

## **Pembuatan bioetanol dari umbi ganyong (*canna discolor*) dengan metode *solid state fermentation* (SSF)**

## **Production bioethanol from canna tubers (*canna discolor*) with solid state fermentation (SSF) method**

**Emi Erawati<sup>1\*</sup>, Cindy Amelia Sari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*

*Jl. A.Yani Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102*

*\*Email: emi.erawati@ums.ac.id*

### **Abstrak**

Ganyong adalah tanaman pangan yang mempunyai kandungan gizi cukup tinggi. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui cara pembuatan bioetanol dari umbi ganyong dengan metode *Solid State Fermentation* (SSF) dan menentukan harga konstanta Michaelis Menten pada pembuatan bioetanol dari umbi ganyong dalam pH bervariasi menggunakan metode SSF. Umbi ganyong dicuci dengan air, dikupas kulitnya, dan diparut. Dari hasil parutan diperas dan dipanaskan dalam panci dengan suhu 100°C selama  $\pm 30$  menit. Bubur umbi ganyong didinginkan untuk dilanjutkan proses fermentasi. Bubur umbi ganyong diambil sebanyak 250 mL, lalu ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g, NPK sebanyak 5 g, urea sebanyak 5 g, dan volume starter 200 mL. Bubur umbi dimasukkan ke dalam tempat fermentasi dan ditutup agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara. Sampel dianalisis pada pH 4, 4,5 dan 5 dengan waktu fermentasi selama 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, dan 17 hari. Berdasarkan hasil penelitian, kadar air, serat kasar, dan pati yang terkandung dalam umbi ganyong berturut-turut adalah 10,10 %, 40,17 %, dan 0,35 %. Kadar glukosa tertinggi dalam penelitian ini pada waktu fermentasi 0 hari dengan pH 5 sebesar 8,2 %. Sedangkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 46,08% pada pH 4 pada waktu fermentasi 17 hari. Model kinetika reaksi fermentasi yang paling sesuai adalah *Lineweaver and Burk* pada pH 5 dengan harga  $K_m$  sebesar 94,26 g/L.hari dan  $V_{maks}$  sebesar 30,66 g/L dengan  $R^2$  sebesar 0,98.

**Kata Kunci:** bioetanol, fermentasi, ganyong, glukosa, kinetika reaksi

### **Abstract**

Canna tubers are food plant nutritious which is have highy nutrition. The research objectives were to determine the production of bioethanol from canna tubers and to investigate the Michaelis Menten constant for producing bioethanol from canna tubers in pH variations using the SSF method. Canna tubers were washed with water, peeled, and grated. From the results of the grated squeezed and heated in a pan with a temperature of 100°C for  $\pm 30$  minutes. Canna tuber porridge was cooled to continue the fermentation process. Canna tuber pulp, *Saccharomyces cerevisiae*, NPK, urea, and starter volume were added as much as 250 mL, 10 g, 5 g, 5 g, and 200 mL respectively. Canna tuber porridge was inputted to fermentation storage and closed to avoid direct contact with the air. The samples were analyzed in pH of 4, 4.5, and 5 and a fermentation time of 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, and 17 days. Based on the research results, the water content, crude fiber, and starch contained in canna tubers were 10,10%, 40,17%, and 0,35%, in that order. The highest glucose level in this study was 8.2% at 0 day fermentation time and a pH 5. On the other hand the highest bioethanol content was 46,08% at pH of 4 and in the fermentation time of 17 days. The most suitable fermentation reaction kinetics model is the *Lineweaver and Burk* at pH of 5 with  $K_m$  of 94.26 g/L.day,  $V_{max}$  of 30.66 g/L, and  $R^2$  value of 0.98.

**Keywords:** bioethanol, canna tubers, fermentation, glucose, reaction kinetics

## 1. PENDAHULUAN

Proses pembuatan bioetanol melalui fermentasi yang berasal dari lignoselulosa, glukosa, dan pati (Abimanyu et al., 2019). Produksi bioetanol dibuat dari bahan pati melalui proses penghancuran pati menjadi glukosa dengan proses enzimatik. Kemudian diproses menjadi etanol menggunakan mikroorganisme yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (Abimanyu et al., 2019). *Saccharomyces cerevisiae* bisa memproduksi alkohol dalam jumlah besar dengan kadar alkohol yang tinggi (12-18 % abv) dan difermentasi pada suhu 4-32 (Bahri et al., 2018).

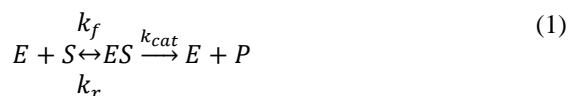
Ganyong (*Canna discolor*) merupakan tanaman yang masih diminati oleh masyarakat dan termasuk jenis umbi-umbian. Umbi ini memiliki kandungan karbohidrat dengan kadar 88,2 % yaitu baik dikonsumsi tubuh sehingga potensial untuk dijadikan bahan baku bioetanol. Proses mengubah pati ganyong menjadi pati resisten bertujuan menurunkan daya cerna pati yang terkandung dalam ganyong (Putri & Dyna, 2019).

Fermentasi adalah proses yang berlangsung karena katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah keasaman (pH), mikroba, suhu, oksigen, dan makanan (Sriyana & Nasita, 2019). Bahan baku utama untuk pembuatan bioetanol adalah tebu dan tanaman mengandung tepung lainnya seperti jagung, gandum, gula bit, sorgum, dan umbi-umbian (Shun et al., 2019).

Salah satu kemajuan terpenting dalam proses produksi bioetanol adalah pengembangan sakarifikasi dan fermentasi simultan (SSF) (Astolfi et al., 2019). Sakarifikasi dan fermentasi simultan memiliki banyak keuntungan salah satunya dapat mengurangi waktu tambahan yang diperlukan selama produksi etanol (Moshi et al., 2016). SSF melibatkan hidrolisis simultan selulosa menjadi glukosa dengan konversi langsung menjadi etanol oleh mikroba (Chohan et al., 2020). Glukosa yang dihasilkan selama sakarifikasi kation secara simultan diasimilasi oleh ragi untuk menghindari penumpukan dari tekanan osmotik yang cenderung menghambat fermentasi (Moshi et al., 2016).

Konstanta Michaelis Menten adalah bentuk persamaan yang menggambarkan laju reaksi enzimatik, dengan menghubungkan laju reaksi dengan konsentrasi substrat. Reaksi enzimatik dalam persamaan ini melibatkan reaksi reversibel dimana enzim (E) berikatan dengan substrat (S) untuk membentuk persamaan kompleks (ES) dan melepaskan produk (P) serta enzim bebas yang tidak dapat diubah. Persamaan Michaelis Menten

dapat dituliskan sebagai berikut (Tomczak & Węglarz-Tomczak, 2019).



Keterangan :

- E = Enzim
- S = Substrat
- P = Produk
- ES = Kompleks Enzim Substrat
- $K_f$  = Tetapan Kesetimbangan Reaksi Pembentukan ES
- $k_r$  = Tetapan Kesetimbangan Reaksi Penguraian ES
- $k_{cat}$  = Tetapan Kesetimbangan Reaksi Katalitik

Konstanta Michaelis Menten adalah konsentrasi substrat dengan laju reaksinya setengah dari tingkat maksimum yang termasuk dalam persamaan reaksi apabila suatu variabel bertambah, maka yang lainnya akan berkurang maupun sebaliknya dari afinitas substrat untuk enzim. Semakin kecil nilai  $K_m$ , maka semakin tinggi afinitas suatu substrat (Tomczak & Węglarz-Tomczak, 2019). fungsi nilai  $K_m$  adalah menunjukkan afinitas enzim terhadap substrat., sedangkan untuk  $V_{maks}$  adalah menunjukkan jumlah substrat (Puspitasari et al., 2019). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pembuatan bioetanol dari umbi ganyong dan mengetahui harga Konstanta Michaelis Menten pada pembuatan bioetanol dari umbi ganyong dengan variasi pH menggunakan metode *solid state fermentation* (SSF).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan berukuran 60+80 mesh, cawan porselen, cawan petri, gelas arloji, gelas beker 250 mL, *hotplate* (IKA C-MAG HS 7), labu leher 3, penangas air, piknometer 10 mL, refraktometer brix gula, termometer, dan wadah fermentasi.

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi ganyong, *Saccharomyces cerevisiae*, Fehling A, Fehling B, HCL 5 % (E-Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95 % (E-Merck), indikator *methyl blue*, etanol 95 % (E-Merck), NaOH 5 % (E-Merck), n-heksana (E-Merck), urea, NPK (16-16-16 Mutiara) dengan kadar N 16%, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16%, K<sub>2</sub>O 16%, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % (E-Merck), dan *defoamer*/polydimethylsiloxane (PT Gapura Mas Persada).

### Prosedur Penelitian

Umbi ganyong sebanyak 1 kg dicuci bersih dengan air dikupas kulitnya, kemudian diparut. Dari hasil parutan 1 kg diperas dan dipanaskan dalam panci dengan suhu 100°C selama ± 30 menit. Bubur umbi ganyong didinginkan untuk dilanjutkan proses fermentasi (Utomo & Palupi, 2013).

#### Fermentasi

Bubur umbi ganyong diambil sebanyak 250 mL dan ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g, NPK sebanyak 5 g, urea sebanyak 5 g, dan volume starter 200 mL. Kemudian ditutup dengan tutup stoples penutup wadah fermentasi agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara. Hasil fermentasi disimpan pada suhu kamar selama 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, dan 17 hari. Variasikan pada pH 4; 4,5; 5 (Utomo & Palupi, 2013).

#### Analisis Kadar Bioetanol dengan Metode Berat Jenis

Piknometer 10 mL kosong yang telah dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan dengan kompresor ditimbang sebagai berat piknometer kosong (c). Kemudian piknometer diberi aquades sampai penuh dan catat sebagai berat piknometer dan aquades (b, gram). Setelah itu piknometer dimasukkan larutan hasil fermentasi sampai penuh dan catat sebagai berat piknometer hasil fermentasi (a, gram). Rumus perhitungan berat jenis untuk menentukan kadar bioetanol (AOAC, 1990):

$$\text{Berat Jenis Sampel} = \frac{a - c}{b - c} \quad (2)$$

#### Analisis Kadar Glukosa dengan Metode Indeks Bias

Pengukuran kadar glukosa dilakukan dengan mengoleskan 2-3 tetes sampel larutan hasil sebelum fermentasi dan setelah proses fermentasi dengan alat refraktometer (Husna et al., 2020).

#### Analisis Kadar Air dengan Metode Pengeringan (*Thermogravimetri*)

Tahapan pertama adalah cawan petri dikeringkan dalam oven dengan suhu konstan sebesar 105 °C selama 1 jam dan didesikator selama 10 menit kemudian ditimbang dan catat sebagai berat cawan petri kosong (A, gram). Umbi ganyong mentah dipotong kecil-kecil, dihaluskan dengan blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 60+80 mesh. Kemudian pati umbi ganyong ditimbang seberat 3 g dengan menggunakan kaca arloji (B, gram). Setelah itu cawan petri yang telah berisi pati umbi ganyong dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 2 jam, didinginkan selama 10 menit, lalu ditimbang hingga diperoleh berat konstan (C, gram). Penentuan kadar air dapat dihitung dengan rumus (AOAC, 1984).

$$\text{Kadar Air} = \frac{(A + B)}{c} - C \times 100\% \quad (3)$$

#### Analisis Kadar Pati dengan Metode *Luff Schoorl*

Pati umbi ganyong ditimbang sebanyak 5 g dan dimasukkan dalam gelas beker 250 mL. 50 mL aquades ditambahkan dan diaduk selama 1 jam, disaring dengan menggunakan kertas saring, dicuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 mL. Kertas saring dicuci sebanyak 5 kali menggunakan 10 mL eter dan 150 mL alkohol 95 %. Residu dalam kertas saring dimasukkan dalam erlenmeyer dan dicuci dengan 200 mL aquades.

25 % v/v ditambahkan sebanyak 20 mL dan ditutup dengan karet erlenmeyer. Panaskan selama 2,5 jam hingga mendidih. Tunggu dingin dan ditambahkan larutan NaOH 45 % b/v sampai pH ± 7,5. Fehling A dan Fehling B dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL. Panaskan hingga mendidih dan dititrasikan dengan ditambahkan 5 tetes indikator *methyl blue* sampai terjadi warna biru. Titrasasi dihentikan jika warna larutan sudah berwarna jernih dan terbentuk endapan merah bata pada dasar erlenmeyer. Timbang residu sebagai berat glukosa dengan dikalikan faktor 0,9 sebagai berat kadar pati (Sudarmaji et al., 1984).

#### Analisis Kadar Serat Kasar dengan Metode *Gravimetri*

Umbi ganyong ditimbang sebanyak 4 g (C, gram), dihaluskan dengan ayakan 60+80 mesh. Ekstraksi menggunakan soxhlet untuk menghilangkan minyak dalam umbi ganyong. Hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam erlenmeyer 600 mL dengan ditambahkan 3 tetes *defoamer*, 200 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan dididihkan selama 30 menit dengan ditutup pendinginan balik. Residu disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang (B, gram) dan dicuci menggunakan aquades yang telah dididihkan.

Setelah itu pindahkan residu ke dalam erlenmeyer dengan menggunakan spatula dan cuci kertas saring dengan NaOH 45 % b/v yang telah dididihkan sebanyak 200 mL. Kemudian larutan dipanaskan pendingin balik selama 30 menit dan saring dengan menggunakan kertas saring. Kertas saring dicuci dengan 25 mL larutan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 %, aquades mendidih, dan 15 mL alkohol 95 %. Setelah itu masukkan kertas saring yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu konstan 105 °C dan didesikator selama 10 menit hingga mencapai berat konstan (A, gram). Penentuan kadar serat kasar dapat dihitung dengan rumus (Sudarmaji et al., 1984).

$$\text{Kadar Serat Kasar} = \left( \frac{A - B}{c} \right) \times 100\% \quad (4)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kandungan Umbi Ganyong

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis terhadap kadar air, kadar pati, dan kadar serat kasar berturut-turut didapatkan hasil sebesar 10,10 %, 40,17 %, dan 0,35 %. **Pati ganyong memiliki warna putih kecoklatan dengan tekstur halus.** Menurut (Purwaningsih et al., 2013) kadar air pada tepung ganyong putih sebesar 10,09 % sedangkan untuk tepung ganyong merah sebesar 10,79 %. Tujuan pengeringan tepung ganyong adalah untuk mengurangi kadar air sampai dengan batas tertentu yang disebabkan oleh aktivitas enzim.

Tinggi rendahnya kadar pati dipengaruhi oleh tingkat kemurnian pati saat proses berlangsung, karena umbi ganyong memiliki serat dan terdapat kotoran tanah pada sela ruas. Semakin banyak kotoran yang tercampur dalam proses, maka semakin rendah kadar pati yang dihasilkan dalam satuan berat. Pada umumnya kadar pati tepung ganyong sebesar 40,18%. Kadar pati tepung ganyong yang ditanam pada lahan perkarangan sebesar 70,36 - 71,08%. Dalam penelitian ini diperoleh kadar pati sebesar 40,17% dengan kadar serat kasar sebesar 0,35%. Semakin tua umur umbi ganyong maka semakin kecil kadar pati dan semakin besar kadar serat kasar yang dihasilkan (Purwaningsih et al., 2013).

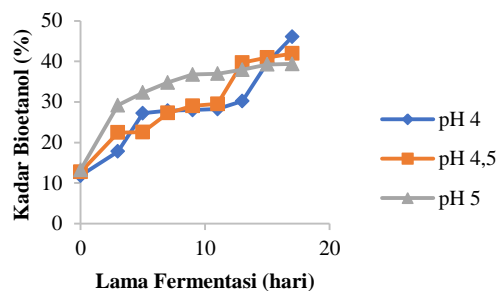
Menurut (Smith, 1982) pati yang memiliki kadar amilosa tinggi mempunyai hubungan ikatan hidrogen lebih besar dan membutuhkan lebih besar energi untuk proses gelatinisasi. Kandungan yang ada dalam kadar serat kasar terdiri dari selulosa, sedikit lignin, dan hemi selulosa. Dalam penelitian (Purwaningsih et al., 2013) kadar serat kasar yang dihasilkan berkisar antara 5,12 - 5,24%. Pada penelitian ini diperoleh kadar pati sebesar 40,17%. Semakin tua umur umbi ganyong maka semakin kecil kadar pati dan terjadi proses perubahan dari pati menjadi serat.

### Pengaruh pH dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Bioetanol adalah jenis alkohol yang dihasilkan dari lignoselulosa seperti limbah pertanian, kayu, dan tanaman yang mengandung pati dan karbohidrat yang kemudian diubah menjadi glukosa yang larut dalam air (Chittibabu et al., 2011). Bioetanol dalam penelitian ini menggunakan fermentasi dari umbi ganyong (*Canna edulis kerr*) dengan mikroba pembantu yaitu ragi tape. Ragi tape memiliki kandungan dari populasi campuran spesies genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenulla*, dan bakteri *Acetobacter* (Oktaviana et al., 2015).

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kadar bioetanol dengan cara mengukur berat jenis sampel, setelah itu menghitung kadar bioetanol dengan tabel kadar etanol menurut (Perry & Green, 1999). Gambar 1 merupakan kadar bioetanol

dengan variasi pH terhadap lama fermentasi pada percobaan ini.

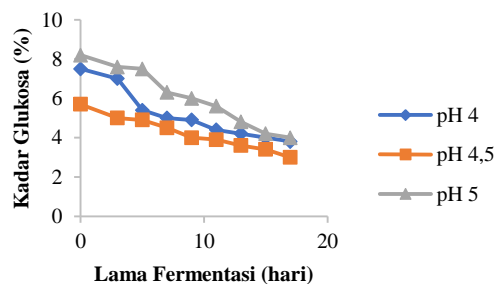


**Gambar 1.** Pengaruh pH dan lama fermentasi terhadap kadar bioetanol dengan temperatur 25°C

Berdasarkan gambar dapat dilihat kadar bioetanol yang dihasilkan dengan lama fermentasi mengalami peningkatan. Hasil tertinggi kadar bioetanol dalam penelitian ini adalah sebesar 46,08% dengan lama fermentasi 17 hari dengan pH 4. Nilai kadar bioetanol semakin meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH. Kecenderungan hubungan antara pH sangat mempengaruhi besar kecilnya kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu fermentasi, maka mikroba akan mengalami kontak yang lebih lama dengan substrat yang nantinya akan mengubah substrat menjadi bioetanol. Bioetanol yang dihasilkan akan lebih tinggi dari waktu fermentasi sebelumnya (Samphao et al., 2018).

### Pengaruh pH dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Glukosa

Gambar 2 merupakan kadar glukosa dengan variasi pH terhadap lama fermentasi 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, dan 17 hari.



**Gambar 2.** Pengaruh pH dan lama fermentasi terhadap kadar glukosa dengan temperatur 25°C

Nilai kadar glukosa dalam percobaan ini mengalami penurunan dari 8,2% ke 3%. Hal ini menunjukkan glukosa pada pembuatan bubur umbi ganyong mencapai hasil optimum pada hari ke 17. Hasil tertinggi kadar glukosa dalam penelitian ini dengan lama fermentasi 0 hari, pada pH 5 dengan

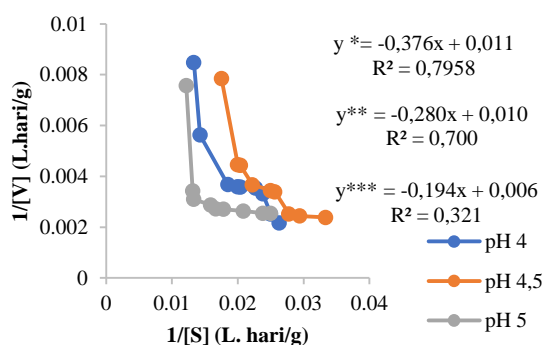
kadar glukosa sebesar 8,2%. Hal ini disebabkan semakin lama waktu fermentasi maka semakin kecil kadar glukosa yang dihasilkan karena gula yang terkandung akan mengalami penurunan selama proses fermentasi.

### Penentuan Kinetika Fermentasi

Konstanta Michaelis Menten adalah bentuk persamaan yang menggambarkan laju reaksi enzimatis, dengan menghubungkan laju reaksi dengan konsentrasi substrat. Penentuan dalam menentukan kinetika reaksi didasarkan atas plot grafik hubungan konsentrasi substrat [S] dan aktivitas enzim [V] untuk mencari  $V_{maks}$  dan  $K_m$  (Tomczak & Węglarz-Tomczak, 2019).

### Persamaan Lineweaver and Burk

Penentuan kinetika reaksi fermentasi menggunakan metode *Lineweaver and Burk* dari persamaan Michaelis Menten yang menyatakan hubungan aktivitas enzim [V] dan konsentrasi substrat [S]. Metode ini digunakan untuk menghitung harga Konstanta Michaelis Menten ( $K_m$ ) dan kecepatan reaksi maksimum ( $V_{maks}$ ) dengan membuat plot grafik hubungan antara  $1/[V]$  dan  $1/[S]$ . Gambar 3 merupakan hubungan antara  $1/[S]$  dan  $1/[V]$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Lineweaver and Burk*.



**Gambar 3.** Hubungan antara  $1/[S]$  dan  $1/[V]$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

$V_{maks}$  dan  $K_m$  didapatkan persamaan linear pada grafik. Tabel 1 adalah data  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Lineweaver and Burk*.

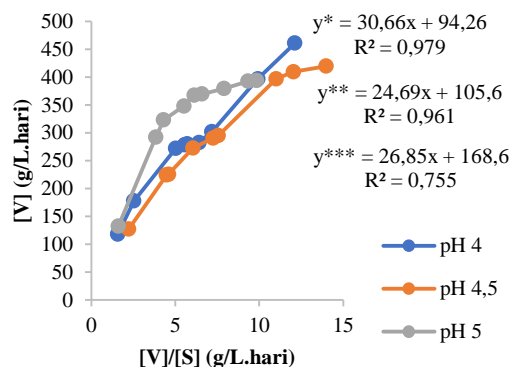
**Tabel 1.**  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

pH	$V_{maks}$ (L.hari/g)	$K_m$ (L.hari/g)	R
4	84,75	31,94	0,80
4,5	93,46	26,21	0,70
5	147,06	28,66	0,32

Berdasarkan Tabel 1, variasi pH 4 menghasilkan nilai  $K_m$  lebih tinggi dibandingkan nilai  $K_m$  pada variasi pH 4,5 dan 5 dengan nilai  $K_m$  31,94 L.hari/g dan kecepatan maksimum 84,75 L.hari/g. hari. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai  $K_m$  yang dihasilkan, maka semakin lambat kecepatan enzim untuk membentuk bioetanol. Hasil penelitian (Mardawati et al., 2019) dengan persamaan *Lineweaver and Burk* dalam produksi sirup glukosa dari pati jagung dengan nilai  $K_m$  0,86 g/g dan kecepatan maksimum  $1,33 \times 10^{-3}$  g/g/menit. Semakin kecil nilai  $K_m$  yang dihasilkan, maka semakin tinggi afinitas enzim terhadap substrat.

### Persamaan Eadie Hofstee

Penentuan kinetika reaksi fermentasi menggunakan metode *Eadie Hofstee* dari persamaan Michaelis Menten berhubungan dengan aktivitas enzim [V] dan konsentrasi substrat [S]. Metode ini digunakan untuk menghitung harga Konstanta Michaelis Menten ( $K_m$ ) dan kecepatan reaksi maksimum ( $V_{maks}$ ) dengan membuat plot grafik hubungan antara [V] dan  $[V]/[S]$ . Gambar 4 merupakan hubungan antara [V] dan  $[V]/[S]$  dengan variasi pH 4, 4,5, 5 pada kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Eadie Hofstee*.



**Gambar 4.** Hubungan antara  $[V]/[S]$  dan [V] dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

$V_{maks}$  dan  $K_m$  didapatkan persamaan linear pada grafik. Tabel 2 adalah data  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Eadie Hofstee*.

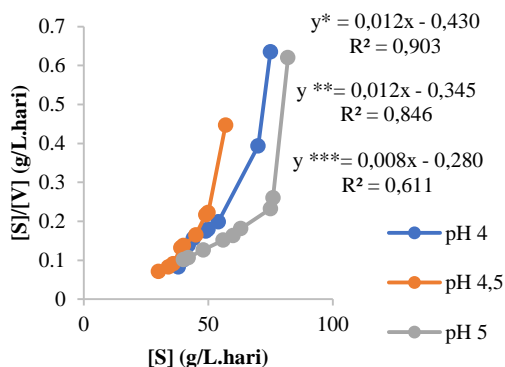
**Tabel 2.**  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

pH	$V_{maks}$ (g/L.hari)	$K_m$ (g/L.hari)	R
4	94,26	30,66	0,98
4,5	105,65	24,69	0,96
5	168,68	28,85	0,76

Berdasarkan Tabel 2, variasi pH 4 menghasilkan nilai  $K_m$  lebih tinggi dibandingkan nilai  $K_m$  pada variasi pH 4,5 dan 5 dengan nilai  $K_m$  30,66 g/L.hari dan kecepatan maksimum 94,264 g/L. hari. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai  $K_m$  yang dihasilkan, maka semakin lambat kecepatan enzim untuk membentuk bioetanol. Penelitian (Risdianto & Wirawan, 2018) dalam proses *biorefining pulp* kimia menggunakan persamaan *Eadie Hofstee* menghasilkan nilai  $K_m$  sebesar 0,2141 dan kecepatan maksimum 0,0013 mM/min. Semakin tinggi konsentrasi substrat, maka dalam membentuk kompleks antara enzim dan substrat akan semakin banyak.

**Persamaan Hanes**

Penentuan kinetika reaksi fermentasi menggunakan metode *Hanes* dari persamaan Michaelis Menten berhubungan dengan aktivitas enzim [V] dan konsentrasi substrat [S]. Metode ini digunakan untuk menghitung harga Konstanta Michaelis Menten ( $K_m$ ) dan kecepatan reaksi maksimum ( $V_{maks}$ ) dengan membuat plot grafik hubungan antara [S] dan [S]/[V]. Gambar 5 merupakan hubungan antara [S] dan [S]/[V] dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Hanes*.



**Gambar 5.** Hubungan antara 1/[S] dan 1/[V] dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

$V_{maks}$  dan  $K_m$  didapatkan persamaan linear pada grafik. Tabel 3 adalah data  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol menggunakan metode *Hanes*.

**Tabel 3.**  $V_{maks}$  dan  $K_m$  dengan variasi pH untuk kadar glukosa terhadap kadar bioetanol

pH	$V_{maks}$ (g/L.hari)	$K_m$ (g/L.hari)	R
4	78,13	33,61	0,90
4,5	81,3	28,05	0,85
5	121,95	34,24	0,61

Berdasarkan Tabel 3, variasi pH 5 menghasilkan nilai  $K_m$  lebih tinggi dibandingkan

nilai  $K_m$  pada variasi pH 4 dan 4,5 dengan nilai  $K_m$  34,2439 g/L.hari dan kecepatan maksimum 121,9512 g/L.hari. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai  $K_m$  yang dihasilkan, maka semakin lambat kecepatan enzim untuk membentuk bioetanol. Penelitian (Risdianto et al., 2019) dalam aplikasi lakase pada proses *refining pulp* menggunakan persamaan *Hanes* menghasilkan nilai  $K_m$  0,2069 dan kecepatan maksimum 0,0013 mM/min. Nilai  $K_m$  dan kecepatan maksimum digunakan untuk mengetahui kinetika reaksi suatu enzim dan sebagai informasi dasar dalam menggunakan enzim.

**4. KESIMPULAN**

Perbedaan pH yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pengaruh terhadap kadar glukosa dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Hasil tertinggi kadar bioetanol pada pH 4 sebesar 46,08% dengan lama fermentasi 17 hari. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Kadar glukosa yang tertinggi diperoleh sebesar 8,2% dalam waktu fermentasi 0 hari dengan pH 5.

Kadar air, serat kasar, dan pati dalam penelitian umbi ganyong berturut-turut adalah 10,10%, 40,17%, dan 0,35%. Kinetika reaksi fermentasi yang lebih sesuai adalah persamaan *Hanes* pada pH 5 dengan  $K_m$  sebesar 34,24 g/L.hari dan nilai  $V_{maks}$  sebesar 121,95 g/L.hari.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abimanyu, P. R., Kartika, R., & Sitorus, S. (2019). Pembuatan Etanol dari Umbi Talas (*Colocasia esculenta* [ L ] Schott ) dengan Penambahan Gelatin Sebagai Sumber Nitrogen *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Atomik*, 04(2), 73–77.

AOAC, A. of O. A. C. (1984). Official Methods of Analysis oh the AOAC. AOAC International. Gaithersburg, United States. <https://doi.org/10.20961/jthp.v13i1.41683>

AOAC, A. of O. A. C. (1990). Official Methods of Analysis Food Compositon; Additivess; Natural Contaminants. 15th Edition . Virginia Usa, 2. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp%0APENGA RUH>

Astolfi, A. L., Rempel, A., Cavanhi, V. A. F., Alves, M., Deamici, K. M., Colla, L. M., & Costa, J. A. V. (2019). Simultaneous Saccharification and Fermentation of *Spirulina* sp. and Corn Starch for The Production of Bioethanol and Obtaining Biopeptides with High Antioxidant Activity. *Bioresource Technology*, 301, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122698>

- Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. (2018). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(2), 85–100.
- Chittibabu, S., Rajendran, K., & Santhanmuthu, M. (2011). Optimization of Microwave Assisted Alkali Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Banana Pseudostem for Bioethanol Production. *2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE*.
- Chohan, N. A., Aruwajoye, G. S., Sukai, S. Y., & Kana, E. B. G. (2020). Valorisation of Potato Peel Wastes for Bioethanol Production using Simultaneous Sacchari Fi Cation and Fermentation: Process Optimization and Kinetic Assessment. *Renewable Energy*, 146, 1031–1040.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.042>
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Tengah. (2016). *Statistik Tanaman Pangan Jawa Tengah 2015*.
- Husna, I. S. H., Santoso, H., & Lisminingsih, R. D. (2020). Perbandingan Kadar Gula Nektar dan Kadar Madu yang Dihasilkan Oleh Lebah ( Apis mellifera ) di Pusat Perlebahan Kota Batu. *Jurnal Ilmiah Sains Alami*, 2(2), 39–44.
- Mardawati, E., Harahap, B. M., Andoyo, R., Wulandari, N., & Rahmah, D. M. (2019). Karakterisasi Produk Dan Pemodelan Kinetika Enzimatik Alfa-Amilase Pada Produksi Sirup Glukosa Dari Pati Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Industri Pertanian*, 1(1), 11–20.  
<http://journal.unpad.ac.id/justin/article/view/21548/10373>
- Moshi, A. P., Hosea, K. M. M., Elisante, E., Mamo, G., Önnby, L., & Nges, I. A. (2016). Production of Raw Starch-Degrading Enzyme by *Aspergillus* Sp. and its use in Conversion of Inedible Wild Cassava Flour to Bioethanol. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.09.001>
- Oktaviana, A. Y., Suherman, D., & Sulistyowati, E. (2015). Pengaruh Ragi Tape terhadap pH, Bakteri Asam Laktat dan Laktosa Yogurt. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*.  
<https://doi.org/10.31186/jspi.id.10.1.22-31>
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). Perry's Chemical Engineers' Handbook. 7th Edition. New York, McGraw-Hill. In *McGraw-Hill*.
- Prasetyo, Y. P. D. (2019). Analisis Kinerja Nyala Api Bioethanol dari Umbi Ganyong (*Canna edulis kerr*). *JTM*, 07(01), 73–78.
- Purwaningsih, H., Irawati, & Riefna. (2013). Karakteristik Fisiko Kimia Tepung Ganyong Sebagai Pangan Alternatif Pengganti Beras. *Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi 2013*.
- Putri, V. D., & Dyna, F. (2019). Standarisasi Ganyong (*Canna edulis Kerr*) Sebagai Pangan Alternatif Pasien Diabetes Mellitus. *Jurnal Katalisator*, 4(2), 111–118.
- Risdianto, H., & Wirawan, S. K. (2018). Studi Kinetika Lakase untuk Proses Biorefining Pulp Kimia. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1–4.
- Risdianto, H., Wirawan, S. K., & Sugesty, S. (2019). Aplikasi Lakase pada Proses Refining Pulp. *Jurnal Selulosa*, 9(2), 65–74.  
<https://doi.org/10.25269/jsel.v9i02.274>
- Samphao, A., Butmee, P., Saejueng, P., Pukahuta, C., Švorc, L., & Kalcher, K. (2018). Monitoring of Glucose and Ethanol During Wine Fermentation by Biezymatic Biosensor. *Journal of Electroanalytical Chemistry*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.03.052>
- Shun, J., Phapugrangkul, P., Keong, C., Lai, Z., Hafizi, M., Bakar, A., & Murugan, P. (2019). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Banana Frond Juice as Novel Fermentation Substrate for Bioethanol Production by *Saccharomyces Cerevisiae*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21, 101293.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101293>
- Smith, P. . (1982). Starch Derivatives and Their uses in Foods. Dalam G.M.A. Van Beynum and J.A. Rolls (Eds) *Food Carbohydrate*. 1982. AVI. Publ. Co. Inc. Westport. Connecticut.
- Sriyana, H. Y., & Nasita, U. (2019). Karakteristik Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 1–5.
- Sudarmaji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1984). Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Edisi ke 3. *Liberty, Yogyakarta*.
- Utomo, W., & Palupi, A. E. (2013). Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Pada Fermentasi Umbi Ganyong ( *Canna Edulis Kerr* ) untuk Menghasilkan Bioetanol sebagai Extender Premium. *JTM*, 02(02), 8–15.
- Wangpor, J., Prayoonyong, P., Sakdaronnarong, C., Sungpet, A., & Jonglertjunya, W. (2017). Bioethanol Production from Cassava Starch by Enzymatic Hydrolysis , Fermentation and Ex-Situ Nanofiltration. *Energy Procedia*, 138, 883–888.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.116>