

**M E T A M O R F O S A**  
*Journal of Biological Sciences*

eISSN: 2655-8122

<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

**Bioetanol dari Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak**

**Bioethanol from Banana Peel (*Musa paradisiaca* L.) with Simultaneous Saccharification and Fermentation**

**I Ketut Muksin, Ni Luh Arpiwi\***

Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana

\*Email: [arpiwi@unud.ac.id](mailto:arpiwi@unud.ac.id)

**INTISARI**

Bioetanol merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Ada dua perlakuan, yaitu substrat tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan yang difaktorkan dengan 3 konsentrasi urea, yaitu 0, 1 dan 2%, dengan 3 kali ulangan. Sampel kulit pisang halus diberikan perlakuan awal NaOH 6% b/v. Sakarifikasi dan fermentasi serentak dilakukan dalam sebuah botol fermentor dengan total volume reaksi 60 mL. Substrat dimasukkan ke dalam fermentor sebanyak 4% b/v dari volume reaksi fermentasi, kemudian ditambahkan 0,06 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,06 g  $\text{MgSO}_4$  dan buffer sitrat dengan pH 5. Fermentor ditutup rapat kemudian diautoclave pada suhu 121°C selama 15 menit kemudian didinginkan. Enzim selulase sebanyak 6% b/v dan inokulum yeast sebanyak 10% v/v ditambahkan ke dalam fermentor. Campuran diinkubasi suhu 30°C selama 9 hari, dan setiap hari ke 3, 5, 7, dan 9 dilakukan pengambilan sampel untuk dihitung kadar gula reduksi, pH, dan kadar bioetanol. Kadar bioetanol destilat diukur dengan piknometer. Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) menggunakan software Minitab 17. Jika hasil yang diperoleh berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dilanjutkan dengan uji Tukey pairwise comparison untuk melihat perbedaan antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) yang dikombinasikan dengan kadar urea memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar gula reduksi dan kadar bioetanol pada setiap pengamatan. Kombinasi tanpa perlakuan awal dengan kadar urea 1% dan 2% menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebanyak 4,91% v/v.

*Kata kunci: bioetanol, kulit pisang, sakarifikasi, fermentasi, selulase, yeast*

**ABSTRACT**

Bioethanol is one of the energy alternatives which environmentally friendly and sustainable. This research employed Completely Randomized Design with Factorial. There were two treatments, namely without pretreatment and with pretreatment and these were factorized with three levels of urea, namely 0, 1 and 2% with three replications. Finely dry ground banana peel samples were pretreated with NaOH 6% w/v. Simultaneous saccharification and fermentation was performed in 60 mL fermenter. Sample (4% w/v) was placed in a fermenter and the following ingredients were added: 0.06 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.06 g  $\text{MgSO}_4$  and citrate buffer with pH 5. Fermenter was enclosed and autoclaved at 121°C for 15 minutes and then cooled down at room temperature. Enzyme cellulose (6% w/v) and inoculum of *Saccharomyces cerevisiae* (10% v/v) were added into the fermenter. The mixture was incubated at 30°C for 9 days, and every day 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, and 9<sup>th</sup> was measured for reducing sugar content, pH and

bioethanol content. Bioethanol content of the distillate was measured using picnometer. Data was analyzed using ANOVA (Analysis of Variance) with Minitab 17 software. If there was significant ( $P < 0.05$ ) analysis continued with Tukey Pairwise comparison to find the difference among treatments. Results showed that treatment (without pretreatment and with pretreatment of NaOH 6% b/v) combined with levels of urea gave significant effect on reducing sugar and bioethanol content in all observations. Combination of without pretreatment and urea level at 1% and 2% resulted in the highest bioethanol content of 4,91% v/v.

*Keywords: bioethanol, banana peel, saccharification, fermentation, cellulase, yeast*

## PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk serta meningkatnya pertumbuhan industri menyebabkan peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak. Selama ini bahan bakar minyak berasal dari energi fosil, namun bahan bakar fosil sifatnya tidak terbarukan serta pembakarannya menghasilkan gas-gas rumah kaca sehingga berdampak pada pemanasan global (Shah and Rehan, 2014). Oleh karena itu sumber-sumber bahan bakar yang dapat diperbaharui dan diproduksi secara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan sangat diperlukan. Salah satu sumber energi hijau terbarukan adalah bioetanol yang berasal dari biomasa lignoselulosa. Bioetanol dari biomasa sering disebut sebagai bioetanol generasi kedua yaitu dari bahan non pangan (Robak and Belcerrek, 2018).

Pembuatan bioetanol selama ini sudah dilakukan yaitu dibuat dari bahan pangan seperti tebu, jagung, gandum, singkong, dan sorgum yang merupakan bioetanol generasi pertama. Pada dasarnya bioetanol generasi pertama menggunakan bahan dari produk pertanian yang mengandung gula dan pati. Apabila bahan pangan digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol maka akan terjadi persaingan antara bahan bakar dan bahan pangan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu biomassa berbasis limbah sebagai bahan pembuatan bioetanol (Muktham et al., 2016).

Salah satu limbah biomassa yang tersedia di Indonesia dalam jumlah banyak adalah kulit pisang. Produksi pisang di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2015 menunjukkan peningkatan yang fluktuatif dengan rata-rata pertumbuhan 4,16% per tahun, dimana jumlah produksi

pisang pada tahun 2015 sebanyak 7,3 juta ton. (Pusat Data dan Sumber Informasi Pertanian, 2016). Produksi pisang yang tinggi berkorelasi dengan produksi limbah kulit pisang yang tinggi pula. Menurut Emaga *et al.* (2008) berat kulit pisang adalah sebanyak 30- 40% dari berat total buahnya. Bila merujuk pada data produksi pisang tahun 2015 sebanyak 7,3 juta ton maka jumlah limbah kulit pisang yang dihasilkan sebesar 2,19-2,92 juta ton. Limbah kulit pisang tersebut perlu dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai ekonominya menjadi bioetanol.

Kulit pisang tersusun atas lignoselulosa yang terdiri dari tiga komponen, yaitu hemiselulosa (23,2%), selulosa (14,56%) dan lignin (21,29%) (Sukowati dkk, 2014). Pemecahan lignoselulosa pada kulit pisang memerlukan perlakuan awal secara fisik maupun kimia. Perlakuan kimia biasanya menggunakan asam seperti  $H_2SO_4$  atau basa seperti NaOH. Setelah perlakuan awal kandungan selulosa meningkat karena ikatan lignin terlepas. Selanjutnya adalah proses hidrolisis secara kimiawi atau enzimatik untuk mengubah selulosa menjadi gula reduksi. Penggunaan enzim selulase bersifat lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan bahan kimia sehingga metode tersebut dipilih dalam penelitian ini. Hasil hidrolisis berupa gula reduksi difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan bioetanol (Danmaliki *et al.*, 2016).

Ada dua metode pembuatan bioetanol dari biomassa, yaitu sakarifikasi dan fermentasi sakarifikasi serentak (SFS) dan sakarifikasi dan fermentasi terpisah (SFT). Metode SFS adalah metode pembuatan bioetanol yang

menggabungkan dua proses yaitu sakarifikasi dan fermentasi dalam sebuah fermentor. Keuntungan metode SFS adalah proses yang lebih cepat karena dua mikroorganisme yang bekerja secara sinergis, yaitu enzim dan *yeast* digabungkan dalam sebuah fermentor. Hasil bioethanol melalui proses SFS lebih tinggi dan lebih murah dari segi biaya dari pada SFT (Saggi and Dey, 2016) sehingga metode SFS dipilih pada penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan awal dan konsentrasi urea terhadap produksi bioethanol dari kulit pisang melalui metode SFS.

## BAHAN DAN METODE

### Perlakuan awal

Sampel kulit pisang dioven selama 5 hari kemudian diblender dan diayak dengan ayakan 12 mesh sehingga membentuk tepung yang homogen. Tepung kulit pisang sebanyak 500 gram dibagi menjadi 2 bagian masing – masing 250 gram. Satu bagian tepung kulit pisang (250 g) direndam dengan NaOH 6% b/v dalam *beaker glass* selama 24 jam, sedangkan satu bagian lainnya disimpan dalam wadah tertutup tanpa perlakuan awal. Tepung kulit pisang disaring untuk menghilangkan sisa NaOH dan dicuci sebanyak 5 kali dengan aquades sehingga pH netral. Hasil perlakuan awal dioven selama 24 jam pada suhu 50°C selanjutnya siap digunakan untuk sakarifikasi dan fermentasi serentak.

### Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)

Total volume reaksi sakarifikasi dan fermentasi serentak adalah 60 mL. Ada dua perlakuan, yaitu substrat tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan awal yang difaktorkan dengan 3 konsentrasi urea, yaitu 0, 1 dan 1,5% b/v, dan masing masing perlakuan diulang 3 kali. Sampel dimasukkan ke dalam fermentor sebanyak 4% b/v dari volume reaksi fermentasi, kemudian ditambahkan 0,06 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,06 g  $\text{MgSO}_4$  dan buffer sitrat dengan pH 5. Fermentor ditutup rapat kemudian diautoclave pada suhu 121° C selama 15 menit kemudian didinginkan. Enzim selulase sebanyak 6% b/v dan inokulum *yeast Saccharomyces cerevisiae*

sebanyak 10% v/v ditambahkan ke dalam fermentor. Volume fermentasi dibuat dengan menambahkan aquades steril hingga 60 mL kemudian divortex. Campuran diinkubasi pada suhu 30°C selama 9 hari, dan setiap hari ke 3, 5, 7, dan 9 dilakukan pengambilan sampel untuk dihitung pH, jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*, kadar glukosa sisa, dan kadar etanol. Setelah proses SFS campuran disaring dan bagian cairan didestilasi untuk memperoleh bioethanol.

### Pengukuran kadar gula reduksi

Sampel diambil dari fermentor sebanyak 0,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 0,5 mL pereaksi Nelson. Tabung reaksi ditutup dengan kapas, dipanaskan hingga mendidih selama 20 menit lalu didinginkan. Tabung reaksi ditambahkan dengan 0,5 ml larutan arsenomolibdat dan 2 tetes asam sulfat pekat, lalu dikocok hingga semua endapan larut kemudian ditambahkan 3,5 mL aquades lalu dikocok hingga homogen.

Serapan panjang gelombang diukur pada 760 nm menggunakan spektrofotometer. Absorbansi sampel diplotkan kedalam kurva standar glukosa sehingga diperoleh persamaan liniernya. Kurva standar glukosa diperoleh dengan menyiapkan larutan glukosa standar dengan konsentrasi bertingkat yaitu 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; dan 0,1 mg/mL dengan cara yang sama seperti pada sampel. Absorbansi glukosa standar digunakan untuk membuat kurva standar.

### Pengukuran pH

Derajat keasaman (pH) cairan fermentasi diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4 dan 7. Elektrode dicelupkan pada cairan fermentasi kemudian ditunggu hingga pembacaan stabil. pH cairan fermentasi dicatat.

### Pengukuran kadar bioethanol

Kadar bioethanol diukur dengan cara analisa densitas destilat pada suhu kamar menggunakan piknometer volume 10 mL. Piknometer kosong dikeringkan dalam oven

pada suhu 100°C kemudian dimasukkan dalam disikator sampai suhu ruang. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat masanya sebagai P. Destilat dimasukkan ke dalam piknometer kemudian ditimbang (D). Aquades dimasukkan ke dalam piknometer kemudian ditimbang (W). Densitas destilat (A) dihitung dengan rumus berikut:

$$A = \frac{D - P}{W - P}$$

Dimana:

A = Densitas destilat

D = Massa piknometer yang berisi destilat

P = Massa piknometer kosong

W = Massa piknometer yang berisi aquades

## HASIL

Kurva standar glukosa disajikan pada gambar 1. Kurva standar glukosa berbentuk linier dengan  $R^2 = 0,9975$  mengindikasikan tingkat korelasi yang tinggi antara absorbansi dengan konsentrasi glukosa.

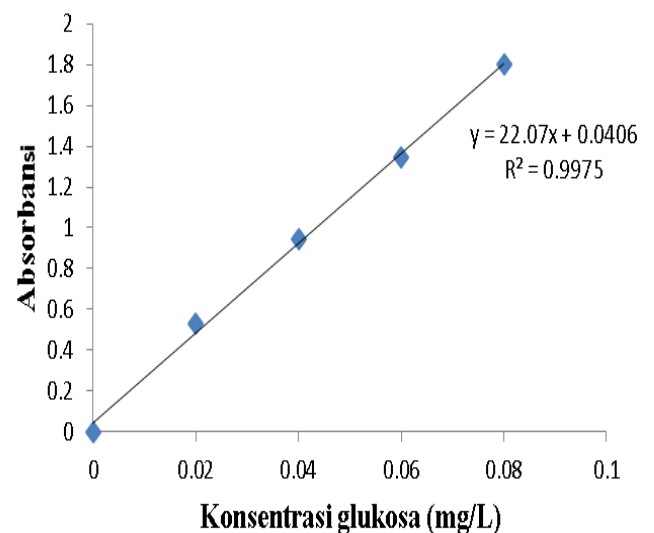
Kadar gula reduksi dalam medium fermentasi disajikan pada tabel 1. Hasil analisis ANOVA dengan *General Linear Model* menunjukkan bahwa perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) yang dikombinasikan dengan kadar urea (0, 1, 2% b/v) memberikan pengaruh sangat nyata ( $P < 0,001 - < 0,005$ ) terhadap kadar gula reduksi pada setiap hari pengamatan. Pengaruh tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan awal NaOH 6% sangat signifikan ( $P < 0,005$ ) terhadap kadar gula reduksi pada semua waktu pengamatan.

Pada hari ke 3 kadar gula reduksi berkisar antara 3,34-5,34 g/L. Kadar gula reduksi tertinggi sebanyak 5,34 g/L dihasilkan dari kombinasi perlakuan tanpa perlakuan awal dengan kadar urea 2% b/v, diikuti oleh kombinasi tanpa perlakuan awal dengan kadar urea 1% b/v sebanyak 4,22 g/L. Pada hari ke 5 fermentasi, kadar gula reduksi lebih rendah dibandingkan pada hari ke 3 dengan kisaran 1,23-3,23 g/L. Kadar gula reduksi semakin menurun pada hari ke 7 dan 9

## pH medium fermentasi

Kombinasi perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) dengan kadar urea (0, 1, 2 % b/v) tidak berpengaruh nyata terhadap pH media fermentasi pada semua hari pengamatan (Tabel 2). Rata-rata pH berturut turut pada hari ke 3, 5, 7 dan 9 adalah 5,10; 4,99; 4,90 dan 4,00.

Kadar bioetanol pada hari ke 3 berkisar 1,75-3,95 % v/v. Rata-rata kadar bioetanol tertinggi pada hari ke 3 sebanyak 3,87% v/v dihasilkan dari kombinasi tanpa perlakuan awal dengan urea 1 dan 2% b/v. Pada hari ke 5 kadar bioetanol meningkat, yaitu berkisar 1,91-5,03%, dimana kadar rata-rata bioetanol tertinggi adalah 4,91% v/v diperoleh dari kombinasi tanpa perlakuan awal dengan urea 1 dan 2% b/v.



Gambar1. Kurva standar glukosa

## Kadar bioetanol

Kombinasi perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) dengan kadar urea (1, 2 % b/v) berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,001$ ) terhadap kadar bioetanol pada hari ke 3 dan 5 tetapi tidak berpengaruh nyata pada hari ke 7 dan 9 (Tabel 3). Pengaruh tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v sangat signifikan ( $P < 0,005$ ) terhadap kadar bioetanol pada semua waktu pengamatan kecuali pengamatan hari ke 9.

Tabel 1. Pengaruh kombinasi perlakuan (tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) dengan kadar urea yang berbeda terhadap kadar gula reduksi dalam medium fermentasi

Perlakuan	Urea (% b/v)	Kadar gula (g/L) pada medium fermentasi hari ke			
		3	5	7	9
Tanpa perlakuan awal	0	3,37±0,09 <sup>d</sup>	1,75±0,20 <sup>a</sup>	1,85±0,05 <sup>a</sup>	1,76±0,06 <sup>ab</sup>
	1	4,22±0,10 <sup>b</sup>	1,94±0,31 <sup>a</sup>	1,69±0,17 <sup>a</sup>	1,66±0,25 <sup>b</sup>
	2	5,34±0,10 <sup>a</sup>	2,23±0,10 <sup>a</sup>	1,72±0,18 <sup>a</sup>	2,13±0,28 <sup>a</sup>
Dengan perlakuan awal	0	3,34±0,11 <sup>d</sup>	2,00±0,13 <sup>a</sup>	0,73±0,02 <sup>b</sup>	0,29±0,03 <sup>c</sup>
	1	3,79±0,15 <sup>c</sup>	1,87±0,11 <sup>a</sup>	0,32±0,09 <sup>c</sup>	0,58±0,04 <sup>c</sup>
	2	3,93±0,06 <sup>c</sup>	1,23±0,10 <sup>b</sup>	0,38±0,05 <sup>c</sup>	0,26±0,07 <sup>c</sup>

Nilai ± standar deviasi pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ),  $n = 3$

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) dengan kadar urea terhadap pH medium fermentasi

Perlakuan	Urea (% b/v)	pH pada medium fermentasi hari ke			
		3	5	7	9
Tanpa perlakuan awal	0	5,05±0,05 <sup>a</sup>	4,99±0,04 <sup>a</sup>	4,99±0,02 <sup>a</sup>	4,84±0,07 <sup>a</sup>
	1	5,12±0,01 <sup>a</sup>	4,95±0,07 <sup>a</sup>	4,88±0,11 <sup>a</sup>	4,92±0,12 <sup>a</sup>
	2	5,05±0,08 <sup>a</sup>	4,98±0,03 <sup>a</sup>	4,86±0,17 <sup>a</sup>	4,90±0,20 <sup>a</sup>
Dengan perlakuan awal	0	5,14±0,07 <sup>a</sup>	5,08±0,09 <sup>a</sup>	4,91±0,13 <sup>a</sup>	4,69±0,32 <sup>a</sup>
	1	5,15±0,052 <sup>a</sup>	4,95±0,05 <sup>a</sup>	4,78±0,10 <sup>a</sup>	4,66±0,22 <sup>a</sup>
	2	5,14±0,01 <sup>a</sup>	4,98±0,09 <sup>a</sup>	4,99±0,05 <sup>a</sup>	4,91±0,12 <sup>a</sup>

Nilai ± standar deviasi pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ),  $n = 3$

Tabel 3. Kombinasi perlakuan (tanpa perlakuan awal, dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v) dengan kadar urea (1, 2 % b/v)

Perlakuan	Urea (% b/v)	Kadar etanol (% v/v) hari ke			
		3	5	7	9
Tanpa perlakuan awal	0	1,75±0,25 <sup>c</sup>	2,81±0,18 <sup>b</sup>	0,60±0,11 <sup>b</sup>	0,46±0,10 <sup>a</sup>
	1	3,97±0,29 <sup>a</sup>	5,03±0,41 <sup>a</sup>	0,64±0,08 <sup>ab</sup>	0,56±0,08 <sup>a</sup>
	2	3,78±0,09 <sup>a</sup>	4,80±0,31 <sup>a</sup>	0,65±0,09 <sup>ab</sup>	0,43±0,06 <sup>a</sup>
Dengan perlakuan awal	0	2,75±0,20 <sup>b</sup>	1,91±0,28 <sup>c</sup>	0,77±0,28 <sup>ab</sup>	0,57±0,19 <sup>a</sup>
	1	2,92±0,50 <sup>b</sup>	2,32±0,11 <sup>bc</sup>	1,03±0,08 <sup>a</sup>	0,47±0,16 <sup>a</sup>
	2	2,41±0,25 <sup>bc</sup>	2,19±0,19 <sup>bc</sup>	1,00±0,14 <sup>ab</sup>	0,39±0,05 <sup>a</sup>

Nilai ± standar deviasi pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ),  $n = 3$

## PEMBAHASAN

Kadar gula reduksi pada medium fermentasi pada hari ke 3 berkisar 3,37- 5,34% b/v, dimana konsentrasi ini semakin menurun dengan bertambahnya waktu fermentasi dan pada hari ke 9 konsentrasi gula reduksi berkisar 0,26-2,13% b/v. Adanya gula reduksi mengindikasikan telah terjadi proses hidrolisis selulosa oleh enzim selulase. Kadar gula reduksi hari ke 3 tanpa perlakuan awal lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan awal NaOH 6% b/v. Hal ini bertentangan dengan tujuan perlakuan awal, yaitu untuk memecah ikatan lignin sehingga membebaskan hemiselulosa dan selulosa yang seharusnya meningkatkan kadar gula reduksi. Perlakuan awal dengan NaOH menurunkan kadar lignin dan meningkatkan kadar hemiselulosa dan selulosa yang pada akhirnya meningkatkan gula – gula reduksi (Sukowati dkk, 2014). Selain itu perlakuan awal juga bertujuan memudahkan enzim selulase menghidrolisis selulosa menjadi gula reduksi (Seftian dkk, 2014). Pada penelitian ini kadar gula reduksi lebih rendah dengan perlakuan awal menggunakan NaOH 6% b/v dibandingkan tanpa perlakuan awal pada semua hari pengamatan. Hal ini karena tekstur kulit pisang yang sudah matang sangat lunak sehingga perendaman dengan NaOH 6% b/v selama satu malam menyebabkan terbentuknya bubur kulit pisang yang sangat kental. Bubur tersebut kemudian dicuci dengan aquades sebanyak 5 kali yang mungkin turut mencuci selulosa dan hemiselulosa yang merupakan substrat hidrolisis enzimatik. Penurunan jumlah substrat berakibat pada penurunan jumlah produk berupa gula reduksi. Kadar gula reduksi tertinggi terjadi pada fermentasi hari ke 3, kemudian kadar gula terus menurun dengan peningkatan waktu fermentasi (Tabel 1). Penurunan kadar gula menunjukkan telah terjadi aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* yang mengubah gula reduksi menjadi bioetanol.

Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada fermentasi hari ke 5 dengan rata-rata 4,91% , yaitu substrat tanpa perlakuan awal dengan konsentrasi urea 1 dan 2%. Kadar bioetanol pada penelitian ini lebih tinggi daripada yang

dilaporkan oleh Sukowati dkk (2014) yaitu sebanyak 0,03% v/v melalui hidrolisis menggunakan asam sulfat encer. Ini membuktikan bahwa hidrolisis enzimatik lebih efektif dalam pembuatan bioetanol dibandingkan hidrolisis asam. Hal ini juga didukung oleh Singh *et al.* (2014) yang memperoleh bioetanol sebanyak 6,54% melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak secara enzimatik menggunakan kultur jamur *Aspergillus niger*. Species jamur ini berperan dalam pencairan dan sakarifikasi pati. Penggunaan spora jamur *A. niger* dalam fermentasi kulit pisang juga telah terbukti ampu menghasilkan bioetanol dalam jumlah tinggi, yaitu sebanyak 13,1% (Seftian, dkk 2012).

Derajat keasaman (pH) medium fermentasi berkisar 4,66-5,15 dan tidak berbeda nyata pada seluruh perlakuan dan hari pengamatan. Pengukuran pH pada awal fermentasi menunjukkan angka 5 karena pH diseragamkan menggunakan buffer sitrat. Menurut Lin *et al.* (2012) pH yang optimum untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* adalah 4,5-5 sehingga dengan kisaran pH 4,66-5,15 pada penelitian ini sangat mendukung pertumbuhan *yeast*. Hal ini terbukti dengan tingginya konversi gula reduksi menjadi bioetanol sehingga diperoleh bioetanol tertinggi sebanyak 4,91% v/v.

Kandungan nutrisi dalam medium fermentasi juga mempengaruhi kadar bioetanol yang diperoleh. Pada penelitian ini penambahan urea sebanyak 1% dan 2% meningkatkan jumlah bioetanol yang diperoleh baik dengan perlakuan awal maupun tanpa perlakuan awal (Tabel 3). Menurut Walker and Stewart (2016) urea merupakan salah satu sumber nitrogen yang sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme seperti *yeast sebagai* sumber hara makro dan gula diperlukan sebagai sumber karbon.

## KESIMPULAN

Perlakuan awal dengan NaOH 6% b/v tidak meningkatkan kadar bioetanol dari kulit pisang. Kombinasi tanpa perlakuan awal dengan urea sebanyak 1 dan 2% b/v menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebanyak 4,915% v/v.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alma (FMIPA) Universitas Udayana yang mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS) sesuai dengan surat perjanjian penugasan pelaksanaan penelitian Nomor: 2010/UN14.2.8.II/LT/2018, tanggal 26 Maret 2018.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Danmaliki, G.I., A.M. Muhammad, A.A. Shamsuddeen, and B.J. Usman. 2016. Bioethanol production from banana peels. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 10(6): 56-62.
- Emaga, T.H., C. Robert, S.N. Ronkart, B. Wathelet and M. Paquot, 2008. Dietary fibre component and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. *Bioresource Technology* 99 : 4346-4354.
- Lin, Y., W. Zhang, C. Li, K. Sakakibara, S. Tanaka, and H. Kong. 2012. Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. *Biomass and Bioenergy* 47: 395-401.
- Muktham, R., S.K. Bhargava, S. Bankupalli, and A.S. Ball. 2016. A Review on 1st and 2<sup>nd</sup> Generation Bioethanol Production-Recent Progress. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 6: 72-92.
- Pusat Data dan Sumber Informasi Pertanian. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura, Pisang. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/download/file/299-outlook-pisang-2016>.
- Robak, K. and M. Belcerek. 2018. Review of Second Generation Bioethanol Production from Residual Biomass. *Food technology and Biotechnology* 56(2): 174-187.
- Saggi, S.K. and P. Dey. 2016. An overview of simultaneous saccharification and fermentation of starchy and lignocellulosic biomass for bio-ethanol production. *Biofuels*. DOI: 10.1080/17597269.2016.1193837
- Singh, A.K., S. Rath, Y. Kumar, H. Masih, J.K. Peter, J.C. Benjamin, P.K. Singh, Dipuraj and P. Singh. 2014. Bio-ethanol production from banana peel by simultaneous saccharification and fermentation process using cocultures *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 3(5): 84-96.
- Seftian, D., F. Antonius, dan M. Faizal. 2014. Pembuatan etanol dari kulit pisang menggunakan metode hidrolisis enzimatis dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 1(18): 10-16.
- Sukowati, A., Sutikno dan S. Rizal. 2014. Produksi bioetanol dari kulit pisang melalui hidrolisis asam sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian* 19(3): 274-288.
- Walker, G.M. and G.G. Stewart. 2016. Review. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages* 2(30): 1-12.