

## PENGARUH KONSENTRASI GULA LARUTAN MOLASES TERHADAP KADAR ETANOL PADA PROSES FERMENTASI

Agus Rochani, Susy Yuniningsih, dan Zuhdi Ma'sum

*PS. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhwana Tunggaladewi*

---

### Abstract

The imbalance between supply and fuel needs led to the impact of the energy crisis. Bioethanol is an alternative fuel that has the potential to replace fossil fuels. Bioethanol is the result of fermentation of biomass ethanol with the aid of microorganisms. This study aims to determine the ethanol content is influenced by the concentration of the solution of sugar molasses, as well as determine how much sugar concentration in the most optimal fermentation of molasses (molasses). The fermentation process varied with the concentration of 12%, 14%, 16%, 18%, 19% and 20%. To determine levels of ethanol produced, then the measurement or test the ethanol content in each variable concentrations of sugar substrate by means of pycnometer. The results showed that the concentration of the solution of sugar molasses effect on levels of ethanol produced. The highest ethanol content obtained at a concentration of 18% sugar, amounting to 13.85%. Lowest ethanol content obtained at a concentration of 12% sugar, namely 4.56%, while the sugar concentration of 14% - 18% ethanol continues to increase in a row to 6.4%, 12%, and 13.85%. Cerevisiae *Saccharomyces* fermentation activity declined at a concentration of 19% sugar and 20%, ethanol is converted decreased to 11.82% and 8.07%.

*Kata kunci : Bioethanol, molasses, fermentation*

### Pendahuluan

Krisis energi merupakan isu global yang menjadi tantangan dunia, khususnya Indonesia saat ini. Hal ini tidak terlepas dari ketergantungan masyarakat terhadap BBM (bahan bakar minyak) yang tinggi, padahal eksploitasi menimbulkan implikasi negatif yang meliputi kesenjangan antara persediaan dan permintaan, beban impor (kenaikan jumlah dan tingginya harga minyak dunia), dan pencemaran lingkungan.

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial untuk dikembangkan. Bahan bakar bioetanol dianggap lebih ramah

lingkungan karena CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh hasil buangan mesin akan diserap oleh tanaman, selanjutnya tanaman tersebut digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar mesin, dan seterusnya (Millan, 1997). Permintaan nasional terhadap bioetanol tergolong cukup besar. Hal ini dikarenakan bioetanol merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bioetanol selain sebagai bahan bakar, dimanfaatkan sebagai bahan baku industri atau senyawa kimia lain, bahan pelarut industri dan desinfektan.

Molases memiliki kandungan senyawa gula yang tinggi, berkisar antara 50 – 65 %. Senyawa gula merupakan komponen dasar yang kemudian dikonversi khamir menjadi etanol. Fermentasi dari senyawa pati maupun selulosa harus dikenakan perlakuan pendahuluan terlebih dahulu untuk mendapatkan senyawa gula sehingga tidak efisien, berbeda dengan senyawa gula dalam molases yang langsung dikonversi menjadi etanol. Potensi molases di Indonesia cukup besar.

Efektivitas proses fermentasi merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan kadar etanol optimal. Tinggi rendahnya kadar etanol ditentukan salah satunya oleh kadar gula dalam substrat. Senyawa gula merupakan sumber karbon yang diperlukan sebagai energi khamir, sehingga etanol yang terbentuk sebagai hasil aktivitas khamir tergantung pada persediaan sumber energi tersebut. Semakin besar angka total gula dalam suatu bahan akan menguntungkan industri fermentasi (Kuswuri, 2009).

Penelitian fermentasi etanol dari jerami nangka menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, melaporkan bahwa setiap variabel kadar gula total menghasilkan kadar etanol yang bervariasi (Firmaningtyas, 2005). Penelitian lain menyebutkan optimasi produksi etanol, termasuk optimasi konsentrasi gula, dinyatakan bahwa hubungan konsentrasi gula dan kadar etanol tidak selalu linear. Kadar etanol optimal justru diperoleh bukan dari konsentrasi gula tertingginya melainkan pada variabel 300 g/l (Perisamy *et al*, 2009). Berdasarkan latar belakang tersebut maka penting dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui konsentrasi atau kadar gula dalam medium yang optimum, yang toleran atau tidak menghambat pertumbuhan maupun aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* sekaligus menghasilkan kadar etanol yang

maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi gula larutan molases terhadap kadar etanol dan konsentrasi gula larutan molases yang optimal dalam konversi etanol.

#### *Gula*

Gula secara kimiawi merupakan senyawa karbohidrat golongan monosakarida dan disakarida. Gula mengandung unsur-unsur karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Gula merupakan kelompok nutrisi dan sumber energi. Gula diproduksi melalui proses fotosintesis yang terjadi pada daun tanaman yang berklorofil, kemudian terjadi interaksi antara karbon dioksida dengan air di dalam sel berklorofil, terjadi pada siang hari, sehingga menghasilkan senyawa monosakarida.

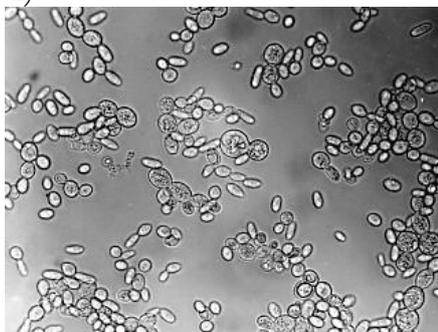
#### *Tetes tebu (molases)*

Molases atau tetes tebu merupakan hasil samping (*by product*) pada proses pembuatan gula. Molases berwujud cairan kental yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Molases mengandung sebagian besar gula, asam amino dan mineral. Sukrosa yang terdapat dalam tetes bervariasi antara 25 – 40 %, dan kadar gula reduksinya 12 – 35 %. Komposisi tetes tebu dapat dilihat pada tabel 1. Tebu yang belum masak biasanya memiliki kadar gula reduksi tetes lebih besar daripada tebu yang sudah masak. Komposisi yang penting dalam molases adalah TSAI (Total Sugar as Inverti) yaitu gabungan dari sukrosa dan gula reduksi. Molases memiliki kadar TSAI antara 50 – 65 %. Angka TSAI ini sangat penting bagi industri fermentasi karena semakin besar TSAI akan semakin menguntungkan. (Kuswuri, 2009)

#### *Khamir Saccharomyces cerevisiae*

Khamir (*ragi*) merupakan mikroorganisme yang bersel tunggal dengan panjang 1-5  $\mu\text{m}$  sampai 20-50

$\mu\text{m}$ , dan lebar 1-10  $\mu\text{m}$ . Bentuk sel khamir bermacam-macam, yaitu bulat, oval, slinder, ogival yaitu bulat panjang dengan salah satu ujung runcing, segitiga melengkung (triangular), berbentuk botol, bentuk alpukat atau lemon, membentuk pseudomiselium, dan sebagainya seperti pada gambar 2. Ukuran dan bentuk sel khamir mungkin berbeda pada kultur yang sama, karena pengaruh umur sel dan kondisi lingkungan. Sel yang muda mungkin berbeda bentuknya dari yang tua karena adanya proses ontogeni yaitu perkembangan individu sel (Fardiaz, 1992).



Gambar 2 Bentuk Sel *Saccharomyces cerevisiae* (Yalun, 2008)

#### Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena aksi katalisator-katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba hidup tertentu (Soebiyanto, 1993). Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik sesuai. Fermentasi dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan pangan tersebut (Fardiaz, 1992).

#### Fermentor

Fermentor atau bioreaktor berfungsi sebagai suatu tempat/wadah yang menyediakan lingkungan yang tepat dan

dapat dikontrol untuk pertumbuhan dan aktivitas mikroba atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Ukuran fermentor bervariasi tergantung pada seleksi proses, operasi proses, dan produk yang diharapkan, yaitu :

- 5 - 10 liter untuk skala laboratorium.
- 10 – 500 liter untuk skala percobaan.
- 500 - 400.000 liter untuk skala industri besar.

#### Etanol

Etil alkohol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), juga dikenal dengan nama alkohol, adalah suatu cairan tak berwarna dengan bau khas. Berat spesifik cairan ini pada 15 °C sebesar 0,7937. Alkohol mulai mendidih pada suhu 78,32 °C (760 mmHg). Bahan ini mudah larut dalam air dan eter. Etanol memiliki kandungan kalori sebesar 7.100 kalori/gram, dengan panas pembakaran sebesar 328 kkal (cair). Sifat fisik etanol dapat dilihat pada tabel 2 (Soebiyanto, 1993). Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian. Bahan-bahan tersebut dibagi dalam tiga golongan secara umum yaitu, bahan yang mengandung turunan gula, sebagai golongan utama antara lain molase, gula tebu, gula bit dan sari buah yang umumnya adalah sari buah anggur. Golongan kedua adalah bahan-bahan yang mengandung pati seperti biji-bijian, kentang dan tapioka. Golongan ketiga yaitu bahan mengandung selulosa seperti kayu dan limbah pertanian (Sa'id, 1987).

Tabel 2 Sifat fisik etanol

Komponen	Sifat
Massa molekul relatif	46,07 g/mol
Titik beku	-114,1 °C
Titik didih normal	78,32 °C
Densitas pada 20 °C	0,7893 g/mol
Kelarutan dalam air 20 °C	Sangat larut
Viskositas pada 20 °C	1,17 cP
Kalor spesifik pada 20 °C	0,579 kal/g °C
Kalor pembakaran pada 25 °C	7092,1 kal/g
Kalor penguapan 78,32 °C	200,6 kal/g

## Metodologi Penelitian

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Experimental Laboratories* yaitu dengan memberikan perlakuan konsentrasi gula larutan molases yang berbeda-beda pada proses fermentasi molases untuk mendapatkan kadar etanol yang optimal pada skala laboratorium.

### Variabel Penelitian

- Variabel penelitian tetap, terdiri dari:
  - Kadar gula total = 54% (TSAI) molasses
  - Temperatur proses = 32°C
  - Lama fermentasi = 72 jam
  - Ragi roti = 28 gram
  - NPK = 14 gram
  - Urea = 70 gram
- Variabel berubah : konsentrasi gula (%) (12, 14, 16, 18, 19, 20).

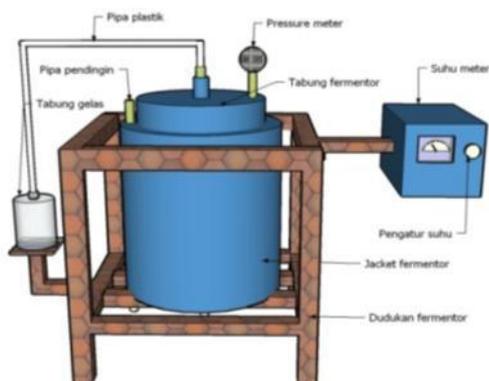
### Bahan dan alat

#### a. Bahan

Bahan berupa tetes tebu (molasses), urea, NPK, air dan ragi roti

#### b. Alat

- Alat utama yang digunakan berupa fermentor *batch* (gambar 3)



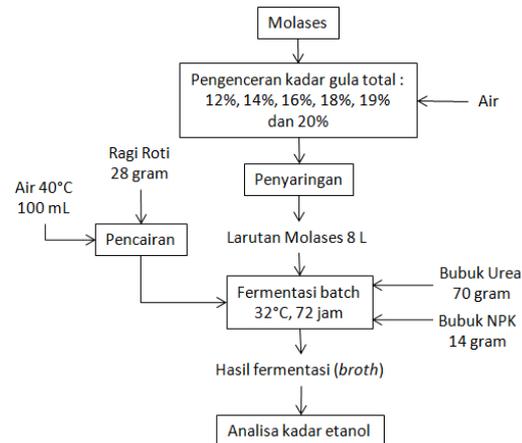
Gambar 3 Fermentor

- Alat pendukung terdiri dari, *Beaker glass*, timbangan digital, piknometer, pipet volume, gelas

ukur, baskom, gelas arloji, *beater*, *Mixer*, saringan dan pengaduk.

### Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir pelaksanaan penelitian

## Hasil dan Pembahasan

### Analisa kadar etanol setelah fermentasi

Hasil fermentasi (*broth*) yang mengandung etanol dianalisa kadarnya menggunakan alat piknometer. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel 3. Analisa kadar etanol didasarkan pada perbedaan berat jenis larutan yang kemudian dihitung menggunakan rumus berikut :

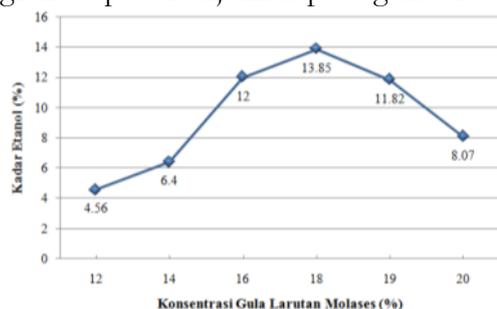
$$\text{Recovery} = \frac{\rho \text{ larutan hasil fermentasi}}{\rho \text{ larutan sebelum fermentasi}} \times 100\%$$

Kadar etanol (%) = 100% - *Recovery* (Mardoni dan Tjandrawati, 2006)

Tabel 3. Nilai kadar etanol (%) berbagai variasi konsentrasi gula larutan molases

Konsentrasi gula larutan molases	Kadar etanol
12	4,56
14	6,4
16	12
18	13,85
19	11,82
20	8,07

Variabel yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi gula total pada larutan molases, adapun konsentrasi gula total substrat yang dipilih adalah 12%, 14%, 16%, 18%, 19%, dan 20%. Proses fermentasi dijaga pada suhu 32°C selama 72 jam. Hubungan antara kadar etanol terhadap konsentrasi gula total secara grafis dapat ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 Hubungan antara konsentrasi gula larutan molases terhadap kadar etanol

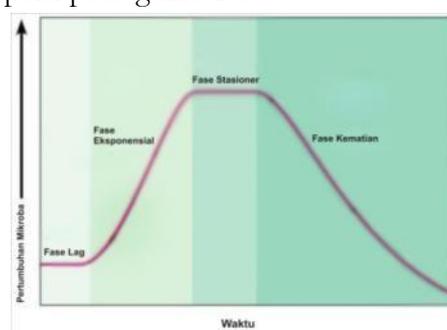
Kadar etanol pada konsentrasi gula 12% adalah 4,56%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 14% adalah 6,4%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 16% adalah 12%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 18% adalah 13,85%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 19% adalah 11,82%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 20% adalah 8,07%. Kadar etanol cenderung meningkat pada konsentrasi gula larutan molases 12% – 18% namun menurun pada konsentrasi gula larutan molases 18% - 20%.

Peningkatan kadar etanol terlihat pada konsentrasi gula larutan molases 12%-18%. Hal ini dikarenakan senyawa gula merupakan sumber nutrisi/karbon yang digunakan sebagai energi bagi aktivitas katabolis *Saccharomyces cerevisiae*, semakin banyak senyawa gula dalam substrat maka semakin besar pula senyawa disakarida yang dirombak menjadi monosakarida (glukosa) yang kemudian dikonversi menjadi senyawa etanol. Selama masih ada gula, fermentasi akan berlangsung terus dan akan berhenti bila

semua gula telah habis difermentasi. Aktivitas katabolis *Saccharomyces cerevisiae* meliputi proses enzimatik yang melibatkan enzim *invertase* dan *zymase*. Enzim *invertase* merupakan enzim yang berperan dalam pemecahan disakarida menjadi monosakarida.

Produksi etanol pada penelitian ini, mencapai titik tertinggi pada konsentrasi gula larutan molases 18% yaitu sebesar 13,85%. Hal tersebut dapat diartikan bahwa pada konsentrasi gula tersebut merupakan kondisi optimal bagi aktivitas katabolis *Saccharomyces cerevisiae*. Nilai pH awal media fermentasi sangat mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Pengadukan yang kontinyu merupakan antisipasi terhadap karakteristik *S. cerevisiae* yang hidupnya mengapung dipermukaan larutan (*top yeast*), dengan demikian khamir terdistribusi merata di dalam larutan.

Produksi etanol dari berbagai konsentrasi gula larutan molases tidak terlepas dari perkembangan konsentrasi khamir. Hal ini dikarenakan peran khamir sebagai biokatalis pada proses fermentasi. Tingkat konsumsi gula oleh khamir menentukan laju pertumbuhannya sedangkan laju pertumbuhan tersebut menentukan persentase kadar etanol yang dihasilkan. Pola perkembangan khamir pada setiap konsentrasi gula larutan molases merujuk pada kurva pertumbuhan mikroba seperti pada gambar 6.



Gambar 6 Kurva perkembangan mikroba (Jovisaputra, 2011)

Pola perkembangan khamir pada konsentrasi gula larutan molases 12-14% merupakan fase lag. Persediaan gula yang ada masih sedikit sehingga laju pertumbuhan khamir dan kadar etanol yang dihasilkan juga kecil. Pola perkembangan khamir pada konsentrasi gula 14-16% merupakan fase eksponensial. Persediaan gula yang lebih banyak meningkatkan laju pertumbuhan bakteri, bakteri membelah dengan cepat, selain itu tidak terdapat khamir yang mati dengan demikian kadar etanol yang dihasilkan juga lebih banyak dan mencapai titik maksimal. Pola perkembangan khamir pada konsentrasi gula 16-18% merupakan fase stasioner. Laju pertumbuhan dan kematian khamir relatif berimbang. Hal ini dikarenakan konsentrasi gula yang ditambahkan sudah mendekati batas toleransi khamir. Perkembangan khamir pada konsentrasi gula 18-20% merupakan fase kematian dimana pada konsentrasi gula tersebut sudah melewati batas toleransi khamir.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi gula larutan molases berpengaruh pada kadar etanol. Kadar etanol semakin meningkat pada konsentrasi gula larutan molases 12%, 14%, 16% dan 18% namun semakin menurun pada konsentrasi 19% dan 20%.
2. Konsentrasi gula larutan molases yang optimal adalah 18%, dengan kadar etanol maksimal yang dihasilkan yaitu 13,85%.

### Daftar Pustaka

- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi pangan I. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Firmaningtyas, Y, D. 2005. Pengaruh Massa dan Massa Sukrosa pada Proses Fermentasi Jerami Nangka untuk Mendapatkan Etanol. Skripsi yang tidak diterbitkan. Institut Teknologi Nasional. Malang
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W. dan Hendroko, R. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Millan, J.D. 1997. Bioetanol Production: Status dan Prospects. Renewable Eng. 10, 295-302.
- Periyasamy, S., Venkatachalam, S., ramasamy, S. and Srinivasan, V. 2009. Production of Bio-ethanol from Sugar Molasses Using *Saccharomyces cerevisiae*. Modern Applied Science Journal, Volume 3, No. 8, p. 32-37.
- Sa'id, E. G. 1987. Teknologi Fermentasi. Rajawali, Jakarta
- Soebiyanto Tjokroadikoesoemo, P. 1993. HFS dan Industri Ibu Kayu Lainnya. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta