

## Panel Akustik Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Limbah Batu Apung Dengan Pengikat Polyester

Ngakan Putu Gede Suardana<sup>1</sup>, I M. Parwata<sup>2</sup>, I P. Lokantara<sup>3</sup>, IKG. Sugita<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4)</sup>Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia,  
 Telp/Fax: 0361-703321,  
<sup>1</sup>npguardana@unud.ac.id

### Abstrak

Pemanfaatkan limbah hasil industri merupakan salah satu cara yang sangat bagus untuk memaksimalkan sumber daya alam yang tersedia sehingga dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Salah satu limbah industri yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah batu apung. Batu apung banyak dijumpai di Indonesia sebagai limbah alam. Limbah batu apung merupakan sisa hasil dari proses pengayakan batu apung yang sudah tidak terpakai lagi karena ukurannya kurang dari syarat pengepakan untuk dipasarkan. Limbah batu apung ini digunakan untuk membuat komposit sebagai panel peredam suara.

Pembuatan panel peredam suara yang berbahan batu apung ini bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik akustik dalam skala laboratorium dengan variasi fraksi berat dan ukuran butir partikel batu apungnya. Bahan penelitian adalah batu apung (*pumice*) berukuran butir 3 mm, 5 mm dan 10 mm dengan variasi fraksi berat 40%, 60%, dan 80% untuk setiap ukuran butir batu apung. Bahan untuk perlakuan dan proses pembuatan komposit adalah aquades, polyester jenis *Yukalac 157 BQTN*, hardener jenis *MEKPO*, dan Gliserin. Spesimen uji komposit dibuat dengan teknik Hand lay-up. Uji yang dilakukan adalah penentuan koefisien penyerapan suara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien penyerapan suara tertinggi terjadi pada specimen komposit batuapung-polyster dengan ukuran partikel 3 mm dan fraksi berat 60%

**Kata kunci:** *limbah batu apung, ramah lingkungan, akustik*

### Pendahuluan

Suasana ruang yang nyaman dan tidak bising sangat diperlukan dalam kepentingan lingkungan pabrik, perhotelan, perkantoran maupun pribadi. Material peredam suara sangat berperan penting untuk menyerap suara/bunyi sehingga mengurangi intensitas resonansi bunyi yang sampai ke telinga sehingga tercipta kualitas ruang yang nyaman bagi penggunanya.

Bahan peredam suara berupa material berpori, resonator dan panel [1]. Jenis bahan peredam suara yang sudah ada yaitu bahan berpori seperti foam, glass wool, rockwool, dan resonator. Penggunaan material-material ini masih relatif rendah karena harga yang tinggi.

Pengembangan peredam suara dengan beberapa limbah dan serat telah mulai dikembangkan untuk meningkatkan daya guna bahan tersebut. Beberapa penelitian peredam suara telah dikembangkan oleh Koizumi

(2002), [1], yang mengembangkan peredam suara dari serat polister daur ulang. Pengembangkan peredam suara berbahan jerami untuk campuran bahan bangunan dikembangkan oleh [2].

Batu apung mempunyai struktur berpori yang serupa dengan ciri bahan peredam yang telah ada. Batu apung (*pumice*) adalah batuan alam yang merupakan hasil dari aktivitas gunung api efusif yang mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batu apung berwarna hitam, abu-abu terang hingga putih. Batuan ini memiliki karakteristik, struktur pori-pori, ringan, mudah didapat dan murah namun rapuh. Batu apung banyak dijumpai di Indonesia sebagai limbah alam. Limbah batu apung merupakan sisa hasil dari proses pengayakan batu apung yang sudah tidak terpakai lagi karena ukurannya kurang dari

syarat pengepakan untuk dipasarkan (ukuran agregat limbah batu apung kurang dari 10 mm).

Limbah batu apung yang berlimpah, menjadi pertimbangan yang cukup ekonomis untuk merekayasa batuan tersebut menjadi material yang berdaya guna. Batu apung yang memiliki karakteristik berfori sangat berpeluang besar untuk digunakan sebagai material akustik pelapis dinding. Penelitian ini akan mengkaji kelayakan penggabungan dari dua material berbeda mampu melakukan penyerapan suara yang baik sehingga dapat diaplikasikan sebagai dinding akustik.

Pemanfaatan limbah hasil industri, merupakan salah satu cara yang sangat baik untuk memaksimalkan sumber daya alam yang tersedia sehingga dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Limbah batu apung yang berlimpah di Indonesia sangat memungkinkan dikembangkan menjadi bahan komposit untuk peredam suara. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik akustik penyerapan suara akibat pengaruh variasi fraksi berat partikel dan besar butiran partikel.

## Metode Penelitian

Spesimen dicetak dengan teknik *Press Hand Lay-Up*. Mesin uji koefisien/angka serapan suara bahan (*impedance tube standing wave method*). Bahan yang digunakan sebagai matrik adalah *Unsaturated Polyester Resin* (UPRs) jenis *Yukalac 157 BQTN*, dengan hardener jenis MEKPO. Penguatnya sekaligus sebagai komponen penyerap suara adalah batu apung (*pumice*) berukuran partikel 3 mm, 5 mm dan 10 mm dengan variasi fraksi berat 40%, 60%, dan 80% untuk setiap besar batu apung. Uji karakteristik penyerapan suara specimen berskala laboratorium dilakukan dengan ukuran specimen berdiameter 100mm.



Gambar 2. Alat uji Penyerapan Suara

## Studi Pustaka

### 1. Batu apung

Batu apung (*pumice*) ialah istilah tekstural untuk batuan vulkanik yang merupakan lava berbuih terpadatkan yang tersusun atas piroklastik yang amat mikrovesikular dengan dinding batuan beku gunung berapi ekstrusif yang bergelembung, amat tipis dan tembus cahaya. Batu apung adalah produk umum letusan gunung (pembentuk *plinian* dan *ignimbrite*) dan umumnya membentuk zona-zona di bagian atas lava silikat. Batu apung banyak digunakan untuk membuat beton ringan atau yang kepadatannya rendah dan insulatif. Berdasarkan kegunaannya limbah batu apung dapat dimanfaatkan sebagai:

1. Sebagai pengganti bahan bangunan galian golongan C.
2. Sebagai bahan campuran beton
3. Sebagai bahan pembuatan genteng
4. Sebagai alat kosmetik
5. Bahan penghapus
6. Pembersih papan sirkuit
7. Campuran bahan kimia.



Gambar 1. Batu apung

Rongga-rongga pada bagian batu apung yang mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik sehingga dapat dimanfaatkan untuk bahan penyerap suara.. Susunan pori-pori dari batu apung berbentuk rongga antara lapisan pori-pori. Karena keunggulan tersebut batu apung cocok untuk dijadikan material alternatif untuk pembuatan material penyerap suara. Gambar 1 menunjukkan contoh batu apung yang ada di lapangan.

### 2. Fraksi Berat Partikel dalam Komposit

Fraksi berat partikel dalam komposit adalah perbandingan antara berat partikel dan berat komposit yang dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi berat partikel. Berat partikel

didapat berdasar pada hasil penelitian dengan cara menimbang partikel batu apung yang telah ditentukan ( $W_p$ ) dan perhitungan berat komposit hasil percobaan ( $W_c$ ), dan fraksi berat partikel dengan persamaan sebagai berikut:

### Volume Cetakan Uji Impact ( $V_c$ )

$$V_c = p \times l \times t \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$V_c$  : Volume Cetakan ( $\text{cm}^3$ )

$p$  : Panjang Cetakan (cm)

$l$  : Lebar Cetakan (cm)

$t$  : Tinggi Cetakan (cm)

Fraksi berat partikel dapat dihitung dengan persamaan :

$$FW = \frac{W_f}{W_f + W_r} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$FW$  : Fraksi Berat Partikel (%)

$W_f$  : Berat Partikel (gram)

$W_r$  : Berat Resin (gram)

### 3. Penyerapan Suara (Sound Absorption)

Bahan lembut, berpori dan kain serta berbagai bahan lainnya; termasuk manusia, menyerap sebagian besar gelombang suara yang menumbuk kepadanya, dengan kata lain mereka adalah bahan penyerap suara. Dari definisi, penyerapan suara adalah perubahan energi suara menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas, ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini adalah sangat kecil, sedang kecepatan perambatan gelombang suara tidak dipengaruhi oleh penyerapan.

Efisiensi penyerapan suara suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu yang dinyatakan dengan suatu Koefisien Penyerapan Suara (*coefficient of sound absorption*). Koefisien penyerapan suara suatu permukaan adalah bagian energi suara datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Satuan ini dinyatakan dalam huruf  $Greek \alpha$ . Nilai  $\alpha$  dapat berada antara 0 sampai dengan 1; misalnya pada 500 Hz bila material akustik menyerap 65% dari energi suara datang dan memantulkan 35% daripadanya, maka

koefisien penyerapan suara bahan ini adalah 0,65. Koefisien penyerapan suara berubah dengan sudut datang gelombang suara pada bahan dan dengan frekuensi. Nilai koefisien penyerapan suara pada suatu frekuensi tertentu, dirata-rata terhadap semua sudut datang pada suatu frekuensi tertentu (datang acak).

Penyerapan suara suatu permukaan (penyerapan permukaan) diukur dalam *sabins*, sebelumnya disebut *satuan jendela terbuka (open-window units)*. Satu sabin menyatakan suatu permukaan seluas  $1 \text{ ft}^2$  atau  $1 \text{ m}^2$  yang mempunyai koefisien penyerapan  $\alpha = 1.0$ . Penyerapan permukaan diperoleh dengan mengalikan luas permukaan dalam ft (atau  $\text{m}^2$ ), dengan koefisien penyerapan suaranya. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien absorpsi suara antara lain:

1. Ukuran batu (*Particles Size*). Meningkatnya koefisien absorpsi suara seiring dengan menurunnya diameter batu. Ini dikarenakan diameter batu yang lebih kecil mudah bergenak daripada batu yang berdiameter besar pada suatu gelombang suara.
2. Ketahanan Aliran Udara (*Airflow Resistance*). Salah satu kualitas paling penting yang mempengaruhi karakteristik bahan berpori penyerap suara adalah hambatan aliran spesifik per unit ketebalan material.
3. Porositas (*Porosity*). Jumlah, ukuran dan tipe dari porositas merupakan faktor penting yang menjadi pertimbangan selama mempelajari tentang mekanisme penyerapan suara pada material berpori.
4. Perlakuan (*Tortuousity*). Hal ini merupakan pengukuran lintas pori yang dibandingkan dengan ketebalan material.
5. Ketebalan (*Thickness*). Berbagai penelitian yang berhubungan dengan penyerapan suara pada bahan berpori mendapat kesimpulan bahwa penyerapan suara pada frekuensi rendah berhubungan langsung pada ketebalan. Pada studi berikutnya, memperlihatkan bahwa peningkatan penyerapan suara hanya pada frekuensi rendah pada

- material yang semakin tipis ketebalannya.
6. Kerapatan Massa (*Density*). Kerapatan massa suatu material sering dianggap sebagai faktor penting yang mempengaruhi perilaku penyerapan suara dari material.
  7. Impedansi Permukaan (*Surface Impedance*). Semakin tinggi resistensi bahan, semakin tinggi disipasi pada lapisan tertentu. Pada saat yang sama lapisan dari permukaan impedansi juga meningkat pada resistensi, menghasilkan jumlah refleksi pada lapisan permukaan yang menyumbang kemampuan serap suara yang rendah.

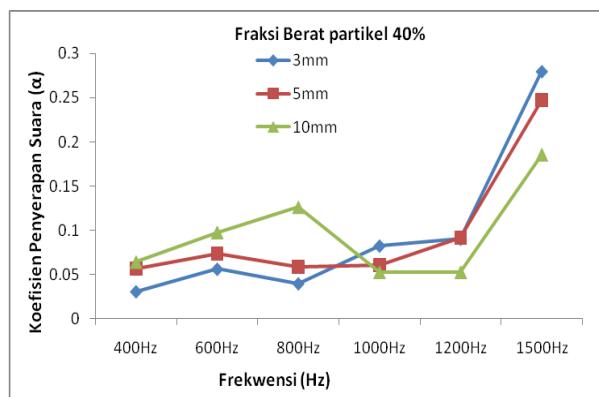
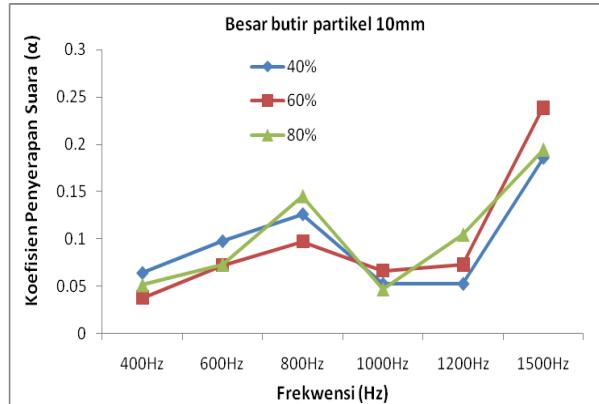
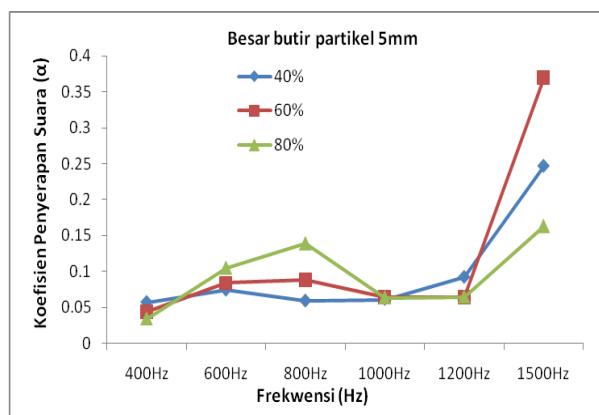
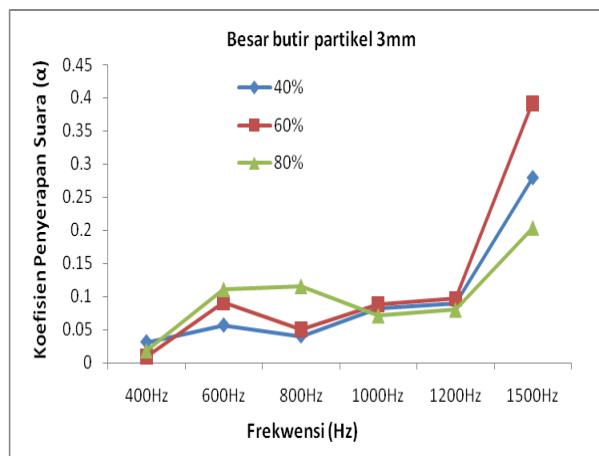
Kebiasaan standar untuk membuat daftar nilai koefisien penyerapan suara pada wakil frekuensi standar yang meliputi bagian yang paling penting dari jangkauan audio, yaitu pada 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 dan 8000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 dan 8192 Hz.

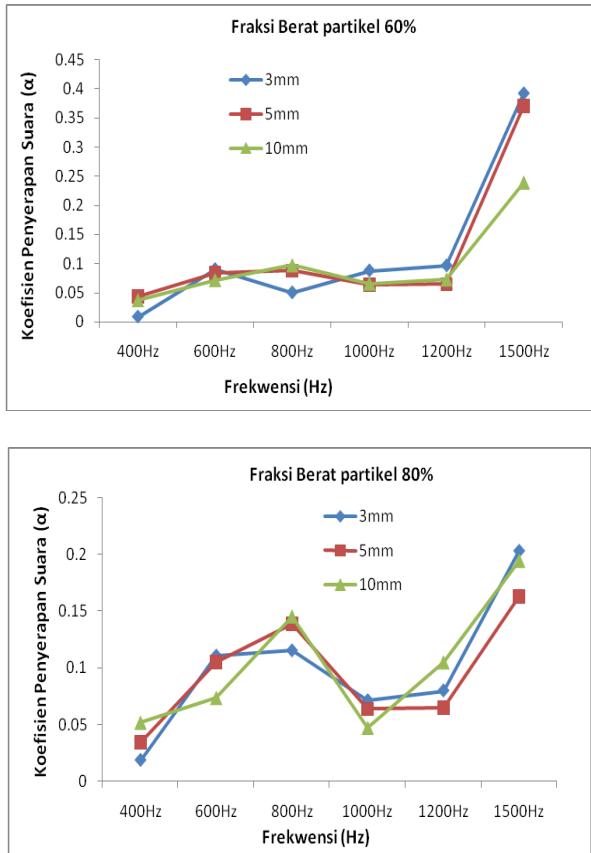
## Hasil Dan Pembahasan

### 1. Hasil Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

Berikut adalah data hasil pengujian dari spesimen uji yang didapatkan dengan spesimen bahan uji diameter besar 100 mm untuk input  $f$  120 – 1500 Hz. Koefisien absorpsi bunyi didefinisikan perbandingan antara energi bunyi yang diserap dengan energi bunyi yang datang pada permukaan material (Mediastika, 2005). Besarnya kemampuan suatu material dalam menyerap bunyi digunakan parameter koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ).

Grafik besar partikel dan fraksi berat terhadap koefisien serapan suara pada frekuensi 400 Hz sampai dengan 1500 Hz seperti gambar-gambar berikut.





Gambar 3. Hubungan besar partikel dan fraksi berat terhadap koefisien serapan suara pada frekuensi 400 Hz sampai dengan 1500 Hz

## 2. Pembahasan Hasil Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

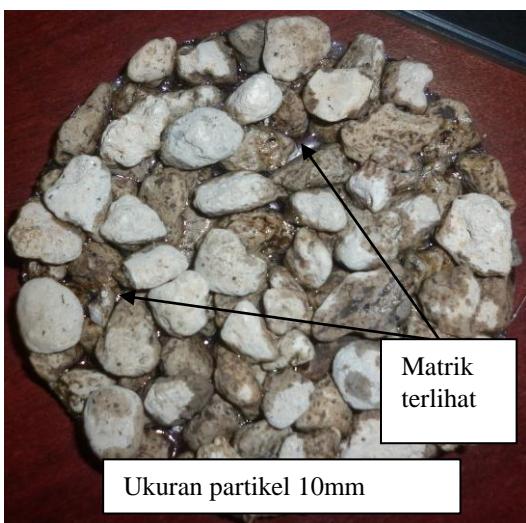
Hasil perhitungan pengujian koefisien penyerapan suara dengan frekuensi input 400 Hz hingga 1500 Hz ditunjukkan seperti Gambar 3. Keseluruhan data hasil ujinya memiliki angka koefisien serapan suara yang bervariasi. Secara umum koefisien penyerapan suara komposit batuapung meningkat secara landai dari frekuensi 400 Hz hingga 800 Hz kemudian menurun pada frekuensi 1000 Hz dan 1200 Hz dan kemudian meningkat tajam pada frekuensi input 1500 Hz. Untuk frekuensi 1500 Hz pada komposit dengan besar partikel 3 mm diperoleh nilai tertinggi penyerapan suaranya terdapat pada fraksi berat partikel 60% yaitu 0,39, dan terkecil pada fraksi berat 80% yaitu 0,20. Untuk komposit dengan besar partikel 5 mm diperoleh nilai tertinggi penyerapan suaranya terdapat pada fraksi berat partikel 60% yaitu 0,37, dan terkecil pada fraksi berat 80% yaitu 0,16. Sedangkan komposit dengan

besar partikel 10 mm diperoleh nilai tertinggi penyerapan suaranya terdapat pada fraksi berat partikel 60% yaitu 0,24, dan terkecil pada fraksi berat 40% yaitu 0,19. Jadi dapat disimpulkan bahwa komposit yang memiliki fraksi berat partikel batuapung 60% dan besar ukuran partikel 3 mm yang memiliki koefisien penyerapan suara terbaik untuk frekuensi input 1500 Hz. Hal ini disebabkan karena permukaan specimen lebih rata sehingga luas permukaan yang dapat menyerap suara lebih besar dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih besar. Karena ketebalan specimen hanya 10mm dan diameter partikel terbesar juga 10 mm sehingga ada celah-celah diantara partikel tersebut yang mana celah tersebut permukaannya adalah pengikatnya (polyester) yang tidak dapat menyerap suara seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan pada komposit dengan fraksi berat partikel 40% terjadi penutupan pori-pori batuapung oleh pengikatnya karena persentase pengikat lebih banyak dari batuapungnya sehingga bunyi lebih banyak dipantulkan dari pada diserap. Untuk fraksi berat 80% terlalu banyak partikel sehingga tidak seluruh partikel dapat terikat oleh polyester sehingga permukaan specimen tidak rata dan ada bagian polyester yang tampak juga sehingga terjadi pemantulan bunyi. Jadi pada frekuensi 1500Hz komposit yang diuji mampu menyerap suara dengan baik  $\alpha > 0,15$  sesuai dengan ISO 11654 [3], sedangkan untuk frekuensi rendah komposit yang diuji tidak menyerap suara dengan baik sehingga perlu dilakukan pengujian dengan frekuensi di atas 1500 Hz.



## Referensi

- [1] Lee, Y and Changwhan Joo. Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous AssemblyAbsorbers (AUTEX Research Journal, Vol. 3, No2, June 2003.
- [2] Mediastika. 2005. Akustik Bangunan. Jakarta: Erlangga.
- [3] Ainie Khuriati, Eko Komaruddin,Muhammad Nur, Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya, (*Berkala Fisika ISSN : 1410 – 9662 Vol.9, No.1, Januari 2006, hal 43*



Gambar 4. Spesimen penyerapan suara dengan fraksi berat 60%

## Simpulan

Seluruh komposit yang diuji pada frekuensi 1500Hz dapat menyerap bunyi dengan baik ( $\alpha >0.15$ ), sedangkan untuk frekuensi rendah komposit yang diuji tidak menunjukkan daya penyerapan suara yang baik.

## Ucapan Terima kasih

Paper ini dibiayai dari penelitian Desentralisasi Hibah Bersaing dengan Surat Perjanjian Penugasan No. 311-23/UN14.2/PNL.01.03.00/2015