

STUDI EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BIOETANOL HASIL FERMENTASI BERAS KETAN PUTIH, BERAS KETAN HITAM DAN SINGKONG

Rachmat Subagyo¹, Arry Eko Pristiwanto¹, Muchsin²

¹Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin

²Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

¹rachmatsubagyo@ulm.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan energi yang terus meningkat tidak sebanding dengan produksi bahan bakar, hal ini perlu diatasi dengan penggunaan energi alternatif. Beras ketan dan singkong dapat diubah menjadi bioetanol dengan metode fermentasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan cara fermentasi kemudian melakukan destilasi untuk memperoleh bioetanol. Hasil bioetanol kemudian dideteksi untuk mencari optimasi waktu fermentasi yang tepat, pengujian dengan *Pen refractometer* dan Gas kromatografi. Hasil penelitian penambahan massa ragi dari 5-15 gram terbentuk kadar etanol yang semakin meningkat dari 3,5-18,5 %, hal ini menunjukkan penambahan jumlah ragi berpengaruh signifikan terhadap hasil fermentasi bioetanol. Pengaruh ketidakstabilan mikroba yang mengurai karbohidrat menjadi etanol, saat fermentasi mengakibatkan terbentuknya senyawa-senyawa asam. Hal ini yang menyebabkan penambahan massa ragi tidak signifikan terhadap hasil fermentasinya. Waktu fermentasi yang optimal terjadi pada hari ke-4 dengan jumlah waktu 96 jam. Hasil Uji Gas kromatografi dua bahan memenuhi syarat SNI yaitu: Hasil fermentasi Ketan Putih dan Singkong.

Kata kunci: energi alternatif, beras ketan dan singkong, bioetanol, fermentasi, gas kromatografi

ABSTRACT

Experimental Study of Making Bioethanol Products from white glutinous rice, black glutinous rice And cassava. *The use of energy which continues to increase is not proportional to the production of fuel, this needs to be overcome by the use of alternative energy. Glutinous rice and cassava can be converted into bioethanol by the fermentation method. The method used in this research is experimental by fermentation and then distilling to obtain bioethanol. The results of bioethanol are then detected to find the right optimization time of fermentation, testing with Pen Refractometer and Gas Chromatography. The results of the study of the addition of yeast mass of 5-15 grams formed ethanol levels which increased from 3.5-18.5%, this shows the addition of the amount of yeast has a significant effect on the results of bioethanol fermentation. The influence of microbial instability which breaks down carbohydrates into ethanol, when fermentation results in the formation of acidic compounds. This causes the addition of yeast mass is not significant to the fermentation results. Optimal fermentation time occurs on the 4th day with a total time of 96 hours. Chromatographic Gas Test Results of two ingredients meet the SNI requirements, namely: Fermented White Rice and Cassava.*

Keywords: *alternative energy, glutinous rice and cassava, bioethanol, fermentation, gas chromatography*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi yang terus meningkat tidak sebanding dengan produksi bahan bakar, hal ini perlu diatasi dengan penggunaan energi alternatif. Salah satu Energi alternatif yang banyak dikembangkan pada saat ini adalah bioetanol. Keuntungan bahan bakar bioetanol adalah ketersediannya yang cukup dan bahan bakar ini

masuk dalam sumber daya energi yang dapat diperbaharui (*Unrenewable Resources*). Bioetanol sangat cocok dikembangkan di negara beriklim tropis yang memiliki tumbuhan beraneka ragam yang mengandung karbohidrat dan sangat berpotensi menghasilkan bioetanol. Bioetanol ini dapat digunakan sebagai bahan bakar campuran pada

bensin sehingga dapat meningkatkan kapasitas volume dari bahan bakar itu sendiri. Hasil riset bioetanol mampu menaikkan angka oktan bahan bakar serta dapat menurunkan pencemaran lingkungan [1].

Limbah-limbah yang ada disekitar kita juga bermanfaat sebagai bahan baku bioetanol. Bahan limbah yang bisa diubah menjadi bioetanol seperti: Kulit pisang kepok [2-3], Limbah tandan kosong kelapa sawit [4], Limbah pertanian dan sampah organik [5], Biji durian [6], Biji alpukat [7], Ampas tebu [8], Jerami [9], limbah kayu [10], Kulit nanas [11-12], Selain itu bioetanol juga bisa di buat dari tumbuh-tumbuhan seperti: rumput laut coklat [13-14], Singkong karet [15], Talas [16]. Dengan proses fermentasi limbah dan bahan dari tumbuh-tumbuhan bisa dirubah menjadi bioetanol yang bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar alternatif.

Pada penelitian yang telah dilakukan [17] menemukan waktu fermentasi yang optimal berkisar antara 96 -120 jam. Hal ini masih menjadi hal yang belum pasti, untuk mencari waktu optimal dalam melakukan proses fermentasi yaitu dengan cara pengambilan sampel setiap 24 jam dan dilakukan selama 96 jam. Pengujian hasil fermentasi dilakukan dengan cara uji kadar alkohol metode conway, uji kadar alkohol metode GC, uji gula dengan metode DNS untuk mengetahui sisa gula yang digunakan dalam fermentasi, uji TPC dan kekeruhan untuk mengetahui pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae*. Kemudian hasil uji dibuat grafik dan dianalisis menggunakan SPSS untuk mengetahui penambahan kadar alkohol tiap jam fermentasi. Hasil ini menemukan waktu yang optimal pada

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan terlebih dahulu menyiapkan bahan dan alat destilasi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia ULM dan Uji Gas Kromatografi di laboratorium Teknik Mesin ITS.

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah: Beras ketan hitam (1.a), beras ketan putih (1.b), dan Singkong (1.c). Ragi merk fermipan (gambar 2.) berbentuk koral

pemanfaatan fermentator selama 72 jam dengan kemurnian bioetanol sebesar 43, 44% [18].

Satu tahun sebelum penelitian ini dilakukan [19], dengan menggunakan waktu fermentasi ini untuk meneliti minimalisasi biaya produksi etanol dengan mengeliminasi tahap pemisahan sentrifugasi sel dari produk untuk mengurangi biaya perawatan yang tinggi. Hasil riset ini menemukan fermentasi yang dilakukan pada suhu 30°C dan agitasi 100 rpm dengan waktu selama 72 jam menghasilkan kadar Etanol tertinggi.

Penelitian oleh [20], mengetahui produktifitas fermentasi pada ketiga bahan yaitu: Ketan hitam, Ketan putih dan singkong. Penelitian ini dilakukan pada waktu 96 jam dan menghasilkan hasil fermentasi terbaik pada bahan baku singkong dengan waktu fermentasi 96 jam dan kadar bioetanol yang diperoleh adalah 98,10%. Penelitian ini juga didukung oleh: [21] yang melakukan penelitian dengan bahan yang sama dengan variasi waktu fermentasi 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Hasil penelitian ini di uji dengan menggunakan alat Gas kromatografi dan refraktometer untuk menentukan etanol yang terkandung dalam sampel. Hasil etanol tertinggi terjadi pada Beras Ketan Putih dengan waktu fermentasi 96 jam dengan kadar etanol 100%.

Adanya beberapa penelitian mengenai waktu terbaik masih menjadi hal yang belum terpecahkan pada penelitian sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk memecahkan masalah waktu yang tepat dan optimal untuk melakukan fermentasi sehingga menghasilkan bioetanol yang maksimal sesuai dengan yang diharapkan.

dengan kandungan air 7,5% sebagai fermentator dalam proses fermentasi.



Gambar 1. Bahan fermentasi bioetanol a. Beras ketan hitam, b. Beras ketan putih dan c. Singkong



Gambar 2. Ragi untuk fermentasi

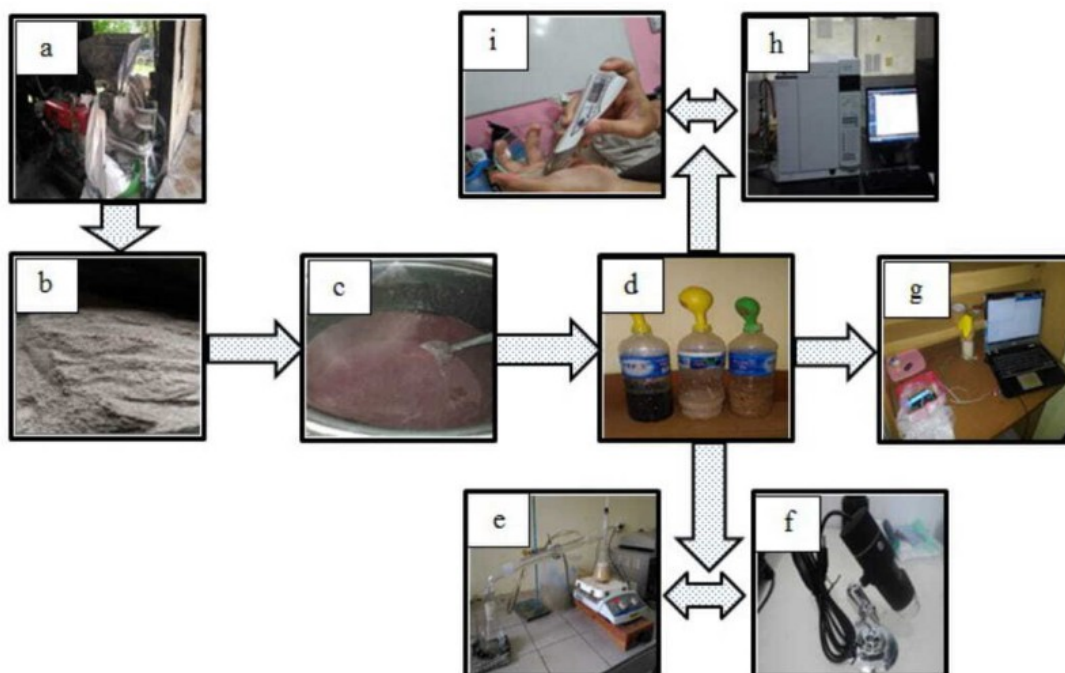
2.2 Prosedur Penelitian

a. Proses pembuatan dan pengujian kadar bioetanol

Pengujian ini dimulai dengan menyiapkan bahan: beras ketan hitam, putih dan singkong (gambar 1.), kemudian di dihaluskan dengan menggunakan alat (3.a) hingga menjadi tepung gambar (3.b). Bahan yang sudah menjadi tepung kemudian dicampur ragi merk fermipan (gambar 2.), dengan masa ragi masing-masing: 5, 10 dan 15 gram. Kemudian campuran bahan dimasak hingga menjadi bubur. Selanjutnya dimasukan kedalam botol air mineral

seperti gambar (3.d), ditutup rapat menggunakan balon pada mulut botol, setelah itu di amkan selama waktu fermentasi 96 jam pada suhu normal 20-25⁰C.

Setelah proses fermentasi selesai sampel diambil sebanyak \pm 550 ml dari masing-masing botol. Kemudian hasil pengambilan sampel siap untuk dilakukan proses destilasi menggunakan alat (3.e). Sebelum dilakukan uji kadar alkohol dilakukan deteksi alkohol menggunakan sensor alkohol (gambar 3.g). Setelah dipastikan mengandung alkohol maka dilanjutkan dengan uji kadar alkoholnya dengan alat refraktometer (gambar 3i) dan gas kromatografi (gambar 3h). Tujuan dilakukan uji dengan dua alat ini adalah sebagai pembandingan dan memastikan hasil yang lebih valid dan terpercaya. Selain dilakukan uji pada sampel fermentasi juga diamati pertumbuhan jamur pada masing-masing bahan dengan menggunakan mikroskop digital (gambar 3.f) sehingga dapat diamati pertumbuhan jamur pada waktu yang berbeda.



Gambar 3. Proses pembuatan dan pengujian kadar bioethanol

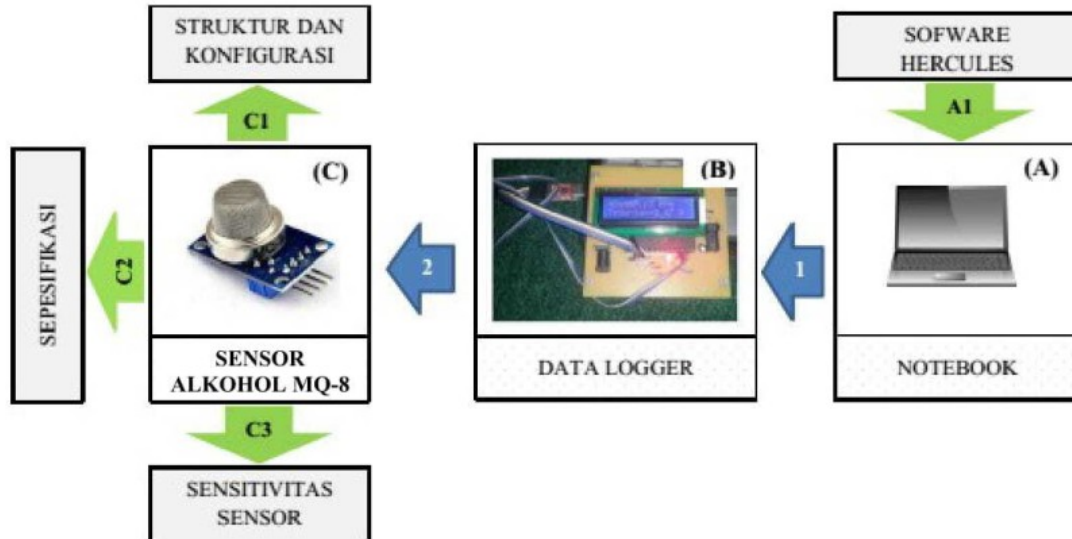
b. Hasil kalibrasi detektor alkohol

Untuk mengetahui waktu pembentukan alkohol yang optimum maka perlu digunakan rangkaian deteksi gas alkohol (gambar 4.). Hal ini untuk mengetahui

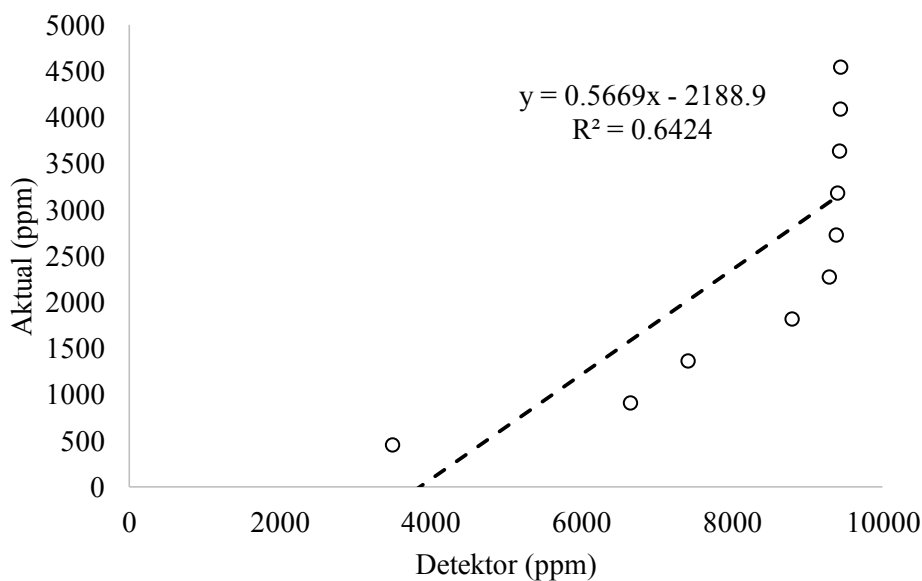
pada waktu berapa jam alkohol hasil fermentasi terbentuk dengan jumlah yang paling banyak. Adapun alat yang digunakan adalah MQ-8 dengan data spesifikasi sebagai berikut: spesifikasi detektor

Alkohol MQ-8 kemampuannya deteksi alkohol pada range 100-1000 ppm, temperatur $20^0\text{ C} \pm 2^0\text{ C}$ dengan tingkat kelembaban $65\% \pm 5\%$. Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-8 disusun oleh tabung keramik mikro (Al_2O_3), lapisan sensitif Tin-Dioxide (SnO_2). Satuan konsentrasi pada sensor MQ-8 dalam

parts per milion (ppm)/ bagian per-sejuta dimana 1 ppm adalah $1/10000\%$ atau $= 0,0001\%$. Dengan data teknis seperti diatas diharapkan alat detektor ini handal untuk mendeteksi etanol hasil fermentasi.



Gambar 4. rangkaian detektor Alkohol (bioetanol) lengkap



Gambar 5. Hasil kalibrasi alat deteksi Alkohol (bioetanol) menggunakan MQ-8

Hasil kalibrasi detektor alkohol ditunjukkan pada gambar 5., dan data hasil kalibrasi pada tabel 1. Hasil kalibrasi menunjukkan tingkat akurasi sebesar 0,6424 dengan persamaan garis linearnya adalah $y = 0,56669x - 2188,9$. Hasil kalibrasi ini menunjukkan

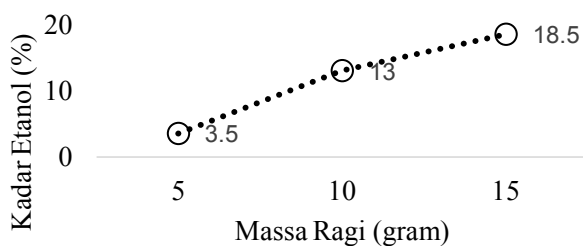
tingkat akurasi yang cukup untuk mendeteksi alkohol hasil fermentasi dari bahan yang akan diteliti. Kalibrasi ini dilakukan menggunakan alkohol dengan kemurnian 95%, produksi PT. Yusfi Indonesia.

Tabel 1. Hasil kalibrasi detektor Alkohol M-Q8 dengan Alkohol murni

No.	Volume Alkohol Murni (ml)	Volume Ruang Kalibrasi (ml)	Aktual (ppm)	Detektor (ppm)
1.	0,1	220	454,55	3490,60
2.	0,2	220	909,09	6648,42
3.	0,3	220	1363,64	7413,10
4.	0,4	220	1818,18	8793,65
5.	0,5	220	2272,73	9287,40
6.	0,6	220	2727,27	9379,80
7.	0,7	220	3181,82	9397,47
8.	0,8	220	3636,36	9423,37
9.	0,9	220	4090,91	9434,70
10.	1,0	220	4545,46	9438,37

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

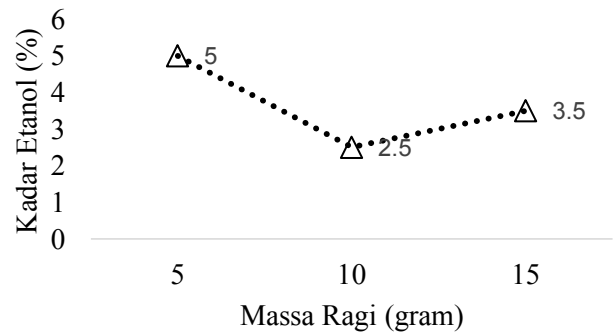
Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara massa ragi terhadap presentase bioetanol yang terbentuk. Hasil ini menunjukkan presentase bioetanol yang semakin meningkat dengan penambahan jumlah massa ragi. Pada penambahan massa ragi dari 5- 15 gram terbentuk kadar etanol yang semakin meningkat dari 3,5-18,5 %, hal ini menunjukkan penambahan jumlah ragi berpengaruh signifikan terhadap hasil fermentasi bioetanol pada waktu fermentasi 96 jam.



Gambar 6. Grafik pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol beras ketan hitam menggunakan pen refractometer

Pada proses fermentasi peningkatan massa ragi berpengaruh signifikan pada kadar etanol yang dihasilkan [22]. Peningkatan massa ragi dari 5, 10, 15 gram seperti ditunjukkan pada gambar 6., berdampak pada jumlah mikroorganisme yang mengurai karbohidrat menjadi semakin banyak

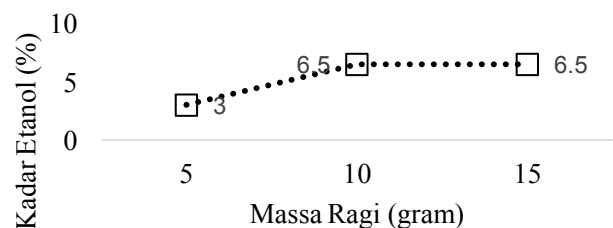
sehingga kadar etanol yang dihasilkan semakin meningkat.



Gambar 7. Grafik pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol beras ketan putih menggunakan pen refractometer

Pada gambar 7 menunjukkan grafik pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol menunjukkan variasi dengan massa ragi yang terkecil yaitu 5 gram mengandung kadar etanol 5.0%, massa ragi 10 gram mengandung kadar etanol 2,5%, massa ragi 15 gram mengandung kadar etanol 3,5% dengan fermentasi waktu yang sama 96 jam.

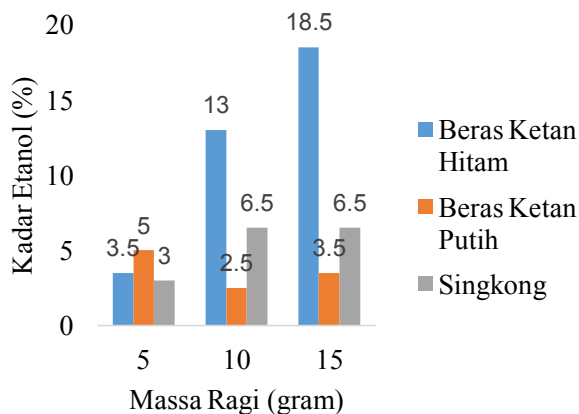
Nampak pada massa ragi 5 gram mengandung etanol yang paling tinggi jika dibandingkan dengan massa ragi 10 gram dan 15 gram. Penurunan kadar etanol yang terbentuk disebabkan oleh ketidakstabilan mikroba yang mengurai karbohidrat menjadi etanol. Pada saat proses fermentasi terbentuk senyawa alkohol dan senyawa asam. Senyawa asam ini terbentuk oleh oksigen yang terjebak pada saat proses fermentasi, sehingga metabolisme mikroba berlangsung secara *aerob*. Proses metabolisme secara aerob menyebabkan substrat glukosa yang seharusnya dikonversi menjadi etanol dikonversi menjadi senyawa asam terutama asam-asam organik [23].



Gambar 8. Grafik hubungan pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol singkong menggunakan pen refractometer

Pada gambar 8 menunjukkan grafik hubungan pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol menunjukkan pada massa ragi 5 gram terbentuk kadar etanol 3.0%, massa ragi 10 gram terbentuk kadar etanol 6,5%, massa ragi 15 gram terbentuk kadar etanol 6,5% dengan fermentasi waktu yang sama yaitu 96 jam.

Nampak pada massa ragi 5 gram paling rendah kadar etanolnya, pada ragi 10 dan 15 cenderung stabil kadar etanolnya. Pada kondisi awal mikroba fermentasi masih memasuki fase adaptasi sehingga produk etanolnya masih rendah hal ini didukung oleh penelitian [24]. Kemudian pada massa ragi 10 – 15 gram mengalami peningkatan dan kemudian konstan produk bioetanolnya. Keadaan ini disebabkan proses fermentasi masih berlangsung tetapi antara jumlah jamur yang tumbuh dan mati dalam kondisi yang sama sehingga produk etanol dalam kondisi yang stasioner.

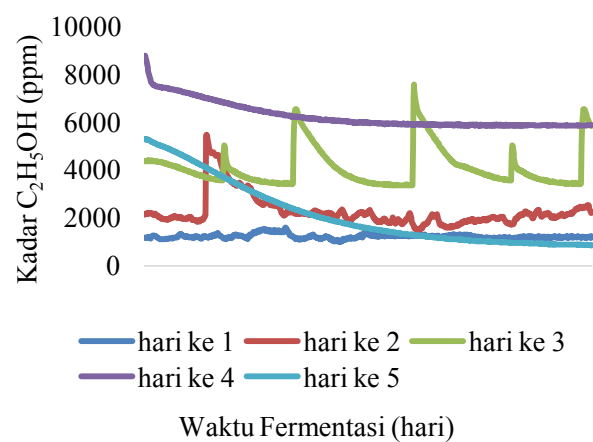


Gambar 9. Grafik hubungan antara massa ragi terhadap kadar etanol pada beras ketan hitam, beras ketan putih dan singkong menggunakan pen refractometer

Pada gambar 9., menunjukkan grafik hubungan antara massa ragi terhadap kadar etanol hasil yang diperoleh menggunakan pen refractometer kadar etanol yang terbaca dari bahan beras ketan hitam pada massa ragi 15 gram kadar etanolnya 18,5%. Kemudian beras ketan putih pada massa ragi 15 gram kadar etanolnya 6,5%. Pada bahan singkong pada massa ragi 15 gram kadar etanolnya 3,5% lebih rendah dari beras ketan hitam dan beras ketan putih.

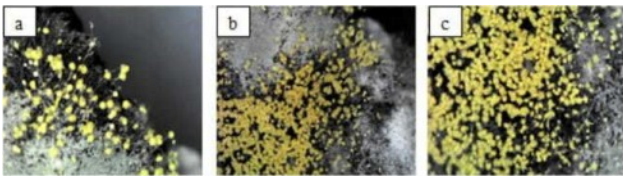
Menurut penelitian [24], menyatakan bahwa, kandungan karbohidrat pada masing-masing bahan

fermentasi menentukan jumlah kadar alkohol yang terbentuk pada proses fermentasi. Beras ketan putih mempunyai kandungan karbohidrat paling tinggi (360 kal per 100 gram bahan), diikuti kandungan karbohidrat ketan hitam (142 kal per 100 gram bahan) dan singkong (140 kal per 100 gram bahan). Hasil dari pengujian dengan refraktometer diperoleh kadar etanol tertinggi pada beras ketan hitam, singkong dan beras ketan putih. Tetapi hasil uji yang berbeda menggunakan Gas kromatografi (tabel 2) menyatakan hasil yang sesuai dengan teori diatas. Dimana hasil kadar bioetanol tertinggi pada beras ketan putih, singkong dan beras ketan hitam.



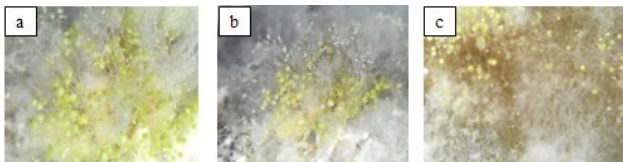
Gambar 10. Hasil deteksi alkohol yang terbentuk dengan detektor M-Q8 alkohol yang terbentuk pada beras ketan putih dengan ragi 5 gram

Gambar 10 menunjukkan hasil deteksi gas alkohol yang terbentuk pada hari ke 1 hingga hari ke 5. Pada hari ke 1 hingga ke 3 pembentukan bioetanol belum stabil masih berfluktuasi naik dan turun, pada hari ke 4 atau berkisar pada waktu 96 jam ditunjukkan (grafik warna biru tua) sudah stabil. Deteksi pada hari ke lima (120 jam) jumlah bioetanol yang terbentuk justru semakin menurun. Fenomena ini menunjukkan hasil fermentasi yang optimal terjadi pada hari ke-4 dengan jumlah waktu 96 jam. Hal ini di dukung oleh penelitian [18] yang telah melakukan fermentasi pada waktu 96 jam untuk memperoleh fermentasi yang optimum.



Gambar 11. Perkembangan jamur waktu fermentasi 96 jam pada: (a). Beras Ketan Hitam ragi 5 gram, (b). Beras Ketan Hitam ragi 10 gram dan (c). Beras Ketan Hitam ragi 15 gram

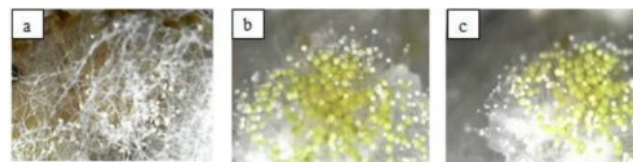
Gambar 11, menunjukkan perkembangan jamur pada beras ketan hitam dengan waktu fermentasi 96 jam. Pada gambar 11(a) dengan penambahan massa ragi 5 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yang masih sedikit sehingga menghasilkan kadar etanol yang kecil sebesar 3,5%. Pada gambar 11(b) dengan penambahan massa ragi 10 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual dalam kategori sedang sehingga menghasilkan kadar etanol sebesar 13,0%. Pada gambar 11(c) dengan penambahan massa ragi 15 gram, terlihat jumlah perkembangan jamur secara visual dalam kategori banyak sehingga menghasilkan kadar etanol sebesar 18,5%. Fenomena ini terjadi karena jumlah massa ragi (*Saccharomyces Cerevisiae*) yang ditambahkan sehingga mikroorganisme yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak.



Gambar 12. Perkembangan jamur waktu fermentasi 96 jam pada (a). Beras Ketan Putih ragi 5 gram, (b). Beras Ketan Putih ragi 10 gram dan (c). Beras Ketan Putih ragi 15 gram

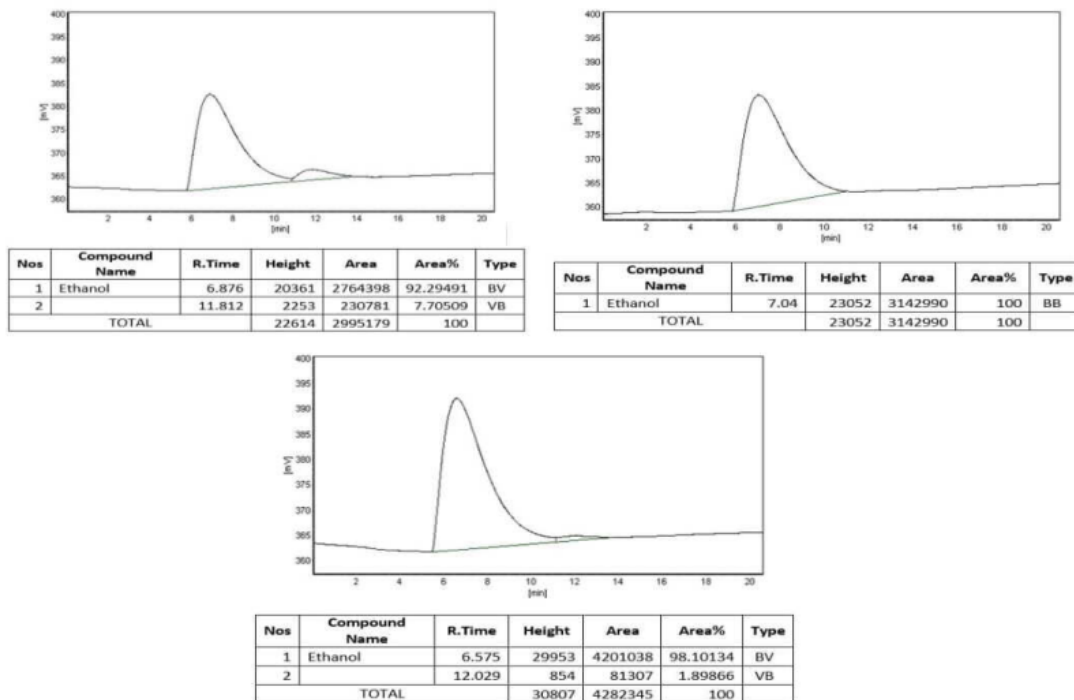
Gambar 12, menunjukkan perkembangan jamur pada beras ketan putih dengan waktu fermentasi 96 jam. Gambar 12(a) dengan penambahan massa ragi 5 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yaitu dalam kategori banyak sehingga menghasilkan kadar etanol sebanyak 5%. Karena penyesuaian mikroba pengurai karbohidrat menjadi etanol saat fermentasi maka selain terbentuk senyawa alkohol juga terbentuk senyawa-senyawa asam. Hal ini menyebabkan penambahan massa ragi 10 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yaitu

dalam kategori sedikit sehingga menghasilkan kadar etanol sebanyak 2,5% sebagaimana ditunjukkan gambar 12(b). Pada gambar 12(c) dengan penambahan massa ragi 15 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yaitu dalam kategori sedang sehingga menghasilkan kadar etanol sebesar 3,5%. Pada proses fermentasi senyawa asam terbentuk disebabkan oleh Oksigen yang terjebak dalam proses fermentasi, sehingga metabolisme mikroba berlangsung secara *aerob*. Suasana *aerob* sebenarnya tidak diharapkan dalam proses pembentukan bioetanol, karena substrat pada bakteri tersebut berupa glukosa menyebabkan etanol yang terbentuk dikonversi menjadi senyawa asam organik [23].



Gambar 13. Perkembangan jamur waktu fermentasi 96 jam pada (a.) Singkong 5 gram, (b.) Singkong 10 gram dan (c.) Singkong 15 gram

Gambar 13 menunjukkan perkembangan jamur pada singkong dengan waktu fermentasi 96 jam. Pada gambar 13(a) dengan penambahan massa ragi 5 gram, terlihat bahwa perkembangan jamur secara visual yaitu dalam kategori sedikit sehingga menghasilkan kadar etanol 3%. Hal ini disebabkan mikroba pelaksana fermentasi masih memasuki fase adaptasi. Setelah mengalami fase adaptasi, mikroba mulai membelah dengan kecepatan yang rendah karena baru mulai menyesuaikan diri [25]. Pada gambar 13(b) dengan penambahan massa ragi 10 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yaitu dalam kategori banyak sehingga menghasilkan kadar etanol 6,5%. Pada gambar 13(c) dengan penambahan massa ragi 15 gram, terlihat perkembangan jamur secara visual yaitu dalam kategori stasioner sehingga menghasilkan kadar etanol 6,5%. Keadaan ini dikarenakan pada proses fermentasinya terbentuk senyawa asam yang disebabkan oleh adanya oksigen yang masuk kedalam, sehingga metabolisme mikroorganisme berlangsung secara aerob dan pertumbuhan jamur tidak signifikan dan perkembangan jamur cenderung tetap.



Gambar 14. Hasil uji gas alkohol menggunakan GC (*Gas Chromatography*): a. Ketan Hitam, b. Ketan Putih dan c. Singkong

Gambar 14., adalah hasil uji satu sampel Ketan hitam, ketan putih dan Singkong, masing-masing sampel di uji satu kali dengan menggunakan gas Chromatography. Hasil uji ini menghasilkan kadar

etanol masing-masing adalah: Ketan hitam 92,30% (gambar 14.a), Ketan putih: 100% (gambar 14.b) dan Singkong: 98,10% (gambar 14.c).

Tabel 2. Hasil Uji kadar Bioetanol dengan pen refracto meter dan gas Kromatografi

No.	Bahan	Massa Ragi (gram)	Volume Air Destilasi (ml)	Waktu Fermentasi (jam)	Temper atur Destilasi (°C)	Uji pen	Uji Gas
						refractometer Kadar etanol (%)	Kromatografi (%)
1.	Ketan Hitam	5	30	96	90	3,5	92,30
		10	18	96	90	13,0	
		15	18,5	96	90	18,5	
2.	Ketan Putih	5	19	96	90	5,0	100,00
		10	26	96	90	2,5	
		15	21	96	90	3,5	
3.	Singkong	5	33	96	90	3,0	98,10
		10	29	96	90	6,5	
		15	19	96	90	6,5	

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel 2, ada perbedaan hasil pengujian antara *pen refractometer* dengan Gas kromatografi hal ini disebabkan adanya perbedaan tingkat presisi antara kedua alat. Penelitian yang dilakukan [20], menguji bahan yang sama dengan variasi waktu fermentasi: 42, 72 dan 96

jam. Hasil uji kadar bioetanol dengan Gas kromatografi menunjukkan hasil yang sedikit berbeda, hasil terbaik diperoleh pada Singkong (98,14%), Beras ketan putih (96,67%) dan Beras ketan hitam (94,96%). Berdasarkan sumber [27], Sumber karbohidrat dari beras ketan putih: 78,4

gram lebih tinggi dibandingkan dengan beras ketan hitam: 74,5 gram dan singkong: 34 gram. Bahan yang mengandung karbohidrat tinggi adalah sumber bioetanol yang sangat baik. Dengan hasil bioetanol beras ketan putih (100%) yang tertinggi, penelitian ini menunjukkan hasil yang cukup baik.

Mengacu pada SNI 7390: 2012 menyatakan bahwa kadar etanol minimum yang digunakan sebagai bahan bakar jenis bioetanol sebesar 94,0-99,5% [26]. Hasil Uji Gas kromatografi dua bahan memenuhi syarat yaitu: Hasil fermentasi Ketan Putih dan Singkong.

4. KESIMPULAN

Pada penambahan massa ragi dari 5- 15 gram terbentuk kadar etanol yang semakin meningkat dari 3,5-18,5 %, hal ini menunjukkan penambahan jumlah ragi berpengaruh signifikan terhadap hasil fermentasi bioetanol. Pengaruh ketidakstabilan mikroba yang mengurai karbohidrat menjadi etanol, saat fermentasi selain terbentuk senyawa alkohol juga terbentuk senyawa-senyawa asam. Hal ini yang menyebabkan penambahan massa ragi tidak signifikan terhadap hasil fermentasinya. Waktu fermentasi yang optimal terjadi pada hari ke-4 dengan jumlah waktu 96 jam. Hasil Uji Gas kromatografi dua bahan memenuhi syarat SNI yaitu: Hasil fermentasi Ketan Putih dan Singkong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Senam, Prospek Bioetanol Sebagai Bahan Bakar yang Terbarukan dan Ramah Lingkungan, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009.
- [2] Diah Restu Setiawati, Anastasia Rafika Sinaga, Tri Kurnia Dewi, Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok, Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 19, Januari 2013.
- [3] Wusnah, Samsul Bahri, Dwi Hartono, Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) secara Fermentasi, Jurnal Teknologi Kimia Unimal 5:1 (2016) 57-65.
- [4] Rosa Devitria, Dini Fatmi, Produksi Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Isolat Bakteri dari Cagar Biosfer Giam Siak Kecil Bukit Batu Riau, Human Care, e-ISSN:2528-66510;Volume 3;No.2(June,2018): 90–93.
- [5] Yuana Susmiati, Prospek Produksi Bioetanol dari Limbah Pertanian dan Sampah Organik, Industri: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri Volume 7 Nomor 2: 67-80 (2018).
- [6] Murniati, Sri Seno Handayani, Dwi Kartika Risfianty, Bioetanol dari Limbah Biji Durian (*Durio zibethinus*), J. Pijar MIPA, Vol. 13 No.2, September 2018: 155 – 160.
- [7] Sukaryo dan Sri Subekti, Bioetanol dari Limbah Biji Alpokat di Kabupaten Semarang, Jurnal Neo Teknika Vol 3. No. 1, Juni 2017, hal. 29-34.
- [8] Bambang Trisakti, Yustina br Silitonga, Irvan, Pembuatan Bioetanol dari Tepung Ampas Tebu Melalui Proses Hidrolisis Termal dan Fermentasi Serta *Recycle Vinasse* (Pengaruh Konsentrasi Tepung Ampas Tebu, Suhu dan Waktu Hidrolisis), Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 3 (September 2015).
- [9] Maswati Baharuddin, Sappewali, Karisma, Jeni Fitriyani, Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) dan Kulit Pohon DAO (*Dracontamelon*) Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS), *Chimica et Natura Acta Vol.4 No.1, April 2016:1-6*.
- [10] Ina Winarni, T. Beuna Bardant, Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) Dengan Metode Substrat Konsentrasi Tinggi, jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 35 No. 4, Desember 2017: 231-242.
- [11] Garvin Chandra, Bernardus Boy Rahardjo Sidharta, Fransiskus Sinung Pranata, Produksi Bioetanol dengan Filtrat Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Menggunakan Teknik Imobilisasi Berulang Sel *Saccharomyces cerevisiae*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta Fakultas Teknobiologi Program Studi Biologi Yogyakarta, 2017.
- [12] Rachmat Subagyo, Imam Ahdy Saga, Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Kulit Singkong dan Kulit Nanas dengan Variasi Massa Ragi, SJME KINEMATIKA VOL.4 NO.1, 1 JUNI 2019, pp 1 -14.
- [13] Rodiah Nurbaya Sari, Bagus Sediadi Bandol Utomo, Armansyah H. Tambunan, Kondisi Optimum Produksi Bioetanol dari Rumput Laut Coklat (*Sargassum duplicatum*) menggunakan

- Trichoderma viride dan Pichia angophorae, JPB Perikanan Vol. 9 No. 2 Tahun 2014: 121–132.
- [14] Saniha Adini, Endang Kusdiyantini dan Anto Budiharjo, Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp. dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda, BIOMA, Desember 201 5 ISSN: 1410-8801 Vol. 16, No. 2, Hal. 65 – 75.
- [15] Arifwan, Erwin, Rudi Kartika, Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot Glaziovii* Muell) dengan Hidrolisis Enzimatik dan Difermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*, Jurnal Atomik., 2016, 01 (1) hal 10-12.
- [16] Herlina, Aceng Ruyani, Zamzaili, Budiyanto, Studi Potensi Talas Liar sebagai Sumber Bioetanol dan Implementasinya pada Pembelajaran Biologi, *PENDIPA Journal of Science Education*, 2019: 3 (1), 28-32.
- [17] Hasanah, H., Pengaruh Lama fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza sativa L var forma glutinosa*) dan Tape Singkong (*Manihot utilisima Pohl*). 16 Februari 2018.
- [18] Muhammad Khak, Rini Nuraini Rohmatningsih, Purwito, Optimalisasi Fermentor untuk Produksi Etanol dan Analisis Hasil Fermentasi Menggunakan Gas Chromatografi, Jurnal Matematika, Saint, dan Teknologi, Volume 15, Nomor 1, Maret 2014, 12-20.
- [19] Agustin Krisna Wardani, Fenty Nurtyastuti Eka Pertiwi, Produksi Etanol dari Tetes Tebu oleh *Saccharomyces cerevisiae* Pembentuk Flok (NRRL – Y 265), *AGRITECH, Vol. 33, No. 2, MEI 2013*.
- [20] Andrie Yeremia Marchelino Simanjuntak, Rachmat Subagyo, Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol dengan Variasi Waktu Menggunakan Bahan (Singkong, Beras Ketan Hitam dan Beras Ketan Putih), *SJME KINEMATIKA VOL.4 NO.2, 1 DESEMBER 2019*, pp 79-90.
- [21] Arry Eko Pristiwanto, Rachmat Subagyo, Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol dengan Variasi Massa Ragi menggunakan Bahan (BerasKetan Hitam, Beras Ketan Putih dan Singkong), *ROTARY Volume 01 No. 02 September 2019* (pp: 157-172).
- [22] Mira Amalia Hapsari, dkk, Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah ke Bahan Bakar Nabati. 12 Desember 2018.
- [23] I Wayan Arnata; A.A.M. Dewi Anggreni, Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape dan *Saccharomycescerevisiae*, *AGROINTEK Volume 7, No.1 Maret 2013*.
- [24] Cicik Herlina Yulianti, Uji Beda Kadar Alkohol Pada Tape Beras, Ketan Hitam dan Singkong. 16 Februari 2018.
- [25] Fardiaz, Mikrobiologi Pangan. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 16 Maret 2018.
- [26] Badan Standarisasi Nasional (BSN). *Rancangan Standar Nasional Indonesia*. Jakarta. 8 maret 2018.
- [27] Bahan Pangan Indonesia, Komposisi pangan beras putih, beras merah dan beras hitam. 15 April 2018.