

PEMBUATAN BIOETANOL DARI ALGA *Codium geppiorum* DAN PEMANFAATAN BATU KAPUR NUSA PENIDA TERAKTIVASI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BIOETANOL

I Wayan Karta¹, Ni Made Puspawati², Yenni Ciawi³

¹ Magister Kimia Terapan, Program Pascasarja Universitas Udayana,

iwayankarta_ganesh@yahoo.com

² Jurusan Kimia Universitas Udayana,

made_puspawati@unud.ac.id

³ Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana,

yenniciawi@yahoo.com

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi penambahan ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar etanol dalam pembuatan bioetanol berbahan alga *Codium geppiorum*, dan pengaruh variasi suhu aktivasi dan massa batu kapur Nusa Penida dalam meningkatkan kadar etanol. Penelitian adalah *True Experiment* dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3 x 4 yang terdiri dari dua faktor. Kadar etanol diukur dengan *Gas Chromatography Varian 3300* dan dianalisis dengan Anava dua jalur menggunakan *software* SPSS 17.0. Hasil penelitian pada kadar etanol hasil fermentasi menunjukkan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($38,212 > 2,51$) dengan probabilitas 0,000 yang berarti adanya interaksi antara variasi konsentrasi ragi dan waktu fermentasi. Perlakuan yang optimum diperoleh pada W_3D_3 (waktu 7 hari dan konsentrasi 20%) yaitu dengan rata-rata 3,03% dari massa sampel alga 25 gram. Hasil penelitian dehidrasi etanol menunjukkan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($3,082 > 2,51$) dengan probabilitas 0,022 yang berarti terdapat interaksi antara suhu aktivasi dan massa batu kapur dalam dehidrasi etanol. Perlakuan yang optimum adalah M_1T_1 (massa 50 gram dan suhu 800°C) dengan rata-rata kadar etanol 99,15 %. Aplikasi batu kapur dengan dehidrasi optimum mampu meningkatkan kadar bioetanol dari 28,92% menjadi 83,78%. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa variasi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar etanol yang dihasilkan pada pembuatan bioetanol berbahan alga *Codium geppiorum*; dan variasi suhu aktivasi dan massa batu kapur berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kadar etanol.

Kata kunci: bioetanol, *Codium geppiorum*, dehidrasi, batu kapur, ragi tape

ABSTRACT: The aims of this research are to determine the effect of the concentration of yeast addition and length of fermentation on the amount of ethanol produced in the fermentation of algae *Codium geppiorum* and the effect of activation temperature and the amount of Nusa Penida's limestone on the concentration of ethanol in the fermentation supernatant. The results showed that concerning the concentration of ethanol produced, $F_{value} > F_{table}$ with probability of 0.000 which means that there was interactions between yeast concentration and duration of time of fermentation. The optimum result was obtained from W_3D_3 (7 day fermentation and 20% inoculum) by an average of ethanol concentration was 3.03% using 25 grams of algae sample. The results from the dehydration of ethanol showed that $F_{value} > F_{table}$ with a probability of 0.022 which means that there were interactions between activation temperature and amount of limestone used in the dehydration process. The optimum treatment was M_1T_1 (50 g limestone and activation temperature of 800°C) with an average concentration of ethanol of 99.15%. The application of limestone at the optimum condition could increased bioethanol grade from 28,92% to 83,78%. It can be concluded

that: concentration of yeast added and length of fermentation significantly affect the amount of ethanol produced the fermentation of *Codium geppiorum* and the activation temperature and the amount of limestone used in the dehydration process had significant effects on the increasing of ethanol concentration in the fermentation product.

Keywords: bioethanol, *Codium geppiorum*, dehydration, limestone, *Saccharomyces*

1. PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan etanol yang terbuat dari hasil fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dikembangkan sebagai bahan bakar pengganti BBM dengan *fuel grade ethanol* $\geq 99,5\%$ untuk mengimbangi kelangkaan sumber minyak bumi. Bioetanol menjadi energi alternatif karena memiliki kandungan oksigen yang tinggi, bilangan oktan yang tinggi, mudah terurai, dan sumber energi diperbaharui. Kandungan oksigen yang tinggi akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi terjadinya pencemaran akibat gas buang seperti emisi hidrokarbon, karbon monoksida, dan emisi partikulat, ataupun gas-gas rumah kaca. Bioetanol memiliki bilangan oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga dapat mengurangi terjadinya ketukan dan dapat menggantikan fungsi bahan aditif seperti metil tersier butil eter (MTBE) dan tetra etil timbale. Selain itu, bioetanol juga mempunyai batas sifat nyala yang lebih luas, kecepatan nyala yang lebih tinggi, dan kalor uap yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin. Hal ini akan memberikan perbandingan kompresi lebih tinggi, waktu bakar yang pendek dan bergantung pada pembakaran mesin [1].

Selama ini, sumber-sumber bahan bioetanol yang dimanfaatkan yaitu singkong, tebu, nira, sorgum, nira nipah, ubi jalar, dan lain-lain. Dalam penyediaannya, bahan baku tersebut memiliki kelemahan, yaitu penanamannya memerlukan lahan yang luas dan bioetanol yang diperoleh belum maksimal. Oleh karena itu, perlu upaya penggunaan bahan baku bioetanol alternatif, salah satunya dengan alga laut. Alga memiliki yield

biomassa dan minyak yang tinggi, mampu dikembangkan secara luas, kurang berkompetisi dengan pertanian darat, menyerap CO₂ dengan baik, cocok untuk pengolahan limbah, serta sebagai sumber energi terbarukan [2]. Pada penelitian ini digunakan jenis *Codium geppiorum* yang tersebar di kawasan Nusa Lembongan dengan kandungan karbohidrat 69,10% [3].

Proses pembuatan bioetanol meliputi perlakuan awal sampel, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian. Hidrolisis dapat dilakukan dengan penggunaan asam pekat, pelarutan dalam asam encer, atau dengan reaksi enzimatis [4]. Fermentasi sumber biomassa dilakukan dengan menambahkan mikroorganisme, dalam penelitian ini digunakan ragi tape jenis NKL. Mikroorganisme yang terdapat di dalam ragi tape adalah jenis kapang meliputi kapang *Amylomyces rouxii*, *Mucor* sp., dan *Rhizopus* sp.; khamir *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomycopsis malanga*, *Pichia burtonii*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Candida utilis*; serta bakteri *Pediococcus* sp. dan *Bacillus* sp. Kandungan mikroorganisme tersebut membantu proses pengolahan biomassa menjadi bioetanol karena menghasilkan enzim-enzim [5]. Faktor yang mempengaruhi hasil fermentasi adalah jenis dan jumlah mikroba, konsentrasi gula dan konsentrasi enzim, lama waktu fermentasi, keasaman (pH), suhu, udara (oksigen), dan makanan. Jumlah mikroba akan berpengaruh terhadap konsentrasi enzim dalam fermentasi yang berdampak pada etanol yang dihasilkan. Lama waktu fermentasi pada mikroba perlu diketahui keadaan optimumnya, sehingga dalam proses

produksinya dapat dilakukan secara efektif dan efisien [6] [7] [8].

Etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya $\leq 15\%$, karena mikroba yang ada biasanya tidak tahan pada kadar etanol yang tinggi. Oleh karena itu untuk meningkatkan kadar etanol perlu dilakukan pemurnian seperti destilasi. Destilasi biasanya menghasilkan etanol pada kadar $<95\%$, karena adanya titik azeotrop antara campuran etanol-air, sehingga perlu dilakukan pemurnian lanjutan dengan dehidrasi. Dehidrasi yaitu pemisahan campuran etanol-air dengan cara menghilangkan air yang dapat dilakukan dengan cara adsorpsi atau absorpsi [9]. Penelitian ini menggunakan batu kapur Nusa Penida yang teraktivasi untuk mendehidrasi etanol hasil bioetanol sehingga dihasilkan kadar yang lebih tinggi. Komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam batu putih Nusa Penida adalah 87,35% CaO, 1,12% Al₂O₃, 10,34% SiO₂, 0,85% Fe₂O₃, 0,07% TiO₂ dan 0,20% BaO [10]. Batu kapur Nusa Penida memiliki kandungan yang berbeda dengan kadar batu kapur lainnya yaitu memiliki kandungan silikat dan aluminium yang lebih tinggi. Tingginya silikon dan aluminium pada batuan menyebabkan makin tingginya kerapatan struktur mineral batuan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui (1) pengaruh variasi konsentrasi penambahan ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar etanol dalam pembuatan bioetanol berbahan alga *Codium geppiorum*, dan (2) pengaruh variasi suhu aktivasi dan massa batu kapur Nusa Penida dalam meningkatkan kadar etanol.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alga *Codium geppiorum* dari Nusa Lembongan, batu kapur Nusa Penida, ragi tape NKL, asam sulfat 3,5%, akuades, natrium hidroksida 4

M, dan etanol (92,51%; 99,8%; dan 30%). Alat yang digunakan yaitu kromatografi gas Varian 3300, *furnace*, *blender*, *freezer*, dan alat gelas seperti destilasi bertingkat, labu, gelas kimia, pipet volume, tabung reaksi, gelas ukur, erlenmeyer, kaca arloji, wadah fermentasi, corong.

2.2 Metode

Penelitian ini termasuk dalam *True Experiment*. Penelitian dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap pembuatan bioetanol dan pemurnian lanjutan dengan batu kapur. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3 x 4 yang terdiri dari dua factor, dalam analisis dibantu dengan software SPSS 17.0. Perlakuan awal sampel dilakukan dengan pengeringan dan penghalusan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Denpasar; dan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Laboratorium Analitik Universitas Udayana. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu perlakuan awal alga *Codium geppiorum* yang telah dikeringkan dan aktivasi ragi, proses fermentasi, dan pemurnian.

2.2.1 Perlakuan awal, hidrolisis, dan aktivasi ragi

(a) Perlakuan awal.

Alga yang telah diambil dari laut dikeringkan dan direndam dalam air selama 24 jam. Kemudian dikeringkan kembali dan dihaluskan dengan blender, serta ditimbang sebanyak 25 gram untuk semua jenis perlakuan (12 jenis perlakuan dan tiga kali pengulangan).

(b) Hidrolisis

Masing-masing sampel ditempatkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan asam sulfat 3,5 % dengan perbandingan 1:8 (25 gram alga dengan asam sulfat 200 mL). Selanjutnya sampel dipanaskan pada suhu 110°C dan diaduk dengan *hotplate stirrer* dengan skala 8 selama 1 jam. Setelah pemanasan, masing-masing sampel didinginkan dan diperiksa pH-nya, lalu ditambahkan dengan NaOH 4 M sampai

pH menjadi 4 – 5. Hasil hidrolisis diuji dengan Reagen Benedict.

(c) Aktivasi ragi (pembuatan *starter*)

Ragi tape pada masing-masing konsentrasi dicampurkan ke dalam 25 mL larutan glukosa 1%. Campuran dimasukkan dalam erlenmeyer 50 mL dan ditutup rapat dengan *cling-film*, *aluminium foil*, dan selotip, kemudian ditempatkan dalam *inkubator* pada suhu 30°C selama 24 jam.

2.2.2 Fermentasi dan distilasi bertingkat

(a) Fermentasi sampel

Sampel yang telah dihidrolisis ditambahkan *starter* ragi dengan konsentrasi per 25 gram alga sebanyak 1,25 g, 2,5 g; dan 5 g. Kemudian dimasukkan ke dalam wadah dan ditutup rapat dengan *cling-film*, *aluminium foil*, selotip serta dibungkus dengan plastik. Wadah tersebut diinkubasi pada suhu 27°C-30°C selama 3, 5, dan 7 hari. Langkah tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

(b) Distilasi bertingkat

Bioetanol hasil fermentasi dipisahkan etanolnya dengan destilasi bertingkat pada suhu 70°C-90°C, pemanasan skala 4 selama 1 jam. Destilat ditampung dalam erlenmeyer kemudian diukur volumenya dan diuji kadar etanolnya dengan kromatografi gas. Destilat dengan kadar tertinggi selanjutnya didehidrasi dengan menggunakan batu kapur Nusa Penida teraktivasi yang memiliki dehidrasi optimum.

2.2.3 Aktivasi batu kapur, pengujian dehidrasi optimum, dan aplikasi dehidrasi bioetanol

(a) Aktivasi batu kapur Nusa Penida

Sebelum dilakukan pemurnian dengan batu kapur terlebih dahulu dilakukan aktivasi batu kapur Nusa Penida dengan variasi suhu. Batu kapur dihaluskan dan dipanaskan pada suhu 100°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C, masing-masing sebanyak 5 kg selama 2 jam dalam *furnace* Nabertherm. Hasil pemanasan ditimbang

dan disimpan dalam toples besar dan ditutup rapat.

(b) Pengujian Dehidrasi Optimum

Setelah dilakukan aktivasi dilakukan pengujian pemurnian secara dehidrasi dengan langkah sebagai berikut. Batu kapur ditimbang sebanyak 50 gram, 75 gram, dan 100 gram untuk setiap perlakuan. Masing-masing perlakuan ditambahkan 100 mL etanol umpan 92,51% dan direndam selama 24 jam. Kemudian hasil perendaman dipisahkan etanolnya dengan distilasi bertingkat pada suhu 70°C-80°C selama 1 jam. Destilatnya diukur volumenya dan ditentukan kadar etanolnya dengan kromatografi gas. Langkah tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

(c) Aplikasi dehidrasi bioetanol

Pada pengujian dehidrasi optimum diperoleh perlakuan suhu aktivasi dan massa batu kapur yang tertinggi mendehidrasi etanol. Perlakuan tersebut diaplikasikan untuk mendehidrasi bioetanol hasil fermentasi dengan kadar destilat tertinggi.

2.2.4 Pengukuran kadar etanol dengan kromatografi gas

Alat kromatografi gas yang digunakan adalah *Gas Chromatograph* merk Varian 3300 yang ada di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Udayana. Penentuan kadar etanol dilakukan dengan pendekatan luas area yang dibandingkan dengan luas area standar. Standar etanol yang digunakan untuk penentuan kadar etanol hasil fermentasi yaitu 30%, sedangkan untuk standar etanol dehidrasi 99,8 %. Kemudian kadar etanol masing-masing sampel yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{kadar etanol (\%)} = \frac{\text{luas area sampel}}{\text{luas area standar}} \times \text{konsentrasi standar (\%)}$$

3. HASIL dan PEMBAHASAN

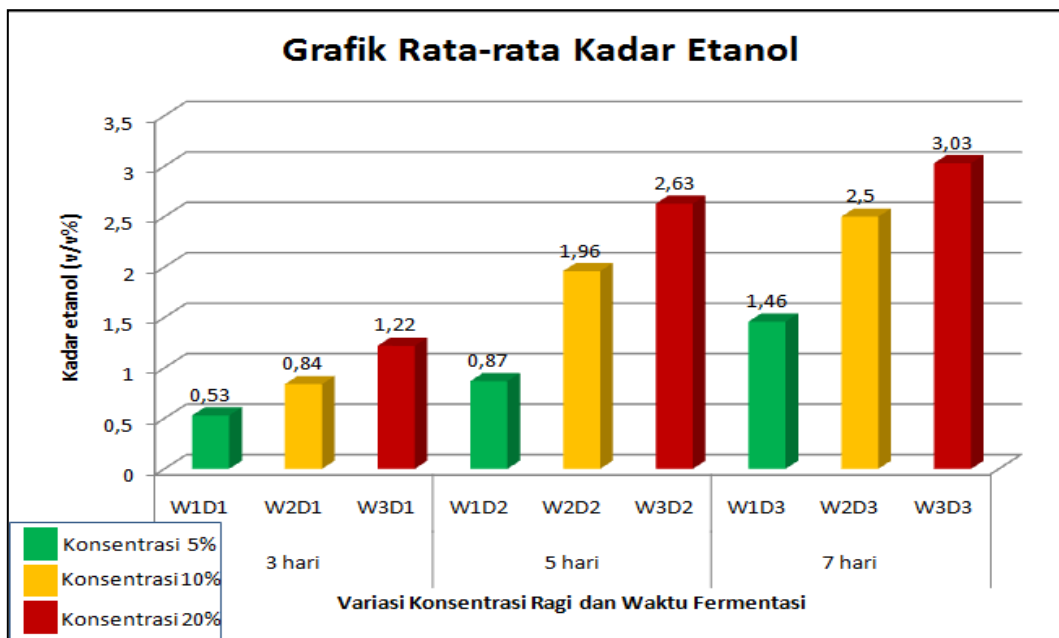
3.1 Hasil

Hasil penelitian ini adalah kadar etanol pada masing-masing variasi waktu

dan dosis penambahan ragi tape, hasil dehidrasi menggunakan batu kapur teraktivasi, serta hasil analisisnya.

Tabel 1. Hasil Uji Anava Dua Jalur SPSS 17.0 pada Kadar Etanol dari Fermentasi *Codium geppiorum* dengan Perlakuan Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi yang Berbeda

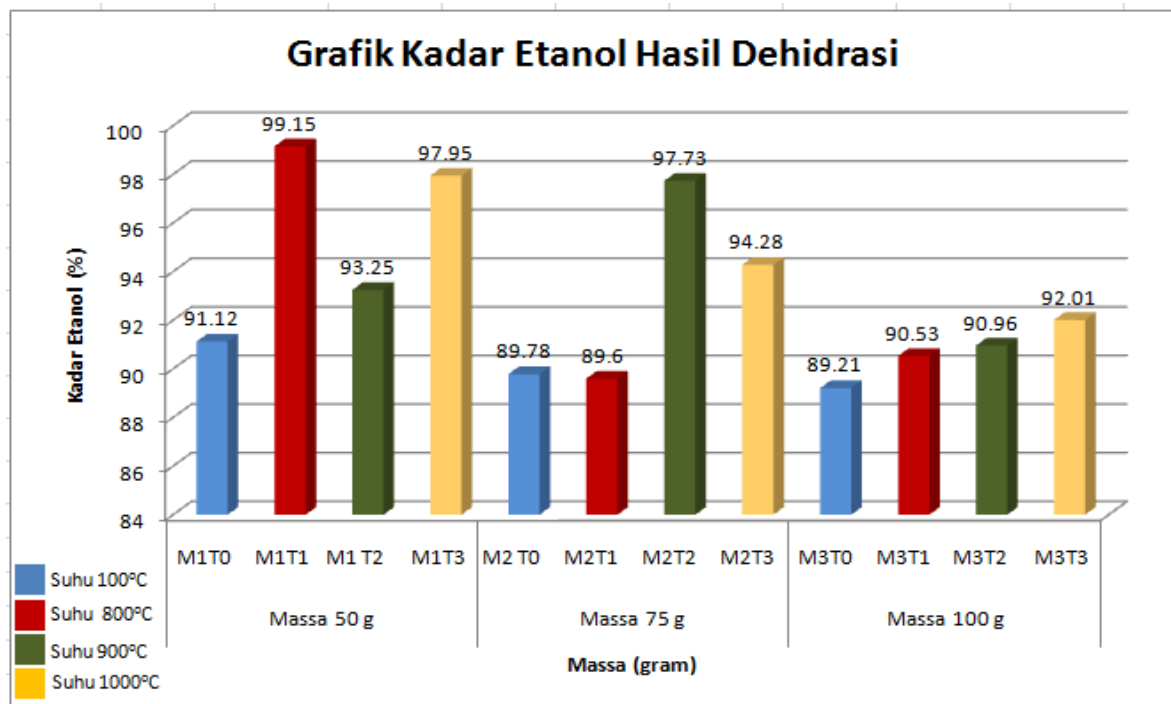
| Sumber keragaman | Jumlah kuadrat | Derajat kebebasan | Rerata jumlah kuadrat | F _{hitung} | F _{tabel 5%} | Sig. |
|--|----------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Perlakuan | 138,750 ^a | 11 | 12,614 | 119,876 | 2,22 | 0,000 |
| Intersep | 202,393 | 1 | 202,493 | 1924,431 | 4,26 | 0,000 |
| Konsentrasi ragi | 96,120 | 3 | 32,040 | 304,498 | 3,01 | 0,000 |
| Lama waktu fermentasi | 28,866 | 2 | 14,433 | 137,166 | 3,40 | 0,000 |
| Interaksi konsentrasi ragi*lama waktu fermentasi | 13,764 | 6 | 2,294 | 21,802 | 2,51 | 0,000 |
| Galat | 2,525 | 24 | 0,105 | | | |
| Total | 343,768 | 36 | | | | |
| Total perlakuan | 141,275 | 35 | | | | |



Gambar 1. Grafik Rata-rata Kadar Etanol dari *Codium geppiorum* dengan Variasi Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi

Tabel 2. Hasil Uji Anava Dua Jalur SPSS 17.0 pada Kadar Etanol pada Dehidrasi Menggunakan Variasi Massa dan Suhu Aktivasi Batu Kapur Nusa Penida

| Sumber keragaman | Jumlah kuadrat | Derajat kebebasan | Rerata jumlah kuadrat | F _{hitung} | F _{tabel} 5% | Sig. |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Perlakuan | 412,673 ^a | 11 | 37,516 | 4,203 | 2,22 | 0,002 |
| Intersep | 311129,684 | 1 | 311129,684 | 34853,320 | 4,26 | 0,000 |
| Suhu aktivasi | 115,145 | 3 | 38,382 | 4,300 | 3,01 | 0,015 |
| Massa | 132,446 | 2 | 66,223 | 7,418 | 3,40 | 0,003 |
| Interaksi suhu aktivasi*massa | 165,082 | 6 | 27,514 | 3,082 | 2,51 | 0,022 |
| Galat | 214,244 | 24 | 8,927 | | | |
| Total | 311756,601 | 36 | | | | |
| Total perlakuan | 626,917 | 35 | | | | |



Gambar 2. Grafik Kadar Etanol yang Dihasilkan pada Proses Dehidrasi dengan Variasi Massa dan Suhu Aktivasi Batu Kapur Nusa Penida

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian dan pengolahan data dari kadar etanol hasil fermentasi menunjukkan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($38,212 > 2,51$) dengan probabilitas 0,000 yang berarti adanya interaksi antara konsentrasi ragi dan lama waktu fermentasi. Perlakuan

yang optimum diperoleh pada W_3D_3 (waktu 7 hari dan konsentrasi 20%) yaitu dengan rata-rata kadar etanol 3,03% dengan massa sampel alga 25 gram. Waktu fermentasi lebih lama memberikan kesempatan kepada mikrobial yang ada di ragi tape untuk berkembang biak lebih banyak. Konsentrasi ragi yang semakin

tinggi menandakan jumlah khamir pada ragi tape yang ditambahkan untuk mengubah gula menjadi alkohol semakin banyak, sehingga kadar alkohol yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Pada Gambar 1 perlakuan dengan kadar etanol tertinggi adalah W₃D₃ pada ulangan pertama sebesar 3,30%. Secara hasil penelitian pada 295,3 mL sampel terdapat 3,30% etanol yang artinya terdapat volume etanol hasil fermentasi sebesar 9,745 mL (diperoleh dari mengalikan 3,30% dengan 295,3 mL dalam sampel). Jika dikonversi ke bentuk mol akan diperoleh sebesar 0,167 mol. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dihitung efektivitas fermentasi dan hasil etanol yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fermentasi} &= \frac{\text{perolehan etanol praktis}}{\text{perolehan etanol teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{0,167 \text{ mol}}{0,192 \text{ mol}} \times 100\% = 86,95\% \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fermentasi} &= \frac{\text{perolehan etanol praktis}}{\text{perolehan etanol teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{9,745 \text{ mL}}{11,208 \text{ mL}} \times 100\% = 86,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Hasil etanol} &= \frac{\text{etanol yang dihasilkan (g)}}{\text{sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{7,689 \text{ g}}{25 \text{ g}} \times 100\% = 30,75\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dalam penelitian ini diperoleh hasil fermentasi mendekati teoritis, dimana efektivitas fermentasi yang umumnya diperoleh adalah 90 % [11] dan hasil teoritis dengan fermentasi anaerob adalah 60,77±2,20 [1]. Pada penelitian bioetanol dari alga *Eucheuma spinosum* pada hari ketiga dihasilkan bioethanol dengan kadar 15,25% pada destilatnya [12]. Adanya perbedaan hasil secara teoritis dan praktis tersebut kemungkinan disebabkan ketidaksempurnaan hasil pada hidrolisis, aktivitas khamir, dan jumlah

sampel. Hasil hidrolisis yang menghasilkan monosakarida bergantung pada jenis dan jumlah sampel yang digunakan, konsentrasi asam sulfat, waktu reaksi, dan pengadukan. Sampel yang banyak akan cenderung menghasilkan substrat gula yang tinggi, hal ini akan berdampak pada semakin naiknya konsentrasi gula akan menghasilkan produktivitas etanol yang makin tinggi. Hal ini disebabkan semakin banyaknya substrat yang tersedia untuk digunakan dalam metabolisme ragi tape, sehingga akan menghasilkan etanol yang semakin banyak pula. Namun, tetap saja ada batas maksimal konsentrasi substrat untuk proses fermentasi etanol. Penurunan produksi etanol pada konsentrasi gula berlebih merupakan efek dari inhibisi substrat [13].

Hasil penelitian dehidrasi etanol menunjukkan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (3,082 > 2,51) dengan probabilitas 0,022, yang berarti terdapat interaksi antara suhu aktivasi dan massa batu kapur dalam dehidrasi etanol. Perlakuan yang optimum adalah M₁T₁ (massa 50 gram dan suhu 800°C) dengan rata-rata kadar etanol 99,15 %. Bioetanol hasil fermentasi yang telah didestilasi dengan kadar tertinggi (28,91%) mengalami peningkatan kadar menjadi 83,78% setelah didehidrasi dengan batu kapur teraktivasi optimum. Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan optimum yang memberikan nilai dehidrasi etanol tertinggi adalah M₁T₁ (massa 50 gram dan suhu 800°C). Berdasar gambar tersebut, dapat diperoleh penjelasan bahwa batu kapur tanpa teraktivasi tidak meningkatkan kadar etanol tetapi menurunkan kadarnya sehingga menjadi lebih rendah daripada kadar etanol umpan 92,51 %. Hal ini karena, selain terjadi penyerapan air, juga terjadi penyerapan etanol. Pada suhu 800°C, penggunaan variasi massa 50 gram, 75 gram, dan 100 gram menghasilkan kadar etanol yang berbeda. Massa 50 gram menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan 75 gram dan 100 gram. Hal ini karena pada massa 50

gram etanol yang terserap lebih sedikit dibandingkan dengan massa lainnya. Pada gambar tersebut massa 100 gram dengan berbagai variasi suhu memberikan nilai kadar etanol yang lebih rendah karena kemungkinan etanol banyak yang terperangkap dalam struktur batu kapur teraktivasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan (1) konsentrasi penambahan ragi tape dan lama waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar etanol yang dihasilkan pada proses pembuatan bioetanol berbahan alga *Codium geppiorum*; dan (2) suhu aktivasi dan massa batu kapur Nusa Penida berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kadar etanol.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Analis Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian; Kepala Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengembangan Seni dan Teknologi Keramik, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Denpasar atas bantuannya dalam pengujian batu putih; dan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Laboratorium Analitik, Universitas Udayana yang membantu dalam analisis kadar bioethanol.

REFERENSI

- [1] Balat, M., H. Balat., and C. Öz. Progress in Bioethanol Processing. *Energy and Combustion Science*, 2007, Vol. 34: 551-573.
- [2] Nahak, S., G. Nahak, I. Pradhan, and R.K. Sahu. Bioethanol from Marine Algae : A Solution to Global Warming

Problem. *Journal of Applied Environmental and Biological Science*, 2011, Vol.1(4):74-80

- [3] Puspaningrat, L.P.D., L.P. Suryantini, I G.S. Wikramadita, I W. Karta. "Identifikasi dan Analisis Kadar Karbohidrat Dan Lemak Pada Alga Liar Di Nusa Lembongan yang Berpotensi Sebagai Bahan Bioetanol dan Biodiesel". *Laporan Penelitian*. Singaraja: Jurusan Analis Kimia Undiksha, 2011.
- [4] Hamelinck, C.N., G. van Hooijdonk, and A.P.C. Faaij. Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-economic Performance in Short-Middle- and Long Term. *Biomass Energy*, 2005, Vol. 28:384-410
- [5] Kusnadi, A. Syulasma, Y.H. Adisendjaja. Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Sebagai Energi Alternatif. *Laporan Penelitian STRANAS*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, 2009.
- [6] Kusuma, I G.B. W. Pengolahan Sampah Organik Menjadi Etanol Dan Pengujian Sifat Fisika Biogasoline. *Jurnal Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang, 13-15 Oktober 2010* ISBN : 978-602-97742-0-7
- [7] Jumari, A., W.A. Wibowo, Handayani, dan I. Ariyani. Pembuatan Etanol dari Jambu Mete dengan Metode Fermentasi. *Ekulilibrium*, 2009, Vol. 7. No. 2: 48 – 54.
- [8] Bamforth, C.W. *Food, Fermentation and Micro-Organisms*. USA: Blackwell Publishing, 2005.
- [9] Kusuma, D.S., dan A.A. Dwiatmoko. Pemurnian Ethanol untuk Bahan Bakar. Pusat Penelitian LIPI: *Berita IPTEK Tahun ke-47 No.1* : 48 – 56, 2009.

- [10] Arimbawa, P. "Analisis XRF (X-Ray Fluorescence) Terhadap Degradasi Kandungan Logam-Logam Batu Putih Nusa Penida". (*Skripsi*). Singaraja: Jurusan Pendidikan Kimia, Undiksha, 2010.
- [11] Walker, G.M. *Bioethanol: Science and Technology of Fuel Alcohol*. Download free ebooks : BookBooN.com, 2010.
- [12] Khamdiyah, N. "Pembuatan Etanol dari Alga Merah Jenis *Euchema spinosum* dengan Sakarifikasi dan Tanpa Sakarifikasi pada Variasi Lama Fermentasi". (*Skripsi*). Malang: Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim, 2010.
- [13] Roukas, T. Continuous Ethanol Production from Nonsterilized Carob Pod Extract by Immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on Mineral Kissiris Using A Two-reactor System. *Journal Applied Biochemistry and Biotechnology*, 1996, Vol. 59, No. 3: 299-307