

PENGARUH FERMENTASI LIMBAH PADAT PENGOLAHAN BIOETANOL DARI SINGKONG (MANIHOT ESCULENTA) MENGUNAKAN SACCHAROMYCES CEREVISIAE TERHADAP KANDUNGAN GIZI LIMBAH

*Effect of Solid Waste Treatment Bioethanol Fermentation of Cassava
(Manihot Esculenta) Use Saccharomyces Cerevisiae Change Nutrition Against Waste*

Yani Suryani¹, Iman Hernaman², Poniah Andayaningsih²

¹UIN Sunan Gunung Djati, ²Universitas Padjadjaran
e-mail korespondensi: yan_dikha@yahoo.com

Abstrak

Pengolahan bioetanol yang berbahan singkong menghasilkan limbah padat yang masih jarang dimanfaatkan dan berpotensi sebagai pakan ternak. Maka sebelum diberikan pada ternak perlu dilakukan proses pengolahan melalui fermentasi. Salah satu jamur yang memiliki kemampuan dalam proses fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kandungan nutrisi limbah padat pengolahan bioetanol dari singkong (*Manihot esculenta*) melalui fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3 x 3 dengan ulangan tiga kali dengan dosis inokulum (D) masing-masing D1 = 2g, D2 = 3g dan D3 = 4g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan protein bervariasi dari 2% menjadi 3,05% dan penurunan kandungan kadar serat hasil fermentasi bervariasi dari 2,12%-2,36%. Kandungan HCN mengalami penurunan yang sangat signifikan dari 16,06% menjadi 0,74%. Kesimpulan bahwa fermentasi limbah padat bioetanol dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dapat meningkatkan protein, menurunkan serat dan kadar HCN.

Kata kunci : fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*, limbah padat bioetanol.

Abstract

Processing of bioethanol made from cassava produces solid waste that is still rarely used and potentially as fodder. Therefore, before it is given to the cattle, it needs to be processed through fermentation. One of the fungi that have the ability in the process of fermentation is Saccharomyces cerevisiae. This study aims to determine the increase of nutrient content of the waste bioethanol processing from cassava (Manihot esculenta) through fermentation by Saccharomyces cerevisiae. This research was conducted with an experimental method using Completely Randomized Design (CRD) 3 x 3 factorial with three replications with a dose of inoculum (SC) respectively SC1 = 2g, 3g and SC2 = SC3 = 4g. The results shows that increasing the protein varies from 2% to 3,05% and decreased levels of fiber content of fermented varies from 2,12% - 2,36%. The content of HCN is decreased significantly from 16,06% to 0,74%. The conclusion that solid waste bioethanol fermentation using Saccharomyces cerevisiae can increase protein, fiber and lower levels of HCN.

Keywords : fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, solid waste bioethanol

Pendahuluan

Pengolahan bioetanol yang berbahan singkong menghasilkan limbah padat yang masih jarang dimanfaatkan. Limbah industri bioetanol termasuk limbah organik, karena ditimbulkan sebagai sisa dari pengolahan berbahan singkong yang merupakan salah satu bahan organik. Limbah tersebut apabila tidak ditangani dengan seksama dapat menimbulkan potensi besar untuk mencemari lingkungan dan akan memberikan dampak sosial yang negatif bagi masyarakat dan makhluk hidup yang mendiami daerah sekitar. Namun hal yang masih menjadi tantangan dalam pemanfaatan limbah adalah kurang tersedianya nutrisi yang berkualitas atau adanya senyawa racun di dalam limbah.

Berdasarkan hasil analisis bahwa terdapat kandungan asam sianida (HCN) 15,95 mg/kg, dan kandungan air 65,16 %, protein 2,47%, serat kasar 2,65%, sehingga kualitas zat makanannya masih rendah. Oleh karena itu, sebelum diberikan pada ternak perlu dilakukan proses pengolahan lebih lanjut melalui fermentasi (Yani, 2012). Menurut Djunaidi (2002), salah satu alternatif pengolahan limbah untuk bahan pakan adalah melalui teknologi fermentasi dengan memanfaatkan bioproses dari mikroorganisme yang dapat meningkatkan kualitas bahan pakan.

Fermentasi memiliki berbagai manfaat, antara lain

untuk mengawetkan produk pangan, memberi cita rasa dan tekstur tertentu pada produk pangan. Fermentasi oleh mikroba, diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi yang ada pada produk fermentasi (Widowati dan Misgiyarta, 2003). Teknik fermentasi dilakukan melalui pendayagunaan sifat biokimia suatu mikroba tertentu atau campuran beberapa mikroba (Salmah, 2004). Proses fermentasi merupakan teknologi bioproses yang melibatkan aktivitas suatu mikroorganisme agar dapat memperbaiki kualitas gizi bahan makanan yang berkualitas rendah dan menurunkan atau menghilangkan zat anti nutrisi (Hidayat, 2010). Mikroorganisme berperan dalam menentukan keberhasilan suatu fermentasi. Untuk keberhasilan suatu fermentasi diperlukan mikroorganisme yang memiliki beberapa keunggulan (Said, 1987).

Salah satu jamur yang memiliki kemampuan dalam proses fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir paling populer dalam pengolahan makanan seperti roti, tape, dan minuman beralkohol (Ramona, dkk., 2006). Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan kandungan nutrisi dan kandungan HCN limbah³ padat bioetanol yang difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Universitas Padjadjaran, Laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak Fakultas Peternakan Padjadjaran dan Laboratorium Pangan Universitas Pasundan. Penelitian berlangsung pada bulan April sampai bulan Oktober 2012.

Bahan yang digunakan yaitu Limbah padat pengolahan bioetanol dari singkong, Biakan murni *Saccharomyces cerevisiae*, PDA (*Potato Dextrose Agar*), PDB, CMC (*Carboxymethyl Cellulose*), NaCl, larutan Iodin, Alkohol 70%, Aquades, spirtus.

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan 3 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Adapun perlakuannya yaitu limbah tanpa fermentasi dan 3 substrat yang difermentasi selama 7 hari dengan dosis inokulum (D) masing-masing $D_1 = 2g$, $D_2 = 3g$ dan $D_3 = 4g$;

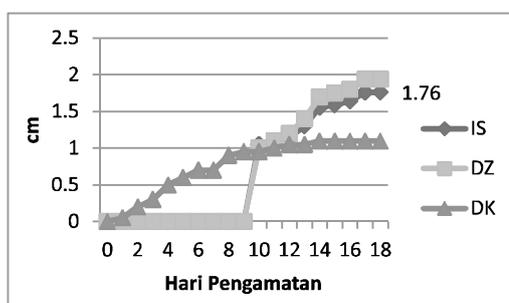
Parameter yang diamati adalah jumlah mikroba dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), kandungan HCN dengan metode Destilasi AOAC (*Association of Official Agricultural Chemists*) (1990) dan kandungan gizi produk fermentasi yaitu protein dan serat kasar melalui analisis proksimat. Data yang diperoleh dianalisis dengan Sidik Ragam dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (Gaspersz, 1989).

Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh Uji Aktivitas Enzim Selulase dan Uji Aktivitas

(1) Uji Aktivitas Selulase

Pengaruh aktivitas enzim selulase terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* terjadi selama 18 hari diperoleh rasio Indeks Selulase (IS) seperti disajikan pada gambar 1. Terlihat nilai rasio IS pada hari ke-10 dengan diameter zona bening (DZ) sebesar 1 cm dan diameter koloni (DK) sebesar 0,95 cm setelah diberi larutan kongored, kemudian mengalami kenaikan pada hari selanjutnya dan berhenti tumbuh pada hari ke-18 dengan rasio 1,76 cm.



Gambar 1. Grafik Uji Aktivitas Selulase

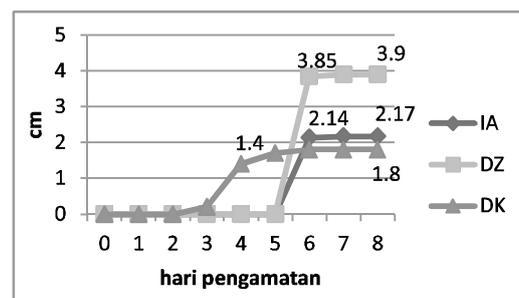
Menurut Ambriyanto (2010), luas zona bening tergantung pada konsentrasi CMC dan/atau agar yang digunakan. Semakin banyak CMC dan/atau agar yang

digunakan semakin tinggi kepadatan medium. Semakin tinggi konsentrasi agar, semakin kecil pori-pori medium sehingga enzim selulase yang disekresikan lebih sulit melewati pori-pori tersebut dan mengakibatkan terhambatnya proses degradasi.

(2) Uji aktivitas Amilase

Pengaruh aktivitas enzim amilase terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* terjadi selama 8 hari, diperoleh rasio IA seperti disajikan pada gambar 2. Terlihat nilai rasio IS pada hari ke-6 dengan diameter zona bening sebesar 3,85 cm dan diameter koloni sebesar 1,8 cm setelah diberi larutan Iodin, kemudian mengalami kenaikan pada hari selanjutnya dan berhenti tumbuh pada hari ke-8 dengan rasio 2,16 cm.

Diameter zona bening umumnya berukuran lebih besar dibandingkan dengan diameter koloni. Hal ini menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* memberikan pengaruh terhadap kenaikan aktivitas enzim amilase.



Gambar 2. Uji Aktivitas Amilase

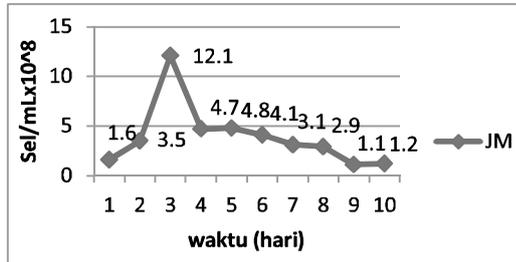
Pada pengamatan aktivitas enzim amilase terlihat pada (gambar 2.) pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* menunjukkan bahwa lama waktu inkubasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim. Aktivitas enzim mulai tumbuh pada hari ke-3 dengan diameter koloni sebesar 0,2 cm dan pada hari ke-6 tampak pertumbuhan diameter zona bening yang tinggi sebesar 3,85 cm dan diameter koloni 1,7 cm.

Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* dalam mendegradasi enzim amilase hanya sedikit berperan aktif, disebabkan *Saccharomyces cerevisiae* lebih menyukai substrat yang mengandung karbohidrat. Pada hari ke-8 aktivitas enzim mulai mengalami penurunan dengan rasio IA sebesar 2,16. Turunnya aktivitas enzim amilase menunjukkan adanya fase stasioner yang menyebabkan kecepatan pembelahan sel sama dengan kecepatan kematian sel.

2. Kurva Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

Pembuatan kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan untuk mengetahui umur dari kultur dengan tujuan untuk mendapatkan fase -

pertumbuhan inokulum yang paling tepat untuk proses fermentasi pakan dan suplemen herba. Karakter yang diharapkan dari inokulum adalah memiliki fase lag yang singkat dan mampu tumbuh dengan baik pada substrat yang akan digunakan. Kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* selama pengamatan dapat dilihat gambar 3.



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan

Fase eksponensial jamur *Saccharomyces cerevisiae* terjadi pada hari ke-2 hingga hari ke-3 hal ini ditandai dengan bertambahnya jumlah sel jamur yaitu $1,6 \times 10^8$ sel/mL hingga $12,1 \times 10^8$ sel/mL.

Saat awal inokulasi kultur *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan sedang berada pada kondisi optimum untuk pertumbuhan dengan tersedianya nutrisi yang dibutuhkan, sehingga pada fase tersebut, pengamatan peningkatan kadar biomassa sel dapat dengan mudah dilakukan karena pada fase tersebut *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh dengan membelah diri sehingga jumlahnya meningkat dengan cepat.

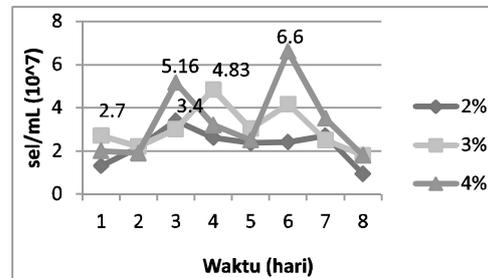
Fase stasioner jamur *Saccharomyces cerevisiae* pada perlakuan ini tidak terlihat dan diduga fase stasioner *Saccharomyces cerevisiae* berlangsung singkat yang terjadi sebelum hari ke-3, selain itu sesudah hari ke-3 jamur tersebut mengalami fase kematian hingga hari ke-10 yang menjadi indikasi kultur *Saccharomyces cerevisiae* akan memasuki fase kematian. Pada fase ini dihasilkan metabolit yang menghambat jasad renik untuk tumbuh (termasuk sel itu sendiri). Akan tetapi jumlah sel hidup masih lebih banyak dibanding sel mati (Fardiaz, 1992). Hal ini dibuktikan dengan jumlah sel jamur yang semakin menurun dari hari ke-4 hingga hari ke-10 yaitu $4,7 \times 10^8$ sel/mL hingga $1,2 \times 10^8$ sel/mL. Pertumbuhan mengalami penurunan yang menandakan mikroorganisme tidak lagi menambah jumlah biomassa. Hal ini disebabkan zat-zat nutrisi di dalam medium sudah sangat berkurang dan terdapat hasil-hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Fardiaz, 1988).

Dari pengamatan kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* didapatkan bahwa pertumbuhan tertinggi terjadi pada hari ke-3, sehingga inokulum yang paling baik digunakan untuk proses fermentasi pakan oleh *Saccharomyces cerevisiae* adalah kultur berumur 3 hari.

3. Jumlah Mikroba pada Limbah padat Bioetanol Hasil Fermentasi

Fermentasi limbah padat bioetanol dilakukan oleh jamur dengan konsentrasi starter 2%, 3%, dan 4%. Pada penelitian ini penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dan konsentrasi starter digunakan untuk menaikkan kadar protein kasar, menurunkan serat kasar dan asam sianida (HCN) yang terdapat pada

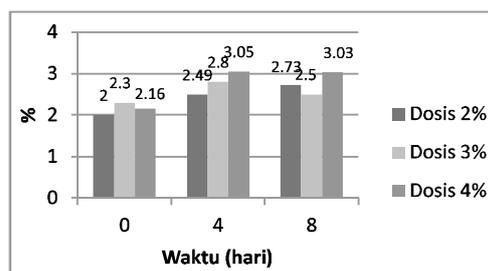
limbah padat bioetanol. Proses fermentasi menyebabkan jumlah mikroorganisme dan kegiatan metabolisme meningkat (Saono, 1976). Oleh karena itu, dalam proses fermentasi perlu dilakukan perhitungan jumlah sel mikroba, sehingga kemampuan tumbuh jamur pada substrat limbah padat bioetanol dapat diketahui. Perhitungan jumlah sel jamur dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC) setiap 24 jam selama 8 hari.



Gambar 4. Total jumlah mikroba

Gambar 4. memperlihatkan bahwa dosis mempengaruhi pertumbuhan mikroba dimana dosis 2% jumlahnya di bawah 3% dan dosis 4% di atas dosis yang lain, artinya bahwa jumlah dosis yang besar menyebabkan jumlah sel yang banyak. Kurva pertumbuhan jamur *Saccharomyces cerevisiae* pada saat fermentasi menunjukkan bahwa fase pertumbuhan jamur tertinggi pada hari ke-6 dosis 4% dengan jumlah sel yaitu $6,6 \times 10^8$ sel/mL, pada konsentrasi awal starter dosis 3% terlihat pertumbuhan jamur lebih aktif tumbuh yaitu $2,7 \times 10^8$ sel/mL diikuti dengan pertumbuhan jamur pada dosis 4% dan 2% yang juga aktif dengan jumlah sel yaitu $2,03 \times 10^8$ sel/mL dan $1,3 \times 10^8$ sel/mL. Pertumbuhan jamur *Saccharomyces cerevisiae* pada konsentrasi 4% terlihat pertumbuhan jamur lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan pada konsentrasi 3% dan 2%.

- Kadar Protein Limbah Padat Bioetanol Hasil Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* Setelah dilakukan fermentasi, diketahui bahwa kadar protein kasar limbah bioetanol pada setiap dosis mengalami peningkatan yang hampir sama jika dibandingkan dengan kadar protein kasar pada limbah padat bioetanol sebelum difermentasi. Peningkatan kadar protein kasar bervariasi dari 2% - 3.05% (gambar 5.) Selain itu juga diketahui bahwa kadar protein kasar pada limbah bioetanol hasil fermentasi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi.



Gambar 5. Rata-rata Kadar Protein Kasar (%) Limbah Bioetanol Hasil Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*

Hasil analisis sidik ragam (tabel 1.) menunjukkan tidak ada interaksi antara dosis dengan hari dimana f hitung 0,763 lebih kecil daripada Ftabel 2,93 atau nilai p (0,563) > 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa dosis dan hari tidak saling mempengaruhi. Sementara itu, untuk faktor dosis juga sama menunjukan tidak berbeda nyata, Fhitung (1,590) lebih kecil dari Ftabel 3,55 atau p (0,231) > 0,05, sedangkan faktor hari memberikan pengaruh terhadap kandungan protein Fhit > Ftabel (6,814 > 3,55) dengan nilai p (0,006) lebih kecil dari 0,05. Selanjutnya untuk menguji perbedaan hari dilakukan uji Duncan yang disajikan pada tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa lama hari semakin meningkatkan kandungan protein.

Tabel 1. Analisis sidik ragam Pengaruh Dosis dan Lamanya Fermentasi terhadap Kadar Protein Kasar

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	DB	Kuadrat Tengah (Galat)	Fhit.	Sig. (0,05)
Dosis	0.525	2	0.262	1.590	0.231
Hari	2.248	2	1.124	6.814	0.006
Dosis * Hari	0.503	4	0.126	0.763	0.563
Galat	1.970	18	0.165		
Total	6.246	26			

Tabel 2. Uji Jarak berganda Duncan Pengaruh Lamanya hari Fermentasi terhadap Kadar Protein Kasar

Lamanya Fermentasi (hari)	Rataan kandungan protein (%)	Signifikasi 0,05
0	2,15	a
4	2,78	b
8	2,75	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05\%$ Uji Jarak berganda Duncan.

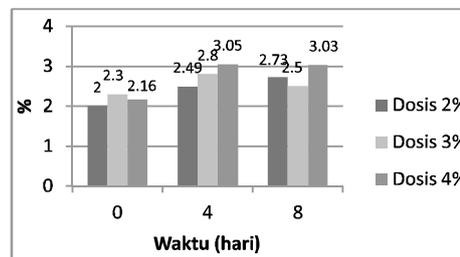
Tidak berbedanya dosis terhadap jumlah protein karena substrat yang digunakan adalah sama sehingga menghasilkan peningkatan jumlah protein yang sama. Disamping itu *Saccharomyces cerevisiae* adalah jamur yang dominan memfermentasi pada karbohidrat, sedangkan protein tidak banyak dirombak adapun pemanfaatannya hanya untuk pertumbuhan.

Lama fermentasi berpengaruh terhadap peningkatan protein disebabkan proporsi protein meningkat akibat menurunkan karbohidrat karena difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*, disamping itu juga *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh dan memberikan sumbangan protein.

5. Serat kasar Limbah Padat Bioetanol Hasil Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*

Serat kasar limbah bioetanol pada setiap dosis mengalami peningkatan yang hampir sama dan dibandingkan dengan kadar serat kasar pada limbah

bioetanol sebelum difermentasi. Terlihat pada (gambar 5.) kadar serat kasar bervariasi dari 2,12% - 2,36% setelah fermentasi. Selain itu juga diketahui bahwa kadar serat kasar pada limbah bioetanol hasil fermentasi secara umum mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi, meskipun pada dosis 3% cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 5. Rata-rata Kadar Serat Kasar (%) Limbah Bioetanol Hasil Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*

Hasil analisis sidik ragam (tabel 3.) menunjukkan tidak ada interaksi antara dosis dengan hari dimana fhitung 0,138 lebih kecil dari Ftabel 2,93 atau nilai p (0,294) > 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa dosis dan hari tidak saling mempengaruhi terhadap persentase serat kasar. Sementara itu untuk faktor dosis juga sama menunjukkan tidak berbeda nyata, fhitung (0,130) lebih kecil dari ftabel 3,55 atau p(0,879) > 0,05, sedangkan faktor hari juga tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan serat kasar Fhit < Ftabel (1,543 < 3,55) dengan nilai p (0,241) lebih besar dari 0,05.

Tabel 3. Analisis sidik ragam Pengaruh Dosis dan Lamanya Fermentasi terhadap Serat Kasar

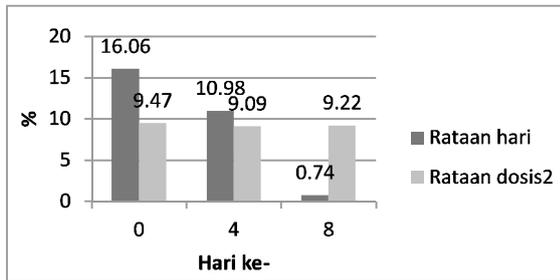
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	DB	Kuadrat Tengah	Fhit	Sig.0.05
Dosis	0.027	2	0.013	0.130	0.879
Hari	0.318	2	0.159	1.543	0.241
dosis * hari	0.552	4	0.138	1.338	0.294
Galat	1.855	18	0.103		
Total	2.751	26			

Tidak adanya perbedaan nyata pengaruh perlakuan baik dosis maupun lama fermentasi (hari) disebabkan jamur *Saccharomyces cerevisiae* lebih memilih pati untuk sumber energi dibandingkan serat, meskipun jamur tersebut juga menghasilkan enzim selulase. Menurut Uum umayah (2008), bahwa *Saccharomyces cerevisiae* selama proses fermentasi akan menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi karbohidrat dalam substrat.

6. Kandungan HCN Limbah Padat Bioetanol Hasil Fermentasi

Setelah dilakukan fermentasi, diketahui bahwa kadar HCN pada limbah bioetanol pada setiap dosis mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kadar HCN sebelum difermentasi.

Penurunan selama fermentasi dari 16,06% menjadi 0,74% setelah fermentasi (gambar 6). Selain itu juga diketahui bahwa kadar HCN pada limbah bioetanol hasil fermentasi mengalami penurunan seiring lamanya waktu fermentasi.



Gambar 6. Rata-rata Kadar HCN (%) Limbah Bioetanol Hasil Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*

Hasil analisis sidik ragam (tabel 4) menunjukkan tidak ada interaksi antara dosis dengan hari dimana F_{hitung} 0,233 lebih kecil dari F_{tabel} 2,93 atau nilai p (0,448) > 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa dosis dan hari tidak saling mempengaruhi terhadap kadar HCN. Sementara itu untuk faktor dosis juga sama menunjukkan tidak berbeda nyata, dengan F_{hitung} (0,130) lebih kecil dari F_{tabel} 3,55 atau p (0,879) > 0,05, sedangkan faktor hari sangat berpengaruh terhadap kadar HCN, dengan F_{hitung} > F_{tabel} (22,82 < 3,55) dengan nilai p (0,000) lebih kecil dari 0,01. Selanjutnya untuk menguji perbedaan hari dilakukan uji Duncan yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 4. Analisis sidik ragam Pengaruh Dosis dan Lamanya Fermentasi terhadap HCN

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	DB	Kuadrat Tengah	Fhit	Sig. 0,05
Dosis	0.673	2	0.337	1.402	0.272
Hari	1095.928	2	547.964	22.82	0.000
dosis * hari	0.931	4	0.233	0.970	0.448
Galat	4.323	18	0.240		
Total	3417.826	27			

Tabel 5. Uji Jarak berganda Duncan Pengaruh lamanya Fermentasi terhadap Kadar HCN

hari	Rataan kandungan HCN (%)	Signifikansi 0,01
8	0,74	c
4	10,98	b
0	16,06	a

Interaksi yang tidak berbeda nyata akibat dari masing-masing faktor perlakuan tidak saling mempengaruhi sedangkan dosis yang juga tidak berbeda nyata diduga HCN didegradasi dalam proporsi yang sama akibat kemampuan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam mendegradasi HCN terbatas.

Pencucian dan pengukusan maupun pengeringan dapat mengurangi kadar HCN, karena sifat HCN

yang mudah menguap dan larut dalam air (Antari, 2009).

Simpulan

1. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim selulase dengan diameter koloni (1 cm) dan diameter zona bening (1,94 cm). Enzim Amilase menghasilkan diameter koloni (1,8 cm) dan diameter zona bening (3,85 cm).
2. Kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* menunjukkan waktu optimum pada hari ke tiga sebesar $12,1 \text{ sel/mL} \times 10^8$. Populasi mikroba ketika difermentasi pertumbuhan mikroba tertinggi pada hari ke-6 dengan dosis 4% dengan jumlah sel yaitu $6,6 \times 10^8 \text{ sel/mL}$ diikuti dosis 3 % dan 2 % dengan jumlah sel yaitu $4,8 \times 10^8 \text{ sel/mL}$ dan $3,4 \times 10^8 \text{ sel/mL}$.
3. Hasil fermentasi menunjukkan peningkatan kadar protein kasar bervariasi dari 2% - 3,05% dan kandungan kadar serat kasar bervariasi dari 2,12% - 2,36% setelah fermentasi dengan dosis terbaik 2% dan lamanya fermentasi 4 hari sedangkan kandungan kadar HCN sebelum difermentasi 16,06% setelah difermentasi mengalami penurunan menjadi 0,74% dengan dosis terbaik 2% dan lama fermentasi 8 hari.

Daftar Pustaka

- Antari, Risa dan Umiyah, Uum. 2009. *Pemanfaatan tanaman ubi kayu dan limbahnya secara Optimal sebagai pakan ternak ruminansia*. Grati, Pasuruan 67184
- Ambriyanto, 2011. *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa Dari Serasah Daun Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum Schaum*)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- AOAC. 1990. *Official Methods OF Analysis Agricultural Chemical Contaminant Drugs*. Washington DC: Association of Official Agricultural Chemists, Inc.
- Djunaidi, I.H. Natsir, M.H. Hardini, D. Tastra, I.K. Fatah, G.S.A. 2002. *Pengembangan Fermentor untuk Pengembangan bahan Pakan nonkonvensional dalam rangka Menunjang Ketersediaan bahan Pakan*. Jurnal Ilmu-ilmu Hayati 14 (2).
- Fardiaz, S. 1989. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor dan Lembaga Sumberdaya Infermasi. Bogor: IPB
- Hidayat, N., M. C. Padaga dan S. Suhartini, 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi, Yogyakarta.
- Ramona, P., Capece, A., and Jespersen, L. 2006. *Taxonomic an Ecological Diversity of Food and Beverage Yeast. Dalam Querol, A and Fleet, G. (penyunting) Yeasts in Foot and Beverage*. Berlin:Springer-Verlag.
- Said, G. E. 1987. *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Hidayat, N., M. C. Padaga dan S. Suhartini, 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi, Yogyakarta.
- Salmah. 2004. *Analisa Pertumbuhan Mikroba Pada Fermentasi*. USU Digital Library Melalui <http://library.usu.ac.id/modelus.php?op=modload&name=Do_nload&file=index&lid=943> [19 April 2011]
- Suryani, Y. 2012. *Effort of Increasing Production of Livestock Feed out of Cassava Waste by Identifying the more Suitable Cellulotic Degrading Fungi*. Asian Journal of Agriculture and Rural Development 2:329-336.
- Widowati, S. dan Misgiyarta. 2003. *Efektifitas Bakteri Asam Laktat (BAL) dalam Pembuatan Produk Fermentasi Berbasis Protein/Susu Nabati*. Prosiding Seminar hasil Penelitian Rintisandan Bioteknologi Tanaman. Melalui <http://www.indobiogen.or.id/>.