

OPTIMALISASI PENGGUNAAN SERAT DAN PULP BAMBU TALI (*Gigantochloa apus*) UNTUK PAPAN SERAT

OPTIMIZATION OF THE USE OF FIBER AND PULP FROM TALI BAMBOO (*Gigantochloa apus*) FOR FIBERBOARD

Theresia Mutia¹, Hendro Risdianto², Susi Sugesty², Henggar Hardiani², Teddy Kardiansyah²

¹Balai Besar Tekstil, Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 390 Bandung

E-mail: texirdti@bdg.centrin.net.id

²Balai Besar Pulp dan Kertas, Jl. Raya Dayeuhkolot No.132, Dayeuhkolot, Bandung

E-mail: bbpk@bbpk.go.id

Tanggal diterima: 29 November 2016, direvisi: 14 Maret 2017, disetujui terbit: 22 Maret 2017

ABSTRAK

Bambu masa tanamnya lebih singkat dibandingkan dengan kayu, namun sampai saat ini serat dan pulp bambu belum dimanfaatkan secara optimal sebagai pengganti kayu pada pembuatan komposit oleh industri *manufactured wood*, misalnya papan serat. Hal ini layak untuk dipelajari, karena ketersediaan kayu yang semakin terbatas. Oleh karenanya dilakukan penelitian pembuatan papan serat dengan menggunakan serat dan pulp dari bambu tali (*G.apus*). Penelitian dilakukan dengan menggunakan serat bambu dari potongan bambu yang dimasak dengan proses soda dan pulp bambu dari serpihan bambu yang dimasak dengan proses soda dan Kraft. Pembuatan komposit serat bambu dilakukan dengan variasi fraksi berat serat terhadap matriks resin epoksi. Pada kondisi optimal proses dibuat komposit serupa dari pulp bambu. Dari hasil uji diketahui bahwa kualitas komposit serat bambu hasil pemasakan proses soda lebih baik dibanding komposit pulp bambu. Selain itu komposit serat bambu yang dihasilkan termasuk golongan papan serat kerapatan tinggi, dan kandungan air, penyerapan, perubahan panjang, pengembangan tebal dan keteguhan lentur dan modulus elastisitasnya sesuai dengan standar yang berlaku untuk papan serat (SNI 01 – 4449 – 2006, papan serat).

Kata kunci: komposit, papan serat, pemasakan dengan proses soda, serat dan pulp bambu tali (*Gigantochloa apus*)

ABSTRACT

Bamboo cropping period is quite short compared to wood, but fiber and bamboo pulp have not been optimally used as a substitute for wood in composite industry, such as fiber board. It is worth to be studied, because of the availability of wood is increasingly limited. Therefore, study has been done using fiber and bamboo pulp (G. apus) for fiberboard. The study was conducted using bamboo fibers from bamboo strips cooked with soda process and bamboo pulp from chips of bamboo cooked with soda process and Kraft process. Composite of bamboo fiber is made with a variety of fiber weight fraction to the epoxy resin matrix. Furthermore composite of bamboo pulp is made under optimal condition for making fiber composite. From the test results it is known that the quality of the bamboo fiber composite from bamboo strips cooked with soda process is better than the composite of bamboo pulp. Besides bamboo fiber composites produced belonged to the high-density fiberboard, and the water content, water absorption, changes in the length and thickness, flexural strength and modulus of elasticity are in accordance with applicable standar for fiberboard (SNI 01-4449 - 2006).

Keywords: composite, fiber and tali bamboo (*Gigantochloa apus*) pulp, fiber board.

PENDAHULUAN

Penggunaan material baru sebagai bahan alternatif pengganti bahan alami telah dimanfaatkan sesuai dengan perkembangan zaman dan juga didukung oleh kemajuan teknologi. Ilmu pengetahuan dan teknologi tentang plastik berkembang pesat sejalan dengan pertumbuhan industri plastik dunia. Untuk produk komposit, plastik banyak digunakan sebagai pengganti material lainnya seperti logam, karet dan kayu,

karena memiliki kelebihan dibanding dengan material lain, yaitu mudah dicetak dan didapat, ringan, serta murah.¹ dalam ² Akan tetapi plastik tidak ramah lingkungan dibanding dengan kayu atau bahan alam lainnya, sehingga perlu digunakan kembali produk berbahan dasar kayu untuk produk-produk tertentu.

Adapun komposit merupakan bahan yang terbentuk dari dua atau lebih komponen, misalnya resin (plastik) dan bahan penguat berupa

serat/anyaman atau lainnya.^{3,4} dalam ^{5,6} Produk komposit antara lain berupa tekstil teknik, misalnya tekstil bangunan seperti penguat beton, konstruksi atap, peredam suara dan lain-lain. Bahan bakunya antara lain logam, mineral (asbes, serat gelas, serat karbon), serat sintetik ataupun serat alam. Pada pembuatan komposit, fungsi serat secara umum adalah sebagai penguat, sehingga produknya menjadi lebih kuat dan kokoh.⁷ Namun dengan menggunakan serat kayu, maka akan lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi pemakaian serat sintesis dan resin. Disisi lain, produktivitas hutan Indonesia semakin hari semakin menurun, sehingga ketersediaan kayu semakin terbatas, padahal kebutuhan akan bahan baku kayu semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Diketahui bahwa, hingga tahun 2009 produksi hutan tanaman mencapai 18,95 juta m³ dari Hutan Tanaman Industri dan 0,09 juta m³ dari Perhutani, sedangkan produksi hutan alam dari HPH hanya mencapai 4,86 juta m³ dari Izin Pemanfaatan Kayu sejumlah 6,62 juta m³. Padahal kebutuhan kayu nasional dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Kehutanan Tahun 2006 – 2025, mencapai 64 juta m³ per tahun.⁸ Kondisi tersebut mengakibatkan adanya ketimpangan yang tinggi antara ketersediaan produksi kayu dengan kebutuhan kayu nasional. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan berbagai cara antara lain mensubstitusi produk berbasis kayu dengan memanfaatkan bahan berlignoselulosa dari nonkayu, seperti halnya dalam pembuatan papan komposit.

Bahan baku alternatif dari nonkayu banyak pilihannya dan tersedia dalam jumlah yang besar, misalnya bambu. Bambu merupakan serat panjang dan memiliki kelebihan dalam hal masa panen, yaitu dalam waktu 3 - 4 tahun sudah dapat dipanen, lebih singkat dibanding 8 - 20 tahun untuk jenis pohon kayu yang cepat tumbuh.^{9,1}

Selain itu, bambu merupakan salah satu bahan berlignoselulosa yang menghasilkan selulosa per ha 2 – 6 kali lebih besar dari pinus.¹¹ Peningkatan biomassa perhari 10 - 30%, adalah lebih tinggi dibanding kayu yang hanya 2,5%. Kandungan selulosa bambupun cukup tinggi, yaitu antara 40% - 54%.¹² dalam ^{13,14}

Di dunia terdapat sekitar 1300 jenis bambu, sedangkan di Indonesia sekitar 143 jenis dan di Pulau Jawa diperkirakan ada 60 jenis serta 9 jenis merupakan endemik Jawa Barat, antara lain bambu tali (apus), temen, betung, haur dan bambu hitam.¹⁵ dalam ^{16, 17} dalam ¹⁴ Adapun jenis bambu yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah bambu betung, tali, andong dan bambu hitam.¹² dalam ¹³ Bambu dapat digunakan sebagai bahan bangunan rumah, pondok, pagar, jembatan, rakit, pipa saluran air, alat peraga, mebel dan berbagai

peralatan rumah tangga serta sebagai bahan baku untuk pulp kertas dan serat tekstil.

Manufactured wood (papan pabrikan) adalah semua produk turunan kayu yang dibuat di pabrik dengan cara mengikat serat, partikel dengan bahan perekat untuk membentuk material komposit. Produk ini dibuat dengan spesifikasi desain tertentu dan untuk memenuhi standar yang berlaku. Secara umum, papan pabrikan dibagi menjadi tiga. Pertama adalah *plywood*, yaitu papan yang terdiri dari lapisan kayu solid yang direkatkan bersama-sama. Kedua adalah papan partikel atau *chipboard*, yang dibuat dengan cara merekatkan serpih kayu dengan resin sintesis kemudian ditekan membentuk lembaran papan yang keras^{18,19} dalam ²⁰. Ketiga adalah papan serat, dan menurut SNI 01-4449 – 2006, papan serat adalah panel yang dihasilkan dari pengempaan serat kayu atau bahan berligno-selulosa lain dengan ikatan utama berasal dari bahan baku yang bersangkutan (khususnya lignin) atau bahan lain (khususnya perekat) untuk memperoleh sifat khusus.

Papan partikel atau papan serat diklasifikasikan berdasarkan tipe bahan baku dan metode produksi, kerapatan serta jenis dan tempat penggunaannya, namun cara terbaik untuk mengklasifikasikannya adalah berdasarkan kerapatannya.²¹ dalam ²² Pada dasarnya papan serat dapat dibuat dari berbagai serat selulosa dan semakin tinggi kerapatannya, maka semakin tinggi pula ketahanannya.²³

Manufactured wood berupa produk komposit yang terbuat dari bahan kayu (serat) dan plastik, dapat menggantikan fungsi kayu padat dalam berbagai aplikasi, terutama untuk pemakaian luar ruangan seperti kursi taman, dek kapal dan juga dapat digunakan pada pemakaian dalam ruangan, seperti produk mebel, sehingga dapat mengurangi pasokan kayu padat sebagai komponen bahan bangunan perumahan. Keuntungan dari komposit kayu plastik dibanding dengan kayu alam adalah konsisten dan bentuknya seragam, tidak lapuk dan tidak dimakan serangga, tidak menyerap air dan tidak memerlukan pengecatan secara periodik.

Dalam upaya mendapatkan bahan yang tepat guna, berbagai macam bahan telah digunakan sebagai bahan baku komposit, antara lain untuk *manufactured wood*. Adapun serat dan pulp bambu sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan baku pengganti kayu untuk berbagai produk tersebut, misalnya papan serat. Dari penelitian terdahulu, diketahui bahwa beberapa jenis bambu yang endemik Jawa Barat, yaitu bambu tali, bambu temen dan bambu haur berpotensi untuk menghasilkan pulp yang baik. Selain itu, pada proses pemasakan untuk mengurangi kandungan ligninnya, diketahui bahwa bambu tali memerlukan konsentrasi zat kimia

yang paling rendah. Selanjutnya dari hasil uji coba pembuatan komposit diketahui bahwa komposit serat bambu tali/epoksi, dapat digunakan sebagai bahan peredam suara.¹⁴ Oleh karenanya, dalam upaya memanfaatkan penggunaan bahan baku nonkayu sebagai bahan baku komposit, maka dilakukan penelitian lanjutan yaitu pembuatan *manufactured wood* berupa papan serat dengan menggunakan serat dan pulp dari bambu tali (*G. apus*). Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal pembuatan komposit, yang dinilai berdasarkan kualitas produk, yaitu besarnya kandungan air, penyerapan, perubahan panjang dan pengembangan tebal, keteguhan lentur dan modulus elastisitasnya, sehingga diperoleh produk berupa papan serat dengan hasil yang dapat memenuhi standar yang berlaku (SNI 01 – 4449 – 2006)

METODE

Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah bambu tali, sedangkan bahan kimia yang digunakan yaitu soda kostik, natrium sulfida dan resin epoksi teknis.

Peralatan

Penyerpih kayu, *Digester*, *Mechanical Softening & Brushing* dan *Hot Press*.

Metode penelitian

Untuk pembuatan pulp, serat dan komposit bambu dilakukan sesuai dengan uraian pada Gambar 1.

- Penguraian Serat Bambu

Bambu dipotong dengan panjang sekitar 25 cm, kemudian dilakukan pemasakan dengan proses soda untuk menghilangkan sebagian kadar ligninnya. Pemasakan dilakukan dengan rasio 1 : 5, (perbandingan berat antara bahan dengan air) pada suhu 165°C selama 2 jam dengan menggunakan larutan soda kostik.

Selanjutnya serat yang sebagian besar masih menggumpal, diuraikan melalui proses penggarukan/ penyikatan pada alat “*mechanical softening and brushing*”.

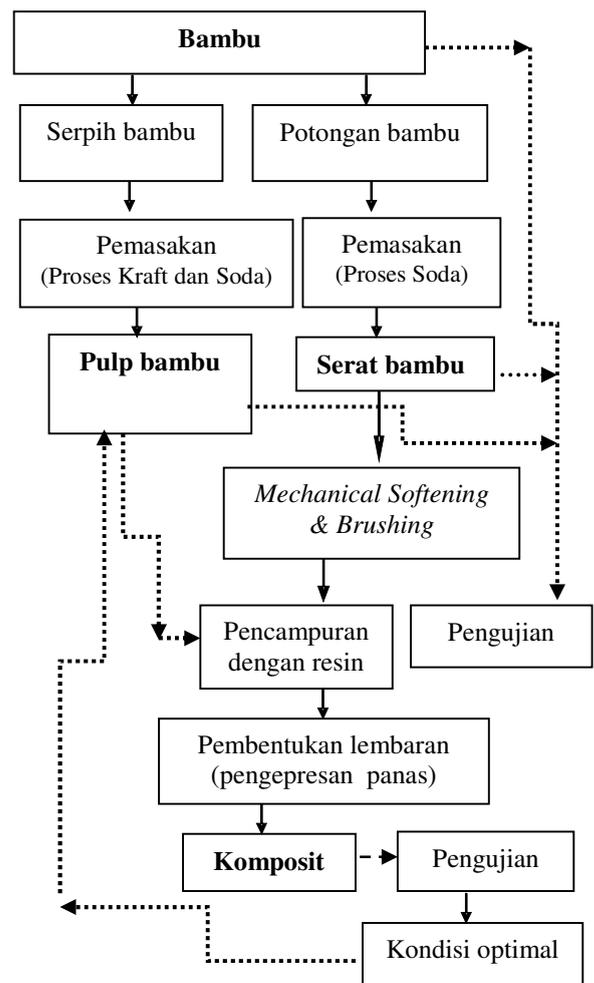
- Pembuatan Pulp (Proses soda dan proses Kraft)

Bambu dipotong, diserpih kemudian dibuat pulp dengan menggunakan proses Kraft dan proses soda. Pemasakan proses Kraft (pemasakan dengan menggunakan soda kostik dan natrium sulfida) dilakukan dengan rasio 1: 5 (perbandingan berat antara bahan dengan air), pada suhu 165°C selama 2 jam dengan alkali aktif dan sulfiditas yang divariasi, untuk mendapatkan variasi kandungan ligninnya, kemudian di-*refiner* 2 kali. Adapun untuk proses soda (pemasakan dengan soda kostik),

dilakukan seperti halnya pemasakan untuk menguraikan serat bambu.

- Pembuatan komposit

Pembuatan komposit dengan matriks resin epoksi diawali dengan menggunakan serat bambu, dengan perbandingan fraksi berat serat terhadap fraksi resin yang divariasi (1 : 0,5; 1 : 0,75; 1 : 1; 1 : 1,5 dan 1 : 2,25), pada tekanan 60 kg/cm² dan suhu 90°C (menggunakan alat *Hot Press*). Selanjutnya pada kondisi optimal proses dibuat komposit serupa dari pulp bambu (Gambar 1).



Gambar 1. Pembuatan komposit

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap bahan baku (bambu) dan produk jadinya (komposit).

Bambu

a. Analisa komponen kimia :

Meliputi analisis kadar air (SNI 08-7070-2005), kadar abu dan silikat (SNI ISO 776:2010), lignin (SNI 0492-2008), pentosan (SNI 14-1304-1989), ekstraktif : ekstrak alkohol-benzena (SNI 14-1032-1989), holoselulosa

(SNI 01-1303-1989), alpha selulosa (SNI 0444-2009), kelarutan air dingin dan air panas (SNI 01-1305-1989)

b. Morfologi serat

Morfologi serat antara lain, panjang dan diameter serat (menggunakan mikroskop binokuler yang dihubungkan dengan komputer dan layar monitor), kekakuan serat (tebal dinding serat dibagi diameter luar serat), kelenturan serat (diameter dalam serat dibagi diameter luar serat) dan finess pulp (secara gravimetri, yaitu massa serat yang tertahan di kertas saring 200 mesh).

c. Struktur mikro bambu (dengan SEM)

d. Analisa gugus fungsi (dengan Spektroskopi FTIR)

Komposit

a. Pengujian sifat fisik (SNI 01 – 4449 – 2006) :

Meliputi uji kerapatan, kadar air, perubahan panjang, penyerapan dan pengembangan tebal, keteguhan tarik, keteguhan lentur dan modulus elastisitas.

b. Struktur mikro bambu (dengan SEM)

c. Analisa gugus fungsi (dengan Spektroskopi FTIR)

hemiselulosa dan abu (silika) sekitar 25,28%; 2,39%; 14,15% dan 2,08%. Lignin, zat ekstraktif, hemiselulosa dan abu tersebut dapat menghalangi perekat untuk bereaksi dengan selulosa, terutama zat ekstraktif yang berpengaruh terhadap konsumsi perekat, laju pengerasan perekat dan daya tahan papan serat yang dihasilkan. Selain itu bahan ekstraktif yang menguap dapat menyebabkan terjadinya *blowing* atau deliminasi pada proses pengempaan.^{19 dalam 20}

Serat dan Pulp Bambu Tali

Komponen Kimia

Pemasakan dengan proses Kraft terhadap serpih bambu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi proses tersebut terhadap kandungan lignin pulp bambu yang dihasilkan, seperti terlihat pada Gambar 2.

Dari hasil uji, diketahui bahwa, variasi kondisi proses pemasakan bambu tali akan menghasilkan kandungan lignin yang berbeda-beda, dan semakin tinggi konsentrasi zat kimia yang digunakan, maka kandungan ligninnya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena bahan kimia yang digunakan akan mendegradasi lignin di dalam serat tersebut

HASIL DAN PEMBAHASAN

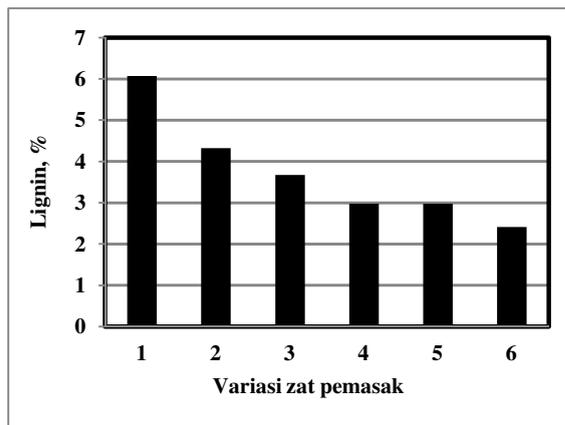
Bambu Tali

Hasil uji komponen kimia bambu tali disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen kimia bambu dan sifat kelarutannya (dalam air dan alkali)

No.	Parameter	Hasil (%)
1	Air	5,44
2	Abu	2,08
3	Ekstraktif	2,39
4	Lignin	25,28
5	Alpha Selulosa	50,63
6	Hemiselulosa	14,15
7	Holoselulosa	76,67
8	Kelarutan (air dingin)	5,76
9	Kelarutan (air panas)	7,08
10	Kelarutan (NaOH 1%)	22,66

Dari Tabel 1. Terlihat bahwa bambu tersebut selain mengandung selulosa, juga mengandung lignin, hemiselulosa, zat ekstraktif dan kotoran lainnya, seperti halnya serat kayu.^{24,25} Lignoselulosa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan baku pembuatan papan partikel atau papan serat.⁷ Adapun dari hasil analisa komponen kimia tersebut diketahui bahwa kandungan alpha selulosanya adalah sekitar 50,63%, sedangkan lignin, zat ekstraktif,



- 1. AA 14%, S 25%
- 2. AA 16%, S 25%
- 3. AA 18%, S 25%
- 4. AA 20%, S 25%
- 5. AA 22%, S 32%
- 6. AA 24%, S 32%

Keterangan :
AA : Alkali Aktif S : Sulfiditas

Gambar 2. Pengaruh proses pemasakan (proses kraft) terhadap kandungan lignin

Pada pembuatan komposit, lignin dalam serat alam yang berfungsi sebagai penguat masih diperlukan, sehubungan dengan sifatnya sebagai perekat, sehingga serat tidak mudah putus/regas atau kekuatannya sangat rendah, begitu halnya untuk pulp bambu. Adapun pada pembuatan kertas, kandungan lignin yang diperlukan adalah bervariasi tergantung jenis kertas yang akan dibuat. Untuk membuat kertas putih berkualitas tinggi, kandungan lignin harus serendah mungkin {target bilangan Kappa 15 ± 1

(lignin sekitar 2,2%)), agar mudah diputihkan (*bleaching*) dan memenuhi derajat putih yang sesuai standar SNI (yaitu 85%), sedangkan untuk kertas karton liner, yang tidak perlu diputihkan, kandungan lignin minimal sekitar 5%, agar kertas memiliki kekakuan yang cukup. Oleh karena itu untuk mengetahui potensi pulp sebagai bahan baku karton untuk pembuatan komposit, maka dipilih pulp dengan kandungan lignin sekitar 5% (bilangan Kappa sekitar 30), yaitu hasil pemasakan dengan proses Kraft, menggunakan alkali aktif dan sulfiditas pada konsentrasi 16% dan 25% (Gambar 2). Adapun untuk mendapatkan serat dan pulp dari bilah bambu dan serpih bambu untuk bahan baku komposit, maka dilakukan pemasakan dengan proses soda, menggunakan larutan soda kostik dengan konsentrasi yang relatif lebih rendah dari proses Kraft, yaitu 12%.¹⁴ Adapun hasil uji komponen kimia serat dan pulp tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen kimia serat dan pulp bambu

No.	Parameter	Serat		Pulp	
		Proses Soda	Proses Soda	Proses Kraft	Proses Kraft
1	Abu, %	3,63	1,54	0,55	
2	Ekstraktif, %	3,29	2,92	0,16	
3	Lignin, %	13,96	12,37	4,32	
4	Hemiselulosa, %	14,87	18,30	15,59	
5	Alpha Selulosa, %	67,71	74,94	88,10	
6	Kadar air, %	4,56	5,27	5,65	

Dari Tabel 2. diketahui bahwa serat bambu yang dimasak dengan proses soda, masih mengandung alpha selulosa dan hemiselulosa sebesar 67,71% dan 14,87%, sedangkan kadar lignin, abu dan ekstraktifnya adalah 13,96%, 3,63% dan 3,29%. Kadar lignin, abu dan ekstraktif pulp bambu hasil pemasakan dengan proses Kraft adalah lebih kecil dibandingkan serat dan pulp bambu yang dimasak dengan proses soda, sedangkan kadar selulosanya lebih tinggi. Serat dan pulp hasil pemasakan dengan proses soda masih mengandung lignin yang cukup besar dibandingkan dengan proses Kraft, yaitu 13,96% dan 12,37%. Hal tersebut disebabkan karena pemasakan proses soda hanya menggunakan soda saja dan konsentrasinyapun lebih rendah dibanding proses Kraft, sehingga lignin, abu dan ekstraktif yang terkandung di dalamnya tidak semuanya dapat didegradasi/dilarutkan.

Pada pembuatan komposit, kadar air yang maksimal adalah (10 – 14)%, karena apabila terlalu tinggi, maka keteguhan lentur dan keteguhan rekat internal papan partikel akan menurun.⁷ Dari hasil uji diketahui bahwa kadar air pulp dan serat tersebut masih dibawah 10%, maka diharapkan tidak berpengaruh terhadap kualitas komposit.

Morfologi Serat

Morfologi serat dan pulp bambu setelah proses pemasakan disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3. diketahui bahwa panjang serat rata-rata bambu tali hasil pemasakan berukuran antara (2,3 - 4,5) mm. Menurut klasifikasi IAWA, serat bambu termasuk kelas serat panjang, yaitu minimal 1,9 mm.^{26 27,28} Serat hasil pemasakan bilah bambu dengan proses soda adalah lebih panjang, terutama dibandingkan dengan hasil pemasakan dengan proses Kraft. Hal tersebut mungkin dapat disebabkan oleh konsentrasi bahan kimia proses Kraft yang lebih tinggi dari proses soda, sehingga serat selulosa terdegradasi atau terhidrolisis. Dari literature²⁹ diketahui bahwa semakin panjang serat, maka pulp yang dihasilkan akan memiliki kekuatan yang tinggi. Hal ini disebabkan serat panjang memberikan bidang persentuhan yang lebih luas dan anyaman lebih baik antara satu serat dengan lainnya, yang memungkinkan lebih banyak terjadi ikatan hidrogen antar serat - serat tersebut.²⁹ Hal tersebut kemungkinan besar berlaku pula terhadap komposit yang dihasilkannya.

Tabel 3. Morfologi serat dan pulp bambu

No.	Parameter	Serat		Pulp	
		Proses Soda	Proses Soda	Proses Kraft	Proses Kraft
1	Panjang serat, mm	4,50	2,77	2,30	
2	Diameter luar, μm	17,35	29,42	20,80	
	Diameter dalam, μm	6,59	14,42	-	
3	Tebal dinding, μm	5,39	7,48	5,20	
4	Kekakuan	0,31	0,25	-	
5	Kelenturan	0,38	0,49	-	
6	Finess	-	-	6,95	

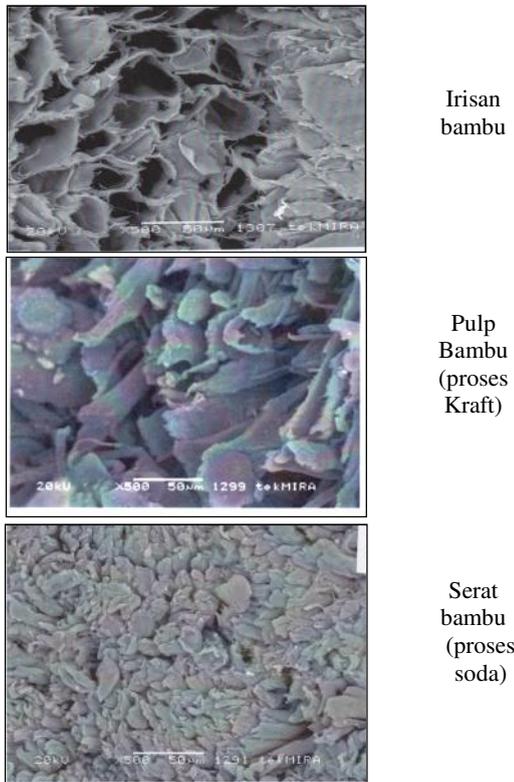
Dari Tabel tersebut diketahui pula bahwa setelah dimasak, serat hasil pemasakan dengan proses soda ternyata lebih kaku dan kurang lentur dibandingkan dengan pulp yang dimasak dengan proses yang sama. Hal tersebut mungkin disebabkan karena kandungan kadar abu, ekstraktif dan ligninnya yang relatif lebih besar (Tabel 2.), sehingga serat menjadi lebih kaku dan kurang lentur.

Dari hasil uji komponen kimia dan morfologi serat tersebut, diketahui bahwa pemasakan bilah bambu dengan proses soda dan serpih bamboo dengan proses Kraft, berpotensi untuk menghasilkan serat dan pulp yang baik.^{14, 26,28}

Struktur Mikro

Untuk mengetahui struktur mikro serat sebelum dan sesudah pemasakan, maka dilakukan pengujian menggunakan SEM dan hasilnya disajikan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 terlihat spesimen material tersebut, yaitu struktur mikro irisan bambu, pulp dan serat bambu. Untuk irisan bambu, terlihat lubang-lubang pori material penyusun membentuk saluran. Pada material penyusun spesimen pulp terlihat adanya rongga udara diantara serat dalam pulp, sedangkan spesimen serat bambu pada posisi tersebut tampak lebih rapat atau kompak dibanding pulp.



Gambar 3. Struktur mikro (SEM 500 X)

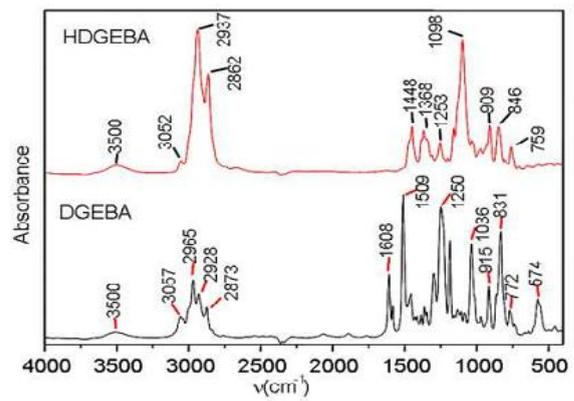
Komposit Serat Bambu

Gugus Fungsi

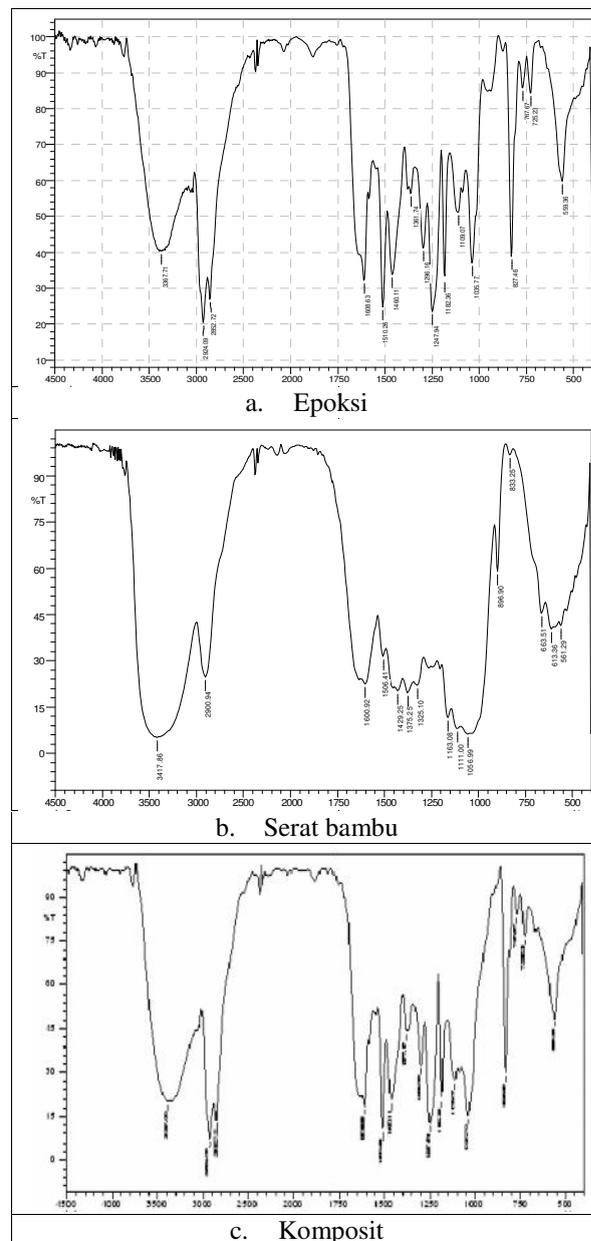
Hasil analisa gugus fungsi terhadap resin epoksi, serat bambu dan komposit tersebut disajikan pada Gambar 4 dan 5.

- Resin epoksi

Resin ini banyak digunakan sebagai matrik dalam polimer komposit. Terdapat dua kelompok utama resin yaitu *glycidyl epoxies* dan *non-glycidyl epoxies* (aliphatik epoksi), dan yang umum digunakan adalah *diglycidylether of bisphenol A* (DGEBA) dan *3,4-Epocyclohexyl-3'4'-epoxycyclohexane carboxylate* (ECC).³⁰



Gambar 4. Spektrum FTIR untuk epoksi HDGEBA dan DGEBA



Gambar 5. Spektrum FTIR epoksi (a), serat bambu (b), dan komposit (c)

Spektroskopi infra merah dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat epoksi, dan Gambar 4. menunjukkan Spektrum FTIR untuk epoksi HDGEBA dan DGEBA. Adapun hasil analisis FTIR untuk resin epoksi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 5.a. Dari hasil analisa FTIR tersebut terlihat bahwa serapan untuk Spektrum FTIR tersebut mirip dengan epoksi DGEBA.

- Serat bambu

Gugus fungsional selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n, dari rantai selulosa adalah gugus hidroksil (-OH), yang dapat berinteraksi dengan gugus -O, -N, dan -S, membentuk ikatan hidrogen. Selain itu, rantai selulosa memiliki gugus -H di kedua ujungnya.

Adapun spektrum FTIR serat bambu disajikan pada Gambar 5.b. Dari hasil evaluasi spektrum tersebut terhadap spektrum FTIR serat selulosa (absorpsi bilangan gelombang selulosa), diketahui bahwa serat tersebut merupakan selulosa yang antara lain ditunjukkan dengan adanya *peak* pada bilangan gelombang 3417 cm^{-1} dan 2900 cm^{-1} , yang menunjukkan adanya gugus -OH dan -CH. Serapan pada bilangan gelombang 1600 cm^{-1} merupakan gugus karbonil dari lignin. Ikatan $C=C$ *aromatic symmetrical stretching* terdeteksi pada serapan bilangan gelombang 1506 cm^{-1} . Adapun serapan pada bilangan gelombang 1429 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus CH - *asymmetric Bending*. Gugus -CH juga ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang 1375 cm^{-1} . Ikatan *nonsymmetric in phase ring* terdeteksi pada serapan bilangan gelombang 1111 cm^{-1} . Selain itu, gugus C-O terdeteksi pada bilangan gelombang 1056 cm^{-1} .³¹

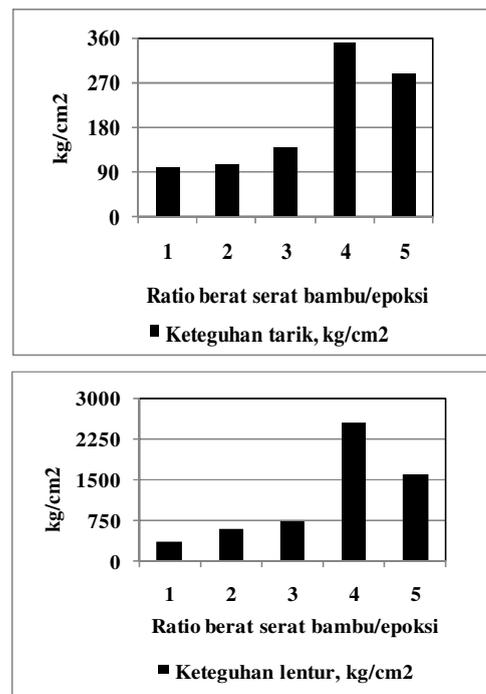
- Komposit serat bambu

Gambar 5.c. merupakan analisa FTIR terhadap komposit serat bambu/epoksi.

Dengan membandingkan Gambar 5.c. terhadap hasil uji analisa FTIR epoksi dan serat bambu (Gambar 5.a. dan 5.b.), maka diketahui bahwa bahwa spektrum FTIR komposit tersebut merupakan gabungan antara spektrum serat bambu dan epoksi, yang ditunjukkan dengan ditunjukkan dengan adanya *peak* pada bilangan gelombang yang sama.

Sifat fisik

Pembuatan komposit dengan matriks resin epoksi diawali dengan menggunakan serat bambu hasil pemasakan dengan proses soda, dan dilakukan dengan cara memvariasi ratio berat serat terhadap matriksnya, seperti telah diuraikan di metodologi. Selanjutnya untuk mengetahui kekuatan produknya, maka dilakukan uji keteguhan tarik dan lentur, yang hasilnya disajikan pada Gambar 6.



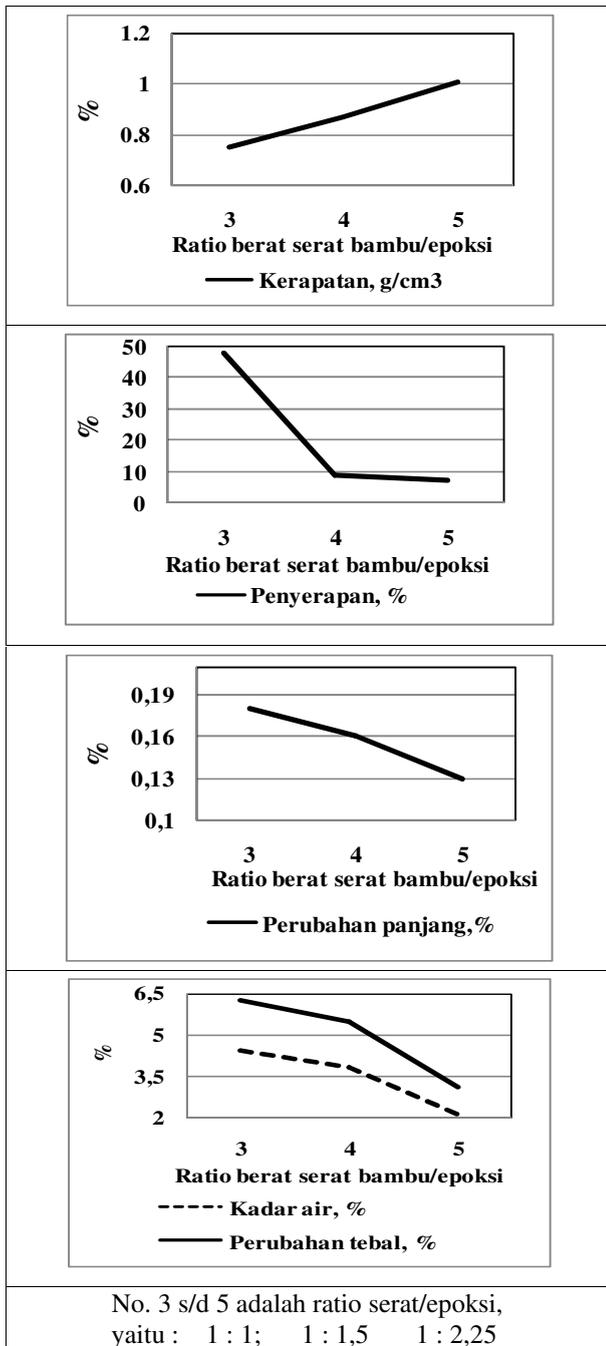
No. 1 s/d 5 adalah ratio berat serat/epoksi, yaitu : 1 : 0,5; 1 : 0,75; 1 : 1; 1 : 1,5 1 : 2,25

Gambar 6. Pengaruh komposisi serat/epoksi terhadap keteguhan tarik dan lentur

Dari hasil uji di atas diketahui bahwa semakin banyak penggunaan matriks epoksi sampai batas tertentu akan menaikkan keteguhan tarik dan lenturnya, kemudian menurun seiring dengan berkurangnya pemakaian serat. Seperti halnya resin, semakin banyak penggunaan serat sampai batas tertentu juga akan menaikkan sifat fisik komposit, namun penggunaan serat yang berlebihan juga akan menurunkan sifat fisiknya. Hal ini disebabkan karena pemakaian serat yang berlebihan akan menyebabkan permukaan komposit menjadi tidak rata karena sebagian serat tidak terikat oleh matriks epoksi/resin (resin tersebut tidak dapat menutupi seluruh permukaan komposit).

Hal tersebut dapat diketahui dari hasil pengamatan secara visual, yaitu pada penggunaan epoksi yang rendah {0,5 s/d 1, terutama 0,5 dan 0,75 bagian terhadap serat (contoh uji nomor 1 dan 2)}, maka akan menghasilkan produk dengan kualitas yang rendah, yaitu permukaan komposit tidak rata dan terasa kasar, karena sebagian serat tidak terikat oleh resin. Selain itu dari hasil foto SEM (Gambar 9), terlihat adanya rongga udara (void).

Selanjutnya untuk mengetahui sifat fisik lainnya, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan contoh uji nomor 3, 4 dan 5, seperti disajikan pada Gambar 7. Selain pada Tabel 4 disajikan pula persyaratan teknis untuk papan serat dan hasil uji komposit pada kondisi optimal.



Gambar 7. Pengaruh komposisi serat/epoksi terhadap sifat fisik komposit

Dari uraian di atas diketahui bahwa penggunaan resin $\geq 1,5$ bagian terhadap serat akan menghasilkan produk yang cukup baik dan sifat-sifat fisiknya dapat memenuhi standar yang berlaku (Tabel 4). Akan tetapi dalam upaya memaksimalkan penggunaan serat alam sebagai penguat, maka untuk percobaan selanjutnya kondisi optimal yang ditetapkan dari penelitian ini yaitu, komposit yang perbandingan antara berat serat terhadap resin adalah 1:1,5, karena ketegulan lentur dan modulus elastisitasnya juga cukup tinggi, seperti terlihat pada Tabel 4.

Dari Gambar 7 dan Tabel 4, diketahui bahwa komposit dari serat bambu akan menghasilkan komposit dengan kerapatan antara $(0,75 - 1,01) \text{ g/cm}^3$ atau termasuk dalam kelompok komposit dengan kerapatan sedang dan tinggi (menurut SNI 01 – 4449 – 2006). Selain itu karena adanya rongga udara dalam komposit (Gambar 9) mengakibatkan kerapatan komposit maksimal adalah 1,01. Diketahui pula bahwa semakin banyak penggunaan epoksi, maka kerapatan komposit akan semakin besar; namun kadar air, penyerapan air, perubahan panjang dan pengembangan tebalnya akan semakin kecil. Hal tersebut antara lain mungkin karena semakin tinggi kerapatan komposit, maka ikatan antar partikel akan semakin kompak, sehingga rongga udara dalam komposit semakin kecil. Akibatnya air/uap air semakin sulit untuk mengisi rongga tersebut, sehingga daya serap airnya mengecil.³²

Tabel 4. Persyaratan teknis untuk papan serat (SNI 01 – 4449 – 2006) dan hasil uji komposit serat bambu

No.	Parameter	Persyaratan	Komposit serat (pada kondisi optimal)
1	Kerapatan, g/cm^3 - Rendah - Sedang - Tinggi	$< 0,4$ $0,4 - 0,84$ $> 0,84$	0,87
2	Kadar air, %	maksimal 13%	3,85
3	Penyerapan, (Kerapatan Tinggi – Tipe T2 45)	maksimal 20%	8,92
4	Perubahan tebal, %	maksimal 10%	5,55
5	Perubahan panjang, %	Maksimal 0,5%	0,16
6	Keteguhan lentur, kg/cm^2 (Tipe 2 45).	≥ 45	2.568,5
7	Modulus elastisitas, kg/cm^2	≥ 459	10.605
8	Keteguhan tarik, kg/cm^2	-	350,576

Perbandingan antara Komposit Serat dan Pulp Bambu

Penelitian selanjutnya yaitu pembuatan komposit dari pulp bambu yang dilakukan pada kondisi optimal. Adapun perbandingan antara komposit serat dan pulp bambu tersebut disajikan di bawah ini.

Contoh Komposit

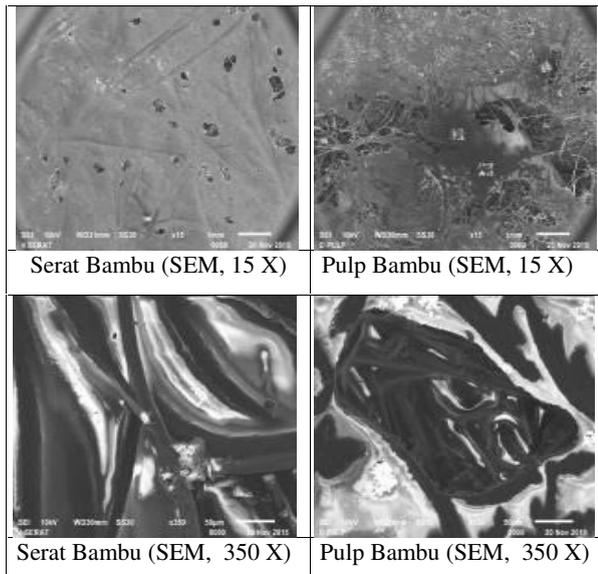


Gambar 8. Komposit serat bambu (kiri) dan pulp bambu (kanan)

Dari Gambar 8 secara visual diketahui bahwa komposit serat bambu terlihat lebih padat dan warnanyapun lebih gelap dibanding pulp bambu.

Struktur Mikro

Untuk mengetahui struktur mikro komposit dari serat dan pulp bambu, maka dilakukan pengujian menggunakan SEM dan hasilnya disajikan pada Gambar 9.

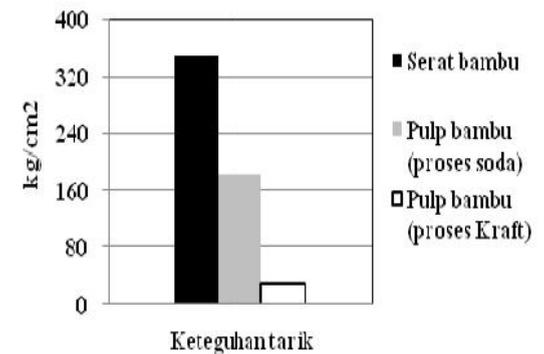
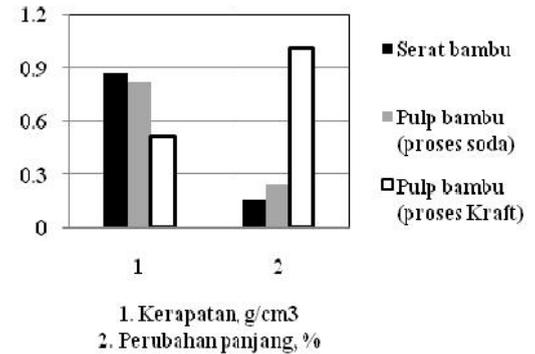
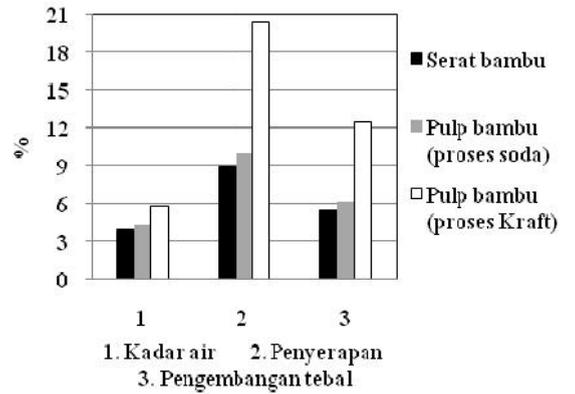


Gambar 9. Struktur Mikro Komposit

Dari gambar tersebut terlihat spesimen material tersebut, yaitu struktur mikro komposit serat dan pulp bambu. Untuk komposit pulp bambu, terlihat lubang-lubang pori material yang lebih luas dan adanya rongga udara diantara serat dalam pulp tersebut, sedangkan spesimen komposit serat bambu tampak lebih rapat atau kompak dibanding pulp.

Sifat Fisik

Karakteristik komposit, terutama sifat fisiknya disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Sifat fisik komposit serat dan pulp bambu

- Dari Gambar 10 diketahui bahwa :
- Kadar air, penyerapan air, pengembangan tebal dan perubahan panjang komposit serat bambu adalah yang paling rendah dan sesuai dengan standar yang berlaku.
 - Dari serat bambu akan diperoleh komposit dengan kerapatan tinggi (> 0,84 g/cm³)
 - Dari pulp bambu akan diperoleh komposit dengan kerapatan sedang (< 0,4 g/cm³– 0,84 g/cm³)
 - Keteguhan tarik serat bambu adalah yang paling tinggi dan sesuai dengan standar yang berlaku.

Dari uraian di atas diketahui bahwa kerapatan komposit serat bambu adalah lebih besar dibanding komposit pulp bambu. Hal tersebut antara lain karena rongga udara pada komposit pulp bambu adalah lebih luas (Gambar 9),

sehingga kerapatannya menjadi rendah. Pada umumnya semakin tinggi kerapatan komposit, maka akan semakin baik pula sifat fisik mekaniknya.^{23, 33} Selain itu, sifat fisik yang lebih baik tersebut mungkin disebabkan karena serat bambu mempunyai panjang serat dan kadar lignin (yang bersifat sebagai perekat) yang lebih besar, sehingga dapat meningkatkan kekuatan komposit.

Dari pulp hasil proses Kraft, diperoleh komposit yang tidak dapat memenuhi standar, karena pengembangan tebal (= 12,53%) dan perubahan panjangnya (=1,03%) adalah lebih besar dari batas maksimum yang diperkenankan, yaitu 10% dan 0,5% (SNI 01 – 4449 – 2006)

Kondisi optimum untuk pembuatan papan serat diperoleh dari komposit berbahan baku serat bambu hasil pemasakan bilah bambu dengan proses soda, pada perbandingan berat antara fraksi berat serat terhadap fraksi resin (epoksi), yaitu 1 : 1, 5. Adapun komposit tersebut termasuk ke dalam klasifikasi untuk Papan Serat Kerapatan Tinggi (PSKT) Tipe 2 45 dengan sifat fisik yang memenuhi standar yang berlaku (Tabel 4).

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dimasa yang akan datang serat tersebut dapat dimanfaatkan sebagai substitusi kayu pada industri *manufactured wood*, sehubungan dengan semakin terbatasnya ketersediaan kayu. Dengan dibuat menjadi papan serat, maka nilai tambah produk yang berasal dari bambu akan meningkat. Selain itu, produknya lebih ramah lingkungan, karena dapat mensubstitusi pemakaian serat sintetis.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah diperoleh metoda pembuatan komposit berbahan baku serat dari bambu tali (*G. apus*). Kondisi optimal diperoleh dari komposit serat dari proses soda dengan resin epoksi, dengan perbandingan berat antara serat terhadap resin, yaitu 1:1,5; yang akan menghasilkan papan serat dengan kerapatan tinggi (0,87 g/cm³). Selain itu, sifat-sifat fisik lainnya seperti kadar air (3,85%), perubahan panjang (0,16%), pengembangan tebal (5,55%) dan penyerapan (8,92%), keteguhan lentur (2568,5 kg/cm²) dan modulus elastisitasnya (10605 kg/cm²) dapat memenuhi standar yang berlaku untuk Papan Serat Kerapatan tinggi, Tipe 2 45, berdasarkan SNI 01 – 4449 - 2006.

SARAN

Diharapkan di masa yang akan datang serat bambu dapat dimanfaatkan sebagai substitusi kayu pada industri *manufactured wood*, yaitu papan serat, karena produk akhirnya dapat memenuhi standar yang berlaku.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Dany Cahyadi, M.T. (peneliti dari Puslitbang Pemukiman) dan bapak Sudiyanto (teknisi litkayasa pada Balai Besar Tekstil), atas bantuannya untuk menyelesaikan penelitian ini.

PUSTAKA

1. Rosato, D.V and Di Matitia D.P. *Disigning with Plastic and Composite : A Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York. (1991).
2. Mahieux, C.A. *Environment Degradation in Industrial Composites*, Elsevier, London. (2006).
3. Luigi, N. and Assunta B. *Willey Encyclopedia of Composites*, John Willey and Sons, Inc, New York. (1999),
4. Schwartz, M.M, *Composite Materials Handbook*, 2nd ed., Mc. Graw – Hill Inc. (1992).
5. Alaya, F.H.M. Potensi Serat Batang (Bast Fibers) sebagai Penguat Biokomposit untuk Aplikasi Otomotif, *TRAKSI*, Vol. **13**, No. **2**, Desember. (2013).
6. Setyanto, H., dkk. Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan dan Persentase Perekat terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serat Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa, *Performa*, Vol. 10, No. 2, : 89 – 94. (2011).
7. Sudarsono, Rusianto T, Suryadi Y. Pembuatan Papan partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal), *Jurnal Teknologi*, Vol **3** (1). (2010).
8. Anonim. *Statatistik Kementrian Kehutanan*, Jakarta. (2006).
9. Kadarisman, D. dan Silitonga T. Mempelajari Pembuatan Pulp Sulfat dari Beberapa Jenis Bambu, *Buletin Penelitian*, Dep. Penelitian Teknologi Hasil Pertanian IPB, **10** : 14 – 19. (1976).
10. Parlindungan, M., Deddy C., Eko S.H. Kajian Teknis Penggunaan Serat Bambu sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak, *Laporan Kegiatan*, Fak. Teknik UNDIP, November. (2005).
11. Herliyana, E.N., Noverita, Lisdar I.S. Fungsi pada Bambu Kuning (*B. vulgaris schard var. vitata*) dan Bambu Hijau (*B. vulgaris schard var. vulgaris*) serta Tingkat Degradasi yang Diakibatkannya, *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, **18** (1): 2 -10. (2005).
12. Krisdianto, G.S., dkk. Sari Hasil Penelitian Bambu. *Sari Hasil Penelitian Rotan dan*

- Bambu*, Puslitbang Hasil Hutan, Bogor. (2000).
13. Kusumah, S.S., B. Subiyanto, M. Yusram M. Optimasi Pembuatan Papan Komposit Berbahan Baku Limbah Kayu dan Bambu, *Widyariset*, Vol. 14 No. 2, Agustus. (2011).
 14. Mutia, T., Susi S., Teddy K., Hendro R. Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara, *Jurnal Selulosa*, Vol. 4, No. 1. (2014).
 15. Sharma, Y.M.L. Bamboos in the Asia - Pacific Region in Bamboo Research in Asia; Editors: Gilles Lessard and Amy Chouinard, *Proceedings*, International Development Research Centre and the International Union of Forestry Research Organization, Singapore, 28-30 May. (1980).
 16. Xiao, Y. Modern Bamboo Structure, *Proceeding of First International Conference on Modern Bamboo Structure (ICBS-2007)*, Changsha, China. (2008).
 17. Widjaja, E.A. Identifikasi Jenis-Jenis Bambu Di Jawa, *Laporan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI. Bogor. (2001).
 18. Astrom, B.T. *Manufacturing of Polymer Composites*, Chapman & Hall, London, and Weinheim, New York. (1997).
 19. Maloney, T. M. *Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manufacturing*, Miller Freeman, Inc. San Fransisco. (1993).
 20. Lukman, A. Karakteristik Partikel Tandan Kosong Sawit setelah Perendaman Air Dingin, Air Panas, Etanol-Benzena, *Skripsi*, Bogor : Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. (2008).
 21. Kollman, F.F.P.E.W., Kuenzi, Stamm A.J. *Principles of Wood : Science and Technology II*, Springer - Verlag, Berlin Heidelberg, New York.(1975).
 22. Suantara, D. dan Endah O. Pemanfaatan Serat Kelapa dan Serat Abaka sebagai Bahan Baku Papan Partikel, *Arena Tekstil*, Vol. 30, No. 1. (2015).
 23. Christian, R.K., Mathias K., Poul H.K. Flexible Mould for Freecast Concrete Element, *Proceeding of the International Ass. for Shell and Spatial Structure (IASS) Symposium*, Shanghai, China. (2010).
 24. Agustina, D. “Kadar Lignin dan Tipe Monomer Penyusun Lignin pada Kayu Akasia”, *Thesis*, Dep. Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. (2009).
 25. Robert, F.R. *Bast and Other Plant Fibers*, The Textile Institute, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge England (2005).
 26. Patriasari, W., Euis H. Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia pada Enam Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(2), 67-72. (2008).
 27. Khakifirooz, A., Ravanbakhsh, F., Samariha, A., Kiaei, M. Investigating the Possibility of Chemi-mechanical Pulping of Bagasse, *Bioresource*, 8(1), 21-30. (2013).
 28. Syafii, W. dan I.Z. Siregar. Sifat Kimia dan Dimensi Serat Kayu Mangium (*Acasia Mangium Willd*) dari Tiga Provenans, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, Vol. 4. No. 1. :29-32, Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia.(2006).
 29. Pasaribu, R.A dan Tampubolon A.P.. Status Teknologi Pemanfaatan Serat Kayu Untuk Bahan Baku Pulp, *Workshop Sosialisasi Program dan Kegiatan Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat (BPHPS) Guna Mendukung Kebutuhan Riset Hutan Tananam Kayu Pulp dan Jejaring Kerja*, BPHPS – Kuok. (2007).
 30. González, M., Juan C. C., Juan B. Applications of FTIR on Epoxy Resins - Identification, Monitoring the Curing Process in Infrared Spectroscopy - *Materials Science, Engineering*, ISBN 978-953-51-0537-4, 524 pages, Publisher: InTech, Chapters Published, April 25. (2012).
 31. Kondo, T. Hydrogen Bonds in Regio - selectively Substituted Cellulose Derivatives, *J. of Polymer Science - Part B; Polymer Physics*, Volume 32, Issue 7, May. (1994).
 32. Trisna, H. dan Alimin M. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk dengan Penambahan Boraks (*Dinatrium Tetraborat Decahydrate*), *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 1, No. 1, Oktober. (2012).
 33. Agarwal, B.D and Broutman. L.J., *Analysis and Performance of Fibre Composite*, Wiley – Interscience, New York. (1990)

