

# Kinerja Akustik dan Mekanik Panel *Sandwich* Berbasis Ampas Tebu dan Bambu

Dian Yulia Sari, Aris Minardi, Restu Kristiani, Iwan Yahya,\* dan Harjana  
*Laboratorium Riset Akustik (iARG) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret (UNS), Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan, Surakarta 57126*

## Intisari

Telah dilakukan pengujian kinerja akustik dan kinerja mekanik panel *sandwich* berbasis ampas tebu dan bambu. Pengujian kinerja akustik dilakukan secara eksperimen mengacu pada prosedur ASTM E-1050-98 dan kinerja mekanik menggunakan *material testing machine*. Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan komposit ampas tebu dan pengaruh penambahan lapisan bambu di permukaan atas dan bawah komposit ampas tebu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh ketebalan sampel adalah menggeser penyerapan bunyi efektif pada frekuensi rendah sedangkan penambahan lapisan bambu pada komposit ampas tebu mempengaruhi penurunan nilai koefisien serapan bunyi yang dikarenakan tingkat kekerasan tinggi dan porositas rendah pada lapisan bambu. Adapun pengaruh ketebalan terhadap kinerja mekaniknya adalah menurunkan nilai MOR dan MOE sementara pengaruh penambahan lapisan bambu membuat nilai MOR naik dan nilai MOE turun. Pengaruh ketebalan dan penambahan lapisan bambu juga mengubah nilai densitas sampel.

## Abstract

Sound absorption performance and mechanical performance have been conducted in panel sandwich based bagasse and bamboo. The testing acoustic performance was conducted experimentally refer to ASTM E-1050-98 standard procedure and mechanical performance using a material testing machine. In this research, thickness variation bagasse composite and bamboo effect of adding a layer on the surface of the upper and lower composite bagasse. The results showed that the influence of the thickness of the sample is to shift the effective sound absorption at low frequencies while adding a layer of bamboo composite bagasse impairment affects the sound absorption coefficient due to a high degree of hardness and low porosity of the lining of bamboo. The effect of thickness on the mechanical performance is to lower the value of MOR and MOE while the effect of adding a layer of bamboo create value MOR MOE values rise and fall. The influence of the layer thickness and the addition of bamboo also change the value of the density of the sample.

KATA KUNCI: panel sandwich, composite bagasse, impedance tube, material testing machine, MOR and MOE

## I. PENDAHULUAN

Tebu merupakan tumbuhan rumput-rumputan yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan gula. Pada tahun 2012 luas areal tanaman tebu Indonesia mencapai 463.566,60 hektar [1]. Proses pengolahan gula menghasilkan limbah padat yaitu ampas tebu (*bagasse*) yang mengandung serat sebanyak 35-40% dari berat tebu. Ampas tebu memiliki banyak manfaat dan apabila diolah dengan lebih lanjut akan mempunyai nilai ekonomis tinggi. Beberapa pemanfaatan ampas tebu adalah sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit [2], bahan untuk produksi bioetanol [3], sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton [4].

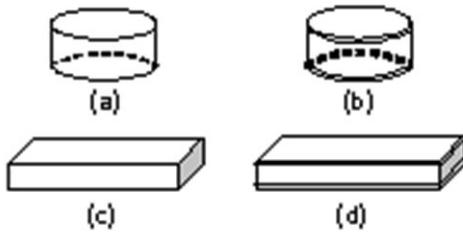
Pemanfaatan lain dari ampas tebu disajikan pada makalah ini sebagai salah satu alternatif material penyerap bunyi dalam bentuk komposit. Pengaruh ketebalan dan pengaruh penambahan lapisan bambu pada permukaan atas dan bawah komposit ampas tebu terhadap kinerja akustik dan kinerja mekanik telah dikaji berdasarkan pengujian eksperimen. Pilihan ka-

jian atas kinerja akustik dan kinerja mekanik komposit ampas tebu dan bambu didasarkan pertimbangan bahwa komposit panel *sandwich* merupakan panel akustik lantai (ubin) yang dapat diaplikasikan pada bangunan. Oleh karena itu, perilaku dan respon akustik serta mekaniknya menjadi sangat penting untuk memenuhi standar yang berlaku untuk panel penyerap bunyi pada bangunan ISO 11654 [5].

Kinerja serapan bunyi merupakan fungsi frekuensi yang umumnya dengan bertambahnya kinerja serapan bunyi efektif pada frekuensi tertentu dapat ditingkatkan salah satunya dengan menambahkan ketebalan [6]. Kinerja mekanik komposit panel *sandwich* menjadi sangat penting untuk mengetahui perilaku dan respon mekaniknya terhadap beban yang akan diberikan kepada panel dengan mencari nilai *Modulus of Rupture* (MOR) dan *Modulus of Elasticity* (MOE).

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran nilai koefisien serapan bunyi sampel komposit ampas tebu dengan variasi ketebalan dan pengaruh penambahan lapisan bambu. Komposit ampas tebu yang diberi lapisan bambu pada permukaan atas dan bawah disebut panel *sandwich*. Metode yang digunakan adalah metode tabung impedansi dua mikrofon sesuai standar ASTM E 1050-98 [7]. Pengukuran nilai MOR dan MOE juga dilakukan dengan variasi ketebalan dan pengaruh

\*E-MAIL: iyahya@mipa.uns.ac.id



Gambar 1: (a) model uji akustik komposit ampas tebu ATA, (b) model uji akustik panel sandwich PSA, (c) model uji mekanik ampas tebu ATM, (d) model uji mekanik panel sandwich PSM.

penambahan lapisan bambu dengan metode uji *bending* sesuai standar JIS A 5908-2003 [8].

II. METODOLOGI

Pembuatan model komposit ampas tebu dan panel sandwich untuk uji akustik dan uji mekanik

Model uji akustik dan mekanik komposit ampas tebu dan panek *sandwich* yang digunakan pada penelitian disajikan pada Gambar 1. Komposisi sampel ampas tebu terdiri dari ampas tebu, lem PVAC dan air. Pada pembuatan sampel digunakan perbandingan komposisi massa ampas tebu : air : lem sebesar 1 : 1,5 : 3. Perbandingan komposisi massa yang digunakan berdasarkan beberapa kali percobaan dengan perbandingan komposisi massa yang berbeda. Dari percobaan tersebut digunakan komposisi yang memiliki kinerja maksimum dari segi kerekatan dan pengepressan. Bahan yang sudah dicampurkan kemudian dimasukkan ke cetakan berukuran 30 cm x 20 cm untuk dipress. Proses pengepressan dan pengeringan dilakukan ± 5 hari, dimana pengeringan dilakukan secara alami. Pembuatan panel *sandwich* dilakukan dengan melapisi permukaan atas dan bawah komposit ampas tebu. Ketika sampel kering, sampel dipotong dengan diameter 2,91 cm untuk uji akustik dan bentuk persegi berukuran 16 cm x 3 cm untuk uji mekanik. Data dimensi sampel ditunjukkan dalam Tabel I.

Pengujian sampel dilakukan berdasarkan variasi ketebalan komposit ampas tebu yaitu pada sampel AT1 dan AT2, dan perbedaan antara komposit ampas tebu dengan panel *sandwich* yaitu pada sampel AT1 dan AT1B1.

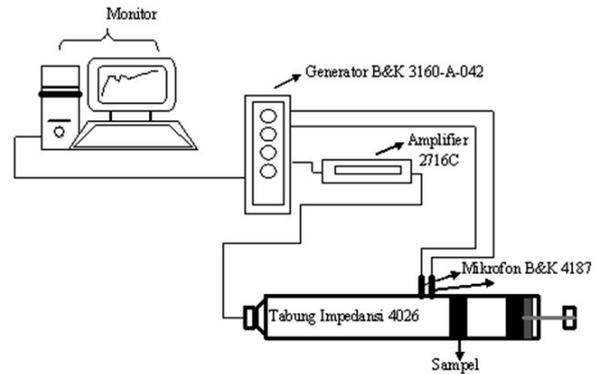
Pengujian koefisien serapan bunyi

Pengujian koefisien serapan bunyi menggunakan metode tabung impedansi dua mikrofon. Metode ini mengacu pada prosedur ASTM E 1050-98 yang berbasis analisis fungsi transfer terhadap sinyal oleh dua mikrofon. Set up alat ditunjukkan Gambar 2.

Bunyi berupa *random noise* dibangkitkan dengan generator B&K 3160-A-042 yang diperkuat dengan amplifier B&K

TABEL I: Data dimensi sampel.

Kode Sampel	Massa (gram)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
ATA1	1,84	2,91	1	-	-
ATA2	4,41	2,91	1,77	-	-
PSA	2,72	2,91	1,13	-	-
ATM1	12,69	-	1	16	3,07
ATM2	26	-	1,77	16	3
PSM	23,33	-	1,13	16,15	3



Gambar 2: Skema Tabung Impedansi Dua Mikrofon.

2716C. Gelombang bunyi tersebut akan merambat dan mengenai sampel yang disajikan dalam Gambar 1(a) dan (b). Sebagian gelombang akan diserap dan sebagian yang lain akan dipantulkan kembali. Gelombang datang dan gelombang pantul akan ditangkap dua buah mikrofon B&K 4187. Setelah diperkuat, sinyal yang ditangkap oleh kedua mikrofon akan diteruskan ke 4-ch mikrofon modul 3160-A-042 dimana akan dilakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi  $H_1$ , fungsi respon frekuensi gelombang datang  $H_i$ , dan fungsi respon gelombang pantul  $H_r$ . Pada tahap ini dilakukan perhitungan koefisien refleksi yang diberikan oleh hubungan sebagai berikut,

$$R = \frac{H_1 - H_i}{H_r - H_i} e^{j2k(\ell+s)} \tag{1}$$

dengan k adalah bilangan gelombang,  $\ell$  dan s berturut-turut adalah jarak mikrofon pertama ke sampel uji dan jarak antar mikrofon.

Penggunakan nisbah impedansi ternormalisasi maka akan diperoleh,

$$\frac{z}{\rho c} = \frac{1 + R}{1 - R} \tag{2}$$

sehingga koefisien serapan bunyi  $\alpha$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$\alpha = 1 - |R|^2 \tag{3}$$

Pengolahan data pada eksperimen sepenuhnya dikerjakan dengan komputer menggunakan perangkat lunak B&K *Labshop Software* versi 16 serta *pulse material testing* yang memang digunakan untuk analisis serapan bunyi. Grafik yang disajikan diolah menggunakan Software *Origin 8*.

### Pengujian MOR dan MOE

Pengujian mekanik menggunakan alat *material testing machine* (MTM) tipe DBBMTCL-5000Kg seri 36751 dan seperangkat komputer. Uji yang dilakukan adalah uji *bending* untuk menentukan nilai MOR dan MOE.

Modulus patah (MOR) telah menjadi suatu pengukuran yang umum tentang kekuatan lengkung pada komposit, dalam hal ini adalah komposit ampas tebu dan panel sandwich. MOR adalah tegangan lengkung akhir yaitu sebelum terjadinya patah dari suatu material dalam kelengkungannya, dan itu sering digunakan untuk membandingkan material satu dengan lainnya. Rumus yang digunakan sebagai berikut,

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

Modulus elastisitas (MOE) merupakan kemampuan benda uji untuk menahan kelengkungan. Dalam hal ini sifat mekanis benda uji ditentukan dari kemiringan bagian garis lurus defleksi beban. Nilai MOE dapat dihitung menggunakan rumus,

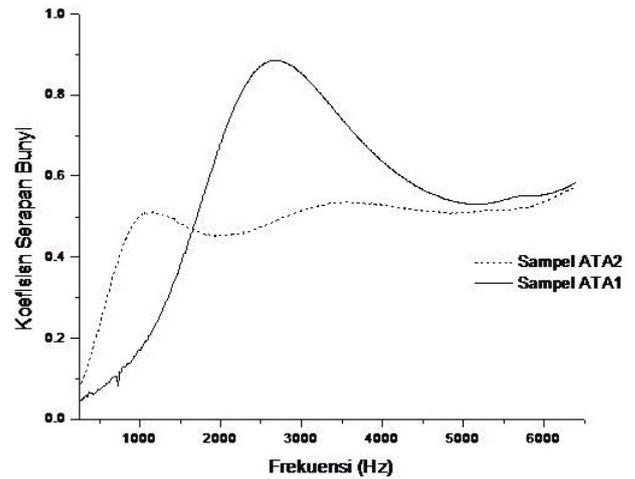
$$MOE = \frac{PL^3}{4\Delta bd^3} \quad (5)$$

dengan P adalah beban atau gaya, L adalah penyangga jarak, b adalah lebar sampel dan d adalah tinggi atau tebal. Nilai MOR dan MOE dihitung secara manual dan grafik yang disajikan diolah menggunakan software *Origin 8*.

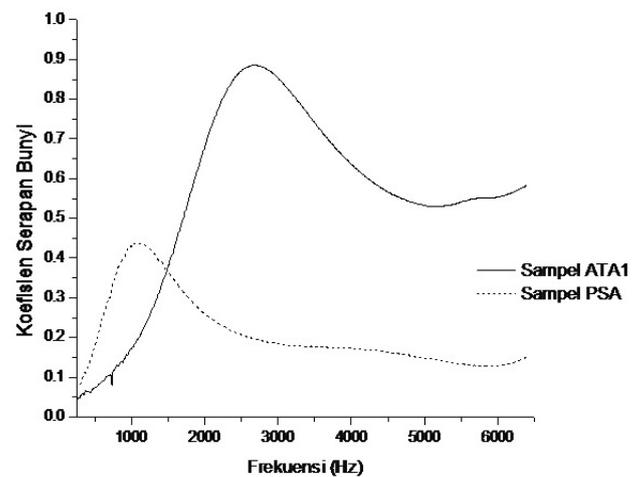
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian akustik pada komposit ampas tebu dengan variasi ketebalan

Hasil pengujian sampel komposit ampas tebu terhadap variasi ketebalan disajikan Gambar 3, sedangkan model sampel yang digunakan Gambar 1(a). Grafik dalam Gambar 3 menunjukkan hubungan antara koefisien serapan bunyi terhadap frekuensi dengan variasi ketebalan dengan rentang frekuensi 0 Hz - 6000 Hz. Nilai koefisien serapan bunyi sampel ATA1 lebih dari 0,8 ( $\alpha$  maksimum 0,89) dengan ketebalan 1 cm pada bentang frekuensi 2248-3240 Hz. Untuk sampel ATA2 nilai koefisien serapan bunyi lebih dari 0,5 ( $\alpha$  maksimum 0,51) dengan ketebalan 1,77 cm dan mengalami pergeseran pada bentang frekuensi 984-1352 Hz. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tebal sampel, nilai koefisien serapan bunyi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan semakin tebal sampel mempengaruhi densitasnya. Namun, bentang frekuensi mengalami pergeseran ke frekuensi lebih rendah yang disebabkan semakin tebal sampel berhubungan dengan banyaknya jumlah pori (porositasnya) pada sampel sehingga berpengaruh terhadap pergeseran frekuensi kearah lebih rendah. Selain itu porositas pada komposit memberikan kontribusi bagi penyerapan bunyi.



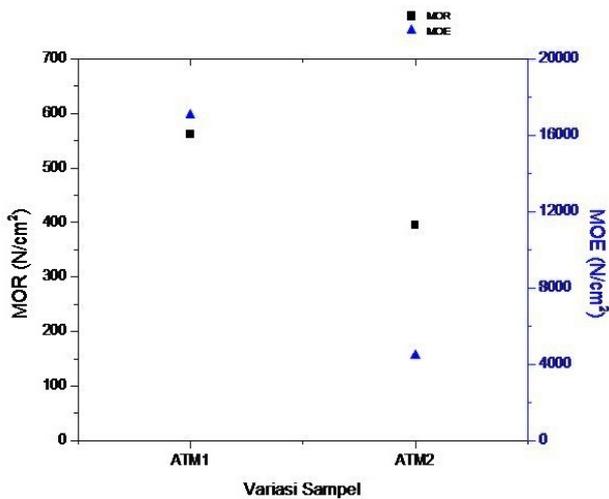
Gambar 3: Grafik koefisien serapan bunyi terhadap variasi ketebalan. B



Gambar 4: Grafik pengaruh lapisan bambu pada permukaan komposit ampas tebu.

#### Pengaruh penambahan lapisan bambu pada komposit ampas tebu

Model Gambar 1(b) digunakan pada pengujian ini yang disajikan Gambar 4. Berdasarkan grafik dalam Gambar 4 dapat diketahui hubungan antara nilai koefisien serapan bunyi dan frekuensi terhadap pengaruh adanya lapisan bambu. Nilai koefisien serapan bunyi sampel ATA1 (tanpa lapisan bambu) lebih dari 0,8 ( $\alpha$  maksimum 0,89) pada bentang frekuensi 2248-3240 Hz. Untuk sampel PSM (dengan lapisan bambu) nilai koefisien serapan bunyi lebih dari 0,4 ( $\alpha$  maksimum 0,44) dan mengalami pergeseran pada bentang frekuensi 896 - 1352 Hz. Lapisan bambu pada permukaan komposit ampas tebu mempengaruhi koefisien serapan bunyi. Adanya lapisan bambu membuat nilai koefisien serapan bunyi menurun dikarenakan lapisan bambu memiliki kekerasan tinggi dan porositas rendah. Porositas rendah pada lapisan bambu membuat rentang frekuensi bergeser ke arah frekuensi rendah.

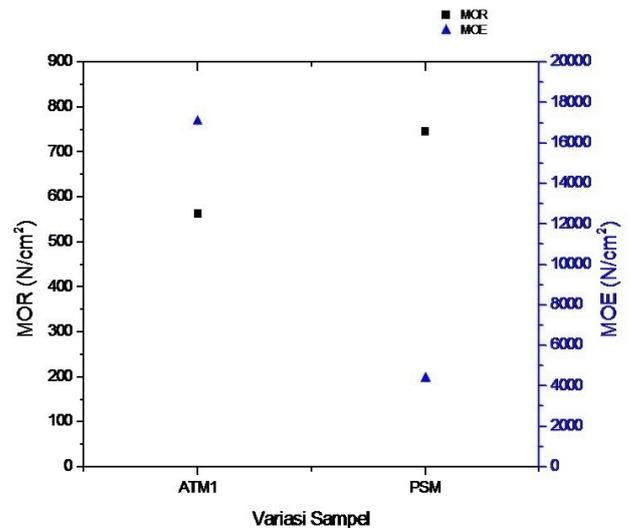


Gambar 5: Grafik variasi ketebalan sampel terhadap nilai MOR dan MOE.

Gambar 5 menjelaskan nilai MOR dan MOE dari sampel yang dipengaruhi oleh variasi ketebalan sampel. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai MOR dan MOE mengalami penurunan pada sampel ATM2 (ketebalan 1,77 cm), yaitu dengan nilai MOR dan MOE masing-masing adalah 394,55 N/cm<sup>2</sup> dan 4470,71 N/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai MOR dan MOE pada sampel ATM1 (ketebalan 1 cm) masing-masing 562,38 N/cm<sup>2</sup> bernilai dan 17068,88 N/cm<sup>2</sup>. Variasi ketebalan sampel berhubungan dengan volume sampel, sehingga berpengaruh terhadap densitasnya. Sampel ATM1 mempunyai densitas sebesar 0,26 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan sampel ATM2 mempunyai densitas yang lebih besar, yaitu 0,39 gram/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian ini, dapat diketahui bahwa nilai densitas mempengaruhi nilai MOR dan MOE suatu bahan. Semakin besar densitasnya, semakin kecil nilai MOR dan MOE-nya. Hal ini dikarenakan semakin besar densitas suatu bahan maka semakin keras bahan tersebut. Sehingga ATM2 mudah patah atau rusak, dapat dilihat dari nilai MOR dan MOE yang semakin kecil. Densitas juga mengacu pada porositas, keduanya berbanding terbalik semakin besar densitas semakin kecil porositasnya.

Penambahan lapisan bambu pada komposit ampas tebu mempengaruhi kinerja mekanik panel *sandwich*. Gambar 6 menunjukkan nilai MOR yang mengalami kenaikan ketika diberi lapisan bambu sementara nilai MOE mengalami penurunan. Model panel *sandwich* (komposit ampas tebu yang dilapisi lapisan bambu pada permukaan atas dan bawah) yang digunakan untuk uji mekanik ini ditunjukkan Gambar 1(d). Gambar 6 menyajikan nilai MOR sampel ATM1 (sampel tanpa lapisan bambu) dan sampel PSM (dengan penambahan lapisan bambu) berturut-turut sebesar 546,38 N/cm<sup>2</sup> dan

746,24 N/cm<sup>2</sup>. Nilai MOE sampel ATM1 sebesar 17.07,88 N/cm<sup>2</sup> dan sampel PSM sebesar 4.374,11 N/cm<sup>2</sup>. Hasil tersebut menunjukkan kenaikan nilai MOR yang dipengaruhi penambahan lapisan bambu. Lapisan bambu memiliki



Gambar 6: Grafik pengaruh adanya lapisan bambu terhadap nilai MOR dan MOE.

permukaan yang lebih keras dan padat sehingga membuat sampel menjadi lebih kuat dan tidak mudah patah. Sementara hal sebaliknya terjadi pada nilai MOE yang mengalami penurunan disebabkan tingkat kekerasan pada lapisan bambu memberikan dampak sampel tidak elastis dan sulit melengkung. Permukaan lapisan bambu yang cenderung lebih keras dibanding komposit ampas tebu mempengaruhi struktur panel *sandwich* menjadi lebih keras pula. Tingkat kekerasan sampel dapat dilihat dari nilai densitas yang mengalami kenaikan yaitu sampel ATM1 sebesar 0,26 gram/cm<sup>3</sup> menjadi 0,42 gram/cm<sup>3</sup> untuk sampel PSM.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas dapat disimpulkan bahwa ketebalan sampel mempengaruhi nilai serapan bunyi yang bergeser pada frekuensi rendah, sementara penambahan lapisan bambu mempengaruhi koefisien serapan bunyi yang menurun dan bergeser pada frekuensi rendah. Kinerja akustik dapat dicapai pada sampel yang lebih tebal dan tanpa lapisan bambu. Ketebalan mempengaruhi nilai MOR dan MOE yang mengalami penurunan sementara penambahan lapisan bambu sebaliknya membuat nilai MOR dan MOE. Kinerja mekanik terbaik dicapai dengan penambahan lapisan bambu pada komposit ampas tebu.

[1] Direktorat Jenderal Perkebunan, *Pedoman Teknis Pengembangan Tebu*, Kementerian Pertanian, 2013.

[2] E.D. Clareyna, dan L.J. Marawani, *Pembuatan dan Karakteristik*

- Komposit Polimer Berpenguat Bagasse*, Jurnal Teknik POMITS, **2**(2), ISSN : 2337-3539 (2013).
- [3] E. Hermiati, dkk., Jurnal Litbang Pertanian, **29**(4), 121-130 (2010).
- [4] G.P. Rompas, dkk., Jurnal Sipil Statik, **1**(2), 82-89 (2013).
- [5] STD ISO 11654, *Acoustic-Sound absorbers for use in buildings-Rating of sound absorption* (The International Organization, 1997).
- [6] S. Ersoy, and H. Kucuk, *Applied Acoustic*, **70**, 127-134 (2008).
- [7] ASTM E 1059-98 (1998), *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.
- [8] JIS E 5908, *Particleboards*, Japan: Japanese Standards Association, 2003.