

**KOMPONEN KIMIA SEPULUH JENIS KAYU KURANG DIKENAL :
KEMUNGKINAN PENGGUNAAN SEBAGAI BAHAN BAKU
PEMBUATAN BIOETANOL**
*(Chemical Component of Ten Planted Less Known Wood Species :
Possibility as Bioethanol Raw Materials)*

Arya Sokanandi, Gustan Pari, Dadang Setiawan & Saepuloh¹⁾

Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu 5 Bogor 16610, Tlp./Fax (0251) 8633378/8633413
E-mail: aryasoka@yahoo.com; gustanp@yahoo.com; mohammad_muslich@yahoo.co.id;
dan ksetiawan@yahoo.co.id

Diterima 2 Desember 2013, Disetujui 8 Mei 2014

ABSTRACT

*Lesser known wood species refers to the woods already utilized much by the communities but confined only one or two of uses, generally as sawn timber and merchant wood. Consequently, diversification attempts are necessary to impart more added values to those species. One of the possibilities for such is their uses for bioethanol manufacture. In relevant, research was already performed to look into the possible utilization of 10 local lesser-known wood species, which comprised pangsor (*Ficus callosa Willd.*), jengkol (*Pithecellobium rosulatum Kosterm.*), petai (*Parkia speciosa Hasak*), manii (*Maesopsis eminii Engl.*), balsa (*Ochroma grandiflora Rowlee*), ki cauk (*Pisonia umbellifera (Forst) Seem.*), huru manuk (*Litsea monopelata Pers.*), ki rengas (*Buchanania arborescens Blume*), ki bonen (*Crypteronia paniculata Blume*) dan ki hampelas (*Ficus ampelas Burm f.*), as raw material for bioethanol. In assessing for bioethanol manufacture, it necessitates initially the data/information on basic properties of each wood species, particularly the chemical composition, which was examined through the wood chemical analysis in accordance with the accepted standar, i.e. Norman Jenkin, Indonesian National Standart (SNI) and TAPPI. Analysis result on those 10 woods revealed that the cellulose content varied about 42,03-54,95%, lignin 22,66-35,20%, pentosan 15,36-17,15%, water content 3,95-10,99%, ash content 0,56-2,89%, silica content 0,12-0,84%. Solubility in cold water 1,29-5,55%, solubility in hot water from 4,41-11,19%, solubility in alcohol-benzene from 2,95-4,60% and solubility in NaOH 1% 10,35-22,89%. For bioethanol manufacture, it is desired that the woods have high values of consecutively cellulose content, pentosan content, and solubility in NaOH 1%; and concurrently have low content lignin, ash and silica, low solubilities in cold water, hot water and alcohol benzene. Judging from those criteria and aided by the statistics interpretation, it indicates that 8 out of 10 species were technically prospective as raw material for bioethanol, i.e. from most until the least being ki rengas, manii, petai, jering, balsa, ki hampelas, ki cauk, and hurumanuk, respectively. Meanwhile, ki bonen and pangsor are regarded as unsuitable for bioethanol.*

Keywords: Lesser-known wood species, 10 examined species, bioethanol, basic properties (chemical composition), technically feasible

ABSTRAK

Jenis kayu kurang dikenal andalan setempat mengacu pada kayu yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat, tetapi terbatas hanya satu atau dua penggunaan seperti sebagai kayu gergajian dan kayu perdagangan. Upaya diversifikasi diperlukan untuk memberikan nilai tambah pada jenis kayu tersebut. Salah satu kemungkinan penggunaan tersebut adalah sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Penelitian ini dilakukan untuk menelaah kemungkinan pemanfaatan 10 spesies kayu kurang dikenal andalan setempat, yang terdiri pangsor (*Ficus Callosa* Willd.), jengkol (*Pitbecellobium rosulatum* Kosterm.), Petai (*Parkia speciosa* Hasak), manii (*Maesopsis eminii* Engl.), balsa (*Ochroma grandiflora* Rowlee), ki cauk (*Pisonia umbellifera* (Forst) Seem.), Huru manuk (*Litsea monopelata* Pers.), ki renghas (*Buchanania arborescens* Blume), ki Bonen (*Crypteronia paniculata* Blume) dan ki hampelas (*Ficus Ampelas* Burm f.), sebagai bahan baku bioetanol. Penilaian awal terhadap bahan baku pembuatan bioethanol memerlukan data/informasi tentang sifat dasar dari setiap jenis kayu, terutama komposisi kimia, yang dilihat melalui analisis kimia kayu sesuai dengan standar, yaitu Norman Jenkin, Standar National Indonesia (SNI) dan TAPPI. Hasil analisis pada 10 jenis kayu menunjukkan bahwa kandungan selulosa bervariasi 42,03-54,95%, lignin 22,66-35,20%, pentosan 15,36-17,15%, kadar air 3,95 -10,99%, kadar abu 0,56-2,89%, kadar silika 0,12-0,84%. Kelarutan dalam air dingin 1,29-5,55%, kelarutan dalam air panas 4,41-11,19%, kelarutan dalam alkohol - benzena 2,95-4,60% dan kelarutan dalam NaOH 1% 10,35 - 22,89%. Untuk pembuatan bioetanol, diharapkan kayu memiliki kandungan selulosa, pentosan, dan kelarutan dalam NaOH 1% yang tinggi, dan secara bersamaan memiliki kandungan lignin, abu dan silika, kelarutan dalam air dingin, air panas dan alkohol benzene yang rendah. Dilihat dari kriteria tersebut dan dibantu oleh interpretasi statistik, menunjukkan bahwa 8 dari 10 jenis kayu mempunyai prospek yang bagus sebagai bahan baku bioetanol, yaitu dari yang paling berprospek adalah berturut-turut ki rengas, manii, petai, jering, balsa, ki hampelas, ki cauk, dan hurumanuk. Sementara itu, ki bonen dan pangsor tidak cocok untuk bioetanol sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Kata kunci: Kayu kurang dikenal, 10 jenis kayu, kandungan kimia, sifat dasar, kelayakan

I. PENDAHULUAN

Jenis kayu kurang dikenal andalan setempat merupakan jenis kayu yang banyak digunakan masyarakat setempat namun belum banyak diketahui sifat-sifatnya. Selama ini masyarakat dalam memilih kayu untuk keperluan tertentu hanya berdasarkan kebiasaan dan pengalaman secara turun-temurun. Jenis-jenis tersebut umumnya hanya digunakan untuk satu keperluan tertentu padahal mungkin memiliki sifat-sifat yang lebih baik untuk keperluan yang lain. Sementara itu, ketersediaan kayu komersial baik secara jenis dan potensi untuk kebutuhan industri seperti penggergajian, kayu lapis, pulp dan kertas, energi dan kebutuhan lain semakin langka dan sulit didapat. Diperlukan diversifikasi penggunaan bahan baku kayu konvensional termasuk jenis kayu alternatif untuk berbagai tujuan pemakaian tersebut dan diharapkan ada peningkatan nilai tambah terhadap kayu-kayu andalan setempat yang kurang dikenal. Penelitian sifat dasar kayu untuk mengetahui kemungkinan penggunaan kayu meliputi berbagai macam aspek pengujian seperti anatomi, fisik mekanik, keawetan,

keterawetan, pengeringan, venir dan kayu lapis, pulp dan kertas serta kimia dan kalor. Pengujian sifat kimia bertujuan untuk mengetahui macam senyawa dan kandungan kimia kayu seperti selulosa, lignin, pentosan dan zat ekstraktif.

Salah satu bentuk produk hasil olahan kayu dan juga untuk meningkatkan nilai tambahnya adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang dibuat melalui proses fermentasi terhadap senyawa karbohidrat tertentu dengan menggunakan mikroorganisme dan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti premium. Dengan demikian bioetanol dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung gula, pati dan lignoselulosa. Pembuatan bioetanol dari bahan baku yang mengandung gula dan pati seperti jagung, tebu, singkong, kentang, sagu, gandum, nira nipah dikenal dengan generasi pertama. Sedangkan generasi kedua adalah pembuatan bioetanol dari lignoselulosa seperti kayu, limbah industri pertanian, kehutanan, perkebunan, dan jenis rumput-rumputan. Prinsip pembuatan bioetanol dari lignoselulosa adalah memecah karbohidrat dalam bentuk polisakarida yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi gula sederhana/

monosakarida, dan memfermentasikan gula sederhana tersebut menjadi etanol. Hal ini memerlukan bahan baku dengan kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi. Hal yang menghambat dalam proses ini adalah kandungan lignin dan zat ekstraktif. Ini disebabkan lignin yang merupakan senyawa penyusun dinding sel kayu atau bahan serat berlignoselulosa ternyata bukan karbohidrat tetapi semacam polifenol. Bahan ekstraktif bukan merupakan penyusun dinding sel dan terkadang memiliki sifat toksik, sehingga dikhawatirkan dapat mengganggu aktivasi mikroorganisme/enzim dalam proses delignifikasi, hidrolisis maupun fermentasi. Diharapkan bahan baku lignoselulosa mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi serta mempunyai kandungan lignin dan zat ekstraktif yang rendah memiliki prospek pengolahannya menjadi bioetanol.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemungkinan penggunaan sepuluh jenis kayu andalan setempat sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Peralatan

Bahan lignoselulosa yang digunakan adalah sepuluh jenis kayu yaitu pangsor (*Ficus callosa* Willd.), jengkol (*Pithecellobium rosulatum* Kosterm.), petai (*Parkia speciosa* Hasak), manii (*Maesopsis eminii* Engl.), balsa (*Ochroma grandiflora* Rowlee), ki cauk (*Pisonia umbellifera* (Forst) Seem.), huru manuk (*Litsea monopelata* Pers.), ki renghas (*Buchanania arborescens* Blume), ki bonen (*Crypteronia paniculata* Blume) dan ki hampelas (*Ficus ampelas* Burm f.).

Bahan kimia yang digunakan adalah alcohol, benzene, natrium sulfit, asam sulfat, air suling, asam klorida, natrium hipoklorit dan kertas saring. Peralatan yang digunakan antara lain neraca analitik, oven, tanur, ayakan, mesin giling, kantong plastik, dan gelas kaca.

B. Metode Penelitian

Setiap contoh diambil dari bagian batang atas, tengah dan bawah lalu dicampur, digiling dan diayak sampai didapat serbuk yang lolos saringan

40 mesh dan tertahan pada saringan 60 mesh. Hasil saringan ditentukan kadar airnya kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C dan dihitung kadar airnya. Hasil dari oven dipakai sebagai sampel untuk analisis kandungan komponen kimianya yaitu selulosa, lignin, pentosan, kelarutan dalam NaOH 1%, kelarutan dalam alkohol-benzena, kelarutan dalam air panas dan air dingin, kadar abu dan kadar silika. Analisis komponen kimia kayu yang digunakan mengikuti standar-standar sebagai berikut: analisis selulosa menggunakan standar Norman dan Jenkins (Wise, 1944), lignin klason mengikuti standar SNI 14-0492-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989a), pentosan menggunakan standar TAPPI T 19m-50 (TAPPI, 1992), kadar abu menurut standar SNI 14-1031-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989b), kadar silika mengacu standar SNI 14-1031-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989b), kelarutan dalam alkohol-benzena mengikuti standar SNI 14-1032-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989c), kelarutan dalam air dingin dan panas mengikuti standar SNI 14-1305-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989d), kelarutan dalam NaOH 1% mengacu standar SNI 14-1838-1990 (Badan Standardisasi Nasional, 1990).

C. Analisis Data

Untuk menganalisis data hasil analisis komponen kimia digunakan rancangan acak lengkap satu faktor dengan perlakuan adalah sepuluh jenis kayu. Apabila ada pengaruh jenis yang nyata terhadap data tersebut, maka untuk mengetahui jenis kayu yang memiliki komponen yang dianggap baik untuk bahan baku bioetanol digunakan uji jarak beda nyata jujur (BNJ).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis komponen kimia sepuluh jenis kayu disajikan dalam Tabel 1. Selanjutnya berdasarkan analisis keragaman (Lampiran I), ternyata pengaruh faktor jenis berpengaruh nyata terhadap masing-masing karakteristik komposisi kimia kayu dan penelaahan lanjutan dilakukan dengan uji BNJ.

Tabel 1. Hasil analisis komponen kimia kayu *
 Table 1. Result of analysis on wood chemical components *

No	Jenis kayu / Nama botani (Wood species / Botanic name)	Lignin (Lignin) %	Pentosan (Pentosan) %	Selulosa (Cellulose) %	Air (Water) %	Abu (Ash) %	Silika (Silica) %	Kelarutan dalam (Solubility in), %			
								Air dingin (Cold water) %	Air panas (Hot water) %	Alkohol Benzene (-Alcohol - benzene) %	NaOH 1% (NaOH 1%) %
1	Pangzor (<i>Ficus callosa</i> Willd.)	32,15	15,36	53,18	3,95	2,48	0,84	4,80	10,99	3,06	20,75
2	Jering (<i>Pithecolobium rosulatum</i> Kosterm.)	31,17	17,15	48,57	4,01	0,56	0,14	3,78	6,17	3,77	19,75
3	Petai (<i>Parkia speciosa</i> Hasak)	31,58	16,07	54,86	4,20	1,04	0,38	3,60	6,99	2,95	20,03
4	Manii (<i>Maesopsis eminii</i> Engl.)	26,74	16,68	42,03	8,07	0,47	0,12	3,52	6,24	3,53	20,96
5	Balsa (<i>Ochroma grandiflora</i> Rowlee)	30,81	16,30	48,53	4,99	0,84	0,13	1,29	6,03	3,75	22,89
6	Ki cauk (<i>Pisonia umbellifera</i> (Forst.) Seem.)	31,77	16,93	54,95	10,42	2,53	0,549	5,50	9,32	4,60	19,20
7	Huru manuk (<i>Litsea monopelata</i> Pers.)	35,20	16,74	50,98	9,59	0,97	0,104	2,71	4,41	3,85	10,35
8	Ki rengas (<i>Buchanania arborescens</i> Blume.)	22,66	16,33	51,64	10,91	0,89	0,153	3,50	5,37	3,68	15,52
9	Ki boncen (<i>Crypteronia paniculata</i> Blume)	28,41	16,22	44,39	10,80	1,03	0,284	5,40	11,19	4,14	22,17
10	Ki hampelas (<i>Ficus ampelas</i> Burn F.)	25,04	16,71	46,28	10,99	2,89	0,677	4,21	5,80	3,43	16,01

* Rata-rata dari 3 ulangan (Average of 3 replication)

Tabel 2. Klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar Indonesia
Table 2. Chemical components classification for Indonesia hardwood species

Komponen kimia (<i>Chemical components</i>) %	Kelas komponen (<i>Component classes</i>)		
	Tinggi (<i>High</i>)	Sedang (<i>Moderate</i>)	Rendah (<i>Low</i>)
Selulosa (<i>Cellulose</i>)	>45	40-45	<40
Lignin (<i>Lignin</i>)	>33	18-33	<18
Pentosan (<i>Pentosans</i>)	>24	21-24	<21
Zat ekstraktif (<i>Extractives</i>)	>4	2-4	<2
Abu (<i>Ash</i>)	>6	0,2-6	<0,2

Sumber (*Source*): Departemen Pertanian, 1976

A. Selulosa

Kadar selulosa berkisar antara 42,03-54,95% (Tabel 1). Kadar selulosa terendah terdapat pada kayu manii (42,03%) dan kadar selulosa tertinggi terdapat pada kayu ki cauk (54,95%). Bahan utama pembuatan bioetanol generasi kedua adalah selulosa. Kadar selulosa yang tinggi menunjukkan bahwa kayu tersebut mempunyai potensi untuk diolah lebih lanjut menjadi bioetanol. Dengan perlakuan pendahuluan (*pretreatment*), hidrolisis dan fermentasi serta kadar lignin yang sama, kayu dengan kandungan selulosa lebih tinggi akan memberikan massa gula C₆ (gula dengan 6 atom karbon) yang lebih tinggi dibandingkan kayu dengan kadar selulosa yang lebih rendah. Kadar selulosa yang lebih rendah juga dapat menggambarkan besarnya kandungan senyawa lain yang dapat menghambat proses depolimerisasi dan dekrystalisasi selulosa sehingga asam/enzim yang digunakan dalam proses hidrolisis akan kesulitan dalam mengakses selulosa dan mengubah selulosa menjadi glukosa serta kecepatan reaksi dalam proses fermentasi menjadi lebih rendah. Penggunaan metode/bahan alkali, ekstruksi, larutan ionik dan gelombang mikro mempunyai efek depolimerisasi dan dekrystalisasi yang tinggi (Pandey *et.al*, 2011).

Jenis kayu yang memiliki kadar selulosa yang tinggi berindikasi sangat baik digunakan dalam proses pembuatan bioetanol dari lignoselulosa. Apabila dihubungkan dengan klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar (Tabel 2) maka delapan jenis kayu yang diteliti termasuk ke dalam kelas tinggi, sedangkan dua jenis kayu yaitu manii (42,03) dan ki bonen (44,39) termasuk ke dalam kelas sedang.

B. Lignin

Kadar lignin berkisar antara 22,66-35,20% (Tabel 1). Lignin adalah penghambat utama dalam proses hidrolisis baik dengan menggunakan enzim maupun asam. Lignin bersama-sama dengan selulosa dan hemiselulosa merupakan polimer (senyawa) penyusun dinding sel kayu atau bahan serat berlignoselulosa dalam bentuk susunan tertentu. Pada lignin terdapat ikatan antara lain aril-alkil dan ikatan eter. Ikatan tersebut lebih tahan terhadap hidrolisis/degradasi asam tetapi tidak tahan terhadap alkali. Ini menyebabkan lignin dapat melindungi selulosa dan senyawa karbohidrat lain pada dinding serat. Dengan demikian kadar lignin yang tinggi menyebabkan agen hidrolisis (asam atau enzim) kesulitan menembus selulosa. Diperlukan beberapa *pretreatment* untuk menghilangkan/

menguraikan lignin terutama dengan kadar lignin yang tinggi. Penggunaan metode secara biologis dengan melibatkan spesies jamur (*Phanerochaete chrysosporium*, *Polyporus brumali*, *Polyporus versicolor*, *Trametes* sp. *Poria* sp.) atau bakteri (*Nocardia* sp., *Streptomyces* sp., *Pseudomonas* sp.), penggunaan senyawa alkali, ozonolisis, organosolv, larutan ionik dan gelombang mikro mempunyai efek delignifikasi yang tinggi (Pandey *et.al*, 2011). Apabila dihubungkan dengan klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia untuk kayu daun lebar (Tabel 2) maka sembilan jenis kayu termasuk kelas sedang dan kayu huru manuk (35,20%) termasuk kelas tinggi. Kayu dengan kadar lignin tinggi tidak dikehendaki untuk pembuatan bioetanol.

C. Pentosan

Kadar pentosan berkisar antara 15,36-17,15%. Kadar pentosan terendah terdapat pada kayu pangsor (15,36%) sedangkan kadar pentosan tertinggi terdapat pada kayu jering (17,15%). Pentosan adalah bagian dari hemiselulosa yang merupakan bahan baku sekunder pembuatan bioetanol dari lignoselulosa. Hidrolisis pentosan akan menjadi xylose (monosakarida dengan lima atom karbon) yang dapat dikonversikan menjadi bioetanol dengan menggunakan bantuan ragi (*Pichia stipitis*, *Candida shehatae*, *C. tenuis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Pachysolen tannophilus*) (Walker *et.al.*, 2010). Akan tetapi hidrolisis lanjutan xylose apabila menggunakan asam akan menjadi furfural yang merupakan *inhibitor* dalam proses hidrolisis dan fermentasi (Gupta, *et.al.*, 2010). Kadar pentosan yang tinggi akan memberikan massa xylose yang lebih tinggi jika terjadi hidrolisis pada suasana asam. Apabila dihubungkan dengan klasifikasi komponen kimia daun lebar Indonesia, maka semua jenis kayu yang diteliti termasuk ke dalam kelas dengan kandungan pentosan rendah. Dengan demikian untuk tujuan produksi bioetanol dengan bantuan ragi maka kayu dengan kadar pentosan tinggi lebih dikehendaki.

D. Zat Ekstraktif

Kelarutan dalam air dingin, air panas dan alkohol-benzene masing-masing berkisar antara

1,29-5,55%; 4,41-11,19% dan 2,95-4,60% (Tabel 1). Kadar ekstraktif adalah banyaknya bahan yang dapat dipisahkan dari kayu dengan menggunakan pelarut netral air, benzena, eter dan etil alkohol. Zat ekstraktif yang larut dalam air adalah gula, zat warna, tannin, gum dan pati. Sedangkan yang larut dalam pelarut organik adalah resin, lemak, asam lemak, lilin, minyak dan tannin (Sjostrom, 1999). Dalam pembuatan bioetanol dari lignoselulosa, zat ekstraktif merupakan *inhibitor* / penghambat bekerjanya enzim dalam proses hidrolisis dan menurunkan kinerja mikroorganisme dalam proses fermentasi sehingga kecepatan reaksi fermentasi menjadi turun. Zat ekstraktif mengisi rongga-rongga sel dan rongga-rongga mikro dinding sel sehingga aksesibilitas agen hidrolisis menjadi terhambat. Atas dasar itu, kayu dengan kadar ekstraktif tinggi tidak dikehendaki untuk produksi bioetanol.

E. Kelarutan dalam NaOH 1%

Kelarutan dalam NaOH 1% berkisar antara 10,35-22,89% (Tabel 1). Kelarutan dalam NaOH 1% memberikan gambaran adanya kerusakan komponen kimia dinding sel kayu yang diakibatkan oleh serangan jamur pelapuk kayu atau terdegradasi oleh cahaya, panas dan oksidasi (Pari, 2006). Semakin tinggi kelarutan kayu dalam NaOH 1% berarti semakin tinggi tingkat kerusakan kayu. Tingkat kerusakan kayu dapat menggambarkan adanya proses degradasi lignin/delignifikasi kayu yang dibutuhkan dalam proses *pretreatment* bahan baku. Kayu yang terdegradasi memungkinkan selulosa dan senyawa karbohidrat mengalami depolimerisasi menjadi senyawa lebih sederhana atau senyawa dengan berat molekul lebih rendah. Hal tersebut banyak membantu proses hidrolisis dan aktivitas enzim untuk konversi menjadi bioetanol. Dengan demikian kayu dengan kelarutan NaOH 1% yang tinggi dikehendaki untuk pembuatan bioetanol.

F. Kadar Air

Kadar air (atas dasar berat kering oven) dari sepuluh jenis kayu yang diteliti berkisar antara 3,95-10,99%. Sebelum dilakukan proses *pretreatment*, kayu terlebih dahulu dihancurkan menjadi serbuk/ ukuran yang lebih kecil untuk

menambah luas permukaan kayu. Adanya air dalam kayu dengan jumlah tertentu memungkinkan kayu mudah diserang jamur dan organisme perusak kayu. Kandungan air yang tinggi juga menyebabkan berat kayu menjadi lebih besar sehingga biaya transportasinya menjadi lebih tinggi. Atas dasar ini untuk produksi bioetanol lebih dikehendaki kayu dengan kadar air yang rendah. Pembuatan bioetanol dari kayu cemara (*Picea abies*) dengan bahan baku berbentuk serbuk mampu menghasilkan bioetanol 0,196 kg/kg kayu lebih besar dari bahan baku yang berbentuk *chips* yang menghasilkan bioetanol 0,170 kg/kg kayu (Shafiei, *et.al.*, 2013).

G. Abu dan Silika

Kadar abu berkisar antara 0,56-2,89%. Kadar abu terendah terdapat pada kayu manii dan kadar abu tertinggi terdapat pada kayu ki hampelas.

Kadar silika berkisar antara 0,12-0,84%. Kadar silika terendah terdapat pada kayu manii dan kadar silika tertinggi terdapat pada kayu pangsor. Komponen dalam kadar abu adalah K_2O , MgO , CaO dan Na_2O . Kadar abu dan silika yang tinggi tidak diharapkan dalam pembuatan bioetanol karena merupakan zat pengotor yang dapat menurunkan kecepatan hidrolisis dan fermentasi. Selain itu kadar silika dapat mempercepat proses penumpukan pisau saat dilakukan proses pembuatan serbuk kayu. Dengan demikian kayu dengan kadar silika tinggi tidak dikehendaki dalam proses pembuatan bioetanol.

H. Penelaahan sifat kimia kayu sebagai bahan baku bioetanol

Pemanfaatan kayu menjadi bahan baku pembuatan bioetanol dari lignoselulosa diharapkan mempunyai kadar selulosa, pentosan dan

Tabel 3. Hasil penetapan skor untuk 10 jenis kayu
Table 3. Result of scoring determination for 10 wood species

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Skor					Total skor (<i>Total</i>)	Urutan mulai dari yang paling prospektif (<i>Ranking from most prospective</i>)
	Selulosa (<i>Cellulose</i>)	Pentosan (<i>Pentosan</i>)	Lignin (<i>Lignin</i>)	Ekstraktif (<i>Extraxtives</i>)	Zat lain (<i>Misc</i>)		
Pangsor	3	2	1,5	2,38	2	10,88	10
Jering	3	4	2	3,13	4,5	16,63	4
Petai	5	3	2	3,38	3,33	16,71	3
Manii	1	4	4	3,50	4,33	16,83	2
Balsa	3	3	2	3,63	4,17	15,79	5
Ki cauk	5	4	2	1,75	2,00	14,75	7
Huru manuk	3	4	1	2,75	3,50	14,25	8
Ki rengas	3	3	5	3,00	3,33	17,33	1
Ki bonen	3	3	3	1,88	3,00	13,88	9
Ki hampelas	3	4	4,5	2,75	1,33	15,58	6

kelarutan dalam NaOH 1% yang tinggi, sedangkan kadar lignin, zat ekstraktif, kadar abu dan silika yang rendah. Penilaian skor didasarkan atas 5 kriteria utama yaitu kadar selulosa, kadar lignin, pentosan, zat ekstraktif yang dirinci atas kelarutan dalam air panas, kelarutan dalam air dingin, kelarutan dalam alkohol benzena dan kelarutan dalam NaOH 1%; dan zat lain yaitu kadar air, kadar abu dan silika. Atas dasar nilai total skor yang merupakan hasil manipulasi BNJ, semakin tinggi total nilai maka semakin sesuai jenis kayu tersebut dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol dan sebaliknya. Skor tersebut didasarkan pada kriteria untuk konversi bioetanol, dikehendaki kayu dengan kadar selulosa, pentosan, kelarutan dalam NaOH 1% yang tinggi dan secara bersamaan dengan kadar lignin, kadar ekstraktif, kelarutan dalam air dingin, kelarutan dalam air panas, kelarutan dalam alkohol-benzena, kadar abu dan kadar silika yang rendah. Hasil dari penetapan skor terlihat pada Tabel 3.

Dari tabel 3 terlihat kayu ki rengas mempunyai prospek yang paling bagus sebagai bahan baku bioetanol karena mempunyai kadar selulosa dan

pentosan yang tinggi serta kadar lignin yang rendah. Kayu petai dapat dinilai cukup bagus karena mempunyai kandungan selulosa yang tinggi, zat ekstraktif dan zat lainnya yang rendah meskipun mempunyai kadar lignin yang tinggi. Demikian juga dengan kayu jering dinilai cukup bagus karena mempunyai kadar pentosan yang tinggi. Sementara kayu manii meskipun mempunyai kadar selulosa yang tidak terlalu tinggi tetapi mempunyai kadar lignin yang rendah serta kadar pentosan yang tinggi. Kayu pangsor sangat tidak dianjurkan karena mempunyai kadar lignin, zat ekstraktif dan zat lainnya yang tinggi dan kadar pentosan yang rendah. Sebagai perbandingan beberapa penelitian pembuatan bioetanol dari kayu dengan berbagai macam proses menggambarkan hasil bioetanol yang diperoleh berkisar antara 0,1-0,2 kg/kg kayu sebagaimana terlihat pada Tabel 4.

Hasil bioetanol dari bahan baku kayu lebih rendah dibandingkan dengan pembuatan bioetanol dari bahan baku non kayu seperti tongkol jagung, sekam padi, jerami gandum yang berkisar 0,2-0,3 kg/kg bahan baku (Kumar, *et.al*, 2009).

Tabel 4. Pembuatan bioetanol dari kayu dalam skala lab
Table 4. Bioethanol manufacture from wood in laboratory scale

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Selulosa, (%) (<i>Cellulose</i>)	Lignin, (%) (<i>Lignin</i>)	Pentosan, (%) (<i>Pentosan</i>)	Rendemen bioetanol (kg/kg kayu) (<i>Bioethanol yield</i>) (<i>kg/kg of wood</i>)	Referensi (<i>Ref.</i>)
<i>Eucalyptus globulus</i>	47	27	18	0,170	Yanez, 2012
Cemara (<i>Picea abies</i>)	44	27,1	8,4	0,170-0,196	Shafiei, 2013
<i>Birch (Betula. spp)</i>	40	21	25	0,187	Heinonen, 2011
Poplar (<i>Populus spp.</i>)	49,90	20,20	16,35	0,131	Wang, 2012

IV. KESIMPULAN

1. Komposisi kimia 10 jenis lokal kayu kurang dikenal menunjukkan variasi yaitu kadar selulosa berkisar antara 42,03-54,95%, lignin 22,66-35,20%, pentosan 15,36-17,15%, air 3,95-10,99%, abu 0,56-2,89%, silika 0,12-0,84%. Kelarutan dalam air dingin 1,29-5,55%, kelarutan dalam air panas 4,41-11,19%, kelarutan dalam alkohol benzene 2,95-4,60% dan kelarutan dalam NaOH 1% antara 10,35-22,89%.
2. Berdasarkan hasil telaahan analisis komponen kimia kayu terutama kadar selulosa, lignin, pentosan dan zat ekstraktif ternyata 8 dari 10 jenis tersebut yaitu kayu ki rengas, jering, petai, manii, balsa, ki cauk, huru manuk dan ki hampelas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol di mana kayu ki rengas mempunyai prospek paling bagus karena mempunyai kadar selulosa yang tinggi dan kadar lignin yang rendah. Prospek berikutnya sesudah kayu ki rengas adalah berdasarkan urutan penyusunan nama sisa ke tujuh jenis kayu tersebut. Hanya kayu pangsor dan ki bonen saja yang tidak cocok dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1989a). SNI 14-0492-1989: *Cara Uji Kadar Lignin Pulp dan Kayu (Metode Klason)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- (1989b). SNI 14-1031-1989: *Cara Uji Kadar Abu, Silika dan Silikat dalam Kayu dan Pulp Kayu*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- (1989c). SNI 14-1032-1989: *Cara Uji Kadar Sari (Ekstrak Alkohol Benzena) dalam Kayu dan Pulp*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- (1989d). SNI 14-1305-1989: *Cara Uji Kadar Kelarutan Kayu Dalam Air Dingin dan Air Panas*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- (1990). SNI 14-1838-1989: *Cara Uji Kadar Kelarutan Kayu dan Pulp Dalam Larutan*

Natrium Hidroksida Satu Persen. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Departemen Pertanian. (1976). *Vademecum Kebutuhan Indonesia*. Jakarta: Balai Penelitian Kehutanan.
- Gupta, R.B., Demirbas, A., (2010). *Gasoline, Diesel and Ethanol Biofuels from Grasses and Plants*, New York: Cambridge University Press.
- Heinonen. J. A. Tamminen. A. Uusitalo. J. & Sainio. T. (2011). Ethanol production from wood via concentrated acid hydrolysis, chromatographic separation, and fermentation, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 87(5):689-696.
- Kumar. S. Singh. S.P. Mishra. I.M. & Adhikari. D.K. (2009). Recent advances in production of bioethanol from lignocellulosic biomass. *Chem. Eng. Technol* 32(4):517-526.
- Pandey, A., Larroche, C., Ricke, S.C., Dussap, C.G., Gnansounou. E., (2011). *Biofuels: Alternative Feedstock and Conversion Processes*. Oxford: Elsevier Inc.
- Pari. G. Roliadi. H. Setiawan. D & Saepuloh. (2006). Komponen kimia sepuluh jenis kayu tanaman dari Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 24(2): 89-101
- Shafiei. M. Zilouei. H. Zamani. A. Taherzadeh. M.J. & Karimi. K. (2013). Enhancement of ethanol production from spruce wood chips by ionic liquid pretreatment. *Applied Energy* 102: 163-169
- Shupe. A.M. & Liu. S. (2012). Ethanol fermentation from hydrolysed hot-water wood extracts by pentose fermenting yeasts. *Biomass and Bioenergy* 39:31-38
- Sjostrom, E., Alen, R., (1999). *Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- TAPPI. (1992). *Tappi test method 1992-1993*. Georgia: Tappi Press. Atlanta.
- Wang, Z.J. Zhu. J.Y. Zalesny Jr. R.S. & Chen. K.F. (2012). Ethanol production from poplar wood through enzymatic saccharification and fermentation by dilute acid and SPORL pretreatments. *Fuel* 95: 606-614

Wise, L.E. (1944). *Wood Chemistry*. New York: Reinhold Publisher Corporation.

Yanez S.M. Rojas, J. Castro, J. Ragauskas, A. Baeza, J. & Freer, J. (2012). Fuel ethanol production from *Eucalyptus globulus* wood by

autocatalyzed organosolv pretreatment ethanol-water and SSF. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 88 (1): 39-48

Walker, G.M. (2010). *Bioethanol: Science and Technology of Fuel Alcohol*. bookboon.com.

Lampiran 1. Hasil analisis keragaman dan uji jarak beda nyata jujur (BNJ) komponen kimia 10 jenis kayu yang dinyatakan dalam grade dan skor

Appendix 1. Analysis of variance and honestly significant difference (HSD) test on chemical compounds of 10 wood species, expressed in grades and score

Kode jenis (Species code)	Sifat kimia (Chemical properties)														
	Lignin (Lignin)					Pentosan (Pentosans)					Selulosa (Cellulose)				
	M	G	S	M	G	S	M	G	S	M	G	S	M	G	S
1	32,15	DE	1,5	15,36	A	2	53,18	AB	3	4,80	DE	1,5	10,99	CD	1,5
2	31,17	CDE	2	17,15	B	4	48,57	AB	3	3,78	ABC	4	6,17	AB	3,5
3	31,58	CDE	2	16,07	AB	3	54,86	B	5	3,60	AB	4,5	6,99	B	3
4	26,74	ABC	4	16,68	B	4	42,03	A	1	3,52	AB	4,5	6,24	AB	3,5
5	30,81	CDE	2	16,30	AB	3	48,53	AB	3	1,29	A	5	6,03	AB	3,5
6	31,77	CDE	2	16,93	B	4	54,95	B	5	5,50	E	1	9,32	C	2
7	35,20	E	1	16,74	B	4	50,98	AB	3	2,71	B	4	4,41	A	4
8	22,66	A	5	16,33	AB	3	51,64	AB	3	3,50	AB	4,5	5,37	AB	3,5
9	28,41	BCD	3	16,22	AB	3	44,39	AB	3	5,40	E	1	11,19	D	1
10	25,04	AB	4,5	16,71	B	4	46,28	AB	3	4,21	CD	2,5	5,80	AB	3,5

Keterangan (Remarks)
 1 = Pangsoir; 2 = Jering; 3 = Petai; 4 = Manii; 5 = Balsa; 6 = Ki cauk; 7 = Huru manuk; 8 = Ki rengas; 9 = Ki bonen; 10 = ki hampelas
 M = rata-rata dari 3 ulangan (Average of 3 replications)
 G = huruf-huruf yang sama menyatakan sifat kimia (M) tak berbeda nyata atas dasar uji BNJ (The letters similar to each other chemical property (M) which are not significantly different based on HSD)
 A>B>C>D>E>F>G untuk komponen lignin, kelarutan dalam air dingin, kelarutan dalam air panas, kelarutan dalam alkohol benzene, kadar air, kadar abu dan kadar silika (for lignin, solubility in cold water, solubility in hot water, moisture content, ash content and silica content) dan / and A<B<C<D<E<F<G untuk komponen pentosan, selulosa dan kelarutan dalam NaOH 1% (for pentosans, cellulose and solubility in NaOH 1%)
 S = skor (scores); semakin besar skor, semakin tinggi nilai sifat kimia kayu (the greater the scores, the better the criteria of wood chemical properties)
 Skor didasarkan pada komponen lignin, pentosan, selulosa, zat ekstraktif dan zat lain. (Scores based on lignin, pentosans, cellulose, extractives and miscellaneous materials)

Lampiran 1. Hasil analisis keragaman dan uji jarak beda nyata jujur (BNJ) komponen kimia 10 jenis kayu yang dinyatakan dalam grade dan skor
Appendix 1. Analysis of variance and honestly significant difference (HSD) test on chemical compounds of 10 wood species, expressed in grades and score

Kode jenis (<i>Species code</i>)	Sifat kimia (<i>Chemical properties</i>)															Urutan mulai dari yang paling prospektif (<i>Ranking from most prospective</i>)			
	Zat ekstraktif (<i>Ekstraktives</i>)					Zat lain (<i>Miscellaneous</i>)					Total score (<i>Total</i>)	Rata-rata skor (<i>Mean</i>)							
	Kelarutan dalam alkohol-benzene (<i>Solubility in cold alcohol-benzene</i>) %		Kelarutan dalam NaOH 1% (<i>Solubility in NaOH 1%</i>), %		Rata-rata skor (<i>Mean</i>)	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %		Kadar abu (<i>Ash content</i>), %		Kada silika (<i>Silica content</i>), %									
M	G	S	M	G	S	M	G	S	M	G	S	M	G	S					
1	3,06	A	3	20,75	CD	3,5	2,38	3,95	A	3	2,48	D	2	0,84	F	1	2,00	10,88	10
2	3,77	ABC	2	19,75	BCD	3	3,13	4,01	A	3	0,56	AB	4,5	0,14	A	6	4,50	16,63	4
3	2,95	A	3	20,03	BCD	3	3,38	4,20	A	3	1,04	C	3	0,38	C	4	3,33	16,71	3
4	3,53	AB	2,5	20,96	CD	3,5	3,50	8,07	B	2	0,47	A	5	0,12	A	6	4,33	16,83	2
5	3,75	ABC	2	22,89	D	4	3,63	4,99	A	3	0,84	BC	3,5	0,13	A	6	4,17	15,79	5
6	4,60	C	1	19,20	BCD	3	1,75	10,42	C	1	2,53	D	2	0,549	D	3	2,00	14,75	7
7	3,85	ABC	2	10,35	A	1	2,75	9,59	BC	1,5	0,97	C	3	0,104	A	6	3,50	14,25	8
8	3,68	ABC	2	15,52	B	2	3,00	10,91	C	1	0,89	C	3	0,153	A	6	3,33	17,33	1
9	4,14	BC	1,5	22,17	D	4	1,88	10,80	C	1	1,03	C	3	0,284	B	5	3,00	13,88	9
10	3,43	AB	2,5	16,01	BC	2,5	2,75	10,99	C	1	2,89	E	1	0,677	E	2	1,33	15,58	6

Keterangan (Remarks)
 1 = Pangors; 2 = Jerings; 3 = Petai; 4 = Manii; 5 = Balsa; 6 = Ki cauk; 7 = Huru manuk; 8 = Ki rengas; 9 = Ki bonen; 10 = ki hampelas
 M = rata-rata dari 3 ulangan (*Average of 3 replications*)
 G = huruf-huruf yang sama menyatakan sifat kimia (M) tak berbeda nyata atas dasar uji BNJ (*The letters similar to each other chemical property (M) which are not significantly different based on HSD*)
 A > B > C > D > E > F > G untuk komponen lignin, kelarutan dalam air dingin, kelarutan dalam alkohol benzene, kadar air, kadar abu dan kadar silika (*for lignin, solubility in cold water, solubility in hot water, moisture content, ash content and silica content*) dan / and A < B < C < D < E < F < G untuk komponen pentosan, selulosa dan kelarutan dalam NaOH 1% (*for pentosans, cellulose and solubility in NaOH 1%*)
 S = skor (*scores*), semakin besar skor, semakin tinggi nilai sifat kimia kayu (*the greater the scores, the better the criteria of wood chemical properties*)
 Skor didasarkan pada komponen lignin, pentosan, selulosa, zat ekstraktif dan zat lain. (*Scores based on lignin, pentosans, cellulose, extractives and miscellaneous materials*)