

**LAPORAN PENELITIAN
KERJASAMA ANTAR LEMBAGA DAN
PERGURUAN TINGGI**

**Peningkatan Agribisnis di Pedesaan Melalui Pemanfaatan Bekatul
untuk Produksi Bahan Bakar Bioetanol dalam Mewujudkan
Ketahanan Pangan**

Kun Harismah, Ph.D
Dr. Muhammad Da'i
Dra. Aminah Asngad, MSi
Ir. Samlawi



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
Oktober 2011**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Peningkatan Agribisnis di Pedesaan Melalui Pemanfaatan Bekatul untuk Produksi Bahan Bakar Bioetanol dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Kun Harismah, Ph.D
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. NIK : 402
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Jabatan Struktural : Wakil Ketua LPPM
- f. Bidang Keahlian : Kimia
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- i. Tim Peneliti

No	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi/ Instansi
1.	Kun Harismah, Ph.D	Kimia	FT/ Teknik Kimia	UMS
2.	Dr. Muhammad Da'i	Sintesis	Farmasi	UMS
3.	Aminah Asngad, M.Si	Fisiologi Tumbuhan	Pend. Biologi	UMS
4.	Ir. Samlawi	Pertanian	-	BKP Jateng

3. Pendanaan
- a. Biaya Total yang Diusulkan : Rp. 100.000.000,-
- b. Biaya yang Disetujui : Rp. 80.000.000,-

Mengetahui
Ketua LPPM UMS

Dr. Harun Joko Prayitno

Surakarta, 10 Oktober 2011
Ketua Peneliti

Kun Harismah, Ph.D

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
A LAPORAN HASIL PENELITIAN	
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan Khusus	2
3. Urgensi Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III METODE PENELITIAN	8
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
BAB V KESIMPULAN	15
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
1. Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis pada suspensi 30%	9
2. Kadar Bioetanol dari Fermentasi Glukosa Bekatul	12

DAFTAR GAMBAR

	halaman
1. Skema Reaksi 1,2, dan 3 pada Hidrolisis Pati	4
2. Skema Reaksi Fermentasi	5
3. Alur Metode Penelitian	9
4. Kadar Glukosa pada pH yang Berbeda	10
5. Kadar Bioetanol pada Konsentrasi <i>S. cerevisiae</i> berbeda	13

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Hampir semua kabupaten di Jawa Tengah terdapat tanaman padi tetapi sebagai sentra produksi padi yaitu Cilacap, Purworejo, Temanggung, Brebes, Pemalang, Batang, Pati, Grobogan, Klaten, Sragen, dan Boyolali. Menurut Anonim (2011) tahun 2009 di Jawa Tengah mempunyai luas panen 1.725.034 ha dengan produksi padi 9.602.415 ton, sedangkan tahun 2010 ada peningkatan yaitu luas panen 1.801.397 ha dengan produksi padi mencapai 10.112.890 ton.

Padi dengan kadar air 14% bila digiling akan menghasilkan rendemen beras 57-60%, sekam 18- 20%, dan bekatul 8-10%. Produksi beras Jateng tahun 2010 menurut data mencapai 10,11 juta ton maka menghasilkan bekatul sekitar 1,01 ton. Jumlah tersebut sangat berlimpah sehingga perlu upaya untuk memanfaatkannya.

Bioetanol merupakan etanol mempunyai rumus molekul C_2H_5OH merupakan pelarut organik dapat berasal dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme *Saccharomyces cereviceae*. Bahan dasar pembuatan bioetanol berasal dari tanaman yang mengandung gula seperti tebu, nira kelapa, dan nira sorgum, bahan berpati seperti tepung jagung dan ubi-ubian, serta bahan berserat. Target produksi bioetanol Indonesia 2005-2010 adalah 0,46 juta KL (Kadiman, 2005). Sesuai roadmap sektor energi bioetanol menurut Ristek, untuk tahun 2005-2010 pasar membutuhkan pasokan bioetanol 1.85 juta Kilo atau 10% total konsumsi bahan bakar minyak (Abdullah, 2009).

Penelitian pendahuluan hidrolisis pati yaitu sagu dan empelur sagu (Handayani, 2006 dan Musyarofah, 2007). Hidrolisis gaplek dengan H_2SO_4 , ganyong dengan beberapa jenis asam (Harismah, dkk., 2009, Putri dan Iskandar, 2008). Hasil hidrolisis kemudian difermentasi menghasilkan bioetanol. Penggunaan asam untuk hidrolisis pati menggunakan asam mempunyai dampak buruk karena dapat mencemari lingkungan. Sagu, ganyong, ketela pohon, iles-iles, dan sumber lain tanaman penghasil pati merupakan sumber karbohidrat untuk ketahanan pangan. Sehingga sangat perlu diupayakan mencari alternatif sumber karbohidrat lain sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol tanpa mengganggu ketersediaan pangan manusia.

2. Tujuan Khusus

- a. Menganalisis proses hidrolisis bekatul menjadi glukosa menggunakan enzim α -amilase dan glukamilase.
- b. Menerapkembangkan fermentasi glukosa yang optimal pada proses produksi bahan bakar bioetanol.
- c. Mengoptimalkan proses produksi bioetanol dan memeberdayakan petani untuk produksi bahan bakar bioetanol

3. Urgensi Penelitian

Cadangan energi fosil di Indonesia terbatas dan akan habis dalam beberapa tahun ke depan, yang diperkirakan: minyak = 18 tahun, gas = 62 tahun, batu bara = 147 tahun (ESDM, 2009). Indonesia masih impor bahan bakar minyak (BBM) 30% dari kebutuhan nasional. Adanya bahan bakar nabati (BBN) bersifat strategis mendukung Ketahanan Nasional, mengurangi ketergantungan impor BBM, menghemat devisa, dan lain-lain.

Untuk mendukung ketahanan nasional tersebut program yang dilakukan pemerintah di antaranya adalah Desa Mandiri Energi yaitu suatu kawasan pedesaan yang mampu memenuhi kebutuhan energinya sekaligus dapat meningkatkan kesejahteraan mereka secara berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya lokal, dalam hal ini sumber daya hayati yang dihasilkan oleh petani atau masyarakat desa bersangkutan.

Sesuai dengan pembangunan pertanian yang merupakan bagian terpenting dari pembangunan nasional, menurut Zachri (2005) di Indonesia 40.615 juta bekerja di sektor pertanian, di mana 52,19% pendapatn rata-rata rakyat Indonesia dari pertanian.

Untuk meningkatkan pendapatan petani di pedesaan dan mendukung ketersediaan bahan bakar nabati maka perlu dilakukan kegiatan bagi petani yaitu produksi bahan bakar bioetanol. Berdasarkan hal tersebut maka urgensi penelitian yang akan dilakukan adalah:

- a. Membantu petani untuk meningkatkan pemanfaatan bekatul hingga meningkatkan nilai tambah bekatul melalui kegiatan produksi bahan bakar bioetanol.

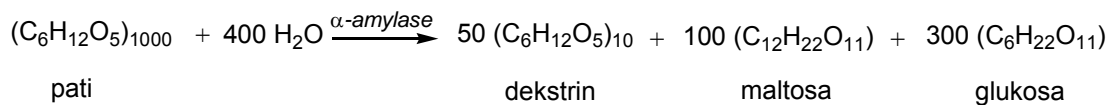
- b. Mewujudkan kerjasama penelitian dengan institusi lain yaitu Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Tengah sebagai bagian dari tugas Tri Dharma Perguruan Tinggi.
- c. Membantu pemerintah dalam merumuskan tindakan pemberdayaan masyarakat agar dapat meningkatkan kesejahteraan dan tingkat perekonomian masyarakat.
- d. Mengurangi penggunaan minyak tanah dengan mengganti bahan bakar bioetanol dalam rangka penghematan energi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Reaksi di bawah menunjukkan tahapan yang terjadi pada hidrolisis pati (karbohidrat):

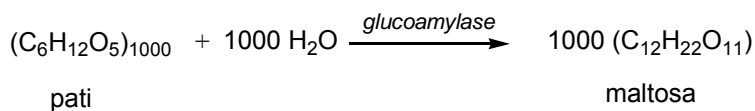
Likuifikasi:

Reaksi 1:

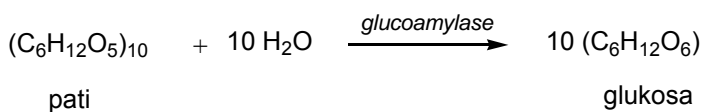


Sakarifikasi:

Reaksi 2:



Reaksi 3:



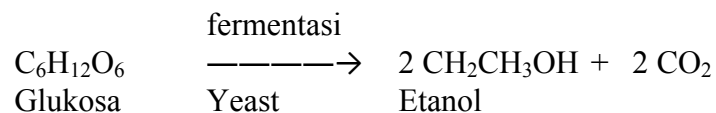
Gambar 1. Skema Reaksi 1,2, dan 3 pada Hidrolisis Pati

Reaksi kimia pembuatan glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dari hidrolisis pati dapat dilihat pada skema reaksi 1, 2, dan 3 di atas. Metode hidrolisis pati (karbohidrat) yang lebih sering digunakan adalah secara enzimatik dengan menggunakan enzim. Umumnya enzim yang digunakan adalah amilase, yaitu α -amilase dan glukoamilase. α -Amilase menghidrolisis ikatan α -1,4-glikosida (reaksi 1), hasil hidrolisis tersebut diteruskan oleh enzim glukoamilase yang dapat menghidrolisis ikatan α -1,4-glukosida dan α -1,6-glukosida menghasilkan glukosa.

Glukoamilase ditambahkan dalam hidrolisis enzimatik agar proses perubahan pati menjadi glukosa lebih banyak dihasilkan, karena glukoamilase dapat memutus ikatan pada pati yang belum terputus oleh penambahan α -amilase. Glukoamilase dapat menghidrolisis ikatan α -1,4-glukosida, tetapi hasilnya β -glukosa yang mempunyai konfigurasi berlawanan dengan hasil hidrolisis oleh α -1,4-glukosida, hingga glukosa yang dihasilkan akan bertambah banyak (Nurdianti, 2007).

Proses hidrolisis secara enzimatik tersebut lebih menjanjikan karena lebih ramah lingkungan, menguntungkan secara ekonomis dan spesifik. Sehingga jumlah glukosa yang dihasilkan optimal dan tidak menghasilkan limbah dibandingkan penggunaan metode hidrolisis menggunakan katalis asam.

Erwanti dan Azwar (2009) mensintesis glukosa berbahan baku kimpul, hidrolisis pati kimpul ini menggunakan enzim α -amilase dan glucoamilase sebagai biokatalis. Variabel operasi terdiri dari kadar suspensi 30%; 35%; dan 40%, pH liquifikasi 5- 6, dan suhu sakarifikasi 60°C; 65°C; dan 70°C. Selama proses hidrolisis, setiap 3 hari dilakukan analisis kadar glukosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik adalah kadar suspensi 35%, suhu sakarifikasi 65°C, serta pH liquifikasi 6. Dari kondisi operasi tersebut dihasilkan kadar glukosa 27,98%.



Gambar 2. Skema Reaksi Fermentasi

Glukosa merupakan bahan dasar utama untuk membuat etanol, Gambar 2 di atas menunjukkan reaksi pembuatan etanol. Harismah dkk. (2009) pertama kali melakukan upaya meningkatkan kualitas produksi alcohol di daerah Bekonang Sukoharjo. Upaya ini dilakukan karena para pengrajin alcohol di Sukoharjo pada saat itu hampir semuanya menggunakan alat distilasi yang sangat sederhana. Untuk mendapatkan alcohol 90% diperlukan distilasi bertingkat sampai 3 (tiga) kali proses distilasi. Sehingga prosesnya membutuhkan waktu lam dan bahan baker banyak. Kemudian Harismah dkk. (2003) mengembangkan alat distilasi menara untuk memperbaiki proses produksi alcohol di Sukoharjo. Hasilnya adalah produksi alcohol 90% dapat dilaksanakan dalam 1 (satu) kali proses hingga banyak menghemat waktu dan bahan baker.

Asngad, dkk. (2004) menghasilkan teknologi pengolahan tetes tebu menjadi etanol 90% dengan alat distilasi menara sinambung, teknologi ini dimanfaatkan oleh petani tebu di Kabupaten Pati. Harismah, dkk. (2004) menerapkan alat distilasi menara sinambung untuk peningkatan etanol menjadi kadar 90% bagi pengrajin arak di Kecamatan Kradenan Purwodadi. Kegiatan ini dilakukan untuk memberikan

ketrampilan bagi pengrajin arak agar dapat memperbaiki proses produksi bioetanol hingga mendapatkan etanol sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang akan digunakan untuk industri.

Teknologi pembuatan bioetanol dari tetes tebu sebagai bahan gasohol dengan alat distilasi menara sinambung, hasil penelitian menggunakan alat tersebut dari 200L tetes tebu terfermentasi diperoleh 49L bioetanol 95% (Asngad, dkk., 2008). Penelitian ini telah diaplikasikan pada pengrajin bioetanol di sentar produksi bioetanol di Sukoharjo melalui kegiatan yang didanai oleh Kementerian Ristek.

Harismah dkk. (2009) menghidrolisis gaplek ketela pohon dengan *Aspergillus niger*, hasilnya yaitu lama inkubasi dapat berpengaruh terhadap kadar glukosa dan bioetanol. Kemudian dengan penambahan *Aspergillus niger* pada dosis berbeda pada tepung gaplek, berpengaruh terhadap kadar glukosa dan ioetanol. Interaksi antara lama inkubasi dan dosis ragi berpengaruh terhadap kadar glukosa dan bioetanol hasil fermentasi tepung gaplek ketela pohon dengan penambahan *Aspergillus niger*.

Proses produksi bioetanol menggunakan molasses dan mikroorganisme *Zymomonas mobilis* dengan fermentasi dalam biorektor packed bed. Pengaruh perubahan parameter konsentrasi glukosa substrat dan konsentrasi immobilisasi sel K-karaginan terhadap kinerja produksi etanol dengan teknik immobilisasi sel di biorektor kontinyu packed bed, telah diteliti oleh Mulyanto dkk. (2009).

Harismah dkk. (2009) menghidrolisis gaplek ketela phon (*Manohotutillisima, Pohl*) varitas Mukibat dengan *Aspergillus niger*. Hasilnya dosis ragi dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar glukosa dan bioetanol. Pada hari ke-5 diperoleh kadar glukosa dan bioetanol terlihat meningkat, tetapi pada fermentasi hari ke-10 kadar glukosa dan bioetanol menurun.

Produksi etanol melalui proses sakarifikasi fermentasi serentak (SSF) tertinggi adalah pada kondisi pH 5 menghasilkan konsentrasi etanol 2,709 g/L atau 4,75%/massa bagas, pH 4 kadar etanol 2,357g/l atau 4,1%/massa bagas, dan pH 4,5 kadar etanol 2,451g/L atau 4,3%/massa bagas (Samsuri dkk., 2007).

Penelitian ini didasarkan atas hasil penelitian terdahulu yaitu biasanya fermentasi etanol dilakukan kondisi normal gravity (NG) yaitu fermentasi mash yang berisi 20-24% padatan terlarut (Thomas, dkk., 1996). Untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas ongkos produksi etanol, satu cara telah dikaji menggunakan teknologi very high gravity (VHG), yaitu persiapan dan fermentasi

yang berisi mash 270 g atau lebih padatan terlarut/L (Bayrock dan Ingledew, 2001). Teknologi ini mempunyai keuntungan untuk diterapkan di industri yaitu resiko terkontaminasi bakteri, menaikkan konsentrasi etanol, dan memepcepat waktu fermentasi sehingga mengurangi ongkos produksi.

Thanoko dkk. (2002) mendapatkan 0,5% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah konsentrasi optimal untuk produksi etanol dari nira batang sorgum manis strain Keller menggunakan *S. cereviseae* TISTR 5048. Laopaiboon dkk. (2007), produksi etanol secara batch dari nira batang sorgum manis strain Keller tergantung pada konsentrasi sel awal *S. cereviseae* TISTR 5048. Ditambahkan Laopaiboon dkk. (2008) *S. cereviseae* NP 01 diisolasi dari *Long-pang* (*Chinese yeast cake*) untuk membuat *sato* (*Thai rice wine*) di bawah kondisi VHG.

Energi adalah kebutuhan mutalk untuk menunjang kegiatan setiap orang baik pribadi maupun bersama-sama. BBM adalah energi yang paling mudah dan banyak digunakan masyarakat terutama di sektor transportasi dan industri. Bahan bakar nabati (BBN) adalah salah satu energi alternatif terbarukan, bisa menggantikan BBM, yang ramah lingkungan dan berpotensi dikembangkan di semua daerah di Indonesia di samping energi nonfosil lainnya seperti tenaga air, angin, surya, dan panas bumi.

Salah satu alternatif energi nonfosil yang mulai diintroduksi di Indonesia untuk kendaraan bermotor adalah bioetanol. Pengenalan energi alternatif ini juga merupakan upaya untuk mengurangi penggunaan BBM di Indonesia. Dalam kondisi harga BBM yang cenderung terus naik, saat ini berbagai jenis energi terbarukan mulai kompetitif terhadap bahan bakar tanpa subsidi.

BAB III

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian dan Metode Pengambilan Sampel

a. Lokasi Penelitian

1. Lokasi pembuatan glukosa melalui proses hidrolisis enzimatis, fermentasi dan distilasi bioetanol dilakukan di laboratorium fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Pengujian kadar glukosa dilakukan di laboratorium fakultas ilmu kesehatan UMS.
3. Pengujian kemurnian bioetanol dilakukan di laboratorium fakultas farmasi UMS.

b. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah: bekatul, aquades, enzim α -amilase, glukoamilase, dan *Saccharomyces cereviceae*.

Alat penelitian terdiri dari: peralatan gelas, pH meter, GC-MS Shimadzu QP-2010

c. Cara Penelitian

1. Tahap hidrolisis bekatul untuk menghasilkan glukosa. Bekatul dilikuifikasi atau ditambahkan enzim α -amilase dan dipanaskan hingga suhu 90°C selama 30 menit sambil diaduk. Kemudian bubur bekatul tersebut didinginkan, dan ditambahkan enzim glukoamilase (disakarifikasi) dan dipanaskan hingga suhu 60 °C selama 2 jam.

Hidrolisis dilakukan dengan variasi:

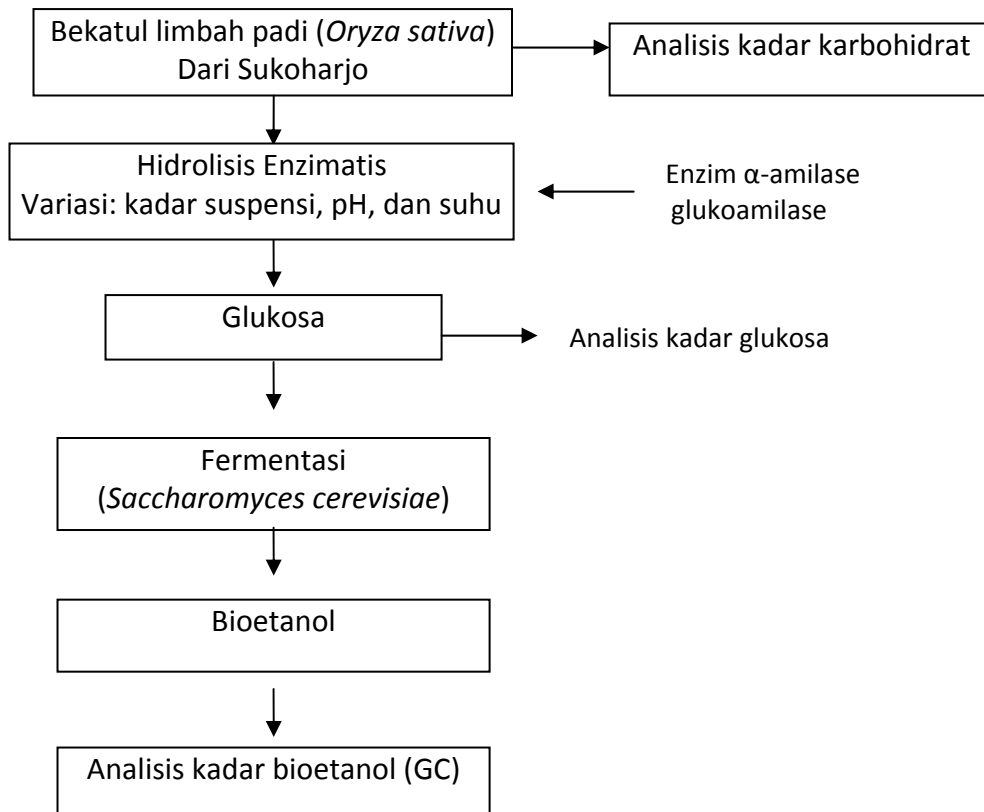
- a. Temperatur hidrolisi pada likuifikasi temperatur divariasi antara 60°C dan 70°C
 - b. pH
2. Tahap Fermentasi.

Glukosa hasil hidrolisis bekatul tersebut pada suhu kamar ditambahkan *Saccharomyces cereviceae*. Kemudian difermentasi pada suhu kamar selama 72 jam. Variasi fermentasi adalah jumlah *S. Cereviceae* yang ditambahkan.

3. Tahap Distilasi.

Temperatur distilasi disesuaikan dengan titik didih etanol yang dihasilkan.

d. Desain Penelitian



Gambar 3. Alur Metode Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Hidrolisis Bekatul Menjadi Glukosa

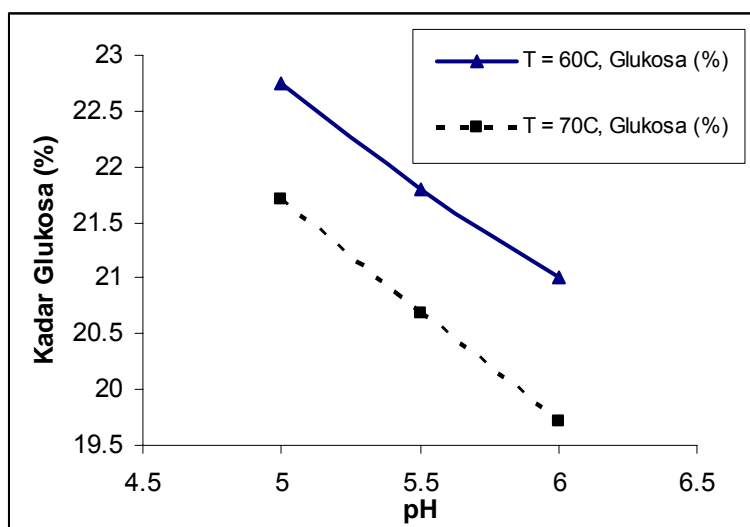
Hasil analisis pada hidrolisis enzimatis bekatul menggunakan enzim α -amilase dan glucoamilase pada kondisi pH 5- 6 dan konsentrasi 60- 70°C ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis pada suspensi 30%

No	pH	Temperatur (°)	Kadar glukosa (%)
1	5	60	22,75
2	5,5	60	21,80
3	6	60	21,00
4	5	70	21,70
5	5,5	70	20,69
6	6	70	19,72

Pada hidrolisis bekatul suspensi 30% dan temperatur 60 dengan perlakuan pH berbeda menunjukkan bahwa pH 5 adalah yang paling banyak kadar glukosanya.

Dari Tabel 1 di atas dibuat grafik yang ditampilkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 4. Kadar Glukosa pada pH yang Berbeda

Grafik di atas menunjukkan perbedaan temperatur pemanasan 60°C dan 70°C terlihat bahwa hasil glukosa terbanyak terjadi pada proses hidrolisis yang dilakukan pada temperatur 60°C. Pada temperatur 60°C tersebut menunjukkan bahwa enzim bekerja dengan optimal. Hal ini didukung oleh Baig, dkk (2011) yang menyatakan bahwa hidrolisis enzim terjadi dengan sempurna pada kisaran temperatur 50-60°C. Pada kajian sebelumnya oleh Liu (2000) dan Lissens, dkk (2004) menunjukkan bahwa kemungkinan untuk cairan suspensi selulosa dalam waktu sangat pendek, hidrolisis terjadi pada temperatur cukup tinggi. Selama waktu tinggal substrate dalam reaktor, konsentrasi glukosa naik pada maksimum intermediate sebelum diubah menjadi produk.

2. Hasil Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol

Pada fermentasi glukosa hasil hidrolisis pati dari bekatul menggunakan media fermentasi berupa *S. cerevisiae* dengan perlakuan konsentrasi yang berbeda. Analisis kadar bioetanol tersebut menggunakan GC MS mempunyai tujuan untuk mengetahui terdapat atau tidaknya etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi glukosa dari bekatul. Semua sampel yang dianalisis dengan GC-MS merupakan hasil fermentasi selama 72 jam untuk setiap perlakuan. Pengambilan sampel dari setiap perlakuan penambahan *S. cerevisiae* yang berbeda tersebut diharapkan dapat menunjukkan hasil yang memuaskan. Dari hasil analisisnya diperoleh data seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh Thomas, dkk (1996), fermentasi etanol dengan bahan dasar dari glukosa yang mempunyai kadar sekitar 20% sampai dengan 24% di atas tersebut termasuk kondisi fermentasi normal garfity (NG).

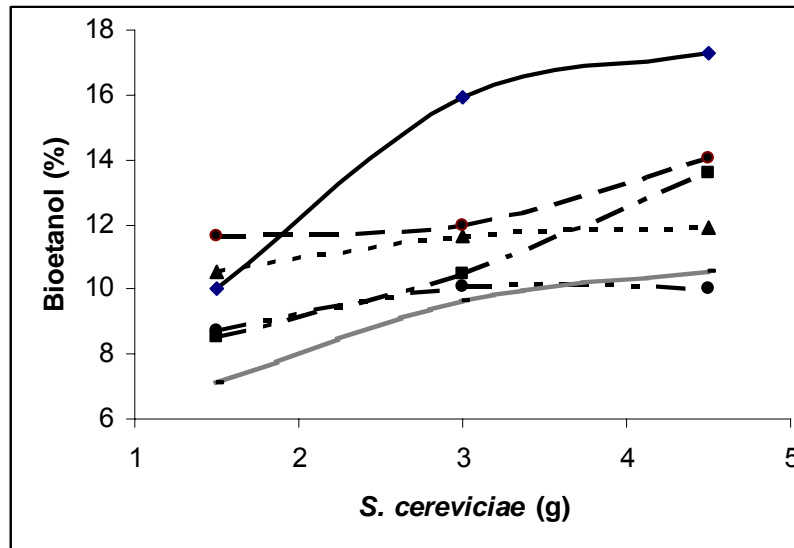
Dibandingkan dengan kondisi very high density (VHG) yaitu fermentasi glukosa yang berisi lebih dari 27% (Bayrock dan Ingledeew, 2001) kondisi NG termasuk kondisi terbaik pada fermentasi. Hal ini didukung pula oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan Khongsay, dkk. (2010) bahwa VHG menunjukkan hasil etanol di bawah kondisi NG.

Tabel 2. Kadar Bioetanol dari Fermentasi Glukosa Bekatul

No	pH	Glukosa (mL)	Glukosa (%)	<i>S.cerevisiae</i> (g)	Bioetanol (%)
1	5	150	22,75	1,5	10,05
2	5	150	22,75	3	15,92
3	5	150	22,75	4,5	17,31
4	5,5	150	21,80	1,5	8,52
5	5,5	150	21,80	3	10,48
6	5,5	150	21,80	4,5	13,57
7	6	150	21,00	1,5	10,53
8	6	150	21,00	3	11,62
9	6	150	21,00	4,5	11,93
10	5	150	21,70	1,5	8,75
11	5	150	21,70	3	10,07
12	5	150	21,70	4,5	10
13	5,5	150	20,69	1,5	7,11
14	5,5	150	20,69	3	9,65
15	5,5	150	20,69	4,5	10,56
16	6	150	19,72	1,5	11,62
17	6	150	19,72	3	11,94
18	6	150	19,72	4,5	14,07

Kemampuan yeast untuk memproduksi etanol tergantung pada banyak faktor, di antaranya adalah strains, pertumbuhan, dan kondisi lingkungannya. Lebih dari itu adalah tergantung pada penambahan konsentrasi gula pada medium fermentasi. Seperti yang disebutkan dalam artikel sebelumnya oleh Thomas, dkk. (1996) yaitu bahwa untuk menaikkan produksi etanol, ini dapat diterapkan dengan cara penambahan gula yang tinggi di atas 200g/L. Di mana penambahan substrat dapat terjadi di bawah kondisi tersebut. Ditambahkan bahwa tingginya konsentrasi etanol akan menyebabkan sel yeast menjadi stres, sehingga proses fermentasi menjadi terhambat dan melemah. Thomas (1996) dan Bafrcová, dkk (1999) melaporkan bahwa hubungan kondisi lingkungan dan makanan yang sesuai, dapat menyebabkan *S. cerevisiae* memproduksi etanol dengan konsentrasi yang tinggi.

Dari Tabel 2 di atas dibuat suatu grafik yang menjelaskan fermentasi glukosa dengan berbagai jumlah yeast *S. cerevisiae* yang berbeda (Gambar 5).



Gambar 5. Kadar Bioetanol pada Konsentrasi *S. cerevisiae* Berbeda

Keterangan:

- ◆, pH 5 dan kadar glukosa 22,75% (v/v)
- , pH 5 dan kadar glukosa 21,80% (v/v)
- *, pH 5,5 dan kadar glukosa 21,70% (v/v)
- ▲, pH 5,5 dan kadar kadar glukosa 21% (v/v)
- , pH 6 dan kadar glukosa 19,72% (v/v)
- , pH 6 dan kadar glukosa 20,69% (v/v)

Pada Gambar 5 di atas terlihat pada hasilnya, bahwa bekatul yang digunakan untuk produksi bioetanol dengan menggunakan jumlah *S. cerevisiae* yang berbeda, menunjukkan semakin banyak jumlah *S. cerevisiae* yang digunakan, maka semakin banyak kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan semakin banyak jumlah yeast yang ditambahkan maka akan semakin banyak bioetanol yang diproduksi. Kenyataan ini ternyata didukung oleh Khongsay, dkk. (2010). Hasil bioetanol tertinggi pada penelitian ini yaitu 17,31% (v/v) pada penambahan 4,5 gram *S. cerevisiae*.

Dalam hal kadar glukosa untuk diproduksi menjadi bioetanol, terlihat bahwa semakin tinggi kadar glukosa maka hasil bioetanol menunjukkan kecenderungan semakin meningkat. Keadaan ini disebabkan bahwa semakin banyak kadar glukosa

dalam media pada fermentasi dengan *S. cerevisiae* digunakan sebagai sumber C (karbon) maka semakin banyak unsur karbon yang dipakai oleh sel khamir untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi untuk diproduksi menjadi bioetanol. Menurut penelitian sebelumnya oleh Jonest dan Inglewdew (1994) juga mendukung kenyataan tentang semakin banyak konsentrasi substrat maka semakin banyak bioetanol yang dihasilkan. Kenyataan ini didukung pula oleh penelitian yang telah dilakukan Yamba, dkk. (2007), yaitu semakin tinggi kadar glukosa maka dihasilkan bioetanol semakin tinggi pula.

BAB V

KESIMPULAN

1. Teknologi hidrolisis enzimatis menggunakan α -amilase dan glukoamilase layak digunakan untuk mengubah bekatul menjadi glukosa.
2. Hidrolisis enzimatis terbaik dilakukan pada temperatur 60°C dan pH 5 dengan hasil glukosa 22,75 %.
3. Kadar glukosa bekatul pada fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini fermentasi dengan kadar glukosa hasil hidrolisis enzimatis dari bekatul sebesar 22,75 % (v/v) dapat menghasilkan bioetanol 17,31 % bioetanol (v/v). Hasil tersebut merupakan fermentasi glukosa terbaik dengan penambahan 4,5 gram *S. cerevisiae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., 2009, Peningkatan Agribisnis di Perdesaan melalui Pemanfaatan Desa Mandiri Energi, Makalah Temu Nasional Desa Mandiri Energi, 23- 25 November 2009, Bandung.
- Anonim, 2007, DJLPE (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi), Jakarta.
- Anonim, Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia, 2009, Jakarta.
- Asngad, A., Harismah, K., dan Suparti, 2003 Teknologi Pengolahan Tetes Tebu Menjadi Etanol 90% dengan Alat Distilasi Menara Sinambung, Laporan kegiatan PRIDA, Program Kementerian Negara Ristek.
- Asngad, A., Suparti, dan Harismah, K., 2008, Teknologi Pembuatan Bioetanol dari Tetes Tebu sebagai Bahan Gasohol dengan Alat Distilasi Menara Sinambung, Laporan Program Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi- Ristek.
- Bafncová, P.D.; Smogrovicová, I.; Sláviková, J.; Pátková, dan, Dömèny, Z. 1999, Improvement of very high gravity ethanol fermentation by media supplementation using *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Lett.*, 21, 337-341
- Jones, M.A. dan Ingledew, W.M., 1994, Fuel alcohol production: optimization of temperature for efficient very-high-gravity fermentation, *Applied and environmental microbiology*, 60, 3, 1048-1051
- Harismah, K., Asngad, A., dan Suparti, 2001. Modifikasi Alat Distilasi Alkohol dengan Menara Isian Secara Berkesinambungan, Pendaftaran paten no: S00200100010.
- Harismah, K., Asngad, A., dan Suparti, 2004. Penerapan alat distilasi menara sinambung untuk meningkatkan produksi alkohol menjadi kadar 90% bagi pengrajin arak di Kecamatan Kradenan Purwodadi, Laporan kegiatan IPTEKDA LIPI.
- Kadiman, K., 2005, *Biofuel: the alternative fuel for (vehicles in) the future*, dipresentasikan pada the Gaikindo Conference, 12.07.2005, Jakarta.
- Khongsay, N.; Laopaiboon, L.; dan Laopaiboon, 2010, growth and batch fermentation of *saccharomyces cerevisiae* on sweet sorghum stem juice under normal and very high gravity conditions, *Biotechnology*, 2010, ISSN 1682-296X © 2010 Asian Network for Scientific Information.
- Laopaiboon, L., Thanonkeo, P., Jaisil, P., and Laopaiboon, P., 2007. Ethanol production from sweet shorgum juice in batch and fed-batch fermentations by *Saccharomyces cerevisiae*, *World J. Microbiol Bioethanol*, 23 (10): 1497-1501.
- Laopaiboon, L., Nuanpeng, S., Srinophakun, P., Klanrit, P., and Laopaiboon, P., 2008. Selection of *Saccharomyces cereviceae* and Investigation of its Performance for Very High Gravity Ethanol Fermentation, *Biotechnology* 7 (3): 493-498. ISSN 1682-296X.
- Lissens, dkk., 2004, *Biodegradation*, 15, 173-183

Liu, PhD Thesis, Technische Universität Hamburg Harburg, 2000

Mulyanto, Widjaja, T., M. A, Hakim, dan Frastiawan, E., Produktivitas etanol dari Molases dengan Proses Fermentasi Kontinyu Menggunakan *Zymomonas mobilis* dengan Teknik Immobilisasi Sel κ -Karaginan dalam Bioreaktor Packed-bed, Prosiding seminar Nasional XIV- FTI, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.

Sritrakul, N., P. Laoparboon., P. Danviruati and L. Laoparboon. 2007. Continuous Mango Wine Fermentation in a Packed-bed Bioreactors Using Immobilized Yeasts, System Stability and Volatile by Products. Thai Journal of Biotechnology 8(1): 5 – 10.

Thanonkeo, P., Laopaiboon, L., and Laopaiboon, P., 2002. Renewable alternative fuel from sweet shorgum. The 14th international symposium on alcohol fuels (isaf xlv), Phuket, Thailand, 12-15 November 2002.

Thomas, K.C., Hynes, S.H., dan Ingledew, W.M., 1996, Practical and Theoretical considerations in the Production of High Concentrations of Alcohol by Fermentation. Process Biochem., 31, 321-331.

Yamba, F.D.; Wamukwamba, C.K.; Matsika, E.; dan Songiso, M., 2007, Investigations the production and use of bioethanol from sweet sorghum as an alternative fuel, Department of mechanical engineering, school of engineering, University of Zambia, Lusaka.

LAMPIRAN