

# PEMANFAATAN UBI KAYU (*Manihot Esculenta Crantz*) MENJADI BIOETANOL DENGAN MENKAJI PENGARUH TEMPERATUR, BERAT RAGI DAN LAMA FERMENTASI

Heni Juniar

Program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang  
Jl. Jendral Ahmad Yani, 13 Ulu, Palembang, Telp. (0711)510820, Fax. (0711)519408

## ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa) dan diproses secara biologi yaitu dengan enzimatik dan fermentasi. Kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin tinggi sampai waktu fermentasi maksimum (3 hari) karena pada hari ketiga khamir berada fase pertumbuhan logaritma, dimana khamir mengalami kecepatan pembelahan tertinggi, dan setelah waktu maksimum kadar bioetanol yang dihasilkan menurun. Kadar bioetanol maksimum yang dihasilkan pada hari ke tiga yaitu sebesar 12,15 %. Semakin tinggi suhu fermentasi, maka kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin menurun. Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan pada suhu 20 °C sebesar 12, 15 % dan terendah pada suhu 30 °C sebesar 0,40 %. Semakin besar berat ragi yang digunakan, maka akan semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Kadar bioetanol terbesar dihasilkan pada berat ragi 10 gram sebesar 12,15 %. Pada penelitian ini didapatkan kadar bioetanol tertinggi pada variabel suhu fermentasi 20 °C, waktu fermentasi 3 hari dan konsentrasi ragi sebanyak 10 gram.

**Kata Kunci :** Bioetanol, ubi kayu, fermentasi

## PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa) dan diproses secara biologi yaitu dengan enzimatik dan fermentasi.

Tabel 1. Proyeksi Penggunaan Bioetanol  
Tahun 2008 – 2012

Tahun	Jumlah Bioetanol ( Juta / Liter )
2008	1,71
2009	1,75
2010	1,78
2011	1,82
2012	1,85

Sumber : Departemen ESDM, 2008

Salah satu komoditi yang mempunyai prospek untuk dikembangkan adalah ubi kayu dikarenakan ubi kayu mengandung *security of supply*, bahan bakar kemasyarakatan dimana keberadaanya sangat melimpah di Indonesia dan produksi per tahunnya semakin meningkat Berdasarkan data pada Departemen Pertanian tahun 2006 Produksi ubi kayu mencapai 20.054.634 ton dengan luas areal

1.241.676 Ha. Sedangkan produksi pada tahun 2000 hanya mencapai 16.089.020 ton dengan luas areal 1.284.040 Ha. Hal ini menandakan bahwa produktifitas ubi kayu sangatlah tinggi.

## Sumber Bahan Baku Bioetanol

Bahan baku pembuatan bioetanol biasa didapat dari bahan sebagai berikut:

1. Bahan berpati, berupa ubi kayu, ubi jalar, tepung sagu, biji jagung, biji sorgum, gandum, kentang, gayong, garut, umbi dahlia, dan lain-lain.
2. Bahan bergula, berupa molasses (tetes tebu), nira aren (enau), nira nipah, gawang, nira lontar, dan lain-lain.
3. Bahan berselulosa, berupa limbah logging, limbah pertanian seperti jerami padi, ampas tebu, jang gel (tongkol jagung), onggok (limbah tapioca), batang pisang, serbuk gergaji, dan lain-lain.

Ubi kayu menghasilkan racun HCN. Pada ubi kayu pahit mengandung > 50 ppm ( Ciat, 1983 ). HCN pada singkong terbentuk secara enzimatik dari dua senyawa prekursor

yaitu linamirin dan mertil linamirin, bila umbi mengalami kerusakan mekanis (terpotong / tergores) atau kehilangan integritas fisiologis seperti kerusakan panen kedua senyawa tersebut akan kontak dengan udara yang akan merombaknya menjadi glukosa, aseton, dan HCN. Jika kerusakan mekanis pada umbi tidak disertai perendaman dalam air, secara perlahan akan terbentuk HCN. Bila dibandingkan dengan prekursoranya, toksisitas HCN jauh lebih kuat. Selain itu, kedua senyawa prekursor tersebut sangat mudah larut dalam air dan tidak tahan terhadap pemanasan.

Tabel 2. Sifat Fisiko- Kimia Ubi Kayu dan Tepung Ubi Kayu

Komponen	Jumlah	
	Ubi Kayu (a)	Tepung Ubi Kayu (b)
Air	62 – 65	11,5
Karbohidrat	32 – 35	83,8 <sup>*)</sup>
t	0,7 – 2,6	1,0
Protein	0,2 – 0,5	0,9
Lemak	0,8 – 1,3	2,1
Serat	0,3 – 1,3	0,7
Abu		

Sumber : a. Kay, 1973; b. Deprin, 1989

Keterangan : \*) terukur sebagai pati

Potensi ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol cukup tinggi yaitu dengan hasil panen sekitar 10 – 50 Ton/Ha/Tahun dapat menghasilkan bioetanol sebanyak 2.000 – 7.000 L/Ha/Tahun (Anonymous, 1981).

### Etanol / Alkohol

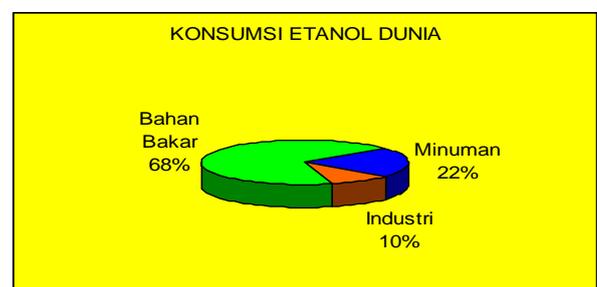
Etanol atau alkohol artinya senyawa yang mudah menguap. Alkohol berupa larutan jernih tak berwarna, beraroma khas yang dapat diterima, berfasa cair pada temperatur kamar, dan mudah terbakar. Alkohol adalah senyawa hidrokarbon, nama lain etanol ( $C_2H_5OH$ ) adalah etil alkohol. Etanol dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Etanol Sintetik sering disebut methanol atau metal alkohol atau alkohol kayu, terbuat dari etilen yang mempunyai salah satu derivat minyak bumi atau batubara.

2. Etanol yang dibuat dari rekayasa biomassa (tanaman) yang disebut dengan bioetanol dan didapat melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi).

Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade sebagai berikut :

- Grade Industri dengan kadar alkohol 90 – 94 %.
- Netral dengan kadar alkohol 96 – 99,5 %, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi.
- Grade bahan bakar dengan kadar alkohol di atas 99,5 %.



Sumber : Murdiyatmo, 2006

Kadar etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa ini berkisar 12 % - 15 % karena pada kadar lebih tinggi sel ragi tidak dapat diperoleh dengan pemekatan dengan cara destilasi. Melalui destilasi ini dapat diperoleh alkohol sampai 95,5 %. Kegunaan etanol adalah sebagai bahan baku pembuatan senyawa lain, seperti : asam sulfat, parawatan kimia. (kosmetik, farmasi, dan lain-lain), sebagai pelarut organik, dan sebagai konsumsi minuman beralkohol. Etanol berkadar 100 % dapat diperoleh dengan cara memekatkan etanol hasil destilasi dengan menggunakan zat pengikat air, misalnya CaO. Etanol berkadar 100 % disebut etanol absolut.

### Karakteristik Bioetanol

Bioetanol memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Bioetanol mengandung 35 % oksigen, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

- Bioetanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga dapat menggantikan fungsi aditif seperti metal butyl ether dan tetra ethyl lead.
- Bioetanol memiliki nilai oktan (ON) 96 – 113, sedangkan nilai oktan bensin hanya 85 – 96.
- Bioetanol mudah terurai dan aman karena tidak mencemari air.
- Bioetanol dapat diperbaharui (renewable energy) dan proses produksinya relatif sederhana dibandingkan proses produksi bensin.

Umumnya penggunaan bioetanol masih dalam bentuk campuran bensin pada konsentrasi 10 % (E -10), yaitu 10 % bioetanol dan 90 % bensin. Campuran bioetanol dalam bensin disebut gasohol. Penambahan bioetanol dalam bensin di samping dapat menambah volume BBM, juga dapat meningkatkan nilai oktan sehingga mencapai point ON 92 – 95. Selain itu, penambahan bioetanol dalam bensin dapat berfungsi sebagai pengganti MTBE (Methyl Tertiary Buthyl Ether) yang sekarang ini banyak digunakan sebagai bahan aditif dalam bensin.

**Proses Pembuatan Bioetanol**

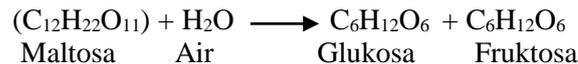
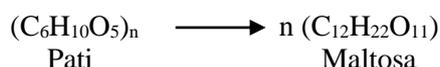
Proses dalam pembuatan bioetanol dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut :

1. Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis adalah proses konversi pati menjadi glukosa, proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu hidrolisa asam atau hidrolisa enzim. Proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa)

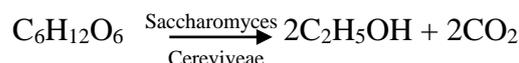
dilakukan dengan penambahan air. Enzim yang biasa digunakan pada hidrolisa enzim adalah enzim  $\alpha$ -amilase dan enzim glukoamilase, sedangkan untuk hidolisa asam biasanya digunakan asam sulfat atau asam klorida (Palmer, 1970).

Proses hidrolisa berlangsung seperti pada reaksi di bawah ini :



2. Proses Fermentasi

Proses fermentasi adalah proses konversi gula (glukosa) menjadi bioetanol dan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan yeast. Fermentasi bioetanol adalah perubahan 1mol gula menjadi 2 mol bioetanol dan 2 mol CO<sub>2</sub>. Reaksi perubahan pati menjadi alkohol pada fermentasi :



Khamir yang biasa digunakan dalam fermentasi alkohol adalah Saccharomyces Cereviceae, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12 % - 18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4 – 32 °C.

Kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya hanya mencapai 8 – 10 % saja, sehingga untuk memperoleh etanol yang berkadar tinggi diperlukan proses destilasi lebih lanjut.

3. Proses Destilasi

Destilasi adalah proses pemurnian bioetanol, destilasi dilakukan pada suhu di atas titik didih etanol murni, yaitu pada kisaran 78 – 100 °C. Produk yang dihasilkan pada tahap ini akan memiliki kemurnian yang tinggi.

Untuk memperoleh bioetanol dengan kemurnian lebih tinggi dai 99,5 % atau yang umum disebut fuel based ethanol, masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terkait dalam struktur kimia alkohol dengan cara destilasi biasa, oleh karena itu, untuk mendapatkan fuel grade ethanol dilaksanakan pemurnian lebih lanjut dengan cara Azeotropic destilasi.

**METODE PENELITIAN**

**Bahan**

Bahan baku digunakan dalam penelitian ini adalah Ubi kayu, ragi roti, gula pasir, aquadest, HCL, NaOH. Penelitian di lakukan di laboratorium Jurusan Teknik

Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.

### **Pemilihan Parameter dalam Penelitian**

Parameter – parameter yang dipilih pada penelitian ini antara lain :

#### 1) Lama Fermentasi / Waktu Fermentasi

Faktor – faktor yang mempengaruhi fermentasi salah satunya adalah lama fermentasi. Pemilihan lama fermentasi sebagai parameter yang dicoba karena lama waktu adalah parameter yang paling berpengaruh. Untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam proses fermentasi ubi kayu untuk menghasilkan bioetanol yang maksimal, maka dilakukan parameter lama waktu. Pada literatur, lama waktu fermentasi berlangsung 4 – 20 hari untuk memperoleh hasil fermentasi. Untuk ubi kayu waktu optimal untuk menghasilkan etanol yang maksimal adalah 3 hari. Oleh karena itu, lama waktu fermentasi dicoba pada penelitian ini adalah 5 hari.

#### 2) Suhu Fermentasi

Setelah waktu fermentasi parameter lain yang dicoba adalah suhu fermentasi. Untuk mengetahui berapa suhu optimum yang dibutuhkan dalam proses fermentasi ubi kayu untuk menghasilkan etanol yang maksimal, maka digunakan parameter suhu fermentasi. Pada literatur, suhu optimum untuk *Saccharomyces Cereviceae* adalah 19 – 32 °C. Oleh karena itu, pengaturan suhu dibuat dalam range tersebut. Suhu fermentasi yang digunakan adalah 20 °C, 25 °C dan 30 °C.

#### 3) Berat Ragi / Konsentrasi Ragi

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi ragi *Saccharomyces Cereviceae* yang terdapat pada ragi sebagai agen fermentasi, sangat berpengaruh untuk memperoleh kadar bioetanol optimal. Berapa konsentrasi ragi yang dibutuhkan untuk memberikan hasil optimal, maka dipakai parameter konsentrasi ragi pada penelitian ini. Pada literatur, konsentrasi ragi yang dibutuhkan adalah 1 – 10 %

volume umpan (Prescott & Dunn), karena itu konsentrasi ragi yang dicoba antara batas tersebut, yaitu 2 gr, 4 gram, 6 gram, 8 gram dan 10 gram.

### **Prosedur Penelitian**

#### **Pembuatan Bubuk Ubi Kayu**

1. Ubi kayu dipisahkan dari kulitnya lalu dibersihkan.
2. Ubi kayu dipotong menjadi bagian – bagian kecil, setelah itu dikeringkan.
3. Setelah kering, ubi kayu dihaluskan dengan menggunakan mortal.

#### **Hidrolisa Pati**

1. Setiap 5 gram bubuk ubi kayu dicampur dengan larutan HCl 3 % ( untuk menguraikan pati menjadi glukosa ) sebanyak 50 ml.
2. Campuran yang diperoleh kemudian dipanaskan pada suhu 90 °C ( range suhu pemanasan berkisar antara 80 – 95 °C ) selama kurang lebih 2,5 jam di dalam autoklaf. Setelah 2,5 jam pati yang ada relatif telah terhidrolisa dengan sempurna.
3. Larutan yang diperoleh didinginkan dan ditambahkan larutan NaOH 0,1 N hingga volumenya 100 ml.
4. Larutan tersebut kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring.

#### **Fermentasi**

1. 100 ml larutan kemudian ditambahkan gula sebanyak 10 gram (10 % volume). Kadar optimum gula 10 – 18 % voume akhir (Kastini, 1992).
2. Sari ubi kayu yang telah ditambah gula diaduk sampai homogen.
3. Alat- alat yang digunakan pada proses fermentasi disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit agar tidak ada mikroba lain karena kesterilan akan dipengaruhi fermentasi.
4. Setelah keluar dari autoklaf, alat – alat tersebut didinginkan.
5. Untuk tiap erlenmeyer dari 100 ml larutan ditambahkan masing – masing 2 gr, 4 gr, 6 gr, dan 8 gr, 10 gram ragi roti ( sesuai dengan variasi dosisnya) kemudian diaduk sampai homogen.

6. Tutup rapat erlenmeyer yang berisi media fermentasi dengan gabus yang dihubungkan dengan selang dan ujung selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara.
7. Untuk tiap larutan kemudian diatur suhunya masing – masing 20 °C, 25 °C dan 30 °C (sesuai dengan perlakuan).
8. Larutan kemudian difermentasikan selama 1, 2, 3, 4, 5 hari (sesuai dengan perlakuan).

**Pemurnian (Destilasi)**

1. Siapkan 1 set alat destilasi.
2. Masukkan campuran alkohol – air ke dalam labu, kemudian pasang labu tersebut pada alat destilasi yang telah disediakan.
3. Atur temperaturnya 78 °C, sehingga alkohol yang ada dapat menguap.
4. Simpan hasil yang didapat dalam botol yang ditutup rapat.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Dari pembuatan alkohol yang telah dilakukan melalui proses fermentasi dengan berbagai variasi berat ragi, waktu fermentasi dan suhu fermentasi menggunakan bahan baku ubi kayu. Maka didapatkan hasil seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 4 Kadar Alkohol untuk Fermentasi Ubi Kayu pada Temperatur 20 °C

Variabel	20 °C				
	1 H %	2 H %	3 H %	4 H %	5 H %
R 2 gr	6,17	6,25	7,10	6,61	5,66
R 4 gr	7,88	9,41	9,61	7,34	5,82
R 6 gr	9,55	9,92	10,34	8,65	6,91
R 8 gr	9,73	11,25	11,94	9,79	6,98
R10gr	10,70	11,43	12,15	11,31	11,06

R = Ragi  
H = Hari

Tabel 5. Kadar Alkohol untuk Fermentasi Ubi Kayu pada Temperatur 25 °C

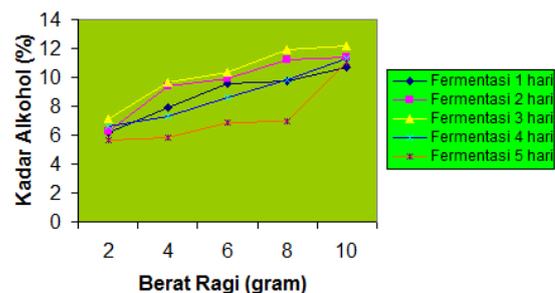
Variabel	25 °C				
	1 Hari	2 Hari	3 Hari	4 Hari	5 Hari
	%	%	%	%	%
Ragi 2 gr	2,05	4,27	6,43	5,74	4,15
Ragi 4 gr	6,73	8,16	8,48	6,79	5,46
Ragi 6 gr	7,88	8,23	9,48	7,03	5,76
Ragi 8 gr	8,54	9,55	10,28	8,92	5,96
Ragi 10 gr	9,13	6,91	10,52	9,55	6,37

Tabel 6. Kadar Alkohol untuk Fermentasi Ubi Kayu pada Temperatur 30 °C

Variabel	30 °C				
	1 Hari	2 Hari	3 Hari	4 Hari	5 Hari
	%	%	%	%	%
Ragi 2 gr	0,74	0,79	1,01	0,73	0,70
Ragi 4 gr	0,63	0,84	1,48	1,25	0,58
Ragi 6 gr	0,40	2,48	5,96	1,41	0,59
Ragi 8 gr	1,00	3,11	6,85	2,62	1,27
Ragi 10 gr	2,62	4,07	8,09	4,19	1,41

**Pembahasan**

Hubungan antara kadar alkohol dan berat ragi pada fermentasi ubi kayu dengan temperatur 20 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



Gambar 1. Kadar Alkohol & Berat Ragi pada Temperatur Fermentasi 20 °C

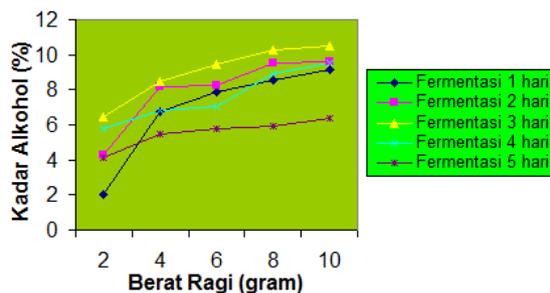
Dari Gambar, terlihat hubungan antara kadar alkohol yang terbentuk dengan variasi ragi 2, 4, 6, 8, dan 10 gram, sedangkan lama fermentasi divariasikan 1, 2, 3, 4 dan 5 hari.

Kadar etanol maksimum terbentuk pada berat ragi 10 gram yaitu pada hari ketiga sebesar 12,15 %. Untuk ragi 2, 4, 6, 8 dan 10 gram pada hari ke dua dan ke tiga memiliki kecenderungan grafik yang hampir sama, artinya nilai kadar alkohol yang

terbentuk memiliki perbedaan yang sangat kecil, yaitu berkisar 0,20 % - 0,85 %. Kecenderungan naik sampai berat ragi 10 gram.

Kenaikan yang mencolok terlihat dari ragi 8 gram menuju ragi 10 gram pada hari ke lima yaitu dari 6,98 % menjadi 11,06 % atau sekitar 4,08 %. Untuk ragi 2 gram dan 10 gram setiap penambahan ragi mengalami kenaikan dan penurunan kadar alkohol tidak begitu besar dibandingkan dengan ragi 8 gram yang mengalami penurunan terbesar dari hari ke empat menuju hari ke lima yaitu dari 9,79 % menjadi 6,98 % atau penurunannya sekitar 2,81 %.

Hubungan antara kadar alkohol dan berat ragi pada fermentasi ubi kayu dengan temperatur 25 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :

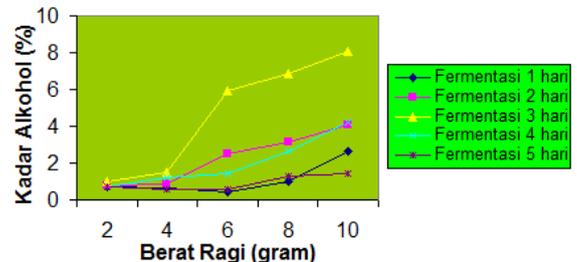


Gambar 2. Kadar Alkohol vs Berat Ragi pada Temperatur Fermentasi 25 °C

Dari Gambar 2 diketahui bahwa kadar alkohol maksimum terbentuk pada berat ragi 10 gram yaitu pada hari ke tiga sebesar 10,52 %. Untuk ragi 4 gram dan 6 gram pada hari ke dua, ke empat dan ke lima memiliki kecenderungan grafik yang hampir sama atau dengan kata lain kenaikan kadar alkohol yang terbentuk tidak terlalu besar yaitu antara 0,07 % - 0,28 %.

Kecenderungan grafik yang mencolok dengan kenaikan kadar alkohol terbesar terjadi pada berat ragi 2 gram dan 4 gram yaitu pada hari ke satu dan ke dua, sebesar 2,22 % dan 1,43 %. Dari grafik terjadi penurunan terbesar pada berat ragi 8 gram dan 10 gram di hari ke empat menuju hari ke lima yaitu sebesar 2,96 % dan 3,18 %.

Hubungan antara kadar alkohol dan berat ragi pada fermentasi ubi kayu dengan temperatur 30 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



Gambar 3. Kadar Alkohol vs Berat Ragi pada Temperatur Fermentasi 30 °C

Dari Gambar 3 terlihat bahwa untuk ragi 10 gram pada hari ke tiga memiliki kadar alkohol maksimum terbesar 8,09 %. Untuk ragi 4 gram dan 6 gram memiliki kecenderungan grafik yang hampir sama pada hari ke empat dan ke lima, kenaikan kadar alkohol tidak lagi begitu mencolok hanya sekitar 0,01 % - 0,16 %.

Kenaikan kadar alkohol terbesar terjadi pada ragi 6, 8 dan 10 gram yaitu pada hari ke dua menuju hari ke tiga sekitar 3,48 % - 4,02 %. Kenaikan terbesar juga terjadi dari ragi 4 gram menuju ragi 6 gram sekitar 4,48 %. Sedangkan penurunan kadar alkohol terbesar terjadi pada berat ragi 10 gram dari hari ke empat menuju hari ke lima yaitu sekitar 2,79 % dibandingkan dengan variasi ragi yang lain ( 2, 4, 6 dan 10 gram ), penurunan kadar alkohol antara 0,33 % - 1,34 %.

Untuk ragi 10 gram terlihat besar kadar alkohol yang hampir sama pada hari ke dua dan ke empat yaitu 4,07 % dan 4,19 % atau sekitar 0,12 %. Begitu pula dengan berat ragi 2 gram pada hari ke satu dan ke empat yaitu 0,73 % dan 0,74 %, perbedaannya hanya sekitar 0,16 %.

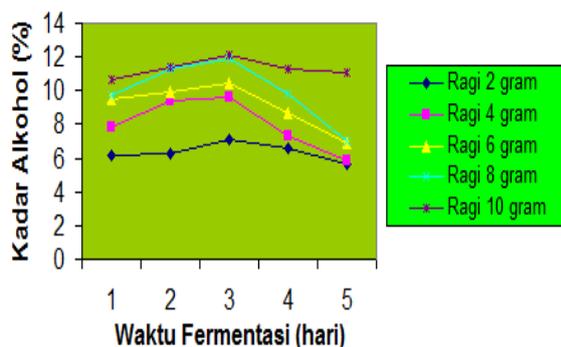
Berdasarkan Gambar 1, 2 dan 3. Maka dapat dilihat bahwa kadar alkohol optimum terjadi pada berat ragi 10 gram. Hal ini seperti telah diperkirakan bahwa konsentrasi ragi yang diberikan adalah 1 % - 10 % dari volume larutan yang difermentasikan (Prescott dan Dunn, 1959).

Konsentrasi ragi yang berlebihan akan menyebabkan nutrient yang tersedia tidak mencukupi untuk aktivitas dan pertumbuhan mikroba. Karena kecepatan pertumbuhan mikroba dipengaruhi oleh keterbatasan dan kecukupan nutrient, karena itu konsentrasi berlebihan tidak memberikan hasil optimum untuk kadar alkohol. Sementara konsentrasi yang kurang atau di bawah konsentrasi yang disarankan akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi alkohol.

Dari Gambar 1, 2, dan 3 juga terlihat kadar alkohol tertinggi terdapat pada suhu 20 °C, karena pada suhu tersebut alkohol yang menguap sedikit, namun perbedaannya tidak begitu mencolok. Dapat disimpulkan bahwa kadar alkohol akan semakin besar dengan semakin menurunnya suhu fermentasi, begitu pula dengan sebaliknya.

Kenaikan kadar alkohol sangat dipengaruhi oleh berat ragi yang digunakan. Dari grafik terlihat kecenderungan kurva menuju ke atas, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar berat ragi yang digunakan maka akan semakin besar kadar alkohol yang dihasilkan.

Hubungan antara kadar alkohol dan waktu fermentasi ubi kayu pada temperatur 20 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini:



Gambar 4. Kadar Alkohol vs Waktu Fermentasi pada temperatur 20 °C

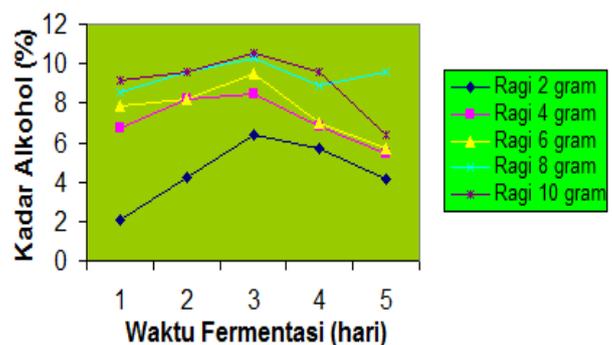
Dari Gambar 4 terlihat hubungan kadar alkohol yang terbentuk dengan lama fermentasi yang dilakukan serta berat ragi yang digunakan, lama fermentasi divariasikan 1, 2, 3, 4 dan 5 hari. Sedangkan

berat ragi divariasikan 2, 4, 6, 8 dan 10 gram. Terlihat kadar alkohol maksimum terbentuk pada hari ke tiga dengan berat rari 10 gram.

Pada hari ke dua sampai hari ke tiga memiliki kecenderungan grafik yang hampir sama untuk berat ragi 4 gram dan 6 gram, artinya besar kadar alkohol yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan yang mencolok, yaitu sebesar 0,02 % da, 0,42 %. Kecenderungan grafik meningkat terlihat jelas dari hari ke satu sampai hari ke dua pada berat ragi 4 gram, yaitu dari 7,88 % menjadi 9,41 % atau kenaikan sebesar 1,53 %.

Kecenderungan grafik menurun pada hari ke empat dan ke lima. Pada hari ke lima terlihat nilai kadar alkohol yang hampir sama pada berat ragi 2 gram dan 4 gram yaitu 5,66 % dan 5, 82 %. Kenaikan kadar alkohol terbesar juga terlihat pada hari ke lima pada ragi 8 gram dan 10 gram yaitu dari 6,98 % menjadi 11,06 % atau kenaikan sebesar 3,16 %.

Hubungan antara kadar alkohol dan waktu fermentasi ubi kayu pada temperatur 25 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



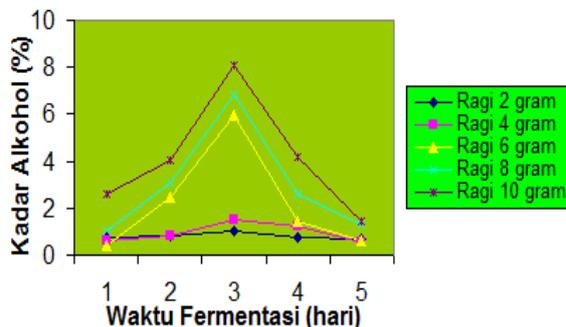
Gambar 5. Kadar Alkohol vs Waktu Fermentasi pada temperatur 25 °C

Dari Gambar 5 terlihat kadar alkohol maksimum terbentuk pada hari ke tiga dengan berat ragi 10 gram. Pada hari ke satu, peningkatan kadar alkohol terlihat jelas pada ragi 2 gram dan 4 gram,yaitu dari 2,05 % menjadi 6,73 %, peningkatan sebesar 4,68 %.

Kecenderungan grafik peningkatan kadar alkohol terlihat dari hari ke satu sampai hari ke tiga, terutama untuk berat ragi 2 gram, kenaikan kadar alkohol mencapai 4,38 %. Kemudian menurun sampai hari ke lima. Pada hari ke tiga terlihat nilai kadar alkohol yang hampir sama untuk ragi 8 gram dan 10 gram yaitu 10,28 % dan 10,52 %, perbedaannya hanya sebesar 0,24 %, begitu pula pada hari ke dua perbedaannya sekitar 0,06 %.

Kecenderungan grafik menurun terlihat jelas pada hari ke empat sampai hari ke lima pada berat ragi 10 gram, yaitu dari 28,93 % menjadi 9,55 % menjadi 6,37 %, dibandingkan pada hari ke tiga sampai hari ke lima penurunannya hanya sebesar 0,97 %.

Hubungan antara kadar alkohol dan waktu fermentasi ubi kayu pada temperatur 30 °C dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



Gambar 6. Kadar Alkohol vs Waktu Fermentasi pada temperatur 25 °C

Kadar alkohol terbentuk juga pada hari ke tiga dengan berat ragi 10 gram yaitu sebesar 8,09 %. Kecenderungan grafik peningkatan kadar alkohol terlihat jelas dari hari ke dua sampai hari ke tiga pada berat ragi 10 gram, peningkatan kadar alkohol ini sekitar 4,02 %.

Penurunan kadar alkohol dengan kecenderungan grafik yang hampir sama terlihat dari hari ke tiga sampai hari ke empat pada berat ragi 8 gram dan 10 gram, penurunan sekitar 3,90 % dan 4,23 %.

Penurunan kadar alkohol terkecil terlihat pada hari ke empat sampai hari ke lima pada berat ragi 2 gram yaitu dari 0,73 % menjadi 0,70 % atau hanya sekitar 0,03

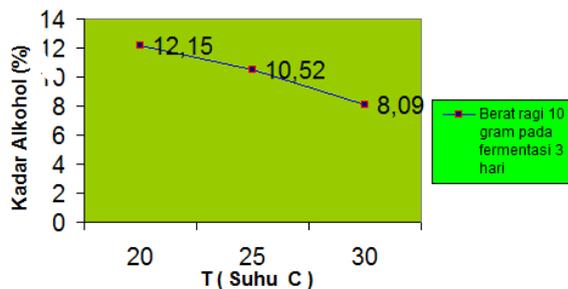
%. Pada hari ke tiga terlihat peningkatan kadar alkohol terbesar pada ragi 4 gram dan 6 gram, peningkatannya mencapai 3,48 %. Pada hari ke lima terlihat kadar alkohol yang hampir sama pada berat ragi 8 gram dan 10 gram, yaitu 1,27 % dan 1,41 %.

Berdasarkan gambar grafik 4, grafik 5 dan grafik 6. Maka diketahui bahwa pada hari ke satu sampai hari ke tiga terlihat kecenderungan kenaikan kadar alkohol untuk masing – masing berat ragi. Hal ini telah diperkirakan dalam hipotesa, yaitu proses fermentasi akan mencapai waktu maksimum pada saat tertentu. Kenaikan kadar alkohol ini terjadi karena lama waktu fermentasi berhubungan erat dengan kurva pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba yang terdiri dari enam fase, yaitu fase adaptasi, fase permulaan, fase pembiakan, fase pembiakan cepat, fase konstan dan fase kematian ( Said, EG, 1994 ). Pada mulanya mikroba mengalami fase adaptasi, pada fase ini mikroba mulai menyesuaikan diri dengan lingkungannya, pada fase ini pertumbuhan belum begitu terjadi, artinya pertumbuhan berjalan sangat lambat. Selanjutnya fase permulaan pembiakan merupakan fase yang paling lama terjadi berlangsung dari hari ke satu sampai hari ke dua, hal inilah yang menyebabkan kenaikan kadar alkohol pada hari ke dua. Berikutnya adalah fase pembiakan cepat, pada fase ini mikroba tumbuh dengan sangat cepat terjadi pada hari ke tiga seperti terlihat pada kurva yang curam.

Kemudian pada fase pembiakan diperlambat, pada fase ini pertumbuhan mikroba mengalami penurunan dalam pembiakannya. Setelah itu adalah fase konstan, dimana pertumbuhan mikroba telah menghasilkan kadar alkohol optimum yang berlangsung pada hari ke tiga, sehingga pada hari ke tiga ini diperoleh kadar alkohol tertinggi. Fase yang terakhir adalah fase kematian, fase ini terjadi karena substrat atau persenyawaan tertentu yang dipakai untuk pertumbuhan mikroba sudah habis dan juga terjadi penumpukan produk - produk penghambat. Penurunan kadar

alkohol pada hari ke empat dan ke lima diakibatkan karena terjadi reaksi oksidasi alkohol menjadi asam asetat oleh acetobacter sehingga kadar alkohol yang dihasilkan menjadi lebih rendah ( Haryadin, R dan Leonardo, BPM, 2001 ). Dan apabila fermentasi dibiarkan berlangsung terus – menerus dan proses fermentasi ini terkena udara luar, maka pertumbuhan kultur akan terganggu, akibatnya bakteri asetat (acetobacter ) akan membantuk lapisan tebal di permukaan, bakteri ini akan mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat (Bahri, 1991).

Hubungan kadar alkohol maksimum dan suhu fermentasi dilihat pada gambar grafik di bawah ini :

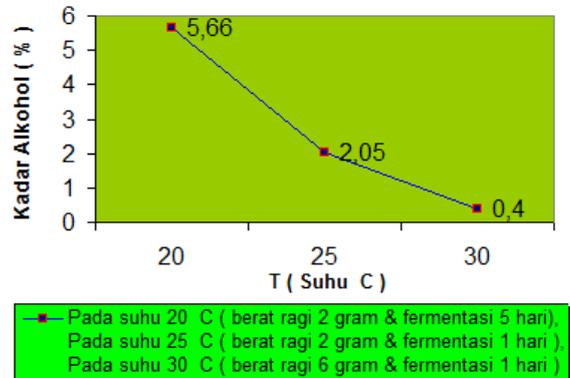


Gambar 7. Kadar Alkohol Maksimum pada Setiap Temperatur Fermentasi

Dari Gambar 7 terlihat bahwa kadar alkohol maksimum paling tinggi diperoleh pada suhu fermentasi 20 °C yaitu 12,15 %, diikuti oleh suhu fermentasi 25 °C sebesar 10,52 % dan suhu fermentasi 30 °C sebesar 8,09 %.

Kadar alkohol maksimum ini terjadi pada konsentrasi ragi sebesar 10 gram dan lama waktu fermentasi selama 3 hari. Hal ini disebabkan karena Sacharomycess Cereviceae tumbuh sangat cepat dan sangat aktif memfermentasi pada suhu 20 °C. ( Frazier & Westhoff, 1970), adapun kenaikan kadar alkohol ini terjadi pada hari ke tiga dan berat ragi 10 gram karena khamir Sacharomycess Cereviceae sedang mengalami perkembangbiakan yang sangat cepat dimana suplai makanan ( nutrient) masih tersedia sangat banyak serta jumlah sel mikroba yang bertugas merombak glukosa menjadi alkohol juga masih sangat aktif.

Hubungan kadar alkohol minimum dan suhu fermentasi ubi kayu dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini :



Gambar. 8. Kadar Alkohol Minimum pada Setiap Temperatur Fermentasi

Pada Gambar 8 terlihat bahwa kadar alkohol minimum tertinggi terjadi pada suhu 30 °C yaitu sebesar 0,4 %, diikuti oleh suhu 25 °C sebesar 2,05 % dan suhu 20 °C sebesar 5,66 %.

Pada suhu 30 °C penurunan kadar alkohol terjadi pada konsentrasi ragi 6 gram dan waktu fermentasi selama 1 hari hal ini disebabkan karena konsentrasi ragi berlebih dan khamir Saccharomyces Cereviceae berada pada fase adaptasi dimana khamir baru menyesuaikan diri terhadap media yang ada dan belum mengalami pembelahan, begitu juga pada suhu 25 °C khamir masih berada pada fase adaptasi dan belum aktif berkembang. Sedangkan untuk suhu 20 °C konsentrasi ragi telah berkurang dikarenakan banyak khamir yang telah mati dan suplai makanan telah habis.

### KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan kadar bioetanol tertinggi pada variabel suhu fermentasi 20 °C, waktu fermentasi 3 hari dan konsentrasi ragi sebanyak 10 gram.

Kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin tinggi sampai waktu fermentasi maksimum (3 hari) karena pada hari ketiga khamir berada fase pertumbuhan logaritma, dimana khamir mengalami kecepatan pembelahan tertinggi, dan setelah waktu

maksimum kadar bioetanol yang dihasilkan menurun. Kadar bioetanol maksimum yang dihasilkan pada hari ke tiga yaitu sebesar 12,15 %.

Semakin tinggi suhu fermentasi, maka kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin menurun. Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan pada suhu 20 °C sebesar 12, 15 % dan terendah pada suhu 30 °C sebesar 0,40 %.

Semakin besar berat ragi yang digunakan, maka akan semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Kadar bioetanol terbesar dihasilkan pada berat ragi 10 gram sebesar 12,15 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Aziz, D. 1990. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali Pers. Jakarta. Indonesia.
- Anonim. 1983. *Perbaikan fermentasi Ciu (Alkohol) dan Proses Penyulingan*. PN. Balai Pustaka, Jakarta.
- Anonim. 2004. *Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu Kulem dengan Menggunakan Metode Hidrolisa – Fermentasi*. Sematera Selatan.
- Erliza Hambali, dkk. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agro Media. Jakarta. Indonesia.
- Indartono, Yuli Setyo, “ Bioetanol, Alternatif Energi Terbarukan ; Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan”. [www.berita@iptek.com](http://www.berita@iptek.com), 2005.
- Nur Hidayat. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi. Malang. Jawa Timur.
- Prihanda, Rama dkk. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Agro Media. Jakarta, Indonesia.
- Rinaldy, Wilse. 1987. *Pemanfaatan Onggok Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. IPB, Bogor.
- Said, E. G. 1987. *Bioindustri Teknologi Fermentasi*. Mediatama Sarana Perkasa, Jakarta, Indonesia.
- Somaatmadja, D. 1973. *Sirup Pati Ubi Kayu*. Balai Penelitian Kimia, Bogor.
- Suharto, Dr. 1995. *Kinetika Fermentasi*. Andi Offset Yogyakarta. Yogyakarta.
- Tjiptadi, W. 1977. *Umbi Ketela Pohon Sebagai Bahan Industri*. Fatemata IPB, Bogor.