

# Aplikasi Metode Pengukuran Penyerapan Suara dengan *Ensemble Averaging*

Asniawaty Kusno

Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

## Abstrak

Beberapa metode pengukuran absorpsi suara pada material direview secara ringkas termasuk metode laboratorium dan metode *in-situ* demikian juga dengan metode *in-situ ensemble averaging* dan perkembangannya. Selanjutnya, pengukuran absorpsi suara pada material dengan metode *Ensemble Averaging* (EA) dilakukan secara *in-situ* di tiga tempat: *hall*, koridor dan ruang kelas. Hasil pengukuran di tiga tempat tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran *reverberation room*. Perbandingan hasil pengukuran metode EA dan *reverberation room* menunjukkan kesesuaian impedansi dan absorpsi suara material uji. Hal ini memberikan afirmasi aplikasi metode EA pada pengukuran absorpsi suara material secara *in situ*.

**Kata-kunci** : absorpsi, *ensemble averaging*, *in-situ*, pengukuran penyerapan suara

## Pengantar

Saat ini berbagai macam teknik pengukuran penyerapan suara yang telah tersedia, termasuk instrumennya. Garai mengklasifikasi tiga teknik dasar pengukuran penyerapan suara yaitu *reverberation room methods*, *tube methods*, dan *reflection methods* (Garai, 1993). *Reverberation room methods* memungkinkan pengukuran penyerapan suara yang dilakukan dalam kondisi *diffuse*. Metode ini telah digunakan secara luas sebagai indeks penyerapan suara yang praktis. Akan tetapi metode ini membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena metode ini mensyaratkan adanya *diffused sound field* dan ruang gema yang besar. Dalam penggunaannya metode tube memiliki berbagai variasi, umumnya menggunakan *standing wave method* atau *transfer function method*. Metode-metode ini dapat digunakan untuk mengukur *normal acoustics impedance* pada keadaan normal (*normal incidence*) dengan peralatan yang tidak terlalu besar. Walaupun demikian karakteristik penyerapan suara dengan metode pengukuran ini tidak dapat dilakukan pada kondisi praktis atau dikenal sebagai *in-situ measurement*. Selanjutnya, Garai menunjukkan bahwa metode

*reverberation room* dan *tube method* pada dasarnya adalah *laboratory method*, sehingga tidak sesuai untuk pengukuran karakteristik penyerapan suara pada kondisi real atau secara *in-situ* (Garai, 1993). Sedangkan untuk memprediksi dan mengontrol kondisi akustik pada penerapan praktis dibutuhkan metode yang dapat mengukur penyerapan suara dari material sesuai dengan kondisi sebenarnya pada berbagai tempat yang berbeda.

Beberapa metode pengukuran penyerapan suara dengan *reflection method* telah dirancang dan dikembangkan sebagai solusi bagi masalah metode pengukuran yang telah disebutkan diatas. Secara khusus seperti metode yang diusulkan oleh Allard dkk. (Allard, Bourdier, & Bruneau, 1985) ataupun Garai (Garai, 1993) yang cukup efisien dan berguna, dimana Allard dkk. (Allard et al., 1985) menggambarkan *reflection method* dengan menggunakan dua buah sensor (pp-sensor). Metode ini memungkinkan pengukuran sample material yang cukup kecil yaitu sekitar 1 m<sup>2</sup> pada kondisi *free field*. Selain itu pengukuran juga memungkinkan untuk dilakukan secara *in-situ* pada frekuensi 500 Hz atau lebih tinggi apabila menggunakan material sekitar 6 m<sup>2</sup>, sedangkan untuk frekuensi

ensi yang lebih rendah metode ini mensyaratkan sample material yang lebih besar.

Metode yang diusulkan oleh Garai (Garai, 1993) untuk mengukur daya serap suara secara *in-situ* menggunakan signal MLS (*Maximum Length Sequence*) guna meningkatkan *background noise*.

Dari semua yang telah diterangkan diatas, terdapat beberapa masalah yang terkait dengan metode tersebut (Takahashi, Otsuru, & Tomiku, 2005) seperti keterbatasan pengukuran pada frekuensi rendah, kurang akurat pada pengukuran material yang berabsorpsi rendah, kebutuhan akan peralatan yang kompleks ketika melakukan pengukuran secara *in-situ* dan ketidakpraktisan posisi sumber suara, serta mikrofon dan ukuran sample material. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode-metode ini tidak memungkinkan untuk dilakukan secara sederhana, praktis dan efisien.

Untuk mengukur normal impedansi dari material, dapat digunakan model analisis numerik akustik yang berbasis pada *wave equation* yang diperkenalkan beberapa peneliti Jepang (Takahashi et al., 2005) . Metode tersebut menggunakan dua mikrofon (pp-sensor) dan *ambient noise*. Keunggulan analisis numerik yang berdasarkan *wave equation* menjadi lebih akurat pada frekuensi rendah, sehingga target rentang frekuensi dari metode ini dapat ditentukan secara tentative dari 100 Hz sampai 1500 Hz. Dalam penelitian tersebut, pengukuran karakteristik penyerapan suarapun dilakukan secara *in-situ* dan dengan berbagai kondisi lingkungan, seperti pada ruangan kantor, koridor, cafetaria, dan teras. Material yang diukur permukaan impedansi normalnya adalah *glass wool* dan *rock wool*. Hasilnya menunjukkan perulangan (*repeatability*) yang baik.

Selanjutnya artikel ini akan menerangkan secara ringkas pengukuran penyerapan suara dengan menggunakan metode yang sama dengan penambahan faktor *velocity* pada mikrofon (pu-sensor). Pengukuran diaplikasikan secara *in-situ* di tiga tempat berbeda yaitu hall, ruang kelas dan koridor.

## Metode Pengukuran

Konsep ensemble averaged impedance dan koefisien absorpsi

Pada artikel sebelumnya (Otsuru, Tomiku, Okamoto, Kusno, & Din, 2011), mengusulkan impedansi sebagai berikut:

$$\langle Z_n \rangle = \frac{\langle p \rangle}{\langle u_n \rangle}, \quad (1)$$

Dimana  $p$  and  $u_n$  adalah *sound pressure* dan *particle velocity* dengan arah normal pada permukaan material dan  $\langle \cdot \rangle$  dinyatakan sebagai *ensemble averaged*. Secara tentative, impedansi yang dihasilkan,  $\langle Z \rangle$ , disebut "*Ensemble Averaged*" impedance.

Keterkaitannya dengan *absorption coefficient*,  $\langle \alpha \rangle$ , adalah sebagai berikut :

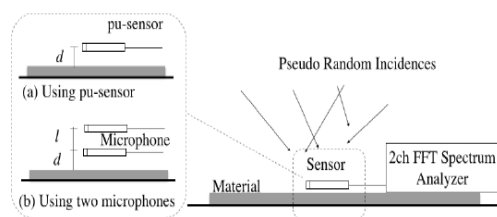
$$\langle \alpha \rangle = 1 - \left| \frac{\langle Z_n \rangle - \rho c}{\langle Z_n \rangle + \rho c} \right|^2. \quad (2)$$

disini,  $\rho$  adalah kerapatan udara dan  $c$  adalah kecepatan suara. Pada pelaksanaan pengukuran, *averaging* diperoleh dengan menggunakan *Fast-Fourier-Transform* (FFT),

$$\langle Z_n \rangle = \frac{1}{N} \sum_N H_{up}(\omega) = \frac{1}{N} \sum_N \frac{\langle p \rangle}{\langle u_n \rangle}, \quad (3)$$

dimana,  $H_{up}(\omega)$  adalah *transfer function* berhubungan dengan  $p$  dan  $u_n$ .  $N$  adalah *averaging number* yang digunakan dalam FFT.

## Pengukuran Karakteristik Koefisien Absorpsi



**Gambar 1.** Diagram skematik pengukuran dengan menggunakan (a) pu-sensor (b) pp-sensor

## Kondisi Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada koridor, *hall*, dan ruang kelas di Departemen Arsitektur dan Mekanik Oita University (lihat Gambar 3, 4 dan 5). Sebelum melakukan pengukuran impedansi terhadap material dengan menggunakan pu-sensor, kalibrasi sensor dilakukan dengan jarak sangat dekat dengan permukaan material untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang sama pada saat mengkalibrasi sensor dan melakukan pengukuran impedansi (Kusno, Otsuru, Tomiku, Okamoto, & Bin Che Din, 2013).

Kondisi umum dan setting pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 2 menunjukkan kondisi pada saat kalibrasi sensor dilakukan dan dilanjutkan dengan pengukuran impedansi permukaan material *glass wool*.

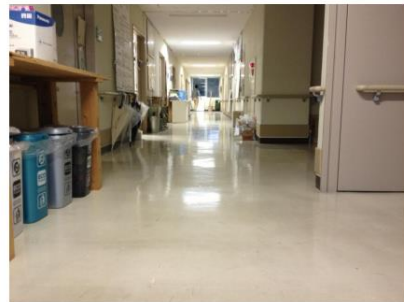


**Gambar 2.** Kondisi pengukuran material dan kalibrasi sensor yang dilakukan dekat material

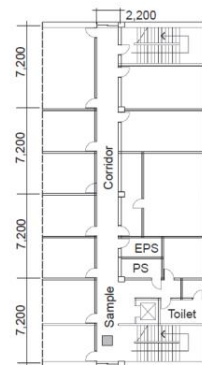
## Pembahasan dan Hasil

Gambar 6. menunjukkan karakteristik absorpsi suara dari material *glass wool* dengan ketebalan 50mm yang diukur pada tiga kondisi dengan menggunakan pu-sensor. Dalam gambar tersebut ditampilkan juga hasil pengukuran yang dilakukan di *reverberation room* sebagai referensi.

Impedansi dan koefisien absorpsi yang diukur secara *in-situ* pada koridor, ruang kelas, dan hall menunjukkan adanya kesesuaian dari frekuensi di atas 375 Hz. Walaupun demikian, perbedaan koefisien absorpsi nampak pada frekuensi yang lebih rendah.



(a)

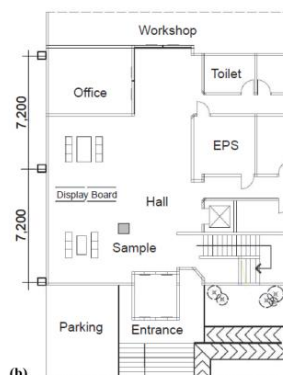


(b)

**Gambar 3.** (a) Denah koridor dan posisi material (b) Kondisi pengukuran di koridor



(a)

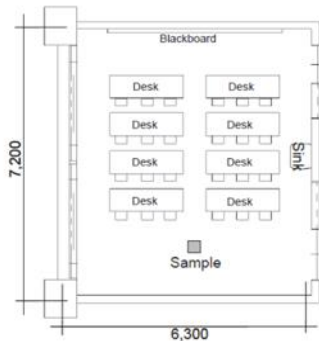


(b)

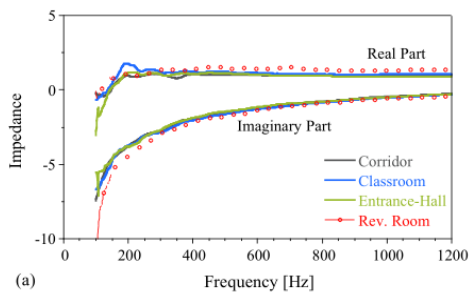
**Gambar 4.** (a) Denah hall dan posisi material (b) Kondisi pengukuran di hall



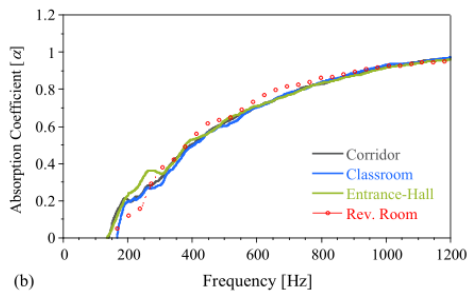
(a)



**Gambar 5.** (a) Denah ruang kelas dan posisi material (b) Kondisi pengukuran di ruang kelas



(a)



(b)

**Gambar 6.** (a) Perbandingan karakteristik Impedansi normal dari material *glass wool* (b) Perbandingan karakteristik koefisien absorpsi pada material *glass wool*

*Imaginary part* dari pengukuran impedansi menunjukkan kesesuaian dengan hasil pengukuran secara *in-situ* di atas frekuensi 350 Hz, sedangkan *real part* sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil *in-situ*.

Koefisien absorpsi tampak sedikit lebih tinggi dari *in-situ* pada frekuensi 400-800 Hz, sedang pada frekuensi diatas 800 Hz menunjukkan kesesuaian yang baik.

## Kesimpulan

Secara garis besar penelitian ini telah menjelaskan tentang pengukuran karakteristik absorpsi suara pada material dengan metode *ensemble average* secara *in-situ*. Hasil pengukuran koefisien absorpsi secara *in-situ* maupun pada *reverberation room* secara umum menunjukkan kesesuaian dan kesamaan tendensi. Masih terdapat perbedaan kecil terjadi pada hasil pengukuran, akan tetapi ini dimungkinkan karena perbedaan *setting* pengukuran dan perletakan sumber suara. Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk pengukuran praktis secara *in situ*.

## Daftar Pustaka

- Allard, J. F., Bourdier, R., & Bruneau, A. M. (1985). The measurement of acoustic impedance at oblique incidence with two microphones. *Journal of Sound and Vibration*, *101*(1), 130–132. [http://doi.org/10.1016/S0022-460X\(85\)80048-1](http://doi.org/10.1016/S0022-460X(85)80048-1)
- Garai, M. (1993). Measurement of the sound-absorption coefficient in situ: The reflection method using periodic pseudo-random sequences of maximum length. *Applied Acoustics*, *39*(1), 119–139. [http://doi.org/10.1016/0003-682X\(93\)90032-2](http://doi.org/10.1016/0003-682X(93)90032-2)
- Kusno, A., Otsuru, T., Tomiku, R., Okamoto, N., & Bin Che Din, N. (2013). The effect of humidity on the stability of pressure velocity sensors, *19*(41), 179–184.
- Otsuru, T., Tomiku, R., Okamoto, N., Kusno, A., & Din, N. B. C. (2011). Ensemble averaged surface normal impedance measurement method in a reverberation room. *Acoust. Sci. & Tech.*, *32*(2), 69–71. <http://doi.org/10.1250/ast.32.69>
- Takahashi, Y., Otsuru, T., & Tomiku, R. (2005). In situ measurements of surface impedance and absorption coefficients of porous materials using two microphones and ambient noise. *Appl. Acoust.*, *66*, 845–865. article.