

## PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU GALAM (*Melaleuca cajuputi* Powell) MENJADI BIOETANOL SUMBER ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN

*Utilization of Galam Wood Saw Waste (*Melaleuca cajuputi* Powell) Become A Bioethanol of Renewable Energy Sources*

**Darmaji, Noor Mirad Sari, dan Yuniarti**

Jurusan Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

**ABSTRACT.** Along with the increasing population in Indonesia by 1.49% per year according to the central minister of National Population and Family Planning Agency (BKKBN), and depletion of some fuels such as petroleum is expected to experience criticality in less than 10 years, natural gas is 30 years, and coal will spent around 50 years, then alternative energy sources are needed to support the need for energy, one of which is to convert biomass into bioethanol. Natural resources in Indonesian are abundant including microorganisms is very possible to make use of biomass into bioethanol, which until now has not been optimally developed. The purpose of this study was to examine the volume bioethanol produced from yeast fermentation process and galam wood sawdust and to determine the effect of yeast addition variation and fermentation time on the volume bioethanol produced from galam sawdust waste (*Melaleuca cajuputi* Powell). This study uses sawdust galam sawdust as a substrate with treatment (A) = the amount of yeast addition and (B) = the length of fermentation time. The parameters observed in this study are the volume of bioethanol from variations in the number of yeast additions and the length of fermentation time of sawdust sawdust. The results showed the volume value of ethanol produced from the sawn fermentation process of galam wood (*Melaleuca cajuputi* Powell) ranged between 3.973 - 7.863 ml.

**Keywords:** *Melaleuca cajuputi* Powell; Fermentation Time; Volume of Bioethanol

**ABSTRAK.** Seiring dengan bertambahnya penduduk di Indonesia sebesar 1,49% pertahun menurut menteri Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) pusat, serta menipisnya beberapa bahan bakar seperti minyak bumi diperkirakan akan mengalami kekritisasi dalam waktu kurang dari 10 tahun, gas bumi 30 tahun, dan batubara diperkirakan habis sekitar 50 tahun, maka diperlukan sumber energi alternatif sebagai penunjang kebutuhan energi salah satunya dengan mengkonversi biomassa menjadi bioetanol. Sumber alam hayati di Indonesia yang berlimpah termasuk jenis mikroorganisme sangat memungkinkan untuk memanfaatkan biomassa menjadi bioetanol, yang sampai saat ini belum berkembang secara optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji volume bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi ragi dan serbuk gergaji kayu galam serta mengetahui pengaruh variasi penambahan ragi serta lamanya waktu fermentasi terhadap volume bioetanol yang dihasilkan dari limbah serbuk gergaji kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell). Penelitian ini menggunakan limbah gergaji serbuk kayu galam sebagai substrat dengan perlakuan (A) = banyaknya penambahan ragi dan (B) = lamanya waktu fermentasi. Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu volume bioetanol dari variasi banyaknya penambahan ragi dan lamanya waktu fermentasi limbah gergaji serbuk kayu galam. Hasil penelitian menunjukkan nilai volume bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serbuk gergaji kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell) berkisar antara 3,973 – 7,863 ml.

**Kata kunci:** *Melaleuca cajuputi* Powell; Waktu Fermentasi; Volume Bioethanol

**Penulis untuk korespondensi, surel :** [aji.darmaji0661@gmail.com](mailto:aji.darmaji0661@gmail.com)

### PENDAHULUAN

Sumber daya alam hayati yang terdapat di Indonesia termasuk jenis mikroorganisme sangat memungkinkan dalam pemanfaatan biomassa menjadi bioetanol sebagai produk

energi baru terbarukan, yang sampai saat ini belum berkembang secara optimal. Bioetanol adalah etanol yang mengkonversi biomassa menjadi bioetanol merupakan teknologi yang mempunyai nilai ekonomi tinggi, karena dapat memanfaatkan bahan limbah sebagai bahan baku. Perlakuan

melalui penerapan bioteknologi, dengan memanfaatkan jenis mikroba sebagai penghasil enzim, diharapkan akan diperoleh teknologi yang ramah lingkungan dibandingkan dengan proses kimiawi yang selama ini banyak dilakukan (Anindyawati 2009). Ketersediaan produksi bioetanol nasional tahun 2006 dapat mencapai 200 juta liter, sedangkan kebutuhannya pada tahun 2007 diperkirakan mencapai 900 juta kiloliter (Surendro 2006). Rencana target produksi bioethanol 1% di Indonesia dari kebutuhan premium bersubsidi pada tahun 2010 sebesar 214.541 kiloliter/tahun, target sulit dicapai karena kapasitasnya hanya 100.000 kiloliter (Detikfinance 2009).

Meningkatkan perkembangan industri kayu, dimana kayu diolah menjadi produk dengan berbagai bentuk dan ukuran, Proses pengolahan kayu bulat dapat dihasilkan berbagai jenis limbah. Pemanfaatan limbah diperuntukan sebagai bahan bakar (Purwanto 2009). Limbah serbuk gergajian kayu yang terdapat di industri penggergajian kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi pembuatan bioetanol yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi alternatif. Pohon galam secara alami tersebar di Sumatera Selatan, Sulawesi Tengah, Bali, Irian jaya Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan (Masripatin, 2003).

Pembuatan bioetanol tersebut menggunakan jamur *Saccharomyces cerevisiae* dan serbuk gergaji kayu galam melalui proses fermentasi. Menurut Yunus (2009) Pemanfaatan potensi kayu galam perlu dilakukan karena galam termasuk jenis pohon cepat tumbuh dengan kandungan kimia yang dimiliki oleh kayu galam masing-masing selulosa 37 %, lignin 22,85 %, dan zat ekstraktif 4,58 % serta abu 0,92 %, diharapkan dapat memproduksi volume bioetanol yang tinggi. Salah satu parameter terpenting dalam mengkaji kelayakan suatu jenis kayu tertentu untuk dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol adalah aspek kandungan kimia kayu terutama kandungan selulosa yang terkandung didalam kayu dan memilih jenis kayu yang cepat tumbuh untuk mendapatkan volume produksi yang banyak dan berkelanjutan. Berdasarkan gagasan di atas penulis tertarik untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu galam sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dari bahan berligneselulosa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Unlam dan Laboratorium Proses Teknik Kimia Unlam Banjarbaru. Waktu penelitian dilaksanakan  $\pm$  4 bulan. Alat yang digunakan neraca analitik, hotplat, baskom, kertas saring, kertas lakmus universal, pipet tetes, toples, panci kukus, kain peras, sendok, corong, labu erlenmayer, gelas ukur berukuran 5ml dan 100ml, alat destilasi, saringan, stopwach, kertas stiker, karet gelang, penangangan listrik, gelas, termometer, alat dokumentasi, alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell) yang berasal dari Alalak, Kecamatan Banjarmasin Utara, ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*), larutan asam nitrat, daun pisang, aquades, urea, *handy clean*.

Prosedur penelitian ini mengacu kepada Susanto (2003) yang telah dimodifikasi yaitu: merendam masing-masing sampel dengan air ke dalam baskom selama 2 hari hingga serbuk kayu mengendap, meniriskan serbuk dalam keadaan basah, menjemur serbuk gergajian kayu galam, menyaring serbuk dengan menggunakan ayakan 40 dan 60 mesh, menimbang masing-masing sampel (serbuk gergaji kayu galam) seberat 50 g untuk 27 buah sampel dan ragi seberat 3 gram, 6 gram, dan 9 gram, masing-masing sebanyak 9 kali, membungkus serbuk dengan daun pisang dan mengukus serbuk pada suhu kurang lebih 100°C selama 30 menit, mendinginkan serbuk/sampel, kemudian memasukkan serbuk kayu ke dalam baskom dan memberikan larutan asam nitrat sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 100%, mengaduk sampel selama 5 menit hingga rata dan mencampurkan aquades 250 ml ke dalam sampel untuk pengenceran sambil terus diaduk, menyiapkan alat penyaring yaitu kertas saring, corong dan gelas, menyaring sampel, secara berulang-ulang hingga sampel menghasilkan warna air yang bening (pH 3-4) dengan menggunakan kertas lakmus universal, mendinginkan sampel selama 15 menit, lalu memindahkan sampel ke daun pisang yang baru, menaburkan ragi (yang sudah dihaluskan) pada sampel A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, dan A<sub>3</sub> dengan berat ragi masing-masing 3g, 6g, dan 9 g, membungkus serbuk kayu dengan daun pisang dan mengikatkannya

dengan karet gelang lalu memasukkannya ke dalam wadah (toples) dan menutupnya dengan rapat, menyimpan masing-masing sampel ke dalam toples dengan variasi lamanya waktu (2 hari untuk 3 buah sampel B<sub>1</sub>, 4 hari untuk 3 buah sampel B<sub>2</sub>, 6 hari untuk 3 buah sampel B<sub>3</sub>), melakukan ulangan sebanyak 3 (tiga) kali sehingga didapatkan 27 buah sampel untuk semua perlakuan, setelah melewati waktu yang ditentukan, mencampurkan air sebanyak 100 ml ke dalam sampel dan dibiarkan selama 24 jam untuk persiapan destilasi, memeras sampel hingga didapatkan sampel cair (air dan etanol) dan memasukkannya ke dalam labu godok, mendestilasi larutan sampel yaitu dengan tujuan untuk memisahkan antara air dan etanol.

Analisis data yang digunakan untuk menghitung jumlah volume etanol (ml) dan kadarnya (%) dengan cara yang dikemukakan oleh (Perrin dan Armarego, 1986) yaitu dengan menggunakan rumus:

Jumlah Volume Biotanol  
Volume Biotanol

$$= \frac{95,5}{100} \times \text{Hasil Destilasi (ml)}$$

Dimana

95,5% = kadar alkohol pada titik azeotropik

Data hasil pengujian dianalisis terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian normalitas data menurut prosedur Kolmogorov-Smirnov dan juga uji Homogenitas data menurut prosedur Bartlett. Jika data hasil pengujian sudah dalam bentuk normal dan homogen, maka dapat dilanjutkan dengan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variable yang diteliti (nilai pengurangan berat). Analisis keragaman dapat dilihat pada Tabel 1 (Hanafiah 2014).

Tabel 1. Analisis Keragaman Rancangan Acak Lengkap dengan Pola Faktorial

Sumber keragaman	Derajat Bebas	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5 %	1 %
Perlakuan	(ab - 1)	JKP	KTP	KTP/KTG		
Faktor A	(a - 1)	JKA	KTA	KTA/KTG		
Faktor B	(b - 1)	JKB	KTB	KTB/KTG		
A x B	(a - 1) (b - 1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTG		
Galat	(r - 1) (a . b)	JKG	KTG			
Total	(nab - 1)	JKT				

Keterangan:

$$FK = \frac{\sum(Y_{..})^2}{Tr}$$

$$JKT = \sum(Y_{ij})^2 - FK$$

$$JKP = \frac{\sum(Y_{i.})^2}{r} \times FK$$

$$JKG = JKT - JKP$$

keterangan:

FK = Faktor Koreksi

JKP = Jumlah Kuadrat Perlakuan

JKG = Jumlah Kuadrat Galat

JKT = Jumlah Kuadrat Tengah

KTP = Kuadrat Tengah Perlakuan

KTG = Kuadrat Tengah Galat

Catatan :

F Hitung > F Tabel (5 %) = Berpengaruh Nyata \*

F Hitung > F Tabel (1 %) = Berpengaruh Sangat Nyata \*\*

F Hitung < F Tabel (5 %) = Tidak Berpengaruh Nyata.

Percobaan ini jika terdapat pengaruh perlakuan terhadap variable yang diteliti, maka terhadap faktor perlakuan yang berpengaruh tersebut perlu diuji dengan uji lanjutan untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan. Uji lanjutan yang digunakan didasarkan pada nilai koefisien keragaman (KK) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hanafiah 2014).

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{Y} \times 100 \%$$

keterangan :

KK = Koefisien Keragaman (%)  
 KT Galat = Kuadrat Tengah Galat  
 $\mu$  = Rata-rata seluruh data percobaan.

Alternatif uji lanjutan yang digunakan setelah mengetahui koefisien keragaman adalah

1. Jika Koefisien Keragaman besar (minimal 10 % pada kondisi homogen atau minimal 20 % pada kondisi heterogen), uji lanjutan yang sebaiknya digunakan adalah Uji Duncan

2. Jika Koefisien Keragaman sedang (antara 5 - 10 %) pada kondisi homogen atau antara 10 - 20 % pada kondisi heterogen), uji lanjutan yang sebaiknya digunakan adalah Uji Beda Nyata Terkecil
3. Jika Koefisien Keragaman kecil (maksimal 5 % pada kondisi homogen atau maksimal 10 % pada kondisi heterogen), uji lanjutan yang sebaiknya digunakan adalah Uji BNJ (Beda Nyata Jujur).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume Bioetanol

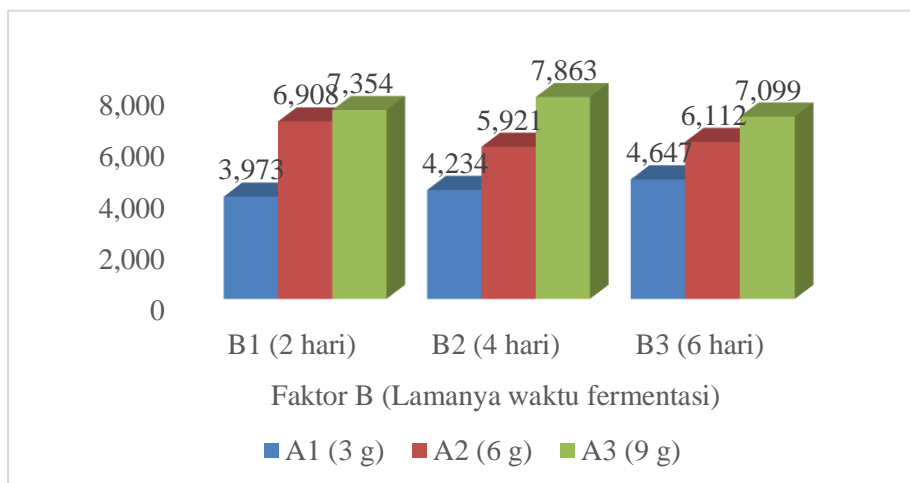
Hasil penelitian tentang volume bioetanol dari fermentasi kayu galem (*Melaleuca cajuputi* Powell) dengan banyaknya ragi yang diberikan sebesar 3 gram, 6 gram, dan 9 gram dan waktu untuk proses fermentasi selama 2 hari, 4 hari, dan 6 hari. Data rata-rata hasil pengujian volume etanol (ml) dan lamanya waktu fermentasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Volume etanol (ml) hasil fermentasi gergaji serbuk kayu galem (*Melaleuca cajuputi* Powell)

Faktor A (Banyaknya ragi)	Faktor B (Lamanya waktu fermentasi)			Rata-rata
	B1 (2 hari)	B2 (4 hari)	B3 (6 hari)	
A1 (3 g)	<b>3,973</b>	4,234	4,647	4,287
A2 (6 g)	6,908	5,921	6,112	6,314
A3 (9 g)	7,354	<b>7,863</b>	7,099	7,438
Rata-rata	6,080	6,006	5,922	6,003

Volume bioetanol hasil fermentasi terbesar terdapat pada kombinasi perlakuan A<sub>3</sub>B<sub>2</sub> yaitu dengan nilai rata-rata 7,863 ml dan nilai rata-rata terkecil terjadi pada kombinasi perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> yaitu dengan nilai rata-rata 3,973 ml. Nilai rata-rata banyaknya hasil etanol pada faktor A (banyaknya ragi) terus meningkat dengan bertambahnya jumlah ragi yang diberikan. Pertambahan ragi sebanyak 9 gram dan waktu fermentasi selama 4 hari merupakan puncak

perkembangan mikrobial, karena pada fase ini mikroorganisme membelah dengan cepat, semua sel mempunyai kemampuan untuk berkembang biak dan tidak terdapat hambatan untuk pertumbuhannya sehingga dalam keadaan seperti ini mikrobial yang ada di dalam ragi jumlahnya akan semakin banyak di dalam substrat (Judoamidjojo *et al.*, 1989). Nilai rata-rata volume bioetanol dari fermentasi gergaji serbuk kayu galem dapat dilihat secara grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik volume etanol (ml) hasil fermentasi gergaji serbuk kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell)

Volume bioetanol dengan banyaknya ragi 3 gram terhadap lamanya waktu fermentasi menunjukkan pada waktu 2 hari hingga ke 6 hari terjadi peningkatan. Hal ini disebabkan pada perlakuan pertama jumlah cadangan makanan cukup untuk perkembangbiakan mikroba. Penggunaan variasi waktu yang semakin lama untuk fermentasi volume bioetanol akan semakin meningkat (Lieke 2007). Perlakuan kedua dengan banyaknya ragi 6 gram menunjukkan adanya penurunan pada hari ke 4 dan terjadi kenaikan pada hari ke 6. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan waktu optimal untuk proses fermentasi alkohol diperkirakan selama 48 jam (Kambini 2006). Perlakuan ketiga dengan jumlah ragi sebanyak 9 gram menunjukkan volume etanol mengalami peningkatan pada hari ke 4 kemudian terjadi penurunan pada hari ke 6. Tabel di atas diketahui volume bioetanol semakin meningkat sampai batas waktu tertentu dan kemudian terjadi penurunan. Menurut Lieke (2007) ini disebabkan pada waktu fermentasi 6 hari mikroba mengalami masih dalam fase pertumbuhan yang diperlambat dan mengalami fase kematian, sehingga aktifitas bakteri di dalam substrat untuk mengubah glukosa akan semakin menurun.

Terjadinya peningkatan nilai volume bioetanol yang dihasilkan pada faktor A disebabkan karena dengan semakin banyaknya ragi yang ditambahkan maka semakin banyak mikroba (khamir) memproduksi enzim-enzim untuk merombak glukosa menjadi etanol sebagai hasil metabolit primernya dan semakin cepat pula fase adaptasi yang dilalui atau dihadapi. Hal

ini diperkuat oleh pendapat Fardiaz (1988), bahwa faktor yang mempengaruhi lamanya fase adaptasi adalah medium dan lingkungan pertumbuhan, dan jumlah inoculum, dimana dengan jumlah sel awal yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi sehingga waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan sel dan pembentukan produk adalah semakin besar. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba salah satunya yaitu suhu karena jasad renik dapat beradaptasi pada suhu optimum, minimum, dan maksimum untuk pertumbuhannya. Hal ini disebabkan aktivitas enzim tidak dapat berfungsi pada suhu minimum dan di atas suhu maksimum, akan terjadi denaturasi enzim pada suhu yang terlalu tinggi, Waluyo (2007).

Hasil rata-rata volume etanol pada faktor B (waktu fermentasi) juga menunjukkan kenaikan dengan bertambahnya waktu fermentasi yang digunakan. Lamanya waktu fermentasi berpengaruh terhadap jumlah kadar etanol yang dihasilkan. Nilai rata-rata volume etanol yang dihasilkan pada faktor waktu fermentasi (faktor B) terlihat cenderung menurun dari waktu fermentasi yang diperlukan selama 6 hari. Peningkatan rata-rata banyaknya etanol yang dihasilkan pada faktor B ini karena dengan semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak pula waktu yang diperlukan oleh fase-fase pertumbuhan mikroorganisme untuk pertumbuhan sel dan pembentukan produk metabolismenya. Waktu pengunduhan yang lebih awal akan mempersingkat atau memutuskan fase-fase

pertumbuhan mikroorganismenya yang masih aktif sebelum fase kematian atau titik maksimal sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih sedikit, karena di fase pertumbuhan awal kecepatan membelahnya sel masih rendah dan sel baru selesai tahap penyesuaian diri. Pertumbuhan mikroba di dalam substrat dapat dipengaruhi oleh jumlah air yang tersedia, selain merupakan bagian terbesar komponen sel (70-80%), air juga dibutuhkan sebagai reaktan pada berbagai reaksi biokimia Waluyo (2007).

Pengaruh banyaknya ragi yang diberikan, waktu fermentasi, dan interaksi keduanya terhadap banyaknya etanol yang

dihasilkan, dapat diketahui dengan melakukan analisis sidik ragam, yang mana data-data tersebut telah dilakukan uji pendahuluan dengan menggunakan uji Liliefors dan uji Barlett untuk mengetahui kenormalan dan kehomogenan ragamnya. Hasil kedua uji pendahuluan ini menunjukkan bahwa data yang diperoleh menyebar normal dan homogen, dimana  $L_{max} = 0,0923$  lebih kecil dari  $L_{tabel} = 0,195$  dan  $X^2_{hitung} = 6,271$  lebih kecil dari  $X^2_{tabel} = 5,291$ . Hasil perhitungan analisis sidik ragam pada volume bioetanol hasil waktu fermentasi serbuk gergajian kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis sidik ragam volume etanol hasil fermentasi

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung		Ftabel	
						5%	1%
Perlakuan	8	2.24	0.28	6.57	**	2.51	3.71
Faktor A	2	0.00	0.00	0.04	tn	3.55	6.01
Faktor B	2	2.11	1.05	24.75	**	3.55	6.01
Interaksi AB	4	0.13	0.03	0.74	tn	2.93	4.58
Galat	18	0.77	0.04				
Total	26	3.00					

Keterangan: \*\* = Berpengaruh sangat nyata  
tn = Tidak berpengaruh nyata

Hasil analisis sidik ragam pada perlakuan faktor A (banyaknya ragi) tidak berpengaruh nyata terhadap banyaknya etanol sedangkan faktor B berpengaruh sangat nyata terhadap banyaknya etanol hasil fermentasi. Pengaruh tidak nyata pada faktor A diduga karena ketiga perlakuan yang masing-masing memiliki perbedaan sebanyak 3 gram, jumlah ragi yang diberikan dianggap sama sehingga tidak berpengaruh terhadap volume etanol yang dihasilkan. Faktor interaksi (AB) tidak berpengaruh nyata berarti dapat dikatakan

bahwa perlakuan penambahan ragi terhadap lamanya waktu fermentasi tidak berkorelasi karena dari data dapat dilihat lamanya waktu fermentasi tidak terjadi penambahan etanol yang dihasilkan. Untuk itu, perlu dilakukan uji lanjutan pada perlakuan faktor B untuk mengetahui pengaruh sederhana setiap faktor terhadap banyaknya etanol hasil fermentasi. Uji lanjutan yang digunakan yaitu uji lanjutan beda nyata terkecil (BNT) untuk nilai koefisien keragaman (KK) sebesar 8.48% seperti yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji beda nyata terkecil volume etanol dari fermentasi limbah gergajian serbuk kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell)

Perlakuan	Nilai tengah	Nilai beda	
		B3	B2
B3	2.73		
B2	2.51	0.22	
B1	2.06	0.67**	0.45*
BNT	5%	0.48	
	1%	0.35	

Keterangan : \*\* = berbeda sangat nyata  
\* = berbeda nyata

Hasil uji beda nyata terkecil pada perlakuan B2 yaitu banyaknya penambahan ragi 6 gram tidak berbeda nyata sedangkan pada perlakuan B1 penambahan ragi sebanyak 3 gram berbeda sangat nyata terhadap volume etanol yang dihasilkan memiliki nilai 0.67. Nilai uji beda nyata terkecil yang dihasilkan pada uji 5% sebesar 0.48 dan pada nilai beda nyata terkecil 1% sebesar 0.35. Semakin banyak jumlah ragi yang diberikan dengan variasi waktu kurang dari 6 hari maka semakin banyak hasil etanol yang dihasilkan. Pendapat ini diperkuat oleh penelitian Bastari (2013) tentang hasil bioetanol yang paling tinggi yaitu pada hari ke 6 yang merupakan puncak perkembangan mikrobia pada lamanya fermentasi terhadap kadar bioetanol dari limbah kulit pisang kepek dan kulit pisang raja. Volume etanol mempunyai kisaran nilai yang sangat berbeda, baik dari variasi penambahan ragi dan lamanya waktu fermentasi. Perbedaan tersebut dapat diakibatkan karena adanya penambahan ragi sebesar 3 gram dan variasi waktu fermentasi dengan perbedaan waktu selama 2 hari yang diharapkan dapat menjadikan efektivitas dan kecepatan pertumbuhan sel khamir di dalam suatu substrat untuk menghasilkan volume bioetanol dengan jumlah banyak.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai volume etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serbuk gergajian kayu galam (*Melaleuca cajuputi* Powell) berkisar antara 3,973-7,863 ml. Pemberian ragi terhadap variasi lamanya waktu fermentasi serbuk gergaji kayu galam tidak berpengaruh nyata dengan volume bioetanol yang dihasilkan

### Saran

Diperlukan adanya penelitian lanjutan mengenai substrat kayu yang berbeda dalam proses fermentasi yang memungkinkan hasil yang lebih baik dari spesies kayu lain yang memiliki selulosa yang tinggi dan kandungan lignin yang rendah, serta penelitian lanjutan yang mengarah ke bioteknologi dengan

pemanfaatan mikrobia dalam bidang pengolahan dan pemanfaatan limbah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anandyawati T. (2009). *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol* : Bogor. Pusat penelitian bioteknologi
- Bastari, A., Endro Sutrisno dan Sri Sumiyati. 2013. *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap*
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gaur, Kadambini. 2006. *Process Optimization For The Production of Ethanol Via Fermentation*. Deemed University. Patiala
- Hanafiah, K. A. 2014. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Edisi ke – 3. Jakarta Utara.: PT. Raja Grafindo Persada.
- Jodoamidjojo, R. M., E. G., Said dan L. Hartoto. 1989. *Biokonversi*. Bogor. Pusat Antar Universitas Bioteknologi
- Junaidi, A., B dan Rahmat Yunus. 2009. *Kajian Potensi Tumbuhan Galam (Melaleuca cajuputi Powell) untuk Bahan Baku Industri Pulp: Aspek Kandungan Kimia Kayu*. Program Studi FMIPA Unlam. Banjarbaru
- Perrin, D.D., and Armagero W, L. 1988. *Purification of Laboratory Chemicals*. Edisi III. Pergamon Press Ple. Oxford. United Kingdom.
- Purwanto Djoko. 2009. *Analisa Jenis Limbah Kayu pada Industri Pengolahan Kayu di Kalimantan Selatan*. Penelitian Baristand Industri Banjarbaru
- Riadi, Lieke. 2007. *Teknologi fermentasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Susanto E. 2003. *Pengaruh Variasi Penambahan Ragi dan Lamanya Waktu Fermentasi Terhadap Hasil Fermentasi Etanol dari Serbuk Gergajian Kayu Ilin (Eusideroxylon zwageri T et B)*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru. (skripsi)
- Waluyo L. 2007. *Mikrobiologi Umum*. UMM Press. Malang.