

# PEMBUATAN BIOETHANOL DARI NIRA SIWALAN SECARA FERMENTASI FESE CAIR MENGGUNAKAN FERMIPAN

**Agustinus Eka P dan Amran Halim**

Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang Semarang 50239, ☎ (024)7460058

Pembimbing : Ir. Sumarno, M. Si  
loyola1234567@yahoo.com ,axl\_amran@yahoo.com

## Abstrak

*Dewasa ini pasokan minyak dunia sudah semakin berkurang, karena kebutuhan minyak bumi yang semakin meningkat sedangkan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Untuk itu diperlukan suatu alternatif untuk mencari pengganti sumber energi tersebut. Negeri ini dikenal memiliki kekayaan alam yang melimpah. Salah satunya adalah nira siwalan yang dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioethanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui yield maksimum, waktu optimum dan persen starter optimum fermentasi nira siwalan menjadi ethanol dengan skala laboratorium. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah yield yang diperoleh adalah 48,6 % pada hari ke-4 dengan persen starter 15 %. Yield yang diperoleh belum memenuhi persyaratan hasil ethanol yang baik sebagai alternatif bahan bakar. Oleh karena itu, untuk mendapatkan bioethanol yang sesuai standar, disarankan untuk melakukan prosedur penyimpanan bahan baku dengan baik, jangan biarkan nira siwalan terbuka bebas sehingga terkontaminasi mikroba lain.*

**Kata kunci:** *bioethanol, nira siwalan, yield maksimum*

## Pendahuluan

Semenjak kedaulatan sebagai sebuah negara-bangsa di dunia diakui sampai dengan kondisi terbaru, pemenuhan permintaan energi di Indonesia tetaplah mengandalkan pada sumber daya energi non-hayati yaitu bahan bakar fosil yang sebagian besar disuplai oleh minyak bumi. Kondisi ini tidaklah aneh mengingat Indonesia dikenal luas sebagai salah satu eksportir minyak bumi sehingga masyarakat sangat lazim menggantungkan pemenuhan kebutuhannya pada minyak bumi. Namun melihat kecenderungan yang ada, diperkirakan ketergantungan terhadap jenis bahan bakar tersebut akan semakin besar. Padahal cadangan minyak bumi Indonesia semakin terbatas sehingga suatu saat tak akan sanggup memenuhi permintaan pasar domestik. Namun dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, mengingat kekayaan alam Indonesia yang berlimpah maka dapat kita manfaatkan. Salah satunya adalah pemanfaatan nira siwalan sebagai bahan pembuatan bioethanol yang nantinya bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar, baik murni atau dicampur dengan bahan bakar premium. Pada awalnya berbasis bahan tetes tebu, namun semakin berkembang memanfaatkan bahan singkong, sorgum, nira aren, sampai nira siwalan. Maka untuk mengantisipasi banyaknya permintaan bahan bakar sedangkan kemampuan produksi minyak fosil semakin berkurang dan untuk memenuhi pasar minyak domestik Indonesia, maka ada lebih baiknya juga kita mengkaji perkembangan bioethanol dari bahan baku nira siwalan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan yield maksimum, waktu optimum fermentasi dan persen starter optimum pada proses pembuatan bioethanol dari nira siwalan.

## Teori

Nira merupakan cairan manis yang terdapat di dalam bunga tanaman aren, kelapa dan lontar yang pucuknya belum membuka dan diperoleh dengan cara penyadapan.

Pada umumnya masyarakat memanfaatkan nira aren dan nira kelapa untuk pembuatan gula merah dan gula semut, selain itu dapat digunakan sebagai minuman segar baik dari niranya langsung maupun nira yang dibuat sirup.

Adapun nira yang biasa dideras dari berbagai jenis palma (*Arenga pinnata*, *Borassus flabellifer*, *Cocos nucifera* and *Nypa fruticans*) kandungan total sugarnya berkisar 10-20%. Apabila dibudidayakan dengan baik, akan sangat potensial dimanfaatkan untuk pembuatan ethanol, karena produktifitasnya bisa mencapai 20 ton gula per hektar per tahun (Dalibard, 1997). Pengolahannya untuk bahan baku bioethanol akan diperoleh 8,8 ton atau setara 11.000 liter Fuel Grade Ethanol per hektar per tahun.

Komposisi nira dari berbagai tanaman palmae seperti pada Tabel 2.

| Jenis Tanaman | Kadar Air | Kadar gula | Kadar Protein | Kadar Lemak | Kadar Abu |
|---------------|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|
| Aren 1        | 88,85     | 10,02      | 0,23          | 0,02        | 0,03      |
| Aren 2        | 87,66     | 12,04      | 0,36          | 0,02        | 0,21      |
| siwalan       | 87,78     | 10,96      | 0,28          | 0,02        | 0,10      |
| Nipah         | 86,30     | 12,23      | 0,21          | 0,02        | 0,43      |
| Kelapa 1      | 87,78     | 10,88      | 0,21          | 0,17        | 0,37      |
| Kelapa 2      | 88,40     | 10,27      | 0,41          | 0,17        | 0,38      |

Tabel 2 Komposisi Nira berbagai Tanaman Palmae (%)

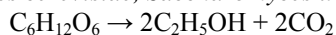
Sumber: Anonim (1981)

Kerusakan Nira ditandai oleh penurunan pH disebabkan adanya perombakan gula menjadi asam organik oleh mikroba seperti khamir (*Saccharomyces sp.*) serta bakteri *Acetobacter sp.* Nira sangat mudah terkontaminasi karena mengandung nutrisi yang lengkap seperti gula, protein, lemak dan mineral yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroba.

Pertumbuhan khamir optimal pada pH 4,0-4,5 (Fardiaz, 1992). Khamir tumbuh dengan baik pada suasana aerob namun untuk khamir fermentatif dapat tumbuh pada suasana anaerob (Jutono dkk, 1972). Menurut Said (1987) kadar gula yang optimal untuk pertumbuhan khamir adalah 10%, tapi kadar gula yang optimal untuk permulaan fermentasi adalah 16%.

Ethanol atau etil alkohol  $C_2H_5OH$ , merupakan cairan yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzene, dan semua pelarut organik, serta memiliki bau khas alkohol. Sifat-sifat kimia dan fisis ethanol sangat tergantung pada gugus hidroksil. Pada tekanan  $> 0,114$  bar (11,5 kPa) ethanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop (larutan yang mendidih seperti campuran murni; komposisi uap dan cairan sama)

Salah satu pembuatan ethanol yang paling terkenal adalah fermentasi. Bahan mentahnya adalah karbohidrat yang langsung dapat difermentasi. Ragi yang sering digunakan dalam industri fermentasi ethanol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*. Reaksinya adalah :



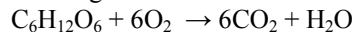
Ethanol banyak digunakan sebagai pelarut, germisida, minuman, bahan anti beku, bahan bakar, dan senyawa antara untuk sintesis senyawa-senyawa organik lainnya. Ethanol sebagai pelarut banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetika, dan resin maupun laboratorium. . Etanol dapat dicampur dengan bensin dalam kuantitas yang bervariasi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak bumi, dan juga untuk mengurangi polusi udara. Bahan bakar tersebut dikenal di AS sebagai gasohol dan di Brasil sebagai bensin tipe C. Dua campuran umum di AS adalah E10 dan E85 yang mengandung 10% dan 85% etanol. Sedangkan campuran yang umum di Brasil adalah bensin tipe C dan jenis oktan tinggi, yang mengandung 20-25% ethanol.

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

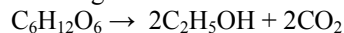
Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi.

Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas yeast. Proses fermentasi adalah anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol, tetapi dalam pembuatan starter dibutuhkan suasana aerob dimana oksigen diperlukan untuk pembiakan sel. Reaksinya adalah sebagai berikut :

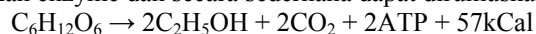
- a. pemecahan glukosa dalam suasana aerob



- b. Pemecahan glukosa secara anaerob



Proses pemecahan glukosa dengan bantuan yeast termasuk salah satu proses enzimatik karena yeast ini menghasilkan enzyme dan secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut :



Bila biakan yang digunakan terlalu muda atau waktu inkubasi terlalu singkat, ada kemungkinan biakan tersebut masih dalam fase adaptasi, sehingga pertumbuhan belum optimal, tetapi apabila waktu inkubasi terlalu lama kemungkinan biakan telah mencapai fase stasioner, oleh karena itu biakan yang paling baik berada pada fase log yaitu fase pertumbuhan yang paling optimal.

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki 2 mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga di peroleh dari respirasi aerob dan jika tidak ada udara tenaga di peroleh dari respirasi anaerob. Tenaga yang diperoleh dari respirasi aerob digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah alkohol.

Ditinjau dari segi efisiensi penggunaan tenaga, ternyata kondisi aerob memberikan suasana lebih menguntungkan dalam usaha memperbanyak jumlah yeast di bandingkan kondisi anaerob. Dalam fermentasi alkohol, mikroba yang di pakai adalah:

- *Saccharomyces cerevisiae*
- *Saccharomyces anamensis*
- *C. schizosaccharomyces pourlee*

Syarat-syarat yeast yang dapat dipakai dalam proses fermentasi adalah:

1. Mempunyai kemampuan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat dalam substrat yang sesuai
2. Dapat menghasilkan enzim dengan cepat untuk mengubah glukosa menjadi alkohol
3. Mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltose
4. Mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi
5. Tahan terhadap mikroba lain

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fermentasi

1. Kadar gula

Bahan dengan konsentrasi gula tinggi mempunyai efek negatif pada yeast, baik pada pertumbuhan maupun aktivitas fermentasinya. Kadar glukosa yang baik berkisar 10 - 18%. Apabila terlalu pekat, aktivitas enzim akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lambat disamping itu terdapat sisa gula yang tidak dapat terpakai dan jika terlalu encer maka hasilnya berkadar alkohol rendah.

2. Nilai keasaman

*Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh baik pada range 3 - 6, namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya pH yang paling optimum pada 4,3 - 4,7. pada pH yang lebih tinggi, adaptasi yeast lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, tetapi ternyata pengaruh juga pada pembentukan produk samping sebagai contoh, pada pH tinggi, konsentrasi gliserin meningkat juga. Secara mikrobiologi kondisi asam inilah yang menyebabkan terjadinya selektivitas populasi mikroba pada sari buah, didukung dengan proses sulfatasi yang ditujukan untuk mengurangi populasi bakteri asam asetat dan bakteri asam laktat serta berbagai jenis yeast yang tidak dikehendaki sebelum proses fermentasi memungkinkan proses fermentasi dapat berlangsung dengan baik.

3. Temperatur

Suhu berpengaruh terhadap proses fermentasi melalui dua hal secara langsung mempengaruhi aktivitas enzim khamir dan secara langsung mempengaruhi hasil alkohol karena adanya penguapan. seperti proses biologis (enzimatik) yang lain, kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan suhu yang optimum umumnya 27 - 32°C. Pada 27°C etanol hilang menguap 0,83%, pada 32°C sebesar 1,66%. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai temperature maksimal sekitar 40 - 50°C dengan temperatur minimum 0°C. Pada interval 15-30 °C fermentasi mengikuti pola bahwa semakin tinggi suhu, fermentasi makin cepat berlangsung.

4. Nutrient

Nutrient diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan yeast. Nutrient yang diperlukan misalnya : garam ammonium( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dan garam phosphate (pupuk TSP).

5. Aerasi

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan yeast tapi tidak diperlukan dalam proses alkohol, karena proses fermentasi alkohol bersifat anaerob.

6. Waktu

Waktu fermentasi pada umumnya sekitar 7 hari atau lebih tergantung kadar gula, suhu, dan faktor-faktor lain.

*Saccharomyces cerevisiae* adalah yeast yang berkembangbiak secara pembelahan (budding). Morfologinya berupa sel oval dengan panjang 10  $\mu\text{m}$ , dan lebar 5  $\mu\text{m}$ . Yeast ini dikenal sebagai beaker yeast dan brewer yeast karena memfermentasikan gula menjadi alkohol dan karbondioksida.

*Saccharomyces cerevisiae* dipakai pertama kali untuk membuat roti oleh seorang Inggris pada tahun 1972. Kemudian penggunaannya berkembang untuk membuat bir dan beverage malt, dari larutan yang mengandung yeast propagator. Selama proses, gula maupun nutrient ditambahkan sedikit demi sedikit dengan teratur. Nutrient yang paling menentukan terhadap hasil yeast adalah senyawa nitrogen terutama dalam bentuk  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dimasukkan agar pH medium tetap. Kalau proses hampir selesai penambahan senyawa nitrogen dikurangi bahkan dihentikan pada fase terakhir agar zat-zat gula akan diubah menjadi bahan makanan cadangan.

### Pengembangbiakan *Saccharomyces cerevisiae*

Produksi antibakteri melalui proses fermentasi dapat menggunakan sel utuh (*whole cells*) atau menggunakan sel amobil (*Immobilized cells*). Amobilisasi sel didefinisikan sebagai suatu metoda untuk menjebak atau menempatkan sel mikroba secara fisik pada suatu ruang tertentu dan pada kondisi ini sel masih memiliki

aktivitas, serta dapat dipergunakan secara kontinyu dan berulang kali. Implementasi sel amobil banyak dimanfaatkan baik di bidang industri obat antara lain untuk produksi antibiotika, enzim maupun industri makanan.

Teknik amobilisasi sel dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu ikatan dengan *carrier*, ikatan silang dan metoda pengebakan. Metoda yang terakhir ini biasanya dilakukan dalam matrik polimer dan merupakan metoda yang paling sering dipelajari untuk dikembangkan. Adapun polimer yang dapat digunakan adalah kolagen, gelatin, selulosa triasetat, alginat, *karrageenan*, agar, poliakrilamid, dan polistiren untuk menghasilkan sel amobil dalam bentuk manik-manik, kubus atau lembaran. Metoda pengebakan dengan matrik alginat lebih sering digunakan, karena sederhana dalam pelaksanaannya, dapat mempertahankan viabilitas dan aktivitas sel amobil, tidak beracun serta murah dan mudah didapat.

### Percobaan

Bahan baku yang digunakan adalah nira siwalan. Nira siwalan untuk percobaan diperoleh dengan cara membelinya di pasar. Mikroba yang digunakan adalah Fermipan yang di dalamnya sudah mengandung *Saccaromyces*. Bahan lain adalah aquadest.

Percobaan yang dilakukan dengan menggunakan skala laboratorium dengan basis nira siwalan (substrat) sebanyak 200 ml setiap run. Sedangkan pembuatan starter yaitu 100 ml nira siwalan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer kemudian dipasteurisasi dan diatur pH nya 4. Timbang 2 gr Fermipan kemudian larutkan dalam 20 ml aquadest. Tambahkan larutan fermipan tadi ke dalam nira siwalan yang sudah dipasteurisasi dengan pH 4. Campuran diaerasi selama selama 2 hari. Setelah 2 hari, masukkan substrat ke 3 labu Erlenmeyer masing-masing 200 ml. Masukkan starter yang sudah diaerasi selama 2 hari ke dalam masing-masing substrat dengan kadar starter masing-masing 5%, 10% dan 15% pada temperatur kamar. Tutup rapat masing-masing Erlenmeyer dengan aluminium foil supaya tidak ada kontaminan yang bisa mengganggu fermentasi. Fermentasi substrat tersebut 3-5 hari. Analisa kadar ethanol masing-masing sampel setiap harinya.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil Percobaan

a. Tabel hasil analisa GC

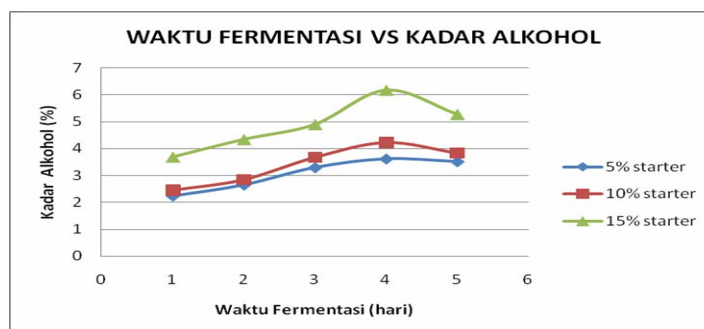
| % starter | Kadar Alkohol hari ke- (%) |      |      |      |      |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|
|           | 1                          | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 5         | 2,24                       | 2,65 | 3,29 | 3,61 | 3,51 |
| 10        | 2,45                       | 2,84 | 3,67 | 4,22 | 3,83 |
| 15        | 3,67                       | 4,33 | 4,89 | 6,17 | 5,27 |

b. Tabel Yield yang diperoleh pada hari optimum fermentasi

| % starter | Yield pada hari ke – 4 (%) |
|-----------|----------------------------|
| 5         | 25,9                       |
| 10        | 31,8                       |
| 15        | 48,6                       |

Pembahasan

a. Waktu Optimum Fermentasi

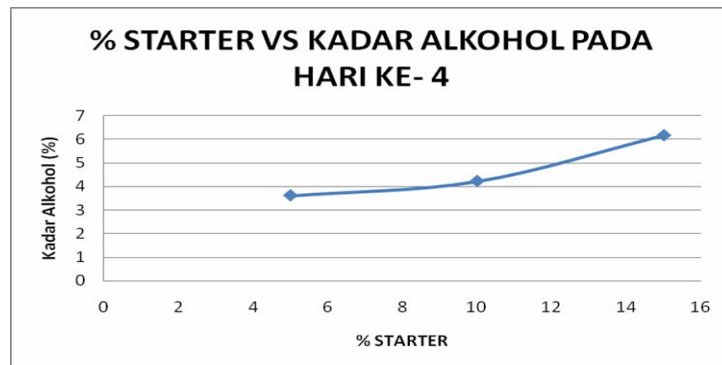


Grafik hubungan waktu fermentasi vs kadar alkohol

Dari grafik di atas didapatkan hasil bahwa dari hari ke-1 sampai hari ke-4 kadar etanol semakin besar sedangkan pada hari ke-5 kita lihat kadar etanolnya turun. Maka kita mengambil kesimpulan bahwa waktu optimum fermentasi gula dalam nira siwalan menjadi etanol adalah pada hari ke-4 (4 X 24 jam).

b. Jumlah %Starter Optimum Fermentasi

Dengan memperhatikan grafik persen starter vs kadar alkohol yang diambil pada hari ke-4, kita dapat melihat persen optimum berapa didapat kadar etanol maks.



Gambar grafik %starter vs kadar lkohol

Dari grafik di atas dapat kita ambil kesimpulan, bahwa semakin banyak persen starter maka kadar etanol yang didapatkan semakin besar juga. Dalam hal ini persen starter berbanding lurus dengan kadar etanol yang didapatkan. Hal ini terjadi karena semakin banyak persen starter dicampurkan ke dalam substrat, maka jumlah ragi (*saccaromycess*) juga semakin banyak, dimana ragi ini mengubah glukosa pada nira siwalan menjadi etanol. Semakin banyak ragi yang hidup dan mengubah glukosa, maka persen etanol yang diubah dari glukosa tadi akan semakin banyak juga.

### Kesimpulan

1. Waktu optimum fermentasi adalah pada hari ke-4
2. Persen starter optimum fermentasi adalah 15 % (dengan variabel 5%, 10% dan 15%)
3. Kadar etanol maksimum yang diperoleh adalah 6,17 % dengan konversi sebesar 94,5% yaitu pada hari ke-4 untuk starter 15 %
4. Kadar etanol maksimum yang diperoleh adalah 6,17 % dengan yield sebesar 48,6 %, yaitu pada hari ke-4 untuk starter 15 %

### Daftar Pustaka

- Dwiari, S. R. 2008. Teknologi Pangan. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Saono, S., R.R. Hull & B. Dhamcharee. 1986 A Concise Handbook of Indigenous Fermented Foods in the ASCA Countries . Indonesian Institute of Sciences, Jakarta, Indonesia.
- Susono, S., I. Gandjar, T. Basuki & H. Karsono. 1974. Mycoflora of ragi and some other traditional fermented foods from Indonesia .Annales Bogorienses V: 187-204.