

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu alat ukur untuk menilai kualitas akustik sebuah ruang kegiatan (misalnya auditorium) adalah dengung atau reverberasi, atau lebih tepat waktu reverberasinya. Waktu reverberasi yang direkomendasi untuk suatu ruangan tergantung dari jenis kegiatannya. Sebuah ruang auditorium untuk musik seyogianya memiliki waktu dengung yang lebih panjang dari sebuah ruang auditorium untuk seminar dan kegiatan *speech*.

Untuk memperoleh waktu dengung yang dikehendaki, perancang dihadapkan pada pilihan bahan penyerap bunyi (*sound absorbing material*) yang akan dipakainya. Bahan penyerap yang satu dan yang lain memiliki karakter penyerapan bunyi yang berbeda. Masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahannya sendiri.

Bahan penyerap bunyi buatan pabrik yang dijual di toko maupun di distributor jenisnya sangat banyak. Padahal seorang arsitek atau perancang interior sangat ingin memberi nuansa dan jiwa pada ruang yang mereka desain. Seringkali seorang perancang/ahli dengan “terpaksa” bermain di antara bahan-bahan yang tersedia di pasaran. Di samping itu, perancang seringkali sudah terikat dengan material *finishing* dasar seperti plesteran tembok, permukaan bata *ekspos*, kesan beton, batu tempel dan sebagainya.

Disini akan distudi *finishing* interior akustik dengan nuansa kayu (*timber*) berupa resonator celah (*slit resonator*).

1.2 Perumusan Masalah

“Keluar” dari kebiasaan menggunakan material *finishing* yang siap pakai (tersedia di pasaran) dengan melakukan kombinasi dua atau lebih material dengan susunan yang beraneka akan memberikan karakter akustik secara spesifik. Ketersediaan data mengenai pilihan ini masih terbatas. Pengenalan akan karakter

akustik sebagai kombinasi dan komposisi material ini perlu didalami, sehingga bermanfaat dalam pengaplikasian nanti.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ruang yang secara fisik berfungsi dengan baik.

Agar sebuah ruang bisa berfungsi dengan baik secara fisik ada banyak faktor yang menentukan perancangannya sedemikian rupa sehingga memiliki lingkungan termal, visual dan aural dengan baik sesuai fungsi ruangnya. Lingkungan aural yang dimaksud disini adalah lingkungan akustiknya.

2.2. Lingkungan akustik yang mendukung.

Untuk memperoleh lingkungan aural yang baik, perlu dilibatkan pertimbangan tingkat tekanan bunyinya, pantulan *sound ray* untuk memperoleh area dengan *lateral reflection* sebanyak mungkin, menghindari *long-delayed sound* dan *echo*, distribusi bunyi yang merata dan yang tidak kalah penting adalah waktu dengung yang memenuhi di ruangan sesuai fungsi ruangnya.

2.3. Waktu dengung (*reverberation time*).

Waktu dengung merupakan satu faktor yang penting secara akustikal walaupun bukan satu-satunya yang penting. Untuk mencapai tingkat waktu dengung yang direkomendasikan (oleh ahli akustik dan literatur), salah satunya didekati melalui rumus Sabine yang sederhana:

$$RT = 0,161 \cdot V / (\sum A + xV)$$

Tampak di sini penyerapan bahan *finishing* $\sum A$ termasuk struktur pendukung di belakangnya, merupakan komponen yang menentukan di samping volume ruang. Bahan serta susunan material pendukung di lapisan / rongga belakangnya menjadi penting untuk memahami karakter nilai serap bunyi pada berbagai frekuensi yang digunakan.

2.4. Nilai absorpsi bunyi bahan.

Karakter nilai absorpsi yang terjadi ternyata bergantung pada bagaimana bahan *finishing*, bahan pendukung dan bahan pengisi disusun. Misalnya kalau diinginkan mengisi tingkat penyerapan bunyi di lingkup frekuensi

rendah, maka susunan yang bagaimana yang sebaiknya dibuat dengan menggunakan elemen material yang sama. Dengan demikian bisa dicapai pengaturan komposisi bahan *finishing* interior sehingga diperoleh tingkat dengung yang sesuai dan merata mungkin.

2.5. Jenis bahan absorpsi bunyi.

Secara umum bahan absorpsi bunyi bisa digolongkan dalam 3 kelompok besar.

- a. Bahan absorpsi berbentuk berpori/berserat, sebagai bahan absorpsi bunyi yang efektif menyerap komponen bunyi berfrekuensi sedang dan tinggi.
- b. Bahan absorpsi berbentuk membran/bidang yang lebih efektif menyerap komponen bunyi berfrekuensi rendah.
- c. Bahan absorpsi bunyi berbentuk rongga/*cavity*/*volume* berkemampuan menyerap komponen bunyi berfrekuensi sedang dan rendah.

Selanjutnya ada bahan absorpsi yang dirancang berupa gabungan/kombinasi dua atau tiga jenis material absorpsi diatas.

Mengingat efektifitas penyerapan komponen bunyi yang berbeda-beda, maka perencana akustik dituntut agar lebih selektif dan kreatif memilih jenis bahan *finishing* akustik dan interior.

2.6. Resonator rongga.

Bahan absorpsi bunyi berupa *resonator* rongga merupakan salah satu alternatif jenis bahan absorpsi bunyi yang membutuhkan sedikit kreativitas. Jenis absorpsi ini merupakan gabungan dua atau lebih jenis bahan absorpsi diatas. Lagi pula jenis *openings*nya bisa mengadopsi aneka bentuk seperti celah (*slit*), lubang (*perforate*), segi empat maupun bulat dan sebagainya. Jenis absorben ini sering disebut juga sebagai Helmholtz *resonator* atau Helmholtz *absorber*.

Dalam studi ini dipilih resonator celah. Di sini, *slit resonator* adalah jenis penyerap bunyi yang akan dikaji atau distudi lebih lanjut dalam penelitian ini, mengingat jenis ini memberi peluang luas untuk berkreasi dan bereksperimen.

BAB III

TUJUAN, BATASAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Karena penelitian ini akan mempelajari efek atas karakter dan nilai absorpsi akustik berbagai susunan bahan *finishing* akustik, maka ada beberapa tujuan yang mau dicapai :

- a. memperoleh berbagai nilai/kofisien absorpsi bunyi (α) dari berbagai susunan atau konfigurasi bahan *finishing* akustik dengan bahan kayu sebagai basis penelitian.
- b. Kesimpulan sebagai hasil pengolahan data terhimpun dari sejumlah banyak pengukuran akan dihasilkan untuk menggambarkan perbedaan karakter absorpsi masing-masing susunan terhadap susunan yang lain.
- c. Hasil yang diperoleh dapat membantu ahli akustik menentukan tipe susunan mana yang lebih sesuai untuk dipilih untuk suatu kasus rancangan akustik tertentu.

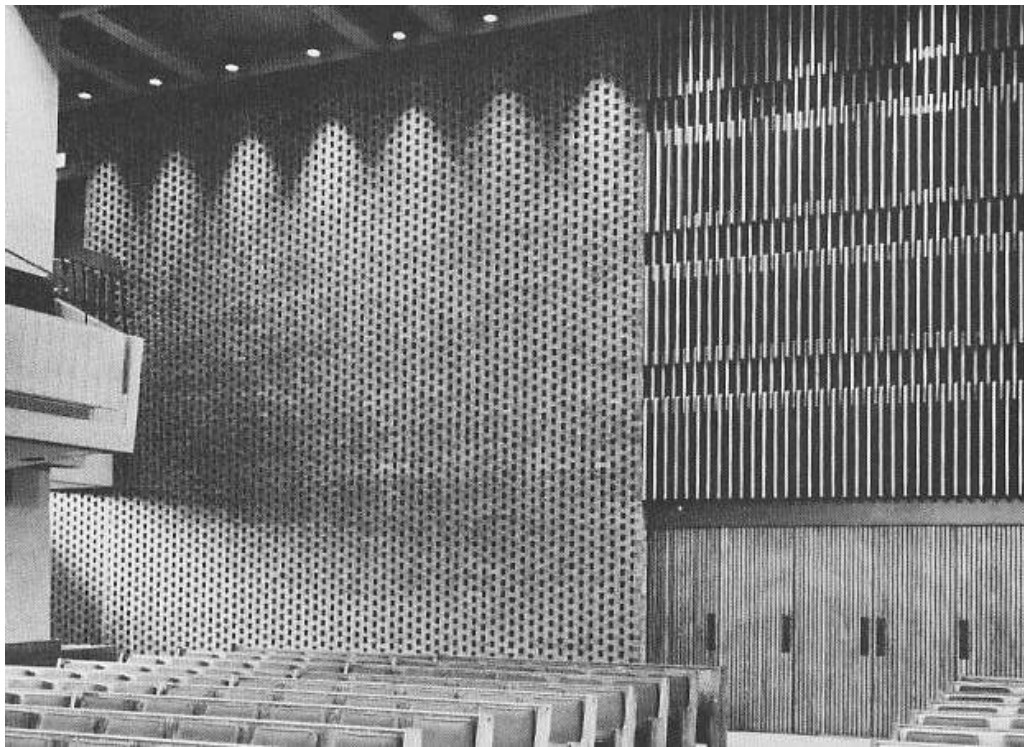
3.2 Batasan Penelitian

Apabila tidak dilakukan pembatasan, maka varian yang mungkin dicoba bisa tidak terbatas jumlahnya, diberikanlah batasan sbb :

- a. Jenis bahan dasar dipilih dari jenis yang umum diperoleh di pasaran atau mudah diusahakan.
- b. Ukuran bahan untuk model dipilih dari yang umum terdapat di pasaran atau yang mudah pembuatannya.
- c. Percobaan pengukuran dilakukan untuk rentang frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz dan 4 kHz, yang sering dijumpai/terdengar dalam lingkungan keseharian.
- d. Ruang yang akan dipakai sebagai ruang laboratorium bagi percobaan dan pengukuran pada penelitian ini adalah Ruang Reverberasi di Laboratorium Akustik Sains Arsitektur Jurusan Arsitektur UK Petra dengan segala keterbatasannya.

3.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi arsitek, perancang interior dan ahli akustik. Paling tidak secara umum lebih dikenali efek lubang, rongga dan celah udara pada konstruksi *resonator absorber*, sehingga arsitek dan perancang interior lebih bisa memilih mana yang sesuai dengan rancangan akustiknya dengan memainkan komposisi bilah, celah, lubang dan rongga yang ada.



Gambar 3.1. Penggunaan *cavity resonator* dan *slit resonator* pada dinding sebuah ruang ibadah (Doelle, Leslie L).

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental. Susunan/komposisi dan gabungan beberapa elemen akustik dan *finishing* sebagai satu kesatuan akan memberikan nilai besaran akustik yang berbeda, dalam hal ini nilai absorpsi bunyinya pada berbagai frekuensi. Untuk memperoleh besaran nilai yang nyata dan aplikatif, akan sangat terbantu dengan perlakuan penelitian secara percobaan atau eksperimen.

4.1 Bahan penelitian

Bahan *finishing* dengan berbagai keanekaragaman jenis bahan, dimensi, tekstur, kekenyalan, dan sebagainya akan sangat banyak jumlahnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran nilai absorpsi bahan finishing jenis kayu-kayuan (*timber work*). Materi yang akan dipelajari berhubungan dengan *finishing* bernuansa kayu. Bisa untuk dinding, bisa untuk *plafond*.

Dalam penelitian ini digunakan komponen berbahan kayu yang umum terdapat di pasaran, sehingga memberi peluang bagi siapa saja yang ingin menggunakannya tanpa kesulitan pengadaannya. Bahan kayu bisa berupa papan, bilah-bilah, lis, balok dan masih banyak lagi. Namun disini bahan kayu yang akan dipakai akan diarahkan untuk membentuk *resonator* bunyi, bisa jenis *slit*, Helmholtz ataupun *perforated resonator*.

4.2. Variabel Penelitian

Penelitian ini menstudi tentang satu susunan kayu lapis (*plywood*) dengan varian sebagai berikut :

- a. Dimensi tebal *plywood*;
- b. Porositas (besar celah); yang dimaksud 'celah' di dalam hal ini ialah ruang kosong di antara bilah-bilah *plywood*;
- c. Besar / tinggi rongga; yang dimaksud 'rongga' di sini ialah ruang di bawah susunan bilah-bilah *plywood* dengan permukaan lantai.

a. Dimensi (ketebalan) yaitu 9mm, 12mm, 18mm dan 24mm;



Gambar 4.1. Ketebalan (urut dari kiri): 9mm, 12mm, 18mm dan 24mm.

b. Porositas (besar celah) yaitu 3mm, 6mm, 9mm, 12mm dan 15mm;



Gambar 4.2. Lebar celah (urut dari kiri atas ke kanan, dst.): 3mm, 6mm, 9mm, 12mm dan 15mm.

c. Besar/tinggi rongga yaitu 40mm dan 80mm; serta varian kombinasi di antara ketiganya



Gambar 4.3. Tinggi rongga (dari kiri ke kanan): 40mm, 80mm.

Studi ini dilakukan dengan dimensi/ketebalan *volume absorber* sedemikian rupa dengan memperhatikan efisiensi perolehan tingkat absorpsi terhadap volume ruang yang digunakannya.

4.3. Tahapan Penelitian.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a. melakukan penelaahan awal materi kepustakaan yang menitikberatkan pada lingkup penelitian sekitar absorben, *resonator*, *slit*, rongga dan *cavity*;
- b. menetapkan tujuan penelitian yang lebih membumi;
- c. menetapkan variabel yang akan diteliti dan kemungkinan variabel yang akan timbul yang punya efek berarti;
- d. menetapkan jenis bahan, komponen bahan, ukuran, konfigurasi dan volume rongga antara;
- e. menstudi ruang laboratorium yang mungkin akan untuk digunakan untuk percobaan dengan mempelajari kekurangan dan keterbatasan yang ada serta cara mengatasinya;
- f. penetapan peralatan dan alat bantu pengukuran yang akan dilakukan;
- g. menetapkan metode pengukuran
- h. menetapkan batas besaran yang akan diukur sehubungan dengan dimensi ruang eksperimen.

- i. menetapkan sistem *mounting* komponen yang akan digunakan
- j. melaksanakan kalibrasi peralatan ukur yang dipakai secara periodik
- k. mengukur dan mencatat hasil pengukuran
- l. melakukan pengolahan data hasil percobaan
- m. memeriksa akurasi pengukuran dengan memperhatikan standar deviasinya.
- n. mempelajari efek dan kecenderungan pola tingkat penyerapan bunyi pada berbagai variabel percobaan yang dilakukan.
- o. menarik kesimpulan dan memberikan komentar serta rekomendasi.

4.4. Metode pengukuran.

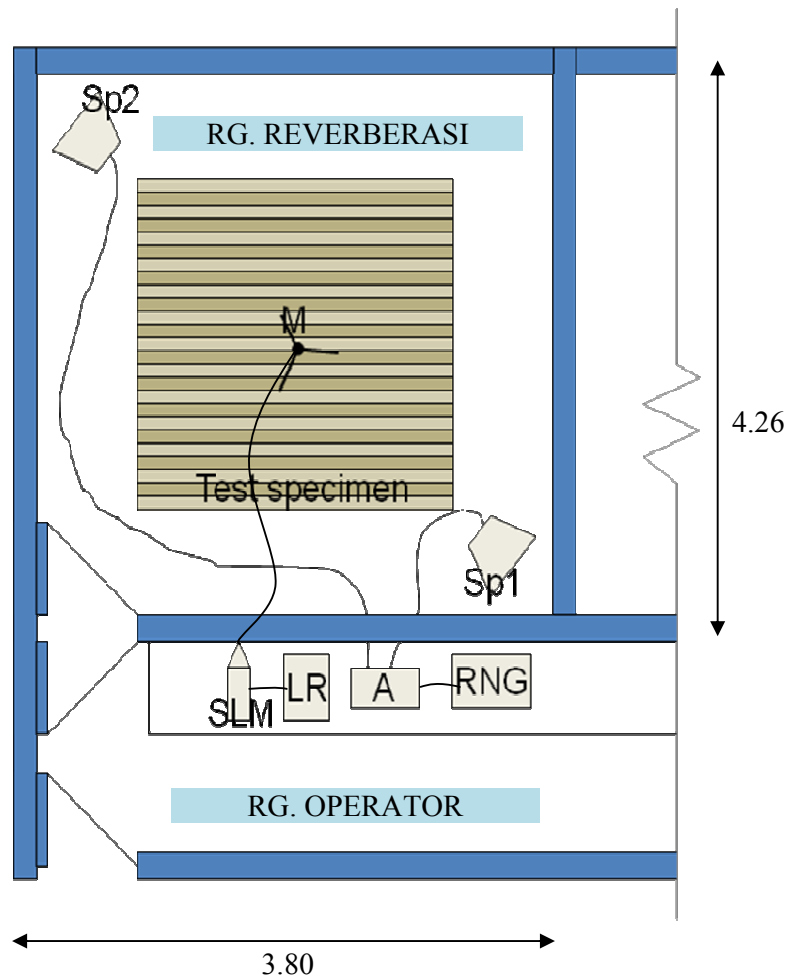
Metode pengujian yang dilakukan melalui dan menggunakan cara pengukuran waktu dengung (*reverberation time measurement*) ruang uji dengan dan tanpa sampel/bahan uji dan perhitungan menggunakan formula Sabine. Dengan menempatkan bahan uji di bidang lantai dengan membandingkan terhadap kondisi akustik lantai kosong akan diperoleh nilai penyerapan bunyi bahan uji.

4.5 Sarana Ruang Penelitian.

Untuk penelitian ini dipakai Ruang Dengung (*reverberation chamber*) di Laboratorium Sains Arsitektur Jurusan Arsitektur UK Petra (Gedung J, Ruang J.101). Ruang uji ini belum sepenuhnya memenuhi standar yang tersedia (Australian Standard dan ISO). Lihat lampiran.

Terhadap ruang penelitian perlu dilakukan pengujian kerataan distribusi sinyal bunyi di dalamnya untuk menetapkan apakah perlu dilakukan modifikasi pada sejumlah reflektor yang terpasang.

Ruang Reberberasi yang ada di Gedung-J UK Petra berdimensi : 4,26 x 3,80 x 3,30 meter. Volume ruang adalah 53,4 m³. Rekomendasi ISO (4) dan Australian Standard (1) sedikitnya 180 m³. Percobaan yang akan dilakukan perlu diberi batasan sehubungan dengan mode gelombang bunyi pada ruang yang dimensinya lebih kecil.



Keterangan : Sp = Speaker
 SLM = Sound Level Meter dan filter
 LR = Level Recorder
 A = Amplifier
 RNG = Random Noise Generator
 M = Microphone

Gambar 4.4. *Layout* ruang percobaan di J.101 (NTS)

Hasil perekaman Waktu Dengung ruang Reverberasi kosong adalah 4,2 detik pada frekuensi 125Hz, 4,8 detik pada 250Hz, 4,7 detik pada 500Hz, 3,9 detik pada 1000Hz, 3,4 detik pada 2000Hz dan 2,9 detik pada 4000Hz. Data nyata ruang tersebut tidak terlalu jauh dari rekomendasi yang diberikan oleh Australian Standards (1) dan Lawrence (7) yang menyebutkan sedikitnya 5 detik untuk frekuensi rendah (125-250Hz) dan 2 detik pada frekuensi tinggi (4 kHz).

4.6. Peralatan Ukur.

Untuk pengukuran ini selain sebuah ruang reverberasi, secara garis besar digunakan peralatan sebagai berikut :

- a. 1 unit alat pembangkit sinyal bunyi : *noise generator ex RION* buatan Jepang.



Gambar 4.5. *Noise Generator*

- b. 1 set peralatan penguat sinyal yang terdiri atas *power amplifier* dan *loudspeaker*.
- c. 1 set alat pengukur tingkat bunyi yang biasa dinamakan *sound level meter* dan filter *ex RION*, lengkap dengan *tripod* pemegang di dalam ruang reverberasi.



Gambar 4.6. Kiri: Sound level meter dengan filter; Kanan: Tripod

- d. 1 set peralatan perekam sinyal : *level recorder ex RION*.



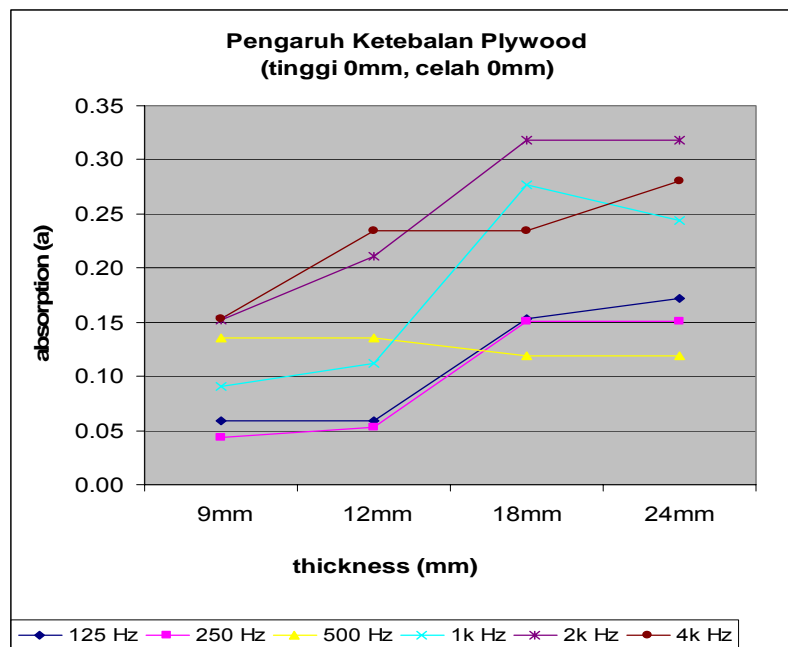
Gambar 4.7. *Level Recorder*

- e. 1 set kertas cetak hasil rekaman : *recording printing paper*.
- f. Protraktor pembantu-baca waktu reverberasi hasil rekaman sinyal bunyi.
- g. 1 unit kalibrator jenis *pistonphone* untuk pengujian dan kalibrasi alat *sound level meter*.

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

**5.1 Pengaruh Ketebalan Plywood, Plywood Rapat (tanpa celah) Di Lantai
(tanpa rongga)**

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa ada kecenderungan nilai absorpsi meningkat sesuai penambahan tebal *plywood*.



Gambar 5.1. Pengaruh ketebalan material

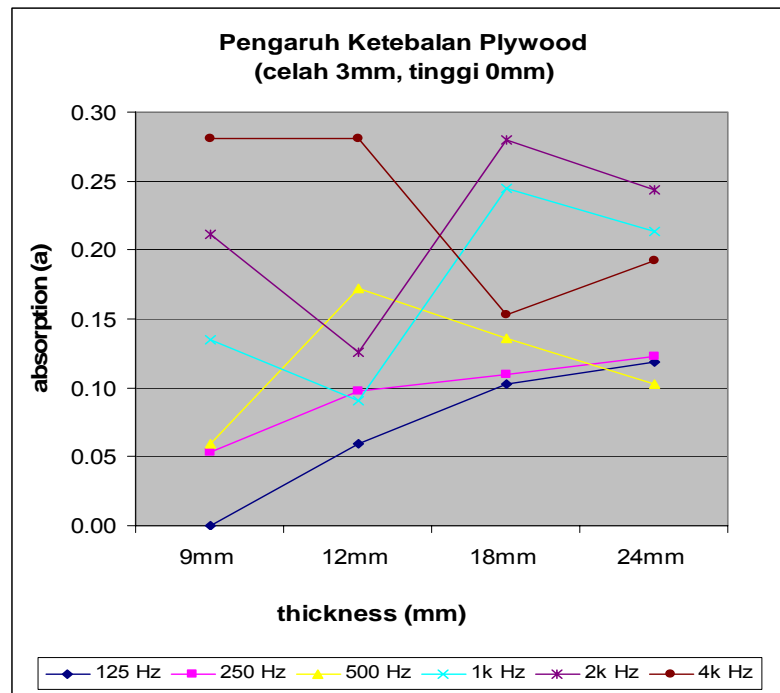
Untuk frekuensi 125 Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.06 (tebal 9 mm) sampai 0.17 (tebal 24 mm); di frekuensi 250 Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.04 (tebal 9 mm) sampai 0.15 (tebal 24 mm). Demikian pula pada frekuensi tinggi yakni 2k Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.15 sampai 0.32 dan di frekuensi 4k Hz nilai absorpsi meningkat dari 0.15 sampai 0.28.

Di frekuensi 1k Hz, nilai absorpsi juga meningkat dari 0.09 (tebal 9mm) sampai 0.28 (tebal 18mm), namun di ketebalan 24mm nilai absorpsi turun ke 0.24.

Sedangkan di frekuensi 500 Hz, justru terjadi sedikit penurunan dari nilai absorpsi 0.14 (tebal 9mm dan 12mm) menjadi 0.12 di ketebalan 18mm dan 24 mm.

5.2. Pengaruh Ketebalan Plywood, Plywood dengan Celah 3mm, Di Lantai (tanpa rongga)

Untuk frekuensi 125 Hz dan 250 Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.05 (tebal 9mm) sampai 0.12 (tebal 24 mm).



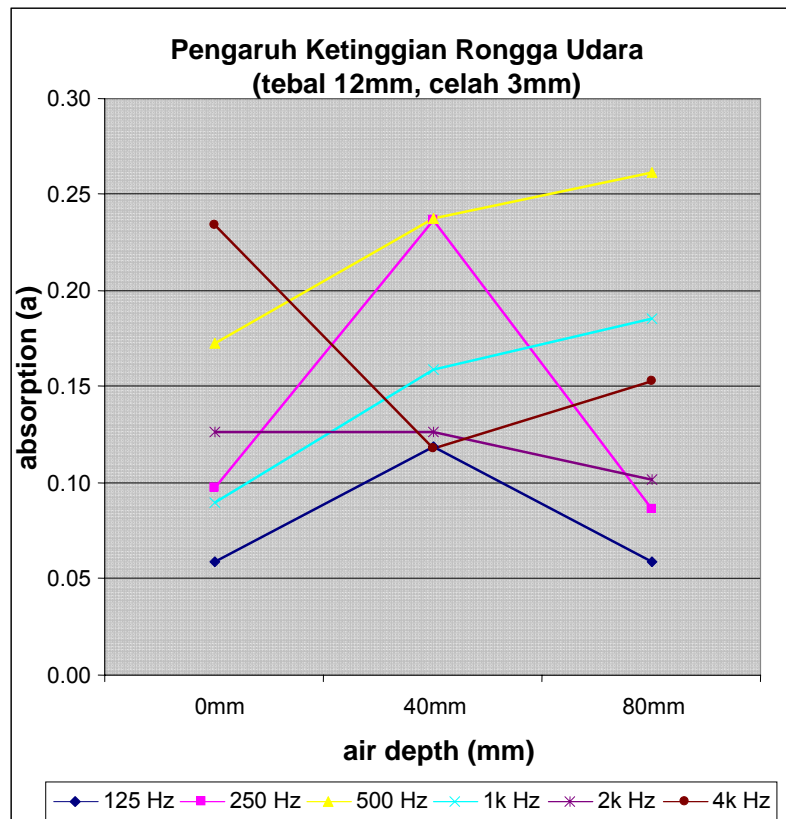
Gambar 5.2. Pengaruh ketebalan dan celah

Nilai absorpsi naik turun terjadi di frekuensi 1k Hz; nilai absorpsi turun dari 0.13 (tebal 9mm) menjadi 0.09 (tebal 12mm) lalu meningkat tajam 0.24 di tebal 18mm, lalu turun lagi 0.21 di ketebalan 24mm. Pola yang sama terjadi di frekuensi 2k Hz, yakni 0.21 (tebal 9mm), turun ke 0.13 (12mm), meningkat tajam 0.28 (tebal 18mm), lalu turun 0.24 di ketebalan 24mm.

Kebalikan dari frekuensi 1k dan 2k Hz, di frekuensi 4k Hz, nilai absorpsi justru menurun tajam dari 0.28 (di ketebalan 9mm dan 12mm) ke 0.15 di ketebalan 18mm, lalu naik lagi menjadi 0.19 di ketebalan 24mm. Sedangkan di frekuensi 500 Hz nilai absorpsi cenderung menurun seiring penambahan ketebalan. Dari 0.06 di ketebalan 9mm, meningkat tajam menjadi 0.17 (tebal 12mm), lalu menurun sampai 0.1 di ketebalan 24mm.

Apabila dibandingkan dengan plywood rapat tanpa celah; dapat disimpulkan bahwa penambahan celah 3mm tidak signifikan untuk meningkatkan nilai absorpsi.

5.3. Pengaruh Ketinggian Rongga Udara, Plywood Tebal 12mm dengan Celah 3mm

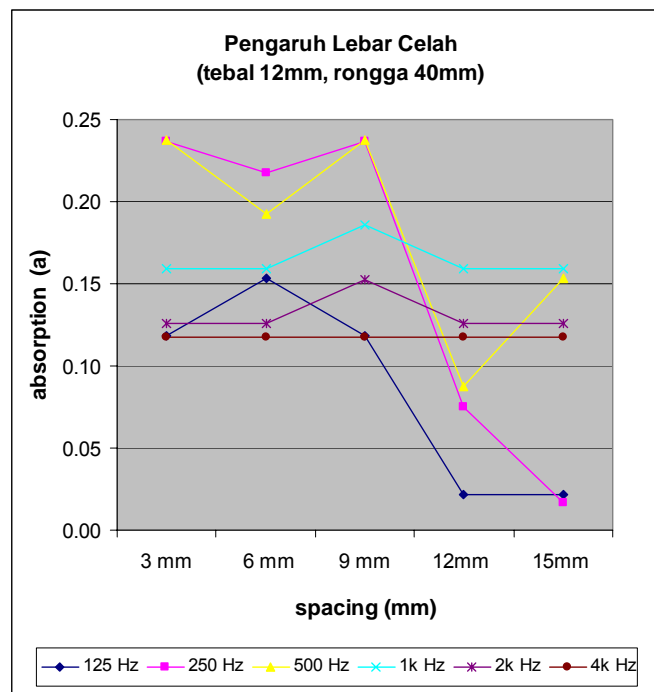


Gambar 5.3. Pengaruh ketinggian rongga udara

Kecenderungan peningkatan nilai absorpsi meningkat seiring dengan penambahan ketinggian rongga terjadi pada frekuensi 500 Hz dan 1k Hz. Di frekuensi 500 Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.17 (tanpa rongga) sampai 0.26 (rongga 80 mm) dan di frekuensi 1k Hz, nilai absorpsi meningkat dari 0.09 (tanpa rongga) sampai 0.19 (rongga 80 mm). Sedang di frekuensi 2k Hz, justru terjadi kecenderungan nilai absorpsi menurun seiring penambahan ketinggian rongga; dari 0.13 (tanpa rongga dan 40mm) menjadi 0.1 (rongga 80mm).

Di frekuensi 125 Hz dan 250 Hz, terjadi pola nilai absorpsi naik di ketinggian rongga 40 mm lalu turun di ketinggian rongga 80mm. Di frekuensi 125 Hz, nilai absorpsi dari 0.06 (tanpa rongga), naik menjadi 0.12 (40mm), turun lagi 0.06 (80mm). Di frekuensi 250 Hz, nilai absorpsi dari 0.1 (tanpa rongga), naik menjadi 0.24 (40mm), turun lagi 0.09 (80mm). Sedang kebalikan pola ini terjadi di frekuensi 4k Hz, yakni nilai absorpsi menurun tajam dari 0.23 menjadi 0.12 di ketinggian rongga 40mm, lalu naik lagi menjadi 0.15 di ketinggian rongga 80mm.

5.4. Pengaruh Lebar Celah, Plywood Tebal 12mm dengan Ketinggian Rongga 40mm



Gambar 5.4. Pengaruh lebar celah

Dari frekuensi 250 Hz, 500 Hz, 1k Hz dan 2k Hz; terdapat nilai absorpsi tertinggi pada celah 9mm. Sedangkan di frekuensi 125 Hz, nilai absorpsi tertinggi pada celah 6mm. Di frekuensi 4k Hz, terlihat bahwa nilai absorpsi tetap di semua celah.

Pola naik turun nilai absorpsi yang sama ialah pada frekuensi 1k Hz dan 2k Hz. Di frekuensi 1k Hz celah 3mm dan 6mm, nilai absorpsi tetap di 0.16, naik menjadi 0.19 di celah 9mm lalu turun ke 0.16 di celah 12mm dan 15mm. Di frekuensi 2k Hz, di celah 3mm dan 6mm nilai absorpsi 0.13 lalu naik ke 0.15 di celah 9mm dan turun lagi ke 0.13 di celah 12mm dan 15mm.

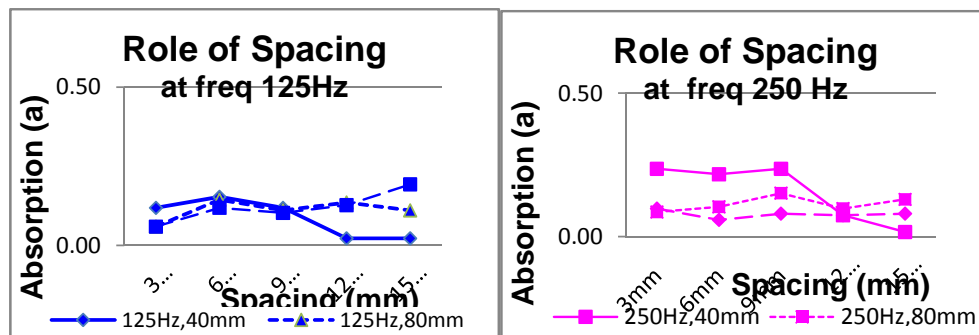
Di frekuensi 250 Hz, nilai absorpsi dari 0.24 menurun ke 0.22 di celah 6mm, naik menjadi 0.24 di celah 9mm, turun 0.07 di celah 12mm dan turun lagi menjadi 0.02 di celah 15mm.

Di frekuensi 500 Hz, nilai absorpsi dari 0.24 menurun ke 0.19 di celah 6mm, naik menjadi 0.24 di celah 9mm, turun 0.09 di celah 12mm lalu naik menjadi 0.15 di celah 15mm.

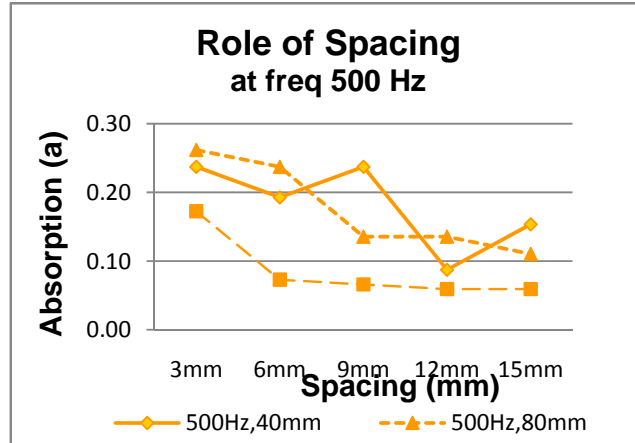
Sedangkan di frekuensi 4k Hz, nilai absorpsi tetap di 0.12 pada semua celah.

5.5 Pengaruh Lebar Celah dan Ketinggian Rongga Udara sekaligus

Dapat dilihat bahwa untuk frekuensi rendah (125 Hz dan 250 Hz), peningkatan nilai absorpsi sangat efektif hingga celah 9mm, lalu menurun di lebar celah 12mm dan 15mm. Sedangkan pengaruh ketinggian rongga yang efektif ialah di ketinggian 40mm, tetapi kemudian menurun seiring penambahan lebar celah. Sedangkan di rongga 0mm dan 80mm, nilai absorpsi naik-turun tetapi dengan selisih yang tidak terlalu signifikan.

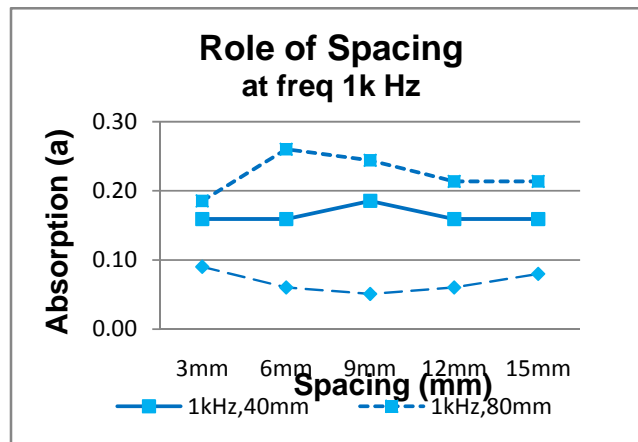


Gambar 5.5. Pengaruh lebar celah di frekuensi 125 Hz dan 250 Hz



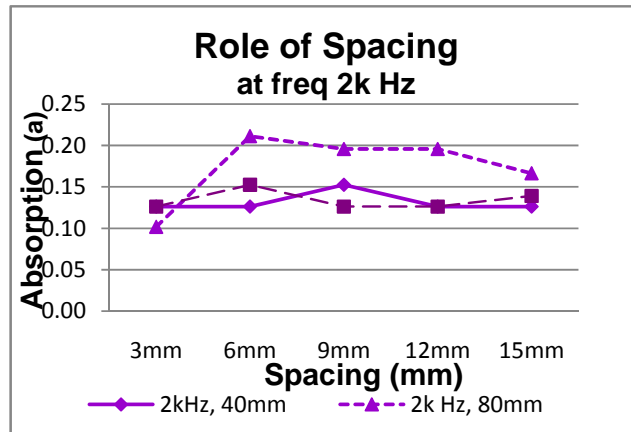
Gambar 5.6. Pengaruh lebar celah di frekuensi 500 Hz

Dari grafik terlihat bahwa untuk ketinggian rongga 0mm dan 80mm terjadi penurunan nilai absorpsi seiring penambahan lebar celah. Sedangkan pada ketinggian rongga 40mm terlihat nilai absorpsi naik-turun seiring penambahan lebar celah.



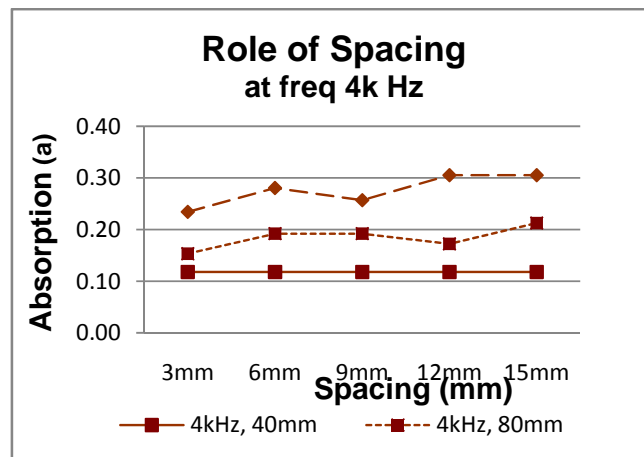
Gambar 5.7. Pengaruh lebar celah di frekuensi 1000 Hz

Di frekuensi 1000Hz, hasil yang signifikan ialah semakin besar ketinggian rongga, nilai absorpsi semakin meningkat. Sedangkan pengaruh lebar celah kurang signifikan, terlihat dari nilai absorpsi yang cenderung tetap.



Gambar 5.8. Pengaruh lebar celah di frekuensi 2000 Hz

Pada frekuensi 2000Hz terlihat bahwa ketinggian rongga 80mm memiliki nilai absorpsi yang paling besar; sedangkan untuk ketinggian rongga 0 dan 40mm nilai absorpsi cenderung sama. Sedangkan penambahan lebar celah tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan.



Gambar 5.9. Pengaruh lebar celah di frekuensi 4000 Hz

Pada frekuensi 4000 Hz, terlihat hasil yang meragukan yaitu justru ketinggian rongga 0mm memberikan nilai absorpsi yang lebih tinggi dibandingkan 40mm dan 80mm. Serta adanya nilai absorpsi yang tepat sama untuk seluruh lebar celah di ketinggian rongga 40mm. Dengan demikian diperlukan pengukuran ulang supaya didapat hasil yang lebih masuk akal.

BAB VI

KESIMPULAN

1. Pada susunan rapat (tanpa rongga dan tanpa celah); bahan *plywood* makin tebal, koefisien absorpsi makin besar.
2. Semakin tebal bahan *plywood* (dengan celah tetap= 3mm), koefisien absorpsinya makin besar, dengan perkecualian (penyimpangan) pada frekuensi 4000 Hz (perlu kajian ulang pada frekuensi 500 Hz).
3. Semakin besar rongga udaranya (makin tinggi), nilai absorpsinya relatif meningkat dan peranan resonator celah makin signifikan (penyimpangan pada 4000 Hz, perlu kajian ulang).
4. Pada frekuensi rendah-menengah (125, 250 dan 500 Hz) dengan celah yang makin lebar, nilai absorpsinya makin kecil (kurang absorptif); pada frekuensi menengah-tinggi (1k,2k dan 4k Hz) peningkatan lebar celah tidak mengubah nilai absorpsi (lebih absorptif pada frekuensi menengah).
5. Manfaat penelitian ini lebih kepada memberikan gambaran perubahan spesifik perilaku absorptivitas aneka komposisi resonator celah daripada nilai serapan absolut yang terukur.

DAFTAR PUSTAKA

1. AS 1045-1971, *Measurement of Absorption Coefficients in a Reverberation Room*, Standards Association of Australia, 1971.
2. Doelle, Leslie L., *Environmental Acoustics*, McGraw-Hill B.C., New York, 1972
3. Ginn, K.B., *Architectural Acoustics*, Bruel & Kjaer, Copenhagen, 1978.
4. ISO/R 354 *Measurement of Absorption Coefficients in a Reverberation Room*, ISO Standards and Recommendations, Bruel & Kjaer, Copenhagen.
5. Kinsler, Lawrence E. et al, *Fundamentals of Acoustics*, John Wiley & Sons, New York, 1982.
6. Kuttruff, Heinrich, *Acoustics an Introduction*, Taylor & Francis, London, 2007.
7. Lawrence, Anita, *Architectural Acoustics*, Applied Science Publishers, London, 1970
8. Mehta, Madan et al, *Architectural Acoustics*, Prentice Hall, New Jersey, 1999.
9. Miller, Harry B.(Ed), *Acoustical Measurements Methods and Instrumentation*, Hutchinson Ross Publishing Coy, Stroudsburg, 1982.
10. Vigran, Tor Eric, *Building Acoustics*, Taylor & Francis, London, 2008.

Lampiran 1 : Australian Standard 1045-1971: Measurement of Absorption in A Reverberation Room.

Catatan atas standar ini : bersifat praktis, tidak *complicated*.

1. Pengukuran koefisien serap dilakukan dengan membandingkan waktu reverberasi ruang uji kosong dan ruang uji berisi benda uji.
2. Untuk ruang uji yang kosong, akan diperoleh waktu dengung sebesar T1 detik. Sedangkan apabila sudah ditambahkan bahan uji, waktu dengungnya berkurang menjadi T2 detik. Dengan memperbandingkan kedua waktu dengung tersebut, bisalah dihitung selisih nilai penyerapan bunyi oleh bahan uji (nilai absorpsi ekivalen). Atau dengan perkataan lain, peningkatan nilai absorpsi ekivalen sesudah penambahan bahan uji dalam ruang, akan memungkinkan menghitung berapa besarnya koefisien absorpsi bahan uji tersebut.

3. Besarnya selisih nilai absorpsi ekivalen dirumuskan sbb :

$$\Delta A = 55,5 V (1/T2 - 1/T1) / c, \text{ dimana :}$$

ΔA = selisih nilai absorpsi ekivalen (sabins)

V = volume ruang uji (m³)

T1 = waktu dengung ruang uji kosong (detik)

T2 = waktu dengung ruang uji berisi bahan uji (detik)

4. Koefisien absorpsi yang dicari besarnya adalah : $\alpha_s = \Delta A/S$, dimana

α_s = koefisien absorpsi bahan uji yang dicari

ΔA = selisih nilai absorpsi ekivalen (sabins)

S = luas bidang uji (m²).

Lampiran 1 : Australian Standard 1045-1971: Measurement of Absorption in A Reverberation Room. (sambungan)

Namun untuk pencarian koefisien serap benda uji yang relatif kecil, keberadaan koefisien serap bidang yang tertutup oleh benda uji perlu diperhitungkan.

1. Pembacaan Waktu dengung dilakukan untuk frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, dan 4 kHz.

2. Ruang Uji. Ruang uji yang akan dipakai untuk pengujian diberi beberapa batasan, sbb :

6.1. Volume ruang uji minimum 180 m³ - 200 m³.

6.2. Bentuk ruangan harus memenuhi ketentuan -

$$L_{\max} < 1,9 V^{1/3}$$

$$L_{\max} = \text{diagonal terbesar}$$

6.3. Ruang harus cukup difus.

6.4. Ruangan harus cukup reverberan (dengung panjang) dengan waktu dengung sedikitnya : 5 detik pada 125 Hz, 5 detik pada 250 Hz, 5 detik pada 500 Hz, 4,5 detik pada 1 kHz, 3,5 detik pada 2 kHz dan 2 detik pada 4 kHz.

6.5. Luas benda uji secara utuh memiliki luas 10 - 12 m².

6.6. Rasio panjang lebar (dimensi) ruang berada diantara 0,7-1,0

6.7. Benda uji tidak boleh berjarak kurang dari 1,0 m dari dinding di dekatnya.

6.8. Loudspeaker yang menghasilkan bunyi di dalam ruang uji haruslah memberikan medan bunyi yang difus.

**Lampiran 1 :_Australian Standard 1045-1971: Measurement of Absorption in
A Reverberation Room. (sambungan)**

- 6.9. Sumber bunyi jenis white noise agar dipergunakan.
- 6.10. Dipergunakan filter pita bunyi jenis 1/1 (satu oktaf).
- 6.11. Mikrofon penerima signal sebisanya dari jenis non-directional.
- 6.12. Pembacaan kurva dilakukan pada rentang 5 dB sampai 35 dB dibawah stationary level.
- 6.13. Jumlah pembacaan. Untuk setiap frekuensi disarankan dilakukan sedikitnya 6 kali pembacaan kecuali dari pengalaman didapatkan jumlah yang lebih sedikit sudah dianggap cukup.

Lampiran 2 : ISO/R 354, Measurement of Absorption Coefficients in Reverberation Room.

Garis besar standar ini :

1. Ruang harus cukup difus.
2. Luas benda uji secara utuh memiliki luas 10 - 12 m².
3. Loudspeaker yang menghasilkan bunyi di dalam ruang uji haruslah memberikan medan bunyi yang difus.
4. Sumber bunyi jenis white noise agar dipergunakan.
5. Dipergunakan filter pita bunyi jenis 1/1 oktaf.
6. Pembacaan kurva dilakukan pada rentang 5 dB sampai 35 dB dibawah stationary level.
3. Jumlah pembacaan. Untuk setiap frekuensi disarankan
4. Dilakukan sedikitnya 6 kali pembacaan dengan posisi speaker dan mikrofon yang berbeda.

Catatan : Standar yang lebih mutakhir, Australian Standard AS ISO 354-2006 tentang Acoustics - Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room memiliki persyaratan yang lebih sulit untuk dipenuhi pada kondisi ruang dan peralatan yang dimiliki Laboratorium Akustik Universitas Kristen Petra.

Lampiran 3 : Hasil Bacaan Waktu Reverberasi Dari Berbagai Konfigurasi Resonator Celah

OBYEK STUDI	CELAH / TEBAL / RONGGA	FREKUENSI (Hertz)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz
Ruang Kosong		4.5	5.2	4.5	3.7	3.5	2.9
		3.6	3.5	4	3.8	3.4	2.8
Plywood penuh di lantai	9mm $\alpha =$	4 0.06	4.7 0.04	3.5 0.14	3.2 0.09	2.8 0.15	2.4 0.15
	12mm $\alpha =$	4 0.06	4.6 0.05	3.5 0.14	3.1 0.11	2.6 0.21	2.2 0.23
	18mm $\alpha =$	3.4 0.15	3.8 0.15	3.6 0.12	2.5 0.28	2.3 0.32	2.2 0.23
	24mm $\alpha =$	3.3 0.17	3.8 0.15	3.6 0.12	2.6 0.24	2.3 0.32	2.1 0.28
Ketebalan Plywood	9mm $\alpha =$	4.5 0.00	4.6 0.05	4.0 0.06	3.0 0.13	2.6 0.21	2.1 0.28
	3mm / 12mm / 0mm $\alpha =$	2.5 0.38	3.4 0.22	3 0.24	2.3 0.35	2.1 0.41	1.7 0.52
	12mm $\alpha =$	4 0.06	4.2 0.10	3.3 0.17	3.2 0.09	2.9 0.13	2.1 0.28
	18mm $\alpha =$	3.7 0.10	4.1 0.11	3.5 0.14	2.6 0.24	2.4 0.28	2.4 0.15
	24mm $\alpha =$	3.6 0.12	4 0.12	3.7 0.10	2.7 0.21	2.5 0.24	2.3 0.19
Lebar Celah	3 mm $\alpha =$	3.6 0.12	3.3 0.24	3 0.24	2.9 0.16	2.9 0.13	2.5 0.12
	6 mm $\alpha =$	3.4 0.15	3.4 0.22	3.2 0.19	2.9 0.16	2.9 0.13	2.5 0.12
	9 mm $\alpha =$	3.6 0.12	3.3 0.24	3 0.24	2.8 0.19	2.8 0.15	2.5 0.12
	12mm $\alpha =$	4.3 0.02	4.4 0.07	3.8 0.09	2.9 0.16	2.9 0.13	2.5 0.12
	15mm $\alpha =$	4.3 0.02	5 0.02	3.4 0.15	2.9 0.16	2.9 0.13	2.5 0.12
	15mm / 12mm / 40mm $\alpha =$	3.4 0.15	4.3 0.09	4 0.06	2.7 0.21	2.8 0.15	2.3 0.19

Lampiran 3 : Hasil Bacaan Waktu Reverberasi Dari Berbagai Konfigurasi Resonator Celah (sambungan)

OBYEK STUDI	CELAH / TEBAL / RONGGA	FREKUENSI (Hertz)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz
Ketinggian Rongga Udara	0mm $\alpha =$	4 0.06	4.2 0.10	3.3 0.17	3.2 0.09	2.9 0.13	2.2 0.23
	40mm $\alpha =$	3.6 0.12	3.3 0.24	3 0.24	2.9 0.16	2.9 0.13	2.5 0.12
	80mm $\alpha =$	4 0.06	4.3 0.09	2.9 0.26	2.8 0.19	3 0.10	2.4 0.15
Lebar Celah vs Rongga te 12 mm, ti 80 mm	3mm	4 0.06	4.3 0.09	2.9 0.26	2.8 0.19	3 0.10	2.4 0.15
	6mm	3.45 0.14	4.15 0.10	3 0.24	2.55 0.26	2.6 0.21	2.3 0.19
	9mm	3.65 0.11	3.8 0.15	3.5 0.14	2.6 0.24	2.65 0.20	2.3 0.19
	12mm	3.5 0.14	4.2 0.10	3.5 0.14	2.7 0.21	2.65 0.20	2.35 0.17
	15mm	3.65 0.11	3.95 0.13	3.65 0.11	2.7 0.21	2.75 0.17	2.25 0.21
Lebar Celah vs Rongga te 12 mm, ti 0 mm	3mm	4 0.06	4.2 0.10	3.3 0.17	3.2 0.09	2.9 0.13	2.2 0.23
	6mm	3.6 0.12	4.55 0.06	3.9 0.07	3.35 0.06	2.8 0.15	2.1 0.28
	9mm	3.7 0.10	4.35 0.08	3.95 0.07	3.4 0.05	2.9 0.13	2.15 0.26
	12mm	3.55 0.13	4.4 0.07	4 0.06	3.35 0.06	2.9 0.13	2.05 0.31
	15mm	3.2 0.19	4.35 0.08	4 0.06	3.25 0.08	2.85 0.14	2.05 0.31

Lampiran 4 : Foto Dokumentasi



Foto ruang reverberasi dengan dan tanpa benda uji

Lampiran 4 : Foto Dokumentasi (sambungan)



Foto ruang operator