

# FERMENTASI NIRA SORGUM MANIS MENJADI ETANOL (ALCOHOLIC FERMENTATION OF SWEET SORGHUM JUICE)

Aris Toharisman dan Hendro Santoso

Pusat Penelitian Gula Indonesia (P3GI),  
Jl. Pahlawan 25, Pasuruan 67126

## ABSTRACT

*Sweet sorghum juice about 11-16% of total sugar, and so it could be potentially fermented to produce ethanol. The concentrated juices were used as media for ethanol production in batch culture using *Saccharomyces cerevisiae* R5 at 30°C and pH 4.5. The ethanol yield (Yp/s) and volumetric productivity during 48 hours of fermentation time with 20.08%(x/v) initial sugar contents were 0.44 g.g-1 and 0.18 g.l-1.h-1, respectively.*

**Keywords :** Alcoholic fermentation, sweet sorghum juices, cane molasses, *S. cerevisiae*, and batch culture.

## ABSTRAK

*Nira batang sorgum manis mengandung gula total antara 11-16% sehingga berpotensi untuk difermentasikan menjadi etanol. Nira sorgum yang dipekatkan telah difermentasikan menjadi etanol dalam sistem batch-culture menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* R5 pada suhu 30°C dan pH 4.5. Hasil (Yp/s) dan produktivitas etanol yang diperoleh selama 48 jam fermentasi dengan kadar gula awal 20.08% (w/v) masing-masing adalah 0.44 g.g-1 dan 0.18 l-1.jam-1.*

**Kata kunci :** Fermentasi etanol, nira sorgum manis, tetes, *S. cerevisiae*, dan kultur batch.

## PENDAHULUAN

Konversi lahan-lahan tebu ke non tebu, industrialisasi dan pemukiman menyebabkan berkurangnya pasokan tebu, sehingga beberapa pabrik gula (PG) di Jawa telah ditutup dan sebagian melakukan amalgamasi yaitu dengan menggabungkan 2 PG yang berdekatan. Dalam kurun 5 tahun terakhir, produksi tebu berkurang rata-rata 1% per tahun (Mochtar dkk, 1997). Penurunan ini diikuti pula oleh penurunan jumlah tetes yang dihasilkan.

Tetes *molase* merupakan sisa-sisa gula yang tidak terkristalkan dan dihasilkan sekitar 4.3% dari bahan yang digiling. Hampir semua yang dihasilkan diserap 4.3% dari berat tebu yang giling. Hampir semua tetes yang dihasilkan diserap oleh berbagai industri fermentasi misalnya monosodium glutamat, asam asetat, alkohol, spirtus, dan pakan ternak (Kurniawan, 1997) dengan laju kenaikan konsumsi sekitar 3% pertahun. Ketidakseimbangan antara laju konsumsi dan produksi tetes mengarah kepada kekurangan pasokan, sehingga perlu dicari bahan pengganti tetes bagi industri fermentasi.

Sejak tahun 1970-an perhatian terhadap pemanfaatan sorgum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) sebagai alternatif bahan baku industri fermentasi meningkat pesat (Purnomo dan Sumantri, 1996). Sorgum tumbuh baik pada daerah-daerah beriklim kering seperti di wilayah Indonesia timur. Uji coba penanaman sorgum di Madura dan NTT dilakukan tahun 1993-1997 dengan produksi batang mencapai 20 ton/ha atau setara dengan 1.2 ton gula merah atau 2 ton nira kental. Menurut Sumantri (1996) hasil tersebut memberikan pendapatan relatif lebih tinggi daripada hasil tanaman pangan lainnya.

Kadar sukrosa, gula reduksi dan TSAI (total sugar as inverts) nira sorgum hampir sama dengan nira tebu (Sumantri, 1996). Nira sorgum pada kepekatan 16° brix (bx) mengandung sekitar 12.2 persen sukrosa dan 2.1 persen gula pereduksi. Sebagai pembandingan, kandungan sukrosa dan gula pereduksi pada nira tebu dengan 15.5° Bx masing-masing sekitar 13 dan 1% (Tabel 1). Akan tetapi, karena kandungan amilum dalam nira sorgum relatif tinggi, maka sukrosanya yang ada tidak mudah dikristalkan (Paton, 1974; Purnomo, 1994, 1996). Kristalisasi sukrosa dari nira sorgum harus didahului proses pemisahan/penguraian amilum baik secara kimiawi maupun enzimatis dengan biaya cukup tinggi.

Nira sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi etanol. Pada kepekatan yang sama, kadar TSAI nira sorgum dan tetes hampir sama, sementara kadar sukrosanya hampir 1.9 kali lebih banyak dibanding tetes (Sumantri, 1996).

**Tabel 1.** Perbandingan kualitas nira sorgum, nira tebu dan tetes

Parameter	Nira Sorgum Encer*)	Nira Sorgum Kental*)	Nira Tebu*)	Tetes**)
Brix,°Bx	16.00	68.55	15.50	89.26
Sukrosa	12.20	46.90	13.00	29.26
Gula pereduksi,%	2.10	7.80	1.00	25.92
TSAI,%	13.50	53.20	14.00	62.10
Amilum,ppm	986.50	95.00	48.25	-
Abu, %	1.43	4.80	0.55	10.44
TSAI/Abu	9.44	11.08	25.45	5.95

\*) Disarikan dari data Sumantri (1996)

\*\*) Hasil penelitian

Namun demikian, karena kadar gula awal pada nira sorgum encer umumnya kurang dari 18%, maka secara teoritis maksimum produksi etanol hanya 9.18%. Pengambilan atau pemisahan etanol berkonsentrasi rendah dari substrat fermentasi memerlukan banyak energi dan dirasakan kurang ekonomis (Paturau, 1989; Toharisman dan Santoso, 1997).

Penelitian ini mencoba mengkaji penggunaan nira sorgum yang telah dipekatkan sehingga kadar gulanya meningkat sebagai media fermentasi etanol dengan menggunakan *S. cerevisiae*.

## BAHAN DAN METODA

### Bahan

Nira sorgum manis kental varietas Rio diperoleh dari *Experimental Plant*, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan. Nira diperah dari batang dan dikentalkan dengan sistem wajan masak tertutup (closed pan) pada tekanan 56 cm Hg, suhu didih nira 70°C selama 60 menit, sehingga kadar brix meningkat dari 15° menjadi 70°C. Pemekatan nira sorgum hingga 70°Bx diperlukan untuk mengawetkan nira yang disimpan. *Sacharomyces cerevisiae* strain R5 yang digunakan dalam fermentasi etanol merupakan koleksi p3GI. Bahan-bahan kimia yang dipakai berkualitas pure analytical grade produksi Merek dan Sigma.

### Fermentasi

Agar miring Potato Dextrose Agar (PDA) dengan pH 4.5 dipakai untuk mengkulturkan *S. cerevisiae*. Fermentasi dilakukan dengan sistem batch dengan menggunakan Erlenmeyer ukuran 3 L tanpa aerasi pada suhu kamar (30°C), pH 4,5 dan volume media 1950 ml. Media fermentasi (MF) yang digunakan terdiri atas nira kental sorgum yang diencerkan hingga kepekatan 30°Bx.

*S. cerevisiae* dikulturkan setiap 2 minggu pada PDA miring. Media Adaptasi A (AA) pada kepekatan nira 10°Bx yang ditambah 1 g  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$  dan 5 g urea per liter media digunakan untuk memperbanyak jumlah sel ragi. Sedangkan adaptasi berikutnya dilakukan dalam Media Adaptasi B (AB) pada kepekatan nira 15°Bx dengan tambahan 1.5g  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$  dan 7.5 g urea per liter media. Media disentralisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Satu loop sel *S. cerevisiae* dari agar miring dipindahkan ke dalam 150 ml AA dalam Erlenmeyer 125 mL dan diinkubasi dalam shaker selama 24 jam pada suhu 30°C dengan kecepatan agitasi 140rpm. Kultur tersebut dipindahkan ke dalam 300 ml AB dan diinkubasi selama 12 jam tanpa agitasi dan aerasi. Biak AB (450 ml) kemudian digunakan sebagai inokulan dan dimasukkan ke dalam 1.5 L MF. Fermentasi diulang sebanyak 3 kali.

### Analisa

Kadar gula reduksi dan gula total (TSAI) diukur dengan metoda Luff Schoorl (iodimetri), sedangkan derajat brix ditetapkan dengan refraktometer (ICUMSA, 1994).

Contoh fermentasi diambil setiap 6 jam, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 5 menit. Supernatan di gunakan untuk analisa etanol, glukosa dan sukrosa. Kadar sukrosa ditentukan dengan menggunakan polarimeter (ICUMSA, 1994). Etanol dianalisa dengan memakai alkohol meter (UNALCO, 1975). Berat kering sel ragi ditentukan berdasarkan metoda penimbangan kultur

fermentasi setelah dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam. Pengukuran pH dilakukan dengan memakai pH meter digital dan pengukuran absorbansi sel dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer Spectronic 21.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada **Tabel 2** disajikan hasil fermentasi pada media nira batang sorgum manis. Sebagai pembanding, disajikan pula data kepustakaan (Toharisman, 1998) yang diperoleh dari fermentasi tetes pada brix 28.6° dengan kadar TSAI awal sekitar 20.08% yang dilakukan dengan prosedur dan kondisi yang serupa dengan fermentasi nira sorgum. Hasil etanol yang diperoleh dari nira sorgum sekitar 0.44 g etanol per gram TSAI atau sekitar 86.27% dari nilai teoritis yang dapat dicapai. Bila dibandingkan dengan tetes, maka hasil etanol tersebut 8% lebih rendah. Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi gula pada nira sorgum lebih lama dibanding tetes. Fermentasi nira sorgum dengan kadar gula awal sekitar 22.05% memerlukan waktu 48 jam, sementara dengan tetes hanya perlu 36 jam (**Gambar 1**). Akibatnya produktivitas etanol yang dinyatakan dalam g etanol/liter media/jam pada media nira sorgum hanya 67% dari produktivitas yang diperoleh pada media tetes. Pada **Tabel 2** terlihat bahwa hasil biomasa pada kedua media tersebut nilainya hampir sama.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini masih lebih rendah daripada hasil yang diperoleh Kurniawan (1982) yang menggunakan *S. uvarum* dan hasil Hashikawa (1994) yang menggunakan *S. cerevisiae*, dimana masing-masing memperoleh hasil etanol dalam nira sorgum sekitar 0.51 dan 0.47 g per g TSAI. Penelitian Kurniawan (1982) menunjukkan bahwa fermentasi nira sorgum menggunakan *Saccaromyces uvarum* pada kadar TSAI 10.4% menghasilkan 5.39% etanol. Hasil serupa diperoleh Hashikawa (1994) dimana fermentasi sorgum pada kadar gula awal 11.34% menghasilkan 5.38% etanol.

Rendahnya produksi etanol pada media sorgum diduga berkaitan dengan kadar amilum yang terkandung didalamnya. Sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1**, kandungan amilum nira sorgum pada kekentalan 68.55°Bx sekitar 95 ppm, sementara amilum tidak dijumpai dalam tetes. Efek dari amilum tersebut tampaknya berkaitan amilum tidak dijumpai dalam tetes. Efek dari amilum tersebut tampaknya berkaitan dengan peningkatan viskositas media sehingga mempengaruhi sintesa etanol. Hasil serupa juga diperoleh Thammarutwasik et al. (1986) dimana hasil etanol berkurang dengan bertambahnya amilum. Walaupun demikian, amilum kelihatannya tidak mempengaruhi pertumbuhan sel ragi. Hasil biomasa ( $Y_x/s$ ) dari nira sorgum relatif sama besarnya daripada hasil biomasa pada media tetes (**Tabel 2**).

Untuk mengurangi pengaruh negatif amilum, Kurniawan (1982) mencoba mencampurkan nira sorgum dengan tetes pekat sehingga kadar gula awal meningkat menjadi 16%. Fermentasi campuran tersebut menggunakan ragi *S. uvarum* dapat menghasilkan etanol sekitar 8.26% atau hampir sama

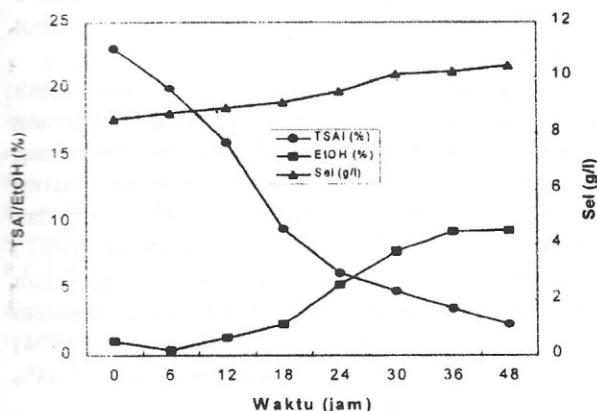
dengan etanol yang dihalakan tetes pada kadar gula yang sama.

**Tabel 2** Perbandingan hasil fermentasi etanol pada media sorgum dan tetes tebu

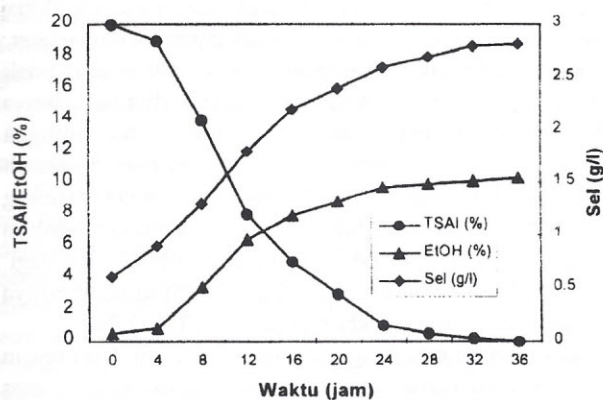
Parameter	Media Fermentasi	
	Tetes <sup>*)</sup>	Nira Sorgum <sup>**)</sup>
Waktu fermentasi (jam)	36	48
TSAI awal (%)	20.08	22.05
TSAI akhir/sisa (%)	0.00	2.29
Berat sel kering awal (g/l)	0.61	8.36
Berat sel kering akhir (g/l)	2.82	10.37
Kadar etanol awal (% w/v)	0.50	0.73
Kadar etanol akhir (% w/v)	10.23	9.40
pH awal	4.51	4.79
pH akhir	4.32	4.75
Hasil sel kering (Yx/s) (g sel/g TSAI)	0.11	0.10
Hasil etanol (Yp/s) (g etanol/g TSAI)	0.48	0.44
Laju produksi etanol, g.l-1h-1	0.27	0.18
% Hasil etanol terhadap nilai teoritis	94.12	86.27

\*) Sumber: Toharisman (1998)

\*\*) Hasil penelitian : data merupakan hasil rata-rata dari 3 kali ulangan.



(A) NIRASORGUM



Gambar 1. Konsumsi TSAI, produksi etanol dan pertumbuhan sel dalam nira sorgum manis (A) dan tetes tebu (B)

Kadar amilum dalam nira sorgum dapat diturunkan melalui pemanasan di dalam wajan masak tertutup. Sumantri (1996) melaporkan bahwa pengentalan nira sorgum dari briks 16 menjadi sekitar 69 (Tabel 1), mampu menurunkan kandungan mailum sekitar 90% dari 986,5 ppm menjadi 95 ppm. Pemanasan juga mendorong hidrolisa amilum menjadi gula-gula sederhana seperti sukrosa dan gula pereduksi lainnya, sehingga kadar

TSAI meningkat hampir 4 kali lipat. Salah satu aspek menguntungkan dengan naiknya kadar TSAI adalah meningkatnya rasio TSAI terhadap kadar abu. Dalam industri fermentasi, rasio ini dipakai untuk mengidentifikasi kualitas bahan baku. Semakin besar rasio TSAI/abu dari suatu bahan, semakin baik kualitas bahan tersebut. Oleh karena itu, bila amilum dalam nira sorgum kental bisa dihilangkan, maka penggunaan nira sorgum sebagai bahan baku fermentasi akan sangat prospektif.

Angka-angka parameter hasil fermentasi nira sorgum diatas menunjukkan bahwa penggunaan nira sorgum sebagai alternatif tetes dalam fermentasi khususnya produksi etanol masih memerlukan kajian lebih lanjut. Minimal ada 2 faktor yang membatasi hasil etanol dari nira sorgum. Pertama, kadar gula total dalam nira sorgum relatif rendah sehingga hasil etanol juga rendah. Kedua, kandungan amilum dalam nira sorgum cukup tinggi sehingga dapat menurunkan aktivitas mikroba dalam fermentasi.

Untuk mengurangi hambatan diatas, berbagai perlakuan pendahuluan seperti pemanasan atau pencampuran nira sorgum dengan tetes tampaknya dibutuhkan agar etanol yang dihasilkan meningkat. Lebih jauh, karena perlakuan untuk menghasilkan penghambat (*inhibitor*) dalam proses fermentasi nira sorgum membutuhkan biaya dan tenaga, maka aspek ekonomi juga perlu diperhatikan.

## KESIMPULAN

Nira kental batang sorgum manis dapat difermentasikan menjadi etanol dari fermentasi nira sorgum kental sekitar 86.27% dari nilai teoritis yang dapat dicapai. Rendahnya hasil etanol tersebut diduga berkaitan dengan tingginya kandungan amilum didalam nira sorgum. Beberapa perlakuan pendahuluan dibutuhkan untuk meningkatkan kadar gula awal nira sorgum serta menurunkan konsentrasi amilum. Kajian teknis dan ekonomi perlu dilakukan untuk memanfaatkan nira sorgum manis sebagai pengganti tetes dalam industri fermentasi masih diperlukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Hashikawa, K. Cultivation an utilization techniques of sweet sorghum as an energy crop. Presented paper on ISRI Seminar. 28 March, (1994).
2. ICUMSA. Report of the Proc. the 21th Session. International Commision for Uniform Methods of Sugar

- Analysis, (1994).
3. Kurniawan, Y. Alkohol dari nira sorgum batang manis dan tetes. Buletin BP3G No. 91. BP3, Pasuruan, (1982).
  4. Kurniawan, Y. Pengembangan Produk Ikutan Pabrik Gula. P3GI, Pasuruan, (1997).
  5. Mochtar, M., Martoyo dan S. Utami. Ikhtisar Angka Perusahaan Tahun Giling 1996. PsGI, Pasuruan, (1997).
  6. Paton, N.H. Observation on the occurrence and polysaccharides in sugarcane. Proc. ISSCT Congress XV. Durban, South Africa, (1974).
  7. Paturau, J.M. By-products of the Cane Sugar Industry. Elsevier, Amsterdam, (1989).
  8. Purnomo, E. Pengaruh amilum, dextran dan gula reduksi dalam nira tebu terhadap proses pengolahan gula dan hasil ikutannya. Pros. Pertemuan Teknis P3GI, (1994).
  9. Purnomo, E dan A. Sumantri. Produksi gula kristal putih menggunakan campuran nira sorgum manis dan tebu. Majalah Penelitian Gula XXXII (3-4): 29-34, (1996).
  10. Sumantri A. Prospek teknologi dan ekonomi tebu genjah dan sorgum manis dalam industri fermentasi. Berita P3GI No. 17: 3-9. PsGI, Pasuruan, (1996).
  11. Thammarutwasik, P., Y. Koba dan S. Ueda. Alcoholic fermentation of sorghum whitout cooking. Biotechnology and Bioengineering XXVIII: 1122-1125, (1986).
  12. Toharisman, A dan H. Santoso. Fermentasi etanol menggunakan fraksi gula sisa separasi sukrosa dari tetes tebu. Majalah Penelitian Gula XXXII (3-4): 34-39, (1997).
  13. Toharisman, A. Biokonversi fraksi gula reduksi menjadi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Kongres Bioteknologi Indonesia II, Univ. Muhammadiyah Malang 21-22 September, (1998).
  14. UNALCO. The Analysis of Alcohol. United Alcohol Compa ny Limited: p. 16. (1975).

### DAFTAR HARGA PROCEEDINGS, MAJALAH DAN BULETIN PUSLITBANG KIMIA TERAPAN - LIPI

No.	N a m a	Harga Jual per Eksemplar
1.	Proceedings on the first ASEAN workshop on Biochemical Engineering	Rp. 15.000,-
2.	Proceeding lokakarya pertama evaluasi biologi, kimia dan fisika limbah lignosellulosa	Rp. 10.000,-
3.	ASEAN bibliography on fermentation technology	Rp. 10.000,-
4.	Jurnal Kimia Terapan Indonesia (JKTI) Tahun: 1991 s/d 1994.	Rp. 4.000,-
5.	Jurnal Kimia Terapan Indonesia (JKTI) Tahun: 1995 s/d 1996.	Rp. 10.000,-
6.	Jurnal Kimia Terapan Indonesia (JKTI) Tahun: 1997 s/d 1998.	Rp. 20.000,-
7.	Warta Kimia Analitik (WKA) Tahun: 1991 s/d 1994	Rp. 5.000,-
8.	Warta Kimia Analitik (WKA) Tahun: 1997 s/d 1998	Rp. 25.000,-
9.	Buletin Limbah Pangan	Rp. 4.000,-

Apabila anda membutuhkan proceedings, majalah dan buletin silahkan hubungi:

**Redaksi majalah JKTI**  
**Balai Jaip, Puslitbang Kimia Terapan - LIPI**  
**Jl. Cisitu - Sangkuriang, Bandung 40135**  
**Telp. (022) 2507772, 2507769, Fax. (022) 2503240**