

PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN PENAMBAHAN JUMLAH RAGI TERHADAP KADAR BIOETANOL DARI LIMBAH MERANTI MERAH (*SHOREA LEPROSULA* MIQ)

The Effect of Fermentation Time and Addition of Yeast Amount on Bioethanol Levels from Waste Meranti Red (Shorea Leprosula Miq)

Akbar Khairu Juhda, Gusti Abdul Rahmat Thamrin, dan Rosidah Radam

Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. One of the most widely available lignocellulosic materials in Indonesia is red meranti wood sawdust. Most of the natural forests outside Java are dominated by stands of dipterocarpaceae, especially red meranti. This study calculates the content of bioethanol and bioethanol in the fermentation process, and how variable the amount and content of bioethanol from waste due to the addition of yeast and variations in the length of fermentation time. The collection and processing of data from the results of the study were recorded in an observation table associated with a factorial Completely Randomized Design (CRD) experiment using parameters such as yeast volume and fermentation time. Based on the results obtained, the amount of ethanol produced from the fermentation process of red meranti sawdust (*Shorea leprosula* Miq) obtained the largest yield of 9.104 ml and the smallest 2.419 ml, while for the ethanol content produced the largest yield was 10.889% and the smallest 3.541%. From the results of further testing, it was found that there was a significant effect between the AB interaction on the volume of ethanol produced, while the bioethanol content had a very significant effect on the AB interaction.

Keyword: Bioethanol; Meranti Merah; Bioethanol Volume; Bioethanol Content

ABSTRAK. Salah satu bahan lignoselulosa yang banyak tersedia di Indonesia adalah limbah serbuk kayu meranti merah. Sebagian besar hutan alam di luar Pulau Jawa didominasi oleh tegakan dipterocarpaceae, terutama meranti merah. Penelitian ini menghitung kandungan bioetanol dan bioetanol dalam proses fermentasi, dan bagaimana variabel jumlah dan kandungan bioetanol dari limbah akibat penambahan ragi dan variasi lama waktu fermentasi. Pengumpulan dan pengolahan data dari hasil penelitian dicatat dalam tabel observasi yang terkait dengan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan menggunakan parameter seperti volume ragi dan waktu fermentasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh, jumlah etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serbuk gergaji kayu meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) didapatkan hasil yang terbesar yaitu 9,104 ml dan yang terkecil 2,419 ml, sedangkan untuk kadar etanol yang dihasilkan didapatkan hasil yang terbesar yaitu 10,889% dan yang terkecil 3,541%. Dari hasil pengujian lanjutan, didapatkan hasil berupa adanya pengaruh nyata antara interaksi AB terhadap volume etanol yang dihasilkan sedangkan untuk kadar bioetanol memiliki pengaruh sangat nyata terhadap interaksi AB.

Kata Kunci: Bioetanol; Meranti Merah; Volume Bioetanol; Kadar Bioetanol

Penulis untuk korespondensi, surel: Akbar2897@gmail.com

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan energi bersih dan bahan bakar diperbaharui serta mengurangi penggunaan energi fosil (Suharto 2017). Dengan menerapkan ilmu bioteknologi, penghasil enzim seperti mikroba diharapkan akan menghasilkan teknologi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bioteknologi dengan penerapan ilmu kimia (Anindyawati 2009). Pada 2006 produksi etanol mencapai

200 juta liter, sedangkan pada 2007 diperkirakan kebutuhan dengan etanol akan mencapai 900 juta kiloliter (Surendro 2006)

Khusus di Indonesia, penggunaan bahan baku pertanian sebagai bahan baku etanol masih bersaing dengan kebutuhan utama manusia sebagai sumber pangan. Paradigma penggunaan bahan baku untuk produksi etanol mulai bergeser ke bahan lignoselulosa karena umumnya tersedia sebagai produk sampingan dan limbah dari pertanian dan kehutanan. Penggunaan bahan lignoselulosa sebagai

bahan baku produksi etanol dapat menekan biaya bahan baku. Salah satu bahan lignoselulosa yang paling umum di Indonesia adalah serbuk gergaji pohon meranti merah. Sebagian besar hutan alam selain Jawa didominasi oleh tegakan Dipterocarpaceae, khususnya Melanti Merah. Menurut Al Rasyid *et al* (1991), meranti memiliki curah hujan berkisar antara 2000 mm/tahun dan tersebar di dataran rendah serta iklim yang lembab.

Menurut pendapat Mahorjoeno (2005), limbah kayu lapis, limbah kayu dan limbah kayu penggajian merupakan salah satu potensi biomassa yang berasal dari kayuu. Limbah penggajian Limbah kayu meranti merah ini diharapkan dapat menghasilkan banyak bioetanol dengan adanya selulosa yang melimpah pada kayu meranti merah (Dea 2009). Proses perubahan serbuk gergaji menjadi etanol umumnya melalui tahap sakarifikasi dengan enzim atau asam kuat dan fermentasi selulosa (Hamelinck *et al.* 2004). Untuk proses pembuatan sebagai bioetanol, digunakan *saccharomyces cerevisiaae* dan limbah serbuk gergajian meranti merah dalam proses fermentasi. Jamur jenis ini sering digunakan untuk fermentasi karena tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan kadar alkohol yang tinggi pada suhu hingga 32°C (Kartika *et al.* 1992).

Salah satu bahan lignoselulosa yang banyak tersedia di Indonesia adalah limbah serbuk kayu meranti merah. Sebagian besar hutan alam di luar Pulau Jawa didominasi oleh tegakan *dipterocarpaceae*, terutama meranti merah. Jenis kayu ini banyak digunakan karena pada umumnya bentuk batangnya besar dan lurus serta mudah dikerjakan. Untuk manfaatnya sendiri kayu meranti merah banyak digunakan untuk kontruksi seperti untuk pintu, jendela, papan lantai, serta untuk pembuatan perahu. Selain itu meranti merah dapat digunakan sebagai papan partikel dan juga venir kayu.

Pemulihan bioetanol dapat berupa lubang gas, campuran bioetanol dan bensin yang mengandung bioetanol hingga 25%, dan dapat digunakan langsung pada mesin mobil berbahan bakar bensin tanpa modifikasi mesin. Hasil pengujian performa mesin kendaraan berbahan bakar bensin di gasohol, performa mesin gasohol E-10 (10% bioethanol) dan gasohol E-20 (20% bioethanol) lebih unggul dibandingkan premium dan setara Pertamina. Ketika dioperasikan pada mesin bensin, bahan bakar

ini mengeluarkan karbon monoksida (CO) dan senyawa hidrokarbon sederhana lainnya karena pembakaran tidak sempurna (oksidasi) pada tingkat yang lebih rendah daripada operasi bahan bakar tradisional (bensin). Hal ini disebabkan adanya etanol yang sudah mengandung sekitar 35% oksigen (O₂) yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran/oksidasi.

METODE PENELITIAN

Analisis Data

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan untuk proses fermentasi dan di Laboratorium Umum Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam untuk pengujian destilasi. Waktu penelitian dilakukan dalam rentang waktu ± 4 bulan, yang meliputi kegiatan persiapan, pengambilan dan pengujian ampel, pengolahan data, dan pembuatan laporan hasil penelitian.

Penelitian menggunakan bahan berupa serbuk kayu meranti merah yang berasal dari Desa Alalak, Kecamatan Banjarmasin Utara, Kalimantan Selatan. Proses fermentasi untuk menjadikan serbuk menjadi bioethanol menggunakan jamur *Saccharomyces cerevisiae* dan larutan HNO₃, serta pelarut aquadest. Alat yang digunakan berupa neraca analitik, hotplate, kertas saring dan lakmus, labu Erlenmeyer, gelas ukur, alat destilasi, dan beberapa alat laboratorium lainnya.

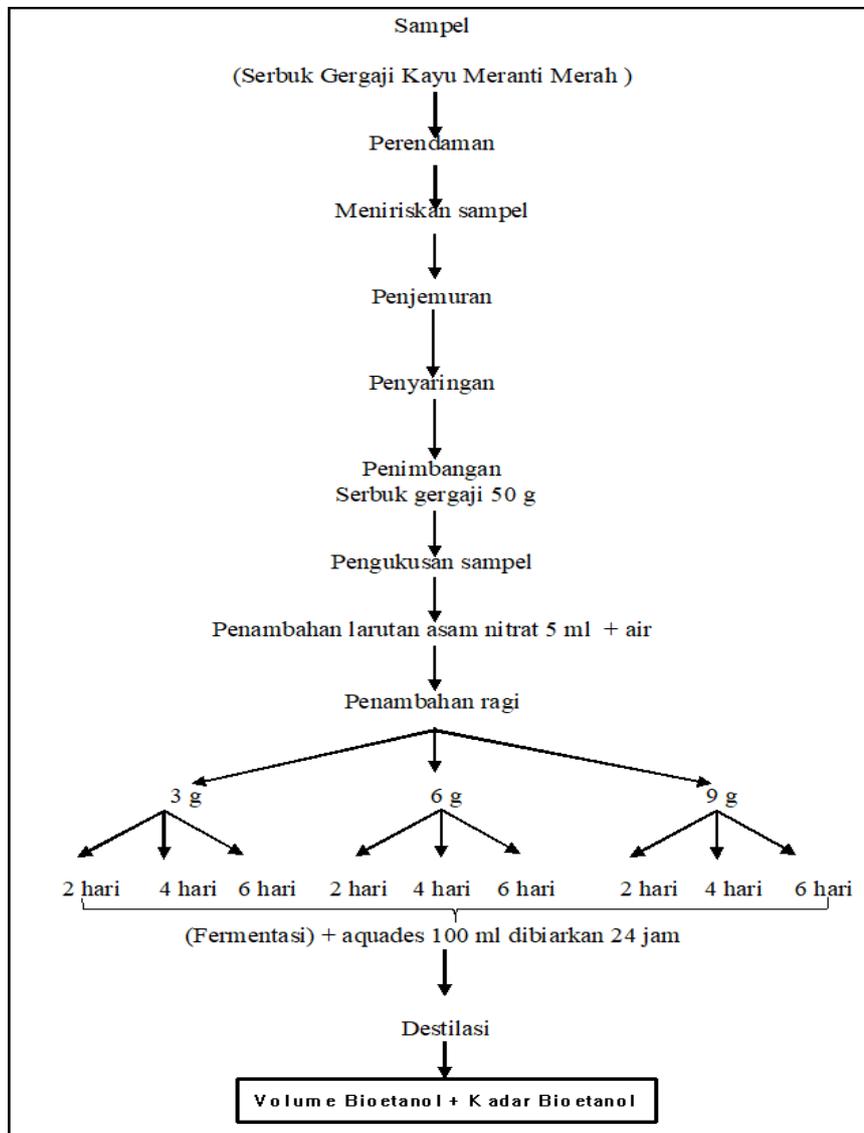
Penelitian ini menggunakan objek berupa serbuk gergajian meranti merah yang akan digunakan untuk pembuatan bioetanol. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Prosedur penelitian digambarkan melalui alur penelitian pada gambar 1. Prosedur ini juga mengacu pada penelitian Susanto (2003) yang mengamati variasi penambahan ragi dan waktu fermentasi pada kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri T et B*).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan mengacu pada Susanto (2003), proses yang pertama adalah melakukan perendaman serbuk meranti merah selama 2 hari menggunakan air, sampel yang sudah mengendap kemudian ditiriskan, setelah selesai ditiriskan sampel kemudian dijemur sampai sampel kering yang kemudian disaring

dengan menggunakan ayakan ukuran 40 dan 50 mesh, sampel yang sudah diayak halus kemudian ditimbang dengan berat masing-masing 50 gram sebanyak 27 sampel serta ragi dengan masing-masing berat 3 gram, 6 gram dan 9 gram sebanyak 9 kali, untuk prosesnya serbuk dibungkus dengan daun pisang dan dikukus pada suhu 100°C selama kurang lebih 30 menit, sampel kemudian didinginkan kemudian dimasukkan kedalam gelas beker lalu diberikan asam nitrat sebanyak 5 ml yang kemudian diaduk, sampel yang sudah diberikan asam nitrat kemudian disaring dengan kertas saring kemudian cek pH dengan menggunakan kertas lakmus, sampel yang nilai pH-nya sudah stabil kemudian dipindahkan Daun pisang yang baru ditaburi

ragi dengan berat masing-masing 3 gram, 6 gram, dan 9 gram, kemudian sampel dibungkus dengan daun pisang dan diikat dengan karet gelang masing-masing pada sampel A1, A2, dan A3. Sampel berikut ditempatkan dalam wadah, dan diperoleh 27 sampel dengan pengulangan sebanyak 3 kali dengan 3 sampel B1 selama 2 hari, 3 sampel B2 selama 4 hari, dan 3 sampel B selama 6 hari. Kemudian setelah perubahan waktu yang ditentukan, sampel ditambahkan 100 ml air, sampel didiamkan selama 24 jam, kemudian disuling, dan setelah 24 jam sampel disaring dengan kertas saring, labu Godok, dan akhirnya larutan didistilasi sampel yaitu dengan tujuan untuk memisahkan antara air dan etanol.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Menurut Perrin dan Armarego (1986), kedua pengamatan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2. Model umum pola faktorial rancangan acak lengkap oleh Hanfiah KA (2014). Model umum yang digunakan dapat dikonfirmasi dengan Persamaan 3.

$$\text{Volume Etanol} = \frac{95.5}{100} \times \text{Hasil Destilasi (ml)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\% \text{ Etanol} = \frac{\text{Volume Etanol}}{\text{Volume Hasil Pengunduhan}} \times 100\% \dots\dots (2)$$

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots\dots\dots(3)$$

Analisis Data

Pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian dicatat dalam tabel observasi yang berhubungan dengan Rancangan Acak lengkap (RAL) Rata-rata yang diperoleh sebelumnya diuji distribusi data (normalitas) dan uji keseragaman varians. Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas, dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi variabel yang diteliti, seperti terlihat pada Tabel 1. Mengetahui nilai beberapa unsur pada Tabel 1 dapat diperoleh dari persamaan berikut:

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

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

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

$$JKG = JKT - JKP$$

Tabel 1. Analisis Keragaman Rancangan Acak Lengkap (RAL)

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		
Interaksi						
A x B	(a - 1) (b - 1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTG		
Galat	(r - 1) (a . b)	JKG	KTG			
Total	(nab - 1)	JKT				

Uji lanjutan akan dilakukan tergantung dari hasil perhitungan koefisien keragaman (KK), yang dihitung berdasarkan rumus (Hanafiah KA, 2004), sebagai berikut:

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Bioetanol

Tabel 2. Volume Etanol (ml) Hasil Fermentasi Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Faktor (Banyaknya ragi)	A	Faktor B (Lamanya waktu fermentasi)			Rata-rata
		B1 (2 hari)	B2 (4 hari)	B3 (6 hari)	
A1 (3 g)		4,489	4,680	4,966	3,788
A2 (6 g)		4,457	5,507	6,462	5,528
A3 (9 g)		4,966	6,462	9,104	6,844
Rata-rata		4,711	5,575	5,974	5,387

Tabel 2 menunjukkan hasil uji rata-rata jumlah etanol (ml) untuk waktu fermentasi dan jumlah ragi. Hasil fermentasi terbaik diamati pada interaksi perlakuan A3B3, dengan rerata 9,104 ml, rerata terendah pada interaksi perlakuan A2B1, dengan rerata 4,457 ml. Hasil etanol rata-rata faktor A (jumlah ragi) meningkat. Saat dosis meningkat, ragi terus tumbuh. Penambahan 9 gram ragi dan 6 hari fermentasi merupakan puncak perkembangan mikroba. Pada tahap ini, mikroorganisme membelah dengan cepat dan semua sel dapat berkembang biak, dan peningkatan jumlah mikroorganisme ini tidak dapat dicegah. Ragi tumbuh besar pada substrat (Jodoamidjojo *et al.* 1989).

Peningkatan nilai jumlah etanol yang dihasilkan oleh faktor A adalah semakin banyak khamir yang ditambahkan, semakin banyak mikroorganisme (khamir) yang menghasilkan enzim yang mengubah glukosa menjadi etanol untuk metabolit primer, dan semakin cepat tahap adaptasinya. oleh fakta bahwa itu menjadi. Lulus atau dihadapi. Faktor yang mempengaruhi lamanya tahap adaptasi adalah media tumbuh dan lingkungan, jumlah inokulum, dan semakin banyak jumlah sel awal maka semakin cepat tahap adaptasi, sehingga perlu dilakukan adaptasi. Menurut pendapat Waluyo (2007), faktor lingkungan seperti suhu sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, karena mikroorganisme memiliki suhu minimum dan maksimum dalam proses pertumbuhannya.

Tabel 3 Analisis Sidik Ragam Volume Etanol Hasil Fermentasi

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	8	81,54	10,19	4,32 **	2.51	3.71
Faktor A	2	42,31	21,15	8,96 **	3.35	6.01
Faktor B	2	7,28	3,64	1,54 tn	3.35	6.01
Interaksi						
AB	4	31,95	7,99	3,38 *	2.93	4.58
Galat	18	42,50	2,36			
Total	26	124,038				

Dari analisis varians, pada perlakuan faktor A (jumlah ragi) memiliki pengaruh nyata terhadap jumlah bioetanol yang dihasilkan oleh proses fermentasi dari serbuk kayu meranti merah, sedangkan faktor B (durasi) tidak memiliki pengaruh terhadap banyaknya volume bioetanol yang dihasilkan dari proses

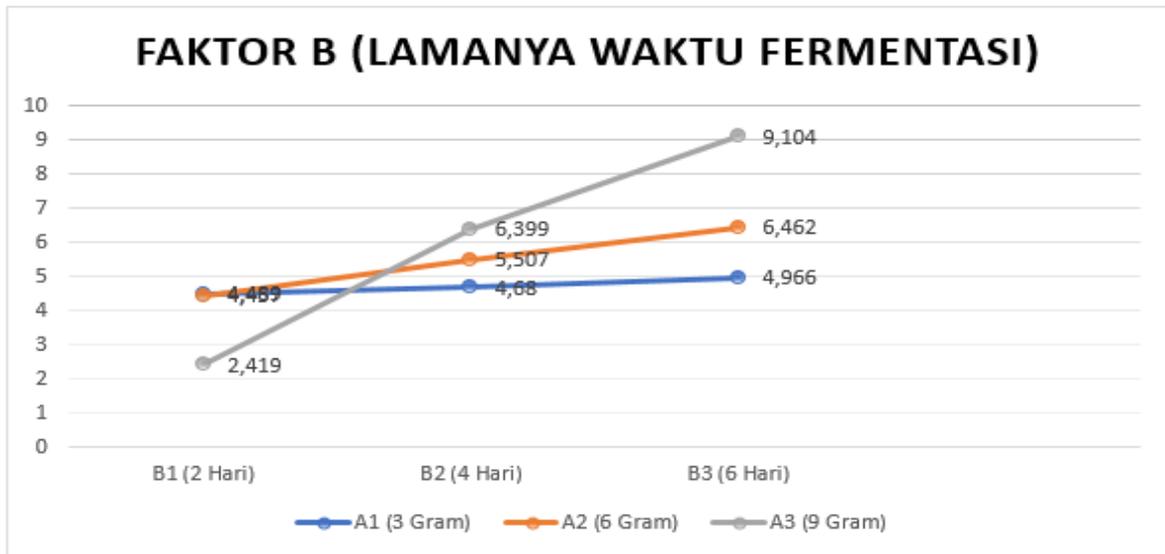
fermentasi serbuk gergaji meranti merah. Dari hasil yang didapat, diperlukan adanya pengujian lebih lanjut untuk melihat interaksi antara faktor A dan juga faktor B. Uji lanjut yang digunakan adalah uji Duncan dengan nilai koefisien keragaman (KK) 10%, yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Duncan Volume Etanol dari Fermentasi Limbah Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Perlakuan	Nilai Tengah	Nilai Beda								
		A3B3	A3B2	A2B3	A2B2	A3B1	A2B1	A1B1	A1B2	A1B3
A3B3	9,105									
A3B2	6,462	2,64**								
A2B3	6,399	2,71**	0,06							
A2B2	5,507	3,60**	0,95	0,89						
A3B1	4,966	4,14**	1,50**	1,43**	0,54					
A2B1	4,680	4,42**	1,78**	1,72**	0,83	0,29				
A1B1	4,489	4,62**	1,97**	1,91**	1,02*	0,48	0,19			
A1B2	4,457	4,65**	2,01**	1,94**	1,05*	0,51	0,22	0,03		
A1B3	2,420	6,69**	4,04**	3,98**	3,09**	2,55**	2,26**	2,07**	2,04**	
Duncan										
	5%	0,91	0,96	0,99	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	
	1%	1,25	1,31	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,44	

Hasil analisis uji beda Duncan menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara penambahan banyaknya ragi dan variasi waktu fermentasi. Tabel 4 menunjukkan hasil uji Duncan terhadap jumlah ragi yang ditambahkan dan fluktuasi waktu fermentasi. Berdasarkan hasil uji statistik tersebut, hipotesis pemberian ragi dan variabilitas waktu fermentasi memiliki pengaruh yang sangat jelas. Kisaran nilai

jumlah bioetanol sangat bervariasi tergantung pada jumlah ragi yang ditambahkan dan lamanya waktu fermentasi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penambahan 3 gram ragi dan variasi waktu fermentasi karena perbedaan waktu 2 hari. Hal ini meningkatkan efektivitas dan laju pertumbuhan sel ragi pada substrat untuk menghasilkan sejumlah besar bioetanol dan kadar bioetanol.



Gambar 2. Grafik Volume Etanol (ml) Hasil Fermentasi Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Dari grafik volume bioetanol yang didapat, masing-masing setiap perlakuan mengalami kenaikan yang cukup signifikan, yaitu pada perlakuan ragi 3 gram, ragi 6 gram dan ragi 9 gram. Dapat dilihat pada perlakuan ragi 3 gram mengalami kenaikan rata-rata volume bioetanol dari 4,489 ml sampai dengan 4,966 ml yang artinya didapatkan peningkatan sebesar 0,477 ml dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Selanjutnya pada perlakuan ragi 6 gram, mengalami peningkatan kadar bioetanol sebesar 2,005 ml dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Sedangkan untuk perlakuan 9 gram, terjadi kenaikan volume paling signifikan yaitu dengan kenaikan 6,685 ml dari variasi waktu 2 hari sampai dengan 6 hari. Hal ini dikarenakan cadangan makanan yang cukup pada proses fermentasi, selain itu juga faktor dari keadaan ruangan serta kandungan air juga sangat berpengaruh terhadap proses

fermentasi.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, jumlah etanol meningkat dengan setiap penambahan ragi dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Hal ini dikarenakan jumlah makanan yang disimpan cukup untuk pertumbuhan mikroorganisme. Dari tabel 2, ditunjukkan bahwa semakin lama waktu dalam proses fermentasi, maka semakin tinggi juga jumlah bioetanol yang dihasilkan (Lieke 2013). Jumlah air yang tersedia memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan mikroorganisme, karena air merupakan mayoritas (70-80%) dari komponen seluler dan juga membutuhkan air sebagai reaktan dari berbagai reaksi biokimia (jumlah air yang tersedia) (Waluyo 2007).

Kadar Bioetanol

Tabel 5. Kadar Bioetanol (%) Hasil Fermentasi Limbah Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Faktor A (Banyaknya ragi)	Faktor B (Lamanya waktu fermentasi)			Rata-rata
	B1 2 hari	B2 4 hari	B3 6 hari	
A1 3 g	7,746	6,504	3,541	5,930
A2 6 g	6,000	7,440	9,626	7,689
A3 9 g	6,381	7,440	10,889	8,236
Rata-rata	6,709	7,128	8,019	7,285

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian rata-rata untuk kandungan bioetanol (%), waktu fermentasi, dan kandungan ragi. Rata-rata kadar bioetanol fermentasi tertinggi ditemukan dengan rata-rata 10,889% perlakuan kombinasi A3B31 dan rata-rata terendah terjadi dengan rata-rata 3,541% kombinasi perlakuan A3B1. Kandungan rata-rata bioetanol yang difermentasi (jumlah ragi) faktor A meningkat rata-rata 2,306% dari 3 g menjadi 9 g ragi karena jumlah ragi yang ditambahkan meningkat. Rata-rata peningkatan kandungan bioetanol fermentasi dari 3g menjadi 6g khamir adalah 1,759%, sedangkan rata-rata peningkatan khamir dari 6g menjadi 9g adalah 0,547%. Meningkatnya kadar bioetanol ini dipengaruhi oleh banyaknya jumlah bioetanol yang dihasilkan. Dapat dikatakan banyaknya kadar bioetanol berbanding lurus dengan banyaknya bioetanol yang dihasilkan.

Rata-rata kandungan bioetanol (waktu fermentasi) Faktor B juga meningkat dari 2 menjadi 6 hari, meningkat rata-rata 1,310%. Ini adalah waktu fermentasi 4 hari dengan kandungan bioetanol rata-rata 2 hingga 1,310% dan waktu fermentasi 0,891% dengan 4 hingga 6 hari. Peningkatan rata-rata kandungan bioetanol disebabkan oleh bertambahnya waktu fermentasi sehingga memberikan kesempatan bagi mikroorganisme untuk merekonstruksi substrat dalam waktu yang lebih lama. Sutariningsih dan Yuni (1989) menggunakan gambar untuk menjelaskan hubungan antara waktu inkubasi dan hasil produk fermentasi. Dengan kata lain, ada hubungan proporsional langsung antara keduanya. Namun, mereka mengatakan bahwa ada batasan khusus pada produksi metabolit oleh mikroorganisme di semua proses biotransformasi, termasuk yang terkait langsung dengan teknologi pengunduhan.

Tabel 6. Analisis Sidik Ragam Kadar Etanol (%) Hasil Proses Fermentasi

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel		
					5%	1%	
Perlakuan	8	107,50	13,44	52,67	**	2.51	3.71
Faktor A	2	26,14	13,07	51,23	**	3.55	6.01
Faktor B	2	8,05	4,02	15,77	**	3.55	6.01
Interaksi							
AB	4	73,31	18,33	71,83	**	2.93	4.58
Galat	18	4,59	0,26				
Total	26	112,094					

Tabel 6 menunjukkan hasil faktor A, faktor B dan interaksi AB memiliki pengaruh sangat nyata terhadap kada etanol. Jauhari dan Noor Mirad Sari (2008) menyebutkan bahwa lamanya waktu fermentasi yang baik untuk pembuatan bioetanol adalah 3 hari dari pendapat tersebut membuktikan bahwa lama waktu fermentasi akan meningkat ketika

mencapai waktu yang optimal. Dilihat dari faktor interaksi AB, didapatkan hasil yang berpengaruh nyata. Dari hasil yang didapat, diperlukan adanya pengujian lebih lanjut untuk melihat interaksi antara faktor A dan juga faktor B. Uji lanjut yang digunakan adalah uji Duncan dengan nilai koefisien keragaman (KK) 6%, yang dapat dilihat pada tabel 7.

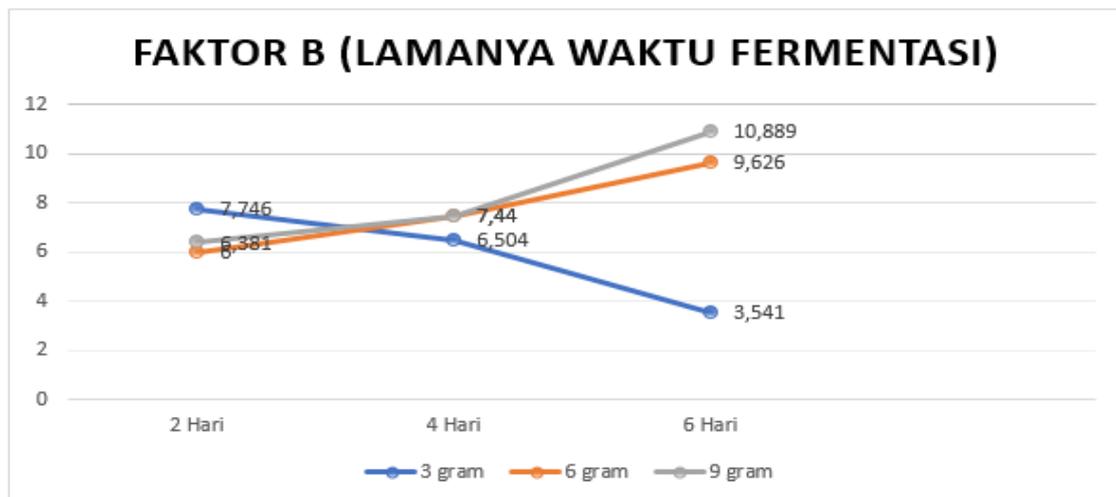
Tabel 7. Hasil Uji Beda Nyata terkecil Kadar Bioetanol (%) dari Fermentasi Limbah Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Perlakuan	Nilai Tengah	Nilai Beda								
		A1B1	A1B2	A1B3	A3B1	A2B3	A3B3	A3B2	A2B1	A2B2
A1B1	7,779									
A1B2	7,749	0,03								
A1B3	7,709	0,07	0,04							
A3B1	6,788	0,99**	0,96**	0,92**						
A2B3	6,743	1,04**	1,01**	0,97**	0,04					
A3B3	6,362	1,42**	1,39**	1,35**	0,43	0,38				
A3B2	5,991	1,79**	1,76**	1,72**	0,80**	0,75**	0,37			
A2B1	5,701	2,08**	2,05**	2,01**	1,09**	1,04**	0,66*	0,29		
A2B2	5,556	2,22**	2,19**	2,15**	1,23**	1,19**	0,81**	0,44	0,15	
BNT	5%	0,50								
	1%	0,68								

Hasil analisis uji beda nyata terkecil (BNT) menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara penambahan banyaknya ragi dan variasi waktu fermentasi. Tabel 7 menunjukkan hasil uji BNT terhadap jumlah ragi yang ditambahkan dan fluktuasi waktu fermentasi. Berdasarkan hasil uji statistik tersebut, hipotesis pemberian ragi dan variabilitas waktu fermentasi memiliki pengaruh yang sangat jelas. Kisaran nilai jumlah bioetanol sangat bervariasi tergantung pada jumlah ragi yang ditambahkan dan lamanya waktu fermentasi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penambahan 3 gram ragi dan variasi waktu fermentasi karena perbedaan waktu 2 hari. Hal ini meningkatkan efektivitas dan laju pertumbuhan sel ragi pada substrat untuk menghasilkan sejumlah besar bioetanol dan kadar bioetanol.

Volume maksimum etanol terjadi ketika diperlakukan dengan 9 gram ragi selama waktu fermentasi 6 hari, menghasilkan 9,104

ml etanol. Sedangkan kandungan bioetanol tertinggi terjadi setelah 6 hari perlakuan dengan 9 gram khamir, dengan kandungan bioetanol 10,889%. Pada penelitian ini jumlah khamir untuk mendapatkan kandungan etanol dan bioetanol yang memiliki jumlah khamir tertinggi adalah 9 gram. Didukung oleh Belloch (2008), ragi membutuhkan keadaan lingkungan dan kandungan substrat yang tepat untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Salah satu elemen dasar yang diperlukan untuk substrat adalah karbon dari gula pereduksi. Ini adalah media pertumbuhan yang paling cocok untuk *Saccharomyces cerevisiae*. Kisaran nilai jumlah bioetanol sangat bervariasi tergantung pada jumlah ragi yang ditambahkan dan lamanya waktu fermentasi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penambahan 3 gram ragi dan variasi waktu fermentasi karena perbedaan waktu 2 hari. Hal ini meningkatkan efisiensi dan laju pertumbuhan sel ragi pada substrat untuk memproduksi bioetanol.



Gambar 3. Grafik Kadar Bioetanol (%) Hasil Fermentasi Limbah Gergaji Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq)

Dari grafik kadar bioetanol yang didapat, masing-masing setiap perlakuan mengalami kenaikan yang cukup signifikan, yaitu pada perlakuan ragi 6 gram dan ragi 9 gram. Dapat dilihat pada perlakuan ragi 6 gram mengalami kenaikan rata-rata kadar bioetanol dari 6% sampai dengan 9,626% yang artinya didapatkan peningkatan sebesar 3,62% dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Selanjutnya pada perlakuan ragi 9 gram, mengalami peningkatan kadar bioetanol sebesar 4,50% dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Hal ini dikarenakan cadangan makanan yang cukup pada proses fermentasi, selain itu juga faktor dari keadaan ruangan serta kandungan air juga sangat berpengaruh terhadap proses fermentasi. Sedangkan untuk perlakuan 3 gram, terjadi penurunan persentase kadar bioetanol dengan penurunan sebesar 4,20% dari variasi waktu 2 hari sampai dengan 6 hari.

Dari grafik kadar bioetanol yang didapat, masing-masing setiap perlakuan mengalami kenaikan yang cukup signifikan, yaitu pada perlakuan ragi 6 gram dan ragi 9 gram. Dapat dilihat pada perlakuan ragi 6 gram mengalami kenaikan rata-rata kadar bioetanol dari 6% sampai dengan 9,626% yang artinya didapatkan peningkatan sebesar 3,62% dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Selanjutnya pada perlakuan ragi 9 gram, mengalami peningkatan kadar bioetanol sebesar 4,50% dari variasi waktu 2 hari sampai 6 hari. Hal ini dikarenakan cadangan makanan yang cukup pada proses fermentasi, selain itu juga faktor dari keadaan ruangan serta kandungan air juga sangat berpengaruh terhadap proses fermentasi. Sedangkan untuk perlakuan 3 gram, terjadi penurunan persentase kadar bioetanol dengan penurunan sebesar 4,20% dari variasi waktu 2 hari sampai dengan 6 hari.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Volume etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serbuk gergajian kayu meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) didapatkan hasil yang terbesar yaitu 9,104 ml dan yang terkecil 2,419 ml, sedangkan untuk kadar etanol yang dihasilkan didapatkan hasil yang terbesar yaitu 10,889% dan yang terkecil 3,541%. Pemberian ragi terhadap serbuk gergaji kayu meranti merah tidak berpengaruh nyata terhadap volume etanol yang dihasilkan namun lamanya waktu waktu fermentasi tidak berpengaruh

nyata terhadap volume bioetanol sedangkan pemberian ragi dan lamanya waktu fermentasi pada kadar bioetanol sangat berpengaruh nyata.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian diperlukan metode yang lain dalam pengolahan bioetanol dari limbah meranti merah karena hasil yang didapat kadar bioetanol sangat jauh dari standar nasional Indonesia yaitu sebesar 94-99,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Belloch C, Orlic S, Bario E dan Querol A. 2008. Fermentative Stress Adaptation of Hybrids within the Saccharomyces Sensu Stricto Complex. International Journal of Food Microbiology.
- Dea IA. 2009. Kajian Awal Biokonversi Meranti Merah Menjadi Etanol Dipterocarpaceae. Badan Penelitian dan Pengembangan Hutan, Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Hamelinck CN, GV Hooijdonk dan APC Faaij. 2004. Ethanol from Lignocellulosic Biomass : Techno-economic Performance in Short-, middle- and long-term. Journal of Biomass and Bioenergy 28 (2005) 384-410. Great Britain
- Hanafiah KA. 2014. Rancangan Percobaan: Teori Dan Aplikasi. Edisi Ke-3. Jakarta Utara.: PT. Raja Grafindo Persada.
- Jauhari A dan NM Sari. 2007. Pengaruh Lamanya Waktu dan Banyaknya RAGI Terhadap Hasil Fermentasi Etanol dari Serbuk Gergajian Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T et B). Jurnal Ilmu Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Jodoamidjojo RM, EG Said dan L Hartoto. 1989. Biokonversi. Bogor: Pusat ntar Universitas Bioteknologi
- Kartika B. 1992. Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian. Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama Antar Universitas – PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta
- Lieke. 2013. Teknologi Fermentasi Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Perrin DD Dan Armagero WL. 1986.

Purification Of Laboratory Chemicals. Edisi III. Pergamon Press Ple. Oxford. United Kingdom.

Rasyid H, W. Marfuah, H. Wijayakusumah dan D Hendarsyah. 1991. Vademekum Dipterocarpaceae. Badan Penelitian dan Pengembangan Hutan, Departemen Kehutanan. Jakarta.

Susanto E. 2003. Pengaruh Variasi Penambahan Ragi dan Lamanya Waktu Fermentasi Terhadap Hasil Fermentasi Etanol dari Serbuk Gergajian Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri T et B*). Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.

Sutariningsih SE. dan Yuni SN. 1989. Panduan Kuliah Biokonversi. PAU Bioteknologi Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Yogyakarta

Waluyo L. 2007. Mikrobiologi Umum. UMM Press. Malang.