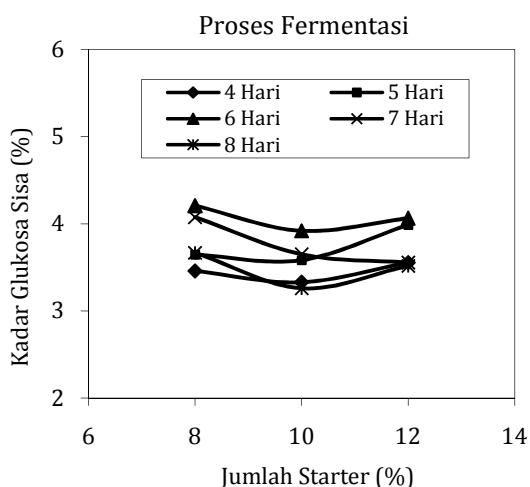
**Gambar 7. Pengaruh penambahan volume HCl terhadap kadar selulosa pada hari ketiga**

Setelah dilakukan analisis kadar selulosa setelah 3 hari proses hidrolisis menunjukkan penurunan kadar selulosa, hal ini disebabkan karena belum sempurna selulosa terdegradasi menjadi glukosa, penurunan kadar selulosa hari pertama sampai hari ketiga sekitar (44-49)%, ditunjukkan pada Gambar 7.

**Fermentasi filtrat rumput gajah**

Proses fermentasi filtrat rumput gajah dari proses hidrolisis dipilih berat rumput gajah 200 gram dengan penambahan volume HCl 20 mL, kemudian dilakukan penambahan starter (*Saccharomyces cerevisiae* cair) 8, 10, 12 %.

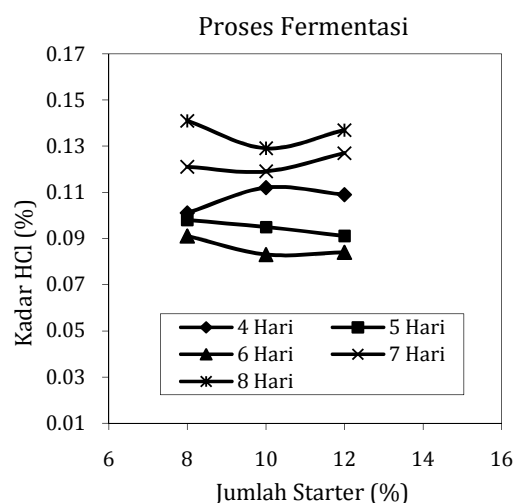




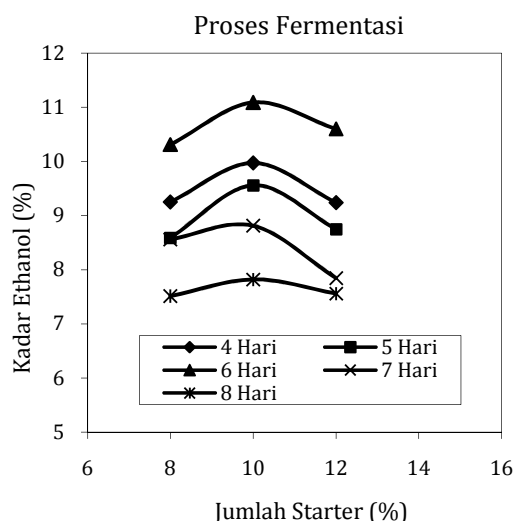
**Gambar 8. Pengaruh jumlah starter terhadap kadar glukosa sisa**

Setelah dilakukan analisis kadar glukosa sisa pada proses fermentasi, dengan penambahan jumlah starter 10% dari volume cairan (filtrat) menunjukkan kadar glukosa sisa kecil dibandingkan penambahan jumlah starter 8 dan 12%. Hal ini disebabkan karena sudah dilakukan riset pendahuluan dan sesuai dengan Jurnal yaitu penambahan jumlah starter 10% dari volume cairan (filtrat), ditunjukkan pada Gambar 8. Selain itu juga dilakukan analisis kadar HCl pada proses fermentasi dengan penambahan jumlah starter 10% dari volume cairan (filtrat) menunjukkan kadar HCl paling kecil adalah pada waktu fermentasi 6 hari. Hal ini disebabkan karena sudah dilakukan riset pendahuluan dan menurut Jurnal waktu fermentasi yang baik yaitu 7 hari. Waktu fermentasi 6 hari paling baik karena fasa optimum dari *saccharomyces cerevisiae*, di bawah 6 hari terjadi penyesuaian atau pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan setelah 6 hari terjadi fase regenerasi atau pergantian *Saccharomyces cerevisiae* ditunjukkan pada Gambar 9.

Setelah dilakukan analisis kadar Etanol pada proses fermentasi dengan penambahan jumlah starter 10% dari volume cairan (filtrat) menunjukkan kadar etanol besar dibandingkan penambahan jumlah starter 8 dan 12%. Hal ini disebabkan karena sudah dilakukan riset pendahuluan, dalam riset pendahuluan diperoleh kadar etanol 9%, di samping itu dilakukan perbaikan pada proses hidrolisis dan proses fermentasi diperoleh kadar etanol 11 %, ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 9. Pengaruh jumlah starter terhadap kadar HCl**



**Gambar 10. Pengaruh jumlah starter terhadap kadar etanol**

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian proses hidrolisis diperoleh hasil terbaik pada berat rumput gajah 200 gram, volume 20 mL HCl. Pada proses fermentasi diperoleh hasil terbaik pada kadar *Saccharomyces cerevisiae* 10%, waktu fermentasi 6 hari dan kadar etanol 7-11%. Kualitas etanol setelah dilakukan distilasi diperoleh kadar etanol 95%.

#### Ucapan Terima Kasih

Kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional (DP2M Ditjen Dikti) dalam Hibah Bersaing 2009, yang telah mendanai penelitian ini.

**Daftar Pustaka**

Buckle, K. A., *Ilmu Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta, 1985.

Dwijoseputro, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Djambatan, Malang, 1982.

Fieser, L. F.; Fieser, M., *Pengantar Kimia Organik*, Dhiwantara, Bandung, 1963.

Groggins, P. H., *Unit Process in Organic Synthetic*, Fifth edition, Mc. Graw Hill, Kogakasha, 1985.

Ilroy, R. J., *Pengantar Budidaya Padang Rumpun Tropika*, 1990.

Judoamidjojo, M., *Teknologi Fermentasi*, Rajawali Press, Jakarta, 1992.

Sardjoko, *Bioteknologi*, Gramedia, Jakarta, 1991.

Sari, N. K., *Pemisahan Sistem Biner Etanol-Air Dan Sistem Ternern ABE Dengan Distilasi Batch Sederhana*, Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, 2007, Vol. 6(5).

Sari, N. K.; Kuswandi; Nonot, S.; Renanto, H., *Komparasi Peta Kurva Residu Sistem Ternern ABE Dengan Metanol-Etanol-1-Propanol*, Jurnal REAKTOR, 2006, Vol. 13(2).

Soebijanto, T., *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*, Gramedia, Jakarta, 1986.