
PEMBUATAN BIOETANOL *FUEL GRADE ETHANOL* (FGE) DARI SINGKONG DENGAN PROSES DEHIDRASI MELALUI PENYERAPAN MENGGUNAKAN ZEOLITE SINTESIS

Imam Prasetyo^{1*} dan Towijaya¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan
Jl. Raya Pahlawan No.10 Gejlik – Kec. Kajen – Kab.Pekalongan 51161

*Email: imamprasetyo27@gmail.com

Abstrak

Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Bioetanol itu sendiri merupakan bentuk sumber energi alternatif yang menarik untuk dikembangkan karena kelimpahannya di Indonesia dan sifatnya yang dapat diperbarui. Saat ini, penggunaan etanol sudah digunakan secara luas. Selain digunakan sebagai campuran bahan bakar, etanol juga digunakan dalam dunia industri sebagai pelarut (solven) dan juga sebagai bahan baku industri kimia yang lain seperti pembuatan etil asetat. Sehingga bioetanol mungkin menjadi calon bahan bakar alternatif dan banyak studi yang dilakukan untuk mengembangkan bahan bakar ini. Penelitian ini bertujuan menghasilkan bioetanol fuel grade (FGE) dari bahan baku singkong melalui proses fermentasi, distilasi, dan dehidrasi menggunakan zeolit sintesis. Bahan baku singkong dipilih karena kandungan patinya yang tinggi dan ketersediaannya melimpah di Indonesia. Proses penelitian meliputi persiapan bahan, fermentasi dengan ragi, penyulingan pada suhu 78°C, dan pemurnian melalui dehidrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar etanol hasil destilasi mencapai 92–95%, dan setelah proses dehidrasi meningkat menjadi 99,8%, sesuai standar Fuel Grade Ethanol (FGE). Penggunaan zeolit sintesis terbukti efisien, ramah lingkungan, serta dapat diregenerasi. Hasil ini mendukung upaya pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Kata kunci: bioetanol, singkong, zeolit sintesis, dehidrasi, fuel grade ethanol FGE

PENDAHULUAN

Bioetanol ini berasal dari sumber daya terbarukan yang tidak terbatas dalam bentuk tanaman yang dapat tumbuh dengan baik atau biomassa yang mengandung gula, pati atau selulosa (Amri, 2007). Dengan mencampurkan bioetanol dengan fosil bahan bakar berbasis dalam mesin bensin dapat membantu memperpanjang umur pasokan bahan bakar, menjamin keamanan yang lebih dalam pasokan bahan bakar besar, meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi hidrokarbon (HC) dan emisi karbon monoksida (CO) (Prasetyo, 2018). Selain itu, lebih tinggi panas campuran bensin bioetanol membuat campuran yang lebih baik, yang mengarah ke pembakaran yang lebih sempurna (Barakat, 2016). Sehingga mengurangi masalah lingkungan, meningkatkan ekonomi pertanian dan menghindari ketergantungan pada negara-negara bahan bakar penghasil fosil (Balat, 2009).

Beberapa penelitian tentang pembuatan bioetanol pernah dilakukan oleh (Muttaqin, 2020). dari penelitiannya melakukan proses pembuatan bioetanol dari singkong sebagai alternatif bahan bakar mesin bensin, dimana yang di tinjau dari penelitiannya yaitu proses destilasi pada suhu 78°C dengan kurun waktu 90 menit, singkong yang digunakan sebesar 5 kg, di dapat hasil pengujian pertama menghasilkan bioetanol sebesar 81 ml dengan kadar etanol 72%, pengujian kedua menghasilkan bioetanol sebesar 83 ml dengan kadar etanol 69%, pengujian ketiga menghasilkan bioetanol sebesar 79 ml dengan kadar etanol 70%.

Selanjutnya pernah juga penelitian terkait pembuatan bioetanol dari singkong dilakukan oleh (Lovisia, 2022). melakukan penelitian pembuatan bioetanol untuk mengetahui rendemen fermentasi, rendemen destilasi serta analisis jumlah bioetanol yang dihasilkan tiap kilogram singkong. Rendemen adalah menunjukkan seberapa banyak produk yang berhasil kita dapatkan dari bahan baku yang kita gunakan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada proses destilasi dilakukan sebanyak 3 kali dan diambil rata-ratanya untuk dijadikan sampel

sebanyak 0,59 liter. Di dapat hasil rendemen fermentasi diperoleh sebesar 66,34%, rendemen destilasi sebesar 2,78% dan bioetanol dari per kilogram singkong sebanyak 0,098 liter/kg.

Berdasarkan uraian tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji apakah kombinasi proses fermentasi, distilasi, dan pemurnian melalui dehidrasi menggunakan zeolit sintesis mampu meningkatkan kemurnian bioetanol hingga standar *fuel grade ethanol*, serta sejauh mana efektivitas zeolit sintesis dalam menyerap kandungan air secara selektif tanpa menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium (*True Experimental Research*) yang bertujuan memproduksi bioetanol dari singkong hingga mencapai kadar 99,5% melalui tahapan fermentasi–distilasi–dehidrasi

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 1. Daftar Alat yang digunakan

Nama Alat	Jumlah	Spesifikasi
Tungku Pembakaran	1 unit	General
Alat Destilasi	1 unit	Kapasitas 10 L
Alat Dehidrator	1 unit	Kapasitas 10 L
Termometer Celup	1 buah	0°–200°C
Alkohol Meter	1 buah	Skala 0–100
Drum Fermentasi	1 unit	100 liter

Tabel 2. Daftar Bahan yang digunakan

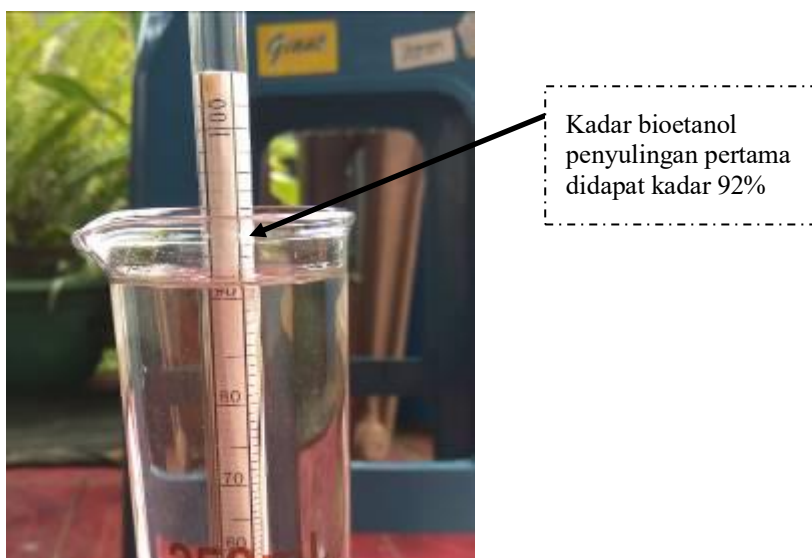
Nama Bahan	Jumlah	Satuan
Singkong	10	kg
Air bersih	15	liter
Enzim Alfa Amylase	5	ml
Enzim Gluco Amylase	5	ml
Ragi roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	15	gram
Pupuk Urea	20	gram
Pupuk NPK	10	gram

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap **persiapan bahan baku**, yaitu singkong yang terlebih dahulu dikupas, dicuci hingga bersih, kemudian diparut dan dicampur dengan air di dalam drum pemanas untuk membentuk adonan cair sebagai substrat fermentasi. Selanjutnya dilakukan **proses likuifikasi**, di mana campuran tersebut dipanaskan pada suhu 90–95°C sambil ditambahkan enzim alfa amylase untuk memecah molekul pati menjadi bentuk yang lebih sederhana. Setelah itu proses berlanjut ke tahap **sakarifikasi**, yaitu menurunkan suhu campuran hingga 60°C dan menambahkan enzim gluco amylase sehingga pati yang telah terurai dapat dikonversi lebih lanjut menjadi glukosa. Pada tahap **fermentasi**, larutan yang telah disakarifikasi diberi tambahan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*), pupuk urea, dan NPK, kemudian difermentasi pada suhu 27–30°C selama tujuh hari dalam kondisi anaerob untuk menghasilkan etanol. Setelah fermentasi selesai, dilakukan **distilasi** dengan cara menyuling campuran pada suhu 78°C sehingga diperoleh bioetanol dengan kemurnian awal sekitar 90–95%. Untuk memperoleh etanol fuel grade, proses dilanjutkan dengan **dehidrasi**, yaitu menghilangkan kandungan air menggunakan zeolit sintesis sebagai adsorben, sehingga kadar etanol meningkat hingga mencapai 99,6–99,8%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemurnian bioetanol dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu destilasi dan dehidrasi. Tahap pertama adalah destilasi, yang bertujuan memisahkan etanol dari campuran hasil fermentasi berdasarkan perbedaan titik didih antar komponen. Proses ini dilakukan pada suhu sekitar 78°C, yaitu titik didih etanol, sehingga uap etanol dapat terpisah dari air dan senyawa lain yang memiliki titik didih lebih tinggi. Namun, secara teori dan praktik destilasi konvensional hanya mampu menghasilkan etanol dengan kadar maksimum 90–95%, karena pada kadar tersebut etanol membentuk campuran azeotropik dengan air. Campuran azeotrop ini menyebabkan air dan etanol menguap secara bersamaan, sehingga peningkatan kemurnian di atas 95% tidak dapat dicapai hanya melalui destilasi sederhana meskipun pemanasan dilanjutkan. Oleh karena itu, dibutuhkan metode pemurnian lanjutan untuk meningkatkan kadar etanol hingga mencapai standar *Fuel Grade Ethanol* (FGE).



Gambar 1. Hasil Pengukuran Kadar Bioetanol Penyulingan Pertama

Tahap berikutnya adalah dehidrasi, yaitu proses penghilangan kandungan air residual pada bioetanol hasil destilasi. Pada tahap pengujian ini, proses dehidrasi dilakukan menggunakan metode fisika berbasis adsorpsi melalui zeolit sintesis. Zeolit berfungsi sebagai *molecular sieve* yang memiliki struktur pori berukuran mikro, memungkinkan zeolit menyerap molekul air secara selektif berdasarkan ukuran dan polaritasnya, tanpa mengikat molekul etanol. Proses dehidrasi berlangsung di dalam unit dehidrator, di mana uap bioetanol bersuhu terkontrol dialirkan melalui media zeolit. Akibat perbedaan sifat adsorpsi, molekul air tertangkap dalam pori zeolit, sedangkan molekul etanol tetap berada dalam fase cair atau uap. Melalui mekanisme ini, kadar etanol meningkat menjadi 99,6–99,8%, sehingga memenuhi kategori bioetanol kering atau *Fuel Grade Ethanol* (FGE). Barulah bioetanol ini layak digunakan sebagai campuran bahan bakar motor. Keunggulan metode ini dibandingkan dehidrasi kimiawi adalah tidak adanya kebutuhan bahan pelarut tambahan, proses regenerasi zeolit yang mudah, serta rendahnya risiko kontaminasi produk.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menegaskan bahwa kombinasi distilasi kemudian dilanjutkan tahap proses dehidrasi menggunakan cara fisika dengan jalan ditempuh melalui proses penyerapan menggunakan Zeolite Sintesis yang sudah ada didalam mesin Dehidrator. Melalui mesin pemurnian ini kadar bioetanol bisa meningkat menjadi 99,8 %, dikenal dengan istilah *Fuel Grade Ethanol* (FGE) atau disebut etanol kering. Barulah bioetanol ini layak digunakan sebagai campuran bahan bakar motor.



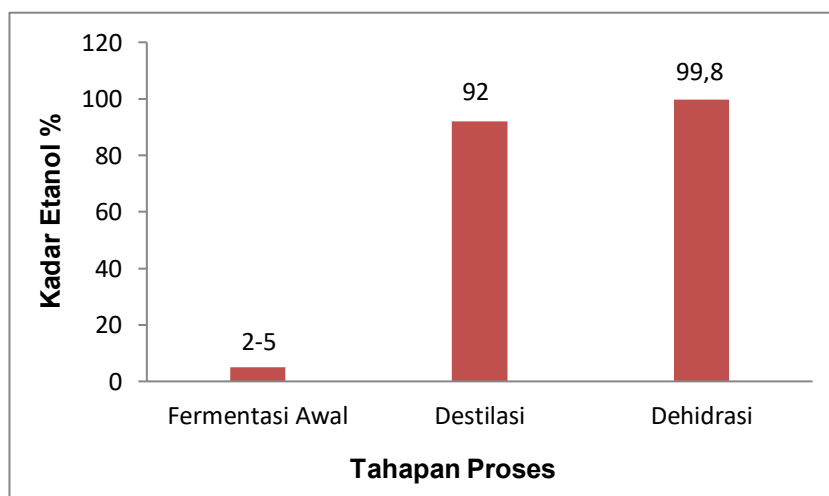
Kadar bioetanol setelah melalui proses pemurnian didapat kadar 99,8%

Gambar 2. Hasil Pengukuran Kadar Bioetanol Setelah Melalui Proses Dedidrasi

Berdasarkan hasil pengujian dimana proses peningkatan kadar etanol melalui tiga tahapan utama menunjukkan hasil yang signifikan. Pada tahap fermentasi awal, kadar etanol yang dihasilkan hanya mencapai kisaran 2 -5%, sehingga masih tergolong etanol rendah dan belum layak digunakan sebagai bahan bakar. Setelah melalui proses distilasi, kadar etanol meningkat drastis menjadi 92%, namun masih mengandung air sehingga belum memenuhi standar *Fuel Grade Ethanol* (FGE). Tahap akhir, yaitu proses dehidrasi menggunakan zeolit, berhasil meningkatkan kemurnian etanol hingga 99,8%, menjadikannya *Fuel Grade Ethanol* (FGE) yang siap digunakan sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kadar Bioetanol

Tahapan Proses	Kadar Etanol (%)	Keterangan
Fermentasi awal	2-5	Etanol rendah
Setelah Distilasi	92	Belum layak FGE
Setelah Dehidrasi (Zeolit)	99,8	Fuel Grade Ethanol (FGE)



Gambar 3. Kadar Etanol pada Setiap Tahapan

Analisis Proses

Proses fermentasi menggunakan ragi konvensional berjalan optimal pada suhu 27–30°C dengan pH netral. Etanol hasil fermentasi meningkat signifikan setelah distilasi. Namun, kadar 92–95% belum memenuhi standar bahan bakar. Oleh karena itu, dilakukan dehidrasi menggunakan zeolit sintesis yang berfungsi sebagai *molecular sieve* penyerap molekul air secara selektif. Keunggulan metode ini dibanding dehidrasi azeotropik adalah bebas pelarut beracun, dapat diregenerasi, serta biaya operasi rendah. Proses dehidrasi berhasil meningkatkan kemurnian etanol menjadi 99,8%, memenuhi standar *Fuel Grade Ethanol* ($\geq 99,5\%$). Hasil ini sejalan dengan penelitian (Firdausi et al. 2013) dan (Isvandriary, 2020) yang menunjukkan efektivitas zeolit dalam proses pemurnian bioetanol.

Dalam hal pemurnian, penggunaan zeolit sintesis terbukti efektif sebagai metode dehidrasi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis dibanding metode azeotropik menggunakan pelarut seperti benzena atau sikloheksana yang beracun. Proses penyerapan menggunakan zeolit juga dapat dilakukan secara berulang setelah zeolit diregenerasi melalui pemanasan kembali, menjadikannya opsi berkelanjutan untuk skala produksi menengah hingga besar.

Faktor kunci keberhasilan dalam penggunaan zeolit adalah ukuran partikel, luas permukaan spesifik, dan kondisi aktivasi termal. Zeolit dengan struktur kristal yang baik dan aktivasi yang sempurna memberikan kemampuan serap air yang tinggi dan selektif terhadap molekul H₂O. Penggunaan bioetanol FGE dari singkong sebagai bahan bakar alternatif memiliki nilai strategis tinggi dalam mendukung program energi terbarukan dan pengurangan emisi karbon. Etanol murni dapat digunakan sebagai bahan campuran bensin (misalnya E10 atau E85) maupun sebagai bahan bakar langsung dalam kendaraan berbahan bakar fleksibel. Potensi substitusi terhadap bensin fosil secara langsung mendukung kemandirian energi nasional dan mengurangi ketergantungan terhadap impor BBM.

Namun demikian, terdapat tantangan dalam hal keberlanjutan bahan baku, skala produksi, dan efisiensi konversi yang harus terus dikembangkan. Diperlukan sistem pengolahan terintegrasi dari hulu ke hilir mulai dari budidaya singkong, pengolahan bioetanol, hingga distribusi produk bahan bakar. Selain itu, aspek ekonomi dan lingkungan dalam proses produksi bioetanol dari singkong perlu dianalisis lebih lanjut untuk menjamin keberlanjutan. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa proses produksi bioetanol *fuel grade* dari singkong dapat dilakukan secara efisien dengan teknologi fermentasi dan dehidrasi menggunakan zeolit sintesis. Etanol yang dihasilkan mencapai kadar $\geq 99,5\%$ dan memenuhi syarat sebagai FGE. Penggunaan zeolit sebagai media dehidrasi memberikan keunggulan dalam hal efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan proses dibanding metode konvensional lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses produksi bioetanol dari bahan baku singkong melalui tahapan fermentasi, distilasi, dan dehidrasi menggunakan zeolit sintesis berhasil menghasilkan etanol dengan kemurnian mencapai 99,8%, sehingga memenuhi standar *Fuel Grade Ethanol (FGE)*. Hasil ini menunjukkan bahwa zeolit sintesis memiliki efektivitas yang tinggi sebagai adsorben dalam proses penghilangan air secara selektif tanpa memerlukan tambahan bahan kimia berbahaya. Dengan demikian, penggunaan zeolit sintesis tidak hanya mampu meningkatkan kualitas bioetanol, tetapi juga menawarkan solusi pemurnian yang lebih aman, ramah lingkungan, dan potensial untuk diterapkan pada skala produksi industri bioenergi berbasis biomassa lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I. (2007). *Dilema Biofuel Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Edisi Pertama. Kuala Lumpur.
- Balat, M., & Balat, H. (2009). Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy*. Vol 86. No.2. Pages 2273–2282.
- Barakat, Y., Awad, E.N., & Ibrahim, V. (2016). Fuel consumption of gasoline ethanol blend at different engine rotational speeds. *Egyptian Journal of Petroleum. Elsevier*. Vol 25. Pages 309-315.

- Firdausi, N.Z., Samodra, N.B., & Hargono. (2013). Pemanfaatan pati singkong karet untuk produksi bioetanol fuel grade melalui distilasi-dehidrasi menggunakan zeolit alam. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3): 125–132.
- Isvandiary, S., & Amaria. (2020). Pemanfaatan Zeolit Alam untuk Meningkatkan Kemurnian Bioetanol dari Singkong. *Unesa Journal of Chemistry*, 9(2): 106–113.
- Lovisia, Endang. (2022). “Bioetanol dari Singkong sebagai Sumber Energi Alternatif.” *Science, and Physics Education Journal (SPEJ)* 6(1):8–14.
- Muttaqin, Arif Syaiful, Syarifudin, dan Aldi Budi Riyanta. (2020). “Pembuatan Bio Ethanol Dari Singkong Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Bensin.” *Politeknik Harapan Bersama Tegal*.
- Prasetyo, I., Sarjito, & Effendy, M. (2018). Analisa Performa Mesin dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Pertalite. *In Media Mesin: Majalah Teknik Mesin* (Vol. 12, Nomor 2, hal. 43–54).