

**PANEL DINDING BANGUNAN RAMAH LINGKUNGAN  
DARI KOMPOSIT LIMBAH PABRIK KERTAS (SLUDGE), SABUT KELAPA  
DAN SAMPAH PLASTIK: PENGARUH KOMPOSISI BAHAN DAN BEBAN  
PENGEMPAAN TERHADAP KUAT LENTUR (BENDING)**

**Fajriyanto dan Feris Firdaus**

Pusat Penelitian Sain dan Teknologi, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta  
Email: fajriyanto@ftsp.uui.ac.id

**ABSTRAK**

*Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah pabrik kertas (sludge), sabut kelapa dan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan panel bangunan ramah lingkungan yang diharapkan memiliki kekuatan/karakteristik mekanik tinggi sehingga di masa mendatang dapat dijadikan sebagai panel bangunan tahan gempa. Dilaporkan dalam penelitian sebelumnya bahwa kelimpahan limbah pabrik kertas berupa sludge menjadi problem besar dalam industri kertas di Indonesia dengan limbah mencapai 7,7 juta ton pertahun dan industri kertas yang terpusat di Surabaya memberikan kontribusi 98% dari seluruh limbah industri yang dibuang ke Kali Surabaya. Padahal sludge pabrik kertas termasuk kategori B3 yang mengandung logam berat. Sampai sekarang limbah sludge menjadi problem lingkungan yang belum terpecahkan. Di pihak lain, Indonesia merupakan penghasil kelapa (kopra) terbesar ke tiga di dunia dan komponen utama buah kelapa berupa sabut kelapa (35%) belum dimanfaatkan secara optimal. Ditambah lagi dengan jumlah sampah plastik di Indonesia mencapai 1,6 ton pertahun sehingga mejadi problem lingkungan yang serius. Selanjutnya Kebutuhan bahan bangunan yang ramah lingkungan dan tahan gempa merupakan kebutuhan teknologi konstruksi, karena sebagian besar wilayah Indonesia adalah wilayah rawan gempa. Penelitian ini telah merujuk pada hasil-hasil penelitian sejenis terdahulu kaitannya dengan proses pembuatan dan pengujian karakteristik mekaniknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi beban pengempaan pada saat pencetakan panel bangunan dan komposisi sabut kelapa (% b/b) ternyata berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik mekaniknya. Diperoleh kuat lentur (bending) optimal, yakni 77,81 kg/cm<sup>2</sup> dengan beban pengempaan 2000 bars dan komposisi sabut kelapa sebesar 2 % (b/b). Hasil penelitian ini akan dikembangkan secara komprehensif kaitannya dengan pencapaian hasil yang lebih optimal.*

*Kata-kata kunci: limbah pabrik kertas, sabut kelapa, sampah plastik, panel bangunan ramah lingkungan*

**PENDAHULUAN**

Limbah pabrik kertas berupa sludge menjadi problem besar dalam industri kertas di Indonesia. Kapasitas produksi pabrik kertas di Indonesia sebesar 10,4 juta ton pertahun dengan limbah sebanyak 7,7 juta ton pertahun (Kaltim Post, 2006). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sumber pencemaran terbesar industri kertas memberikan kontribusi 98% dari seluruh limbah industri yang dibuang ke Kali Surabaya (Arisandi,2006). Padahal sludge pabrik kertas termasuk kategori B3 yang mengandung logam berat seperti Cd, Cr, Cu, Pb, Ag dan Zn yang sangat membahayakan (Adiprima, 2006). Logam berat adalah logam yang sangat berbahaya karena tidak dapat dimusnahkan dan menimbulkan dampak kesehatan yang sangat

membahayakan masyarakat. Sampai sekarang limbah sludge pabrik kertas menjadi problem lingkungan yang belum terpecahkan.

Indonesia merupakan penghasil kelapa (kopra) terbesar ke tiga di dunia, dengan total produksi mencapai 14 milyar butir pertahun. Komponen utama buah kelapa berupa sabut kelapa (35%) belum dimanfaatkan optimal dan tidak mempunyai nilai ekonomi (Sulekha, 2007). Di lain pihak, jumlah sampah plastik di Indonesia mencapai 1,6 ton atau 80 % pertahun sehingga mejadi problem lingkungan yang serius (Kompas, Juli 2003). Sebagian besar wilayah Indonesia adalah wilayah rawan gempa (Sarwidi, 2006). Frekuensi gempa bumi yang terjadi di Indonesia sangat besar. Jumlah bangunan yang rusak juga sangat besar dengan tingkat kerusakan bangunan terbanyak adalah

pada dinding bangunan. Walaupun referensi sudah tersedia aplikasi rekayasa kegempaan di Indonesia harus disesuaikan dengan kondisi riil di lapangan (Sarwidi, 2004). Gempa yang terjadi di Yogyakarta pada tahun 2006 telah mengakibatkan lebih dari 216.000 rumah roboh, rusak berat dan ringan. Kerusakan bangunan yang sering terjadi akibat gempa adalah bidang dinding (Sarwidi, 2002)

Problem lingkungan lainnya adalah penebangan hutan di Indonesia yang sangat besar, yaitu mencapai 3,8 juta Ha pertahun sejak tahun 1998 (Walhi, 2005). Sebagian besar hasil hutan berupa kayu digunakan untuk keperluan pembangunan perumahan dan bangunan publik, baik untuk konstruksi maupun produksi papan kayu lapis dan papan komposit. Kebutuhan rumah di Indonesia setiap tahun rata-rata sebesar  $\pm 1,1$  juta unit. Dari jumlah ini pasokan rumah rata-rata per tahun sebesar 150.000 unit, sehingga defisit per tahun sejumlah 290.000 unit (Simanungkalit, 2004). Kebutuhan terbesar rumah adalah tipe rumah sangat sederhana (RSS) dan sederhana (RS). Untuk memenuhi target tersebut dibutuhkan teknologi bahan alternatif khususnya untuk menyediakan penyediaan dinding bangunan yang lebih ekonomis, karena bahan bangunan adalah salah satu faktor yang menyebabkan harga rumah semakin mahal (Feri dan Mutaqi, 2006).

Penelitian komposit kayu plastik telah berkembang di beberapa negara (Setyawati, 2003). Hasil penelitian Fajriyanto (2005, 2006) menunjukkan bahwa limbah tandan kosong kelapa (TKKS) dan sampah plastik dapat dibuat komposit dinding bangunan yang berkualitas tinggi. Sedangkan limbah pabrik kertas mempunyai komponen utama (95%) serat organik yang berupa selulosa yang berpotensi sebagai bahan komposit dinding bangunan. Oleh karena itu permasalahan penelitian adalah bagaimana memanfaatkan limbah pabrik kertas (sludge), sabut kelapa dan sampah plastik untuk pembuatan komposit dinding bangunan ramah lingkungan dan tahan gempa. Perkembangan teknologi, khususnya di bidang komposit telah menghasilkan produk komposit yang merupakan gabungan antara serbuk kayu dengan plastik daur ulang (Setyawati, 2003). Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil membuat komposit dari kayu dan plastik polipropilen murni dan daur ulang. Beberapa penelitian tersebut pernah dilakukan Sulaeman (2003), Febrianto, *et al* (2001), Febrianto (1999), Strak dan Berger (1997), Oksman dan Clemons (1997), Prayitno (1995) dan Han (1990), Fajriyanto (2005, 2006) dan Feris (2006).

Hasil penelitian Fajriyanto (2006) menunjukkan bahwa sabut kelapa sawit (TKKS) dan sampah plastik dapat dibuat komposit dinding bangunan yang berkualitas. Sedangkan limbah pabrik kertas (sludge) mempunyai komponen utama (95%) serat organik yang berupa selulosa (Fajriyanto dan Feris, 2006) yang hampir sama dengan kayu maupun TKKS dan yang berbeda adalah komposisinya. Oleh karena itu limbah sludge pabrik

kertas mempunyai potensi besar dibuat komposit dinding bangunan.

## **METODE PENELITIAN**

Metodologi penelitiannya menggunakan design penelitian eksperimen murni (true experimental research). Tahapan penelitiannya dibagi menjadi tiga yang dimulai dengan preparasi dan sampling bahan baku dan alat produksi. Tahapan berikutnya adalah proses pembuatan komposit dinding bangunan dari bahan baku berupa limbah industri kertas (sludge), sabut kelapa dan sampah plastik yang dimulai dengan proses blending dan pembuatan komposit menjadi dinding bangunan. Tahapan terakhir adalah pengujian sifat mekanik, kimiawi, fisik dan ketahanan terhadap gempa serta analisis estetika, dan toksisitas. Metode alternatif yang digunakan merupakan rekayasa/modifikasi dan penyederhanaan dari metode pembuatan komposit kayu dan polipropilen yang sudah pernah dilakukan oleh Setyawati, (2003), Sulaeman (2003), Febrianto, *et al.* (2001), Febrianto (1999), Strak dan Berger (1997), Oksman dan Clemons (1997), Prayitno (1995), dan Han (1990).

Bahan : berupa limbah pabrik kertas (sludge) sebagai filler dan sabut kelapa sebagai micro fiber. Sludge diperoleh dari industri kertas PT. Adiprima Surabaya. Sedangkan sabut kelapa diperoleh dari pengolahan minyak kelapa VCO di Yogyakarta. Sampah plastik sebagai matriks diperoleh dari TPA di Yogyakarta. Alat : berupa Pengempa dan Cetakan Aluminium/logam, Grander, Thermal Magnetic Stirrer dan Infra-Red Thermometer, Mesh Screener, Oven, Timbangan elektrik, pH-meter dan kertas lakmus, Alat uji mekanik Torse/Tenso Lab (kuat tekan, lentur, geser dan tarik, Uji Gempa SWD 23, RH-meter (uji kelembaban) dan atomic asorption spectrophotometry/AAS (uji heavy metal leaching). Cara kerja penelitian yang akan dilakukan mengacu prosedur pembuatan komposit plastik-kayu yang pernah dilakukan Setyawati, (2003), Sulaeman (2003), Febrianto, *et al.* (2001), Febrianto (1999), Strak dan Berger (1997), Oksman dan Clemons (1997), Prayitno (1995), dan Han (1990), tetapi dalam penelitian ini mekanisme pembuatannya dimodifikasi sedemikian rupa untuk menghasilkan produk yang lebih berkualitas.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

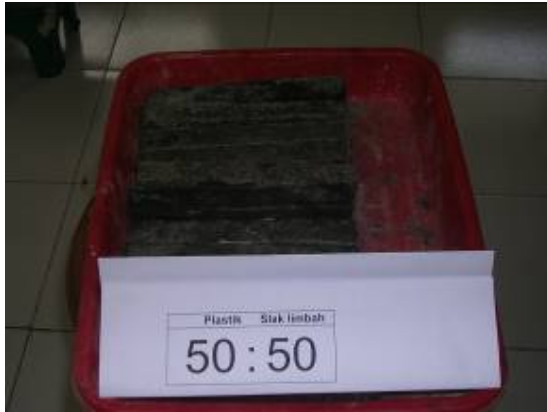
Proses produksi komposit meliputi kegiatan penimbangan berat bahan baku, proses blending dan casting untuk pembentukan komposit. Berat bahan baku berupa sludge pabrik kertas, sabut kelapa dan sampah plastik ditentukan sesuai dengan desain penelitian. Komposisi dibedakan berdasarkan berat sludge dan sampah plastik, berat sabut kelapa dan pembebanan saat casting. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat perbedaannya karakteristik mekaniknya.

Proses blending dilakukan melalui beberapa tahapan : pertama, sampah plastik dipanaskan sampai suhu 150 oC sehingga meleleh. Kedua, sludge pabrik kertas dan sabut kelapa di panaskan sampai suhu 60 oC. Ketiga, proses pencampuran antara sampah plastik yang telah meleleh dengan sludge pabrik kertas dan sabut kelapa dan diaduk secara merata. Apabila campuran telah merata, maka siap untuk dicetak untuk pembentukan komposit.

Peralatan casting dan hysprolic presser dipersiapkan. Adonan komposit dituangkan dalam casting secara bertahap hingga penuh sesuai dengan berat yang telah ditentukan. Setelah itu dilakukan pengepresean dengan tekanan sesuai dengan desain penelitian. Hasil proses casting ini merupakan produk komposit, terlihat cukup solid, menyatu dan mempunyai ikatan yang cukup kuat. Hasil produksi komposit ini merupakan benda uji yang siap untuk dilakukan pengujian sifat mekanik, fisik, gempa, heavy metal lycing dan karakteristik kimianya (Lihat gambar 1 dan 2) :



Gambar 1 Proses Pembuatan Komposit



Gambar 2 Sampel Siap Diuji

**Variasi Tekanan/ Beban Pengempaan (Casting)**

Perlakuan perbedaan tekanan pada saat pembuatan (casting) dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kekuatan mekanik dari komposit sludge pabrik kertas dan plastik apabila terjadi perbedaan tekanan. Dalam perlakuan ini sebagai variabel tetap adalah komposisi bahan dan ukuran dibanding sludge pabrik kertas.

Komposisi bahan =

60 % sludge pabrik kertas: 40 % plastik

Berat sabut kelapa = 2 persen

Tekanan pada saat pencetakan dibuat variasi dengan interval 500 bars, 1000 bar, 2000 bars, 3000 bars dan 4000 bars. Setelah benda uji dibuat dengan perbedaan tekanan seperti tersebut diatas, maka dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan alat Torsee untuk mengetahui beban maksimal (Pmaks) yang dapat diterima dari benda uji.

Hasil pengujian beban maskimal (Pmaks) dan perhitungan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) seperti tersebut pada Tabel 1. Berdasarkan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa besarnya tekanan pada saat pencetakan berpengaruh terhadap kuat lentur komposit. Kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit optimal pada saat casting (pengempaan) dengan pembebanan 2000 bars, melemah pada pengempaan dibawah 2000 bars maupun diatas 2000 bars. komposit. Hasil penelitian tertulis pada Tabel 1.

Hasil uji t sampel tunggal (one-sample t test) terhadap kuat lentur menunjukkan bahwa diketahui t Tabel III. : 2,13 pada tingkat signifikansi 95%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 3,260 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t Tabel (t hitung > 2,13 atau t hitung < - 2,13), dari sini dapat diketahui bahwa semakin besar tekanan pada saat pencetakan berpengaruh terhadap kuat lentur komposit. Berangkat dari pengujian dan analisa tersebut maka tekanan optimal pada saat pencetakan yaitu sebesar 2000 bars.

Tabel 1. Kuat Lentur berdasarkan variasi tekanan/beban pengempaan

Tekanan/ Beban (bars) saat casting	Lebar papan (b) Cm	Tinggi papan (h) Cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_{lt}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
500	2	2	10	13	12,19
1000	2	2	10	14	13,12
2000	2	2	10	83	77,81
3000	2	2	10	72	67,5
4000	2	2	10	55	51,56



Gambar 3 Proses Pengujian Mekanik

**Variasi Berat Sabut Kelapa Dalam Komposit**

Perlakuan perbedaan berat sabut kelapa dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kekuatan mekanik dari komposit panel dinding apabila terjadi perbedaan berat sabut kelapa. Dalam perlakuan ini sebagai variabel tetap adalah tekanan dan komposisi dan berat bahan.

Komposisi bahan =

60% sludge pabrik kertas: 40% plastik  
Tekanan saat casting = 2000 bars.  
Berat sabut kelapa pada saat pencampuran dibuat variasi, pertama 2%, 4%, dan 6%. Setelah benda uji dibuat dengan perbedaan berat sabut kelapa, maka dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan alat Torsee untuk mengetahui beban maksimal (Pmaks) yang dapat diterima dari benda uji. Hasil pengujian beban maskimal (Pmaks) dan perhitungan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) seperti tersebut pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat Lentur berdasarkan variasi volume air

Berat sabut kelapa (%)	Lebar papan (b) Cm	Tinggi papan (h) cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_{lt}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
0 (standar)	2	2	10	4	3,75
2	2	2	10	83	77,81
4	2	2	10	55	51,56
6	2	2	10	76	71,25

Berdasarkan pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbedaan berat sabut kelapa pada saat pencampuran berpengaruh terhadap kuat lentur komposit. Pada berat sabut kelapa 0% (tanpa sabut kelapa) kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar 3,75 kg/cm<sup>2</sup>. Pada berat sabut kelapa 2% kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar 77,81 kg/cm<sup>2</sup>. Pada berat sabut kelapa 4%, kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar 51,56 kg/cm<sup>2</sup>. Pada berat sabut kelapa 6%, kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar 71,25kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil uji t sampel tunggal (one-sample t test) terhadap kuat lentur menunjukkan bahwa diketahui t Tabel III. : 2,92 pada tingkat signifikansi 95%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 3,464 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t Tabel (t hitung > 2,92 atau t hitung < - 2,92), dari sini dapat diketahui bahwa semakin berat sabut kelapa maka semakin rendah kuat lentur komposit. Berangkat dari pengujian dan analisa tersebut maka berat optimal sabut kelapa yaitu sebesar 2%. Hal ini sesuai dengan penelitian Randing (1995) dan Fajriyanto (2005; 2007) dimana penambahan serat organik ijuk dan sabut kelapa dapat memperbaiki sifat fisis-mekanis, meningkatkan kekuatan lentur serta mengurangi sifat regasnya. Hasil penelitian membuktikan bahwa dengan penambahan sabut kelapa sebanyak 2 % dari berat komposit dapat mengatasi sifat regasnya serta dapat meningkatkan kekuatannya.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) maksimal dicapai pada berat sabut kelapa 2% pada saat pencampuran, sehingga pada volume air ini akan digunakan sebagai variabel tetap dalam pencampuran.

### Variasi Komposisi Berat Bahan (Sludge) Dalam Komposit

Perlakuan perbedaan komposisi bahan sludge dan plastik untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kekuatan mekanik dari komposit panel dinding apabila terjadi perbedaan komposisi berat bahan sludge dan sampah plastik. Dalam perlakuan ini sebagai variabel tetap adalah tekanan dan berat sabut kelapa.

Tekanan saat casting = 2000 bars.

Berat sabut kelapa = 2 %.

Komposisi berat bahan pada saat pencampuran dibuat variasi, pertama sludge (50%) dan sampah plastik (50%), kedua sludge (60%) dan sampah plastik (40%), ketiga sludge (70%) dan sampah plastik (30%).

Setelah benda uji dibuat dengan perbedaan komposisi bahan sludge dan plastik, maka dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan alat Torsee untuk mengetahui beban maksimal (Pmaks) yang dapat diterima dari benda uji. Hasil pengujian beban maskimal (Pmaks) dan perhitungan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) seperti tersebut pada Tabel 3.

Tabel 3. Kuat Lentur berdasarkan variasi komposisi bahan sludge dan plastik

Komposisi bahan sludge dan plastik (%)	Uji ke	Lebar papan (b) Cm	Tinggi papan (h) cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_{lt}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Kuat Lentur ( $\sigma_{lt}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
50 : 50	1	2	2	10	32.38	60.71	80.46
	2	2	2	10	48.58	91.08	
	3	2	2	10	47.78	89.59	
60 : 40	1	2	2	10	42.8	80.25	93.20
	2	2	2	10	59.44	111.4	
	3	2	2	10	46.88	87.9	
70 : 30	1	2	2	10	27.81	52.15	61.48
	2	2	2	10	47.43	88.93	
	3	2	2	10	23.13	43.36	

Berdasarkan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa perbedaan komposisi bahan sludge dan plastik pada saat pencampuran berpengaruh terhadap kuat lentur komposit. Pada komposisi bahan sludge (50%) dan plastik (50%): beban maskimal (Pmaks) rata-rata 42.91 kg dan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar rata-rata 80.46 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada komposisi bahan sludge (60%) dan plastik (40%), beban maskimal (Pmaks) rata-rata 49.71 dan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar rata-rata 93.20 kg/cm<sup>2</sup>. Pada komposisi bahan sludge (70%) dan plastik (30%), beban maskimal (Pmaks) rata-rata 27.24 kg dan kuat lentur ( $\sigma_{lt}$ ) komposit sebesar rata-rata 51.07 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil uji t sampel tunggal (one-sample t test) terhadap kuat lentur menunjukkan bahwa diketahui t Tabel III. : 2,92 pada tingkat signifikansi 95%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 6,005 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t Tabel (t hitung > 2,92 atau t hitung < - 2,92), dari sini dapat diketahui bahwa semakin berat sludge pabrik kertas maka

semakin rendah kuat lentur komposit. Hal ini sesuai dengan penelitian Fajriyanto dan Feris(2005) dimana komposisi plastik dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mempengaruhi karakteristik mekanis komposit.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan kuat lentur ( $\sigma_t$ ) maksimal dicapai pada komposisi sludge pabrik kertas 60% dan sampah plastik 40%, sehingga pada komposisi ini akan digunakan sebagai variabel tetap dalam pencampuran.

***Karakteristik Mekanik Produk Komposit Yang Diharapkan***

Setelah dilakukan orientasi karakteristik mekanik komposit berdasarkan pada variasi tekanan, komposisi bahan dan sabut kelapa, maka ditetapkan variabel tetap dalam pembuatan benda uji komposit. Variabel tetap dalam pembuatan komposit panel dinding adalah sebagai berikut:

Komposisi: 60 % sludge dan 40% plastik  
 Tekanan saat casting : 2000 bars  
 Berat sabut kelapa: 2%.

Hasil karakteristik mekanik terlihat bahwa rata-rata kuat lentur sebesar 93,20 (kg/cm<sup>2</sup>), kuat tekan 191,41(kg/cm<sup>2</sup>), kuat geser 56,9 (kg/cm<sup>2</sup>) dan kuat tarik 11.89(kg/cm<sup>2</sup>). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Karakteristik Mekanik Produk Komposit

Karakteristik Mekanik	Uji ke	Beban maksimal P maks (kg)	Hasil Pengujian (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuat Lentur	1	43	80.25	93.20
	2	59.50	111.46	
	3	47.00	87.9	
Kuat Tekan	1	591	148.50	191,41
	2	877	219.25	
	3	826	206.50	
Kuat Geser	1	251,00	62.75	56,9
	2	143,00	35.75	
	3	289,00	72.25	
Kuat tarik	1	15.29	15.2952	11.89
	2	10.19	10.1968	
	3	10.19	10.1968	

***Komparasi Produk Komposit Dengan Produk Di Pasaran***

Produk komposit yang dihasilkan tersebut selanjutnya dikomparasikan karakteristik mekaniknya dengan produk komposit sejenis yang beredar di pasaran dan

hasil-hasil penelitian sebelumnya. Hasil komparasinya dapat diamati dalam Tabel 5.

Tabel 5. Komparasi Produk Komposit dengan Produk di Pasaran

No	Produk Komposit	Kuat Lentur ( $\sigma_t$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan ( $\sigma_t$ //) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Geser ( $\sigma_{  }$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik ( $\sigma_{  }$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Produk Hasil	93.20	191,41	56,9	11.89
2	Produk Pasaran *	116,20	88,33	24,50	18,42

Note :

\*) Produk di Pasaran : Particle Board/Medium Density Fiberboard (MDF)

Untuk mengetahui hasil komparasi karakteristik mekanik, yakni kuat lentur maka digunakan uji t sampel berpasangan (paired-sample t test). Untuk memutuskan bahwa salah satu produk komposit tersebut memiliki kuat lentur yang lebih besar maka ketiga produk komposit yang dihasilkan tersebut selanjutnya diuji menggunakan uji t sampel berpasangan. Hasil pengujian komparasi kuat lentur antara produk komposit (a) dengan produk komposit (b) menunjukkan bahwa diketahui t Tabel 3. : 2,92 sedangkan t hitung : - 2,449, sehingga jelas bahwa t hitung tidak memenuhi persyaratan (t hitung > 2,92 atau t hitung < - 2,92) sehingga jelas bahwa kedua produk tersebut memiliki kuat lentur yang relatif sama. Penelitian dinding komposit yang terbuat dari semen, pasir dan sabut kelapa sawit berbasis teknologi fiber reinforced concrete (FRC) menunjukkan bahwa kuat lentur maksimal adalah 24,4 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat desak maksimal 17,8 kg/cm<sup>2</sup> (Fajriyanto dan Feris, 2008). Apabila dibandingkan dengan komposit yang tersebut, maka komposit yang terbuat dari limbah pabrik kertas (sludge) dan sampah plastic, masih jauh lebih tinggi secara mekanik, baik kuat lentur maupun kuat desaknya.

Adapun uji komparasi kuat tekan antara produk (a) dengan produk (b) diketahui t hitung : 4,735 dan t Tabel 3. : 2,92. Dengan demikian t hitung memenuhi persyaratan (t hitung > 2,92 atau t hitung < - 2,92) sehingga jelas bahwa kedua produk tersebut memiliki kuat tekan yang berbeda. Kuat tekan komposit sludge pabrik kertas dan plastik mempunyai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan komposit MDF yang ada dipasaran.

Adapun uji komparasi kuat geser antara produk (a) dengan produk (b) diketahui t hitung : 2,965 dan t Tabel 3. : 2,92. Dengan demikian t hitung memenuhi persyaratan (t hitung > 2,92 atau t hitung < - 2,92) sehingga jelas bahwa kedua produk tersebut memiliki kuat geser yang berbeda. Kuat geser komposit sludge pabrik kertas dan plastik mempunyai kuat geser yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan komposit MDF yang ada dipasaran.

Adapun uji komparasi kuat tarik antara produk (a) dengan produk (b) diketahui  $t$  hitung : -3,839 dan  $t$  Tabel 3. : 2,92. Dengan demikian  $t$  hitung memenuhi persyaratan ( $t$  hitung > 2,92 atau  $t$  hitung < - 2,92) sehingga jelas bahwa kedua produk tersebut memiliki kuat tarik yang berbeda. Kuat tarik komposit sludge pabrik kertas dan plastik mempunyai kuat tarik yang lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan komposit MDF yang ada dipasaran.

## KESIMPULAN

Limbah pabrik kertas (sludge), sabut kelapa dan sampah plastik dapat dibuat komposit dinding bangunan yang kuat dan ramah lingkungan. Karakteristik mekanik komposit dinding bangunan dari limbah pabrik kertas (sludge), sabut kelapa dan sampah plastik dipengaruhi oleh variasi komposisi bahan baku, variasi pembebanan pada saat casting (pencetakan) dan variasi berat sabut kelapa. Komposisi bahan baku optimal untuk mendapatkan kekuatan mekanik tertinggi pada komposisi 60% sludge, 40% sampah plastik dan 2% sabut kelapa. Sedangkan pembebanan saat casting optimal pada tekanan pengempaan 2000 bars. Karakteristik mekanik komposit pada komposisi 60% sludge, 40% sampah plastik dan 2% yaitu: rata-rata kuat lentur 93.20 kg/cm<sup>2</sup>, kuat tekan 191,41 kg/cm<sup>2</sup>, kuat geser 56,9 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik 11.89 kg/cm<sup>2</sup>. Komposisi sabut kelapa (% b/b) ternyata berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik mekaniknya. Diperoleh kuat lentur (bending) optimal, yakni 77,81 kg/cm<sup>2</sup> dengan beban pengempaan 2000 bars dan komposisi sabut kelapa sebesar 2 % (b/b). Hasil penelitian ini akan dikembangkan secara komprehensif kaitannya dengan pencapaian hasil yang lebih optimal

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini Merupakan Bagian dari Penelitian Tahun I yang Dibiayai dalam Program Hibah Bersaing Dikti 2008. Oleh sebab itu, kami selaku tim peneliti mengucapkan banyak terimakasih pada Dikti yang telah membiayai penelitian ini hingga purna (2 tahun)

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus, H.S.W. et al, 2002, The Use of Natural Fibre Reinforced Composites in Building Materials, Proceedings-International Symposium; Building Research and The Sustainability of The Built Environment in The Tropics, Tarumanagara University Indonesia. P. 598-610.
- [2] Adiprima,2006. Karakteristik Limbah Sludge Pabrik Kertas. Laporan Penelitian. Surabaya. Tidak dipublikasikan.
- [3] Amir, A.1999. Penggunaan Papan Semen dengan Serat Bambu sebagai Partisi. Wahana Komunikasi Jasa Konstruksi dan Lapangan Kerja, Gelar Tekno Nusa 99, Graha Sabha Pramana, Yogyakarta.

- [4] Arisandi, Prigi 2004. Dampak dan Upaya Perbaikan Kualitas Perairan di Jawa Timur. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. Surabaya.
- [5] Febrianto F, Y.S. Hadi, dan M. Karina. 2001. Teknologi produksi recycle komposit bemutu tinggi dari limbah kayu dan plastik : Sifat-sifat papan partikel pada berbagai nisbah campuran serbuk dan plastik polipropilene daur ulang dan ukuran serbuk. Laporan Akhir Hibah Bersaing IX/1. direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- [6] Fajriyanto dan Feris Firdaus,2006. Potensi Limbah Padat (Fiber Sludge, Thermoplastic, Fly Ash) PT. Adiprima Suraprinta Sebagai Bahan Baku Produksi Fiberboard. Jurnal Logika Vol 3 No 3 Desember 2006
- [7] Fajriyanto dan Feris,2007. Potensi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Sebagai Panel Dinding Bangunan Berbasis Fiber Reinforced Concrete (FRC). Laporan Penelitian DPPM UII. Belum diterbitkan.
- [8] Fajriyanto dan Feris Firdaus, 2006. Karakteristik Mekanik Dan Tekstur Panel Bangunan Dari Komposit Sampah Plastik-Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. Jurnal TEKNISIA ISSN 0853-8557(Terakreditasi), Desember 2006,Vol.11, No.2,Hal.192-199. Penelitian yang dibiayai dalam program Riset Unggulan Terpadu (RUT XII) 2005-2006 oleh Menristek RI.
- [9] Fajriyanto dan Feris Firdaus, (2005), Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit (tandan kosong kelapa sawit) dan Sampah Plastik (Thermoplastics) untuk Produksi Komposit Papan Dan Dinding Interior.. Penelitian yang dibiayai dalam program Riset Unggulan Terpadu (RUT XII) 2005-2006 oleh Menristek RI
- [10] Fajriyanto dan Feris,2006. Karakteristik Mekanik dan Fisik Panel Dinding Partisi Tahan Air Dari Komposit Sabut Kelapa (Coco Fiber) Dan Sampah Plastik (Thermoplastics). Jurnal Logika Vol 03 No 2 Juli 2006.
- [11] Fajriyanto dan Feris Firdaus, 2005. Potensi Limbah Kelapa Sawit (Tandan Kosong Kelapa Sawit) Dan Sampah Plastik Sebagai Bahan Komposit Dinding Bangunan. Jurnal TEKNISIA ISSN 0853-8557 (Terakreditasi) Edisi Desember 2005.
- [12] Firdaus F dan Fajriyanto, 2006. Komposit Sampah Plastik-Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Utama Untuk Produksi Fiberboards. Proceeding Seminar Nasional Kimia III 2006, ISBN : 979-96595-2-3, Hal. 112-121.
- [13] Firdaus F dan Fajriyanto, 2006. Komposit Sampah Plastik (thermo plastics)-Sabut Kelapa (coco fiber) untuk Produksi Plafon Tahan Air (water proof) : Analisis Sifat Mekanik, Fisiko-Kimiawi dan Ketahanan Airnya. Jurnal TEKNISIA ISSN 0853-8557 (Terakreditasi) Edisi Agustus 2006.

- [14] Firdaus F dan Fajriyanto, 2006. Karakteristik Mekanik Produk Fiberboard Dari Komposit Sampah Plastik (Thermoplastic)-Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Jurnal TEKNOIN ISSN 0853-8697 (Terakreditasi) Edisi September 2006, Vol. 11, No. 3. Penelitian yang dibiayai dalam program Riset Unggulan Terpadu (RUT XII) 2005-2006 oleh Menristek RI.
- [15] Febrianto F. 1999. Preparation And Properties Enhancement Of Moldable Wood – Biodegradable Polymer Composites. [Disertasi]. Kyoto: Kyoto University, Doctoral Dissertation. Division of Forestry and Bio-material Science. Faculty of Agriculture. Tidak dipublikasikan.
- [16] Febrianto F, Y.S. Hadi, dan M. Karina. 2001. Teknologi produksi recycle komposit bemutu tinggi dari limbah kayu dan plastik : Sifat-sifat papan partikel pada berbagai nisbah campuran serbuk dan plastik polipropilene daur ulang dan ukuran serbuk. Laporan Akhir Hibah Bersaing IX/1. direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- [17] Han GS. 1990. Preparation and Physical Properties Of Moldable Wood Plastic Composites. [Disertasi]. Kyoto: Kyoto University. Departement Of Wood Science and Technology, Faculty of Agriculture.
- [18] Han GS, Shiraishi N. 1990. Composites of wood and polypropylen IV. Wood Research Society at Tsubuka 36(11): 976-982.
- [19] Intan, A.H., Said, E.G., dan Saptono, I.T. 2003, Strategi Pengembangan Industri Pengolahan Sabut Kelapa Nasional, Jurnal Manajemen dan Agrobisnis, Vol.1, No.1, Hal. 42-54.
- [20] Kaltim Post, 2006. Investor Tak Lirik Industri Kertas hingga Tahun 2015. Kaltim Post, Rabu, 22 Februari 2006.
- [21] Kompas, 2003, Kiat Memanfaatkan Sampah di Perkotaan, Kompas 29 Juli 2003, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/29/inspirasi/458014.htm>
- [22] Maloney TM. 1996. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. San Fransisco: Miller Freeman, Inc.
- [23] Oksman K, dan Clemons C. 1997. Effect of elastomers and coupling agent on impact performance of wood flour-filled polypropilene. Di dalam: Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison, 12 –14 Mei 1997. Wisconsin: Forest Product Society. hlm 144-155.
- [24] Prayitno, T.A. 1995, Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Menurut ISO, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [25] Sarwidi, 2002. Pentingnya Membuat Bangunan tahan Gempa : Sebuah Tinjauan Aspek Teknis Rumah Rakyat, Seminar Nasional Permukiman Berkualitas untuk Masyarakat Menengah keBawah di Perkotaan, Jurusan Teknik Sipil FT UNS & University of Leeds UK, Surakarta, 2 Oktober 2002.
- [26] Sarwidi, 2003. Sebuah Tinjauan Aspek Konstruksi : Hunian yang Layak di Wilayah Rawan Gempa. Seminar Nasional Prospek Pembangunan Perumahan dalam Rangkja Otonomi Daerah, Jurusan Arsitektur UII-DPD REI DIY, Yogyakarta, 4 Oktober 2003.
- [27] Sarwidi, 2004. Kelemahan dan Kelebihan Menonjol Material Tembokan Untuk Bangunan di Wilayah Kerusakan Gempa Pulau Jawa. Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II, PSIT, UGM, Yogyakarta.
- [28] Sarwidi, 2006. Manual Bangunan Tahan Gempa. CEEDEDS, Yogyakarta
- [29] Simanungkalit P., (2004), Prospek dan Kendala Bisnis Properti di Indonesia, Prosiding Seminar Nasional Prospek dan Kendala Bisnis Properti di Indonesia, Magister teknik Sipil UII, 15 Juni 2004.
- [30] SNI 03-1727-1999. Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Bahan Bangunan Rumah dan Gedung.
- [31] Sutigno, P. 2004. Mutu Produk Teknologi Papan Partikel, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Bogor.
- [32] Sulekha. 2007. Serat Kelapa. <http://dzarmono.sulekha.com/blog/post/2007/03>.
- [33] Setyawati, D. 2003. Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang. [Thesis]. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor (tidak dipublikasikan).
- [34] Strak NM, dan Berger MJ. 1997. Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites. Di dalam: Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison, 12 –14 Mei 1997. Wisconsin: Forest Product Society. hlm 134-143.
- [35] Sulaeman, R. 2003. Deteriorasi Komposit Serbuk kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang Oleh Cuaca Dan Rayap. [Thesis] Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor (tidak dipublikasikan).
- [36] Youngquist JA. 1995. Unlikely Partners? The Marriage of Wood and Non Wood Materials. Forest Product Journal 45(10): 25-30.
- [37] Yulianto, P. 2002. Alternatif Bahan Dinding Permeabel (dari lidi kelapa) untuk Daerah Tropis Panas Lembab. Proceeding-International Symposium; Building Research and The Sustainability of The Built Environment in Tropics, Tarumanegara University, Indonesia. P.565-574.