

# ANALISA KINERJA AKUSTIK KOMPOSIT LIMBAH SERBUK BAMBU DENGAN BAHAN PEREKAT TEPUNG SAGU

Mustika C. Fitriani,<sup>1</sup> Restu Kristiani<sup>2</sup>, Eki Muqowi<sup>3</sup>, Melati Wijayanti<sup>4</sup>  
Harjana<sup>5</sup>, Iwan Yahya<sup>6,a</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta  
Laboratorium Riset Akustik (iARG), Jurusan Fisika, Fakultas MIPA  
Universitas Sebelas Maret, Ir. Sutami No.36 A Surakarta 57126

<sup>a</sup> Corresponding author Email: iwanyy@yahoo.com

## Intisari

Telah dilakukan sintesis dan pengujian kinerja serapan bunyi komposit serbuk bambu dengan bahan perekat tepung sagu yang dibentuk melalui mekanisme tekan panas pada temperatur 80°C selama 30 menit dengan tekanan 2496 kN/m<sup>2</sup>. Komposit yang dibentuk dengan tiga variasi fraksi perekat 10%, 20% dan 30% dibentuk menjadi microperforated panel (MPP) dan diuji koefisien serapannya dengan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon sesuai standar ASTM E1050-98 yang dikaitkan dengan perubahan densitas, *perforation ratio*, dan dimensi rongga udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit serbuk bambu memiliki respon yang cukup baik di bentang frekuensi di atas 1 kHz. Kinerja serapan akustik di frekuensi rendah dapat ditingkatkan melalui teknik modifikasi permukaan maupun pemakaian rongga udara di sebaliknya.

**kata kunci:** *serbuk bambu, koefisien serapan, perforation ratio, rongga udara*

## I. PENDAHULUAN

Tanaman bambu memiliki banyak ragam yang umumnya tersusun atas 50% parenkim, 40% serabut sklerenkim dan 10% berkas pengangkut. Tanaman ini tersebar di seluruh dunia dimana 80% populasinya tumbuh subur di daerah Asia Selatan dan Tenggara. Sementara itu sekitar 50% dari keseluruhan ragam bambu tumbuh dengan baik di Indonesia (Uchimura, 1980). Keadaan yang demikian menjadikan bambu sebagai bahan potensial untuk pengembangan beragam produk kreatif dan industri semisal untuk kepentingan konstruksi, interior, kerajinan, mebel, dan lain sebagainya (Liese, 1980).

Salah satu konsekuensi yang kemudian muncul sebagai persoalan yang menyertai tumbuhnya industri berbasis bambu adalah masalah limbah. Limbah dimaksud umumnya berupa selongsong sisa, potongan-potongan bambu, maupun bentuk serbuk dari proses penggergajian

yang kesemua itu biasanya diatasi dengan cara membakar (Supriyanto, 2001).

Alternatif lain dari penanganan limbah industri bambu disajikan dalam makalah ini. Limbah, khususnya serbuk gergajian bambu (*bamboo sawdust*) diolah menjadi komposit *medium density fiber board* (MDF) dengan tambahan bahan perekat alami berupa tepung sagu melalui proses tekan pada temperatur tertentu.

Pilihan untuk mengolah serbuk bambu menjadi MDF didasarkan pertimbangan bahwa bambu memiliki sifat cukup keras serta berserat. Nilai densitas berkisar antara 0,67 hingga 0,77 g/cm<sup>3</sup>. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan besaran yang sama untuk tempurung kelapa yang hanya 0,51 g/cm<sup>3</sup>. Keuntungan lain adalah bambu memiliki panjang serat berkisar antara 2,75 - 3,27 mm. Sifat bambu yang berserat dan memiliki densitas yang tinggi ini sangat baik dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan panel peredam bising.

Komposit MDF yang diperoleh dari proses tekan panas sebagaimana

dimaksud di depan dibentuk menjadi panel berlubang untuk diuji kinerja akustiknya dalam menyerap kebisingan. Parameter yang dipilih untuk kepentingan ini adalah nilai koefisien serapan bunyi yang merupakan besaran fisis penunjuk kemampuan bahan untuk menyerap energi bunyi yang terpapar pada bahan tersebut.

## II. KONSEP

Sintesis dan pengujian kinerja akustik komposit serbuk bambu yang disajikan dalam makalah ini mengacu kepada konsep *microperforated panel* (MPP) sebagaimana diformulasikan oleh Maa (1998,2007), serta terpakai pula oleh peneliti lain termasuk Sakagami et al (2008) dan Wang and Huang (2010, 2011).

Maa telah merumuskan formula untuk perhitungan koefisien serapan bunyi dan nisbah impedansi MPP  $r + j\omega m$  of untuk gelombang datang yang normal terhadap permukaan MPP sebagai berikut,

$$\alpha = \frac{4r}{(1+r)^2 + \left[\omega m - \cot\left(\frac{\omega D}{c}\right)\right]^2} \quad (1)$$

dan

$$r = \frac{32\eta}{\sigma\rho c} \frac{1}{a^2} \left[ \left(1 + \frac{k^2}{32}\right)^{1/2} + \frac{\sqrt{2}ka}{32t} \right] \quad (2)$$

dimana dalam hal ini impedansi relatif merupakan nisbah impedansi akustik per unit area dibagi dengan impedansi karakteristik udara  $\rho c$ . Dalam hal ini  $\rho$  merupakan rapat massa,  $c$  adalah kecepatan rambat bunyi di udara, sementara  $t$ ,  $a$ ,  $\sigma$  and  $D$  berturut-turut merupakan ketebalan panel, diameter orifice, porositas panel, dan kedalaman

rongga udara. Adapun  $k = 10d\sqrt{f}$ ,  $\eta$  koefisien viskositas udara dan  $f$  merupakan frekuensi.

Sintesis komposit yang telah dilakukan dalam kajian dititik beratkan pada peningkatan kinerja serapan sebagai fungsi massa udara yang beresilasi pada lubang-lubang panel dan perubahan nilai reaktansi pada konstruksi MMP dan rongga udara di belakangnya, serta variasi densitas komposit.

Massa udara dikaitkan dengan variasi diameter lubang-lubang pada MPP. Variasi ini akan berdampak langsung pada perubahan nisbah perforasi MPP. Adapun reaktansi dan densitas berturut-turut dikaitkan dengan perubahan kedalaman rongga udara serta fraksi serbuk bambu di dalam bahan pembentuk komposit.

## III. METODOLOGI

Komposit telah dibuat melalui proses tekan panas pada temperatur 80°C dengan fraksi serbuk bambu dan perekat tepung sagu sebagaimana disajikan dalam Tabel (1). Dalam proses ini serbuk bambu berukuran mesh 0,5 mm dicampur dengan bahan perekat dan dibasahi secara cepat dengan teknik semprot lembut kemudian ditekan dengan mesin penekan berpemanas pada tekanan 2496000 N/m<sup>2</sup> selama 30 menit.

**Tabel 1.** Variasi komposisi komposit

Sampel	Massa Serbuk Bambu (gr)	Perekat (%)	Massa Perekat (gr)	Total Massa (gr)	Tekanan (kN/m <sup>2</sup> )
A1	27	10	3	30	2496
A2	24	20	6	30	2496
A3	21	30	9	30	2496

## Pengujian Koefisien Serapan Bunyi

Kinerja akustik komposit diuji dengan teknik dekomposisi spektral berbasis fungsi transfer menggunakan

tabung impedansi dua mikrofon sesuai standar ASTM E1050-98. Dalam hal ini menggunakan tabung impedansi B&K 4206.

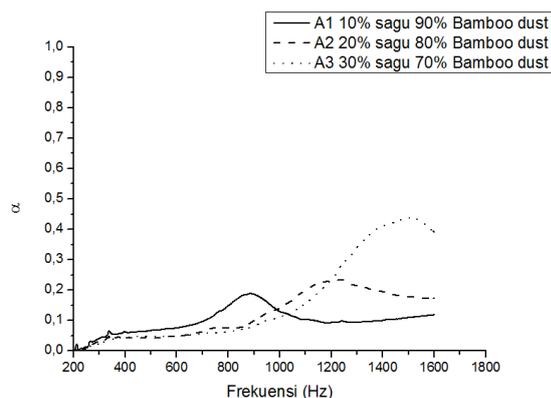
Sampel uji berdiameter 100 mm diletakkan di ujung tabung impedansi sementara loudspeaker di ujung lainnya memancarkan bunyi random. Kedua mikrofon pada tabung impedansi digunakan untuk mengindera tekanan bunyi pada dua posisi berbeda yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan mengekstraksi komponen gelombang datang dan gelombang pantul pada sampel uji. Nilai koefisien serapan diberikan oleh persamaan berikut,

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (3)$$

Pilihan pemakaian sampel uji berdiameter 100 mm didasarkan pertimbangan bahwa fokus kajian pada pengaruh porositas, densitas dan dimensi rongga udara terhadap kinerja akustik komposit pada bentang frekuensi rendah dan menengah hingga 1,6kHz. Variasi ukuran lubang-lubang dan dimensi rongga pada MPP berturut-turut 1,5 mm dan 2 mm serta 1 cm dan 2 cm.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian adalah sebagai berikut. Pengaruh fraksi serbuk bambu terhadap kinerja serapan disajikan dalam Gambar (1).



Gambar 1. Koefisien serapan pada tiga variasi fraksi serbuk bambu.

Terlihat komposit A1 memiliki kinerja terbaik pada bentang frekuensi 800 Hz hingga 1kHz dengan nilai koefisien serapan tertinggi sebesar 0,2 pada frekuensi 888 Hz. Adapun komposit A2 memiliki respon yang lebih baik pada bentang frekuensi yang lebih tinggi di atas 1 kHz. Sementara itu komposit A3 memiliki respon akustik yang paling baik untuk frekuensi tinggi dimana koefisien serapan mencapai nilai dua sampel lainnya dengan nilai tertinggi 0,44 pada frekuensi 1,51 kHz.

Perubahan kinerja komposit seperti yang tersaji pada gambar (1) disebabkan karena perubahan fraksi bahan perekat akan berdampak pada perubahan densitas, impedansi permukaan dan porositas komposit.

Pada komposit A1 dimana bahan perekat memiliki fraksi yang lebih sedikit dari dua sampel lainnya menyebabkan densitas dan impedansi permukaannya menjadi lebih besar karena reduksi terhadap fraksi serbuk bambu yang memiliki densitas tinggi tidak sebesar yang terjadi pada dua sampel lainnya. Keadaan yang demikian menyebabkan sampel A1 bersifat lebih reflektif. Adapun dua sampel lainnya memiliki densitas dan impedansi permukaan yang lebih rendah.

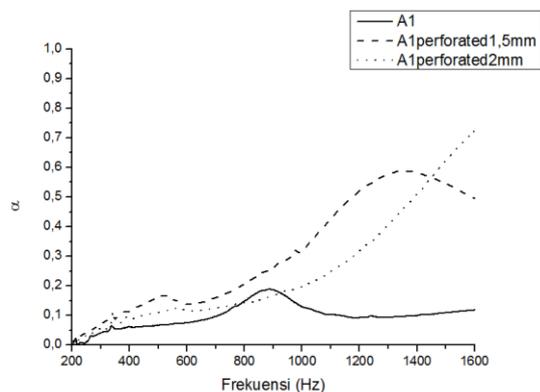
Dengan berkurangnya densitas dan impedansi permukaan, maka peluang penetrasi gelombang bunyi ke dalam sampel menjadi lebih besar dan memicu mekanisme redaman viskos secara lebih efektif. Akibatnya fraksi energi gelombang bunyi yang berubah menjadi panas pada sampel A2 dan A3 lebih tinggi dibandingkan dengan hal yang sama sebagaimana terjadi pada sampel A1. Mekanisme inilah yang menyebabkan komposit A3 memiliki kinerja akustik terbaik di bentang frekuensi tinggi.

### Pengaruh lubang-lubang pada MPP

Dalam hal ini telah ditempuh eksperimen dengan dua ukuran diameter lubang-lubang pada MPP. Hasil perlakuan terhadap komposit A1 disajikan di dalam gambar (2). Terlihat bahwa pada pemberian lubang pada komposit mampu memperbaiki kinerja serapannya secara cukup signifikan pada bentang frekuensi 1 kHz hingga 1,6 kHz untuk diameter lubang sebesar 1,5 mm. Respon ini membaik dan bergerak ke bentang frekuensi tinggi sejalan dengan bertambahnya diameter lubang pada MPP.

Keadaan ini dapat dipahami karena struktur lubang pada MPP dapat memicu mekanisme peredaman yang berkaitan dengan efek resonansi lubang-lubang MPP. Dalam hal ini lubang-lubang tersebut berperilaku sebagai resonator seperempat panjang gelombang yang tersusun secara jamak.

Ketika tekanan bunyi menumbuk permukaan komposit maka udara di dalam lubang akan beresilasi dengan perilaku yang analog terhadap osilator RL pada rangkaian listrik. Gesekan udara dengan dinding-dinding lubang menimbulkan redaman viskos dan disaat bersamaan mengubah nilai reaktansi induktif pada model elektroakustik komposit yang diuji.



Gambar 2. Pengaruh perforation ratio terhadap kinerja komposit

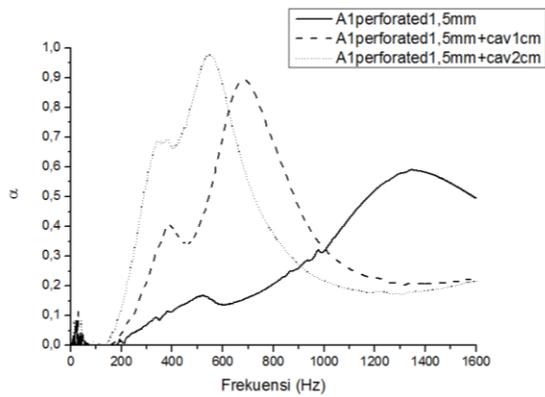
Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa *perforation ratio* yang merupakan perbandingan luas total tampang lintang lubang terhadap tampang lintang sampel menjadi penentu kinerja akustik komposit. Semakin tinggi nilai *perforation ratio* maka respon akustik komposit akan bergeser ke bentang frekuensi yang lebih tinggi.

### Pengaruh Rongga Udara

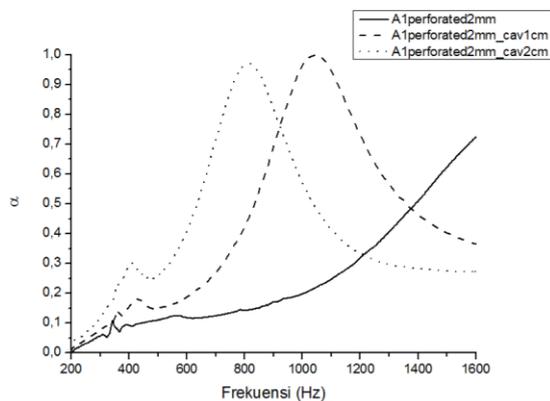
Pengaruh rongga udara dibelakan MPP disajikan dalam Gambar (3) dan Gambar (4). Sebagaimana halnya hubungan yang disajikan di dalam persamaan (1) di depan bahwa dimensi rongga akan berbanding terbalik dengan respon frekuensi MPP. Artinya, koefisien serapan MPP akan bergeser ke bentang frkuensi yang lebih rendah dengan bertambahnya nilai atau dimensi rongga di sebalik MPP.

Prilaku tersebut secara konsisten ditunjukkan oleh kedua sampel uji. Gambar (3) menunjukkan bahwa sampel A1 dengan lubang-lubang berdiameter 1,5 mm dan kedalaman rongga 1 cm mencapai nilai koefisien serapan maksimum komposit 0,9 pada frekuensi 678 Hz, sementara pada keadaan kedalaman rongga sebesar 2 cm nilai koefisien serapan maksimumnya adalah 0,97 pada frekuensi 546 Hz.

Gejala yang sama disajikan pada Gambar (4) untuk keadaan MPP memiliki lubang-lubang berdiameter 2 mm. Nilai koefisien serapan tertinggi untuk kedalaman rongga udara 1 cm adalah 0,99 yang teramati pada frekuensi 1,042 kHz, sementara pada keadaan rongga berkedalaman 2 cm bergeser ke frekuensi 812 Hz dengan nilai 0,97.



Gambar 3. Perubahan kinerja komposit dengan diameter lubang 1,5 mm dengan variasi rongga udara 1 cm dan 2 cm



Gambar 4. Perubahan kinerja komposit dengan diameter lubang 2 mm

Perubahan kinerja akustik berkait dengan dimensi rongga udara di belakang MPP dapat dijelaskan berdasarkan perubahan perilaku yang terjadi pada struktur paduan MPP dengan rongga udara.

Dalam keadaan demikian, maka struktur yang dikaji akan berperilaku seperti

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kajian ini merupakan bagian dari skema riset berjalan di Grup Riset Akustik (iARG) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret yang dibiayai melalui skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (AUPT) tahun 2014.

#### DAFTAR PUSTAKA

ASTM E 1050-98, Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using Tube, Two Microphones and A Digital Frequency Analysis System, American Society for Testing and Materials (1998).

sebuah resonator Helmholtz dengan untaian leher jamak. Gerakan massa udara yang beresilasi pada lubang-lubang MPP dapat dianalogikan sebagai untaian massa yang tertaut pada pegas tunggal. Respon ayunan dengan reaktansi induktif murni pada model resonator seperempat panjang gelombang berubah secara seketika menjadi respon ayunan kompleks dimana reaktansi induktif dan kapasitif yang dipicu oleh keberadaan rongga udara terjadi secara serempak. Hal inilah yang menyebabkan pergeseran respon redaman dapat bergerak ke bentuk frekuensi lebih rendah terjadi secara lebih efektif dimana respon rongga yang analog dengan kapasitor pada sistem osilator elektromagnetik atau pegas dalam osilator mekanik.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa serbuk bambu dapat dikembangkan menjadi bahan panel akustik yang baik. Kinerja akustiknya dapat ditingkatkan dengan beragam pilihan pendekatan. Teknik modifikasi permukaan dengan variasi *perforation ratio* maupun teknik resonansi dengan pemakaian rongga udara merupakan dua contoh perlakuan yang efektif untuk mengembangkan MPP khususnya untuk yang diorientasikan untuk kendali bising frekuensi rendah.

- Liese, W. 1980. *Anatomy of Bambu*, In Lessard, G & Chouinard, A., *Bamboo Research in Asia*, Proceeding of a Workshop held in Singapore, 28-30 May 1980, Ottawa or IDRC.
- Maa, D. Y., 1998. *Potential of microperforated panel absorbers*. J. Acoust. Soc. Am., 104 (5), 2861-2866
- Maa, D. Y., 2007. *Practical single MPP absorber*. International Journal of Acoustics and Vibration, Vol 12, No. 1, 3-6
- Sakagami, K., Morimoto, M., and Yairi, M., 2008. *Application of microperforated panel absorbers to room interior surfaces*. International Journal of Acoustics and Vibration, Vol 13, No. 3, 120-124
- Supriyanto, Agus. 2001. *Aplikasi Wastewater Sludge Untuk Proses Pengomposan Serbuk Gergaji*. Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21-14 Februari 2001 Sinergy Forum, PPI Tokyo Institute of Technology.
- Uchimura, E. 1980. *Bamboo Cultivation*. In Lessard, G & Choinard, A. *Bamboo Research in Asia*, IDRC.
- Wang, C., Cheng, L., Pan, J., and Yu, G., 2010. *Sound absorption of a micro-perforated panel backed by an irregular-shaped cavity*. J. Acoust. Soc. Am., 127 (1), 238-246
- Wang, C., and Huang, L., 2011. *On the acoustic properties of parallel arrangement of multiple micro-perforated panel absorbers with different cavity depths*. J. Acoust. Soc. Am., 130(1), 208-218