

**PEMANFAATAN LIMBAH SERAT KAPAS  
DARI INDUSTRI PEMINTALAN UNTUK FELT DAN PAPAN SERAT  
UTILIZATION OF COTTON FIBER WASTE  
FROM SPINNING INDUSTRY FOR FELT AND FIBER BOARD**

**Theresia Mutia, M. Danny Sukardan, Eva Novarini, Cica Kasipah, Arif Wibi Sana**

Balai Besar Tekstil, Jl. A. Yani. 390 Bandung  
E-mail: theresia.mutia@yahoo.com

Tanggal diterima: 10 Juli 18, direvisi: 15 Agustus 2018, disetujui terbit: 16 Agustus 2018

**ABSTRAK**

Kapas banyak digunakan untuk bahan pakaian, karena sifatnya yang dapat menyerap keringat/air, sehingga nyaman dipakai. Namun produk tersebut masih merupakan komoditi ekspor dan limbah yang dihasilkan setelah dipintal menjadi benang adalah sekitar 4-5%. Sebagian besar dari limbah tersebut masih mengandung serat pendek yang berpotensi sebagai penguat biokomposit dan sisanya berupa kotoran, debu, tanah dan lainnya. Dalam rangka penanganan dan pemanfaatan limbah, agar menghasilkan produk yang mempunyai nilai tambah, maka dilakukan penelitian pembuatan biokomposit menggunakan limbah tersebut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan biokomposit berpenguat limbah serat kapas berupa *felt* (produk *nonwoven*) dan *manufactured wood* (papan pabrikan) berupa papan serat yang dapat memenuhi standar. Matriks polimer yang digunakan adalah *low melt polyester* (untuk *felt*) dan resin epoksi (untuk papan serat). Dari hasil uji diketahui bahwa *felt* tersebut dapat menyerap suara sampai 78% pada frekuensi acuan 5000 Hz (memenuhi standar minimal untuk koefisien serap bunyi, berdasarkan ISO 11654:1997), sehingga dapat digunakan sebagai peredam suara (untuk bangunan/otomotif) dan sebagai bahan baku untuk tekstil otomotif (*door trim*, *dashboard* ataupun *head lining*). Begitu juga halnya dengan papan serat, produk tersebut mempunyai performa yang memenuhi standar (SNI 01-4449-2006) dan dapat memantulkan suara  $\geq 90\%$ , sehingga dapat digunakan juga sebagai panel interior ruangan untuk memantulkan suara.

**Kata kunci:** epoksi, *felt*, komposit, limbah kapas, *low melt polyester*, papan serat.

**ABSTRACT**

*Cotton is widely used for clothing material, because it absorbs sweat/water easily, so that comfortable to wear. However, the product is still an export commodity and the waste that was generated after spinning into yarn is about 4-5%. Most of the waste still contains short fibers, which is potential to be used as composite reinforcement; and the rests are dirt, dust, soil and others. Therefore, in the framework of handling and utilization of such waste, in order to produce an added value product, a research was conducted to make biocomposites using that waste. The purpose is to get a cotton fiber waste-reinforced biocomposite in the form of felt (a nonwoven product) with a low melt polyester matrix and manufactured wood in the form of a fiber board with an epoxy resin matrix that can meet applicable standards. From the test results, it is known that the felt can absorb sound up to 78% at the reference frequency of 5000 Hz (meets the minimum standards for sound absorbing coefficient, based on ISO 11654: 1997), so it can be used as a sound absorber material (for building/automotive) and as a raw material for automotive textile (door trim, dashboard or head lining). In addition, the fiber board also has performance that meets the standard (SNI 01-4449-2006) and can reflect sound  $\geq 90\%$ , so it can be used as a sound reflector interior panel.*

**Keywords:** composite, cotton waste, epoxy resin, felt, fiber board, low melt polyester

**PENDAHULUAN**

Komposit merupakan bahan yang terbentuk dari dua atau lebih komponen, misalnya resin (plastik) dan bahan penguat berupa serat/anyaman atau lainnya<sup>1,2</sup>. Pada komposit, serat berfungsi sebagai penguat, sehingga produknya menjadi lebih kuat dan kokoh<sup>3,4,5,6</sup>. Penggunaan serat berbasis kayu akan menghasilkan komposit yang lebih ramah lingkungan, karena mengurangi pemakaian serat sintetis dan resin. Akan tetapi, produktivitas hutan dunia, termasuk Indonesia semakin hari semakin menurun, sehingga ketersediaan kayu semakin terbatas, padahal

kebutuhan akan bahan baku kayu semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Konsumsi kayu nasional pada tahun 2006 – 2025, diperkirakan mencapai 64 juta m<sup>3</sup>/tahun,<sup>7</sup> sehingga perlu dilakukan substitusi dengan bahan nonkayu yang banyak pilihannya, antara lain adalah limbah kapas dari proses pemintalan. Industri pemintalan di Indonesia, sampai saat ini menggunakan 95% produk serat kapas impor dan pada tahun 2014, impor kapas indonesia mencapai 700.000 ton.<sup>8</sup> Serat kapas setelah diproses menjadi benang, akan menghasilkan limbah yang tidak dapat digunakan

kembali sebesar 4–5% atau 28.000–35.000 ton, yaitu berupa serat-serat pendek, potongan daun dan ranting kering serta debu. Limbah tersebut sampai saat ini dijual dengan harga yang relatif murah, dan digunakan sebagai media pertumbuhan jamur dan sebagai *filler* untuk kursi, bantal, kasur atau boneka; dan belum dimanfaatkan secara optimal menjadi suatu produk yang mempunyai nilai ekonomis lebih tinggi, misalnya untuk biokomposit.

*Manufactured wood* (papan pabrikan) berupa *plywood*, *chipboard* dan *fiber board* (papan serat) adalah semua produk turunan kayu yang dibuat di pabrik dengan cara mengikat serat, partikel dengan bahan perekat untuk membentuk material komposit.<sup>2,9,10</sup> Papan pabrikan berbasis lignoselulosa (kayu dan non kayu) dan matriks polimer, dapat menggantikan fungsi kayu, sehingga dapat mengurangi konsumsi kayu padat untuk bangunan. Keuntungannya dibanding dengan kayu alam adalah konsisten dan bentuknya seragam, tidak lapuk dan tidak dimakan serangga, tidak menyerap air dan tidak memerlukan pengecatan secara periodik.<sup>10,11</sup>

Penggunaan tekstil sebagai komponen kendaraan relatif besar, rata-rata 20 kg per kendaraan, meliputi kira-kira 3,5 kg sebagai pelapis kursi jok; 4,5 kg karpet; 6 kg bagian lain dari interior dan ban, serta 6 kg merupakan komposit serat (karpet, *dashboard*, *headlining*, *door trim*, dll.). Komposit berpenguat serat alam berpotensi menurunkan berat kendaraan sampai 40% dibanding serat gelas dan dapat memenuhi kriteria lingkungan yang lebih ketat.<sup>12,13,14</sup>

Dalam upaya mendapatkan bahan yang tepat guna, berbagai bahan telah digunakan sebagai bahan baku komposit papan pabrikan atau untuk tekstil otomotif, antara lain yang berbasis lignoselulosa. Serat kapas merupakan serat selulosa dan limbah dari proses pemintalan serat tersebut sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan baku pengganti kayu untuk berbagai produk biokomposit. Padahal dari hasil penelitian awal, yaitu berdasarkan pengamatan secara visual dan stapling, limbah tersebut masih memiliki serat yang cukup panjang. Selain itu, dari uji kadar kemurnian serat (*lint content*), dihasilkan data *lint content* 21%; *trash* 60% (masih mengandung serat) serta debu dan lain-lain 19%. Dari hasil uji kandungan kimianya limbah tersebut mengandung selulosa, pentosan dan lignin berturut-turut antara 51-57%, 9-12% dan 31-35%, sedangkan dari pengujian karakteristik diperoleh data kehalusan sebesar 2,22 micronaire; panjang serat 0,93 inchi (2,362 cm); kerataan panjang 51,9; indeks serat pendek 35,2; kekuatan 28,5 gr/Tex dan mulur 12,8%. Dari hasil uji tersebut diketahui bahwa limbah serat kapas masih mengandung selulosa yang cukup tinggi dan memiliki serat

yang menurut klasifikasi IAWA, termasuk kelas serat panjang, yaitu minimal 1,9 cm.<sup>15,16,17</sup> Selain itu setelah dicoba untuk dibuat komposit (*chipboard*), dihasilkan produk dengan berat sekitar 561-765 g/m<sup>2</sup> dengan indeks retak sekitar 1,10–1,85 kPa m<sup>2</sup>/g.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang telah berhasil membuat tekstil teknik dan tekstil otomotif dari serat nonkayu,<sup>5,6,11,18-21</sup> dan dalam upaya mengakomodir permintaan dari beberapa industri pemintalan kapas untuk menangani limbahnya, maka dilakukan penelitian lanjutan yaitu pembuatan biokomposit berpenguat limbah serat kapas. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah serat kapas dan untuk mendapatkan kondisi optimal pembuatan biokomposit berupa *felt* {untuk peredam suara dan tekstil otomotif (*headlining/door trim*)} dan papan pabrikan berupa papan serat berbasis matriks polimer, sehingga diperoleh produk dengan hasil yang dapat memenuhi standar yang berlaku.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dalam pembuatan biokomposit berbahan baku limbah serat kapas, dibanding dengan bahan baku kayu, serat non kayu, limbah kain jeans dan lainnya, yaitu ketersediaan bahan baku yang memadai (kontinyu) dan proses pembuatannya yang lebih singkat. Hal ini disebabkan karena apabila bahan bakunya dari kayu, maka harus melalui proses pemotongan kayu (dengan alat *chipper*), kemudian dimasak dengan proses soda untuk menghilangkan sebagian ligninnya dengan konsentrasi soda yang cukup tinggi. Apabila menggunakan serat nonkayu seperti bambu, rami, nanas, abaka dan sejenisnya, maka harus melalui proses dekortifikasi untuk menguraikan seratnya, kemudian dimasak dengan proses soda untuk menghilangkan sebagian ligninnya dengan konsentrasi soda yang cukup tinggi, terutama untuk serat bambu. Selain itu rendemen serat rami dan nanas adalah sangat rendah, yaitu sekitar 3-4%. Selanjutnya apabila menggunakan limbah kain denim/jeans, maka harus melalui proses pencabikan/penguraian kain terlebih dahulu, sehingga selain prosesnya menjadi lebih lama, juga diperlukan mesin/peralatan khusus untuk menguraikan kain tersebut.

Dengan adanya upaya substitusi bahan baku kayu yang semakin terbatas ketersediaannya dan juga untuk mengatasi masalah limbah pada industri pemintalan, maka diharapkan dapat terciptanya diversifikasi produk dan menaikkan nilai tambah limbah tersebut, karena produk akhirnya mempunyai daya jual yang lebih tinggi dan dapat memenuhi salah satu kebutuhan akan produk komposit. Kegiatan ini dilakukan melalui sinergi antara Balai Besar Tekstil, salah satu industri pemintalan kapas di Bandung dan industri tekstil otomotif di Bogor.

## METODE

### Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah limbah serat kapas dari industri pemintalan yang berada di sekitar Bandung dan matriks polimer (resin epoksi dan *low melt polyester*)

### Peralatan

*Hot Press Machine, Mixing Box, Carding Machine, Needle Puch Machine, Oven*, neraca analitik dan peralatan gelas.

### Metode penelitian

Untuk pembuatan komposit dilakukan sesuai dengan uraian pada Gambar 1.

#### a. Komposit dengan Needle Punch dan pemanasan (dilakukan di industri tekstil otomotif di Bogor)

Pada proses ini, sebagai resin pengikat digunakan *low melt polyester (staple fiber)*. Untuk setiap kali proses produksi diperlukan bahan baku total minimal sebesar 50 kg (skala pilot). Adapun langkah-langkah pembuatannya adalah sebagai berikut :

- Serat ditimbang, sesuai dengan berat yang telah direncanakan
- *Low melt polyester* yang akan digunakan ditimbang pula, sesuai dengan perbandingan (komposisi) dengan limbah serat kapas yang telah direncanakan sebelumnya
- Limbah serat kapas tersebut dicampur dengan *low melt polyester* pada suatu bak pencampur (*mixing box*)
- Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam mesin *Carding*; dan dilewatkan pada alat *Needle Punch*, agar terbentuk produk berupa *non woven*
- Produk berupa *non woven* akhirnya dilewatkan pada oven dengan suhu sekitar 110 °C, sehingga *low melt polyester* meleleh dan mengikat serat-serat dari limbah serat kapas

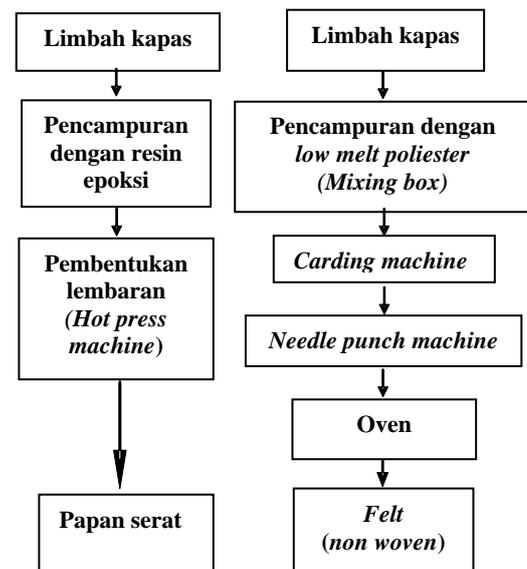
#### b. Komposit dengan Proses Cetakan Tertutup (*Closed Mold Processes*) dengan penekanan atau Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

Pada proses ini, penekannya menggunakan sistem hidrolik. Resin yang digunakan dalam proses cetak tekan ini umumnya adalah epoksi, poliester, vinil ester, dan fenolat. Namun pada penelitian ini resin yang digunakan adalah jenis epoksi. Untuk setiap kali pembuatan produk dengan dimensi 30 x 30 x 0,5 cm diperlukan limbah serat kapas sekitar 100 gram, sedangkan resin dan katalisnya disesuaikan dengan resep yang digunakan.

Langkah-langkah pembuatannya adalah sebagai berikut:

- Serat ditimbang, sesuai dengan berat yang telah direncanakan

- Resin epoksi dan katalis (*hardener*) ditimbang dengan berat yang sama dengan resinnya. Adapun berat resin yang digunakan pada umumnya disesuaikan dengan perbandingan (komposisi) antara serat dengan resin, yang telah direncanakan sebelumnya
- Limbah serat kapas tersebut dicampur dengan resin, kemudian dimasukkan ke dalam rongga cetakan yang terbuat dari teflon. Selanjutnya bagian atas dari rongga cetakan ditutup oleh penutup yang dilapisi teflon
- Selanjutnya diletakkan pada alat *Hot Press* dan ditekan dengan tekanan sebesar 60 kg/cm<sup>2</sup>, dengan suhu 90°C, selama waktu tertentu.



Gambar 1. Pembuatan komposit

### Pengumpulan dan Pengolahan Data

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

#### Limbah kapas

- a. Analisa komponen kimia :
  - Lignin, sesuai dengan SNI 0492-2008, *Cara uji kadar lignin kayu dan pulp (Metode Klason)*
  - Pentosan, sesuai dengan SNI 14-1304-1989, *Cara uji kadar pentosan dalam pulp kayu*
  - Holoselulosa, sesuai dengan SNI 01-1303-1989, *Cara uji holoselulosa dalam kayu*
  - Alpha selulosa, sesuai dengan SNI 0444 -2009, *Cara uji kadar alpha selulosa, beta dan gama*
- b. Struktur mikro, analisa struktur mikro (dengan SEM)

#### Komposit

- a. Sifat fisik, untuk papan serat<sup>22</sup>
- b. Sifat absorpsi suara<sup>23</sup>
- c. Analisa gugus fungsi (dengan Spektroskopi FTIR)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Limbah Kapas**

Untuk mengetahui karakteristik limbah serat kapas, maka dilakukan serangkaian pengujian dan hasilnya disajikan pada Gambar dan Tabel di bawah ini.



**Gambar 2.** Limbah serat kapas

**Tabel 1.** Hasil uji Shirley Analyzer/Cotton Selector/Trash Content

Parameter uji	Jenis sampel			
	Carding	Blowing	Open End	Dropping
Serat kapas (L) %	47,9	21,6	27,55	94
Trash content (%)	42,7	68,5	59,15	6
C loss (%)	9,4	9,9	13,30	-

**Tabel 2.** Hasil uji HVI (High Volume Index)

Parameter uji	Jenis sampel			
	Carding	Blowing	Open End	Dropping
Panjang serat (inci)	0,875	0,811	0,655	0,93
Uniformity	69,9	64,7	56,7	51,9
Kekuatan (g/Tex)	19,2	15,3	15,3	28,5
Elongation (%)	7,9	6,9	7,0	12,8
Kedewasaan	0,88	1,0	0,95	-
Kehalusan	-	-	-	2,22

**Tabel 3.a.** Komposisi kimia beberapa serat alam (% berat)<sup>24</sup>

Serat	Selulosa	Lignin	Pektin	Hemi selulosa	Zat terlarut	Lilin/lemak
Flaks	56,5 - 72,0	2,0 - 4,1	1,8 - 3,1	15,4 - 16,7	3,9-10,5	1,3 - 2,2
Henep	60,0 - 72,0	2,0 - 4,1	0,2 - 2,0	11,0 - 19,0	-	1,4
Jute	61,0 - 72,4	11,8 - 14,2	0,2	12,0 - 13,3	1,2	0,1 - 0,6
Rami	68,6 - 83,0	0,6 - 0,7	1,9 - 2,1	13,1 - 14,5	6,1	0,3
Sisal	65,8 - 70,0	9,9 - 12,0	0,9	13,3	1,3	0,3
Abaka	70,2	5,6	0,6	21,7	1,6	0,2
Sabut kelapa	32,9 - 43,4	40,5 - 45,8	2,7 - 3,0	0,15 - 0,25	5,2-16,0	-
Kapas	90 - 98	0,7-1,6	0,1			

**Tabel 3.b.** Kandungan kimia limbah serat kapas (dari beberapa contoh uji)

Parameter uji	Hasil uji
Selulosa (Carding – Dropping)	57 - 80%
Pentosan (Dropping – Carding)	6 -9%
Lignin (Dropping – Carding)	11 - 25%

Dari hasil uji (Tabel 1 dan 2) diketahui bahwa limbah kapas tersebut masih mengandung serat kapas sebesar 21,6-94% dan *trash content* 6-68,5%, sedangkan sifat fisiknya antara lain mempunyai panjang serat antara 0,655-0,93 inci, kekuatan tarik antara 15,3-28,5 g/Tex dan mulur 6,9–12,8%. Limbah kapas tersebut mengandung selulosa, pentosan dan lignin berturut-turut antara 57-80%, 6-9% dan 11-25% (Tabel 3.b.). Kandungan selulosa dalam limbah kapas di atas adalah cukup tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku biokomposit berbasis non kayu; sebagai pengganti biokomposit yang berbasis kayu. Serat kapas pada umumnya mengandung lignin dengan kadar rendah, yaitu sekitar 0,7-1,6% (Tabel 3.a.), jadi kandungan lignin yang tinggi 31-35% yang terdapat pada hasil uji beberapa limbah serat kapas hasil proses pemintalan tersebut (Tabel 3.b.) berasal dari sisa-sisa ranting kapas dan lain-lain yang berbasis selulosa.

Berdasarkan evaluasi terhadap hasil uji di atas, maka pada tahapan penelitian ini digunakan limbah yang kualitasnya terbaik, yaitu limbah dari proses *Dropping*, karena mempunyai sifat fisik yang cukup baik, kandungan serat selulosanya yang terbesar dan penampakannya pun lebih baik. Pertimbangannya antara lain adalah karena akan dimanfaatkan sebagai bahan biokomposit dengan nilai tambah yang relatif cukup tinggi, yaitu berupa *felt* untuk peredam suara, baik untuk bangunan maupun tekstil otomotif dan papan serat (*fiber-board*).

## Biokomposit

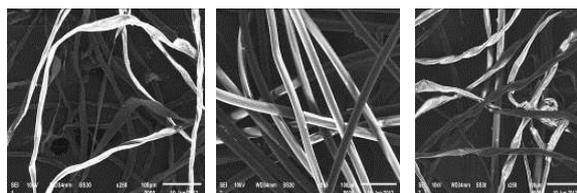
### a. *Felt* sebagai peredam suara (untuk bangunan atau tekstil otomotif)

Pembuatan komposit berupa *felt* dilakukan dengan menggunakan alat *Needle Puch*, dengan menggunakan penguat berupa limbah serat kapas dan sebagai matriksnya yaitu serat stapel dari *low melt polyester*

Berdasarkan studi literatur dan percobaan awal diketahui bahwa untuk mendapatkan komposit yang optimal, maka perbandingan yang dianggap cukup baik untuk limbah serat kapas dan matriksnya, yaitu sekitar 75:25 atau 3:1, sehingga resep tersebut digunakan pula pada percobaan dengan skala pilot yang dilakukan di industri pembuat tekstil otomotif di Bogor. Foto produk dan struktur mikro *felt* tersebut disajikan pada Gambar 3 dan 4, sedangkan sifat fisik atau karakteristiknya dibandingkan dengan *glasswool*, *rockwool* dan standar produk *non wown* berupa *felt* untuk tekstil otomotif disajikan pada Tabel 4.



**Gambar 3.** *Felt* limbah kapas/  
*low melt polyester*



Limbah serat kapas,  
SEM 250X

Low melt polyester,  
SEM 250X

Komposit,  
SEM 250 X

**Gambar 4.** Struktur mikro *felt* limbah kapas/  
*low melt polyester*

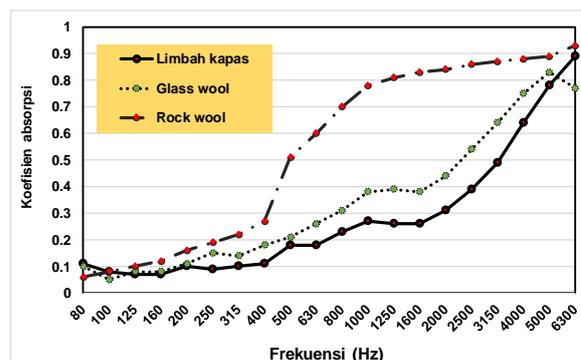
**Tabel 4.** Karakteristik *felt* hasil percobaan, *glasswool*, *rockwool* dan standar

No.	Jenis uji	<i>Felt</i>	<i>Glass wool</i>	<i>Rock wool</i>	Standar Test method: TSL 3505 G - 6N
1.	Gramasi, g/m <sup>2</sup>	720,1	388,6	2343,2	1800 ± 140
2	Tebal, mm	14,49	30,29	31,93	40 (+3, -1)
3	Daya serap/uji tetes, detik	351			-
4	Kekuatan tarik MD, kPa	39,36			29 (minimal)
5	Mulur MD (%)	15,05			-
6	Kekuatan tarik CD, kPa	112,25			29 (minimal)
7	Mulur CD (%)	20,5			-
8	Kekuatan Sobek MD, kPa	10,25			-
9	Kekuatan Sobek CD, kPa	24,50			-
10	Uji siram	ISO 1	ISO 1	ISO 1	
11	Tahan api vertikal (AP)				
	Waktu nyala (detik)	125	0	0	
	Waktu bara (detik)	133	0	0	
	Panjang arang (cm)	30	0	0	
	Tahan api mm/menit	144	0	0	100
12	Tahan api vertikal (AL)				
	Waktu nyala (detik)	134	0	0	
	Waktu bara (detik)	141	0	0	
	Panjang arang (cm)	30	0	0	
	Tahan api mm/menit	134,53	0	0	100
13	Densitas, g/cm <sup>3</sup>	0,0496	0,013	0,07	0,04 (minimal)
14	Daya serap bunyi				
	2500 Hz	0,39	0,54		
	5000 Hz	0,78	0,83		0,25*
	6300 Hz	0,89	0,77		

\*ISO 11654:1997<sup>25,26</sup>

Dari Gambar 3 terlihat komposit hasil percobaan berupa produk *non woven* berupa *felt* dengan ketebalan sekitar 1,5 cm dengan berat yang sangat ringan, yaitu mempunyai berat jenis sebesar 0,0496 g/cm<sup>3</sup> (Tabel 4). Dari hasil uji struktur mikro (Gambar 4), terlihat bahwa serat kapas mendominasi produk tersebut. Hal ini terjadi karena penggunaan serat kapas pada percobaan ini adalah 3 kali lebih banyak dibandingkan dengan matriksnya. Adapun dari Tabel 4 diketahui bahwa dibandingkan dengan standar, *felt* hasil percobaan ini mempunyai kekuatan tarik dan densitas yang sudah memenuhi standar. Pada percobaan ini, walaupun tebalnya hanya sekitar 1,49 cm ternyata kekuatan dan densitasnya sudah memenuhi standar, sehingga apabila dilakukan percobaan ulang dengan ketebalan yang sesuai standar, yaitu sekitar 40 (+3, -1) cm (atau langsung ditumpuk menjadi 3 lapisan *felt*) dipastikan selain gramasinya juga memenuhi standar, kekuatannya pun akan semakin meningkat. Namun apabila dibandingkan dengan standar, maka komposit hasil percobaan ini mempunyai nilai tahan api yang lebih rendah (134,53-144 mm/menit) dibanding dengan standar (100 mm/menit), sehingga masih perlu dilakukan proses penyempurnaan anti api agar dapat memenuhi baku mutu yang berlaku. Diketahui pula bahwa biokomposit hasil percobaan ini beratnya adalah 4 kali lebih besar dibanding komposit dari *glass wool*; namun apabila dibandingkan dengan *rock wool*, produk tersebut lebih ringan (0,7 kalinya). Akan tetapi nilai tahan apinya lebih rendah dibanding *glass wool* dan *rock wool*. Namun demikian apabila ditinjau dari segi harga dan dampaknya terhadap lingkungan, produk ini lebih murah dan bersifat ramah lingkungan dibanding dengan *glass wool* maupun *rock wool*. Selain itu secara umum, produknya relatif ringan (berat jenis: 0,049 g/cm<sup>3</sup>).

Untuk mengetahui kemampuan produk dalam menyerap suara, dilakukan pengukuran dengan menggunakan Tabung Impedansi pada frekuensi 100 sampai dengan 6300 Hz (frekuensi standar 1000-4000 Hz) dan frekuensi tinggi (5000-6300 Hz), sesuai kapasitas alat uji.<sup>25</sup> Dengan alat tersebut, dapat dihitung koefisien absorpsi suara, yaitu dengan cara mengukur tekanan suara ( $\alpha$ ) yang datang pada permukaan bahan dan dipantulkan. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 5.



**Gambar 5.** Koeffisien absorpsi suara *felt* hasil percobaan, *glass wool* dan *rock wool*

**Tabel 5.** Koeffisien absorpsi suara ( $\alpha$ ) *felt* hasil percobaan dan *glass wool*

Keterangan	<i>Felt</i>	<i>Glass wool</i>
$\alpha$ rata-rata pada frekuensi standar (1000 - 4000 Hz)	0,374	0,503
$\alpha$ rata-rata pada frekuensi tinggi (5000 – 6300 Hz)	0,835	0,80
$\alpha$ optimum pada frekuensi standar (1000 – 4000 Hz)	0,64 (4000 Hz)	0,75 (4000 Hz)
$\alpha$ optimum pada frekuensi tinggi (5000 – 6300 Hz)	0,78 (5000 Hz)	0,83 (5000 Hz)
$\alpha$ pada 2500 Hz	0,39	0,54

Pendengaran manusia standar tanggap terhadap bunyi antara jangkauan frekuensi audio sekitar 20 sampai 20.000 Hz. Pada umumnya bunyi terdiri dari banyak frekuensi, yaitu komponen frekuensi rendah, tengah, medium. Frekuensi standar yang dapat dipilih secara bebas sebagai wakil yang penting dalam akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048, dan 4096 Hz.

Dari Gambar 5 diketahui bahwa komposit dari *rock wool* mempunyai sifat mengabsorpsi suara yang paling baik, dan koefisien absorpsinya cenderung naik seiring naiknya frekuensi, yaitu dari 1000 – 6300 Hz. Akan tetapi, produk tersebut densitasnya juga yang paling tinggi dibanding komposit hasil percobaan dan *glass wool* (Tabel 4). Dari Gambar 5 dan Tabel 5 diketahui bahwa koefisien absorpsi *felt* hasil percobaan tersebut cenderung naik seiring naiknya frekuensi tinggi, yaitu dari 100-6300 Hz sedangkan untuk komposit *glasswool* cenderung naik seiring naiknya frekuensi tinggi, yaitu sampai 5000 Hz, kemudian menurun.

Berdasarkan hasil uji koefisien absorpsi suara tersebut diketahui bahwa *felt* hasil percobaan ini pada frekuensi standar memberikan koefisien

absorpsi suara relatif tinggi dan pada frekuensi 2500 Hz memberikan nilai  $\alpha = 0,39$  (rentang frekuensi berdasarkan kemampuan dari *sound system*, yaitu 0 – 2800 Hz). Pada frekuensi tinggi (5000 – 6300 Hz) komposit tersebut mampu menyerap suara lebih besar (83,5%) dibanding *glass wool* (80%), juga pada frekuensi 6300 Hz, yaitu 89% (*glass wool* 77%). Demikian juga pada frekuensi tinggi, komposit tersebut memberikan kondisi maksimum dengan  $\alpha = 0,78$  pada frekuensi 5000 Hz. Dengan demikian biokomposit berupa *felt* tersebut telah memenuhi standar minimal koefisien serap bunyi, yaitu  $\alpha = 0,25$  pada frekuensi acuan (5000 Hz) berdasar ISO 11654:1997.<sup>4, 25</sup>

Secara umum *absorber* suara dapat diklasifikasikan ke dalam 3 golongan, yaitu *Porous Absorber*, *Membran Absorber* dan *Cavity Absorber*, dan *felt* berbasis serat kapas ini termasuk *Porous Absorber* atau bahan yang memiliki pori-pori. Melalui pori-pori ini gelombang suara masuk dan menggetarkan molekul udara dalam pori-pori tersebut. Molekul udara yang bergetar akan bergesekan dengan permukaan bahan dan menghasilkan panas. Absorber ini lebih efektif pada gelombang suara dengan frekuensi tinggi dan panjang gelombang pendek.<sup>4</sup> Sebagai bahan perbandingan, Tabel 6 di bawah ini menyajikan koefisien absorpsi suara dari kayu, ubin dan dinding.<sup>26,27,28</sup>

**Tabel 6.** Koefisien absorpsi pada kayu, ubin dan dinding

Frekuensi	Koefisien absorpsi ( $\alpha$ )		
	Kayu	Ubin	Dinding
125 Hz	0.15		0.03
250 Hz	0.11		0.03
500 Hz	0.1	0,4 – 0,8	0.03
1000 Hz	0.07		0.04
2000 Hz	0.06		0.05
4000 Hz	0.07		0.07

Dengan membandingkan koefisien absorpsi suara *felt* hasil percobaan di atas (dengan koefisien absorpsi kayu, ubin dan dinding, diketahui bahwa *felt* hasil percobaan dengan ketebalan sekitar 15 mm menunjukkan  $\alpha$  yang lebih tinggi dan pada frekuensi 6300 Hz mampu menyerap 89% suara.

Dari uraian di atas diharapkan biokomposit berupa *felt* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk tekstil otomotif (*door trim*, *dashboard* ataupun *head lining*). *Felt* tersebut dapat juga digunakan sebagai peredam suara, baik untuk bangunan maupun tekstil otomotif, karena mampu meredam suara 78% pada frekuensi acuan (5000 Hz) dan 89% pada 6300 Hz serta produknya relatif ringan (berat jenis: 0,049 g/cm<sup>3</sup>).

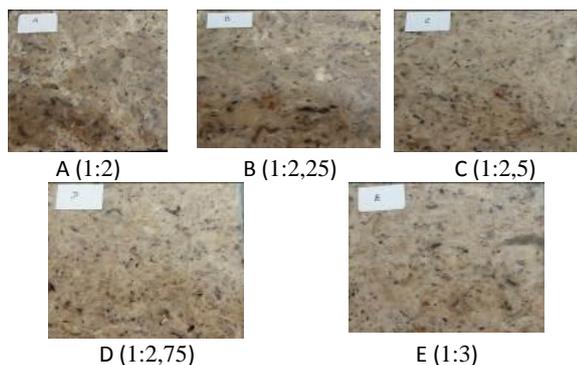
**b. Papan serat (*fiber board*)**

Dalam penelitian ini dilakukan juga pembuatan biokomposit berbasis limbah serat kapas sebagai substitusi bahan kayu, yaitu sebagai salah satu produk *manufactured wood* berupa papan serat dengan menggunakan matrik epoksi.

Dari studi literatur dan percobaan awal diketahui bahwa penggunaan epoksi yang rendah (perbandingan antara limbah serat kapas dan matriks epoksi <2), maka akan menghasilkan produk dengan kualitas yang rendah, yaitu permukaan komposit tidak rata dan terasa kasar, karena sebagian serat tidak terikat oleh resin (penggunaan serat terlalu banyak). Hal ini disebabkan karena serat kapas bersifat *bulky* (ruah), sehingga memerlukan matriks resin yang lebih banyak dibandingkan serat-serat yang berasal dari batang, seperti bambu, nanas, rami ataupun serat dari sabut kelapa,<sup>3,11,19,21</sup> maka percobaan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan perbandingan antara limbah serat kapas dan matriks epoksi, dimulai dari 1:2.

Pada percobaan pertama, pembuatan komposit dilakukan dengan cara mencampurkan langsung antara limbah serat kapas dengan resin epoksinya, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan pada suhu dan waktu tertentu tertentu, sedangkan pada percobaan kedua, limbah tersebut diproses dahulu pada alat *Mechanical Softening & Brushing*, kemudian dicampurkan dengan resin epoksi, baru kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan pada suhu dan waktu seperti di atas.

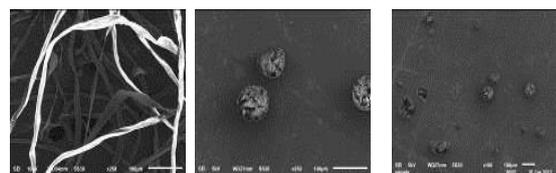
Dari hasil percobaan diketahui bahwa proses pembukaan gumpalan limbah serat kapas melalui alat *Mechanical Softening & Brushing*, membuat limbah serat menjadi lebih terurai dengan baik, sehingga penggunaan epoksi dapat dikurangi, maka untuk selanjutnya digunakan percobaan kedua. Foto dan struktur mikro *produk* tersebut disajikan pada Gambar 6 dan 7. Hasil uji sifat fisik produk disajikan pada Tabel 7, sedangkan persyaratan teknis untuk papan serat disajikan pada Tabel 8. Selanjutnya untuk mengetahui sifat absorpsi suaranya, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan Tabung Impedansi, pada frekuensi 1000 Hz sampai dengan 6300 Hz,<sup>23</sup> dan hasil pengujian tersebut disajikan pada Gambar 8 dan 9.



Keterangan:

A s/d E: variasi komposisi serat kapas : resin epoksi

**Gambar 6.** Papan serat dari limbah kapas dan epoksi



Limbah serat kapas, SEM 250X      Komposit epoksi, SEM 250X      Komposit epoksi, SEM 100X

**Gambar 7.** Struktur mikro produk (SEM)

**Tabel 7.** Sifat fisik papan serat (variasi matriks resin epoksi)

Parameter uji	Kode komposit				
	A	B	C	D	E
Kerapatan, g/cm <sup>3</sup>	0,85	0,90	0,96	0,97	1,02
Kadar air, %	3,66	2,98	2,67	2,10	1,44
Penyerapan, %	13,05	7,25	5,54	2,25	1,95
Perubahan tebal, %	1,79	0,95	0,76	0,62	0,03
Perubahan panjang, %	-0,04	-0,03	0,10	0,10	0,028
Keteguhan lentur, kgf/cm <sup>2</sup>	120,66	123,67	144,19	278,52	386,55
Modulus elastisitas kuat lentur, kgf/cm <sup>2</sup>	7468,4	7658,10	10083	15780	19058

**Tabel 8.** Persyaratan teknis untuk Papan Serat Kerapatan Tinggi - Tipe T2 45<sup>22</sup>

Parameter	Persyaratan
Kerapatan, g/cm <sup>3</sup>	
- Rendah	< 0,4
- Sedang	0,4 – 0,84
- Tinggi	> 0,84
Kadar air, %	maksimal 13%
Penyerapan, untuk Papan Serat Kerapatan Tinggi - Tipe T2 45	maksimal 20%
Perubahan tebal, %	maksimal 10%
Perubahan panjang, %	maksimal 0,5%
Keteguhan lentur, kgf/cm <sup>2</sup>	≥ 45
Modulus elastisitas keteguhan lentur, kgf/cm <sup>2</sup>	≥ 459

Pada pembuatan komposit, fungsi serat secara umum adalah sebagai penguat, sehingga produknya menjadi lebih kuat dan kokoh.<sup>1,2,3,10,29</sup> Adapun tugas utama matriks adalah mengikat serat bersama-sama, karena sekumpulan serat tanpa matriks tidak dapat menahan gaya dalam arah tekan dan transversal; dan komposit berkualitas tinggi adalah komposit yang dapat melayani gaya dari segala arah.<sup>30 dalam 9</sup>

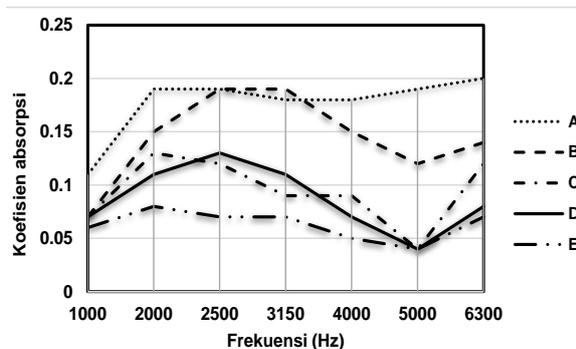
Serat kapas merupakan serat selulosa dan rantai selulosa ini merupakan struktur kristalin yang ditunjang dengan ikatan kovalen antar unsur-unsurnya. Adanya gugus-gugus hidrogen pada polimer resin epoksi akan berikatan dengan gugus -gugus aktif pada selulosa, yaitu gugus -OH dan CH<sub>2</sub>OH membentuk ikatan hidrogen. Semakin panjang rantai molekul selulosa maka semakin banyak ikatan kimia yang terjadi dengan polimer resin, sehingga komposit akan lebih padat dan memungkinkan pada area *macroporous* maupun *microporous* terisi penuh oleh ikatan-ikatan kimia.

Dari Tabel 7 diketahui bahwa komposit dari limbah serat kapas akan menghasilkan komposit dengan kerapatan tinggi. Diketahui pula bahwa semakin banyak penggunaan epoksi, maka kerapatan komposit akan semakin besar; namun sifat fisik mekaniknya (kadar air, penyerapan air, perubahan panjang dan pengembangan tebalnya) akan semakin baik pula atau nilainya semakin kecil.<sup>31,32</sup> Hal tersebut antara lain 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.<sup>33</sup> Selain itu, semakin banyak penggunaan matriks epoksi, maka kerapatan dan keteguhan lentur dari papan serat akan semakin membesar atau dengan perkataan lain keteguhan tarik komposit limbah serat kapas sangat berhubungan dengan kerapatan komposit, karena faktor kerapatan komposit akan memberikan kontribusi yang nyata dalam peningkatan sifat fisik komposit. Hal ini diduga karena semakin besar kerapatan, maka lebih padat susunan partikelnya, sehingga pada saat beban diberikan, kemampuan papan untuk menahan beban lebih lama, sehingga memberikan nilai keteguhan lentur yang tinggi. Berdasarkan hasil uji tersebut dapat disimpulkan bahwa secara umum papan serat tersebut semuanya termasuk ke dalam klasifikasi untuk Papan Serat Kerapatan Tinggi (PSKT) Tipe T2 45 dengan sifat fisik (kerapatan, kadar air, penyerapan, perubahan panjang, perubahan tebal, keteguhan tarik dan lentur) memenuhi standar yang berlaku (SNI 01 – 4449 – 2006).<sup>22</sup>

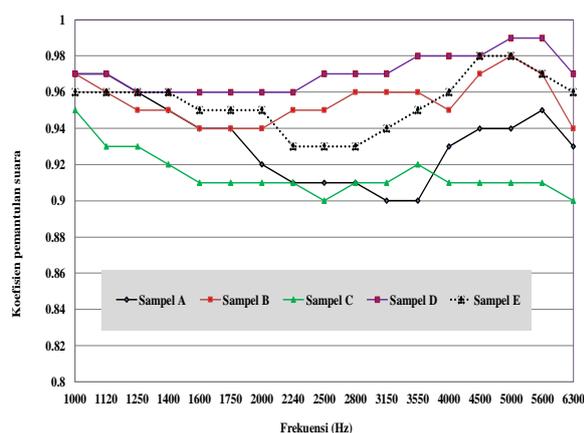
Dari uraian di atas diketahui bahwa penggunaan resin ≥ 2 bagian terhadap serat akan menghasilkan produk yang sifat-sifat fisiknya dapat memenuhi standar yang berlaku (SNI 01 – 4449 –

2006).<sup>22</sup> Akan tetapi dalam upaya memaksimalkan penggunaan serat alam sebagai penguat, maka komposit dengan Kode A (perbandingan antara limbah serat : epoksi adalah 1:2) dapat dianggap cukup memadai sebagai papan serat.

Adapun dari Gambar 8, diketahui bahwa variasi penggunaan resin epoksi relatif tidak berpengaruh terhadap sifat absorpsi suaranya, yaitu pada frekuensi standar (2500 Hz) memberikan nilai  $\alpha$  = antara 0,07 – 0,19 dan pada frekuensi tinggi (5000 Hz), komposit tersebut memberikan nilai  $\alpha$  = antara 0,04 – 0,19 atau tidak memenuhi standar minimal koefisien serap bunyi.<sup>4,25</sup> Seperti halnya di atas, dari Gambar 9 diketahui pula bahwa variasi penggunaan resin epoksi relatif kurang berpengaruh terhadap sifat pemantulan suaranya, yaitu berkisar antara 0,91 – 0,99. Dengan demikian komposit tersebut dapat memantulkan suara antara 91-99%, sehingga dapat dijadikan panel interior ruangan yang mampu memantulkan suara.



Gambar 8. Koefisien absorpsi papan serat



Gambar 9. Koefisien pemantulan suara papan serat

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa limbah serat kapas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biokomposit berupa *felt* yang dapat menyerap suara sebesar 78% pada frekuensi acuan (5000 Hz) dan memenuhi standar minimal koefisien serap bunyi.<sup>25</sup> Produk tersebut dapat digunakan sebagai peredam suara (bangunan/tekstil otomotif), dan juga sebagai tekstil otomotif (*door trim, dashboard* ataupun *head*

*lining*). Selain itu, limbah tersebut dapat digunakan pula sebagai penguat biokomposit berupa papan serat. Produk akhirnya termasuk ke dalam klasifikasi untuk Papan Serat Kerapatan Tinggi (PSKT) Tipe T2 45 dengan sifat yang memenuhi standar yang berlaku.<sup>22</sup> Oleh karenanya, diharapkan limbah tersebut dapat dimanfaatkan pula sebagai substitusi kayu pada industri *manufactured wood*, sehubungan dengan semakin terbatasnya ketersediaan kayu.

Produk hasil penelitian itu selain lebih ramah lingkungan (karena dapat mengurangi pemakaian serat sintetis/serat berbahan baku kayu), juga dapat mengurangi masalah penanganan limbah dengan melakukan diversifikasi produk berbasis limbah dari proses pemintalan kapas menjadi produk yang mempunyai nilai jual yang lebih tinggi.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah diperoleh metoda pembuatan biokomposit berbahan baku limbah serat kapas dari industri pemintalan kapas, berupa *felt* dan papan serat yang memenuhi standar yang berlaku. Kondisi optimal untuk *felt* dan papan serat diperoleh dengan perbandingan antara serat terhadap matriksnya, berturut-turut yaitu 3:1 dan 1:2. *Felt* tersebut dapat digunakan sebagai peredam suara (bangunan/tekstil otomotif), dan tekstil otomotif (*door trim, dashboard* ataupun *head lining*). Papan serat yang dihasilkan, termasuk ke dalam klasifikasi Papan Serat Kerapatan Tinggi (PSKT) Tipe T2 45. Papan serat tersebut juga dapat digunakan sebagai panel interior ruangan untuk memantulkan suara. Produk-produk tersebut tersebut lebih ramah lingkungan dan dapat mengurangi pemakaian serat sintetis/serat berbahan baku kayu serta mengurangi masalah penanganan limbah dari proses pemintalan kapas.

## SARAN

Diharapkan pada masa yang akan datang limbah serat kapas dari proses pemintalan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai biokomposit untuk tekstil bangunan/otomotif dan sebagai substitusi kayu pada industri *manufactured wood*, yaitu papan serat, karena produk akhirnya dapat memenuhi standar.

## PUSTAKA

- Hull D and TW Clyne, 2000. "An Introduction to Composite Materials", Cambridge Solid State Science Series, Second Edition.
- Astrom BT, 1997. "Manufacturing of Polymer Composites", Chapman & Hall, London, Weinheim, New York
- Theresia Mutia, Susi S., Henggar H., Teddy K., Hendro R., 2014. "Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara", *Jurnal Selulosa*, Vol. 4, No. 1.

- <sup>4</sup>Setyanto H, Ilham Priyadithama, Natalia Maharani, 2011. “Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan dan Persentase Perekat terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serat Bunyi Berbahen Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa”, *Performa*, Vol. 10, No. 2,: 89 – 94
- <sup>5</sup>Theresia Mutia, 2015. “Serat dan Pulp Bambu Tali (*Gigantochloa Apus*) untuk Papan Serat”, *Laporan Litbang*, BBPK.
- <sup>6</sup>Sudarsono, Rusianto T, Suryadi Y, 2010. “Pembuatan Papan partikel Berbahen Baku Sabut Kelapa dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal)”, *Jurnal Teknologi*, Vol 3 (1).
- <sup>7</sup>Anonim, 2006. “*Statistik Kementerian Kehutanan*”, Jakarta.
- <sup>8</sup>Data Kemenperin, 2015 {([www.kemenperin.go.id](http://www.kemenperin.go.id)), diakses 3 Jan. 2017}.
- <sup>9</sup>Lukman A, 2008. “Karakteristik Partikel Tandan Kosong Sawit setelah Perendaman Air Dingin, Air Panas, Etanol-Benzena”, *Skripsi*, Bogor : Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- <sup>10</sup>Maloney TM, 1993. “*Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manufacturing*”, Miller Freeman, Inc. San Fransisco.
- <sup>11</sup>Dermawati Suantara dan Endah O, 2015. “Pemanfaatan Serat Kelapa dan Serat Abaka sebagai Bahan Baku Papan Partikel”, *Arena Tekstil*, Vol. 30, No. 1.
- <sup>12</sup>Rifaida Eriningsih, Theresia Mutia, Hermawan Judawisastra, 2011. “Komposit Sunvisor Tahan Api dari Bahan Baku Serat Nanas”, *Jurnal Riset Industri*, Vol. V., No. 2,191–203
- <sup>13</sup><http://www.csir.co.za> , diakses Juli 2011.
- <sup>14</sup>Peijs T, 2002. “Composites Turn Green, Departement of Materials”, Queen Mary, University of London, e-*Polymers*, No. T 002.
- <sup>15</sup>Fatriasari W, Euis H, 2008. “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.
- <sup>16</sup>Khakifirooz A, Ravanbakhsh F, Samariha A, Kiaei M, 2013. “Investigating the Possibility of Chemi-mechanical Pulping of Bagasse”, *Bioresource*, 8(1), 21-30.
- <sup>17</sup>Syafii W, IZ Siregar, 2006. “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.
- <sup>18</sup>Rifaida Eriningsih, Saeful I, 2009. “Komposit Serat Rami dan limbah Rami sebagai Bahan Absorpsi Suara”, *Jurnal Arena Tekstil* 24 (1), Agustus.
- <sup>19</sup>Rifaida Eriningsih, Rini M, Saeful I, 2009. “Pembuatan Tekstil Otomotif dari serat Nanas”, *Arena Tekstil*, Vol. 24 (1), Agustus.
- <sup>20</sup>Rifaida Eriningsih, Theresia Mutia, Hernawan Judawisastra, 2011. “Komposit Sunvisor Tahan Api dari Bahan Baku Serat Nanas”, *Jurnal Riset Industri*, Vol. V., No. 2,191–203
- <sup>21</sup>Rifaida Eriningsih, Mukti W, Rini M, 2014. “Pembuatan dan Karakterisasi Peredam Suara dari Bahan Baku Serat Alam”, *Arena Tekstil*, Vol. 29., No. 1, Juni.
- <sup>22</sup>SNI 01 – 4449 – 2006, Papan serat
- <sup>23</sup>Sound absorption, according to ISO 10534-2: 2001, Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part 2: Transfer-Function Method. 1998. International Standardization Organization
- <sup>24</sup>Franck RR, 2005. “*Bast and Other Plant Fibers*”, The Textile Institute, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge England.
- <sup>25</sup>ISO 11654:1997, Acoustics sound absorber for use in buildings – Rating of sound absorption.
- <sup>26</sup>Shoshani Yakir Z, 2011. “Effect of Nonwoven Backing on the Noise Absorption Capacity of Tufted Carpets”, *Textile Research Journal*, August, 452-456.
- <sup>27</sup>Mediastika EC, 2005. “*Akustika Bangunan*”, Erlangga, Jakarta.
- <sup>28</sup>Erlina Rusmawati, “Penentuan Koefisien Absorpsi Dengan Metode Dua Mikrofon Pada Tabung Impedansi”, (2407 100 605), FTI- ITS (diunduh Oktober 2013).
- <sup>29</sup>Sudarsono, Rusianto T, Suryadi Y, 2010. “Pembuatan Papan partikel Berbahen Baku Sabut Kelapa dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal)”, *Jurnal Teknologi*, Vol 3 (1).
- <sup>30</sup>Maloney TM, 1993. “*Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manufacturing*”, Miller Freeman, Inc. San Fransisco.
- <sup>31</sup>Christian RK, Mathias K, Poul HK, 2010. “Flexible Mould for Precast Concrete Element”, *Proceeding of the International Ass. for Shell and Spatial Structure (IASS) Symposium*, Shanghai, China.
- <sup>32</sup>Agarwal BD and Broutman LJ, 1990. “*Analysis and Performance of Fibre Composite*”, Wiley – Interscience, New York.
- <sup>33</sup>Trisna H dan Alimin M, 2012. “Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk dengan Penambahan Boraks (*Dinatrium Tetraborat Decahydrate*)”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 1, No. 1, Oktober.