

Production and Characterization of Bioethanol from Straw Waste Through Hydrolysis and Fermentation Processes

Pembuatan dan Karakterisasi Bioetanol dari Limbah Jerami Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi

Muhammad Taufiq Thahir^{1*}, Rina², Saadatul Husna³

^{1,2,3}Program Studi Analisis Kimia, Akademi Kom. Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

*e-Mail Corresponding Author: muh.taufiq@akom.bantaeng.ac.id

ABSTRACT

Research has been conducted to produce bioethanol from agricultural waste, specifically rice straw, using hydrolysis and fermentation methods. The process stages start from sample preparation, delignification, hydrolysis, fermentation, and purification. The amount of yeast added, and the fermentation time were varied, specifically 2 grams, 4 grams, and 6 grams successively for 3, 5, and 7 days. The results show that ethanol was successfully produced with concentrations ranging from 0.4 to 0.9%. The optimum variation was obtained on the fifth day with the addition of 6 grams of yeast. The obtained ethanol underwent physical characteristic testing including color, odor, viscosity, and density.

Keywords: *hydrolysis, fermentation, bioethanol, straw*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuat bioetanol dari limbah pertanian yaitu jerami padi menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi. Tahapan dimulai dari preparasi sampel, delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian. Divariasikan jumlah ragi yang ditambahkan serta lama waktu fermentasi yaitu berturut-turut 2 gram, 4 gram, dan 6 gram dengan waktu 3, 5, dan 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa etanol berhasil dibuat dengan kadar mulai dari 0,4 sampai 0,9 %. Variasi paling optimum didapatkan pada hari kelima dengan penambahan 6 gram ragi. Etanol yang didapatkan dilakukan pengujian karakteristik fisik meliputi warna, bau, viskositas dan densitas.

Kata kunci: *hidrolisis, fermentasi, bioetanol, jerami*

1. PENDAHULUAN

Cadangan bahan bakar fosil yang terus menerus berkurang dan meningkatnya populasi manusia, sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Sejak sepuluh tahun terakhir, Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional akibat menurunnya cadangan minyak pada sumur-sumur produksi secara alamiah, padahal dengan penambahan jumlah penduduk, meningkat pula kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Pemerintah masih mengimpor sebagian BBM untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri (Khaira & Muria, 2015).

Upaya untuk mencari sumber BBM yang dapat diperbaharui semakin meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu di antaranya bahan bakar berbasis nabati. Niamul (2017) menjelaskan bahwa salah satunya adalah bioetanol. Bioetanol dapat dibuat dari sumber daya hayati yang melimpah di Indonesia. Bioetanol dibuat dari bahan-bahan bergula atau berpati seperti singkong atau ubi kayu, nirah nipa, sorgum, ganyong, tebu, ubi jalar, dan lain-lain. Hampir semua tanaman yang disebut di atas merupakan tanaman yang sudah tidak asing lagi, karena mudah ditemukan dan beberapa tanaman tersebut digunakan sebagai bahan pangan.

Selain bahan aktif terpakai, masih banyak juga sumber etanol dari bahan yang tidak termanfaatkan lagi atau disebut limbah. Bahan tersebut sebagai penghasil sumber karbohidrat adalah limbah pohon pisang, ampas kopi, ampas tebu, batang jagung, tongkol jagung, jerami yang sebagian besarnya hanya dijadikan bahan pakan ternak dan sebagian besar hanya dibuang (Rahmawati, 2023).

Jerami padi adalah limbah pertanian yang sangat melimpah di Indonesia khususnya di wilayah Sulawesi Selatan. Berdasarkan data dari BPS jumlah produksi padi nasional tahun 2023 sebesar 53,63 juta ton yang dihasilkan dari luas sawah sekitar 10,20 juta hektare. Dengan asumsi setiap hektar bisa menghasilkan 5-8 ton jerami artinya ada sekitar 51-81 juta ton limbah jerami per tahun. Jumlah yang sangat potensial untuk diolah lebih lanjut sekaligus menyelesaikan permasalahan lingkungan yang dapat ditimbulkan.

Beberapa penelitian terdahulu telah sukses menghasilkan bioetanol dari berbagai sumber di antaranya bonggol pisang (Warsa dkk., 2017); limbah cucian beras (Eni dkk., 2015); limbah kulit buah sukun (Fardiana dkk., 2018); Ubi talas (Herawati dkk., 2021), kulit pisang kepok (Bahri dkk., 2019) dan lainnya. Besarnya potensi limbah dan peluangnya untuk menjadi sumber bahan bakar nabati sehingga dilakukan penelitian berbasis limbah pertanian yaitu jerami padi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat Penelitian

Buret, erlenmeyer, statif, klem, pipet tetes, *hot plate*, *magnetic stirrer*, gelas kimia, gelas ukur, piknometer, oven, neraca analitik, termometer labu takar, kertas saring, blender, ember, desikator, digester, panci, pH meter, baskom.

2.2 Bahan Penelitian

Jerami, natrium hidroksida (NaOH) 10%, natrium hidroksida 0,1 N, asam klorida (HCl) 21%, aquades, ragi (*saccharomyces cerevisiae*).

2.3 Prosedur Kerja

2.1.1 Pembuatan bioetanol

Pembuatan bioetanol terdiri atas lima tahapan yaitu persiapan bahan baku, delignifikasi, hidrolisa, fermentasi dan pemurnian.

2.1.1.1 Persiapan bahan baku

Mengeringkan jerami di bawah sinar matahari langsung, memotong kecil-kecil jerami kemudian menghaluskan dengan blender. Selanjutnya memasukkan jerami halus ke dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam.

2.1.1.2 Delignifikasi

Menimbang 400 gram jerami halus hasil pengovenan menggunakan neraca analitik. Menambahkan larutan NaOH 10% sebanyak 250 ml dan aquadest sebanyak 750 ml, kemudian memanaskan di atas hot plate dan diaduk menggunakan stirrer selama 1,5 jam pada suhu 80°C. Selanjutnya dibilas dengan air bersuhu 80°C. Lalu memasukkan serbuk jerami padi ke dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam (sampai kering sempurna), kemudian didinginkan dalam desikator dan sampel siap untuk tahap selanjutnya.

2.1.1.3 Hidrolisa

Menimbang sampel hasil delignifikasi sebanyak 20 gram ke dalam erlenmeyer. Setelah itu menambahkan 150 ml larutan HCl 21% lalu dipanaskan selama 3 jam pada suhu 100°C, kemudian menyaring larutan. Filtrat yang diperoleh digunakan untuk proses fermentasi.

2.1.1.4 Fermentasi

Memasukkan filtrat hasil hidrolisa ke dalam erlenmeyer. Kesembilan sampel dibagi menjadi tiga kelompok berbeda dan ditempatkan ke dalam erlenmeyer berbeda A, B dan C. Menambahkan ragi ke dalam erlenmeyer dengan variasi berat masing-masing 2; 4; dan 6 gram untuk setiap kelompok berbeda. Wadah A, B dan C difermentasikan pada suhu 29-30°C dengan variasi waktu fermentasi 3, 5, dan 7 hari.

2.1.1.5 Pemurnian/destilasi

Menyaring hasil fermentasi untuk memisahkan ampasnya. Hasil saringan dimurnikan dengan proses destilasi pada suhu berkisar antara 80–90°C. Destilat ditampung dan dipersiapkan untuk uji lebih lanjut.

2.1.2 Uji kualitas bioetanol

2.1.2.1 Penentuan kadar bioetanol dengan metode titrasi alkalimetri

Memipet 10 ml bioetanol ke dalam erlemeyer kemudian ditambahkan 5 tetes indikator fenolftalein. Larutan dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N. Kadar etanol dihitung dengan persamaan.

Kadar etanol:

$$\%etanol = \frac{a \times N \times Mr NaOH}{mL sampel} \times 100\%$$

Keterangan :

a = volume penitar (mL)

N = Normalitas NaOH

Mr = massa molekul NaOH

2.1.2.2 Uji kualitatif pada bioetanol

Menyiapkan 9 tabung reaksi dan memipet masing-masing 1 ml sampel ke dalam tabung reaksi. Sebanyak 3 tetes potasium dikromat ditambahkan ke dalam tabung reaksi lalu diamati perubahan yang terjadi. Hasil positif mengandung alkohol ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi jingga.

2.1.3 Uji karakteristik sifat fisika

2.1.3.1 Uji warna dan bau

Sampel ditempatkan dalam gelas kimia kemudian diidentifikasi warna dan baunya.

2.1.3.2 Massa jenis fluida (densitas)

Membersihkan piknometer terlebih dahulu, kemudian dibilas dengan etanol. Mengeringkan piknometer dengan oven pada suhu 105°C selama 10 menit hingga kering sempurna. Kemudian mendinginkan piknometer di dalam desikator selama 10 menit. Menimbang piknometer kosong sebagai bobot kosong (w_0). Menyiapkan sampel dan di ukur suhunya kemudian dicatat. Memasukkan sampel ke dalam piknometer hingga penuh lalu tutup. Menimbang massa piknometer + sampel dan dicatat sebagai w_1 . Selanjutnya mencatat volume piknometer dan melakukan pengujian secara duplo. Densitas sampel dihitung dengan persamaan berikut:

Massa jenis:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{(mpikno + sampel) g - (mpiknokosong)g}{(Vsampel)mL}$$

Keterangan :

ρ = massa jenis (g/mL)

m = massa sampel (g)

V = volume sampel (mL)

2.1.3.3 Koefisien viskositas fluida

Membersihkan viskometer ostwald terlebih dahulu, lalu dibilas dengan etanol. Mengeringkan viskometer ostwald di dalam oven pada suhu 105°C selama 10 menit. Mendinginkan viskometer ostwald didalam desikator selama 10 menit. Memasang viskometer ostwald pada statif dan klem. Memasukkan sampel ke dalam viskometer ostwald hingga memenuhi 2 setengah bagian bulat. Menghisap sampel dalam viskometer ostwald sampai melewati dua garis batas menggunakan bulb. Menyiapkan stopwatch dan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh sampel untuk melewati dua garis batas pada viskometer ostwald. Melakukan pengujian secara duplo. Koefisien viskositas ditentukan dengan menggunakan persamaan:

Viskositas:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\rho_1 \times t_1}{\rho_2 \times t_2}$$
$$n_1 = \frac{n_2 \times \rho_1 \times t_1}{\rho_2 \times t_2}$$

Keterangan :

- n_1 = koefisien viskositas cairan uji (Cp)
- n_2 = koefisien viskositas aquadest (Cp)
- ρ_1 = densitas cairan uji (g/mL)
- ρ_2 = densitas aquadest (g/mL)
- t_1 = waktu alir cairan uji melewati dua tanda (s)
- t_2 = waktu alir aquadest untuk melewati dua tanda (s)

2.1.3.4 Uji nyala

Memasukkan tisu ke dalam gelas kimia dan menambahkan 5 tetes bioetanol ke dalam tisu. Tisu yang telah ditetesi bioetanol dibakar lalu diamati nyala api.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Bioetanol

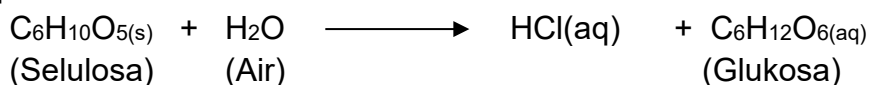
Tahap pertama yang dilakukan yaitu preparasi sampel dengan mengeringkan terlebih dahulu jerami padi di bawah sinar matahari langsung hingga kering lalu dilakukan penghalusan menggunakan blender, hal ini dilakukan untuk memudahkan penguraian pada proses delignifikasi.

Delignifikasi adalah proses pemutusan memutuskan ikatan lignin pada selulosa dari jerami (Kurniaty, 2017). Proses delignifikasi dilakukan untuk merusak struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah untuk dikonversi menjadi glukosa. Pada proses ini digunakan larutan NaOH 10% agar larutan dapat menyerang dan merusak struktur lignin. Pada residu tahap ini dilakukan pencucian dengan aquades dengan suhu 80°C. Hal tersebut dilakukan untuk menetralkan serbuk jerami padi. Selanjutnya serbuk jerami padi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Proses delignifikasi ini menyebabkan perubahan warna pada jerami padi yang tadinya hijau kecoklatan menjadi coklat tua. Selain perubahan warna terjadi juga perubahan berat yang disebabkan oleh hilangnya kandungan air setelah dikeringkan menggunakan oven sehingga massa serbuk jerami padi lebih ringan.

Setelah proses delignifikasi selesai, selanjutnya beralih ke tahap hidrolisis yang bertujuan untuk mendapatkan glukosa. Hidrolisis merupakan proses penguraian senyawa kimia yang disebabkan oleh reaksi dan air. Hidrolisis bertujuan untuk memecah rantai polisakarida menjadi monosakarida sehingga dapat langsung difermentasi menggunakan ragi. Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik.

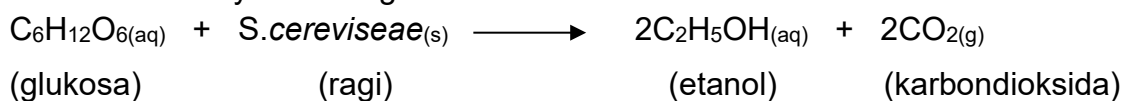
Penelitian ini menggunakan asam klorida (HCl) 21% sebagai katalis. Tujuan penambahan katalis agar senyawa lebih cepat terurai, mempercepat laju reaksi dan berfungsi untuk memotong rantai panjang hemiselulosa menjadi rantai pendek oligomer kemudian menjadi monomer gula. Jerami padi dihidrolisis menggunakan HCl

21% yang merupakan konsentrasi paling optimum untuk menghidrolisis serat dari jerami padi menjadi glukosa. Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis dapat dilihat dari persamaan reaksi berikut.

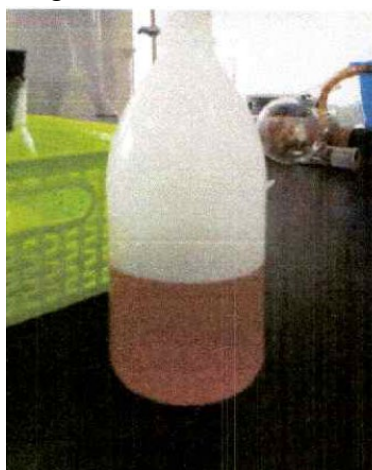


Larutan yang diperoleh dari hidrolisis mengalami beberapa perubahan fisik yaitu warna dari coklat muda menjadi coklat tua serta volume yang berkurang dari 150 mL menjadi 100 mL. perubahan tersebut dikarenakan senyawa yang ada dalam jerami padi telah terurai dan homogen. Perubahan warna terjadi disebabkan terjadinya degradasi sempurna hemiselulosa maupun selulosa menjadi glukosa yang ditandai dengan filtrat berwarna coklat tua, hal ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tahap selanjutnya yaitu proses fermentasi menggunakan ragi (*saccharomyces cereviceae*) yang merupakan sumber mikroba untuk menghasilkan etanol. Pada proses ini, filtrat hasil hidrolisa dibagi menjadi 9 wadah untuk variasi ragi yaitu 2, 4, dan 6 gram serta variasi waktu 3, 5, dan 7 hari. Setelah penambahan ragi wadah ditutup sumbat karet kemudian dibungkus aluminium foil, agar tidak terkontaminasi. Sampel kemudian di masukkan ke dalam inkubator pada suhu 29-30°C karena suhu optimum bagi bakteri *saccharomyces cerevisiae*. Pada proses fermentasi, reaksi pembentukan etanol yaitu sebagai berikut.



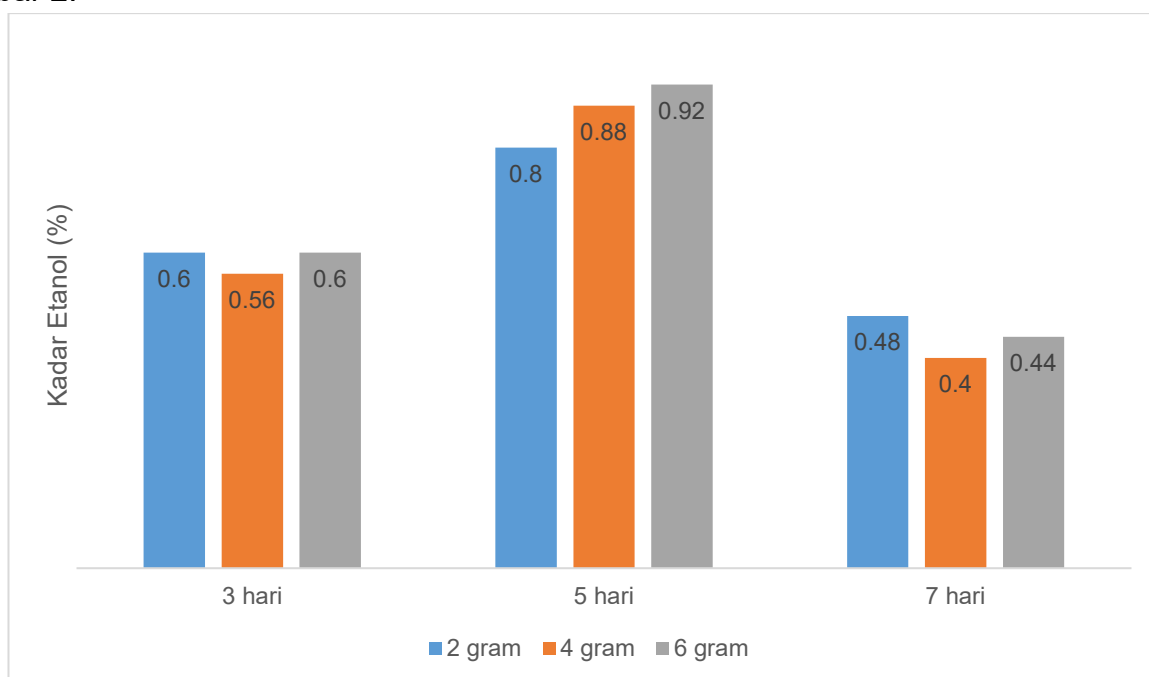
Setelah proses fermentasi, warna cairan yang sebelumnya berwarna coklat berubah menjadi kuning kecoklatan dan memiliki endapan berupa lumpur berwarna hitam. Terbentuknya endapan tersebut akibat dari proses pemisahan etanol dengan pengotor. Sebelum proses destilasi dilakukan terlebih dahulu dilakukan penyaringan untuk memisahkan endapan. Proses pemisahan dilakukan pada suhu 80-90°C untuk memisahkan cairan dari campurannya berdasarkan titik didihnya. Senyawa yang menguap terlebih dahulu adalah etanol karena memiliki titik didih yang rendah yaitu 78,3°C seperti air yang memiliki titik didih 100 °C. Bioetanol dari limbah jerami padi ditunjukkan pada gambar 1. Kadar etanol dengan variasi banyak ragi dan waktu fermentasi dapat ditunjukkan pada gambar 1:



Gambar 1. Bioetanol limbah jerami

3.2 Kadar Etanol

Berdasarkan uji kuantitatif, diperoleh kadar antara 0,4 sampai 0,92 % dari semua variasi ragi dan waktu fermentasi. Lama fermentasi 5 hari menunjukkan kadar yang tertinggi di antara variasi waktu lainnya. Dari ketiga variasi di 5 hari tersebut menunjukkan data bahwa dengan penambahan ragi 6 gram memberikan sumbangsih terbesar pada kadar etanol yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil analisis kadar bioetanol

Kadar bioetanol yang dihasilkan jika dibandingkan dengan standar nasional Indonesia maka tak ada hasil yang memenuhi. Mengacu pada SNI SNI 7390:2012 menyatakan bahwa kadar etanol minimum yang digunakan sebagai bahan bakar jenis bioetanol sebesar 94-99,5% (Badan Standarisasi Nasional, 2012). Bioetanol dari jerami padi pada penelitian ini belum dapat digunakan sebagai bahan bakar massal. Masih perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan meningkatkan volume ragi yang digunakan sebab hasil yang optimum memperlihatkan bahwa ada kecenderungan untuk naik secara linear pada lama waktu fermentasi baik di 5 hari maupun di 2 dan 7 hari fermentasi.

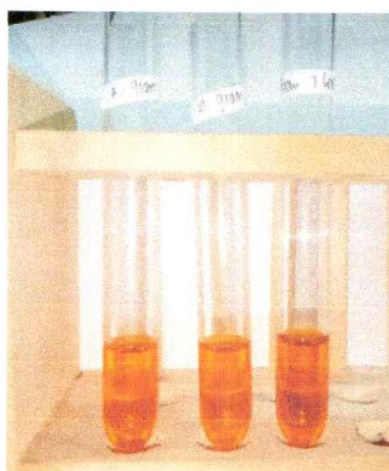
Uji kualitatif dilakukan dengan tes potasium dikromat, apabila etanol ditambahkan potasium dikromat dan terjadi perubahan warna menjadi jingga maka hal tersebut menunjukkan positif mengandung alkohol. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1. Hasil uji kualitatif

Sampel	Jumlah ragi/waktu fermentasi	Hasil
1	2 gram 3 hari	+
2	4 gram 3 hari	+
3	6 gram 3 hari	+
4	2 gram 5 hari	+
5	4 gram 5 hari	+
6	6 gram 5 hari	+
7	2 gram 7 hari	+
8	4 gram 7 hari	+
9	6 gram 7 hari	+

Keterangan :

+ = positif alkohol



Gambar 3. Hasil uji kualitatif bioetanol

3.3 Karakteristik bioetanol

Hasil bioetanol dari jerami padi dilakukan pengujian karakteristik sifat fisika yang meliputi warna, bau, densitas, dan viskositas dan uji nyala.

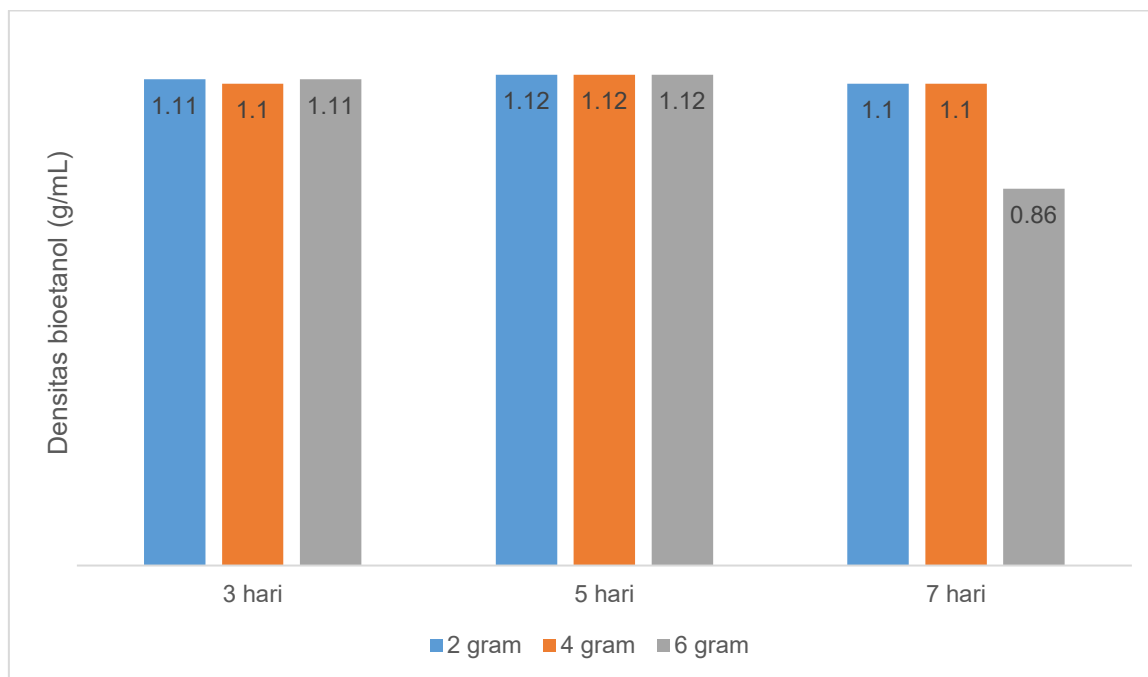
3.3.1 Warna dan bau

Tabel 2. Warna dan bau etanol

Sampel	Jumlah ragi/waktu fermentasi	Warna	Bau
1	2 gram 3 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
2	4 gram 3 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
3	6 gram 3 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
4	2 gram 5 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
5	4 gram 5 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
6	6 gram 5 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
7	2 gram 7 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
8	4 gram 7 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol
9	6 gram 7 hari	Coklat bening	Berbau khas etanol

Hasil penampakan fisik dan bau bioetanol dari jerami dapat dilihat pada tabel 2. Warna bioetanol yang dihasilkan adalah coklat jernih dengan sedikit terdapat endapan. Hal tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi Standar Nasional Indonesia tentang kualitas bioetanol yang dapat digunakan sebagai bioetanol terdenaturasi untuk gasohol (SNI 7390:2012). SNI mempersyaratkan mesti bersih dan jernih tak ada endapan. Sedangkan bau yang dihasilkan masih sesuai dengan standar kualitas bioetanol yaitu berbau khas etanol.

3.3.2 Densitas

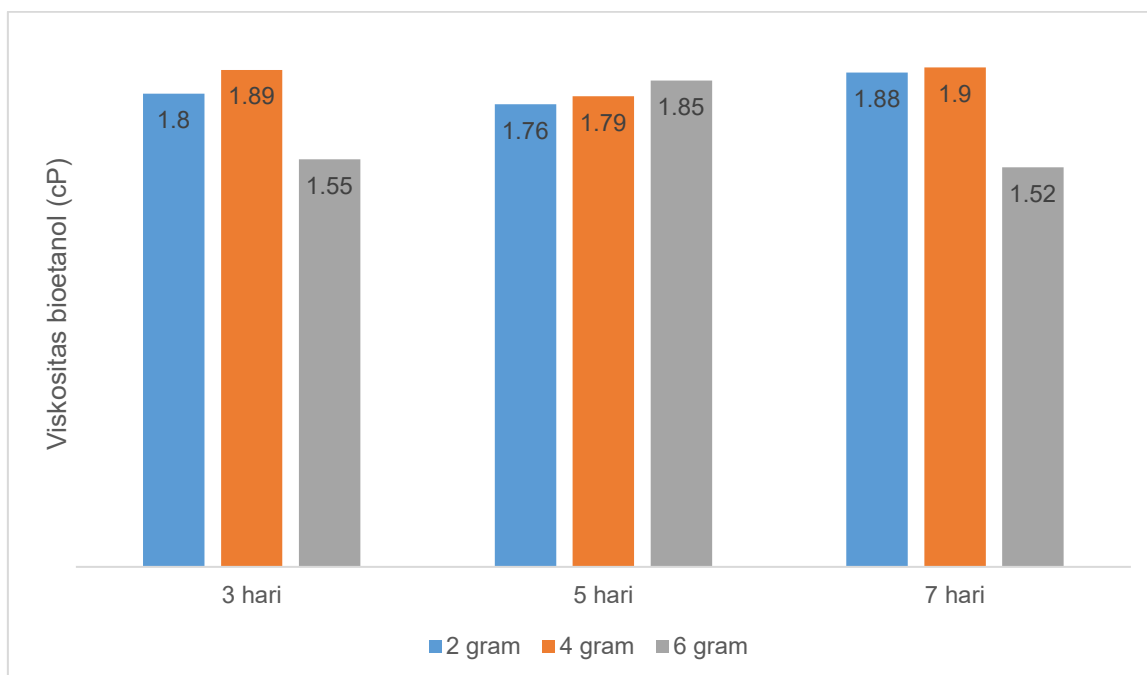


Gambar 4. Densitas bioetanol

Berdasarkan gambar 2, densitas bioetanol dari jerami padi yang paling kecil yaitu pada sampel 9 dengan penambahan ragi sebanyak 6 gram dan waktu fermentasi 7 hari yaitu 0,86g/mL, terbesar yaitu sampel 4, 5, dan 6 dengan penambahan ragi sebanyak 2, 4, dan 6 gram dengan waktu fermentasi 5 hari yaitu 1,12 g/mL. Dari data yang diperoleh, bioethanol yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas bioetanol dalam SNI 7390 tahun 2012 yaitu pada suhu 25°C densitas bioetanol 0,7871-0,7896 g/mL. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan senyawa lain dalam bioetanol yaitu air.

3.3.3 Viskositas

Berdasarkan gambar 3, viskositas bioetanol yang paling tinggi yaitu pada sampel 8 dengan penambahan ragi sebanyak 4 gram dan waktu fermentasi 7 hari yaitu 1,9 cP. Untuk viskositas yang paling rendah yaitu pada sampel 9 dengan penambahan ragi 6 gram dan waktu fermentasi 7 hari yaitu 1,52 cP. Berdasarkan data tersebut viskositas bioetanol dari jerami padi tidak memenuhi standar kualitas bioetanol pada SNI 7390:2012 yaitu pada suhu 25°C viskositas bioetanol 1,17 cP.



Gambar 5. Viskositas bioetanol

KESIMPULAN DAN SARAN

Bioetanol dari limbah jerami padi berhasil dibuat menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi. Etanol yang didapatkan memiliki kadar etanol bervariasi dari 0,4-0,9 %. Hasil yang diperoleh masih sangat jauh dari standar bioetanol merujuk pada SNI 7350:2012. Selanjutnya bioetanol yang didapatkan juga telah diuji karakteristiknya, didapatkan bahwa aromanya khas etanol dengan densitas dan viskositas beragam tergantung pada jumlah ragi dan lama waktu fermentasi. Perbaikan serta peningkatan desain penelitian terkait pembuatan bioetanol dari limbah berbasis produk pertanian mesti dilakukan seperti memberikan perhatian pada komposisi ragi dan lama waktu fermentasi yang lebih tepat.

ACKNOWLEDGEMENT

Terimakasih kami ucapkan kepada UPPM AK-Manufaktur Bantaeng, Kementerian Perindustrian RI atas dukungan dana dalam melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (16 Oktober 2023). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2023. [www.bps.go.id. https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/10/16/2037/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2023--angka-sementara-.html](https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/10/16/2037/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2023--angka-sementara-.html)
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 7390:2012 Bioetanol Terdenaturasi Gasohol. Jakarta.
- Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. (2019). Pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok dengan cara fermentasi menggunakan ragi roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(2), 85-100.

- Eni, R., Sari, W., & Moeksin, R. (2015). Pembuatan bioetanol dari air limbah cucian beras menggunakan metode hidrolisis enzimatik dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(1), 14-22.
- Fardiana, F., Ningsih, P., & Mustapa, K. (2018). Analisis bioetanol dari limbah kulit buah sukun (*Artocarpus altilis*) dengan cara hidrolisis dan fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, 7(1), 19-22.
- Herawati, N., Juniar, H., & Setiana, R. W. (2021). Pembuatan Bioetanol dari Pati Ubi Talas (*Colocasia L. Schoot*) dengan Proses Hidrolisis. *Jurnal Distilasi*, 6(1), 7-17.
- Kurniaty, I., Hasyim, U. H., & Yustiana, D. (2017). Proses delignifikasi menggunakan naoh dan amonia (nh_3) pada tempurung kelapa. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 197-201.
- Huda, N. (2017). Proses pembuatan bioethanal.
- Khaira, Z. F., & Muria, S. R. (2015). *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Rahmawati, D. R. (2023). *Pengembangan Biobriket Berbahan Baku Campuran Limbah Batang Singkong, Limbah Tempurung Kelapa Dan Limbah Bambu* (Doctoral Dissertation, Universitas Lampung).
- Warsa, I. W., Septiyani, F., & Lisna, C. (2017). Bioetanol dari bonggol pohon pisang. *Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 37-41.