

## PEMBUATAN BIOETANOL DARI TEPUNG AMPAS TEBU MELALUI PROSES HIDROLISIS TERMAL DAN FERMENTASI: PENGARUH PH, JENIS RAGI DAN WAKTU FERMENTASI

Irvan, Popphy Prawati, Bambang Trisakti  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,  
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia  
Email : popphy\_here@yahoo.com

### Abstrak

Bioetanol merupakan etanol yang terbuat dari tanaman yang mengandung pati, gula dan tanaman berselulosa lainnya. Penelitian ini membuat bioetanol menggunakan ampas tebu yang mengandung selulosa yang cukup tinggi sebagai bahan baku, dengan melakukan variasi pH fermentasi, jenis ragi dan waktu fermentasi. Proses utamanya adalah hidrolisis termal dengan metode liquid hot water (LHW), fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, dan pemurnian dengan distilasi vakum. Variabel yang digunakan adalah pH 4; 4,5; dan 5; jenis ragi roti dan tape; dan lama fermentasi 2, 4, 6, 8 dan 10 hari. Dari analisis yang dilakukan terhadap hasil penelitian didapat perolehan bioetanol yang terbaik sebesar 23 mL, dengan densitas sebesar 0,95 g/ml dan nilai kalor sebesar 161,59 kkal/kg, yaitu pada variasi pH 5 dengan waktu fermentasi 4 hari menggunakan ragi roti.

**Kata kunci** : ampas tebu, bioetanol, fermentasi, liquid hot water

### Abstract

Bioethanol is ethanol, which made from starch, glucose, or cellulose of plants. In this research, it has been made from cellulose of sugarcane baggase. This research was conducted to study about the effect of pH, yeast type and the duration of fermentation to yield's ethanol. The main processes in this research were thermal hydrolysis by liquid hot water (LHW) method, fermentation by using *Saccharomyces cerevisiae* and purification by vacuum distillation. The variables in this research were pH 4; 4,5; and 5; baker's yeast and fermented glutinous cassava; and the duration of fermentation were 2, 4, 6, 8 and 10 days. Based on the analysis of the yield, the volume of bioethanol is 23 mL with 0,95 g/ml density and 161,59 kkal/kg heat value as the best yield, under the condition of pH 5 and 4 days of the duration of fermentation using baker's yeast

**Keywords** : bioethanol, fermentation, liquid hot water, sugarcane baggase

### Pendahuluan

Energi sangat diperlukan dalam menjalankan aktivitas perekonomian Indonesia, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun untuk aktivitas produksi berbagai sektor perekonomian. Sebagai sumber daya alam, energi harus dimanfaatkan sebesar-besarnya bagi kemakmuran masyarakat dan pengelolaannya harus mengacu pada asas pembangunan berkelanjutan. Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumberdaya energi baik energi yang bersifat *unrenewable resources* maupun yang bersifat *renewable resources*. Namun demikian, eksplorasi sumberdaya energi lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable resources* sedangkan energi yang bersifat *renewable* relatif belum banyak dimanfaatkan. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah, semakin langka yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak mentah dan produk-produk turunannya [6].

Selama ini ampas tebu digunakan sebagai energi utama pabrik gula [7]. Umumnya dalam

pengolahan tebu, dihasilkan ampas tebu dalam skala besar (mencapai 240 kg bagas dengan 50% kelembapan per 1 ton tebu), yang sekarang dibakar di boiler untuk pembangkitan steam dan listrik. Teknologi yang baik untuk membangkitkan dan mengoptimalkan proses produksi etanol memberikan nilai surplus ampas yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar untuk pembangkitan listrik atau bahan baku bioetanol dan produk berbasis bio lainnya [4].

### Teori

Bioetanol ( $C_2H_5OH$ ) merupakan senyawa etanol yang didapatkan dari rekayasa biomassa (tanaman) yang mengandung komponen gula, pati, maupun selulosa melalui proses biologis (enzimatik dan fermentasi) [5]. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu) [13].

Batang tebu digiling untuk menghasilkan air tebu yang selanjutnya digunakan untuk produksi gula (sukrosa) dan alkohol (etanol). Limbah sisa penggilingan batang tebu disebut ampas/bagas [2]. Ampas tebu mengandung substrat lignoselulostik potensial untuk produksi bioetanol, karena mengandung kandungan gula tinggi, dapat diperbaharui, murah, dan banyak tersedia [1]. Indonesia memiliki potensi limbah biomassa yang sangat melimpah seperti bagas. Setiap tahunnya Indonesia menghasilkan limbah bagas tebu sebesar 47 juta ton. Potensi bagas di Indonesia menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2012, cukup besar dengan komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9 persen, blotong 3,5 persen, ampas (bagas) 32 persen, tetes 4,5 persen, dan gula 7,05 persen serta abu 0,1 persen [18].

Dengan tujuan untuk memproduksi etanol dari bahan lignoselulosa, kita harus (a)membuka ikatan lignoselulosa untuk mengakses rantai polimer selulosa dan hemiselulosa dengan proses pendahuluan, (b)menghidrolisis polimer untuk mencapai monomer larutan gula, (c)fermentasi gula menjadi larutan etanol (bubur) dengan mikroorganisme, dan (d)memurnikan etanol dengan distilasi [17].

### Metodologi Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu, ragi tape, ragi roti, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), urea, natrium hidroksida (NaOH),  $H_2O$  (Aquadest). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah digester, beaker glass, bunsen, statif dan klem holder, labu leher tiga, hotplate, blender, rotary evaporator, termometer, shaker, neraca analisis, toples plastik, oven, gelas ukur, erlenmeyer, kertas saring, furnace, dan pH meter.

Tahap preparasi ampas tebu dilakukan dengan dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^\circ C$  selama 1 jam dan diblender sampai berbentuk serbuk. Tepung ampas tebu akan menjadi bahan baku, dan disimpan dalam plastik kedap udara agar tidak mempengaruhi kandungan air dan komposisi senyawa di dalamnya.

Serbuk ampas tebu sebanyak 200 gram dimasukkan kedalam digester. Kemudian kedalam digester tersebut dimasukkan media hidrolisis berupa air sebanyak 4800 mL sehingga diperoleh perbandingan ampas tebu air sebesar 4% berdasarkan persen berat. Selanjutnya digester yang berisi sampel dipanaskan selama 1 jam dan temperatur  $150^\circ C$ . Temperatur aktual didalam reaktor dibaca oleh thermocouple yang dipasang di digester.

Bubur ampas tebu ditambahkan ragi roti/ tape sebanyak 17,5 gram dan urea sebanyak 1

gram. Difermentasi dalam keadaan *anaerob* dengan variasi waktu 2 sampai 10 hari pada suhu  $30^\circ C$  dan variasi pH 4; 4,5; 5 lalu didistilasi. Sisa hasil distilasi yang menunjukkan kadar etanol terbaik kemudian difermentasi kembali.

### Hasil dan Pembahasan

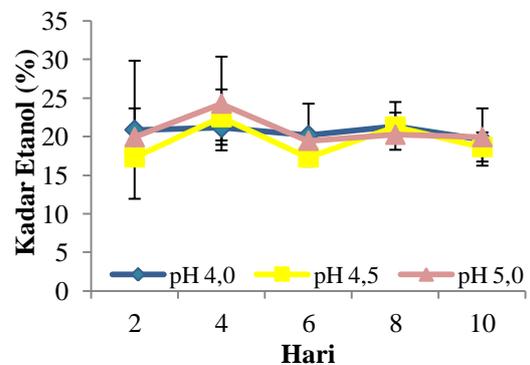
Variabel yang divariasikan adalah pH fermentasi, jenis ragi dan waktu fermentasi. Dengan variabel tetap 4% berat ampas tebu selama hidrolisis.

### Hasil Analisis Bahan Baku

Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Chesson* diperoleh kadar selulosa sebesar 30,5 % dan kadar lignin 25,9 %. Komponen utama ampas tebu adalah lignin (22%), selulosa (30%), dan hemiselulosa (23%) [3]. Sehingga ampas tebu dapat digunakan untuk pembuatan bioetanol dengan cara hidrolisis dan fermentasi

### Pengaruh pH Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Hubungan antara pH terhadap yield etanol yang dihasilkan pada waktu fermentasi antara 2 sampai 10 hari dapat dilihat pada gambar 1. Profil perubahan waktu terhadap kadar etanol dievaluasi setiap 2 hari (berdasarkan pH) dengan menghitung kadar rata-rata dan error bar.



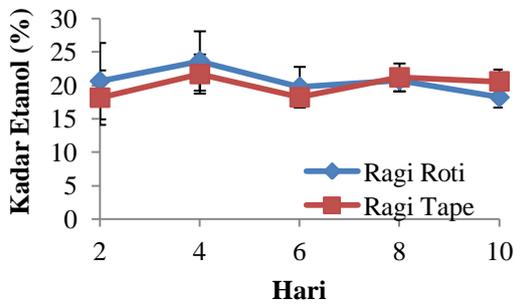
Gambar 1. Pengaruh pH Terhadap Kadar Etanol

Dari gambar 1 diperoleh bahwa kadar etanol selama rentang waktu 2 sampai 10 hari mengalami fluktuasi. Secara umum mengalami peningkatan pada hari ke-4, penurunan pada hari ke-6, peningkatan kembali pada hari ke-8 dan terakhir penurunan pada hari ke-10. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting yang perlu untuk diperhatikan pada proses fermentasi. pH mempengaruhi laju pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* [11]. Pada kondisi pH lingkungan yang sesuai *Saccharomyces cerevisiae* mampu memberikan pengaruh yang signifikan pada produksi etanol

[11]. Dari penelitian ini diperoleh kondisi terbaik adalah pH 5 dengan waktu fermentasi 4 hari memiliki *yield* etanol yang maksimum sebesar 24,26%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Liu (2014) menggunakan beras Cina dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Selama rentang waktu 0 sampai 100 jam (4 hari) mengalami peningkatan kadar etanol [10].

**Pengaruh Jenis Ragi Terhadap Kadar Bioetanol**

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan jenis ragi yang digunakan dalam proses fermentasi. Ragi yang digunakan adalah ragi roti merk Fermipan dan ragi tape yang diperoleh dari pasar Pancur Batu. Gambar 2 menunjukkan perolehan kadar etanol berdasarkan kedua jenis ragi ini.



**Gambar 2. Pengaruh Jenis Ragi Terhadap Kadar Etanol**

Dari rentang waktu 2-6 hari ragi roti menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi, namun setelah waktu 6 hari kadar etanol menggunakan ragi tape menghasilkan hasil yang lebih baik. Sesuai dengan pendapat Pelczar dan Chan (1998), yang menyatakan bahwa ragi roti merupakan khamir jenis *Saccharomyces cerevisiae* yang telah diseleksi sebelumnya untuk tujuan komersil. *Saccharomyces cerevisiae* yang dipilih adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang memiliki kemampuan memfermentasi gula dengan baik di dalam adonan dan dapat tumbuh dengan cepat [12]. Sehingga dengan menggunakan ragi roti lebih optimal dilakukan fermentasi dalam waktu singkat.

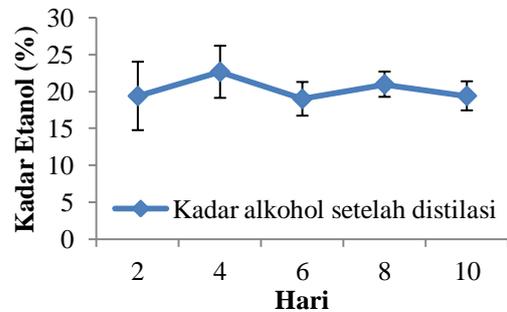
Sedangkan dalam ragi tape kurang optimal, hal tersebut disebabkan ragi yang digunakan bukanlah biakan murni, melainkan merupakan campuran dari genus- genus, memiliki spesies seperti *Aspergillus*, *S. cerevisiae*, *Candida* dan *Hansenula*, serta *Acetobacter*. Genus tersebut hidup bersama-sama secara sinergistik dan bekerja berkesinambungan. Dimana, *Aspergillus* dapat menyederhanakan gula; *S. cerevisiae*, *Candida* dan *Hansenula* dapat menguraikan gula menjadi alkohol; sedangkan *Acetobacter* menguraikan alkohol menjadi asam

asetat [9]. Jadi, ketika sudah terbentuk etanol, *acetobacter* yang terkandung di dalam ragi akan merubahnya menjadi asam asetat.

Penelitian ini tidak sesuai dengan yang dilakukan Johnprimen (2012) menggunakan biji durian dengan ragi roti maupun tape. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ragi tape lebih optimal karena lebih banyak mikroorganisme yang dapat menguraikan glukosa menjadi gula-gula yang lebih sederhana dan pada waktu fermentasi mikroba pada tape lebih cepat beradaptasi dan tumbuh [8].

**Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol**

Adapun hasil penelitian pembuatan bioetanol dari ampas tebu dengan menggunakan hidrolisis termal dengan variasi waktu fermentasi dapat dilihat pada gambar 3.

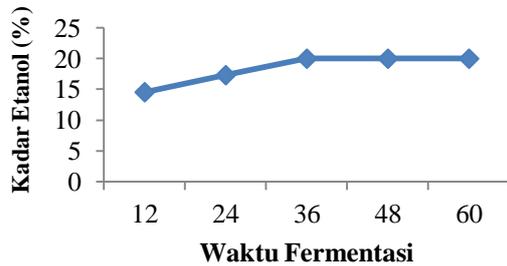


**Gambar 3. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol**

Dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi selama rentang waktu 2-10 hari. Secara umum mengalami peningkatan pada hari ke-4, penurunan pada hari ke-6, peningkatan kembali pada hari ke-8 dan terakhir penurunan pada hari ke-10. Kadar etanol terbaik diperoleh pada waktu 4 hari sebesar 22,63%.

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa, semakin lama fermentasi berlangsung maka jumlah mikroba yang dibutuhkan dalam proses tersebut juga akan semakin bertambah, sehingga dengan semakin meningkatnya jumlah mikroba maka semakin banyak pula karbohidrat yang terurai menjadi alkohol, sehingga alkohol yang dihasilkan juga semakin banyak. Proses ini akan terhenti jika kadar alkohol sudah meningkat sampai tidak dapat ditolerir lagi oleh mikroba [15]. Disisi lain Sari et al (2008), menyatakan bahwa lama fermentasi yang paling optimal untuk proses pembuatan bioetanol adalah 3 hari. Jika fermentasi dilakukan lebih dari 3 hari, justru kadar alkoholnya dapat berkurang. Berkurangnya kadar alkohol disebabkan telah dikonversi menjadi senyawa lain misalnya ester [16]. Untuk membuat analisa perkembangan yeast dibuat

variasi waktu etanol selama 12 jam diperoleh hasilnya seperti pada gambar 4.

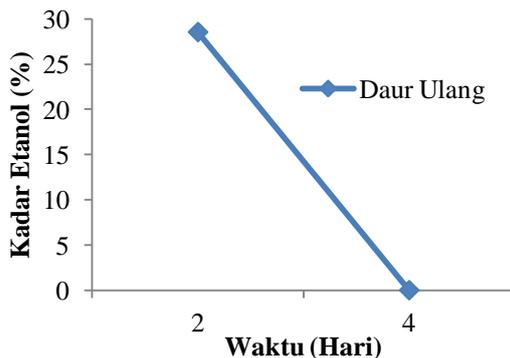


**Gambar 4. Variabel Pembanding Waktu Fermentasi**

Pertumbuhan dapat diamati dari meningkatnya kadar etanol yang menunjukkan produktivitas *saccharomyces cerevisiae*. Lama fermentasi juga berkaitan dengan pertumbuhan *S.cerevisiae*. seperti mikroorganisme yang lain, pertumbuhan dari *S.cerevisiae* dapat digambarkan dengan kurva pertumbuhan yang menunjukkan masing- masing fase pertumbuhan. Ada 4 fase pertumbuhan yang meliputi fase adaptasi, fase tumbuh cepat, fase stationer, dan fase kematian [11].

**Daur Ulang Vinnase**

Pemanfaatan sisa distilasi ampas tebu hasil distilasi dilakukan untuk mengetahui sisa kandungan etanol yang masih ada dalam substrat fermentasi. Gambar 5 menampilkan hasil recycle pada media dengan variabel pH 5 selama 2 hari fermentasi.



**Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Daurl Ulang Proses Fermentasi Dengan Kadar Etanol yang Dihasilkan**

Dari gambar 5 berdasarkan hasil optimum kadar etanol diperoleh pada waktu 4 hari dengan pH 5 menggunakan ragi roti digunakan selanjutnya untuk menganalisis hasil daur ulang menggunakan kondisi yang sama. Pada hasil daur ulang diperoleh densitas 1,012 dan

viskositas 0,854 cP. Apabila dibandingkan dengan kadar etanol pada sampel sebelum daur ulang jauh lebih tinggi disebabkan jumlah gula yang dikonsumsi lebih banyak dan didalam substrat belum terlalu banyak senyawa inhibitor yang dapat menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* [14].

Hasil daur ulang menunjukkan kadar etanol yang sangat sedikit. Hal ini menunjukkan daur ulang vinnase kurang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap yield etanol.

**Kesimpulan**

Jumlah bioetanol terbaik yang diperoleh pada penelitian ini menggunakan ragi roti dengan pH 5 dengan waktu fermentasi 4 hari, sebesar 23 ml dengan densitas 0,95 gr/ml. Kadar bioetanol yang diperoleh sebesar 28,55 % dengan nilai kalor optimum sebesar 161,59 kkal/kg. Untuk waktu fermentasi yang cepat menggunakan ragi roti lebih optimal dibandingkan ragi tape dan pemanfaatan sisa distilasi untuk di daur ulang kurang mneguntungkan karena kadar etanol hasil daur ulang sangat rendah

**Daftar Pusataka**

- [1] Amores, I, I. B, P. Manzanares, F. Sáez, G. Michelena, M. Ballesteros, Ethanol Production from Sugarcane Bagasse Pretreated by Steam Explosion, *Electronic Journal of Energy and Environment* Vol. 1, No. 1, April, ISSN: 0719-269 X, 2013.
- [2] Chanilha,L, A.K Chandel, T.S.S Milessi, F.A.F Antunes, W.L.C Antunes, W.L.C Freitas, M.G.A Felipe, S.S Silva, Bioconversion of Sugarcane Baggase into Ethanol: An Overview about Composition, Pretreatment Methods, Detoxification of Hydrolysates, Enzymatic Saccharification, and Ethanol Fermentation, *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 10.1155, 2012.
- [3] Dawson, L dan R. Boopathy, Cellulosic Ethanol Production From Sugarcane Baggase Without Enzymatic Saccharification, *BioResources* 3(2): 452-460, 2008.
- [4] Dias, O.S.M, A.V Ensinas, S.A Nebra, R.C Filho, C.E.V Rossell, M.R.W Maciel, Production of Bioethanol and Other Bio-based Materials From Sugarcane Baggase: Integration to Conventional Bioethanol Production Process, *Chemical Engineering Research and Design* 87 1206-1216, 2009.
- [5] Effendi, Wawan W, Bioetanol Kulit Buah Kakao; Menuju Indonesia Mandiri Bahan Bakar Nabati, 2012.
- [6] Elinur et al, Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian

- Indonesia, Indonesian Journal of Agricultural Economics. ISSN 2087-409x. Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [7] Fauzi, Ahmad, Pemanfaatan Ampas Tebu (Baggase) Untuk Bahan Baku Pulp dan Kertas Masih Hadapi Kendala, Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2005.
- [8] Johnprimen, H.S, A. Turnip, M.H.Dahlan, Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi dan Waktu Fermentasi Pada Bioetanol Dari Bijih Durian, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2012.
- [9] Judoamidjoyo, M, Teknologi Fermentasi, Jakarta, Raja wali press, 1992.
- [10] Liu, Dengfeng, L.Xu, W.Xiong, H.T.Zhang, C.C.Lin. L.Jiang, and B.Xu, Fermentation Process Modelling With Leveberg-Marquardt Algorithm and Runge-Kutta Method on Ethanol Production by *Saccharomyces cerevisiae*, Research article, China, 2014.
- [11] Narendranath, Neelakantan V and R. Power, Relationship Between pH and Medium Dissolved Solids in Terms of Growth and Metabolism of *Lactobacilli* and *Saccharomyces cerevisiae* During Ethanol Production, Applied and Environmental Microbiology. Vol 71 No. 5, 2004
- [12] Pelzar, M. dan Chan, Dasar- Dasar Mikrobiologi, Universitas Indonesia Press, Jakarta, 1998.
- [13] Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah. Maret, Gunung Batu, Bogor, 2010.
- [14] Rahman, A.Gunardi, H. D. Z.Arief, dan B. Anjasari, Kajian Efisiensi Bahan Baku Dalam Produksi Bioetanol Dari Ampas Tapioka Melalui Proses Daur Ulang (Recycling) Vinasse, Thesis, Jurusan Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Bandung, 2014.
- [15] Rudy Sutanto, Harisman Jaya, Arif Mulyanto, Analisa Pengaruh Lama Fermentasi dan Temperatur Distilasi terhadap Sifat Fisik (Spesific Gravity dan Nilai Kalor) Bioetanol Berbahan Baku Nanas (*Ananas Comosus*), Dinamika Teknik Mesin, Vol 3 No. 2. ISSN: 2008-088, 2013.
- [16] Sari, I. M., Noverita dan Yulneriwarni, Pemanfaatan Jerami Padi dan Alang- Alang Dalam Fermentasi Etanol Menggunakan Kapang *Trichoderma viride* dan Khamir *Saccharomyces cerevisiae*, Vis Vitalis, 5(2): 55-62, 2008.
- [17] Taherzadeh, M. J. dan K. Karimi, Enzyme-Based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulostic Materials : A Review, BioResources 2(4), hal: 707-738, 2007.
- [18] Yuwono, T, E. Rolanda, A.Widjaja dan Soeprijanto, Fermentasi Hidrolisat Enzimatik Bagasse Tebu Menjadi Hidrogen, Jurnal Teknik POMITS Vol 1. No.1 (1-5), 2012.