

**PEMBUATAN PAPAN ISOLASI DARI CAMPURAN PULP LIMBAH
PEMBALAKAN HUTAN DAN ARANG AKTIF DENGAN BAHAN
PEREKAT KHITOSAN CANGKANG UDANG**
*(Manufacture of Insulation Board from the Mixture of Forest-Logging
Waste Pulp and Activated Charcoal Using Chitosan from
Shrimp Exoskeleton as Glue)*

Oleh / By:

Han Roliadi, Rena M Siagian, Dian Anggraini Indrawan & Rosi M. Tampubolon

¹ Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu, No. 5 Bogor, 16610, Tlp. 0251- 8633378, Fax 0251-8633413

Diterima 28 November 2011, disetujui 5 Maret 2012

ABSTRACT

This study examined characteristics of insulation board manufactured from the mixture of wood wastes from Eucalyptus hybrid plantation forest (PF) logging and activated charcoal, and the adhesive as used was chitosan derived from the shrimp exoskeleton.

PF-logging's wood wastes were reduced in size to chips, then made into pulp using open hot soda chemical process at the condition being alkali (NaOH) concentration at 8%, wood to liquor ratio 1:8 (w/v), and maximum cooking temperature 100°C held for 3 hours. Insulation-board mat was formed using the wet process from the mixture of PF logging's wood wastes and activated charcoal at the proportions (w/w) consecutively 100% + 0%, 97,5% + 2,5%, 95% + 5%, 92,5% + 7,5%, dan 90% + 10%. Prior to mat forming, to the mixture were added 2 kinds of adhesives separately (i.e. chitosan and tapioca as the comparison) 5 % each.

Physical and mechanical properties of the resulting insulation board with tapioca were better than those with chitosan. The greater the portion of activated charcoal mixed to the PF-logging's wood wastes, the lower the density and the strength (MOR), the more increased the moisture content, but the more improved the dimensional stability. The insulation board which revealed the most promising prospects and could favorably meet the JIS specification was the one from the mixture proportion of PF-logging's wood wastes and activated charcoal at 97.5% + 2.5%, using tapioca adhesive, and the one from solely 100% PF-logging wastes (without activated charcoal) using chitosan.

Keywords: Wood wastes, Eucalyptus hybrid, insulation board, chitosan glue (adhesive) from shrimp exoskeleton, activated charcoal

ABSTRAK

Telah dilakukan percobaan pembuatan papan isolasi menggunakan bahan baku campuran limbah pembalakan kayu HTI (Hutan Tanaman Industri) jenis *Eucalyptus hybrid* dan arang aktif, dengan penggunaan perekat khitosan dari limbah cangkang udang.

Limbah pembalakan dibuat menjadi serpih, lalu diolah menjadi pulp menggunakan proses semi-kimia soda panas terbuka pada kondisi: konsentrasi NaOH 8%, nilai banding bahan baku serpih dengan larutan pemasak 1 : 8 (b/v), dan suhu pemasakan maksimum 100°C yang dipertahankan selama 3 jam. Pembentukan papan isolasi menggunakan cara basah dari campuran pulp limbah pembalakan HTI dan arang aktif dengan komposisi (b/b) 100% + 0%, 97,5% + 2,5%, 95% + 5%, 92,5% + 7,5%, dan 90% +

10%. Sebelum dibentuk lembaran, pada campuran tersebut ditambahkan dua macam perekat (khitosan dan tapioka) secara terpisah masing-masing sebanyak 5%.

Sifat fisis dan mekanis papan isolasi dengan perekat pati lebih baik dibandingkan dengan perekat khitosan. Semakin tinggi porsi campuran arang aktif pada pulp limbah pembalakan, cenderung menurunkan kerapatan dan sifat kekuatan (MOR), meningkatkan kadar air, tetapi memperbaiki kestabilan dimensi. Papan isolasi yang memenuhi persyaratan JIS adalah dengan perekat pati pada porsi campuran pulp limbah pembalakan-arang aktif 97,5% + 2,5%, dan papan isolasi dengan perekat khitosan tetapi dari pulp limbah pembalakan 100%.

Kata kunci: Limbah pembalakan kayu HTI, *Eucalyptus hybrid*, papan isolasi, perekat tapioka dan khitosan cangkang udang, arang aktif, sifat fisis dan kekuatan

I. PENDAHULUAN

Papan serat didefinisikan sebagai salah satu produk panel hasil rekonstitusi kayu atau bahan berserat ligno-selulosa lainnya. Volume ekspor papan serat Indonesia pada periode 2004-2008 relatif rendah dibandingkan dengan volume impor pada periode yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa produksi papan serat Indonesia dalam negeri saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan domestiknya. Secara tradisional, industri papan serat menggunakan bahan baku kayu karet tua hasil peremajaan, dan jenis tertentu kayu hutan rakyat (HR) dan HTI (Anonim, 2007; 2009).

Kebijakan *soft landing* Kementerian Kehutanan menganjurkan penggunaan kayu sisa hutan tanaman sebagai bahan baku papan serat. Kebijakan tersebut bertujuan mengurangi peran kayu hutan alam sebagai pemasok industri perkayuan, termasuk industri pulp/kertas/papan serat, dan mengganti secara bertahap dengan bahan serat berligno-selulosa lain, seperti kayu HR atau HTI dan kayu karet tua (Pasaribu & Roliadi, 2006). Pada sisi lain, potensi limbah pembalakan sebesar 1,5-3,0 juta m³/tahun, dan dibiarkan membusuk di tempat penebangan (Pasaribu *et al.*, 2006). Pemanfaatan limbah pembalakan HTI dapat menjadi sumber utama bahan baku industri papan serat nasional. Namun demikian, kegiatan penelitian untuk produksi papan serat masih terbatas.

Produk panil papan serat yang berkembang pesat adalah papan isolasi (*insulation board*) yang memiliki selang kerapatan rendah sekitar 0.15-0.35 g/cm³ (Tsoumi, 1993; Anonim, 2003). Papan isolasi banyak digunakan sebagai dinding penyekat, bagian interior atau eksterior bangunan,

bahan dekorasi, konstruksi ringan-menengah, peredam bunyi/getaran, penyekat (penghambat aliran) panas, dan isolator aliran listrik (Anonim, 2009; 2010).

Dalam upaya meningkatkan karakteristik papan isolasi, maka pada pembuatannya dapat ditambahkan arang aktif. Arang aktif merupakan bahan berpori produk arang (hasil karbonisasi kayu atau bahan berserat lingo-selulosa lain) yang telah melalui proses aktivasi menggunakan kombinasi uap air panas dan bahan kimia tertentu (antara lain senyawa fosfat atau klorida dalam bentuk larutan), sehingga arang tersebut memiliki luas permukaan besar. Arang aktif yang bersifat polar efektif sebagai absorben (penyerap gas atau cairan bersifat polar, misalnya gas-gas beracun) (Saptadi, 2009). Diharapkan penambahan arang aktif dalam MDF selain memperbaiki sifat fisis dan menambah daya guna papan serat tersebut, juga mengurangi dampak negatif dari produk tersebut. Di samping itu, penggunaan bahan aditif khitosan pada papan isolasi diharapkan dapat memperbaiki kekuatan dan sifat-sifat lainnya. Khitosan merupakan polimer alami yang banyak terdapat pada kerangka mahluk air golongan *crustaceans* seperti udang, kepiting, dan *crawfish*. Dalam polimer alami tersebut terdapat khitin (polisakarida yang mengandung unsur nitrogen), lipoprotein, glikogen (Starr dan Taggart, 1993; Anonim, 2010a). Dengan demikian penggunaan bahan aditif khitosan pada papan isolasi diharapkan dapat berfungsi sebagai perekat dan menyamai peranan pati yang sudah banyak dimanfaatkan sebagai perekat konvensional pada pengolahan kertas dan papan serat (Blomquist *et al.*, 1981). Salah satu sumber khitosan adalah udang di mana banyak terdapat pada kerangka luar atau cangkangnya. Cangkang

tersebut merupakan limbah yang terbentuk secara berlimpah dari pengolahan udang untuk tujuan pangan terutama, dan sebegitu jauh belum banyak dimanfaatkan (Anonim, 2004).

Tulisan ini melaporkan hasil percobaan pembuatan papan serat berkerapatan rendah (papan isolasi) menggunakan bahan baku limbah pembalakan kayu hutan tanaman (HTI/HR) yang dicampur dengan arang aktif, dan menggunakan bahan aditif khitosan dari cangkang udang.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan utama dalam penelitian ini adalah limbah pembalakan kayu HTI jenis *Eucalyptus hybrid* dikumpulkan dari daerah Sumatera Utara. Arang aktif dibuat dari kayu mangium untuk kemudian dicampur dengan limbah pembalakan tersebut. Bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan pulp adalah soda api (NaOH) teknis, dan sebagai bahan aditif (perekat) digunakan khitosan (dari limbah cangkang udang) dan pati (dari tapioka, sebagai pembanding). Alat yang digunakan untuk pembuatan pulp semi kimia antara lain ketel pemasak, penggiling (*Hollander beater*) di mana keduanya merupakan hasil rekayasa Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hutan (P3KKPHH, Bogor), dan sentrifuse. Alat untuk pembentukan lembaran papan isolasi diantaranya *deckle box*, pengempa dingin, dan perlakuan panas/pengering. Untuk pengujian rendemen pulp dan derajat kehalusannya diperlukan timbangan, oven, dan *freenes tester*. Pengujian sifat fisis-mekanis lembaran papan isolasi menggunakan alat *universal testing machine* (UTM).

B. Prosedur Kerja

Limbah pembalakan kayu HTI *Eucalyptus hybrid* dijadikan serpih secara manual berukuran 2,5 cm x 2,5 cm x 0,3 cm. Serpih yang diperoleh dikering udarkan dan ditentukan kadar airnya. Selanjutnya serpih yang telah diketahui kadar airnya diolah menjadi pulp untuk papan isolasi. Pembuatan pulp menggunakan proses semikimia soda panas terbuka (bertekanan udara 1 atmosfer) menggunakan NaOH sebanyak 8%, waktu pada suhu mendidih (100 C) selama 3 jam. Nilai

banding bahan baku (serpih) terhadap larutan pemasak adalah 1 : 8. Selesai pemasakan serpih lunak dipisahkan dari sisa larutan pemasak dan dicuci sampai bebas larutan pemasak. Campuran sisa larutan pemasak dan air pencucian pulp diambil contoh untuk penetapan konsumsi alkali. Serpih lunak selanjutnya diuraikan seratnya dengan menggunakan alat *Hollander beater* pada konsistensi 3% sampai mencapai derajat kehalusan serat sekitar 600-700 ml CSF (Casey, 1980). Pulp yang diperoleh dikurangi airnya pada alat *centrifuge* untuk selanjutnya ditentukan berat kering ovennya untuk penetapan rendemen pulp.

Pembentukan lembaran papan isolasi dilakukan dengan cara basah (*wet process*) yaitu berukuran 30 cm x 30 cm x 1,0 cm dengan sasaran kerapatan 0,35 g/cm³. Untuk pembentukan papan isolasi dilakukan campuran antara pulp limbah pembalakan kayu HTI dan arang aktif dengan komposisi antara pulp dengan arang aktif adalah 100% + 0% (k1), 97,5% + 2,5% (k2), 95% + 5% (k3), 92,5% + 7,5% (k4), dan 90% + 10% (k5). Sebelum dibentuk lembaran, pada masing-masing proporsi campuran tersebut ditambahkan secara terpisah bahan perekat khitosan cangkang udang dan pati tapioka masing-masing sebanyak 3% (berdasar berat kering campuran), tawas 5%, dan selanjutnya diaduk hingga homogen. Pembentukan lembaran papan isolasi menggunakan alat *deckle box* dengan target kerapatan 0,350 g/cm³, dilanjutkan dengan kempa dingin dan perlakuan panas (pengeringan) pada suhu 140°C selama 2 jam. Lembaran papan isolasi yang terbentuk dikondisikan dalam ruang bersuhu dan kelembaban tertentu, dan selanjutnya siap diuji sifat fisis dan mekanisnya yang mengacu pada standar JIS (Anonim, 2003). Pengujian tersebut mencakup kerapatan, keteguhan patah, kadar air, pengembangan tebal, dan perubahan panjang.

C. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelaahan sifat pengolahan pulp untuk papan isolasi (rendemen dan konsumsi alkali) dilakukan secara deskriptif yaitu nilai-rata dan simpangan baku, sedangkan penelaahan sifat fisis-mekanis papan isolasi menggunakan rancangan percobaan acak lengkap faktorial berpola petak terbagi (*split plot*). Sebagai petak utama adalah macam bahan perekat (P) terdiri dari dari 2 macam yaitu perekat khitosan (p1), dan tapioka (p2). Sebagai petak

sekunder adalah komposisi campuran pulp limbah dengan arang aktif (K), yaitu 100% + 0% (k1), 97.5% + 2.2% (k2), 95% + 5% (k3), 92.5% + 7.5% (k4), dan 90% + 10% (k5); dan sebagai petak sekunder adalah interaksi campuran tersebut dengan macam bahan perekat (KP). Ulangan dari tiap taraf kombinasi faktor KP dilakukan sebanyak 3 kali. Data sifat MDF tersebut mencakup kerapatan, kadar air, ke-teguhan patah, pengembangan tebal, perubahan panjang. Jika pengaruh perlakuan (faktor P dan K secara individu, dan secara gabungannya atau interaksi KP) nyata terhadap pengamatan tertentu, maka penelaahan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) atau Tukey (Snedecor and Cochran, 1980).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen dan Sifat Pengolahan Pulp untuk Papan Isolasi

Rendemen pulp limbah pembalakan kayu *Eucalyptus hybrid* tersebut (rata-rata 81,8%, dengan simpangan baku 2,27%) ternyata terletak pada selang yang umum pada rendemen pengolahan pulp semi-kimia (60-85%). Konsumsi alkali yang diperlukan untuk pengolahan pulp kayu eukaliptus tersebut adalah 7,12% (simpangan baku 0,43%), mengindikasikan dari konsentrasi alkali awal yang digunakan untuk pemasakan (pengolahan pulp) tersebut (8%), hanya tersisa sebanyak 0,88% alkali (NaOH). Berarti sekitar 89% dari sejumlah NaOH awal digunakan dalam pemasakan, di mana sebagian dari alkali (NaOH) tersebut dipakai untuk melunakkan lignin, dan sebagian lagi diserap oleh fraksi karbohidrat dan bahan ekstraktif pada limbah kayu. Hal tersebut perlu mendapat perhatian seperlunya jika sekiranya diterapkan pada skala komersial tertentu apakah perlu tidaknya dilakukan daur ulang bahan kimia (NaOH) tersebut.

B. Sifat Fisis-Mekanis

Hasil analisa keragaman terhadap sifat fisis dan mekanis papan isolasi menunjukkan bahwa pengaruh interaksi antara komposisi campuran (limbah dan arang aktif) dan faktor macam bahan perekat nyata (Tabel 1). Penelaahan lebih lanjut terhadap sifat tersebut dilakukan dengan uji BNJ (Tabel 2).

Kerapatan papan isolasi yang menggunakan perekat tapioka ($0,354-0,369 \text{ g/cm}^3$) umumnya lebih tinggi dari pada yang menggunakan perekat khitosan ($0,320-0,364 \text{ g/cm}^3$). Diduga ini ada kaitannya dengan sifat khitosan yang lebih sukar larut dalam air (pada keadaan panas/hangat) dibandingkan dengan tapioka (pati). Seperti diketahui pati merupakan polisakarida dengan inti monomer -D-glukosa, polisakarida pati tersebut ada yang berantai lurus (amilosa) dan berantai lurus dengan percabangan (amilopektin). Polisakarida dengan rantai bercabang tersebut dalam air hangat akan membentuk gelatin (kental), sehingga proses perekatannya menjadi efisien mengikat serat-serat pulp pada lembaran papan isolasi dan kohesi antara perekat sendiri (Smook dan Kocurek, 1992). Dalam khitosan terdapat polimer antara lain glikogen, lipoprotein, dan khitin. Sama halnya dengan pati, glikogen merupakan polisakarida berantai lurus dan memiliki percabangan. Sifat glikogen juga hampir serupa dengan pati, yaitu dengan air panas/hangat membentuk suatu bahan kental, sehingga berperan pula sebagai perekat antar serat pulp pada lembaran papan isolasi. Hampir serupa dengan glikogen, lipoprotein juga akan terkoagulasi oleh air panas membentuk sesuatu masa yang agak kental. Khitin adalah suatu polisakarida berantai lurus di mana terdapat unsur nitrogen, tetapi sifat khitin tersebut kaku dan sukar larut dalam air panas/hangat. (Starr dan Taggart, 1993). Adanya khitin mengakibatkan, jika dibandingkan pati, khitosan agaknya menjadi kurang sempurna melekat pada permukaan serat pulp dan akibatnya kurang sempurna pula mengikat serat-serat, dan mengurangi ikatan antar serat, sehingga struktur internal lembaran papan isolasi menjadi kurang kompak.

Peningkatan proporsi arang aktif yang ditambahkan pada pulp limbah kayu menyebabkan kerapatan papan isolasi (baik yang menggunakan perekat tapioka ataupun khitosan) cenderung menurun (Tabel 2). Diduga partikel arang aktif dapat mengganggu ikatan antar serat dan antara perekat pati dengan permukaan serat, sehingga menurunkan kepadatan papan isolasi tersebut. Papan isolasi dengan kerapatan tinggi (hingga batas tertentu) lebih dikehendaki karena cenderung berkorelasi positif dengan sifat mekanisnya. Seluruh kerapatan papan isolasi hasil percobaan memenuhi persyaratan JIS untuk

Tabel 1. Analisis keragaman terhadap sifat fisis dan mekanis papan isolasi
 Table 1. Analysis of variances on physical and mechanical properties of the insulation board

Sumber Keragaman (Sources of variation)	db	Sifat fisis dan mekanis (Physical and mechanical properties)									
		Kerapatan (Density)		Kadar air (Moisture content)		Keteguhan patah (Modulus of rupture/MOR)		Pembangunan tebal (Thickness swelling)		Perubahan panjang (Linear expansion)	
		F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P
Total	29										
Petak utama (Main plot)											
Macam perekat / Kind of adhesives(P)	1	0,59	tn	0,19	tn	2,99	tn	2,17	tn	14,53	**
Acak / Residual (a)	4										
Petak sekunder (Secondary plot)	4	316,94	**	633,46	**	654,76	**	196,78	**	903,16	**
Komposisi campuran / Mixture composition (K)	4	907,55	**	591,03	**	569,73	**	1027,71	**	321,33	**
Acak / residual (b)	16										
Rata-rata (Means)	-	0,3544		9,5490		96,5730		21,8924		1,1770	
Satuan (Units)	-	g/cm ³		%		kg/cm ²		%		%	
KK, %	-	0,2451		1,8979		1,809		1,3711		2,10159	
D 0.05	-	0,0026		0,5388		3,1036		0,8925		0,0705	

Keterangan (Remarks): P = Macam perekat (Kind of adhesives); K = komposisi campuran pulp limbah dan arang aktif (Mixture composition between waste pulp and activated charcoal); * = nyata pada taraf (significant at) 5%; ** = nyata pada (significant at) 1%; tn = tak nyata (not significant); KK = koefisien keragaman (coeff. of variation), P = peluang (Probability); D0.05 = nilai kritis uji jarak beda nyata jujur (BNJ) Tukey pada taraf / critical value of honestly significant difference / Tukey test at 5%.

Tabel 2. Data sifat fisis dan mekanis papan isolasi, yang diikuti dengan hasil uji jarak beda nyata jujur/Tukey (dinyatakan dalam grade/mutu dan skor)
 Table 2. Data on physical and mechanical properties of the insulation board, followed with honestly significant difference / Tukey test (expressed in grades and scores)

Kombi- nasi per- lakuan (Treatment combi- nation)	Sifat fisis dan mekanis (Physical and mechanical properties)												Total skor (Total score)
	Kerapatan (Density)		Kadar air (Moisture content)		Keteguhan patah / Modulus of rupture(MOR)		Pembangunan tebal (Thickness swelling)		Perubahan panjang (Linear expansion)		Total skor (Total score)		
	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾		G ²⁾	
		g/cm ³	%	%	kg/cm ²	%	%	%	%	%			
(PK)	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	TS
Perekat / Adhesive (P), Tapioka / Tapioca (p1)													
k1	0,360	C	5	5,880	D	4	98,730	B	1	1,544	A	0	16
k2	0,367	A	7	6,250	BC	5,5	109,440	C	2	0,698	F	5	25,5
k3	0,361	C	5	13,640	A	7	26,688	B	1	1,454	B	1	14
k4	0,369	A	7	11,250	BC	1,5	108,265	C	5	1,370	CD	2,5	21
k5	0,354	D	4	10,130	D	3	74,125	C	5	1,464	B	1	16
Perekat / Adhesive (P), Khitosan / Chitosan (p2)													
k1	0,364	B	6	10,960	B	6	111,84	E	4	1,103	E	4	22
k2	0,344	F	2	9,195	E	4	92,850	C	2	0,728	F	5	16
k3	0,351	E	3	11,540	BC	1,5	93,275	F	5	0,684	F	5	17,5
k4	0,320	G	1	7,895	F	5	76,230	G	1	1,418	BC	1,5	8,5
k5	0,354	D	4	8,750	E	4	84,765	F	5	1,307	D	3	18
JIS	0,35		5-13				20,4						0,50

Keterangan (Remarks): K = komposisi campuran pulp limbah dan arang aktif (Mixture composition between plantation forest logging's wood wastes and activated charcoal) : k1 = 100%+0%, k2 = 97,5% + 2,5%, k3 = 95%+5%, k4 = 92,5%+7,5%, k5 = 90%+10%; Rata-rata dari 3 ulangan (-Average of 3 replications); Angka dalam kolom M yang diikuti secara horizontal oleh huruf (kolom G) dan skor (kolom S) yang sama tak berbeda nyata / Figures (in the M column) followed horizontally by the same letters (in the G column) are not significantly different. A > B > C > D; TS (total skor / Total score) = S1 + S2 + S3 + S4 + S5; Semakin tinggi total skor, maka semakin baik sifat / kualitas papan isolasi (The greater the total score, then the better the properties/ qualities of insulation board); JIS = standard JIS (Anonim, 2003)

tujuan pelapisan (*sheating*) (Anonim, 2003) yaitu $<0,40 \text{ g/cm}^3$. Namun untuk persyaratan JIS tipe A ($<0,35 \text{ g/cm}^3$) terdapat papan isolasi yang tidak memenuhi, yaitu papan dengan perekat khitosan pada porsi arang aktif 7,5% (Tabel 1).

Kadar air papan isolasi dengan perekat tapioka (5,880-13,640%) cenderung sedikit lebih rendah dari pada dengan perekat khitosan (8,750-11,540%). Diduga pada khitosan selain terdapat polimer glikogen, juga terdapat khitin yaitu polisakarida yang mengandung nitrogen (terdapat gugusan amida (-NH-) dan karbonil (C=O)) (Starr dan Taggart, 1993). Agaknya gugusan tersebut mengakibatkan polaritas khitosan lebih tinggi dari pada pati, sehingga sifat higroskopis khitosan juga lebih tinggi. Kadar air papan isolasi cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi arang aktif (Tabel 2). Arang aktif dalam bentuk partikel kecil menyebabkan luas permukaannya semakin besar. Di samping itu, pada arang aktif selain didominasi oleh unsur karbon (C), juga terdapat unsur lain diantaranya oksigen (O) dan hidrogen (H) dalam porsi lebih kecil, yang mengakibatkan arang aktif bersifat agak polar (Pari *et al.*, 2006). Hal ini berakibat dengan makin tingginya proporsi arang aktif dalam serat pulp, maka meningkatkan pula sifat higroskopis papan isolasi.

Kadar air papan isolasi secara umum yang dikehendaki adalah yang rendah, karena dapat mengurangi berat, leleh awet, dan mengurangi perubahan kimia (hidrolisa/degradasi) dan serangan mikroorganisme (terutama jamur) (Suchland and Woodson, 1986). Secara keseluruhan, kadar air papan isolasi hasil percobaan memenuhi persyaratan JIS yaitu 5-13% (Anonim, 2003).

Keteguhan patah (MOR) papan isolasi dengan perekat tapioka (74,125 - 116,210 kgf/cm²) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perekat khitosan (84,765 - 111,840 kgf/cm²). Hal ini diduga karena kerapatan papan isolasi dengan perekat tapioka juga lebih tinggi dari pada dengan perekat khitosan (Tabel 2). Ini memperkuat indikasi bahwa ikatan dan anyaman serat pulp dalam papan isolasi dengan perekat tapioka lebih baik dibandingkan dengan perekat khitosan. MOR papan serat dengan perekat tapioka mula-mula cenderung meningkat dengan makin tinggi porsi campuran arang aktif (hingga sekitar 2,5 - 5,0%) pada serat pulp limbah pembalakan, dan

kemudian menurun. Diduga, meningkatnya kandungan air pada papan serat akibat peningkatan porsi arang aktif hingga 2,5 - 5,0% tersebut berakibat proses gelatinasi pati oleh air lebih efisien, dan selanjutnya terjadi pengerasan (saat perlakuan panas/pengeringan), sehingga ikatan dan jalinan serat oleh perekat pati menjadi lebih sempurna yang berakibat sifat kekuatan (MOR) papan isolasi meningkat pula. Agaknya, peningkatan porsi arang aktif melebihi 5%, yang berakibat meningkatnya pula kadar air papan tersebut, mengakibatkan terlalu encernya gelatinisasi (pelarutan) pati oleh air, sehingga menghambat (memperlama) proses dehidrasi/pengerasan perekat, dan selanjutnya menyebabkan perekatan antar serat menjadi kurang sempurna, sehingga MORnya menurun. Dugaan lain adalah arang aktif tersebut dapat mengganggu ikatan perekat-serat dan ikatan antar serat pada papan isolasi tersebut.

Untuk penggunaan perekat khitosan, semakin tinggi porsi arang aktif (dari 0% hingga 10%) maka MOR papan isolasi cenderung menurun. Diduga fenomena ini serupa dengan penurunan MOR pada penggunaan perekat pati, tetapi penurunan dengan pati tersebut terjadi pada porsi arang aktif 5-10% (Tabel 2). Seluruh MOR papan isolasi (Tabel 2) memenuhi persyaratannya menurut JIS ($>20,4 \text{ kgf/cm}^2$).

Pengembangan tebal (17,437 - 26,688%) dan perubahan (penambahan) panjang (0,698 - 1,544%) papan isolasi yang menggunakan perekat tapioka cenderung sedikit lebih tinggi dari pada yang menggunakan perekat khitosan (berturut-turut 17,292 - 28,103% dan 0,728 - 1,418%) (Tabel 2). Diduga hal ini ada kaitannya dengan sifat tergelatinasi perekat tapioka (pati) yang lebih mudah larut (terdispersi) oleh air dibandingkan perekat khitosan, sehingga lebih mengintensifkan ikatan serat-serat dan ikatan serat-perekat dalam papan isolasi. Hal tersebut ikut berkontribusi pada kestabilan dimensi papan isolasi (pengembangan tebal dan penambahan panjang lebih rendah) dengan perekat tapioka. Keseluruhan pengembangan tebal dan penambahan panjang cenderung menurun dengan semakin meningkatnya porsi arang aktif dalam serat pulp limbah pembalakan. Ini berindikasi sifat arang aktif yang polar dan higroskopis ikut berperan menyerap air sehingga

mengurangi porsi air yang terserap kedalam struktur serat pada papan isolasi, dan dengan demikian berperan pula mempertinggi kestabilan dimensi papan tersebut. Seluruh pengembangan tebal dan penambahan panjang papan isolasi hasil percobaan (Tabel 2) tidak memenuhi persyaratannya menurut JIS yaitu berturut-turut 10% dan 0,5% (Anonim, 2003). Hal ini diharapkan dapat diatasi dengan penggunaan lebih banyak bahan perekat khitosan tersebut (yang memang bersifat polar), atau dikombinasikan dengan bahan ikatan silang (*cross-linking agent*).

Papan isolasi hasil percobaan yang memiliki prospek paling baik, berdasarkan hasil telaahan skor (melalui manipulasi uji BNJ) adalah papan yang terbuat dari komposisi campuran limbah-arang aktif (97,5% + 2,5%, dan 92,5% + 7,5%) dengan perekat tapioka (Tabel 2). Untuk penggunaan perekat khitosan, prospeknya sedikit lebih rendah, dan yang paling baik adalah pada proporsi campuran limbah-arang aktif 100% + 0% (atau keseluruhannya dari pulp limbah pembalakan). Meskipun demikian diharapkan penggunaan perekat khitosan dapat lebih prospektif dengan porsi penggunaan lebih besar, atau dikombinasikan dengan *cross-linking agent* seperti *succinic anhydride*, *formaldehyde*, *furfural-urea*, *hydroxymethylated resorcinol*, dan *epoxides* (Zeitsch, 2000; Hill, 2006).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Rendemen pulp semi-kimia soda panas terbuka dari limbah pembalakan kayu hutan tanaman jenis *Eucalyptus hybrid* sebesar 81,8%, dengan konsumsi alkali 7,12%. Rendemen tersebut terletak dalam selang yang umum untuk pengolahan pulp semi-kimia (60-85%).
2. Seluruh sifat fisis dan mekanis papan isolasi dengan perekat tapioka lebih baik dibandingkan dengan perekat khitosan.
3. Semakin tinggi porsi campuran arang aktif pada pulp limbah pembalakan, cenderung menurunkan kerapatan dan sifat kekuatan (MOR), meningkatkan kadar air, tetapi memperbaiki kestabilan dimensi.
4. Berdasarkan telaahan sifat fisis dan mekanis, papan isolasi yang paling prospektif dan banyak memenuhi persyaratan JIS adalah

dengan perekat pati pada porsi campuran pulp limbah pembalakan-arang aktif 97,5% + 2,5% dan 92,5% + 7,5%, dan dengan perekat khitosan dari pulp limbah pembalakan 100% saja (tanpa penambahan arang aktif).

5. Penggunaan perekat khitosan dari limbah cangkang udang diharapkan bisa lebih efektif pada porsi penggunaannya yang lebih besar atau dikombinasikan dengan *cross-linking agent*, sehingga tetap bisa melibatkan arang aktif di mana sangat berperan sebagai bahan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. Fiberboard. Japanese Industrial Standard (JIS) A 5905. Tokyo, Japan
- _____. 2004. Pengolahan khitin dari limbah udang dan kepiting. *Harian Kompas*, tanggal 28 April 2004. Jakarta
- _____. 2005. Pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI). Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan, Departemen Kehutanan. Jakarta.
- _____. 2006. Kayu hutan alam distop total: Laju degradasi mencapai 2,87 juta hektar per tahun. *Harian Kompas*, tanggal 28 April 2006. Hlm. 22. Jakarta
- _____. 2007. Hasil studi lapangan pengukuran dan pengujian kayu bulat berdiameter kecil (KBK). Laporan Final. Tim Studi Pusat Litbang Hasil Hutan dengan Direktorat Bina Uuran Kehutanan dan Peredaran Hasil Hutan. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____. 2008. Statistik Kehutanan Indonesia. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- _____. 2009. Masari Board. Environmentally Friendly Products. PT. Masari Dwisepkat Fiber. Jakarta - Karawang.
- _____. 2010. Insulation board - Great way to save energy. Website: www.insulationboard.org. Diakses: tanggal 25 Oktober 2011.
- _____. 2010a. Chitosan news and research. Website: en.wikipedia.org/wiki/chitosan. Diakses: tanggal 26 September 2011.
- Blomquist, R.F. A.W. Christiansen, R.H. Gillespe, G.E. Myers. 1981. Adhesive Bonding of Wood and Other Structural materials. Forest Products Laboratory, USDA Forest Service in cooperation with the University of Wisconsin - Extension. Madison, Wsconsin.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology, vol. I. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons. New York - Brisbane - Toronto.

- Hill, C.A. 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal, and Other Processes*. John Wiley & Sons, Ltd. San Francisco - Ontario - London - Queensland.
- Pari, G., D. Tohir, Mahpudin, dan J. Ferry. 2006. Arang aktif serbuk gergaji sebagai bahan adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24 (4): 309-322. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor
- Pasaribu, R.A., Dulsalam, H. Roliadi, dan R.M. Siagian. 2006. Penetapan faktor konversi bahan baku serpih beberapa jenis kayu HTI dan limbah pembalakan hutan tanaman. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____, dan H. Roliadi. 2006. Kajian potensi kayu pertukangan dari hutan rakyat pada beberapa kabupaten di Jawa Barat. *Prosiding Seminar Hasil Hutan 2006: Kontribusi Hutan Rakyat dalam Kesenambungan Industri Kehutanan*, tanggal 21 September 2006. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Saptadi, D. 2009. Kualitas papan isolasi dari campuran kayu mangium dan arang. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27 (4): 291-302. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Snedecor, G.W. and W.C. Cochran. 1980. *Statistical Methods*. The Iowa State College Press. Ames, Iowa.
- Starr, C. and R. Taggart. 1993. *Biology: The Unity and Diversity of Life*. Wadworth Publishing Co. Belmont, California.
- Suchland, O. and G.E. Woodson. 1986. *Fiberboard manufacturing practices in the United States*. USDA Forest Service. Agricultural handbook No. 640.
- Tsoumi, G. 1993. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, and Uses*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Zeitsch, K. J. 2000. *The Chemistry and Technology of Furfural and Its Many by-products*. Elsevier Publisher. London - Glasgow - New York.