



# PENGARUH KADAR *Aspergillus niger* TERHADAP PRODUKSI BIOETANOL DARI BONGGOL PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L)

Junaini<sup>\*1</sup>, Elvinawati<sup>2</sup>, Sumpiono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP

Universitas Bengkulu

\*E-mail : junainiajo@gmail.com



## ABSTRACT

This study aims to determine the effect of *Aspergillus niger* levels on bioethanol production in banana cobs using Saccharification Simulation Fermentation (SSF) method. This research uses banana kepok (*Musa paradisiaca* L.) obtained from Enggano Island of Bengkulu Province. Enggano Island is one of the outermost islands of Bengkulu Province which has a coordinate point of 5023'25,000 " LS - 102014'16,000 " BT. Samples of banana done preparation before the hydrolysis and fermentation process by smoothing the banana cobs using a blender until it becomes mush. Samples in the form of slurry were then added by *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. Hydrolysis performed for 72 hours which then continued with the fermentation process for 5 days. In the study there were 5 treatments: addition of *Aspergillus niger* 10<sup>7</sup> CFU/mL, addition of 10 mL *Saccharomyces cerevisiae*, addition of 10 mL *Saccharomyces cerevisiae* + *Aspergillus niger* 10<sup>6</sup> CFU/mL, 10 mL *Saccharomyces cerevisiae* + *Aspergillus niger* 10<sup>7</sup>CFU/mL and 10 mL *Saccharomyces cerevisiae* + *Aspergillus niger* 10<sup>8</sup>CFU/mL. The fermentation results were distilled and then measured the ethanol content by the specific gravity method. Ethanol content obtained from each treatment were 3.995%, 6.218%, 6.825%, 9.065%, and 12.348%, respectively. From one-way analysis test can be obtained the value of Fcount and Ftable respectively are 25.73 and 5.19, so the value of  $F_{table} < F_{count}$  which means each treatment has a different result significantly.

**Keywords:** *Aspergillus.niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, Bioethanol, *Musa paradisiaca* L, Saccharification Simulation Fermentation

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar *Aspergillus niger* terhadap produksi bioetanol pada bonggol pisang dengan menggunakan metode *Saccharification Simultan Fermentation* (SSF). Penelitian ini menggunakan pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) yang diperoleh dari Pulau Enggano Provinsi Bengkulu, Pulau Enggano merupakan salah satu pulau terluar Provinsi Bengkulu yang memiliki titik koordinat 5°23'25" LS - 102°14'16" BT. Sampel bonggol pisang dilakukan preparasi terlebih dahulu sebelum proses hidrolisis dan fermentasi dengan cara menghaluskan bonggol pisang menggunakan blender hingga menjadi bubur. Sampel dalam bentuk bubur kemudian dilakukan penambahan jamur *A.niger* dan *S. cerevisiae*. Hidrolisis dilakukan selama 72 jam yang kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi selama 5 hari. Pada penelitian terdapat 5 perlakuan yaitu penambahan *A. niger* 10<sup>7</sup> CFU/mL, penambahan *Saccharomyces cerevisiae* 10 mL, penambahan 10 mL *S. cerevisiae* dan 10 mL *A. niger* 10<sup>6</sup> CFU/mL, 10 mL *S. cerevisiae* dan 10 mL *A. niger* 10<sup>7</sup>CFU/mL dan 10 mL *S. Cerevisiae* dan 10 mL *A. niger* 10<sup>8</sup>CFU/mL. Hasil fermentasi didestilasikan kemudian diukur kadar etanol dengan metode berat jenis. Kadar etanol yang diperoleh dari setiap perlakuan berturut-turut yaitu, 3.995 : 6.218 ; 6.825 : 9.065 dan 12.348 %. Dari uji analisis satu arah dapat diperoleh nilai Fhitung dan Ftabel berturut-turut yaitu 25.73 dan 5.19, sehingga nilai  $F_{tabel} < F_{hitung}$  yang berarti tiap perlakuan mempunyai hasil yang berbeda nyata.

**Kata Kunci:** *Aspergillus.niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, Bioetanol, *Musa paradisiaca* L , Saccharification Simulation Fermentation

## PENDAHULUAN

Pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) dewasa ini sedang digalakkan oleh pemerintah Indonesia sebagai komplementer energi berbasis fosil [1], antara lain berupa Bahan Bakar Nabati (BBN) [2] dan bioetanol [3].

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses destilasi [4]. Bahan yang dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol adalah bahan yang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi [5].

Salah satu limbah pertanian yang hingga dewasa ini belum banyak dimanfaatkan adalah bonggol pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) yang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yang mencapai 76, 0 % [6], sehingga

sangat berpotensi sebagai sumber bahan baku untuk diubah menjadi bioetanol serta ditunjang akan ketersediaannya yang sangat besar setiap tahunnya dimana pemanfaatan ini juga berguna untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan [7].

Proses pembuatan bioetanol dari limbah bonggol pisang dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu hidrolisis, fermentasi dan destilasi [8]. Proses hidrolisis karbohidrat dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya dilakukan menggunakan enzim (*enzymatic hydrolysis*) [9] seperti enzim  $\alpha$ -amilase dan glukamilase [10].

Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan endo-enzim [11] yang mampu untuk memecahkan ikatan dari  $\alpha$ -1,4 glikosidik secara acak dibagian dalam molekul amilosa maupun amilopektinnya [12], sedangkan enzim glukamilase terbukti mampu

dalam memecah ikatan polimer monosakarida pada bagian luar dan menghasilkan unit-unit glukosa dari ujung non-pereduksi rantai polimer polisakarida [13].

Enzim *glukoamilase* dapat diperoleh dari strain *Aspergillus* [14] dan *Rhizopus* [15]. Pada penelitian ini akan digunakan jamur *Aspergillus niger* untuk menghidrolisis pati bongkol pisang menjadi senyawa glukosa. Jamur *A.niger* diketahui dapat menghasilkan enzim amilolitik seperti *alfa amilase* dan *glukoamilase* [16].

Enzim alfa amylase adalah enzim yang dapat memotong ikatan  $\alpha$ -1,4 pada pati secara acak dan menghasilkan dekstrin dan maltose [17]. Enzim *glukoamilase* merupakan enzim yang dapat memecah pati dan glikogen pada ikatan  $\alpha$ -1,4 dan  $\beta$ -1,6 dan menghasilkan glukosa [18].

Proses pengubahan glukosa hasil hidrolisis karbohidrat menjadi etanol dapat digunakan metode fermentasi dengan bantuan jamur tertentu seperti jamur *Saccharomyces cerevisiae* secara semi anaerob [19].

Proses perubahan glukosa menjadi etanol oleh jamur *Saccharomyces cerevisiae* adalah akibat aktivitas dari enzim *invertase* [20] dan *zimase* [21] yang dihasilkan jamur tersebut.

Pati yang didegradasi menjadi glukosa oleh jamur *A. niger* sebagai biokatalisator akan dapat mempercepat proses pemecahan pati menjadi glukosa yang kemudian dilanjutkan dengan pengubahan glukosa menjadi etanol oleh *S.cerevisiae* dimana kedua jamur ini diharapkan dapat bersinergi dalam proses pembentukan etanol.

Jika gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida, maka enzim *invertase* akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida [22]. Setelah itu, enzim *zymase* akan mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan  $\text{CO}_2$  [23]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *S.cerevisiae* hanya dapat mengubah gula dari kelompok monosakarida dan disakarida [24].

Berdasarkan dari uraian diatas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur pengaruh variasi penambahan kadar *Aspergillus niger* terhadap produksi bioetanol dari bongkol pisang kepok (*Musa paradisiaca*) yang difermentasi oleh jamur *Saccharomyces cerevisiae*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Maret tahun 2018 di Laboratorium FKIP Kimia Universitas Bengkulu, Laboratorium Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman (IHPT) dan Laboratorium Teknologi Industri Pertanian (TIP) Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.

## Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu, Botol plastik ukuran 1,5 L dan 600 mL, erlenmeyer, selang plastik, gelas ukur, gelas kimia, pipet tetes, pipet volumetrik, corong kaca, neraca analitik, pisau, seperangkat alat destilasi, blender, batang pengaduk, kertas saring, hot plate, kain steril, oven, pH meter, autoklaf, aluminum foil, kawat ose, kaca arloji, cawan petri, *microtube*, *Haemacytometer* dan kamera *pocket merk canon*.

Bahan yang digunakan yaitu, bonggol pisang, tape dari ubi singkong sebagai sumber *Saccharomyces cerevisiae*, Biakan *Aspergillus niger*, Media *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato Dextrose Broth* (PDB), larutan HCl 1 M, dan aquades.

## Persiapan Sampel

Sampel bonggol pisang diambil dari Pulau Enggano (05° 23' 21" LS, 102° 24' 40" BT) dan berasal dari jenis pisang kepok. Persiapan sampel dilakukan dengan cara dibersihkan dari tanah dan kotoran, kemudian kulit bagian luar dikupas hingga kelihatan bonggol yang berwarna putih.

Selanjutnya sampel dipotong kecil-kecil dan dihaluskan menggunakan blender sampai menyerupai bubur bonggol pisang (BBP) yang dibuat yang berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yaitu berupa perbandingan massa bonggol dengan aquadest yaitu 1: 2 [25]. Hal ini bertujuan, agar sampel menjadi substrat yang homogen dan luas permukaannya menjadi lebih besar, sehingga dapat meningkatkan bidang sentuh sampel dengan mikroba.

Setelah itu diukur pH sampel menggunakan pH meter, diatur pH sampel dengan menambahkan HCl sampai pH menjadi 5 ..

## Sterilisasi Sampel

Sterilisasi sampel dilakukan dengan cara memanaskan sampel bubur bonggol pisang didalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 1 jam, kemudian sampel didinginkan hingga sampel mencapai suhu ruang. Fungsi sterilisasi adalah membunuh mikroba-mikroba yang ada pada sampel sehingga sampel menjadi steril.

## Peremajaan Jamur

Peremajaan jamur *Aspergillus niger* dilakukan dengan cara mengambil 1 borer biakan murni dari *A.niger* dalam cawan petri, kemudian di tanam dalam cawan petri yang berisi PDA dengan kondisi aseptik dalam ruang isolasi menggunakan *laminar airflow* dan di inkubasi selama 7 hari.

Peremajaan jamur *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan cara mengambil 1 ose biakan murni *S.cerevisiae*, kemudian di masukkan

ke dalam medium PDB 100 ml dengan kondisi aseptik dalam ruang *laminar airflow* dan di inkubasi pada suhu ruang selama 24jam.

### Pembuatan Rangkaian Alat

Pembuatan rangkaian alat dilakukan dengan cara, bagian tutup botol plastic ukuran 1,5 Liter dan 600 mL dilubangi menggunakan paku panas. Botol plastik ukuran 1,5 L yang merupakan wadah *fermentor* dihubungkan dengan botol ukuran 600 mL yang berisi aquades sebanyak 3/4 dari botol menggunakan selang plastik.

### Produksi Bioetanol

Produksi bioetanol dilakukan dengan cara, sampel bubur bonggol pisang yang sudah steril dengan pH 5 dimasukkan ke dalam masing-masing wadah *fermentor*.

Pada penelitian ini, produksi bioetanol menggunakan 5 perlakuan (Tabel 1). Hasil fermentasi kemudian disaring dengan corong plastik untuk mendapatkan filtratnya.

**Tabel 1. Perlakuan pada Produksi Bioetanol**

No	Perlakuan	Penambahan Jamur	
		<i>A. niger</i>	<i>S. cerevisiae</i>
1	A	10 mL kadar $10^7$ CFU /mL	Nil
2	B	Nil	10 mL
3	C*	10 mL kadar $10^6$ CFU /mL	10 mL
4	D*	10 mL kadar $10^7$ CFU /mL	10 mL
5	E*	10 mL kadar $10^8$ CFU /mL	10 mL

Ket : \* = hidrolisis dengan *A. Niger* selama 72 jam.

Kemudian dilanjutkan proses fermentasi dengan *S. cerevisiae* selama 5 hari .

Proses hidrolisis dan fermentasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Simultan Saccharification Fermentation (SSF)*, yang memiliki keunggulan berupa polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida tidak dapat kembali menjadi polisakarida karena monosakarida yang terbentuk akan langsung difermentasi menjadi etanol [26] dan prosesnya dapat dilakukan dalam satu *reactor* sehingga akan mengurangi biaya peralatan yang digunakan.

Jenis fermentasi yang dilakukan adalah fermentasi secara tidak spontan, dimana pada proses fermentasi ditambahkan *S.cerevisiae* yang dapat berkembang biak secara aktif untuk mengubah bahan yang difermentasi menjadi

produk yang diinginkan. Pada penelitian ini pemasukan jamur *A.niger* diberi jeda dan dimasukkan ke dalam substrat selama 72 jam.

Proses fermentasi ini pun pada awalnya berlangsung secara aerob [27] yaitu pada permulaan fermentasi, jamur akan memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya, dan setelah terbentuknya akumulasi gas CO<sub>2</sub> maka reaksi berubah menjadi anaerob [28]

### Pengukuran Kadar Glukosa

Filtrat hasil dari masing-masing perlakuan yang merupakan gabungan hasil dari proses hidrolisis dan fermentasi, diukur kadar glukosan yang diperoleh dengan menggunakan *hand refractometer* [29]

Pengukuran dilakukan dengan cara meneteskan antara 1-3 tetes larutan hasil fermentasi pada alat *hand refractrometer*, diletakkan ditempat yang terang dengan tujuan agar skala *refractometer* (% *brix*) yang ditandai dengan adanya warna biru terlihat jelas, sehingga kadar glukosa hasil fermentasi dapat ditentukan dan kadar glukosa yang diukur adalah kadar glukosa sebelum dan setelah hasil fermentasi.

### Destilasi Bioetanol

Proses fermentasi akan menghasilkan produk berupa campuran etanol dan air serta beberapa produk sampingan lainnya seperti asam lemah [30], sehingga perlu dilakukan proses pemisahan alkohol yang diperoleh dengan cara destilasi untuk menghilangkan produk sampingan dari hasil yang ingin diperoleh.

Destilasi bioethanol dapat dilakukan menggunakan alat destilasi sederhana [31]. Filtrat dari semua perlakuan hasil hidrolisis dan fermentasi didestilasi dengan cara memanaskan filtrat didalam labu destilasi pada suhu 78<sup>0</sup>C, uap yang dihasilkan didinginkan menggunakan kondensor menghasilkan destilat cair, dimana kandungan air (Titik Didih 100<sup>0</sup>C) yang ada akan tertinggal didalam labu. Destilat yang diperoleh ditampung kedalam vial berukuran 100 mL.

### Pengukuran Kadar Bioetanol dengan Metode Analisis Berat Jenis

Bioetanol dari hasil destilasi diukur kadarnya menggunakan metode berat jenis dengan cara *microtube* [32]. Cara pengukurannya dilakukan dengan menimbang menggunakan neraca analitik *microtube* yang telah diketahui beratnya diisi dengan bioethanol dan dicatat beratnya. Dilakukan hal yang sama untuk aquadest.

Perhitungan berat jenis bioetanol dan

aquadest secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\text{Berat Jenis Etanol} : \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0}$$

Keterangan :

$W_2$  : berat destilat + microtube kosong

$W_0$  : Berat microtube kosong

$W_1$  : berat aquadest + microtube kosong

Hasil fermentasi berupa berat jenis etanol hasil fermentasi yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi persentase kadar alkohol melalui tabel alkoholmetrik [32].

### Teknik Analisis Data

Data penelitian yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode *one way anova* dengan taraf kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ) untuk memperoleh nilai  $F_{hitung}$  dan  $F_{tabel}$ . Dimana jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  akan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kadar bioetanol yang dihasilkan terhadap kadar *Aspergillus niger* yang ditambahkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi Sampel Bonggol Pisang

Untuk membuat bubur substrat bonggol pisang dilakukan dengan mengambil 400 gram bonggol pisang, selanjutnya ditambahkan air aquadest sebanyak 800 mL, dengan tujuan untuk memperoleh substrat yang tidak terlalu encer dan tidak terlalu pekat sehingga dapat menjadi media yang optimal untuk pertumbuhan jamur saat proses hidrolisis dan fermentasi.

Setiap sampel bubur bonggol pisang dimasukkan kedalam wadah plastik untuk dilakukan proses sterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Sampel awalnya berwarna putih kekuningan sebelum sterilisasi dan berubah warna menjadi cokelat kemerahan, setelah sterilisasi.

Hal ini dikarenakan sampel telah teroksidasi dengan oksigen dan aquades sehingga warna sampel berubah serta dari proses sterilisasi ini akan diperoleh sampel yang steril yang siap dimasukkan jamur untuk ke tahap selanjutnya.

### Peremajaan Jamur

Tahap pertama sebelum melakukan peremajaan jamur *A.niger* adalah dengan melakukan pengembangan terlebih dahulu menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA)). Pengembangan dalam media PDA bertujuan untuk memastikan apakah stok jamur yang dimiliki masih dalam kondisi aktif atau tidak untuk melakukan perkembangbiakan. Stok jamur

yang dipastikan aktif kemudian siap diremajakan pada media *Potato Dextrose Broth* (PDB) dengan tujuan supaya didapatkan suspensi jamur *A. niger*.

Proses peremajaan jamur dilakukan dalam ruang isolasi dan peralatan yang digunakan dalam keadaan steril supaya terhindar dari mikroba pada udara bebas, sehingga jamur yang diremajakan dapat menghasilkan *A.niger* murni.

Hasil peremajaan jamur *A.niger* dan *S.cerevisiae* dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Gambar 1)



(a) *Aspergillus Niger*

(b) *Saccharomyces cerevisiae*

**Gambar 1. Hasil Peremajaan Jamur**

### Pengukuran Kadar Glukosa Hasil Fermentasi

Pengukuran kadar glukosa pada penelitian menggunakan *hand refractrometer* yang bertujuan untuk mengetahui kadar glukosa hasil fermentasi [33].

Molekul -molekul pati akan terpecah menjadi molekul glukosa yang lebih sederhana sebagai unit terkecil agar dapat diserap oleh sel mikroorganisme *S. cerevisiae* sebagai nutrisi untuk pertumbuhan saat proses fermentasi..

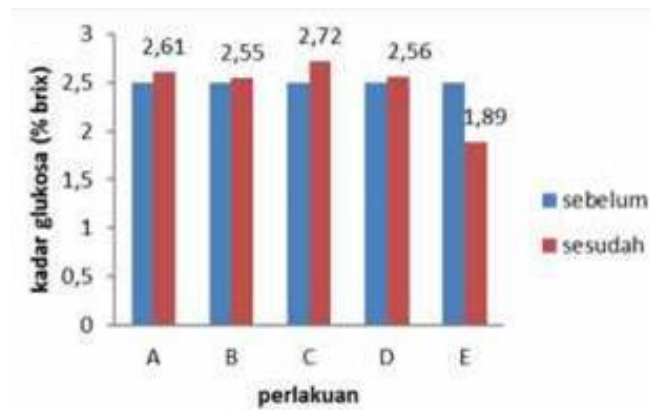
Molekul glukosa dirombak menjadi etanol oleh *S. Cerevisiae* dimana semakin tinggi kadar glukosa maka semakin tinggi pula kadar etanol yang dihasilkan dan sebaliknya [34]. Penurunan kadar glukosa merupakan indikator bahwa telah terjadi pengubahan glukosa menjadi alkohol oleh *S. Cerevisiae* [35]

Pada penelitian ini tidak diukur kadar glukosa hasil hidrolisis karena glukosa yang dihasilkan akan langsung diubah menjadi etanol. Hal ini akibat metode yang dipakai adalah metode SSF dimana proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara berkelanjutan. Nilai kadar glukosa untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 2.

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa kadar glukosa yang dihasilkan sebelum dan sesudah fermentasi mengalami perbedaan. Pada perlakuan A mengalami kenaikan kadar glukosa yang lebih tinggi daripada perlakuan B, hal ini diduga karena pada perlakuan A, amilum dipecah menjadi glukosa yang selanjutnya glukosa yang terbentuk



langsung diubah menjadi bioetanol dalam sejumlah sedikit.



**Gambar 2. Grafik Perbandingan Kadar Glukosa Setelah Fermentasi**

**Keterangan**

- A *A. niger*  $10^7$  CFU/mL
- B *S. cerevisiae*
- C *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^6$  CFU/mL
- D *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^7$  CFU/mL
- E *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^8$  CFU/mL

Hal ini disebabkan pada perlakuan A *Aspergillus niger* akan menghasilkan enzim *amylase* yang cenderung untuk memecah pati menjadi glukosa tetapi . tidak menghasilkan enzim *zimase* sehingga pembentukan glukosa menjadi etanol menjadi tidak maksimal.

Pada perlakuan B, diduga kadar glukosa yang dihasilkan yang lebih sedikit dibandingkan pada perlakuan A. Hal ini diduga karena pada perlakuan B *Saccharomyces cerevisiae* mampu menghasilkan enzim  $\alpha$  *amilase* dan *zimase* yang dapat membantu proses pengubahan pati menjadi etanol .

Pada perlakuan B, glukosa hasil dari pemecahan pati oleh enzim  $\alpha$  *amilase* langsung diubah menjadi bioetanol oleh enzim *zimase* yang berperan didalamnya, sehingga pada perlakuan B terjadi kenaikan glukosa yang lebih rendah daripada perlakuan A.

Pada perlakuan C kadar glukosa yang dihasilkan lebih tinggi daripada perlakuan A dan B. Hal ini diduga, pada perlakuan C telah terjadi sinergi antara jamur *A. niger* dengan *S. cerevisiae* dalam proses pembentukan bioetanol, sehingga kadar glukosa setelah fermentasi lebih tinggi.

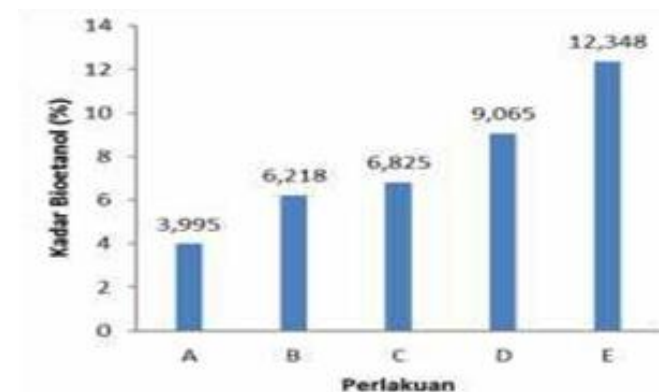
Pada perlakuan D dan E dapat dilihat nilai kadar glukosa yang dihasilkan lebih rendah daripada perlakuan C. Hal ini diduga karena adanya perbedaan kadar *A. niger* yang digunakan. Jika glukosa yang dihasilkan tinggi maka akan terjadi pengurangan nilai glukosa yang semakin banyak, karena glukosa merupakan nutrisi untuk *S. cerevisiae* dalam membentuk bioetanol.

Hal ini dapat dilihat pada perlakuan E, nilai kadar glukosa saat sebelum dan sesudah hidrolisis dan fermentasi menurun dari 2,5 menjadi 1,89 dan menghasilkan kadar etanol yang paling tinggi. Hasil yang diperoleh pada perlakuan ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu , dimana bila semakin besar produk fermentasi maka akan semakin besar pula terjadinya jumlah pengurangan glukosa dan alkohol yang terbentuk juga akan semakin tinggi [36].

### Perbandingan Kadar Bioetanol Hasil Fermentasi pada Setiap Treatment atau Perlakuan

Dilihat dari kadar bioetanol yang dihasilkan pada setiap perlakuan, terlihat bahwa terjadi perubahan kadar bioetanol yang diperoleh, dimana penambahan *S. cerevisiae* dan *A. niger* akan berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah bioetanol yang diperoleh hingga mencapai titik maksimum.

Hal ini menunjukkan bahwa bila semakin banyak *A. niger* yang ditambahkan dalam proses SSF maka kadar etanol yang diperoleh juga akan semakin tinggi (Gambar 3)



**Gambar 3. Diagram Perbandingan Kadar Bioetanol Pada Setiap Perlakuan**

**Keterangan**

- A *A. niger*  $10^7$  CFU/mL
- B *S. cerevisiae*
- C *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^6$  CFU/mL
- D *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^7$  CFU/mL
- E *S. cerevisiae* + *A. niger*  $10^8$  CFU/mL

Dari Gambar 3 terlihat bahwa jumlah kadar bioetanol yang diperoleh akan semakin meningkat seiring dengan jumlah penambahan dari *S. cerevisiae* dan *A. niger*.

Pada perlakuan A dapat diketahui bahwa penambahan *A. niger* menghasilkan kadar bioetanol sebesar 3,995 % yang lebih rendah daripada perlakuan B (penambahan *S. cerevisiae*) yang mampu menghasilkan kadar bioetanol sebesar 6.218 %. Hasil dari kedua perlakuan ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan dari

jumlah dan jenis enzim yang dihasilkan untuk mengubah pati yang ada menjadi glukosa yang dilanjutkan dengan perombakan glukosa yang diperoleh menjadi bioetanol [37].

Kadar bioetanol yang lebih tinggi pada perlakuan B lebih besar dibandingkan dengan perlakuan A diduga karena jamur *S. cerevisiae* cenderung membentuk glukosa menjadi etanol karena selain menghasilkan enzim *zimase* dan *invertase* [38], juga akan dapat menghasilkan enzim  *$\alpha$  amilase* [39]. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang membuktikan bahwa enzim  *$\alpha$  amilase* pada *S.cerevisiae* akan dapat mengkatalis reaksi hidrolisis dari ikatan 1,4 glikosida pada amilosa secara acak menjadi campuran dekstrin, maltose dan glukosa [40], karena itu *S.cerevisiae* tidak mampu untuk merombak pati menjadi glukosa dengan maksimal dikarenakan hanya mampu memecah amilosa pada pati [41].

Jamur *A.niger* lebih cenderung merombak pati menjadi glukosa karena memiliki enzim *alfa-amilase* dan *glukosidase* [42], karena itu pati akan dirombak menjadi glukosa lebih maksimal oleh jamur *A.niger*.

Selain itu *A.niger* merupakan juga dapat menghasilkan sedikit enzim *invertase*, sehingga kemampuan *A.niger* untuk merombak glukosa menjadi etanol juga maksimal [43].

Dengan demikian seperti yang terlihat pada perlakuan C, D dan E adanya penambahan kultur campuran dari *A.niger* dan *S.cerevisiae* terbukti akan dapat meningkatkan kadar etanol yang diperoleh.

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa semakin tinggi kadar *A.niger* yang ditambahkan akan semakin tinggi pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang membuktikan bahwa dengan penggunaan teknik ko-kultur pada proses fermentasi akan mampu menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 7,41 % (b/v) atau meningkat 19,56 % jika dibandingkan dengan proses fermentasi menggunakan monokultur menggunakan hanya *S.cerevisiae* [44] serta juga terbukti pada penelitian ini bahwa kedua jamur yaitu *A.niger* dan *S. cerevisiae* dapat bekerja sama dalam memproduksi bioetanol.

Semakin banyak glukosa yang diperoleh dari proses hidrolisis oleh *A.niger* akan semakin banyak bioetanol yang dihasilkan sehingga memperoleh kadar bioetanol yang tinggi.

Pada penelitian ini pada hasil fermentasi juga terlihat terbentuknya ruang-ruang yang diisi oleh gelembung gas pada wadah dan terciumnya aroma seperti tape yang berasal dari campuran senyawa asam organik seperti asam asetat, laktat,

dan piruvat [45]. Gelembung gas yang terbentuk merupakan hasil samping proses fermentasi yaitu berupa gas CO<sub>2</sub> [46].

Dari Gambar 3 diperoleh data bahwa kadar maksimum produksi bioetanol terjadi pada perlakuan F, berupa penambahan *S.cerevisiae* dan *A.niger* pada kadar 10<sup>8</sup> CFU/mL yaitu sebesar 12.348 %. Karena itu dapat diduga bahwa dengan kadar *A.niger* yang lebih besar dari 10<sup>8</sup> CFU/mL memungkinkan untuk memperoleh kadar bioetanol yang lebih tinggi lagi.

Hasil penelitian yang dilakukan telah sesuai dengan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembuatan bioetanol dari limbah bonggol pisang dengan proses fermentasi selama 7 hari, terbukti mampu untuk mengkonversi kandungan pati pada bonggol menjadi etanol sebesar 30,59% [47].

Pada penelitian lain diperoleh hasil yaitu kadar etanol hasil fermentasi paling tinggi diperoleh sebesar 12,20% v/v dengan penambahan starter 8% pada pH 5, suhu 30°C serta waktu fermentasi selama 5 hari.

## KESIMPULAN

Penambahan jamur *Aspergillus niger* dalam proses hidrolisis dan fermentasi pada substrat bonggol pisang kepok terbukti akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kadar bioetanol yang dihasilkan.

Kadar maksimum pemberian *Aspergillus niger* dalam proses hidrolisis dan fermentasi dari substrat bonggol pisang kepok yaitu 10<sup>8</sup> CFU/mL dengan kadar bioetanol yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 12.348 %.

## SARAN

Hasil fermentasi berupa filtrat sebaiknya disimpan didalam wadah yang benar-benar rapat, tidak memiliki rongga udara dan langsung didistilasi untuk menghindari proses terjadinya oksidasi lanjutan dari bioetanol yang diperoleh secara spontan menjadi asam asetat sehingga dapat menyebabkan rendahnya kadar bioetanol yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramdani, D.F., Arifina Febriasari, Model Kebijakan Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan di Provinsi Banten, *Jurnal Administrasi Publik*, 2018: 8 (2): 192-202.
- [2] Joelianingsih, Armansyah H. Tambunan, Hiroshi Nabetani, Yasuyuki Sagara, Kamaruddin Abdullah, Perkembangan

- Proses Pembuatan Biodiesel sebagai Bahan Bakar Nabati (Bbn), *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 2006: 20(3): 205-216.
- [3] Shintawaty, A., Prospek Pengembangan Biodiesel Dan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Indonesia, *Economic Review*, 2006 : 203 : 1-9
- [4] Winarso, R., Bahtiar Setya Nugraha, Rancang Bangun Alat *Dehydrator Bioetanol* Untuk Menghasilkan *Fuel Grade Ethanol* (FGE), *Jurnal Simetris*, 2015: 6 (2): 211-216.
- [5] Winarso, R., Bahtiar Setya Nugraha, Taufik Santoso, Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Model Refluk Bertingkat Dengan Bahan Baku Singkong, *Jurnal Simetris*, 2014: 5(2): 97-104.
- [6] Nafiyanto, I., Pembuatan Plastik *Biodegradable* Dari Limbah Bonggol Pisang Kepok Dengan *Plasticizer* Gliserol Dari Minyak Jelantah Dan Komposit Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fullica*), *Integrated Lab Journal*, 2019: 7 (1): 75 - 89
- [7] Sunarto, Sulistyani, Siti Marwati, Pemanfaatan limbah bonggol pisang sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, *J. Sains Dasar*, 2013 : 2(1) 48 – 52.
- [8] Wusnah, Samsul Bahri, Dwi Hartono, Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata B.C*) Secara Fermentasi, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2016: 5(1): 57-65
- [9] Risnoyatiningsih, S., Hidrolisis Pati Ubi Jalar Kuning Menjadi Glukosa Secara Enzimatis, *Jurnal Teknik Kimia*, 2011 : 5 (2) : 417-424.
- [10] Sukaryo, Bakti Jos, Hargono, Pembuatan Bioetanol Dari Pati Umbi Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*), *Momentum*, 2013: 9 (2): 41-45.
- [11] Herlina, Bambang Herry Purnomo, Mukhammad Fauzi, Fikri Arsyl Rambe, Penggunaan  $\alpha$ -Amilase Dan Variasi Lama Hidrolisis Pada Pembuatan Tepung Glukomanan Dari Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta L.*), *Jurnal Agroteknologi*, 2016 10 (1): 73-86.
- [12] Jayanti, D, Wuryanti, Taslimah, Isolasi, Karakterisasi, Dan Amobilisasi  $\alpha$ -Amilase Dari *Aspergillus oryzae* FNCC 6004, *Chem Info*, 2013 : 1(1): 76 – 84.
- [13] Dompeipen, E.J., Riardi P. Dewa, Pengaruh Waktu Dan pH Fermentasi Dalam Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut *Eucheuma cot Tonii* Menggunakan Asosiasi Mikroba (*Sacchromyces cerevisiae*, *Aspergillus niger* dan *Zymomonas mobilis*), *Majalah Biam*, 2015: 11 (2): 63-75.
- [14] Sari, A.R., Endang Kusdiyantini, MG Isworo Rukmi, Produksi Selulase Oleh Kapang *Aspergillus* sp. Hasil Isolasi Dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon* sp.) Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum Pada Fermentasi Terendam Statis, *Jurnal Biologi*, 2017: 6 (1): 11-20.
- [15] Iskandar, Y.M., Linar Z. Udin, A.T. Karossi, Produksi Glukoamilase Dari *Rhizopus Oryzae* L16 Pada Media Pati Sagu (*Metroxylon*) Yang Mengandung Ekstrak Tauge, *JKTI*, 1994: 4 (2): 47-49.
- [16] Safitri, D., Samingan, Isolasi Dan Identifikasi Fungi Amilolitik Pada Bonggol Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*), *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*, 2013: 5 (1): 29-35
- [17] Ariandi, Pengenalan Enzim Amilase ( $\alpha$ -Amylase) Dan Reaksi Enzimatisnya Menghidrolisis Amilosa Pati Menjadi Glukosa, *Jurnal Dinamika*, 2016, 7(1): 74-82.
- [18] Zain, E.R., R.W. Ashadi, M. Ikbali, Konversi Limbah Rumah Tangga Menjadi Biofuel Secara Simultan Melalui Rekayasa Reduksi Ukuran Bahan Dan Kombinasi Enzim, *Jurnal Pertanian*, 2011: 2 (2): 110-116.
- [19] Moede, F.K., Siang Tandi Gonggo, Ratman, Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Pati Ubi Jalar Kuning (*Ipomea batata L.*), *J. Akad. Kim.*, 2017: 6(2): 86-91.
- [20] Kustyawati, M.E., Merlia Sari, Teti Haryati, Efek Fermentasi Dengan *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Karakteristik Biokimia Tapioka, *Agritech*, 2013: 33 (3): 281-287.
- [21] Wartini, N.K., Paulus H. Abram, Nurdin Rahman, Pembuatan Etanol Dari Buah Salak (*Salacca zalacca*) Melalui Proses Fermentasi, *J. Akademika Kim.*, 2017: 6 (4): 237-240.
- [22] Fadilah, U., I Made Mahaputra Wijaya, N. Semadi Antara, Studi Pengaruh pH Awal Media Dan Lama Fermentasi Pada Proses Produksi Etanol Dari Hidrolisat Tepung Biji Nangka Dengan Menggunakan *Saccharomyces*

- cerevisiae*, *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 2018: 6(2): 92-102
- [23] Azizah., A. N. Al Baarri, S. Mulyani , Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, Dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas , *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2012 : 1(2): 72-77
- [24] Rizwan, M., Anang Wahid M. Diah, Ratman, Pengaruh Konsentrasi Ragi Tape (*Saccharomyces cerevisiae*) Terhadap Kadar Bioetanol Pada Proses Fermentasi Biji Alpukat (*Persea americana* Mi l ), *Jurnal Akademika Kimia*, 2018:7(4): 173-178.
- [25] Firmana,A.A.N.,Siti Tjahjani, Karakterisasi Hasil dan Penentuan Laju Reaksi Fermentasi Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*) Menjadi Etanol dengan *Saccharomyces cerevisiae*. *UNESA Journal Of Chemistry*. 2014: 3(3) : 21-26.
- [26] Jayus, J., Sony Suwasono , Ike Wijayanti ,Produksi Bioetanol Secara SHF Dan SSF Menggunakan *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* Dan *New Aule Instant Dry Yeast* Pada Media Kulit Ubi Kayu, *Jurnal Agroteknologi* , 2017: 11 (1): 61-68.
- [27] Zubaidah, E., Kajian Perbedaan Kondisi Fermentasi Alkohol Dan Konsentrasi Inokulum Pada Pembuatan Cuka Salak (*Salacca zalacca*), *Jurnal Teknologi Pertanian* , 2010: 11 (2): 94 – 100.
- [28] Safitrie H, G.S., Erisa Maya Safitri, Meilana Dharma Putra, Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cereviseae* , *Konversi*, 2015: 4 (2): 52 – 60
- [29] Ihsan , F., Anang Wahyudi, Teknik Analisis Kadar Sukrosa Pada Buah Pepaya, *Buletin Teknik Pertanian* , 2010: 15(1): 10-12
- [30] Kurniawan, T.B., Siti Harnina Bintari, R. Susanti, Efek Interaksi Ragi Tape dan Ragi Roti terhadap Kadar Bioetanol Ketela Pohon (*Manihot utilissima*, Pohl) Varietas Mukibat, *Biosaintifika* , 2014: 6 (2) : 152-160.
- [31] Setiawan, T., Rancang Bangun Alat Destilasi Uap Bioetanol Dengan Bahan Baku Batang Pisang, *Jurnal Media Teknologi* , 2018: 4(2): 119-128.
- [32] Primadevi, S., Dian Kresnadipayana, Penetapan Kadar Etanol pada Minuman Beralkohol Berbagai Merk Melalui Pengukuran Berat Jenis, *BIOMEDIKA*, 2016: 9(1): 71-74.
- [33] Sukoyo, A., Bambang Dwi Argo, Rini Yulianingsih, Analisis Pengaruh Suhu Pengolahan Derajat Brix terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Gula Kelapa Cair dengan Metode Pengolahan Vakum, *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2014: 2(2): 170-179.
- [34] Sari,D.Y.R., Triono Bagus Saputro, Anton Muhibuddin, Uji Potensi Fermentasi Etanol Yeast Tanah yang Diisolasi dari Metode Budidaya SDN di Daerah Batu, Jawa Timur, *Jurnal Sains Dan Seni ITS* , 2016: 5(2): E 39-E 43.
- [35] Salsabila, U., Diah Mardiana, Ellya Indahyanti, Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian Menjadi Etanol , *Kimia.Student Journal*, 2013: 2 (1): 331-337 .
- [36] Yumas,M., Rosniati, Pengaruh Konsentrasi Starter Dan Lama Fermentasi Pulp Kakao Terhadap Konsentrasi Etanol, *Biopropal Industri* , 2014: 5 (1): 13-22.
- [37] Atmaja, D.S., Wuryanti, Khairul Anam, Isolasi, Purifikasi Dan Karakterisasi  $\alpha$ -Amilase Dari *Trichoderma viride* FNCC 6013, *Chem Info*, 2013: 1(1): 85 – 93
- [38] Periadnadi, Diah Kharisma Sari, Nurmiati, Isolasi dan Keberadaan Khamir Potensial Pemfermentasi Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr.) dari Dataran Rendah dan Dataran Tinggi di Sumatera Barat, *Bioeksperimen*, 2018: 4 (1): 29-36.
- [39] Santi , S.S., Pembuatan Alkohol Dengan Proses Fermentasi Buah Jambu Mete Oleh Khamir *Sacharomices cerevesiae*, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* , 2008: 8 (2): 104-111 .
- [40] Yunianta, Tri Sulisty, Aprilastuti, Teti Estiasih, Siti Narsito Wulan, Hidrolisis Secara Sinergis Pati Garut (*Marantha arundinaceae* L.) Oleh Enzim  $\alpha$ -Amilase, Glukoamilase, Dan Pullulanase Untuk Produksi Sirup Glukosa, *Jurnal Teknologi Pertanian* , 2010: 11 (2): 78 – 86.
- [41] Budiarti, G.I., Siswo Sumardiono, Kusmiyati, Studi Konversi Pati Ubi Kayu (*Cassava Starch*) menjadi Glukosa secara Enzimatik, *Chemica* , 2016: 3(1): 7-16
- [42] Naiola, E., Seleksi Biak *Aspergillus* spp.



- Penghasil Amilase Untuk Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Tepung Ganyong (*Canna edulis Kerr.*), *Berita Biologi*, 1998: 4(4): 157-162.
- [43] Indriani, D.O., Luqvia Noer Islami Syamsudin, Feronika Heppy Sriherfyna, Agustin Krisna Wardani, Invertase Dari *Aspergillus niger* Dengan Metode *Solid State Fermentation* Dan Aplikasi Di Industri: Kajian Pustaka, *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2015: 3(4):1405-1411.
- [44] Arnata, I.W., A.A.M. Dewi Anggreni, Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol Dari Ubi Kayu Dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape Dan *Saccharomyces Cerevisiae*, *Agrointek*, 2013: 7 (1): 21-28.
- [45] Arieftha, G.A., G.P. Ganda Putra, A.A. Dewi Anggreni, Pengaruh Penambahan Ragi Tape Dan Waktu Fermentasi Terhadap Karakteristik Pulpa Biji Kakao, *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 2016: 4. (2): 42-52.
- [46] Melani, A., Fermentasi Limbah Buah Nanas Dengan *Sacharomyces Cereveceae* Menggunakan Proses Hidrolisis, *Berkala Teknik*, 2012 : 2 (4): 334-363.
- [47] Warsa, I.W., Faudzia Septiyani, Camilia Lisna, Bioetanol dari Bonggol Pohon Pisang. *Jurnal Teknik Kimia*. 2013: 8(1) : 37-41.

Penulisan Sitasi Artikel Ini adalah  
Junaini, Elvinawati, Sumpono, Pengaruh Kadar *Aspergillus niger* Terhadap Produksi Bioetanol Dari Bonggol Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L*) , *Alotrop*, 2019: 3(2): 176-184.

