



Pemanfaatan Umbi Suweg (*Amorphophallus* sp) sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol melalui Proses Fermentasi dan Distilasi

Hargono^{1*}), Adimas Wahyu Santoso^{2*}), Gleys Kasih Deborah^{2*})

¹⁾ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

²⁾ Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

*E-mail : hargono_tkundip@yahoo.co.id

Abstract

Suweg (*Amorphophallus* sp) is a plant that is easy to grow. Bulbs of this type is rarely used as food because the tuber contains compounds that cause itching. The carbohydrate content in tubers of 17.5%, so the bulbs suweg worthy of ethanol (bioethanol). The process used to convert starch into bioethanol suweg through enzymatic hydrolysis stages continued fermentation. The process of enzymatic hydrolysis using the enzyme α -amylase and gluco-amylase, while the fermentation process using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. As the growth of bacteria use nutrients NPK and urea. Substrate concentration of 20% (w / w), α -amylase enzyme dose and gluco-amylase : 1.0, 1.5 and 2% (w / w), respectively. The next best glucose results generated from the hydrolysis process is fermented using yeast mass of 20 g / L with a variety of nutrient mass of a mass of urea and NPK 3, 5, 7, and 11 g / L, .respectively. Bioethanol fermentation results in the form of crude subsequently purified by distillation. Hydrolysis using each dosage α -amylase and gluco-amylase as much as 1.5% yield of glucose 11.9 g / L. In the fermentation process, the addition of nutrient effect on ethanol. The highest ethanol content of fermented mass produced by the addition of NPK nutrients in variable 5 g / L that is equal to 8.5%. Separation by distillation of the stage to produce ethanol 65%.

Keywords: suweg, enzymatic hydrolysis, fermentation, distillation of the stage and ethanol

Pendahuluan

Suweg (*Amorphophallus* sp) mudah tumbuh di pinggir hutan jati, di bawah rumpun bambu, di tepi-tepi sungai, di semak belukar dan di tempat-tempat lain hingga elevasi 2500 meter di atas permukaan air laut (Kasno dkk., 2007). Suweg merupakan jenis tanaman umbi yang mempunyai potensi dan prospek yang baik sebagai bahan baku bioetanol, selain mudah ditanam, tanaman ini juga memiliki tingkatan panen yang tinggi. Kandungan karbohidrat dalam umbi suweg 17,5% (b/b), sedangkan kandungan amilosa dan amilopektin, masing-masing 24,50 dan 75,50% (b/b) (Wankhede dan Sajjan , 1981).

Proses pembuatan bioetanol dari bahan baku berbasis pati, meliputi proses hidrolisis yang bertujuan menkonversi pati menjadi glukosa, dilanjutkan proses fermentasi untuk mengubah glukosa menjadi etanol dengan peran aktif *yeast*, terutama *Saccharomyces* sp. atau bakteri *Zymomonas mobilis*. Kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi sekitar 8-12%, yang disebut crude etanol, selanjutnya untuk memperoleh etanol dengan kadar yang lebih tinggi dilakukan proses pemisahan. Salah satu cara yaitu menggunakan distilasi.

Hidrolisis enzimatis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Izmirlioglu dan Ali, 2012). Proses hidrolisis pati menjadi sirup glukosa dapat menggunakan katalis enzim, asam atau gabungan keduanya. Hidrolisis secara enzimatis memiliki perbedaan mendasar dengan hidrolisis secara asam. Hidrolisis secara asam memutus rantai pati secara acak, sedangkan hidrolisis secara enzimatis memutus rantai pati secara spesifik pada percabangan tertentu, lebih menguntungkan dibandingkan hidrolisis asam, karena prosesnya lebih spesifik, kondisi prosesnya dapat dikontrol, biaya pemurnian lebih murah, dan kerusakan warna dapat diminimalkan. Secara garis besar, tahap hidrolisis pati meliputi : gelatinisasi, liquifikasi dan sakarifikasi.

• Gelatinisasi

Gelatinisasi adalah proses memecah pati yang berbentuk granular menjadi suspensi yang *viscous*. Granular pati dibuat membengkak akibat peningkatan volume oleh air dan tidak dapat kembali lagi ke kondisi semula. Perubahan inilah yang disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granular pecah disebut suhu gelatinisasi yang dapat dilakukan dengan menambahkan panas dalam sistem (Reddy *et al.*, 2003).

• Liquifikasi

Liquifikasi merupakan proses hidrolisis pemecahan pati menjadi dekstrin oleh enzim pada suhu diatas suhu gelatinisasi dan pH optimum aktivitas enzim, selama waktu yang telah ditentukan untuk setiap jenis enzim. Proses liquifikasi selesai ditandai dengan parameter dimana larutan menjadi lebih encer seperti sup. Pada pembuatan



bioetanol proses liqifikasi dilakukan dengan menggunakan enzim α -amilase dengan suhu berkisar 90-110 °C (Sánchez dan Carlos, 2007) yang berlangsung selama 30 menit (Brethauer dan Charles, 2009) dengan pH optimum berkisar 4-11 (Reddy *et al.*, 2003).

- **Sakarifikasi**

Sakarifikasi merupakan tahap pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana dengan penambahan enzim glukamilase. Pada tahap ini dekstrin diubah menjadi glukosa. Suhu pada proses sakarifikasi menggunakan enzim glukamilase berlangsung pada suhu yang lebih rendah dari suhu proses liqifikasi yaitu 60-70 °C (Sánchez dan Carlos, 2007).

Proses hidrolisis enzimatik dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: enzim, ukuran partikel, suhu, pH, waktu hidrolisis, perbandingan cairan terhadap bahan baku (volume substrat), dan pengadukan. Enzim α -amilase akan memotong ikatan amilosa dengan cepat pada pati kental yang telah mengalami gelatinisasi. Kemudian enzim glukamilase akan menguraikan pati secara sempurna menjadi glukosa pada tahap sakarifikasi (Brethauer dan Charles, 2009).

Enzim

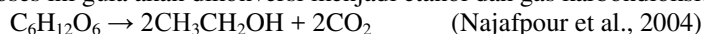
Enzim adalah katalisator organik (biokatalisator) yang dihasilkan oleh sel. Seperti katalisator anorganik, enzim juga berfungsi untuk mempercepat reaksi kimia. Setelah reaksi berlangsung, enzim tidak mengalami perubahan jumlah, sehingga jumlah enzim sebelum dan setelah reaksi adalah tetap. Enzim mempunyai selektivitas yang tinggi terhadap reaktan, meningkatkan kecepatan reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Enzim α -amilase dan glukamilase digunakan dalam proses hidrolisis enzimatis untuk menkonversi pati menjadi glukosa. Enzim α -amilase merupakan endo-enzim yang memotong ikatan α -1,4-glukosida secara spesifik pada titik tertentu untuk mengurangi dengan cepat viskositas dari larutan pati yang telah tergelatinisasi untuk membentuk dekstrin (6-10 glukosa). Enzim glukamilase adalah exo-amilase, berfungsi menghidrolisis ikatan-ikatan α -1,4 ; α -1,6 dan α -1,3 dalam amilosa dan amilopektin menghasilkan molekul-molekul glukosa bebas, dengan memutus rantai molekul maltosa menjadi molekul-molekul glukosa bebas (Van der Maarel *et al.*, 2002). Namun demikian enzim ini juga dapat memutus ikatan α -1,4 di dalam rantai yang lebih panjang sehingga dihasilkan molekul-molekul glukosa bebas. Perbedaannya dengan enzim α -amilase, enzim ini dapat memotong ikatan α -1,6. Pada umumnya, enzim ini bekerja pada suhu 60-70 °C (Forgaty dan Kelly, 1979).

Pati atau amilum

Pati atau amilum adalah karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimer anhidro monosakarida dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati juga merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa tersusun atas satuan glukosa yang saling berkaitan melalui ikatan 1-4 glukosida, sedangkan amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun atas 1-4 glikosida dan mempunyai rantai cabang 1-6 glukosida (Buleon *et al.*, 1998). Pati terdiri dari 2 tipe polisakarida, yaitu amilosa (kira-kira 25%) dan amilopektin (kira-kira 75%). Amilosa merupakan polimer rantai lurus yang terdiri atas anhidroglukosa yang dihubungkan ikatan α -1,4-glikosidik. Amilosa di dalam air membentuk struktur *helix*. Bila iodin ditambahkan pada larutan yang mengandung amilosa, maka iodin akan terperangkap dalam *helix* sehingga terjadi perubahan warna larutan menjadi biru/ungu (Fogarty and Kelly, 1979). Amilopektin merupakan polimer bercabang yang terdiri atas unit anhidroglukosa (glukopiranosil) yang dihubungkan oleh ikatan α -1,6-glikosidik (percabangan) dan ikatan α -1,4-glikosidik yang membentuk rantai lurusnya.

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses alami yang akan menghasilkan alkohol dan asam organik seperti asam cuka dan asam laktat dari gula yang disebabkan oleh mikroorganisme (Umbreit, 1959). Bioetanol diperoleh dari hasil fermentasi bahan yang mengandung gula. Tahap inti produksi bioetanol adalah fermentasi gula, baik yang berupa glukosa, sukrosa, maupun fruktosa oleh ragi (*yeast*) terutama *Saccharomyces sp.* atau bakteri *Zymomonas mobilis*. Pada proses ini gula akan dikonversi menjadi etanol dan gas karbondioksida.

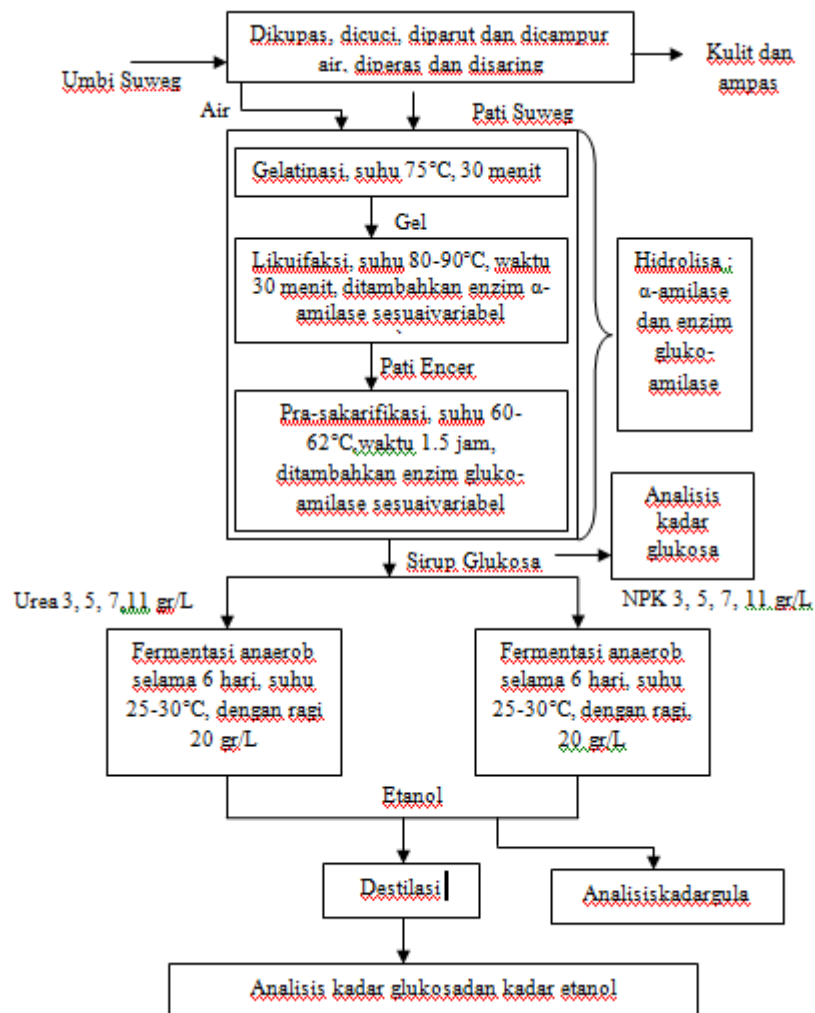


Pada proses fermentasi terdapat dua metode yang biasa digunakan yaitu *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* dan *Separate Hydrolysis and Fermentation (SHF)*. *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* adalah proses hidrolisis dan fermentasi yang dilaksanakan secara berkelanjutan tanpa melalui tenggang waktu yang lama dalam satu reaktor. Proses *SSF* sebenarnya hampir sama dengan proses yang dilakukan secara terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi yang dikenal dengan proses *Separate Hydrolysis and Fermentation* (Brethauer *et al.*, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi enzim α -amilase dan glukamilase pada proses hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan, mempelajari pengaruh dan sekaligus membandingkan pengaruh penambahan massa urea dan NPK terhadap kadar bioetanol pada proses fermentasi.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental, dengan tahapan : persiapan bahan, hidrolisis, fermentasi, pemurnian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar-1. Pembuatan Bioetanol dari Pati Suweg

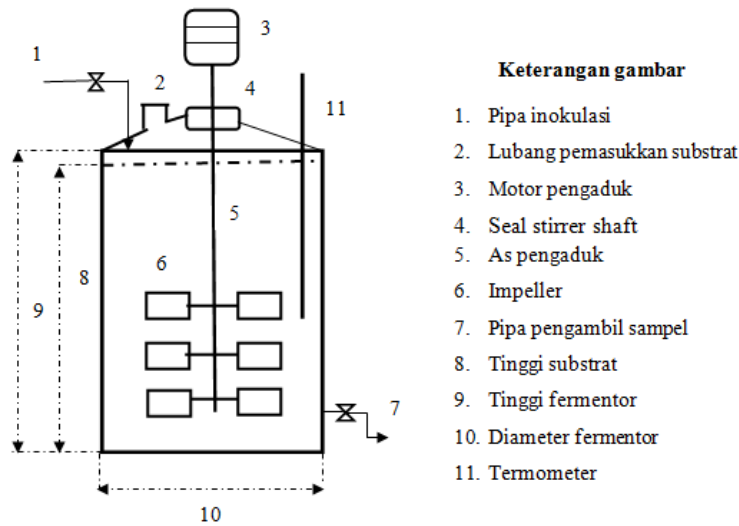
Bahan dan alat

Bahan

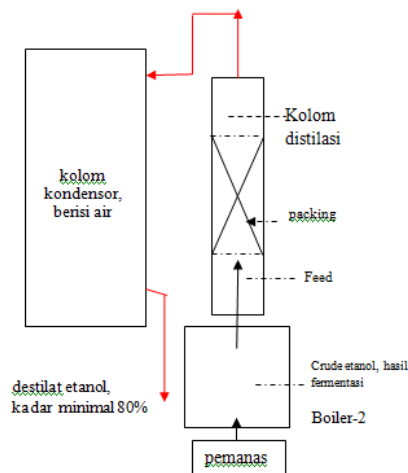
Umbi suweg : didapatkan dari desa Pung wetan, Kecamatan Jatipuro, Karanganyar. Kandungan pati dalam umbi 16,7%. Enzim α -amilase dan glukamilase didapat dari Novozymes, Denmark. Yeast *S. cereviceae* (Baker's yeast, Mauri-Pan) dibeli dari toko roti Kabita, Semarang.

Alat

Alat fermentasi dan destilasi ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Alat Fermentasi



Gambar 3 Distilasi satu Tahap

Variabel penelitian :

Variabel tetap

Hidrolisis :

- Konsentrasi substrat/ pati (b/b) : 20% (200 g/ 1000 mL larutan)
- Suhu gelatinasi : 75°C
- Waktu gelatinasi : 30 menit
- Suhu likuifaksi : 80-90°C
- Waktu likuifaksi : 30 menit
- Suhu pra-sakarifikasi : 60-62°C
- Waktu pra-sakarifikasi : 1,5 jam
- Massa ragi : 20 gr/L
- pH : 4
- Waktu fermentasi : 6 hari

Variabel independent

- Konsentrasi enzim, % (b/b) : 1,0 ; 1,5 ; 2 %
- Massa urea / volume larutan : 3, 5, 7, 11 g/L
- Massa NPK / volume larutan : 3, 5, 7, 11 g/L
- Respon yang diamati : glukosa dan kadar etanol

Hasil dan Pembahasan

• Hidrolisis :

- Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa

Hasil hidrolisis pengaruh konsentrasi enzim α -amilase dan glucoamilase terhadap glukosa, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa

Enzim α -amilase	Konsentrasi Enzim, %		Kadar Glukosa, g/L
	Enzim α -amilase	Enzim gluco-amilase	
1	1	13.24	
1,5	1,5	16,60	
2	2	14.52	

Berdasarkan Tabel 1, α -amilase dan gluco-amilase mampu mengubah pati suweg menjadi glukosa. Kadar glukosa tertinggi yaitu 16,60% dihasilkan oleh konsentrasi enzim α -amilase dan gluco-amilase masing-masing 1,5%. Kemampuan enzim α -amilase dan gluco-amilase untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa disebabkan karena enzim α -amilase mampu memutus ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin menjadi dekstrin. (Tjokroadikoesoemo, S., 1986).

• Fermentasi dan Distilasi

Hasil proses fermentasi adalah glukosa dan etanol. Fermentasi menggunakan nutrien urea dan NPK. Hasil fermentasi menggunakan urea dan NPK didapatkan konsentrasi etanol paling tinggi yaitu masing-masing 11,5% (penambahan urea 11,9 g) dan 12 % (penambahan NPK 11,9g), sebagaimana disajikan dalam Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil Proses Fermentasi menggunakan urea dan Distilasi

Massa Urea, g	Kadar Glukosa, g/L		Konversi glukosa (%)	Crude Etanol, %	Konsentrasi Etanol (%) (hasil distilasi)
	Awal	Sisa			
5,1	14,6	7,3	50,0	9	48
8,5	16,10	7,60	52,79	10	54
11,9	14,35	6,00	58,19	11,5	60
18,7	13,56	5,98	55,90	10,5	56

Tabel 3. Hasil Proses Fermentasi menggunakan NPK dan Distilasi.

Massa NPK (g)	Kadar Glukosa, g/L		Konversi glukosa (%)	Crude Etanol, %	Konsentrasi Etanol (%) (hasil distilasi)
	Awal	Sisa			
5,1	14,6	6,9	52,02	10	49
8,5	16,10	7,22	53,91	10,5	60
11,9	14,35	5,86	59,16	12	65
18,7	13,56	5,80	57,15	11	58

Pemurnian hasil etanol umumnya dilakukan dengan metode distilasi 2 tahap. Hasil etanol akhir mempunyai komposisi dibawah titik azeotropnya, kadar rata-rata 95% . Rekayasa akan dilakukan yaitu operasi distilasi dua tahap direkayasa menjadi satu tahap dengan cara mengoptimalkan *packing* dalam kolom untuk mendapatkan hasil etanol yang optimal (Hargono, 2012).

Hasil fermentasi yang menghasilkan konsentrasi crude etanol terbaik selanjutnya dimurnikan menggunakan distilasi satu tahap. Hasil distilasi satu tahap yang telah dilakukan terhadap etanol 12 %, dihasilkan konsentrasi etanol paling tinggi yaitu 65%. Apabila menginginkan konsentrasi etanol yang lebih tinggi dapat dilakukan distilasi lanjutan (2 tahap) hingga dihasilkan konsentrasi etanol 96% (mendekati titik azeotrop).

Kesimpulan

- Pada proses hidrolisis, penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluco-amilase berpengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Kadar glukosa tertinggi dihasilkan dari enzim α -amilase dan gluco-amilase dengan konsentrasi masing-masing 1,5 % (b/b), yang menghasilkan konsentrasi glukosa 16,60 g/L.
- Proses fermentasi dengan penambahan massa nutrient NPK 11,9 g dan 11,9 urea, menghasilkan konversi glukosa tertinggi masing-masing 58,19 dan 59,16 %.



- Konsentrasi crude etanol tertinggi 12 %, dihasilkan oleh penambahan nutrient NPK 11,9 g.
- Hasil pemisahan dengan cara distilasi satu tahap, menghasilkan etanol 65%.

Daftar Pustaka

- Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY. 2012. Data kandungan gizi bahan pangan dan olahan. <http://bkppp.bantulkab.go.id/documents/20120725142651-data-kandungan-gizi-bahan-pangan-dan-olahan.pdf>
- Brethauer, Simone and Charles E. Wyman, 2009. *Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production*. Elsevier Bioresource Technology 101, 4862-4874
- Buleón, A., P. Colonna, V. Planchot, and S. Ball. 1998. Starch granules: Structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules* 23:85-112.
- Kasno, A., Trustinah, M. Anwari, dan B. Swasono, 2007. *Prospek suweg sebagai bahan pangan saat paceklik*. <http://balitkabi.litbang.deptan.go.id>.
- Hargono, 2012, Pembuatan Bioetanol *Fuel Grade* dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) melalui Proses Destilasi-Adsorpsi menggunakan Adsorben Zeolit, Prosiding Seminar Nasional teknik Kimia 2012, Universitas Parahyangan Bandung. 25 April 2012, ISSN: 2252-6005, Hal 19-23.
- Hargono dan Kristinah Haryani, 2012, Pembuatan Bioetanol Grade Bahan Bakar Rumah Tangga dari Bahan Baku Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) : Tinjauan Aspek Rekayasa Teknologi Pengolahan Bioetanol untuk Kelompok Tani dan Industri Skala Menengah, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Uinversitas Indonesia, Depok, 20-21 September 2012, ISBN: 978-979-98300-2-9, Hal. 935-942
- Najafpour, Ghasem, Habibollah and Ku Syahidah Ku Ismail, 2004. *Ethanol fermentation in an immobilized cell recator using Saccharomyces cerevisiae*. Elsevier Bioresource Technology 92, 251-260
- Sánchez, Óscardan Carlos A. Cardona. 2007. *Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks*. Elsevier Bioresource Technology 99, 5270-5295
- Tjokroadikoesoemo, S. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta: Gramedia.
- Van der Maarel, Marc J.E.C., Bart van der Veen, Joost C.M. Uitdehaag, Hans Leemhuis, dan L. Dijkhuizen. 2002. *Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family*. Elsevier Journal of Biotechnology 94, 137-155.
- Wankhade, D. dan Sajjan, S.U., 1981. *Isolation and Physico-chemical of Starch Extracted from Yam, Elephant Amorphophallus campanulatus*, Verlagchemie GmbH, D-6940, Weirhem. www.id.wikipedia.org/wiki/Amilum (diakses tanggal 05 Juli 2013)





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Akbarningrum Fatmawati (Ubaya Surabaya)

Notulen : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Hahmi Riza (UPN)
Pertanyaan : Alasan ambil umbi sebagai bahan baku dalam penelitian, umbi merupakan sumber pati (amilum yang potensial sebagai bahan baku etanol)
Jawaban : Karena memang berorientasi pada bahan baku (umbi-umbian) yang bukan umbi yang tidak dimanfaatkan sebagai bahan pangan

2. Penanya : Ade Tia (UNS)
Pertanyaan :
 1. Pada penelitian digunakan satu tahap destilasi produk etanol alasannya apa?
 2. Apabila pemurnian menggunakan membran, bagaimana menurut Anda?
Jawaban :
 1. Karena pada penelitian ini sasaran kemurnian yang ingin dicapai adalah 70% sehingga satu kali tahap saja sudah cukup.
 2. Membran bisa dilaksanakan tetapi sebaiknya melalui tahapan destilasi dahulu, karena etanol produk masih crude sehingga masih banyak campurannya sehingga akan lebih efektif apabila melalui tahap destilasi baru membran.

