

## KOMPOSIT PARTIKEL SERBUK GERGAJI KAYU ( SAWDUST) DENGAN RESIN UREA FORMALDEHID SEBAGAI BAHAN BAKU UTAMA BOX SPEAKER

S. Slamet

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus  
Gondangmanis Bae Kudus 59324  
Email: sugeng\_hanun@yahoo.co.id

### Abstrak

*Penggunaan bahan komposit sebagai bahan baku utama ataupun penunjang konstruksi teknik dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Hal ini akan mendorong upaya untuk mendapatkan kualitas produk komposit papan partikel yang semakin unggul. Sifat mekanis komposit dirancang dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi, sehingga akan mampu memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi beberapa kali lipat baja dan aluminium, selain tahan terhadap korosi dan penampilan yang menarik. Salah satu produk yang memanfaatkan bahan komposit adalah box speaker yang menggunakan papan partikel serbuk gergaji kayu (sawdust) dengan resin urea formaldehid sebagai pengikat serbuk.*

*Metode penelitian yang diterapkan adalah membuat komposit dari serbuk kayu yang berbeda. Adapun serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu trembesi (Samanea Saman) dengan serbuk kayu sengon laut (Albazia Falcaria) yang banyak dibudidayakan, namun partikel limbah kayunya belum banyak dimanfaatkan. Variabel penelitian yang diteliti adalah rapat massa bahan/density papan partikel, sifat mekanis dengan uji bending serta uji akustik. Spesimen produk dikerjakan dengan mesin hot press dengan perbandingan tekanan kompaksi 2 : 1 dan 3 : 2.*

*Hasil pengujian menunjukkan tingginya densitas bahan komposit menggunakan partikel kayu berbanding terbalik dengan modulus patah bahan. Hal ini disebabkan kekakuan/stiffness bahan komposit meningkat. Besarnya nilai modulus patah turun hingga mencapai 94,44% untuk partikel kayu trembesi dan 95,31% untuk partikel kayu sengon laut pada perbandingan kompaksi 2 : 1. Semakin besar densitas bahan komposit partikel kayu semakin rendah modulus patah bahan tersebut. Bahan dengan densitas lebih besar menunjukkan sifat akustik yang lebih baik untuk semua jenis partikel kayu yang diuji.*

**Kata kunci :** komposit; sawdust; box speaker; densitas; bending, acoustic.

### PENDAHULUAN

Bahan utama kayu banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti konstruksi rumah, meubelair, panel-panel, *accecories* dan lainnya. Kebutuhan kayu dari tahun ke tahun semakin meningkat setelah bahan baku logam. Peningkatan kebutuhan ini tidak dapat diimbangi dengan persediaan yang cukup, dikarenakan regulasi sektor kehutanan dan perdagangan kayu diperketat untuk melindungi kelestarian alam dan ekosistem yang ada.

Sementara itu pada sisi lain, limbah kayu baik yang berupa serpihan/tatal kayu dan serbuk/partikel kayu hampir tidak dimanfaatkan secara optimal, seringkali limbah kayu tersebut hanya digunakan untuk bahan bakar yang rendah nilai ekonominya.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi limbah kayu tersebut adalah dengan menjadikan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel/bahan komposit.

Produk yang dihasilkan dari pemanfaatan papan partikel serbuk kayu cukup luas selain untuk produk meubel juga untuk box speaker.

### KERANGKA TEORI

Komposit merupakan material teknik yang dikembangkan dari komposisi/gabungan 2 material utama atau lebih. Selama ini kita mengenal material teknik paling utama terdiri atas logam, polimer dan keramik. Era 2000 an ini menunjukkan dominasi penggunaan material logam mulai menurun, sedangkan material non logam dan komposit mengalami kenaikan.

Keunggulan yang dimiliki material komposit yang tidak dimiliki oleh material logam adalah berat jenis yang lebih ringan, sangat sesuai untuk material pendukung suatu konstruksi. Perkembangan teknologi, khususnya dibidang papan komposit, telah menghasilkan produk papan komposit yang merupakan gabungan antara serbuk gergaji kayu dengan resin polyester. Pemanfaatan serbuk gergaji kayu dan

resin polyester secara maksimal akan dapat menekan jumlah limbah yang dihasilkan. Salah satu material komposit yang dapat dikembangkan dari bahan alamiah adalah bahan komposit dengan matrik polimer dan reinforce/penguat partikel kayu. Sebagaimana bahan komposit lainnya rekayasa material ini juga mempunyai keunggulan selain dari densitas yang rendah juga mempunyai kekuatan tekan yang baik. Kelemahan yang masih ada pada material ini adalah daya tahan terhadap cuaca, larutan kimia, serta *tensile strength*/kekuatan tarik rendah, namun dengan perbaikan proses produksi hal ini dapat dikurangi.

Proses produksi bahan komposit banyak dikembangkan, secara umum dimulai dari pencampuran/blending, pencetakan/green body, penekanan/pressing serta sintering.

Secara umum papan partikel dapat diklasifikasikan berdasarkan kerapatan dan proses pembuatannya. Kollmann *et. al.* (1975: 551) mengemukakan bahwa papan partikel diklasifikasikan berdasarkan tipe bahan baku dan metode produksi serat, metode pembentukan kasuran, kerapatan papan serta jenis dan tempat penggunaannya. Namun cara terbaik untuk mengklasifikasikan papa partikel adalah berdasarkan kerapatannya.

Berdasarkan rekomendasi ASTM 1974, dalam standar designation 1554-67 mengklasifikasikan :

- a). Papan partikel berkerapatan rendah (*Low Density particleboard*). Papan partikel berkerapatan rendah yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 37lb/ft<sup>3</sup> atau berat jenis kurang dari 0,59g/cm<sup>3</sup>.
- b). Papan partikel berkerapatan sedang (*Medium Density particleboard*). Papan partikel berkerapatan sedang yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 37 – 50 lb/ft<sup>3</sup> atau berat jenis kurang dari 0,59 – 0,80 g/cm<sup>3</sup>.
- c). Papan partikel berkerapatan tinggi (*High Density particleboard*). Papan partikel berkerapatan sedang yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan lebih 50 lb/ft<sup>3</sup> atau berat jenis lebih 0,80 g/cm<sup>3</sup>.

Sifat fisis dan mekanis papan partikel menurut FAO (1996) (sumber : Pasariibu dan Purba (1986:16)), ditunjukkan pada Tabel 1 :

Tabel 1. Sifat fisis dan mekanis papan partikel

Sifat papan	Satuan	Nilai standart
Kerapatan	g/cm <sup>3</sup>	0,42 - 0,80
Modulus Patah ( MOR)	Kg/cm <sup>2</sup>	108 – 280
Modulus Elastisitas (MOE)	Kg/cm <sup>2</sup>	10000 – 49000
Ketangguhan tarik tegak lurus permukaan	Kg/cm <sup>2</sup>	85 – 210
Daya serap air	%	6 – 10

Papan partikel sebagai papan buatan yang terbuat dari serpihan kayu dengan perekat sintetis kemudian di pres hingga memiliki sifat seperti kayu, massif, tahan api dan merupakan bahan isolator dan akustik yang baik (Damanalu, 1982).

Komposit dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi bahkan dapat beberapa kali lipat dibandingkan dengan baja dan aluminium, komposit terhindar dari korosi serta memberikan penampilan dan kehalusan permukaan lebih baik (Malau V, 2000).

Penambahan filler (serbuk gergaji kayu) ke dalam matriks bertujuan mengurangi densitas, meningkatkan kekakuan dan mengurangi biaya per unit volume. Filler ditambahkan ke dalam matriks dengan tujuan meningkatkan sifat mekanis melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matriks ( Han, 1990).

Komposit yang berkualitas tinggi hanya dapat dicapai bila serbuk kayu terdistribusi dengan baik di dalam matriks. Dalam kenyataan, afinitas antara serbuk kayu dengan plastik sangat rendah karena kayu bersifat hidrofilik sedangkan plastik bersifat hidrofobik. Akibatnya komposit yang terbentuk memiliki sifat-sifat pengaliran dan moldability yang rendah dan pada gilirannya dapat menurunkan kekuatan bahan (Han, 1990).

Han (1990), Stark dan Berger (1997) dan Oskman dan Clemons (1997), meneliti faktor-faktor yang berperan penting dalam pembuatan komposit serbuk kayu plastik, yaitu tipe dan bentuk bahan baku, jenis kayu, nisbah filler dan matrik, jenis dan kadar *compatibilizer* serta kondisi saat pengadonan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai batas tertentu terjadi peningkatan kekuatan komposit dengan makin kecil ukuran serbuk yang digunakan, tipe , nisbah serbuk dan plastik, kadar air serta jenis kayu berpengaruh nyata terhadap sifat-sifat komposit yang dihasilkan.

Setyowati (2003) meneliti pengaruh ukuran nisbah serbuk kayu dengan matriks, serta kadar compatibilizer terhadap sifat fisis dan mekanis komposit kayu polipropilena daur ulang. Hasil menunjukkan pola yang sama dengan komposit yang menggunakan polipropilena murni, yaitu sifat-sifat komposit meningkat dengan makin halusnya ukuran partikel.

Sulaeman (2003), meneliti deteriosasi komposit kayu plastik polipropilena daur ulang oleh cuaca dan rayap. Hasil penelitian menunjukkan komposit kayu plastik daur ulang dapat terdegradasi oleh cuaca, akan tetapi tahan terhadap serangan rayap.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai filler dalam pembuatan komposit kayu plastik adalah jenis kayu, ukuran serbuk serta nisbah antara serbuk kayu dan plastik. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat dasar dari serbuk kayu itu sendiri. Kayu merupakan bahan yang sebagian besar terdiri dari selulosa (40-50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%) dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik dan ekstraktif. Karenanya kayu bersifat hidrofilik, kaku serta terdegradasi secara biologis. Sifat-sifat tersebut menyebabkan kayu kurang sesuai bila digabungkan dengan plastik, karena itu dalam pembuatan komposit kayu plastik diperlukan bantuan *coupling agent* (Febrianto, 1999).

Zhongli dkk (2007) melakukan penelitian tentang sifat fisik particleboard yang dibuat dari bagian hati (heartwood) kayu saline eucalyptus dengan pengikat Polymeric Methane Diphenyl Diisocyanate (PMDI) dan urea formaldehyde (UF). Kayu dihancurkan untuk dibuat tiga ukuran partikel/mesh ( 10-20, 20-40, dan 40-60). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa particleboard dengan mesh 20-40 memiliki nilai Modulus of Elasticity (MOE), Modulus of Rupture (MOR), dan Internal Bond Strength (IB) tertinggi kecuali untuk Tensile Strength (TS). Partikel-partikel sebesar ini terikat baik oleh resin dan memiliki ikatan erat. Luas permukaan partikel mesh 40-60 terlalu besar untuk dicakup secara memadai oleh perekat untuk rasio massa dan partikel perekat yang digunakan. Partikel mesh 10-20 terlalu besar dan mengakibatkan kontak yang lemah antara partikel sehingga pori-pori di antara partikel-partikel bisa dengan mudah dilihat dan tidak semua partikel terikat dengan baik oleh resin.

Erakhrumen dkk (2008) melakukan studi eksperimental tentang sifat fisik dan mekanik

komposit semen particleboard dari campuran serbuk gergaji kayu pinus (*Pinus caribaea M*) dan serabut kelapa (*Cocos nucifera L*) dengan aditif  $\text{CaCl}_2$ . Dari hasil yang diperoleh didaot bahwa penyerapan air terendah terjadi pada papa yang terbuat dari 100% serbuk gergaji tanpa pineus tanpa sudut dalam rasio pencampuran semen : lignocellulosic pada 2:1, secara umum semakin banyak sabut kelapa yang ditambahkan dalam komposit maka penyerapan air oleh komposit semakin meningkat. Hasil juga menunjukkan bahwa thickness swelling meningkat seiring peningkatan jumlah komponen sabut p-da rasio campurn material lignocellulosic dan lebih tinggi dengan mengurangi komponen semen. Nilai Modulus of Rupture (MOR) dan Modulus of Elasticity (MOE) menurun seiring penurunan komponen semen dalam rasio campuran. Hasil juga menunjukkan bahwa papa dengan kandungan semen yang lebih tinggi memiliki densitas atau kerapatan yang lebih tinggi. Sifat kekuatan juga dipengaruhi oleh kerapatan papan, papan dengan kepadatan lebih tinggi memiliki sifat-sifat kekuatan yang lebih tinggi (MOR dan MOE).

Sulaeman (2003), meneliti deteriosasi komposit kayu plastik polipropilena daur ulang oleh cuaca dan rayap. Hasil penelitian menunjukkan komposit kayu plastik daur ulang dapat terdegradasi oleh cuaca, akan tetapi tahan terhadap serangan rayap.

Zhongli dkk (2007) melakukan penelitian tentang sifat fisik particleboard yang dibuat dari bagian hati (heartwood) kayu saline eucalyptus dengan pengikat Polymeric Methane Diphenyl Diisocyanate (PMDI) dan urea formaldehyde (UF). Kayu dihancurkan untuk dibuat tiga ukuran partikel/mesh ( 10-20, 20-40, dan 40-60). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa particleboard dengan mesh 20-40 memiliki nilai Modulus of Elasticity (MOE), Modulus of Rupture (MOR), dan Internal Bond Strength (IB) tertinggi kecuali untuk Tensile Strength (TS). Partikel-partikel sebesar ini terikat baik oleh resin dan memiliki ikatan erat. Luas permukaan partikel mesh 40-60 terlalu besar untuk dicakup secara memadai oleh perekat untuk rasio massa dan partikel perekat yang digunakan. Partikel mesh 10-20 terlalu besar dan mengakibatkan kontak yang lemah antara partikel sehingga pori-pori di antara partikel-partikel bisa dengan mudah dilihat dan tidak semua partikel terikat dengan baik oleh resin.

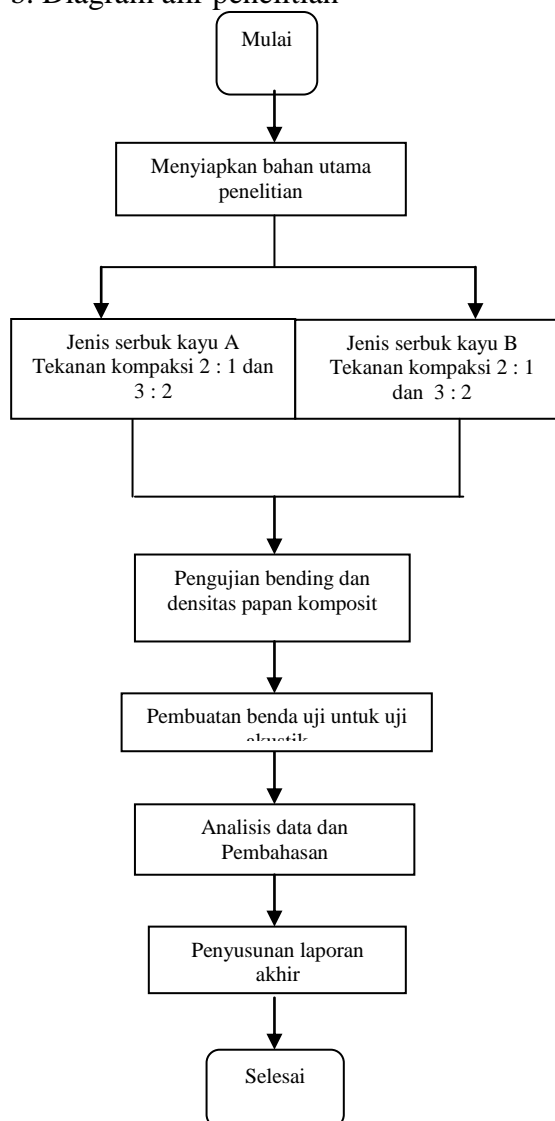
Erakhrumen dkk (2008) melakukan studi eksperimental tentang sifat fisik dan mekanik komposit semen particleboard dari campuran serbuk gergaji kayu pinus (*Pinus caribaea* M) dan serabut kelapa (*Cocos nucifera* L) dengan aditif CaCl<sub>2</sub>. Dari hasil yang diperoleh didaat bahwa penyerapan air terendah terjadi pada papa yang terbuat dari 100% serbuk gergaji tanpa pineus tanpa sudut dalam rasio pencampuran semen : lignocellulosic pada 2:1, secara umum semakin banyak sabut kelapa yang ditambahkan dalam komposit maka penyerapan air oleh komposit semakin meningkat. Hasil juga menunjukkan bahwa thickness swelling meningkat seiring peningkatan jumlah komponen sabut p-da rasio campurn material lignocellu losic dan lebih tinggi dengan mengurangi komponen semen. Nilai *Modulus of Rupture (MOR)* dan *Modulus of Elasticity (MOE)* menurun seiring penurunan komponen semen dalam rasio campuran. Hasil juga menunjukkan bahwa papa dengan kandungan semen yang lebih tinggi memiliki densitas atau kerapatan yang lebih tinggi. Sifat kekuatan juga dipengaruhi oleh kerapatan papan, papan dengan kepadatan lebih tinggi memiliki sifat-sifat kekuatan yang lebih tinggi (MOR dan MOE).

## METODOLOGI

### a. Alat dan Bahan

- Serbuk kayu
- *Hot press machine*
- *Resin urea formaldehyd.*
- Osiloskop ( GW Instek GDS-1102, Max Frekuensi 100 MHz)
- Amplifier ( tipe GM 022, Frekuensi output 50 – 10 KHz, Impedansi output 8 ohm )
- Speaker diameter 8 inc
- Timbangan digital
- AFG ( *Audio Frekuensi Generator* )
- Microphone

### b. Diagram alir penelitian



**Gambar 1: Diagram alir penelitian**

### c. Macam pengujian

- Perhitungan Densitas  
Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

$\rho$  adalah massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

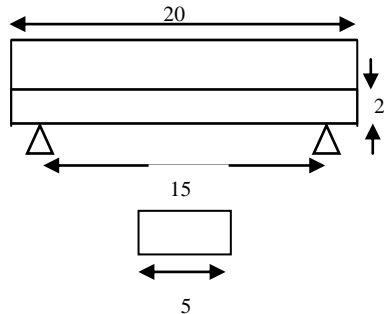
$m$  adalah massa (kg)

$V$  adalah volume ( $\text{m}^3$ )

- Pengujian bending  
Uji lengkung ( bending test ) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara

visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan.

Contoh uji berukuran 5 x 20 cm pada kondisi kering udara. Lebar bentang (jarak penyangga) tidak kurang dari 15 cm.



Gambar 2 : Ukuran Bahan Uji Bending (ISO 8335 – 1987)

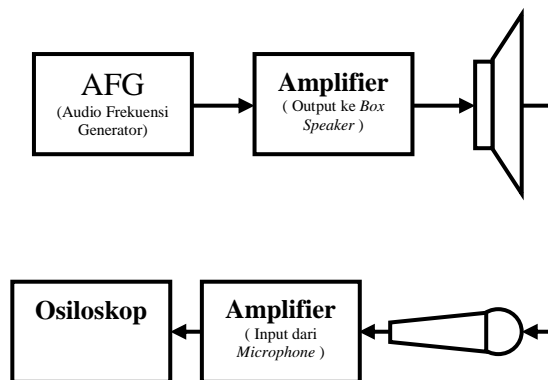
Nilai MOR papan partikel dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (ISO 8335-1987) :

$$MOR = \frac{3.P.L}{2.b.h^2}$$

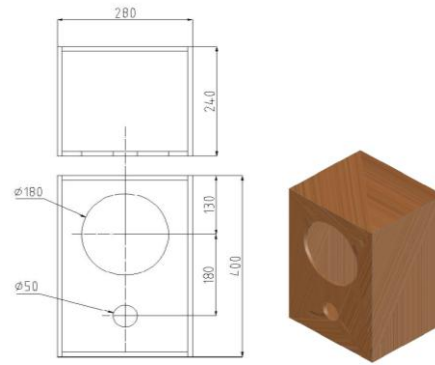
Keterangan :

- MOR = modulus patah (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = beban sampai patah (kg)
- L = panjang bentang (cm)
- B = lebar contoh uji (cm)
- h = tebal contoh uji (cm)

- Pengujian akustik  
Alur pengujian akustik dengan menggunakan alat – alat di atas adalah :



Gambar 3: Skema pengujian akustik



Gambar 4: Spesimen uji akustik

Spesimen benda uji ISO-354 ( *measurement of sound absorption in a reverberation room* ) yaitu pengujian material dalam ruang dengung untuk mendapatkan koefisien absorpsi sebagai standar pengujian pada berbagai frekuensi.

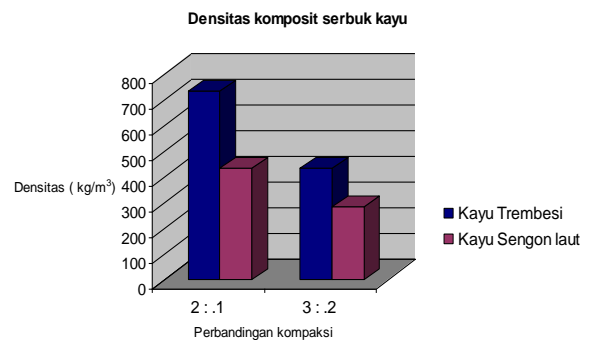
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

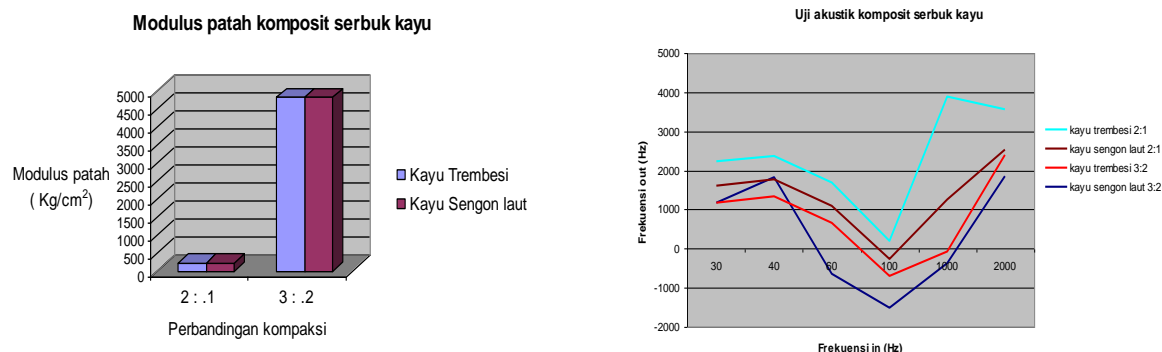
Pengujian terhadap densitas dan modulus patah adalah sebagai berikut :

Tabel 2: Densitas dan modulus patah (MOR) komposit

Bahan komposit	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Modulus patah (kg/cm <sup>2</sup> )
Kayu Trembesi	733,3	300
Kayu Trembesi	433,3	5400
Kayu Sengon Laut	433,3	225
Kayu Sengon Laut	283,3	4800

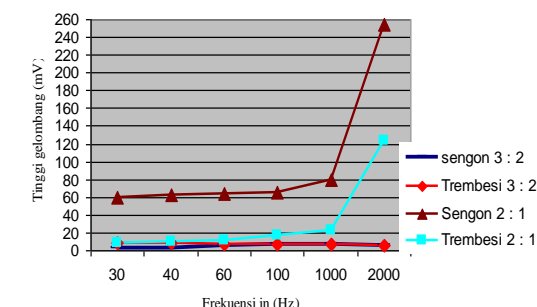
Gambar 5. menunjukkan kerapatan dan modulus patah pada masing-masing jenis bahan komposit serbuk kayu yang berbeda.





Gambar 5: Densitas dan modulus patah terhadap perbandingan kompaksi

Densitas bahan komposit serbuk kayu mempengaruhi modulus elastisitasnya ( MOE ) dan modulus patahnya ( MOR). Makin tinggi densitas bahan komposit serbuk kayu akan meningkatkan sifat kekakuan bahan yang menyebabkan sifat getas pada bahan. Gambar 5 menunjukkan densitas yang besar berbanding terbalik dengan nilai modulus patahnya. Sedangkan hasil pengujian akustik bahan komposit serbuk kayu trembesi (*Samanea Saman*) dan sengon laut (*Albazia Falcaria*) sebagai berikut :



Gambar 6: Hasil uji akustik komposit serbuk kayu

Tabel 3. Data pengujian akustik papan komposit kayu sengon laut

Frekuensi in ( Hz)	Sengon laut tebal 2 cm		Sengon laut tebal 1 cm	
	Tinggi gelombang g (mV)	Frekuensi out (Hz)	Tinggi gelombang g (mV)	Frekuensi out (Hz)
30	3,2	99	60	285
40	2,4	100	62	381
60	5,6	121	64	579
100	6,8	160	66	768
1000	6,8	489	80	1000
2000	5,6	1370	254	160

Tabel 4: Data pengujian akustik papan komposit kayu trembesi

Frekuensi in ( Hz)	Trembesi tebal 2 cm		Trembesi tebal 1 cm	
	Tinggi gelombang g (mV)	Frekuensi out (Hz)	Tinggi gelombang g (mV)	Frekuensi out (Hz)
30	8	118	9	300
40	8,4	122	10	370
60	6,8	127	11	590
100	7,2	196	17	1020
1000	6,8	666	23	2680
2000	5,6	1250	123	1000

Dari gambar 5.3 tersebut di atas, menunjukkan bahwa input frekuensi yang diberikan mulai dari 30 Hz sampai  $\leq 100$  Hz mengalami penurunan output frekuensi untuk semua jenis komposit partikel dan perbandingan kompaksi. Besarnya tekanan kompaksi 2 : 1 relatif lebih tinggi output frekuensi yang ditimbulkan. Ini menunjukkan bahwa tekanan kompaksi 2 : 1 yang diberikan pada komposit partikel kayu menghasilkan densitas yang lebih tinggi dan sifat akustik bahan komposit tersebut lebih baik. Begitu pula sebaliknya bahwa tekanan kompaksi 3 : 2 akan memberikan densitas yang rendah pada komposit partikel kayu, sehingga akustik bahan komposit tersebut kurang baik.

Pada input frekuensi sebesar  $\geq 100$  Hz mengalami kenaikan output frekuensi untuk semua jenis komposit partikel kayu. Kenaikan output frekuensi terlebih lebih besar pada tekanan kompaksi 2 : 1.

Tinggi rendahnya suara menghasilkan frekuensi sedangkan keras lemahnya suara menghasilkan amplitude yang terukur pada tinggi gelombang (mV). Respon dikatakan baik jika besarnya amplitude di imbangi dengan besarnya frekuensi. Jika nilai amplitudo meningkat namun tidak diimbangi dengan nilai frekuensi maka mengalami penurunan drastis (*drop*).

Gambar 6. menunjukkan bahwa peningkatan amplitudo pada papan partikel baik kayu trembesi dan kayu sengon dengan tekanan kompaksi 2 : 1 menunjukkan peningkatan nilai yang signifikan dengan penambahan frekuensi. Sedangkan pada papan partikel kayu trembesi dan sengon dengan tekanan kompaksi 3 : 2 tidak menunjukkan peningkatan nilai seiring dengan penambahan frekuensi. Namun perlu diperhatikan peningkatan amplitudo dan frekuensi maksimal di capai pada nilai 1000 Hz relatif berimbang, namun penambahan frekuensi di atas nilai 1000 Hz menunjukkan peningkatan amplitudo cenderung tidak teratur/tidak seimbang.

Dengan demikian peningkatan tekanan kompaksi dari 3 : 2 ke 2 : 1 akan meningkatkan densitas dan nilai akustik yang lebih baik. Sehingga perlakuan tersebut di rekomendasikan untuk dapat diterapkan pada pembuatan papan partikel serbuk kayu untuk bahan baku box speaker.

Selain keunggulan tersebut, peningkatan densitas akibat dari peningkatan tekanan kompaksi akan menurunkan nilai mekanis bahan, di mana bahan partikel relatif keras-getas. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kekakuan bahan (*stiffness*).

### Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Peningkatan tekanan kompaksi dari 3 : 2 ke 2 : 1 akan meningkatkan densitas bahan untuk kedua jenis partikel kayu yang di uji.
2. Peningkatan densitas bahan menunjukkan nilai berbanding terbalik dengan kekuatan bahan. Hal ini dikarenakan terjadi

peningkatan sifat kekakuan bahan (*stiffness*).

3. Bahan dengan densitas lebih besar menunjukkan sifat akustik yang lebih baik untuk semua jenis partikel kayu yang diuji.

### DAFTAR PUSTAKA

- Diharjo, Kuncoro dkk, 2007, *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Kenaf Dengan Care Limbah Kayu Sengon Laut Untuk Komponen Gerbong Kereta Api*, UNS, Surakarta.
- Diharjo, Kuncoro dkk, 2007, *Efek Tebal Core Terhadap Kekakuan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Kenaf (acak-anyam-acak) dengan Core Kayu Sengon Laut*, UNS, Surakarta.
- Febrianto F, 1999, *Preparation And Properties Enhancement Of Moldable Wood Biodegradable Polymer Composites*, Kyoto University, Japan.
- Han GS, 1990, *Preparation and Physical Properties Of Moldable Wood Plastic Composites*, Kyoto University, Japan.
- Malau V. 2000, *Bahan Teknik*, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Oksman K, Clemons C, 1997, *Effect of elastomers and coupling agent on impact performance of wood flour-filled polypropylene*, Wisconsin, USA.
- Suharto, 1988, *Teknik Getaran*, UNIBRAW, Kanisius, Yogyakarta.
- Surdia, Saito, 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudarsono dkk, 2010, Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa Dengan Bahan Pengikat Alami (LEM KOPAL), *Journal Teknologi*, Juni 2010.