

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KOLOM UDARA TERHADAP
NILAI KOEFISIEN SERAPAN BUNYI PADA DINDING
PARTISI MENGGUNAKAN METODE TABUNG IMPEDANSI
DUA MIKROFON**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Jurusan Fisika



Kentut Sriwigiyatno

M0298007

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2006**

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KOLOM UDARA TERHADAP
NILAI KOEFISIEN SERAPAN BUNYI PADA DINDING
PARTISI MENGGUNAKAN METODE TABUNG IMPEDANSI
DUA MIKROFON**

Kentut Sriwigiyatno

M0298007

Dinyatakan lulus ujian skripsi oleh tim penguji

Pada hari Sabtu, 29 April 2006

Tim Penguji

Drs. Iwan Yahya, M.Si (Ketua)

Budi Legowo, M.Si (Sekretaris)

Drs. Harjana, M.Si, Ph.D

Drs. Darmanto, M.Si

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
memperoleh gelar sarjana sains

**Dekan
FMIPA UNS**

**Ketua Jurusan Fisika
FMIPA UNS**

Drs. H. Marsusi, M.S
NIP. 130 906 776

Drs. Harjana, M.Si, Ph.D
NIP. 131 570 309

LEMBAR PERNYATAAN

“Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi ini adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya, hingga saat ini isi skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret Surakarta atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis pada bagian kata pengantar.”

Surakarta, Maret 2006

Penulis

Kentut Sriwigiyatno

MUTIARA KATA

Sendiri, sendiri, slalu sendiri

Mencari, mencari, slalu mencari

Pada ruang, pada waktu

Aku sudah datang

Bertanya, bertanya, slalu bertanya

(Iwan Flas)

PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan kepada:

Ibu dan Ayah tercinta

Adekku terkasih

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum.

Alhamdulillah, puji syukur tak terhingga penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga skripsi ini bisa selesai dengan baik dan lancar. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada Rosulullah Muhammad *sholallohualaihi wa sallaam*, keluarga beliau, sahabat-sahabat beliau, ulama', syuhada', sholihin, serta orang-orang yang mengikuti tuntunannya sampai hari kiamat.

Skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh Kolom Udara Terhadap Nilai Koefisien Serapan Bunyi Pada Dinding Partisi Menggunakan Metode Tabung Impedansi Dua Mikrofon”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Drs. Iwan Yahya, M.Si**, selaku pembimbing I.
2. **Budi Legowo, M.Si**, selaku pembimbing II.
3. **Nuryani, M.Si**, selaku Pembimbing Akademik.
4. **Drs. Harjana, M.Si, Ph.D**, selaku Ketua Jurusan Fisika, FMIPA UNS.
5. **Drs. H. Marsusi, M.S**, selaku Dekan FMIPA UNS.

6. Segenap dosen jurusan fisika, terima kasih atas dukungan dan bimbingannya sehingga penulis dapat mempelajari ilmu yang telah diberikan dengan baik.
7. **Ibunda, Ayahanda**, serta segenap keluarga di Pekalongan yang telah mendoakan dan banyak memberikan bantuan serta dukungan kepada penulis.
8. Keluarga **Ibu Sumarsi** di Solo yang juga telah banyak memberikan dukungan serta *ngopeni* penulis saat mengalami krisis pangan.
9. Mas Koplo serta Mas BW yang telah memberikan pinjaman komputer dan printer dengan batas waktu yang tidak terbatas.
10. Pakdhe Cecep (*terima kasih instalasi komputernya*).
11. Fredi, Niplik, Hariyadi, Pandu, JOE, Rizal, *Koh Rian*, Bagus '99, Nanang, Pi'i, Uting serta teman-teman seperjuangan lainnya. Maju terus, pantang mundur. *Rawe-rawe rantas malang-malang putung!*
12. Dhik Hani dan Dhik Heni, terima kasih atas bantuannya dalam melaksanakan pengambilan data.
13. Dhik Luluk dan Dhik Nurul di UMS (*terima kasih telah mau meminjamkan buku di perpustakaan UMS*).
14. Teman-teman di *Kostrad* dan *BanPress*, terima kasih atas kebersamaanya selama ini.
15. Mas Eko dan Mas Ari, serta Mas Mul di Sub Lab Fisika Pusat FMIPA UNS yang telah banyak membantu dalam melaksanakan praktikum.

16. Sahabat-sahabatku yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan atau kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan sumbangan kebaikan pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum.

Surakarta, Maret 2006

Penulis

Kentut Sriwigiyatno

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iii
Mutiara Kata	iv
Persembahan	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiii
Daftar Simbol	xiv
Intisari	xv
Abstract	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
 BAB II DASAR TEORI	
2.1 Pengertian Bunyi	5
2.2 Gelombang Bunyi	7
2.3 Persamaan Gelombang Bunyi	8
2.4 Perambatan Gelombang Dalam Pipa	10
2.5 Koefisien Refleksi dan Koefisien Transmisi Gelombang Bunyi	12
2.6 Fungsi Pindah (<i>Transfer Function</i>)	15
2.7 Penyerapan Bunyi	16
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.1.1 Tempat Penelitian	19
3.1.2 Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian	19
3.2.2 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	19
3.3 Skema Alat Dalam Penelitian	21
3.4 Metode Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	22
3.5.1 Pembuatan Sampel	22
3.5.2 Pengujian Sampel	23

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Simulasi dengan Program WinFLAG™	26
4.2 Hasil Eksperimen	26
4.3 Pengaruh Kolom Udara Terhadap Nilai Koefisien Serapan	44
4.4 Pengaruh <i>Perforated Plate</i> (aluminium dan akrilik) Terhadap Nilai Koefisien Serapan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
Daftar Pustaka	51
Lampiran	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tabel konfigurasi material penyusun sampel	24
Tabel 4.1	<i>1/3 Oktave Center Frequency</i> (Hz) sampel uji	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perambatan gelombang melalui bidang batas dua medium	13
Gambar 3.1	Skema alat penelitian	21
Gambar 3.2	Gambar tampang lintang sampel. (a) Sampel tanpa kolom udara, (b) Sampel dengan kolom udara	23
Gambar 3.3	Diagram alir pengambilan data	25
Gambar 4.1	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A1	27
Gambar 4.2	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A2	28
Gambar 4.3	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A3	29
Gambar 4.4	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B1	30
Gambar 4.5	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B2	30
Gambar 4.6	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B3	31
Gambar 4.7	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel C2	32
Gambar 4.8	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel C3	33
Gambar 4.9	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1	34
Gambar 4.10	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D2	34
Gambar 4.11	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D3	35
Gambar 4.12	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel E1	36
Gambar 4.13	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel E2	37
Gambar 4.14	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F1	37
Gambar 4.15	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F2	38
Gambar 4.16	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F3	39
Gambar 4.17	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G1	40
Gambar 4.18	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G2	41
Gambar 4.19	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G3	41
Gambar 4.20	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B1, B2 dan B3	44
Gambar 4.21	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1, D2 dan D3	44
Gambar 4.22	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A2, B2 dan C2	45
Gambar 4.23	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A3, B3 dan C3	46
Gambar 4.24	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1, E1, F1 dan G1	46
Gambar 4.25	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D2, E2, F2 dan G2	46
Gambar 4.26	Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D3, F3 dan G3	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data hasil eksperimen menggunakan Tabung Impedansi Dua Mikrofon	54
Lampiran 2	Data eksperimen pada $1/3$ Oktave Center Frequency (Hz)	66
Lampiran 3	Data sampel uji	67
Lampiran 4	Grafik sampel uji hasil eksperimen	72
Lampiran 5	Perbandingan grafik antar sampel	79
Lampiran 6	Simulasi WinFLAG	84

DAFTAR SIMBOL

p	= Tekanan akustik sesaat pada sembarang titik
c	= Kecepatan fasa gelombang
Z	= Impedansi akustik
Z_0	= Impedansi karakteristik
U	= Kecepatan volume
u	= Kecepatan partikel
S	= Luas penampang pipa
ρ	= Kerapatan massa medium
ρ_0	= Kerapatan massa medium pada keadaan kesetimbangan
P_i	= Tekanan gelombang datang
P_r	= Tekanan gelombang refleksi
P_t	= Tekanan gelombang transmisi
j	= Bilangan imajiner
ω	= Frekuensi sudut
k	= Bilangan gelombang
A, B	= Amplitudo tekanan akustik kompleks
z	= Impedansi akustik spesifik
z_s	= Impedansi akustik spesifik pada permukaan normal
z_0	= Impedansi karakteristik spesifik
R_0	= Resistansi
X_0	= Reaktansi
R	= Koefisien refleksi
T	= Koefisien transmisi
α	= Koefisien serapan
α_0	= Koefisien serapan normal
α_θ	= Koefisien serapan dalam fungsi sudut datang
H_1	= Fungsi pindah
l	= Jarak sampel ke mikrofon terdekat
s	= Jarak antara kedua mikrofon
H_i	= Fungsi pindah gelombang datang
H_r	= Fungsi pindah gelombang refleksi
I_θ	= Intensitas bunyi pada sudut θ
D	= Kerapatan energi (<i>energy density</i>)

INTISARI

ANALISIS PENGARUH KOLOM UDARA TERHADAP NILAI KOEFSIEN SERAPAN BUNYI PADA DINDING PARTISI MENGUNAKAN METODE TABUNG IMPEDANSI DUA MIKROFON

oleh

Kentut Sriwigiyatno

Telah dilakukan pengukuran koefisien serapan bunyi pada sampel sistem dinding partisi dengan menggunakan metode tabung impedansi dua mikrofon. Dengan menggunakan metode ini dilakukan pengukuran beberapa sampel sistem dinding partisi tanpa kolom udara dan sampel dengan penambahan kolom udara. Juga dilakukan variasi ketebalan bahan perforated plate (aluminium dan akrilik) dan dianalisis pengaruhnya terhadap nilai koefisien serapan bunyi. Pada bahan perforated plate juga dilakukan variasi pada diameter lubang (hole). Koefisien serapan bunyi merupakan parameter utama dalam penelitian ini. Simulasi komputer menggunakan program WinFLAGTM telah terlebih dahulu dilakukan untuk memperkirakan koefisien serapan sampel sistem dinding partisi. Simulasi tersebut mengindikasikan bahwa lapisan *perforated plate* dan kolom udara dapat meningkatkan koefisien serapan bunyi. Hasil simulasi semuanya berdasar pada sumber bunyi yang datang secara random. Dengan mengetahui koefisien serapan bunyi maka dapat diketahui pada range frekuensi berapa saja sampel tersebut dapat dikembangkan sebagai pelapis dinding atau penyekat ruangan yang dapat membuat suatu ruangan lebih nyaman.

Kata kunci : koefisien serapan bunyi, metode tabung impedansi dua mikrofon, perforated plate, kolom udara, WinFLAGTM Versi 2.0

ABSTRACT

ANALYZING THE INFLUENCE OF AIRSPACE LAYER TO SOUND ABSORPTION COEFFICIENT ON PARTITION WALLS USING IMPEDANCE TUBE METHOD WITH TWO MICROPHONE

by

Kentut Sriwigiyatno

Measurement of sound absorption coefficient at sample of partition walls system by impedance tube method using two microphone has been conducted. By using this method has done measurement some sample of partition walls system without airspaces layers and of samples with addition of airspaces, it also conducted by thick variation of perforated plate materials (acrylic and alumunium) and analysed its influence to sound absorption coefficient value. At perforated plate materials is also conducted by variation of hole diameter (hole). Acoustic absorption coefficient is the main parameter to be estimated in this research. Computer simulation using WinFLAGTM program was done to calculate the acoustic absorption coefficients. Simulation indicated that perforated plate and airspaces could increase the acoustic absorption coefficient. All simulation results obtained are based on diffused sound incidence situation. With the sound absorption coefficient hence we earn to know how much frequency range of the samples can be developed as multi-layer of wall or insulator of room able to make comfortable room.

Keywords : sound absorption coefficient, impedance tube method, perforated plate, airspaces layers, WinFLAGTM Versi 2.0

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bunyi merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Begitu banyak hal yang menguntungkan yang dapat diperoleh dari bunyi, antara lain menikmati musik, mendiagnosa suatu penyakit bahkan memperkirakan kedalaman lautan. Bunyi juga memberikan sensasi tersendiri bagi pendengaran tergantung pada persepsi apa yang ada dalam otak manusia.

Bunyi yang tidak diharapkan atau lebih sering disebut sebagai bising (*noise*) akan sangat mengganggu bahkan berbahaya bagi manusia. Sehingga manusia berusaha untuk membuat material yang dapat mengurangi atau bahkan menyerap intensitas sumber bunyi yang lebih sering disebut sebagai material penyerap bunyi.

Material penyerap bunyi sangat berperan penting dalam akustik ruangan, perancangan studio rekaman, ruang perkantoran, sekolah dan ruang yang lain. Bahkan juga digunakan dalam perancangan akustik dalam mobil dan pesawat terbang yang penyerapan bunyinya hampir 50% lebih.

Berkaitan dengan perkembangan industri yang semakin pesat dimana banyak pabrik-pabrik didirikan di dekat daerah pemukiman penduduk, perkembangan industri otomotif sehingga banyak mobil dan sepeda motor yang beredar di pasaran dan industri-industri lainnya, secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap lingkungan karena penggunaan mesin-mesin

berat serta hasil industri yang dapat menimbulkan kebisingan. Jika pengaruh bising tersebut tidak ditangani dengan baik, maka akan dapat menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, manusia maupun hewan.

Penelitian di sini merupakan upaya pengembangan untuk memperoleh komposisi material penyerap bunyi yang baik dengan bahan-bahan pabrikan yang banyak beredar di pasaran dan banyak digunakan oleh masyarakat umum.

1.2 Perumusan Masalah

Pengaruh bising terutama di kota-kota besar dapat menimbulkan berbagai efek negatif terutama pada proses pendengaran, misal bisa mengakibatkan tuli sementara atau bahkan tuli permanen. Terhadap masyarakat dampaknya antara lain dapat menimbulkan kejengkelan, rasa tidak tenang, mengganggu proses tidur, mengganggu komunikasi, semangat kerja menurun, produktivitas menurun, populasi unggas menurun oleh karena habitatnya terusik oleh gangguan bising tersebut.

Untuk mengurangi pengaruh negatif dari timbulnya bising tersebut yang jelas merugikan manusia serta lingkungannya maka perlu adanya tindakan lebih lanjut. Dalam penelitian ini merupakan pengembangan sistem dinding partisi dengan simulasi *software* WinFLAGTM Versi 2.0 yang selanjutnya dibuat sampel uji dan diuji koefisien serapannya menggunakan Tabung Impedansi Dua Mikrofon. Pada sampel tersebut dianalisis pengaruh kolom udara serta pengaruh luas lubang (*hole*) pada *perforated plate* sehingga dapat ditentukan pada range frekuensi berapa sistem tersebut dapat bekerja dengan optimal.

1.3 Batasan Masalah

Material penyerap bunyi mempunyai beberapa parameter akustik yang merupakan suatu besaran yang mencirikan sifat serta kinerja dari material tersebut. Diantara parameter tersebut yang sering digunakan adalah impedansi dan koefisien serapan bahan.

Dalam penelitian ini dibatasi pada pengukuran koefisien serapan bunyi dengan variasi kolom udara pada sistem dinding partisi yang kemudian dibandingkan dengan sistem dinding partisi tanpa kolom udara serta pengaruh luas lubang (*hole*) pada *perforated plate* yang kemudian hasil penelitian ini dibandingkan dengan hasil simulasi dari software WinFLAGTM Versi 2.0.

Pengukuran dan kajian koefisien serapan bunyi dibatasi pada range antara 0 Hz – 1600 Hz. Karakteristik dari koefisien serapan bunyi pada masing-masing sampel ditunjukkan dalam grafik hubungan koefisien serapan bunyi dengan frekuensinya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui koefisien serapan bunyi pada sampel sistem dinding partisi.
2. Mengetahui pengaruh kolom udara dan luas lubang (*hole*) pada sampel sistem dinding partisi.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan bahan-bahan yang dipakai dalam pembuatan sampel sistem dinding partisi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui koefisien serapan bunyi serta efisiensi penyerapan pada range frekuensi berapa saja.
2. Dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang teknik yang lebih baik dalam membuat rancangan suatu penyekat ruangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah: Bab I menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II berisi tentang tinjauan pustaka yang berkaitan dengan judul penelitian. Materi yang dibahas antara lain tentang pengertian bunyi, gelombang bunyi, persamaan gelombang bunyi, perambatan gelombang dalam pipa, koefisien refleksi dan koefisien transmisi gelombang bunyi, fungsi pindah (*transfer function*), penyerapan bunyi. Bab III berisi tentang metodologi penelitian yang meliputi tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, skema alat dalam penelitian, metode penelitian dan prosedur penelitian. Bab IV membahas tentang hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan berdasarkan metodologi penelitian pada Bab III. Bab V berisi kesimpulan dari hasil analisa serta saran yang bermanfaat untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Bunyi

Menurut Leslie L. Doelle, 1990, disebutkan bahwa bunyi memiliki dua definisi yaitu:

- a. Secara fisis merupakan pergerakan partikel melalui medium udara, disebut sebagai bunyi objektif.
- b. Secara fisiologis bunyi dianggap sebagai sensasi pendengaran yang ditimbulkan oleh kondisi fisik, disebut sebagai bunyi subjektif.

Bunyi merupakan transmisi energi yang melewati media padat, cair dan gas dalam suatu getaran yang diterima melalui sensasi telinga dan otak. Variasi bunyi terjadi karena tekanan udara berupa rapatan atau renggangan molekul udara oleh gangguan pada media elastis yang menyebar ke segala arah (Suptandar, 2004).

Bunyi yang menumbuk suatu permukaan akan mengalami berbagai kondisi, (Suptandar, 2004) yaitu:

- a. Pemantulan bunyi

Yaitu pemantulan kembali dari gelombang bunyi yang menumbuk suatu permukaan, dimana sudut datang sama besar dengan sudut pantul. Permukaan yang keras, tegar dan rata akan memantulkan hampir semua energi bunyi.

Bentuk permukaan pemantulan dapat dibedakan dalam beberapa kondisi:

- Permukaan rata bersifat sebagai penghasil gelombang bunyi yang merata.
- Permukaan cekung bersifat sebagai pengumpul gelombang bunyi.
- Permukaan cembung bersifat sebagai penyebar gelombang bunyi.

Suara yang disebarkan menimbulkan gelombang bunyi yang merambat ke segala arah dengan tekanan bunyi yang sama pada tiap bagian ruang.

b. Penyerapan bunyi

Yaitu penyerapan energi bunyi oleh lapisan permukaan tertentu memiliki koefisien penyerapan yang juga tertentu. Terdapat beberapa jenis penyerap suara yaitu:

- Penyerapan bahan berpori, berfungsi mengubah energi bunyi menjadi energi panas melalui gesekan dengan molekul udara. Pada frekuensi tinggi, semakin tebal lapisan bahan penyerap akan semakin efisien. Misalnya serat kacang (*rock wall*), serat kayu, papan serat (*fiber board*), dan lain-lain.
- Penyerapan panel bergetar, berfungsi sebagai pengubah energi bunyi menjadi energi getaran. Penyerap ini akan bekerja dengan baik pada frekuensi rendah, misalnya kaca, pintu, panel kayu.
- Penyerapan resonator rongga, berfungsi untuk mengurangi energi melalui gesekan dan interrefleksi pada lubang dalam yang bekerja pada frekuensi rendah, contohnya *sound block*, resonator panel berlubang dan resonator celah.

Setiap material memiliki sifat akustik yang berbeda dan dalam penyerapan suara banyak ditentukan oleh ketebalan, porositas, konstruksi, serta frekuensi.

c. Transmisi bunyi

Bunyi yang merambat pada lapisan permukaan diteruskan ke semua penjuru atau ruang-ruang lain dan sifatnya tergantung pada kesesuaian tingkat kemampuan transmisi material. Untuk menghindari kebisingan ruang yang berakustik digunakan material yang bertransmisi rendah serta perhitungan konstruksi pada pemasangan lapisan penyerap.

d. Difraksi bunyi

Yaitu suatu gejala pembelokan bunyi yang disebabkan oleh benda penghalang, seperti sudut ruang (*corner*), kolom, tembok-tembok, balok-balok dan perabot lainnya.

2.2 Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi karena perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair, atau padat yang arah getarannya sejajar dengan arah perambatan gelombang (Tipler, 1998).

Berdasarkan frekuensinya, gelombang bunyi dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu:

- a. Gelombang infrasonik dengan frekuensi < 20 Hz.
- b. Gelombang audiosonik dengan frekuensi 20 Hz – 20.000 Hz.
- c. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi > 20 Hz.

Dari ketiga macam bunyi tersebut yang dapat didengar telinga manusia adalah audiosonik. Bunyi yang merupakan hasil dari benda yang bergetar tersebut dapat diukur intensitasnya maupun frekuensi serta amplitudonya.

2.3 Persamaan Gelombang Bunyi

Persamaan umum gelombang bunyi dapat diturunkan dari beberapa kombinasi persamaan yaitu persamaan keadaan, persamaan kontinuitas dan persamaan Euler. Adapun asumsi-asumsi yang diambil untuk memperoleh persamaan-persamaan tersebut adalah:

- Tekanan dan kerapatan partikel medium rata-rata konstan, medium bersifat non disipatif.
- Gaya gravitasi yang bekerja pada partikel medium diabaikan.
- Gangguan kecil sehingga amplitudo gelombang kecil.
- Pada saat terjadi rapatan pada partikel medium tidak terjadi transfer energi dari satu partikel ke partikel lain, yaitu keadaannya adalah termal adiabatik.

Penyelesaian umum gelombang satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y(x,t) = y_1(ct - x) + y_2(ct + x) \quad (2.1)$$

dimana $y_1(ct - x)$ dan $y_2(ct + x)$ adalah fungsi bebas dari $(ct - x)$ dan $(ct + x)$.

Jika pada fungsi $y_1(ct - x)$ dianggap bahwa $w = ct - x$, kemudian turunan parsial pertama terhadap waktu adalah

$$\frac{\partial y_1}{\partial t} = \frac{dy_1}{dw} \frac{\partial w}{\partial t} = c \frac{dy_1}{dw}$$

Pengulangan dari diferensial parsial yang berhubungan dengan waktu adalah

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} = c^2 \frac{d^2 y_1}{dw^2} \quad (2.2a)$$

selanjutnya

$$\frac{\partial y_1}{\partial x} = \frac{dy_1}{dw} \frac{\partial w}{\partial x} = - \frac{dy_1}{dw}$$

dan

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial x^2} = \frac{d^2 y_1}{dw^2} \quad (2.2b)$$

Kombinasi dari persamaan (2.2a) dan (2.2b) menghasilkan

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2}$$

yang secara umum dapat dituliskan dalam bentuk

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (2.3)$$

Gelombang bunyi sebagai fungsi koordinat dapat menjalar dalam satu arah seperti dihasilkan dengan cara menggetarkan suatu piston pada salah satu ujung pipa dengan sumber fluida sebagai medium di dalamnya. Gelombang yang terjadi merupakan suatu gelombang datar yang variabel-variabel bunyinya (tekanan, kecepatan partikel) berharga tetap pada bidang yang tegak lurus arah perambatannya (Kinsler dkk, 1982).

Persamaan gelombang bunyi dapat dituliskan dari persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$\nabla^2 p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

atau

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (2.4)$$

2.4 Perambatan Gelombang Dalam Pipa

Jika suatu gelombang bunyi merambat pada suatu pipa yang ber dinding kaku dengan panjang gelombang lebih besar dari jari-jari pipa, maka akan terbentuk muka gelombang bidang. Jika salah satu ujung pipa tertutup, maka pada saat muka gelombang bunyi mencapai penutup, gelombang bunyi tersebut akan direfleksikan, diserap atau ditransmisikan. Besarnya nilai koefisien serapan, koefisien refleksi dan koefisien transmisi pada gelombang bunyi tergantung pada sifat material penghalang. Refleksi dan transmisi gelombang bunyi akan mengakibatkan perubahan impedansi akustik (Kinsler dkk, 1982).

Diasumsikan dalam pipa, terjadi perambatan gelombang pada arah sumbu x positif. Perbandingan antara tekanan akustik dengan kecepatan partikel menghasilkan impedansi karakteristik $\rho_0 c$ pada medium dan impedansi akustik pada sembarang luas penampang pipa S adalah:

$$Z = \frac{p}{U} = \frac{1}{S} \frac{p}{u} = \frac{\rho_0 c}{S} \quad (2.5)$$

dimana

Z = impedansi akustik

p = tekanan akustik

U = kecepatan volume

u = kecepatan partikel

S = luas penampang pipa

ρ_0 = kerapatan massa medium pada keadaan kesetimbangan

Pada suatu posisi tertentu dimana $x = 0$ terjadi perubahan impedansi akustik dari $\frac{\rho_0 c}{S}$ menjadi Z_0 , dimana Z_0 adalah impedansi pada posisi $x = 0$.

Jika gelombang merambat pada arah sumbu x positif, maka dapat dituliskan persamaan gelombang datang adalah

$$p_i = Ae^{j(\omega t - kx)} \quad (2.6)$$

dan persamaan gelombang pantul adalah

$$p_r = Be^{j(\omega t + kx)} \quad (2.7)$$

yang merambat pada arah sumbu x negatif.

Bentuk kompleks untuk tekanan bunyi adalah:

$$p = Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)} \quad (2.8)$$

dimana

$$j = \text{bilangan imajiner} = \sqrt{-1}$$

$$\omega = \text{frekuensi sudut (rad/det)}$$

$$k = \text{bilangan gelombang} = \frac{\omega}{c}$$

$$A, B = \text{amplitudo tekanan akustik kompleks}$$

Jika $U_i = \frac{p_i}{\rho_0 c / S}$, $U_r = -\frac{p_r}{\rho_0 c / S}$ dan dari persamaan (2.6) dan (2.7), maka besarnya

impedansi akustik pada sembarang posisi di dalam pipa adalah:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{p_i + p_r}{U_i + U_r} = \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{\frac{p_i}{\rho_0 c / S} - \frac{p_r}{\rho_0 c / S}} = \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{\frac{p_i - p_r}{\rho_0 c / S}} \\ &= \left(\frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{Ae^{j(\omega t - kx)} - Be^{j(\omega t + kx)}} \end{aligned}$$

pada waktu $t = 0$, maka besarnya impedansi adalah:

$$Z = \frac{p_i + p_r}{U_i + U_r} = \left(\frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{Ae^{-jkx} + Be^{jkx}}{Ae^{-jkx} - Be^{jkx}} \quad (2.9)$$

pada posisi $x = 0$, maka impedansinya adalah:

$$Z_0 = \left(\frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{A + B}{A - B} \quad (2.10)$$

Perbandingan amplitudo gelombang pantul terhadap gelombang datang adalah:

$$\frac{B}{A} = \frac{Z_0 S - \rho_0 c}{Z_0 S + \rho_0 c} = \frac{Z_0 - \frac{\rho_0 c}{S}}{Z_0 + \frac{\rho_0 c}{S}} \quad (2.11)$$

2.5 Koefisien Refleksi dan Koefisien Transmisi Gelombang Bunyi

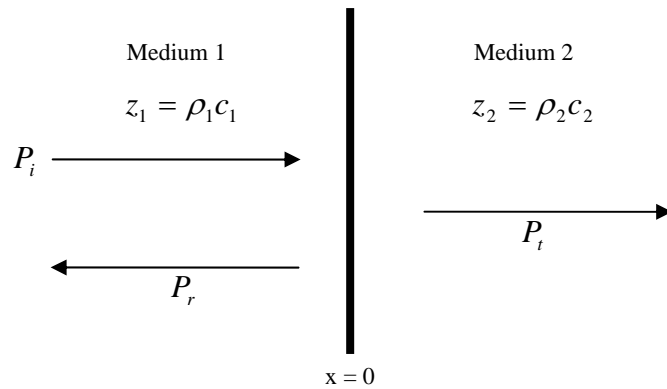
Suatu gelombang bunyi yang menjalar dari suatu medium ke medium lainnya, maka gelombang bunyi tersebut akan direfleksikan dan ditransmisikan oleh bidang batas kedua medium. Perbandingan amplitudo tekanan serta intensitas gelombang yang direfleksikan dan ditransmisikan terhadap gelombang datang tergantung pada impedansi akustik spesifik dan kecepatan penjalaran bunyi pada kedua medium serta sudut yang dibentuk oleh gelombang datang terhadap garis normal (Kinsler dkk, 1982).

Impedansi akustik spesifik (z) didefinisikan sebagai perbandingan tekanan akustik dalam medium terhadap kecepatan partikel medium, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \frac{p}{u} \quad (2.12)$$

dimana p adalah tekanan akustik dan u adalah kecepatan partikel. Untuk gelombang bidang yang menjalar di udara impedansi akustik spesifiknya adalah $z = \rho_0 c$.

Misalkan gelombang datang direfleksikan pada medium satu dengan impedansi akustik spesifik $z_1 = \rho_1 c_1$ dimana ρ_1 rapat massa medium satu dan c_1 kecepatan fase gelombang pada medium satu. Kemudian gelombang ditransmisikan pada medium dua dengan impedansi akustik spesifik $z_2 = \rho_2 c_2$ dimana ρ_2 rapat massa medium dua dan c_2 merupakan kecepatan fase gelombang pada medium dua. Refleksi dan transmisi pada gambar berikut menunjukkan skema gelombang melalui dua medium.



Gambar 2.1 Perambatan gelombang melalui bidang batas dua medium

Gelombang datang menjalar dalam arah x positif dinyatakan sebagai p_i . Pada saat gelombang datang mengenai bidang batas, ada sebagian gelombang yang direfleksikan ke arah x negatif dan sebagian lagi ditransmisikan ke medium

dua. Gelombang refleksi dinyatakan sebagai p_r sedang gelombang transmisi dapat dinyatakan sebagai p_t .

Ketiga gelombang tersebut, gelombang datang, gelombang refleksi dan gelombang transmisi memiliki frekuensi yang sama. Pada bidang batas kedua medium, gelombang datang dan gelombang refleksi memiliki tekanan dan kecepatan yang sama.

Untuk menentukan besarnya koefisien refleksi, maka digunakan analogi pada rangkaian listrik, yaitu bahwa impedansi kompleks terdiri dari bagian real (resistansi) dan bagian imajiner (reaktansi) yaitu:

$$Z_0 = R_0 + iX_0 \quad (2.13)$$

dengan besarnya reaktansi adalah

$$X_0 = \omega L - \frac{1}{\omega C} \quad (2.14)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.13) ke persamaan (2.11) dapat ditentukan

besarnya koefisien refleksi, yaitu $R = \left| \frac{B}{A} \right|^2$ sehingga

$$R = \frac{\left(R_0 - \frac{\rho_0 c}{S} \right)^2 + X_0^2}{\left(R_0 + \frac{\rho_0 c}{S} \right)^2 + X_0^2} \quad (2.15)$$

Koefisien transmisi didefinisikan sebagai $T = 1 - R$ sehingga diperoleh

$$T = \frac{4R_0 \frac{\rho_0 c}{S}}{\left(R_0 + \frac{\rho_0 c}{S} \right)^2 + X_0^2} \quad (2.16)$$

Besarnya koefisien refleksi dan koefisien transmisi pada perambatan bunyi di dalam pipa tergantung pada besarnya perubahan impedansi yang terjadi dalam pipa selama gelombang bunyi merambat.

2.6 Fungsi Pindah (*Transfer Function*)

Secara fisis fungsi pindah (*transfer function*) merupakan gambaran respon sistem terhadap masukan tertentu, dapat dinyatakan dalam bentuk perbandingan transformasi fourier tekanan akustik pada dua lokasi mikrofon yaitu tekanan pada mikrofon yang paling dekat sampel uji dibagi tekanan pada mikrofon yang paling dekat dengan sumber bunyi. Konsep fungsi pindah sangat bermanfaat dalam menentukan koefisien refleksi kompleks pada metode tabung impedansi dua mikrofon mengingat koefisien refleksi tidak dapat diukur secara langsung. Apabila nilai koefisien refleksi dapat diketahui maka karakteristik akustik lainnya dapat diketahui.

Dengan memanfaatkan fungsi pindah, koefisien refleksi dapat ditentukan sebagai berikut:

$$R = \frac{H_1 - e^{-jks}}{e^{jks} - H_1} e^{j2k(l+s)} \quad (2.17)$$

Dari persamaan di atas, R adalah koefisien refleksi kompleks, H_1 adalah fungsi pindah, k adalah bidang gelombang, l adalah jarak sampel ke mikrofon terdekat, s adalah jarak antara kedua mikrofon. Fungsi e^{-jks} dan e^{jks} masing-masing disebut fungsi pindah gelombang datang H_i dan fungsi pindah

gelombang refleksi H_r . Dengan demikian persamaan (2.17) dapat ditulis kembali sebagai berikut:

$$R = \left(\frac{H_1 - H_i}{H_r - H_1} \right) e^{j2k(l+s)} \quad (2.18)$$

2.7 Penyerapan Bunyi

Bahan lembut, berpori dan kain serta juga manusia, menyerap sebagian besar gelombang bunyi yang menumbuk mereka, dengan kata lain, mereka adalah penyerap bunyi. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini adalah sangat kecil, sedang kecepatan perambatan gelombang bunyi tidak dipengaruhi oleh penyerapan.

Sebenarnya semua bahan bangunan menyerap bunyi sampai batas tertentu, tetapi pengendalian akustik bangunan yang baik membutuhkan penggunaan bahan-bahan dengan tingkat penyerapan bunyi yang tinggi.

Dalam akustik lingkungan unsur-unsur berikut dapat menunjang penyerapan bunyi:

- a. Lapisan permukaan dinding, lantai dan atap.
- b. Isi ruang seperti penonton, bahan tirai, tempat duduk dengan lapisan lunak, karpet.
- c. Udara dalam ruang.

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

Dalam kepustakaan akustik arsitektur dan pada lembaran informasi yang diterbitkan oleh pabrik-pabrik dan penyalur, bahan akustik komersial kadang-kadang dicirikan oleh koefisien reduksi bising ($NRC = \text{Noise Reduction Coefficient}$), yang merupakan rata-rata perhitungan dari koefisien penyerapan bunyi pada frekuensi 250, 500, 1000 dan 2000 Hz yang dinyatakan dalam kelipatan terdekat dari 0,05. Nilai ini berguna dalam membandingkan penyerapan bunyi bahan-bahan akustik komersial secara menyeluruh bila digunakan untuk tujuan reduksi bising.

Koefisien serapan bunyi biasanya dinotasikan dengan α , mempunyai nilai decimal antara 0 sampai 1,0. Koefisien serapan bunyi bergantung secara dinamis pada frekuensi bunyi dan sudut yang dibentuk oleh gelombang bunyi yang datang dan garis normal permukaan medium (Bell, 1994).

Koefisien serapan bunyi pada permukaan bidang dinyatakan sebagai perbandingan dari energi yang diserap terhadap energi yang datang. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_{\theta} &= 1 - \left| \frac{B}{A} \right|^2 \\ &= 1 - |R|^2\end{aligned}\tag{2.19}$$

Koefisien serapan harus dalam fungsi sudut dari sudut datang sesuai dengan ketentuan bahwa koefisien refleksi merupakan fungsi dari sudut datang. Koefisien serapan pada sudut normal, α_0 , dapat diperoleh dengan mudah dari pengukuran perbandingan gelombang berdiri dalam interferometer. Jika koefisien serapan diperoleh secara teori dari impedansi permukaan yang telah diketahui, maka persamaan (2.19) harus dikombinasikan dengan persamaan R dimana

$$R = \frac{z_s \cos \theta - z_0}{z_s \cos \theta + z_0}$$

untuk z_s adalah impedansi pada permukaan normal dan z_0 adalah impedansi karakteristik sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_\theta = 1 - \left| \frac{z_s \cos \theta - z_0}{z_s \cos \theta + z_0} \right|^2 \quad (2.20)$$

Koefisien serapan mencapai nilai maksimum jika z_s real dan $z_s \cos \theta = z_0$, tetapi hal ini hanya terjadi pada satu nilai pada sudut θ tertentu dan kemudian hanya jika $z_s > z_0$.

Jika bunyi datang dengan sudut datang acak (*random*), maka koefisien serapan bunyi dapat dihitung dari pengintegralan energi yang diserap pada sudut θ dibagi dengan total energi datang, yaitu (Ford, 1970):

$$\alpha = \frac{\int_0^{\pi/2} I_\theta \alpha_\theta d\theta}{\int_0^{\pi/2} I_\theta d\theta} \quad (2.21)$$

dimana

$$\begin{aligned} I_\theta &= \frac{D}{4\pi} \sin \theta \cos \theta \delta\theta \int_0^c dr \int_0^{2\pi} d\phi \\ &= \frac{Dc}{2} \sin \theta \cos \theta \delta\theta \end{aligned}$$

dengan I_θ adalah intensitas bunyi pada sudut θ dan D adalah *energy density*.

sehingga persamaan (2.21) menjadi:

$$\alpha = 2 \int_0^{\pi/2} \alpha_\theta \cos \theta \sin \theta d\theta \quad (2.22)$$

dimana α_θ diberikan oleh persamaan (2.20)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Akustik Sub Laboratorium Fisika, Laboratorium Pusat F. MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Agustus sampai dengan Desember 2005.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Alumunium
2. Akrilik
3. Spon busa
4. Spon ati (*Speakel*)
5. Kertas karton
6. Solasi bening (*Nachi Tape*)

3.2.2 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah:

Alat-alat Pembuat Sampel

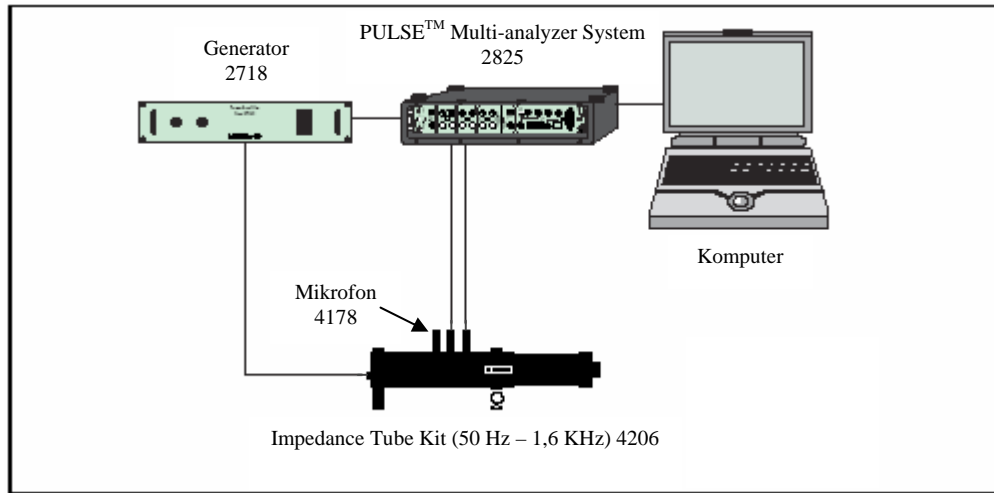
1. Mesin bubut

2. Jangka sorong
3. Bor listrik
4. Mata bor 5 mm dan 10 mm
5. Penggaris 50 cm
6. Gunting kertas

Alat Uji Sampel dan Analisis

1. Seperangkat tabung impedansi tipe 4260 dari Brüel & Kjær.
 2. Mikrofon dari Brüel & Kjær tipe 4178 yang disambungkan antara *front end* PULSE dan tabung impedansi melalui kabel konektor.
 3. Seperangkat alat PULSE™ Multi-analyzer System dari Brüel & Kjær tipe 2825. Berupa *front end* yang terdiri dari empat slot, yaitu slot 0 : 7521, slot 1 : 3022, slot 2 : 3028, slot 3 dan slot 4 : 3107. Slot yang disambungkan dengan mikrofon adalah slot 2 yaitu 3028.
 4. Komputer dengan software PULSE System tipe 7700 versi 6.1 *Sound & Vibration* dan *Material Testing Measurement* dari Brüel & Kjær.
 5. Generator dari Brüel & Kjær tipe 2718
- (Alat uji sampel di atas mengacu pada ASTM E 1050-98)

3.3 Skema Alat Dalam Penelitian



Gambar 3.1 Skema alat penelitian

Dari gambar di atas, sumber bunyi dibangkitkan oleh bagian modul generator B & K 3107 yang terletak pada bagian *front end* PULSE 2825. Output dari generator tersebut dikuatkan oleh B & K 2718 yang tersambung dengan *speaker* pada tabung impedansi B & K 4206. *Speaker* tersebut menghasilkan sinyal random dan berfungsi sebagai gelombang datang yang akan mengenai sampel yang diuji dalam tabung impedansi.

Mikrofon tipe 4187 pada tabung impedansi tersambung pada *front end* PULSE 2825 pada slot 3028. Mikrofon tersebut berfungsi untuk mengukur fungsi transfer. B & K Material Testing akan menghitung fungsi frekuensi respon untuk gelombang datang H_i dan gelombang refleksi H_r .

3.4 Metode Penelitian

Sampel yang akan diuji pada penelitian ini terdiri dari bahan yang berlapis-lapis dengan karakteristik akustik yang berbeda-beda yang disusun menjadi satu yang dapat diasumsikan sebagai sampel dinding partisi.

Sampel tersebut dibuat berdasarkan komposisi yang diperoleh dari program WinFLAGTM Versi 2.0 yang merupakan *software* simulasi yang dapat menghitung besarnya koefisien serapan sampel.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel merupakan bahan-bahan pabrikan yang banyak beredar di pasaran dan sering digunakan oleh masyarakat umum.

Sampel ini dikembangkan berdasarkan sifat karakteristik dari material yang berbeda-beda. Melalui teori yang telah diketahui sebagai dasar pengembangan sampel tersebut, diharapkan akan memperoleh komposisi sampel yang mampu menyerap bunyi pada level-level tertentu. Penambahan rongga udara pada beberapa sampel dimaksudkan sebagai pembanding yang akan dianalisis pengaruhnya terhadap koefisien serapan bunyi.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Sampel

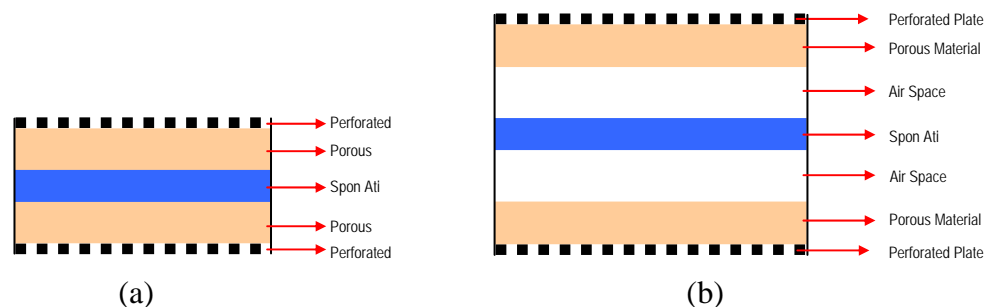
Langkah awal yang dilakukan pada saat penelitian adalah pembuatan sampel dinding partisi yang telah diperoleh komposisinya menggunakan program WinFLAGTM Versi 2.0.

Untuk bahan-bahan yang bersifat keras dan kaku digunakan mesin bubut dan bor listrik untuk mendapatkan ukuran sampel yang akurat sehingga sampel uji nantinya dapat masuk dengan tepat pada tabung impedansi.

Untuk bahan-bahan yang bersifat lunak dan lembut digunakan gunting atau pisau pemotong yang tajam. Jangka sorong digunakan untuk memastikan bahwa ukuran sampel sudah tepat sesuai dengan ketentuan.

Setelah bahan-bahan tersebut selesai dibentuk, langkah selanjutnya adalah menyusun bahan-bahan tersebut menjadi seperti *sandwich* dengan komposisi tertentu dan selanjutnya dibungkus dengan kertas karton dan direkatkan dengan solasi atau lem supaya bentuknya tidak berubah. Akhirnya model dinding partisi telah siap dijadikan sampel dalam penelitian ini.

3.5.2 Pengujian Sampel



Gambar 3.2 Gambar tampak lintang sampel. (a) Sampel tanpa kolom udara
(b) Sampel dengan kolom udara

Tabel konfigurasi material penyusun sampel

No	Nama Sampel	Struktur Tampang Lintang Sampel	Keterangan
1	Sampel A1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
2	Sampel A2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
3	Sampel A3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm
4	Sampel B1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
5	Sampel B2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
6	Sampel B3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm
7	Sampel C2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm

8	Sampel C3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm
9	Sampel D1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
10	Sampel D2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
11	Sampel D3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm
12	Sampel E1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
13	Sampel E2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
14	Sampel F1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
15	Sampel F2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
16	Sampel F3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm
17	Sampel G1	Gambar 3.2 (a)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
18	Sampel G2	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 5$ mm
19	Sampel G3	Gambar 3.2 (b)	Perforated plate, $\varnothing = 10$ mm

Keterangan : \varnothing = Diameter lubang (*hole*) pada perforated plate

Tabel 3.1 Tabel konfigurasi material penyusun sampel

Sampel yang telah jadi kemudian diberi nama seperti pada tabel 3.1 untuk memudahkan pengambilan data sehingga tidak tertukar dengan sampel lain.

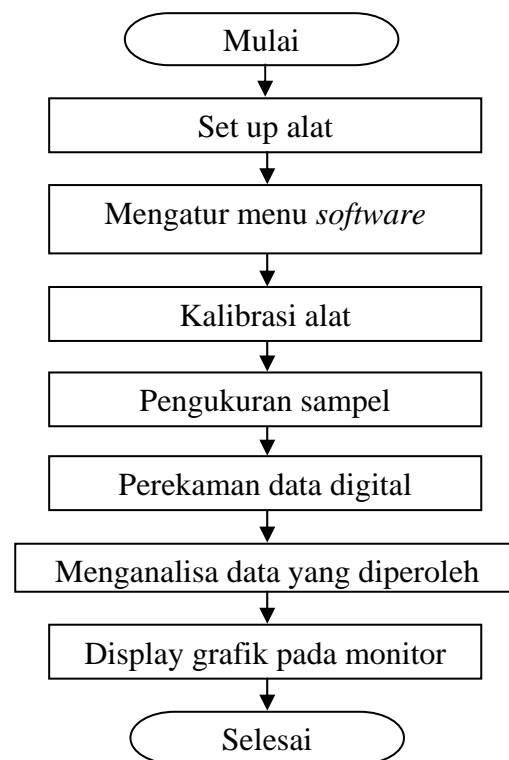
Sampel tersebut diuji menggunakan tabung impedansi dua mikrofon dengan diameter tabung 10 cm. Cara kerja dari eksperimen ini adalah:

Seperangkat alat tabung impedansi disetting terlebih dahulu. Setting alat dapat dilihat pada gambar 3.1. Setelah itu, Pulse, amplifier dan komputer dinyalakan. Kemudian mengatur menu *software material testing* pada komputer.

Alat dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pengambilan data. Kalibrasi tersebut dilakukan terlebih dahulu menentukan *signal to noise ratio* (*S/N ratio*) untuk memastikan bahwa sinyal yang ada paling tidak 10 dB lebih besar dari bising lingkungan (*ambient noise*). Kemudian melakukan kalibrasi fungsi pindah dengan cara meletakkan *specimen* absorptif dan mengukur fungsi pindah pada posisi mikrofon awal dan pada posisi dipertukarkan. Pengambilan data dilakukan dengan mengganti *specimen* absorptif dengan

specimen sampel uji yang akan diteliti. Pengukuran fungsi pindah dilakukan dengan mikrofon berada pada posisi awal. Dengan memonitor layar komputer maka akan diperoleh grafik yang menunjukkan hubungan antara koefisien serapan terhadap frekuensi. Dari grafik tersebut dapat disimpan datanya pada komputer yang selanjutnya akan dianalisa.

Secara ringkas, cara kerja dari penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 3.3 Diagram alir pengambilan data

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Dengan Program WinFLAG™

Dalam melakukan simulasi, koefisien serapan sampel telah dihitung menggunakan komputer dengan program WinFLAG™ hasil pengembangan NTNU. Program ini juga telah digunakan oleh peneliti lain untuk simulasi penaksiran akustik pada konstruksi bangunan dengan mengkombinasikan beberapa lapisan material. Program ini mengacu pada metode transfer matrik untuk beberapa material, termasuk *porous material* dan *perforated plate (slotted)* dengan lubang yang melingkar atau *microperforated* dan lain-lain). Simulasi dengan program WinFLAG™ dapat digunakan untuk mengukur koefisien serapan (*absorption coefficient*), impedansi (*impedance*), *reduction index* dan *duct attenuation*.

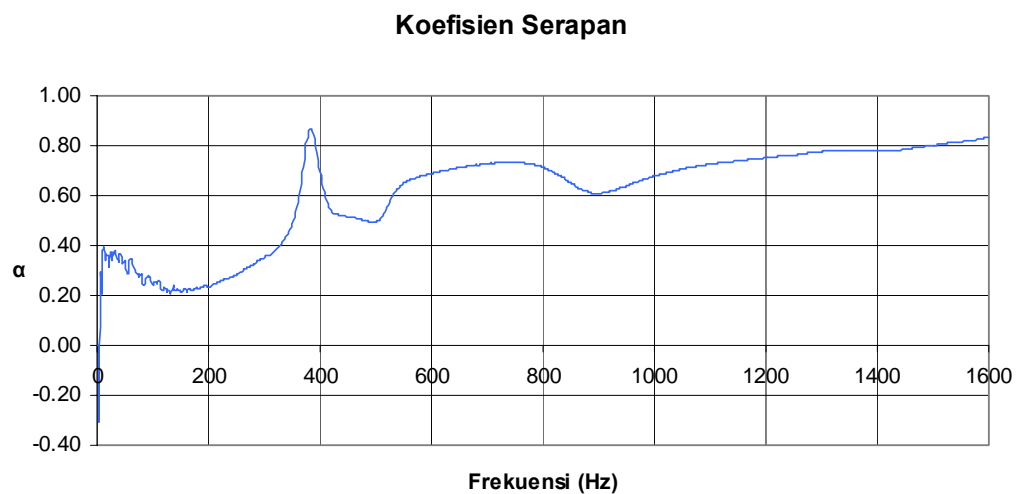
4.2 Hasil Eksperimen

Sampel ini merupakan rancangan sistem dinding partisi yang dibuat berdasarkan hasil simulasi dengan program WinFLAG™. Setelah itu dibuat prototipenya dan dilakukan pengujian koefisien serapan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon dengan sumber bunyi datang secara random.

Hasil yang diperoleh dari pengujian sampel adalah berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara koefisien serapan terhadap frekuensi. Dalam penelitian ini frekuensi dibatasi hanya sampai pada frekuensi 1,6 KHz. Nilai

koefisien serapan yang terukur menyatakan banyaknya bagian energi bunyi datang yang diubah menjadi energi panas. Berdasarkan variasi sampel yang telah dibuat, maka diperoleh hasil pengukuran berupa grafik sebagai berikut:

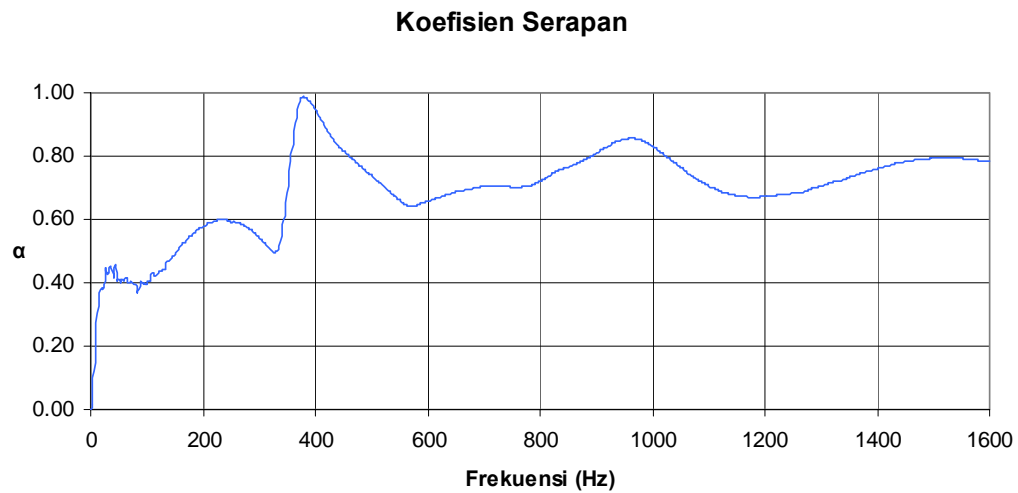
1. Sampel A1



Gambar 4.1 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A1

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 382 Hz – 384 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,87. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 690 Hz – 780 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,73. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.582 Hz – 1.600 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,83.

2. Sampel A2



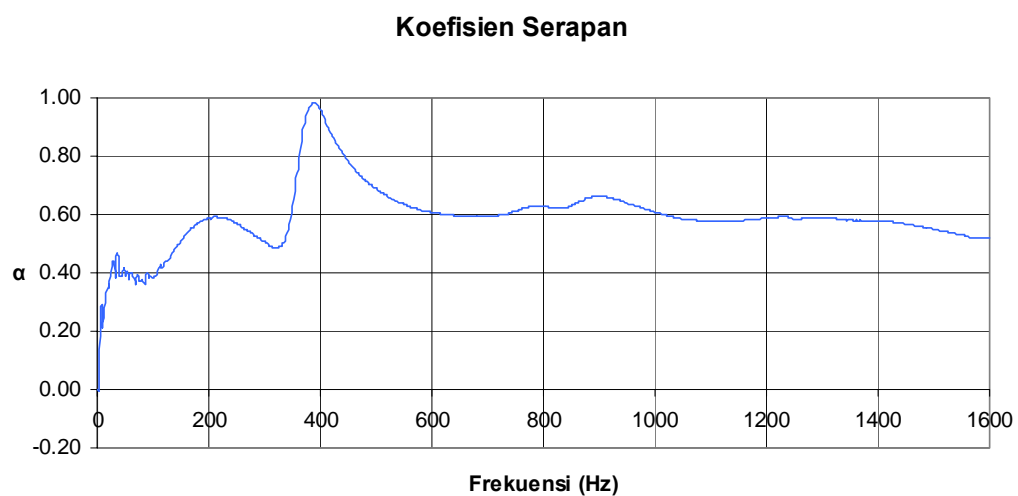
Gambar 4.2 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A2

Untuk sampel A2, dari grafik dapat diketahui bahwa nilai koefisien serapan sampel maksimum 0,99 pada frekuensi 376 Hz – 380 Hz untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz). Sedangkan pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan maksimum 0,86 pada rentang frekuensi 958 Hz – 970 Hz. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel relatif konstan pada frekuensi 1.460 Hz – 1.600 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,78 – 0,79 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.460 Hz – 1.586 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,79.

3. Sampel A3

Dari gambar 4.3 diperoleh grafik koefisien serapan sampel A3. Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel pada frekuensi 206 Hz – 232 Hz adalah 0,59 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 384 Hz – 394 Hz yaitu 0,98. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz),

koefisien serapannya antara 0,59 – 0,68 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 500 Hz – 508 Hz yaitu 0,68. Pada range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), untuk frekuensi 1.000 Hz – 1.400 Hz koefisien serapannya antara 0,58 sampai 0,61 sedang pada frekuensi 1.400 Hz – 1.600 Hz koefisien serapannya 0,52 sampai 0,58 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.000 Hz – 1.006 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,61.

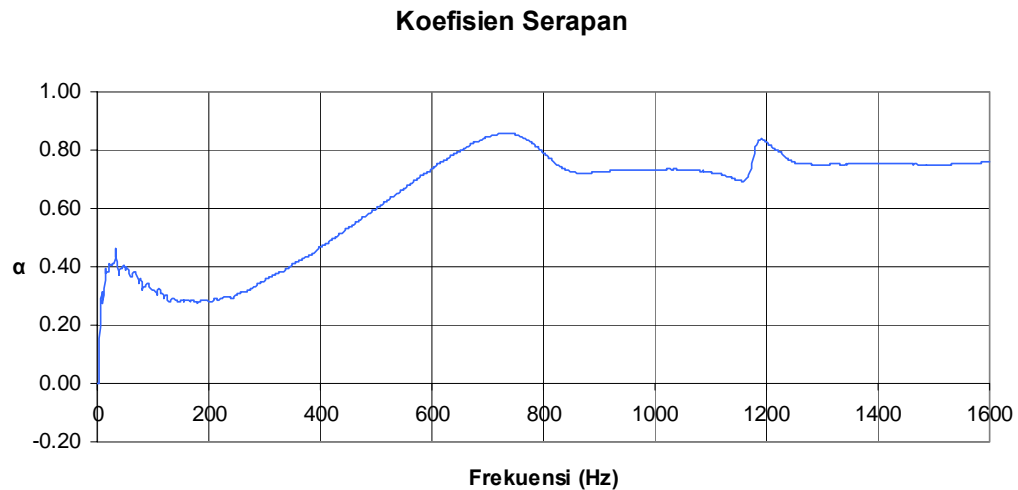


Gambar 4.3 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A3

4. Sampel B1

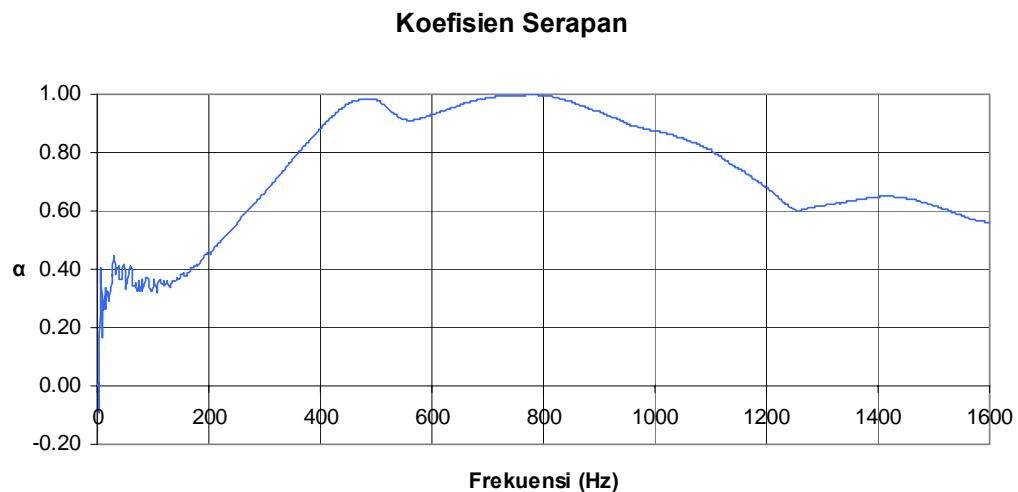
Dari gambar 4.4 diketahui bahwa pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), diperoleh koefisien serapan sampel kurang begitu baik karena tidak memperlihatkan puncak penyerapan yang maksimum. Sedang pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), pada frekuensi 840 Hz – 1.000 Hz koefisien serapan sampel relatif konstan yaitu antara 0,72 sampai 0,73 dan koefisien serapan maksimum 0,86 yaitu pada frekuensi 722 Hz – 746 Hz. Pada range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif konstan yaitu

0,75 sampai 0,76 pada frekuensi 1.244 Hz – 1.600 Hz dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.188 Hz – 1.194 Hz dengan koefisien serapan 0,84.



Gambar 4.4 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B1

5. Sampel B2

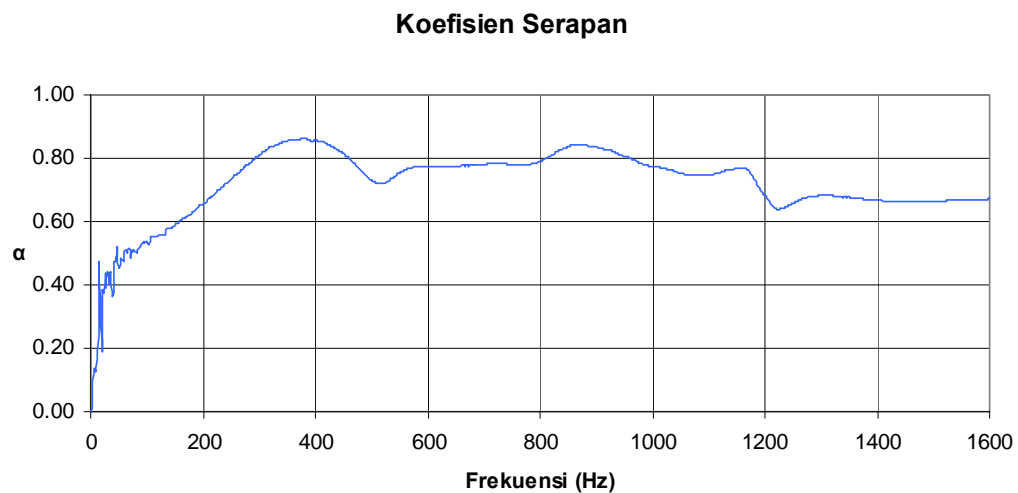


Gambar 4.5 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B2

Untuk sampel B2, pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 460 Hz – 504 Hz yaitu 0,98. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan

sampel relatif baik antara 0,87 sampai 1,00 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 740 Hz – 802 Hz dengan koefisien serapan 1,00. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), pada frekuensi 1.244 Hz – 1.600 Hz koefisien serapan antara 0,75 sampai 0,76 dan koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.000 Hz – 1.020 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,87.

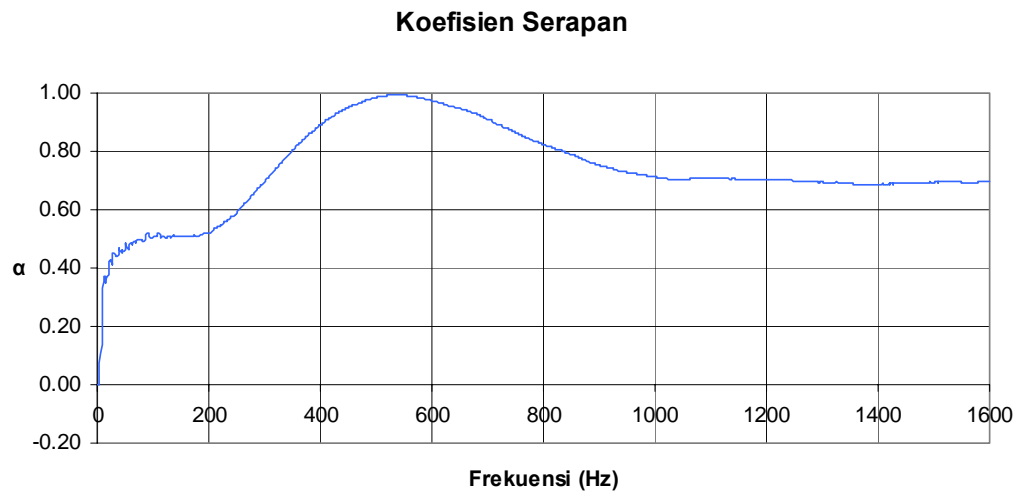
6. Sampel B3



Gambar 4.6 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B3

Untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan maksimum 0,82 yaitu pada frekuensi 352 Hz – 402 Hz. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan antara 0,72 sampai 0,84 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 848 Hz – 898 Hz dengan koefisien serapan 0,84. Pada range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), dari frekuensi 1.200 Hz – 1.600 Hz koefisien serapan antara 0,64 – 0,68 dan koefisien serapan mencapai nilai maksimum pada rentang frekuensi 1.144 Hz – 1.164 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,77.

7. Sampel C2



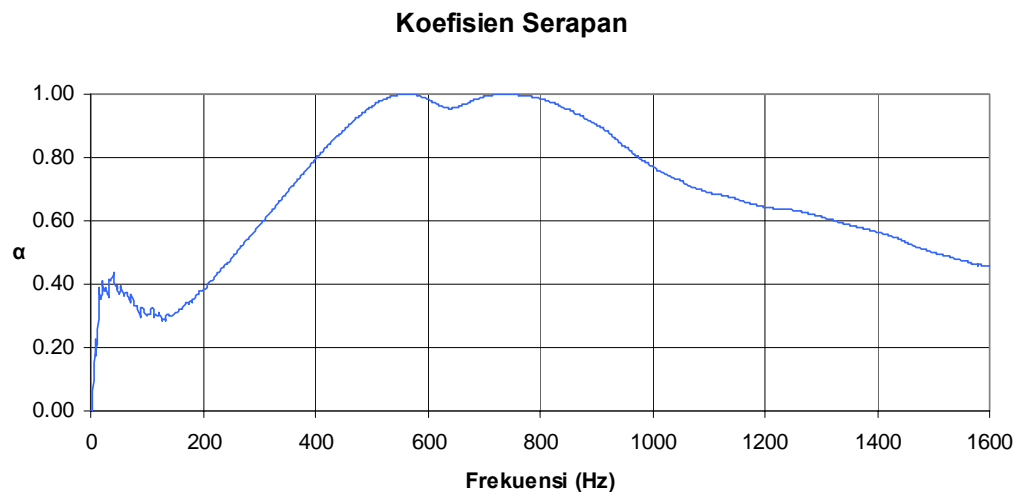
Gambar 4.7 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel C2

Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel terus meningkat tetapi pada range ini tidak mempunyai nilai maksimum. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 500 Hz – 574 Hz dengan koefisien serapan sampel $0,99$. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan relatif konstan yaitu antara $0,69$ – $0,71$.

8. Sampel C3

Dari gambar 4.8 dapat diketahui bahwa pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), diperoleh nilai koefisien serapan yang kurang baik karena tidak mencapai nilai penyerapan yang maksimum. Untuk range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 542 Hz – 582 Hz dengan nilai koefisien serapan

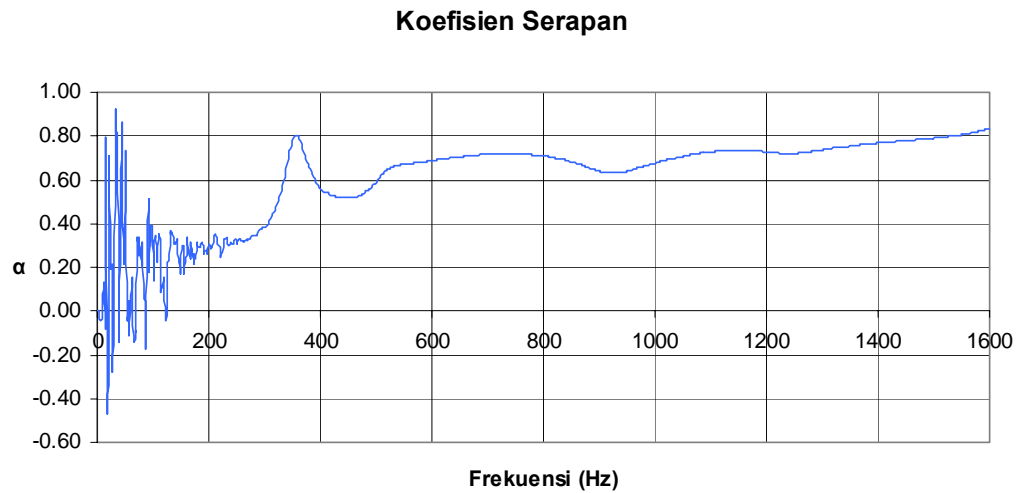
sampel 1,00. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapannya kurang baik karena dari frekuensi 1.000 Hz terus mengalami penurunan sedikit demi sedikit sampai pada frekuensi 1.600 Hz yaitu dari 0,77 turun menjadi 0,46.



Gambar 4.8 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel C3

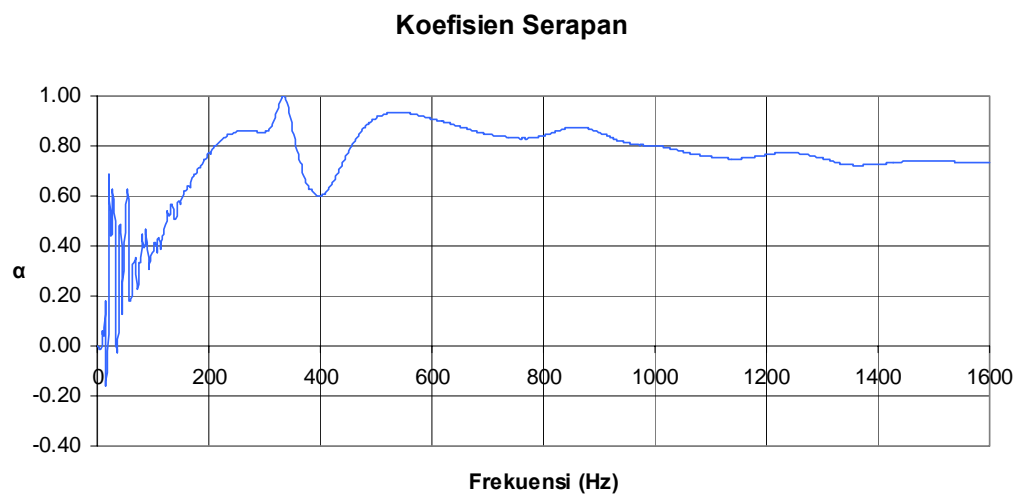
9. Sampel D1

Dari gambar 4.9 diketahui bahwa untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 352 Hz – 360 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,80. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 694 Hz – 774 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,72 dan untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum yaitu 0,83 pada frekuensi 1.588 Hz – 1.600 Hz.



Gambar 4.9 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1

10. Sampel D2

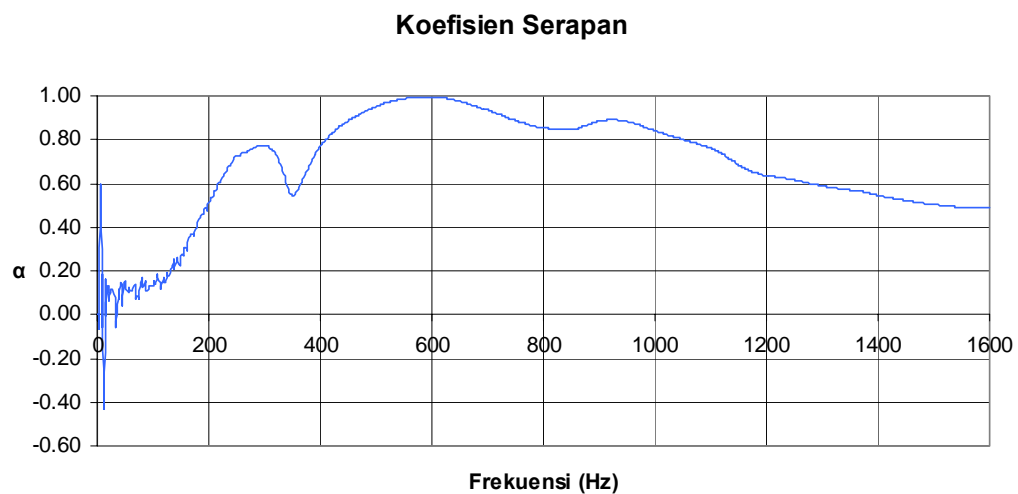


Gambar 4.10 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D2

Untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz), nilai koefisien serapan maksimum adalah 1,00 yaitu pada frekuensi 332 Hz – 334 Hz. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), nilai koefisien serapan maksimum adalah 0,93 yaitu pada frekuensi 514 Hz – 570 Hz. Untuk range frekuensi tinggi

(> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel relatif baik yaitu antara 0,72 sampai 0,80 pada frekuensi 1.000 Hz sampai 1.600 Hz dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.000 Hz – 1.016 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,80.

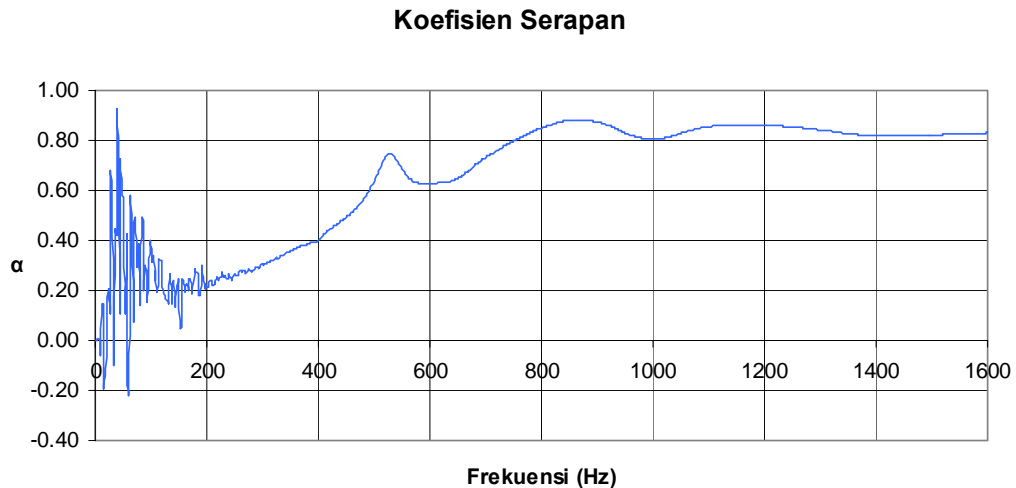
11. Sampel D3



Gambar 4.11 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D3

Untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan maksimum pada frekuensi 284 Hz – 306 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,77. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel relatif baik yaitu dari 0,84 sampai 1,00 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 576 Hz – 604 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 1,00. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel terus mengalami penurunan sedikit demi sedikit dari frekuensi 1.000 Hz sampai 1.600 Hz.

12. Sampel E1



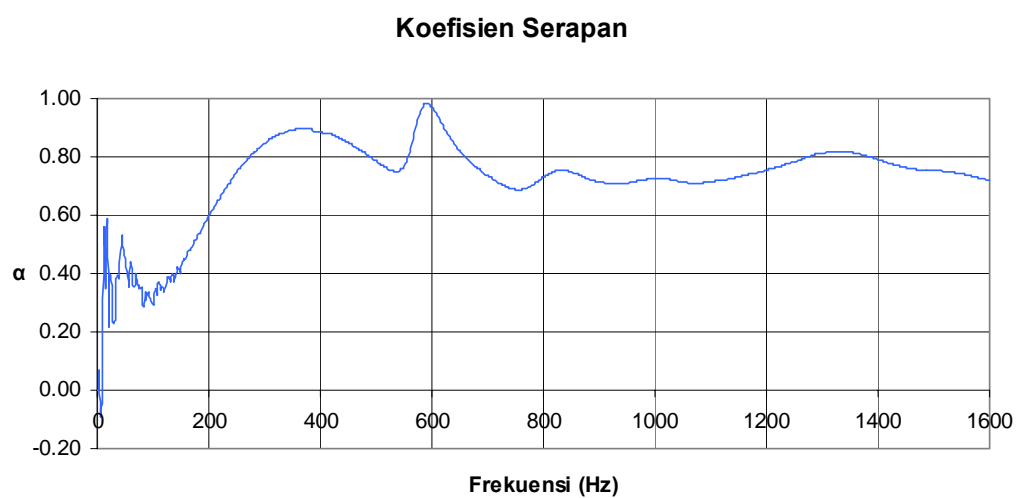
Gambar 4.12 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel E1

Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), nilai koefisien serapan sampel yang diperoleh kurang begitu baik, sedang pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), nilai koefisien serapan terus meningkat dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 838 Hz – 896 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,88. Pada range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan sampel yang diperoleh relatif baik yaitu antara 0,81 sampai 0,86 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.100 Hz – 1.238 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,86.

13. Sampel E2

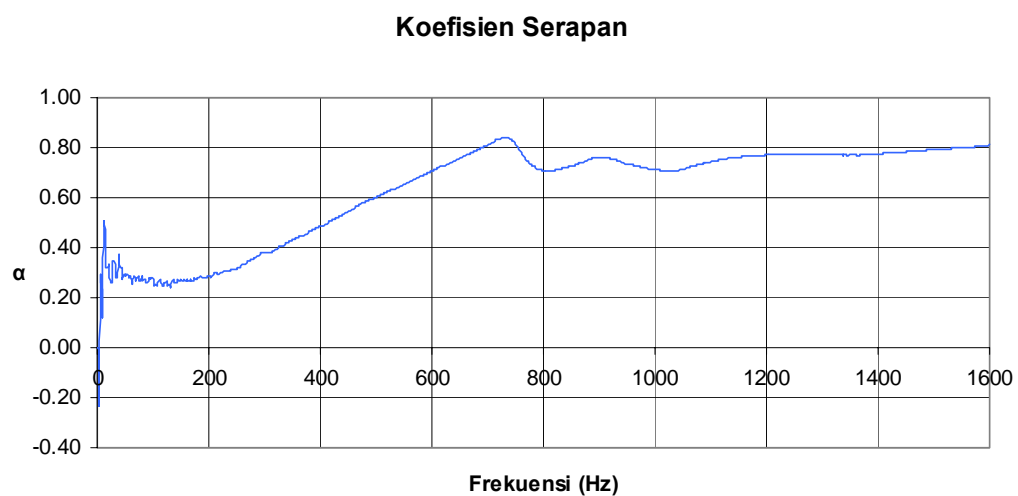
Dari gambar 4.13 diperoleh grafik koefisien serapan sampel E2. Dari grafik tersebut maka untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz), nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 358 Hz – 380 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,90. Sedang untuk range frekuensi menengah

(500 Hz - 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 586 Hz – 596 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,98. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel yang diperoleh juga relatif baik yaitu antara 0,71 sampai 0,82 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.306 Hz – 1.352 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,82.



Gambar 4.13 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel E2

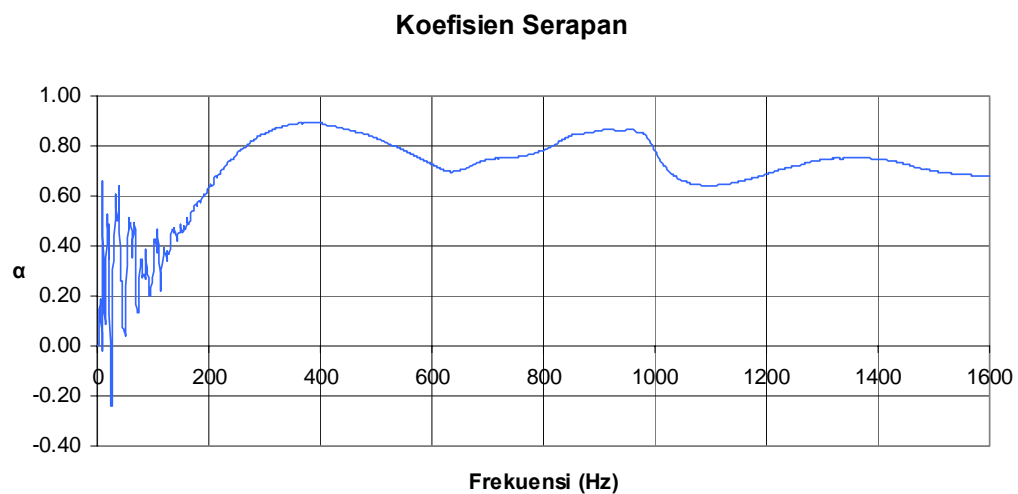
14. Sampel F1



Gambar 4.14 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F1

Pada gambar 4.14 diperoleh nilai koefisien serapan sampel untuk range frekuensi rendah (< 500 Hz) yang kurang begitu baik, sedang pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz) diperoleh nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 722 Hz – 740 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,84. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan terus mengalami peningkatan dari 0,71 pada frekuensi 1.000 Hz sampai 0,81 pada frekuensi 1.600 Hz dan mencapai nilai maksimum pada range frekuensi 1.580 Hz – 1.600 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,81.

15. Sampel F2

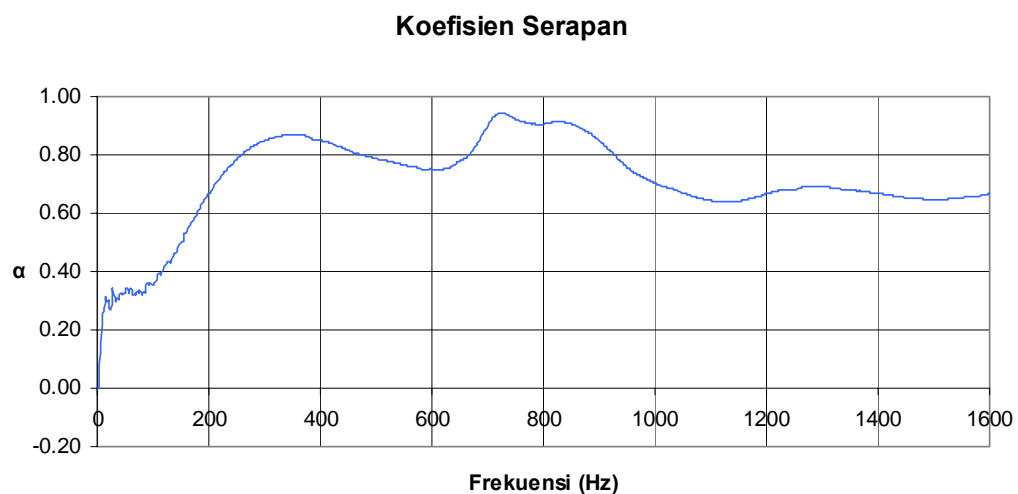


Gambar 4.15 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F2

Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), nilai koefisien serapan maksimum 0,89 pada frekuensi 344 Hz – 408 Hz. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 952 Hz – 960 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,87

dan untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel yang diperoleh juga relatif baik yaitu antara 0,64 sampai 0,78 serta nilai koefisien serapan sampel relatif konstan pada frekuensi 1.300 Hz – 1.410 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,75.

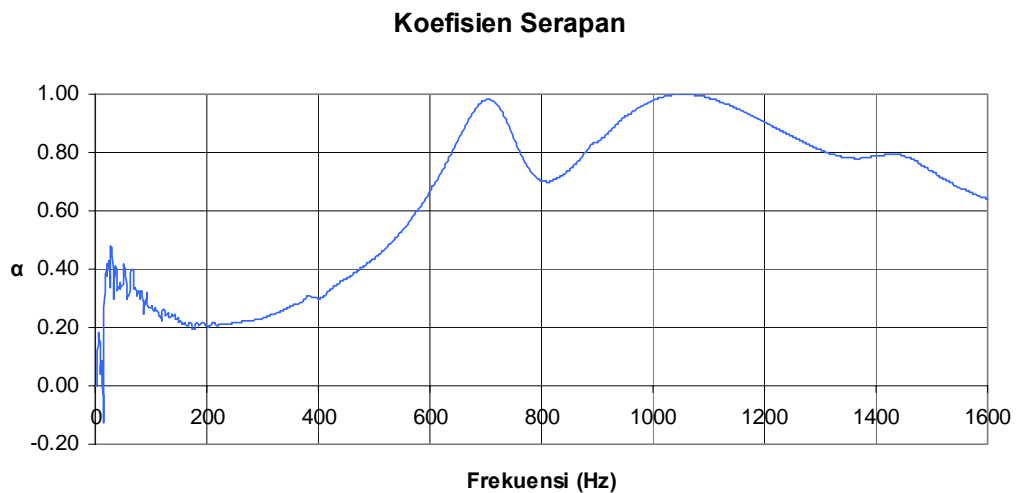
16. Sampel F3



Gambar 4.16 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel F3

Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 330 Hz – 372 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,87. Pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel yang diperoleh relatif baik dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 714 Hz – 736 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,94. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan sampel relatif stabil antara 0,64 sampai 0,69 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.260 Hz – 1.326 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,69.

17. Sampel G1



Gambar 4.17 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G1

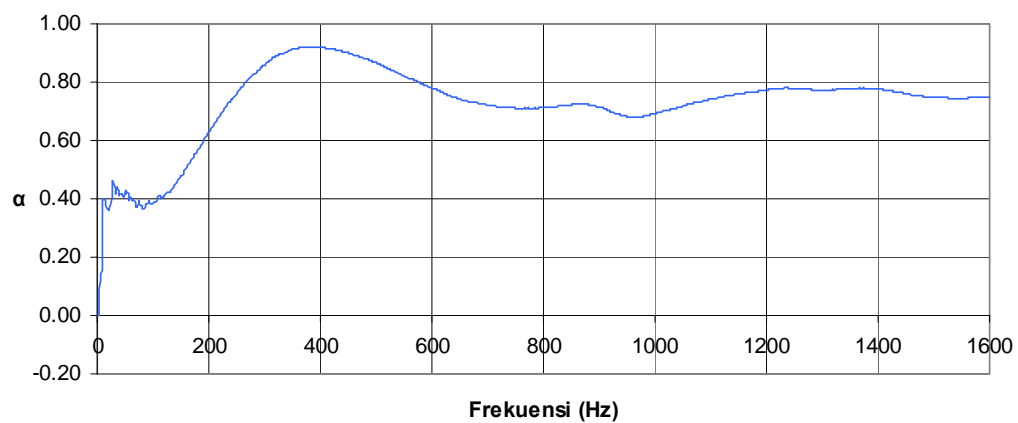
Dari gambar 4.17 dapat diketahui bahwa pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), diperoleh nilai koefisien serapan sampel yang kurang baik, sedang pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 696 Hz – 714 Hz dan juga pada frekuensi 996 Hz – 1.000 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,98. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), koefisien serapan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.028 Hz – 1.080 Hz dengan nilai koefisien serapan 1,00 dan setelah frekuensi tersebut, nilai koefisien serapan sampel berkurang sedikit demi sedikit.

18. Sampel G2

Dari gambar 4.18 dapat diketahui bahwa pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 358 Hz – 416 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,92. Untuk range frekuensi

menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel yang diperoleh relatif baik yaitu antara 0,68 sampai 0,86 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 500 Hz – 512 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,86. Pada range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan sampel antara 0,69 sampai 0,78 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.210 Hz – 1.276 Hz dan juga pada frekuensi 1.326 Hz – 1.406 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,78.

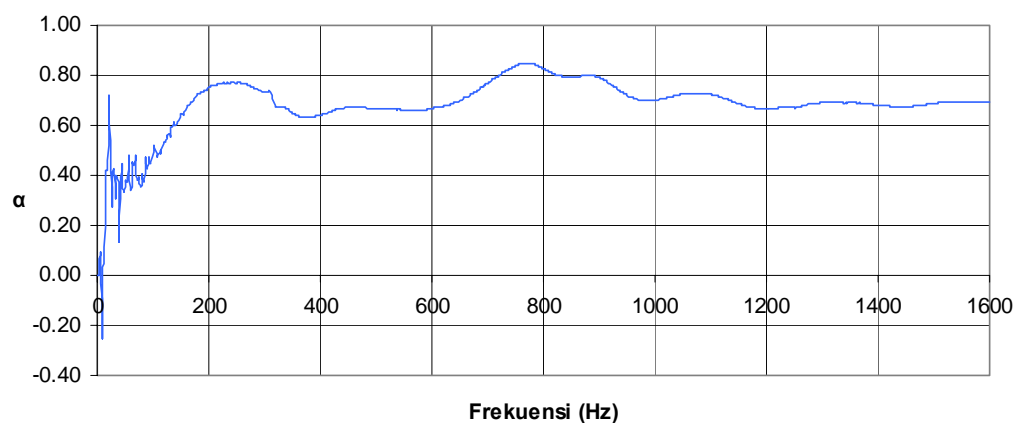
Koefisien Serapan



Gambar 4.18 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G2

19. Sampel G3

Koefisien Serapan



Gambar 4.19 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel G3

Pada gambar 4.19 dapat diketahui bahwa nilai koefisien serapan sampel yang diperoleh relatif baik. Pada range frekuensi rendah (< 500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 218 Hz – 264 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,77. Sedang pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 760 Hz – 780 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,85. Untuk range frekuensi tinggi (> 1.000 Hz), nilai koefisien serapan antara 0,67 sampai 0,73 dan mencapai nilai maksimum pada frekuensi 1.052 Hz – 1.096 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,73.

Sampel	Koefisien Serapan																
	1/3 Octave Center Frequency (Hz)																
	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1.000	1250	1600
A1	0.36	0.34	0.34	0.29	0.24	0.23	0.21	0.23	0.28	0.37	0.69	0.49	0.70	0.71	0.68	0.76	0.83
A2	0.41	0.41	0.41	0.39	0.40	0.44	0.52	0.58	0.59	0.52	0.95	0.74	0.67	0.72	0.83	0.68	0.78
A3	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.44	0.53	0.59	0.57	0.49	0.96	0.69	0.60	0.63	0.61	0.58	0.52
B1	0.38	0.39	0.37	0.33	0.32	0.29	0.29	0.28	0.31	0.37	0.47	0.60	0.77	0.79	0.73	0.76	0.76
B2	0.37	0.36	0.37	0.36	0.37	0.36	0.38	0.45	0.55	0.70	0.88	0.98	0.95	1.00	0.87	0.61	0.56
B3	0.41	0.45	0.51	0.51	0.54	0.56	0.60	0.66	0.73	0.83	0.86	0.73	0.77	0.79	0.77	0.66	0.67
C2	0.47	0.47	0.48	0.50	0.51	0.50	0.51	0.52	0.59	0.73	0.89	0.99	0.96	0.82	0.71	0.70	0.70
C3	0.44	0.37	0.38	0.33	0.30	0.30	0.32	0.38	0.48	0.62	0.79	0.96	0.96	0.99	0.77	0.63	0.46
D1	-0.14	0.73	0.10	0.21	0.14	0.13	0.26	0.31	0.32	0.45	0.56	0.59	0.70	0.71	0.68	0.72	0.83
D2	0.46	0.48	0.28	0.45	0.39	0.53	0.63	0.77	0.86	0.90	0.60	0.91	0.89	0.84	0.80	0.77	0.74
D3	0.07	0.16	0.11	0.17	0.13	0.19	0.29	0.51	0.72	0.75	0.77	0.95	0.99	0.85	0.84	0.61	0.49
E1	0.92	0.57	0.45	0.14	0.31	0.17	0.19	0.21	0.27	0.32	0.40	0.64	0.63	0.85	0.81	0.85	0.83
E2	0.43	0.45	0.38	0.36	0.29	0.38	0.47	0.60	0.75	0.87	0.88	0.78	0.87	0.73	0.73	0.78	0.72
F1	0.35	0.29	0.26	0.29	0.26	0.26	0.27	0.29	0.31	0.39	0.49	0.60	0.74	0.71	0.71	0.77	0.81
F2	0.63	0.04	0.39	0.33	0.34	0.36	0.51	0.63	0.77	0.87	0.89	0.83	0.70	0.78	0.78	0.72	0.68
F3	0.31	0.33	0.33	0.32	0.36	0.43	0.54	0.67	0.78	0.86	0.85	0.79	0.76	0.91	0.70	0.68	0.67
G1	0.33	0.36	0.37	0.30	0.27	0.25	0.22	0.21	0.22	0.24	0.30	0.44	0.77	0.70	0.98	0.86	0.64
G2	0.42	0.43	0.40	0.38	0.39	0.42	0.51	0.63	0.76	0.89	0.92	0.86	0.75	0.71	0.69	0.78	0.75
G3	0.13	0.38	0.42	0.38	0.51	0.56	0.68	0.75	0.77	0.70	0.64	0.67	0.68	0.83	0.70	0.67	0.69

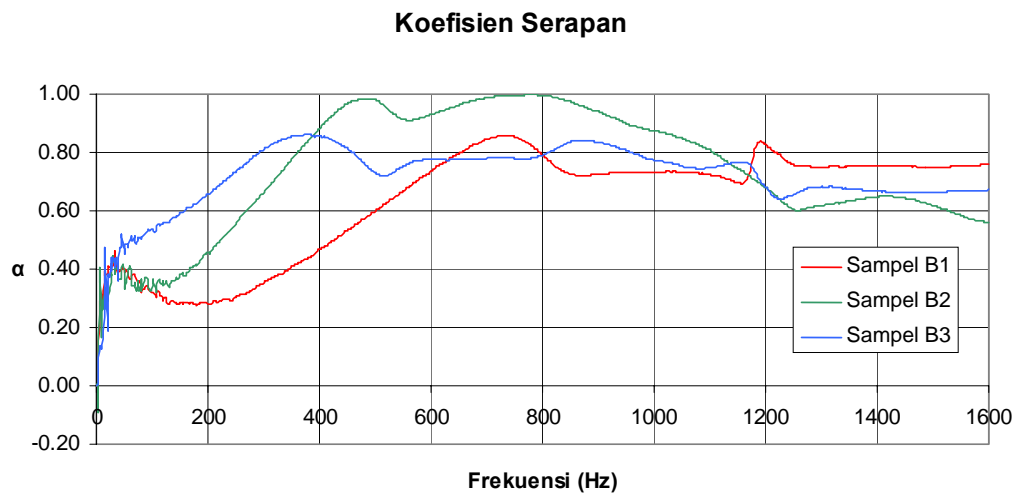
Tabel 4.1 1/3 Octave Center Frequency (Hz) sampel uji

Frekuensi merupakan faktor terpenting dalam pengukuran akustik. Manusia mempunyai pendengaran pada range frekuensi 20 Hz sampai 20.000 Hz. Range frekuensi tersebut dibagi menjadi beberapa bagian yang disebut sebagai oktaf band. Tiap oktaf band diidentifikasi oleh *center frequency*-nya. Standar oktaf band memiliki *center frequency* 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 Hz dan seterusnya. Oktaf band range frekuensi tinggi mempunyai jangkauan frekuensi yang lebih luas dibanding oktaf band range frekuensi rendah, tetapi digunakan perkiraan yang sama. Untuk indikator frekuensi yang lebih detail, pengukuran biasanya dilakukan dalam $\frac{1}{3}$ *oktave center frequency*, yaitu frekuensi standar yang sering digunakan pada jangkauan frekuensi audio, yaitu 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600 Hz dan seterusnya. (Bell, Lewis H. dan Douglas H. Bell)

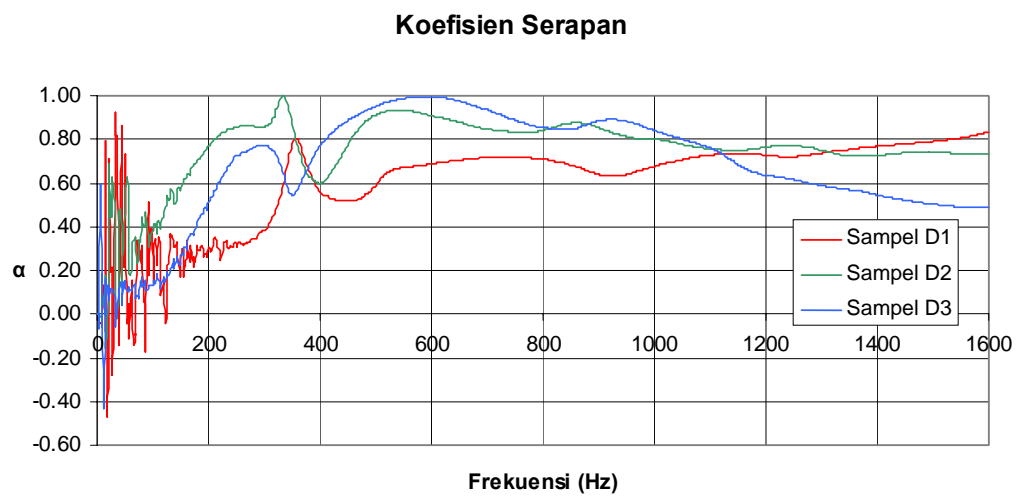
Tabel 4.1 merupakan tabel nilai koefisien serapan dari masing-masing sampel pada $\frac{1}{3}$ *oktave center frequency* dimana secara garis besar memperlihatkan nilai koefisien serapan masing-masing sampel.

Secara umum, semua sampel yang telah diuji dalam percobaan ini mempunyai nilai koefisien serapan yang baik pada frekuensi menengah (500 Hz – 1.000 Hz) dan frekuensi tinggi (> 1.000 Hz). Sedang pada frekuensi rendah (< 500 Hz), hanya beberapa sampel saja yang mempunyai nilai koefisien serapan yang baik. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) ditambahkan kolom udara agar dapat meningkatkan nilai koefisien serapan.

4.3 Pengaruh Kolom Udara Terhadap Nilai Koefisien Serapan



Gambar 4.20 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel B1, B2 dan B3



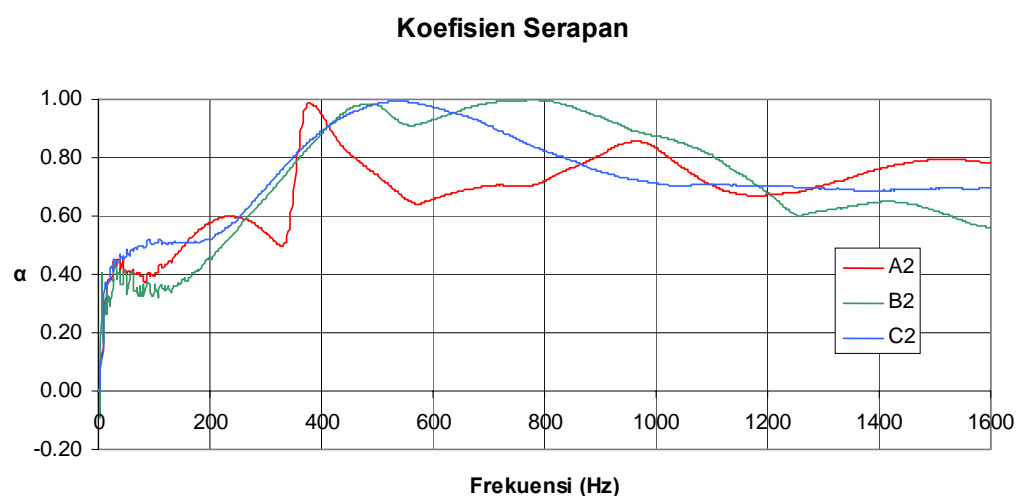
Gambar 4.21 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1, D2 dan D3

Dengan menganalisis gambar 4.20 (*perforated plate* berupa aluminium) dan 4.21 (*perforated plate* berupa akrilik) yang merupakan grafik perbandingan antar sampel (lihat lampiran 5), dapat diketahui bahwa nilai koefisien serapan pada sampel yang diberi variasi kolom udara (sampel B2, B3, D2 dan D3)

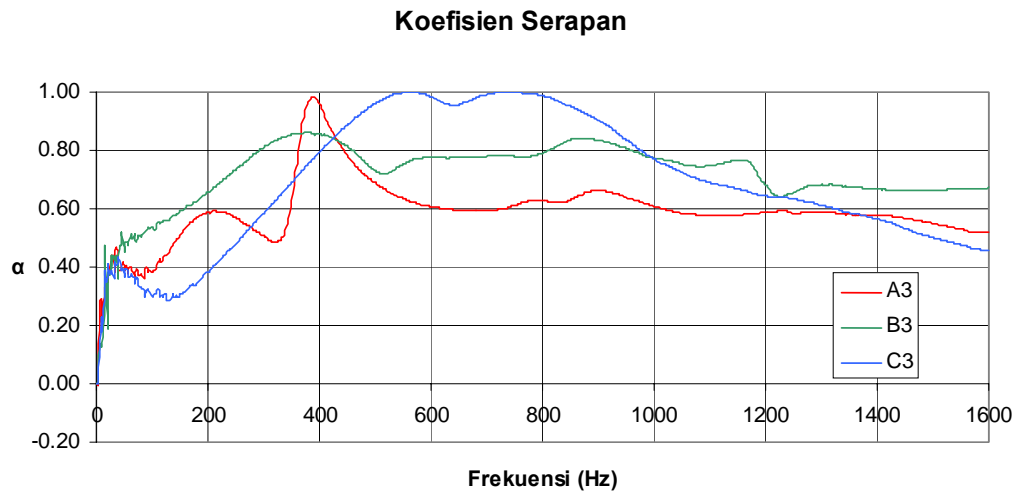
dibandingkan dengan sampel yang tidak ada kolom udaranya (sampel B1 dan D1), maka dapat dilihat bahwa pada sampel yang diberi kolom udara akan mempertinggi nilai koefisien serapan bunyi pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) dan pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz). Hal ini disebabkan karena *porous material* dapat memberikan penyerapan bunyi yang lebih banyak ketika ditempatkan pada posisi tertentu dimana kecepatan partikel dari gelombang bunyi akan mencapai nilai maksimum pada jarak $\frac{\lambda}{4}$, $\frac{3}{4}\lambda$ dan seterusnya. Koefisien serapan mengalami sedikit penurunan pada jarak $\frac{\lambda}{2}$, λ dan seterusnya.

4.4 Pengaruh *Perforated Plate* (aluminium dan akrilik) Terhadap Nilai Koefisien Serapan

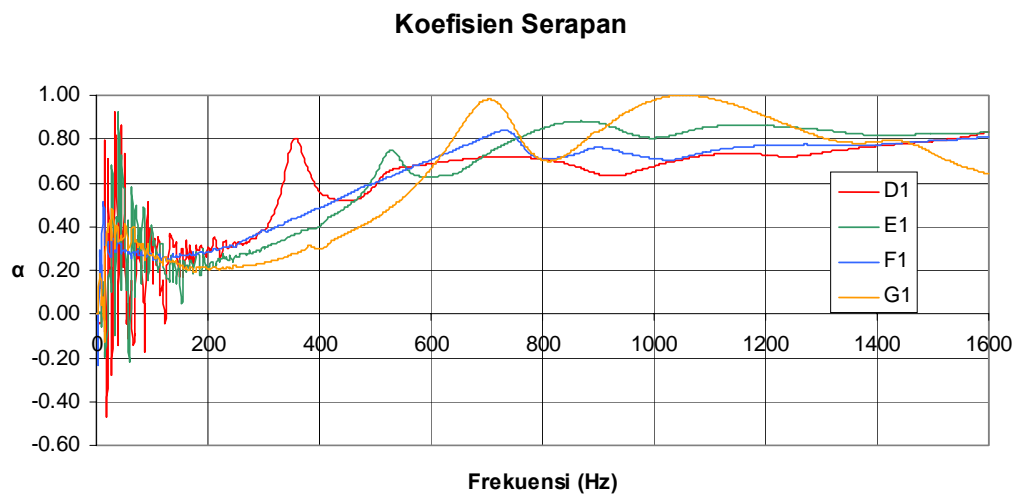
Material akustik yang mampu memberikan nilai koefisien serapan yang optimum, koefisien serapannya bernilai besar dan rentang frekuensinya lebar, bukanlah material akustik tunggal, tetapi merupakan kombinasi dari beberapa material akustik. (Bell, Lewis H. dan Douglas H. Bell)



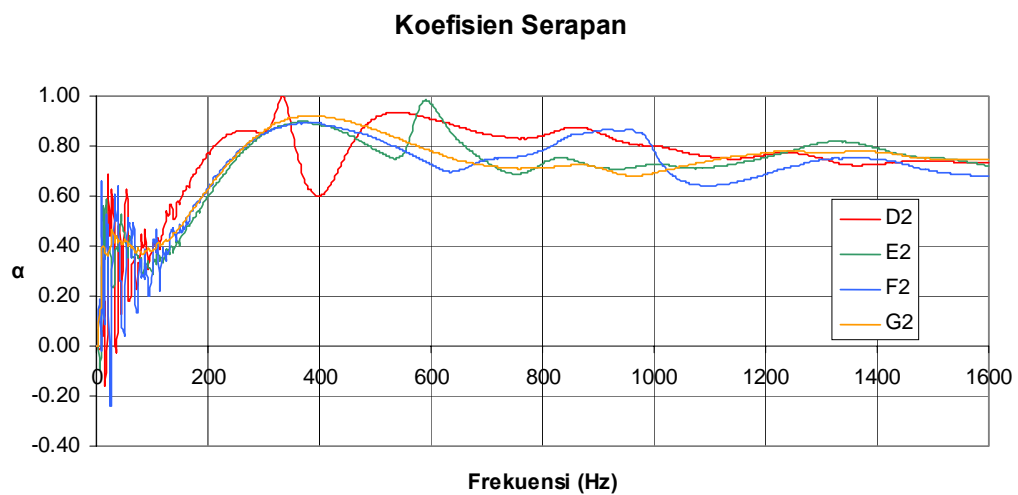
Gambar 4.22 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A2, B2 dan C2



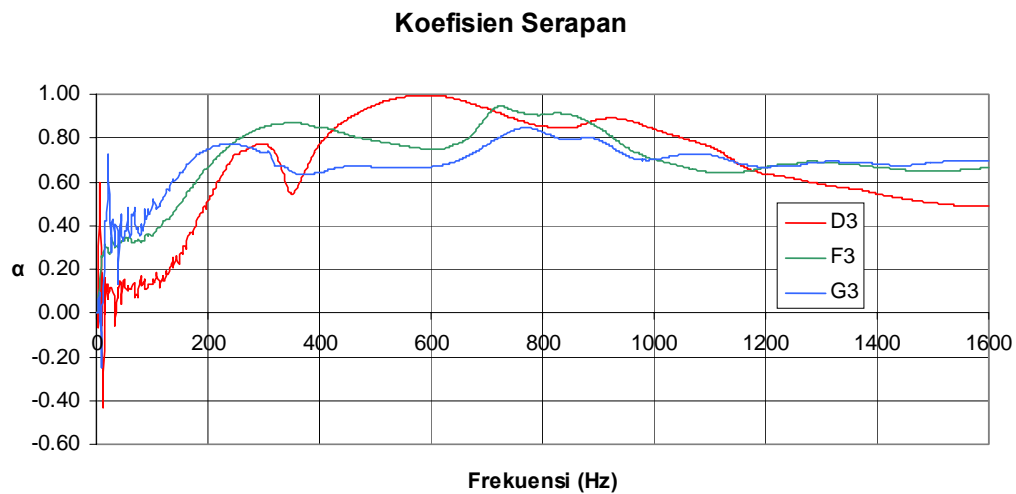
Gambar 4.23 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel A3, B3 dan C3



Gambar 4.24 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D1, E1, F1 dan G1



Gambar 4.25 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D2, E2, F2 dan G2



Gambar 4.26 Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel D3, F3 dan G3

Kombinasi dari beberapa material tersebut juga dipengaruhi oleh sifat masing-masing material diantaranya ketebalan, porousitas, massa jenis, dan lain-lain. Untuk bahan alumunium (gambar 4.22 dan 4.23) dan akrilik (gambar 4.24, gambar 4.25 dan gambar 4.26), semakin tebal bahan maka nilai koefisien serapannya juga semakin meningkat terutama pada daerah frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), tetapi dengan adanya kolom udara, untuk bahan akrilik nilai koefisien serapannya akan berkurang terutama pada daerah frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz). Hal ini disebabkan karena dengan adanya kolom udara maka sampel tersebut akan bersifat sebagai resonator berongga, dimana pada resonator berongga tersebut akan bekerja dengan baik pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.25 dan gambar 4.26.

Nilai koefisien serapan sampel juga dipengaruhi oleh diameter lubang pada *perforated plate* terutama pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) dan range

frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz). Pada bahan alumunium dan akrilik, semakin besar diameter lubang maka nilai koefisien serapan sampel akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin besar diameter lubang pada *perforated plate* maka akan semakin besar kemungkinan gelombang bunyi menumbuk permukaan lapisan *porous*, dengan demikian maka energi bunyi yang diserap juga akan semakin banyak sehingga nilai koefisien serapan bunyi akan meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Pengaruh kolom udara pada pengujian sampel dinding partisi adalah dapat meningkatkan nilai koefisien serapan sampel pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) yang nilai koefisien serapannya dapat meningkat sampai 1,00.
2. Ketebalan bahan juga mempengaruhi nilai koefisien serapan. Untuk bahan alumunium dan akrilik, semakin tebal bahan maka nilai koefisien serapannya juga semakin meningkat terutama pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1000 Hz), tetapi dengan adanya kolom udara, untuk bahan akrilik koefisien serapannya akan berkurang terutama pada range frekuensi menengah (500 Hz - 1000 Hz) karena dengan adanya kolom udara maka sampel tersebut akan bersifat sebagai resonator berongga.
3. Semakin besar diameter lubang maka nilai koefisien serapan sampel akan semakin meningkat terutama pada range frekuensi rendah (< 500 Hz) dan range frekuensi menengah (500 Hz - 1.000 Hz), karena semakin besar diameter lubang pada *perforated plate* maka akan semakin besar kemungkinan gelombang bunyi menumbuk permukaan lapisan *porous* sehingga energi bunyi yang diserap juga akan semakin banyak.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan karena keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, oleh karena itu disarankan untuk:

1. Melakukan penelitian dengan variasi kolom udara sehingga dapat diketahui pengaruh variasi kolom udara terhadap nilai koefisien serapan.
2. Melakukan variasi pada bahan *porous* (busa dan spon ati/*spekel*) diganti dengan bahan lain yang banyak terdapat di pasaran dan bernilai ekonomis untuk mengetahui pengaruh porositas bahan terhadap nilai koefisien serapan.
3. Melakukan pengujian sampel dengan mengganti bahan *perforated plate* dengan bahan *microperforated plate* sehingga pengaruh diameter lubang terhadap nilai koefisien serapan dapat lebih jelas diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, Lewis H., Douglas H. Bell, 1994, *Industrial Noise Control Fundamentals and Applications*, Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York
- Cowan, James P., 1976, *Architectural Acoustics Design Guide*, McGraw-Hill, New York
- Doelle, Leslie L., Lea Prasetyo, 1990, *Akustik Lingkungan*, Erlangga, Jakarta
- Egan, M. David, 1976, *Architectural Acoustics*, McGraw-Hill, New York
- Everest, F. Alton, Frederick Alton, 1981, *The Master Handbook of Acoustic*, TAB Book Inc.
- Ford, R.D., 1970, *Introduction to Acoustics*, Elsevier, London
- Halliday, David, Robert Resnick, Pantur Silaban, Erwin Sucipto, 1995, *Fisika*, Erlangga, Jakarta
- Kinsler, Lawrence E., Austin R. Frey, Alan B. Coppens, James V. Sanders, 1982, *Fundamentals of Acoustics*, John Wiley & Sons, New York
- Pain, H. J., 1983, *The Physics of Vibrations and Waves*, John Wiley & Sons, New York
- Priyono, Amin, 2003, *Pengukuran Koefisien Absorpsi Dan Impedansi Suara Bahan Serat Enceng Gondok Dengan Metode Tabung Impedansi Menggunakan Dua Mikrofon*, Skripsi S1 Fisika FMIPA, UNS

- Rancasa, Endang, 2003, *Uji Karakteristik Material Akustik Berbahan Dasar Sabut Kelapa Dengan Metode Tabung Impedansi Dua Mikrofon*, Skripsi S1 Fisika FMIPA, UNS
- Smith, B. J., R. J. Peters, Stephanie Owen, 1996, *Acoustics and Noise Control*, Addison Wesley, London
- Suptandar, J. Pamudji, 2004, *Faktor Akustik Dalam Perancangan Desain Interior*, Djambatan, Jakarta
- Tipler, Paul A., 1998, *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Erlangga, Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data hasil eksperimen menggunakan Tabung Impedansi Dua Mikrofon

Tabel Koefisien Serapan

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	F1	F2	F3	G1	G2	G3
f (Hz)	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-0.30	0.08	0.00	0.02	-0.08	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.01	-0.06	0.00	0.07	-0.23	0.07	0.01	0.04	0.04	0.01
6	0.29	0.12	0.28	0.29	0.40	0.14	0.11	0.12	-0.05	-0.01	0.59	0.01	-0.09	0.29	0.19	0.15	0.18	0.14	0.09
8	0.21	0.18	0.29	0.31	0.17	0.13	0.17	0.23	-0.02	0.02	-0.05	-0.01	0.02	0.12	-0.01	0.26	0.09	0.17	-0.25
10	0.34	0.24	0.21	0.28	0.24	0.13	0.27	0.18	0.00	0.06	0.18	-0.05	0.05	0.20	0.66	0.26	0.04	0.38	0.00
12	0.40	0.31	0.26	0.31	0.27	0.16	0.37	0.23	0.13	0.04	-0.43	0.15	0.55	0.50	0.13	0.26	0.08	0.40	0.06
14	0.34	0.34	0.33	0.39	0.34	0.32	0.37	0.34	-0.06	0.17	0.15	0.14	0.35	0.40	0.08	0.31	-0.13	0.38	0.33
16	0.37	0.36	0.33	0.38	0.26	0.47	0.35	0.39	0.80	-0.15	-0.01	-0.19	0.46	0.32	0.16	0.31	0.14	0.38	0.42
18	0.36	0.38	0.34	0.38	0.33	0.31	0.37	0.35	-0.44	-0.07	0.13	-0.11	0.58	0.32	0.52	0.30	0.36	0.37	0.42
20	0.35	0.38	0.36	0.38	0.29	0.19	0.39	0.39	0.00	0.21	0.13	-0.01	0.22	0.33	0.35	0.30	0.42	0.36	0.63
22	0.32	0.38	0.35	0.41	0.30	0.38	0.42	0.41	0.71	0.68	0.07	0.11	0.40	0.31	0.48	0.29	0.38	0.36	0.72
24	0.38	0.39	0.40	0.40	0.32	0.37	0.43	0.38	0.20	0.44	0.12	0.20	0.39	0.26	-0.24	0.27	0.43	0.38	0.48
26	0.36	0.43	0.44	0.41	0.38	0.44	0.41	0.38	0.22	0.47	0.12	0.11	0.32	0.27	-0.24	0.31	0.34	0.43	0.27
28	0.34	0.45	0.44	0.41	0.38	0.39	0.45	0.39	-0.28	0.62	0.12	0.67	0.25	0.34	0.21	0.34	0.48	0.46	0.38
30	0.38	0.43	0.44	0.41	0.45	0.44	0.45	0.37	0.00	0.56	0.09	0.62	0.23	0.35	0.38	0.32	0.47	0.45	0.43
32	0.38	0.44	0.38	0.43	0.38	0.42	0.44	0.36	0.92	0.41	0.05	0.03	0.27	0.32	0.60	0.30	0.32	0.43	0.31
34	0.38	0.44	0.44	0.46	0.41	0.40	0.44	0.42	0.82	0.08	-0.06	-0.09	0.36	0.28	0.60	0.30	0.30	0.42	0.40
36	0.34	0.45	0.47	0.40	0.40	0.44	0.44	0.41	0.82	-0.02	0.02	0.44	0.39	0.28	0.50	0.31	0.40	0.44	0.40
38	0.33	0.44	0.43	0.37	0.41	0.36	0.45	0.42	0.00	0.19	0.12	0.42	0.38	0.38	0.54	0.30	0.37	0.41	0.33
40	0.36	0.41	0.39	0.38	0.37	0.41	0.47	0.44	-0.14	0.46	0.07	0.92	0.43	0.35	0.63	0.31	0.33	0.42	0.13
42	0.37	0.43	0.39	0.39	0.37	0.47	0.46	0.42	0.46	0.48	0.15	0.67	0.48	0.32	0.26	0.33	0.34	0.42	0.36
44	0.34	0.46	0.40	0.39	0.36	0.48	0.45	0.39	0.85	0.29	0.13	0.11	0.52	0.31	0.26	0.32	0.36	0.42	0.45
46	0.33	0.41	0.40	0.40	0.38	0.52	0.46	0.39	0.65	0.13	0.04	0.71	0.53	0.28	0.09	0.32	0.33	0.42	0.38
48	0.33	0.41	0.42	0.40	0.41	0.49	0.46	0.39	0.22	0.41	0.15	0.58	0.46	0.29	0.06	0.33	0.35	0.41	0.33
50	0.34	0.41	0.39	0.39	0.36	0.45	0.47	0.37	0.73	0.48	0.16	0.57	0.45	0.29	0.04	0.33	0.36	0.43	0.38
52	0.32	0.40	0.39	0.40	0.33	0.48	0.49	0.39	0.51	0.50	0.13	0.53	0.44	0.28	0.11	0.34	0.42	0.42	0.37
54	0.29	0.41	0.40	0.40	0.36	0.49	0.47	0.39	-0.03	0.63	0.11	0.11	0.39	0.29	0.39	0.34	0.40	0.42	0.37
56	0.30	0.41	0.38	0.38	0.39	0.48	0.46	0.38	0.05	0.50	0.10	0.43	0.35	0.28	0.51	0.33	0.30	0.40	0.48
58	0.33	0.41	0.39	0.38	0.38	0.47	0.47	0.37	-0.12	0.19	0.12	-0.04	0.36	0.29	0.47	0.33	0.29	0.40	0.44
60	0.35	0.41	0.40	0.37	0.41	0.50	0.49	0.37	0.03	0.18	0.11	-0.21	0.44	0.28	0.49	0.34	0.31	0.40	0.34
62	0.34	0.41	0.39	0.37	0.38	0.51	0.48	0.38	0.15	0.23	0.11	0.31	0.38	0.26	0.42	0.33	0.35	0.40	0.39
64	0.33	0.41	0.39	0.37	0.35	0.50	0.48	0.37	0.03	0.32	0.11	0.58	0.37	0.26	0.35	0.32	0.38	0.40	0.45
66	0.31	0.40	0.38	0.38	0.34	0.50	0.49	0.36	-0.14	0.34	0.13	0.46	0.35	0.29	0.49	0.32	0.40	0.39	0.44
68	0.30	0.40	0.36	0.38	0.35	0.52	0.49	0.36	-0.09	0.35	0.14	0.08	0.37	0.28	0.41	0.32	0.39	0.38	0.48
70	0.29	0.40	0.37	0.38	0.35	0.50	0.49	0.34	-0.10	0.35	0.07	0.41	0.40	0.27	0.22	0.32	0.33	0.37	0.43
72	0.28	0.41	0.39	0.36	0.33	0.48	0.50	0.37	0.33	0.23	0.08	0.49	0.36	0.28	0.13	0.33	0.34	0.37	0.38
74	0.27	0.40	0.38	0.34	0.36	0.51	0.50	0.36	0.26	0.28	0.07	0.30	0.35	0.29	0.13	0.33	0.31	0.39	0.39
76	0.28	0.39	0.37	0.35	0.33	0.50	0.50	0.34	0.33	0.33	0.08	0.30	0.36	0.27	0.19	0.34	0.31	0.39	0.39
78	0.28	0.39	0.37	0.36	0.33	0.51	0.50	0.33	0.26	0.33	0.15	0.38	0.35	0.27	0.35	0.33	0.32	0.38	0.35
80	0.29	0.39	0.38	0.33	0.36	0.51	0.50	0.33	0.21	0.45	0.17	0.14	0.36	0.29	0.33	0.32	0.30	0.38	0.38
82	0.26	0.39	0.37	0.32	0.33	0.50	0.50	0.33	0.31	0.44	0.13	0.25	0.31	0.27	0.28	0.32	0.31	0.37	0.41
84	0.24	0.37	0.37	0.33	0.35	0.51	0.49	0.33	0.07	0.40	0.13	0.49	0.29	0.27	0.29	0.33	0.32	0.37	0.37
86	0.26	0.38	0.36	0.33	0.36	0.52	0.50	0.31	0.03	0.42	0.15	0.48	0.34	0.27	0.26	0.33	0.24	0.38	0.46
88	0.27	0.39	0.38	0.33	0.36	0.52	0.51	0.30	-0.17	0.47	0.12	0.20	0.31	0.26	0.39	0.34	0.26	0.38	0.48
90	0.27	0.40	0.40	0.34	0.37	0.52	0.52	0.32	0.35	0.41	0.11	0.30	0.33	0.26	0.29	0.36	0.28	0.38	0.43
92	0.28	0.40	0.39	0.34	0.36	0.53	0.52	0.32	0.51	0.30	0.13	0.23	0.34	0.28	0.26	0.36	0.32	0.39	0.47
94	0.28	0.39	0.38	0.33	0.35	0.54	0.51	0.32	0.18	0.31	0.13	0.16	0.32	0.28	0.20	0.36	0.29	0.39	0.47
96	0.27	0.40	0.39	0.33	0.33	0.53	0.50	0.31	0.36	0.34	0.13	0.23	0.32	0.28	0.20	0.36	0.27	0.39	0.45
98	0.25	0.40	0.39	0.32	0.33	0.54	0.51	0.31	0.39	0.38	0.13	0.40	0.30	0.28	0.27	0.36	0.27	0.38	0.48
100	0.24	0.40	0.38	0.32	0.37	0.54	0.51	0.30	0.14	0.39	0.13	0.31	0.29	0.26	0.34	0.36	0.27	0.39	0.51
102	0.25	0.40	0.39	0.32	0.37	0.54	0.51	0.30	0.27	0.41	0.16	0.32	0.31	0.25	0.41	0.36	0.28	0.39	0.52
104	0.25	0.40	0.39	0.31	0.34	0.53	0.51	0.31	0.35	0.42	0.14	0.34	0.35	0.25	0.43	0.37	0.26	0.39	0.50
106	0.25	0.41	0.39	0.30	0.32	0.55	0.51	0.31	0.22	0.37	0.18	0.24	0.33	0.25	0.38	0.37	0.26	0.39	0.48
108	0.25	0.42	0.40	0.31	0.33	0.55	0.51	0.31	0.22	0.41	0.17	0.28	0.35	0.26	0.47	0.38	0.27	0.40	0.48
110	0.26	0.43	0.42	0.32	0.36	0.55	0.52	0.33	0.36	0.43	0.16	0.20	0.37	0.27	0.37	0.39	0.26	0.41	0.48
112	0.24	0.43	0.43	0.32	0.37	0.55	0.52	0.31	0.27	0.39	0.13	0.27	0.34	0.28	0.23	0.39	0.25	0.41	0.50
114	0.23	0.42	0.42	0.31	0.36	0.55	0.51	0.30	0.09	0.40	0.11	0.33	0.36	0.28	0.27	0.39	0.24	0.40	0.49

116	0.22	0.42	0.42	0.31	0.35	0.55	0.51	0.30	0.11	0.44	0.15	0.32	0.35	0.25	0.33	0.40	0.24	0.41	0.51
118	0.23	0.43	0.42	0.29	0.36	0.55	0.51	0.30	0.16	0.45	0.17	0.32	0.35	0.25	0.37	0.41	0.22	0.41	0.53
120	0.23	0.43	0.43	0.29	0.34	0.56	0.51	0.30	0.15	0.45	0.15	0.25	0.33	0.26	0.39	0.42	0.25	0.41	0.53
122	0.23	0.43	0.44	0.30	0.35	0.56	0.50	0.31	-0.05	0.49	0.15	0.18	0.35	0.26	0.37	0.42	0.26	0.42	0.54
124	0.23	0.44	0.44	0.30	0.36	0.56	0.50	0.30	0.05	0.51	0.19	0.18	0.38	0.26	0.34	0.43	0.25	0.42	0.56
126	0.22	0.44	0.44	0.28	0.36	0.56	0.50	0.29	0.21	0.54	0.18	0.16	0.38	0.25	0.38	0.43	0.24	0.42	0.56
128	0.22	0.44	0.45	0.28	0.34	0.56	0.51	0.29	0.23	0.52	0.17	0.16	0.39	0.25	0.37	0.43	0.25	0.42	0.56
130	0.21	0.44	0.45	0.28	0.33	0.56	0.50	0.29	0.37	0.54	0.20	0.14	0.37	0.24	0.41	0.43	0.25	0.42	0.56
132	0.21	0.44	0.45	0.28	0.34	0.56	0.50	0.29	0.36	0.57	0.20	0.16	0.38	0.24	0.43	0.43	0.24	0.43	0.58
134	0.22	0.46	0.47	0.29	0.36	0.57	0.51	0.29	0.36	0.56	0.21	0.27	0.40	0.26	0.47	0.45	0.23	0.44	0.59
136	0.24	0.47	0.48	0.29	0.36	0.58	0.51	0.31	0.31	0.53	0.25	0.15	0.38	0.28	0.45	0.46	0.25	0.45	0.61
138	0.22	0.47	0.48	0.29	0.36	0.58	0.51	0.30	0.31	0.51	0.20	0.19	0.37	0.27	0.47	0.46	0.24	0.45	0.60
140	0.22	0.47	0.49	0.29	0.36	0.58	0.51	0.30	0.31	0.51	0.23	0.24	0.39	0.26	0.45	0.47	0.24	0.45	0.60
142	0.22	0.47	0.49	0.29	0.37	0.58	0.51	0.30	0.33	0.54	0.26	0.14	0.42	0.27	0.42	0.47	0.24	0.46	0.61
144	0.23	0.48	0.50	0.28	0.37	0.58	0.51	0.30	0.28	0.56	0.25	0.17	0.42	0.27	0.44	0.48	0.23	0.46	0.61
146	0.22	0.48	0.50	0.28	0.37	0.59	0.51	0.30	0.24	0.58	0.23	0.21	0.42	0.26	0.45	0.49	0.23	0.47	0.62
148	0.22	0.49	0.50	0.28	0.38	0.59	0.51	0.31	0.17	0.57	0.22	0.25	0.40	0.27	0.45	0.50	0.23	0.47	0.63
150	0.21	0.49	0.51	0.28	0.38	0.59	0.51	0.31	0.20	0.57	0.26	0.21	0.41	0.27	0.48	0.50	0.22	0.48	0.64
152	0.21	0.49	0.51	0.28	0.38	0.59	0.51	0.31	0.30	0.59	0.27	0.04	0.44	0.27	0.46	0.51	0.22	0.48	0.65
154	0.22	0.50	0.52	0.28	0.39	0.59	0.51	0.31	0.29	0.61	0.27	0.08	0.45	0.27	0.47	0.51	0.21	0.49	0.64
156	0.22	0.50	0.53	0.28	0.38	0.60	0.51	0.31	0.17	0.62	0.30	0.25	0.45	0.27	0.48	0.52	0.22	0.50	0.65
158	0.23	0.51	0.53	0.28	0.38	0.60	0.51	0.32	0.25	0.62	0.31	0.23	0.45	0.27	0.47	0.53	0.21	0.50	0.66
160	0.21	0.52	0.53	0.29	0.38	0.60	0.51	0.32	0.26	0.63	0.29	0.19	0.47	0.27	0.51	0.54	0.22	0.51	0.68
162	0.21	0.52	0.54	0.28	0.39	0.61	0.51	0.32	0.34	0.64	0.33	0.21	0.47	0.27	0.51	0.55	0.21	0.52	0.68
164	0.23	0.52	0.54	0.28	0.39	0.61	0.51	0.33	0.26	0.64	0.35	0.22	0.48	0.27	0.49	0.55	0.20	0.52	0.68
166	0.23	0.52	0.55	0.28	0.39	0.61	0.51	0.33	0.24	0.64	0.36	0.20	0.48	0.27	0.52	0.56	0.21	0.53	0.68
168	0.23	0.53	0.55	0.29	0.40	0.61	0.51	0.33	0.31	0.65	0.36	0.23	0.48	0.28	0.52	0.57	0.21	0.53	0.69
170	0.22	0.53	0.56	0.28	0.41	0.61	0.51	0.34	0.27	0.67	0.37	0.25	0.49	0.27	0.54	0.57	0.22	0.54	0.70
172	0.23	0.54	0.56	0.28	0.40	0.62	0.51	0.34	0.22	0.68	0.36	0.20	0.51	0.27	0.54	0.58	0.21	0.54	0.70
174	0.22	0.54	0.56	0.28	0.41	0.62	0.51	0.34	0.26	0.69	0.37	0.18	0.51	0.28	0.55	0.59	0.20	0.55	0.70
176	0.23	0.54	0.56	0.28	0.41	0.62	0.51	0.34	0.24	0.68	0.39	0.23	0.52	0.27	0.57	0.59	0.19	0.55	0.71
178	0.23	0.55	0.57	0.28	0.42	0.62	0.51	0.35	0.31	0.70	0.40	0.29	0.52	0.28	0.56	0.60	0.20	0.56	0.72
180	0.23	0.55	0.57	0.28	0.41	0.63	0.51	0.34	0.31	0.70	0.41	0.28	0.53	0.28	0.57	0.60	0.21	0.56	0.72
182	0.23	0.55	0.57	0.28	0.42	0.63	0.51	0.35	0.29	0.71	0.43	0.28	0.54	0.28	0.58	0.61	0.21	0.57	0.72
184	0.23	0.56	0.58	0.28	0.43	0.63	0.51	0.35	0.30	0.71	0.45	0.25	0.54	0.28	0.57	0.62	0.20	0.58	0.73
186	0.23	0.56	0.58	0.28	0.43	0.64	0.51	0.36	0.30	0.72	0.44	0.18	0.54	0.29	0.58	0.63	0.21	0.58	0.73
188	0.23	0.56	0.58	0.28	0.43	0.64	0.51	0.36	0.31	0.73	0.46	0.18	0.55	0.28	0.59	0.63	0.21	0.59	0.73
190	0.24	0.57	0.58	0.29	0.44	0.64	0.52	0.37	0.28	0.74	0.46	0.27	0.56	0.28	0.61	0.64	0.22	0.60	0.73
192	0.24	0.57	0.58	0.29	0.45	0.65	0.52	0.37	0.26	0.74	0.48	0.30	0.57	0.28	0.60	0.65	0.22	0.61	0.74
194	0.24	0.57	0.58	0.29	0.45	0.65	0.52	0.38	0.28	0.75	0.49	0.24	0.58	0.28	0.60	0.65	0.22	0.61	0.74
196	0.24	0.57	0.58	0.28	0.45	0.65	0.52	0.38	0.27	0.75	0.47	0.20	0.58	0.28	0.61	0.66	0.21	0.62	0.74
198	0.24	0.58	0.58	0.28	0.45	0.65	0.52	0.38	0.26	0.76	0.49	0.22	0.59	0.29	0.63	0.66	0.21	0.62	0.75
200	0.23	0.58	0.59	0.28	0.45	0.66	0.52	0.38	0.31	0.77	0.51	0.21	0.60	0.29	0.63	0.67	0.21	0.63	0.75
202	0.23	0.58	0.58	0.28	0.45	0.66	0.52	0.38	0.29	0.77	0.52	0.22	0.61	0.28	0.64	0.67	0.20	0.63	0.75
204	0.24	0.58	0.58	0.28	0.46	0.66	0.52	0.39	0.29	0.78	0.53	0.22	0.61	0.28	0.64	0.68	0.20	0.64	0.75
206	0.24	0.58	0.59	0.28	0.47	0.66	0.53	0.39	0.29	0.79	0.53	0.24	0.61	0.28	0.64	0.68	0.21	0.64	0.76
208	0.25	0.59	0.59	0.29	0.47	0.67	0.53	0.40	0.33	0.79	0.55	0.24	0.62	0.29	0.65	0.69	0.21	0.65	0.76
210	0.25	0.59	0.59	0.29	0.48	0.67	0.53	0.40	0.33	0.80	0.57	0.22	0.63	0.30	0.67	0.70	0.22	0.66	0.76
212	0.24	0.59	0.59	0.29	0.48	0.68	0.54	0.41	0.35	0.80	0.57	0.22	0.64	0.30	0.68	0.70	0.22	0.66	0.76
214	0.25	0.59	0.59	0.28	0.48	0.68	0.54	0.41	0.32	0.80	0.58	0.23	0.64	0.29	0.67	0.71	0.21	0.67	0.76
216	0.25	0.59	0.59	0.28	0.49	0.68	0.54	0.41	0.31	0.81	0.59	0.23	0.65	0.29	0.68	0.71	0.21	0.67	0.76
218	0.25	0.59	0.59	0.29	0.49	0.68	0.54	0.42	0.30	0.82	0.60	0.25	0.65	0.29	0.69	0.72	0.20	0.68	0.77
220	0.25	0.59	0.59	0.29	0.49	0.69	0.54	0.42	0.28	0.82	0.61	0.24	0.66	0.30	0.69	0.72	0.20	0.68	0.77
222	0.26	0.60	0.59	0.29	0.50	0.69	0.55	0.43	0.25	0.82	0.61	0.24	0.67	0.30	0.70	0.73	0.21	0.69	0.77
224	0.26	0.60	0.59	0.29	0.50	0.69	0.55	0.43	0.27	0.83	0.63	0.25	0.67	0.30	0.70	0.73	0.21	0.70	0.77
226	0.26	0.60	0.59	0.30	0.51	0.70	0.55	0.44	0.31	0.83	0.63	0.25	0.68	0.31	0.71	0.74	0.21	0.70	0.77
228	0.27	0.60	0.59	0.30	0.51	0.70	0.56	0.44	0.33	0.83	0.64	0.27	0.68	0.31	0.71	0.74	0.21	0.71	0.77
230	0.26	0.60	0.59	0.29	0.51	0.70	0.56	0.44	0.33	0.84	0.65	0.25	0.69	0.31	0.72	0.74	0.21	0.71	0.77
232	0.27	0.60	0.59	0.30	0.52	0.71	0.56	0.45	0.33	0.84	0.66	0.26	0.70	0.30	0.73	0.75	0.21	0.72	0.77
234	0.27	0.60	0.58	0.30	0.52	0.71	0.56	0.45	0.32	0.84	0.67	0.26	0.70	0.31	0.73	0.75	0.21	0.72	0.77
236	0.27	0.60	0.58	0.29	0.53	0.71	0.57	0.45	0.30	0.84	0.68	0.24	0.71	0.31	0.74	0.76	0.21	0.73	0.77
238	0.27	0.60	0.58	0.29	0.53	0.72	0.57	0.46	0.32	0.85	0.68	0.25	0.71	0.31	0.74	0.76	0.21	0.73	0.77
240	0.27	0.60	0.58	0.29	0.53	0.72	0.57	0.46	0.31	0.85	0.69	0.27	0.72	0.31	0.75	0.77	0.21	0.74	0.77
242	0.27	0.60	0.58	0.29	0.54	0.72	0.57	0.46	0.31	0.85	0.70	0.25	0.72	0.31	0.75	0.77	0.21	0.74	0.77
244	0.27	0.60	0.58	0.29	0.54	0.72	0.58	0.47	0.31	0.85	0.71	0.24	0.73	0.31	0.75	0.77	0.21	0.75	0.77
246	0.27	0.59	0.57	0.30	0.54	0.73	0.58	0.47	0.32	0.85	0.72	0.24	0.74	0.31	0.75	0.78	0.22	0.75	0.77
248	0.28	0.59	0.57	0.30	0.55	0.73	0.58	0.48	0.33	0.85	0.72	0.26	0.74	0.31	0.76	0.78	0.22	0.75	0.77

256	0.29	0.59	0.56	0.31	0.57	0.74	0.60	0.49	0.33	0.86	0.73	0.26	0.76	0.32	0.78	0.80	0.22	0.78	0.77
258	0.29	0.59	0.56	0.31	0.58	0.75	0.61	0.50	0.32	0.86	0.74	0.27	0.77	0.33	0.78	0.80	0.22	0.78	0.77
260	0.30	0.59	0.56	0.31	0.58	0.75	0.61	0.50	0.32	0.86	0.74	0.28	0.77	0.33	0.79	0.80	0.22	0.79	0.77
262	0.30	0.59	0.55	0.31	0.59	0.75	0.62	0.51	0.32	0.86	0.74	0.28	0.78	0.33	0.79	0.81	0.22	0.79	0.77
264	0.30	0.59	0.55	0.31	0.59	0.75	0.62	0.51	0.32	0.86	0.74	0.27	0.78	0.33	0.79	0.81	0.22	0.79	0.77
266	0.30	0.59	0.55	0.31	0.59	0.76	0.62	0.51	0.32	0.86	0.74	0.28	0.78	0.34	0.80	0.81	0.22	0.80	0.76
268	0.31	0.59	0.55	0.32	0.60	0.76	0.63	0.52	0.33	0.86	0.74	0.28	0.79	0.34	0.80	0.81	0.22	0.80	0.76
270	0.31	0.58	0.54	0.32	0.60	0.76	0.63	0.52	0.32	0.86	0.75	0.27	0.79	0.34	0.80	0.82	0.22	0.81	0.76
272	0.31	0.58	0.54	0.32	0.61	0.77	0.64	0.53	0.33	0.86	0.75	0.28	0.80	0.35	0.81	0.82	0.22	0.81	0.76
274	0.31	0.58	0.54	0.32	0.61	0.77	0.64	0.53	0.33	0.86	0.75	0.28	0.80	0.35	0.81	0.82	0.22	0.82	0.76
276	0.32	0.58	0.54	0.32	0.61	0.77	0.65	0.54	0.33	0.86	0.76	0.29	0.80	0.35	0.82	0.83	0.22	0.82	0.76
278	0.32	0.58	0.53	0.33	0.62	0.78	0.65	0.54	0.35	0.86	0.76	0.28	0.81	0.35	0.82	0.83	0.22	0.82	0.75
280	0.32	0.57	0.53	0.33	0.62	0.78	0.65	0.54	0.34	0.86	0.76	0.28	0.81	0.36	0.82	0.83	0.22	0.83	0.75
282	0.32	0.57	0.53	0.33	0.63	0.78	0.66	0.55	0.35	0.86	0.76	0.28	0.82	0.36	0.83	0.83	0.22	0.83	0.75
284	0.33	0.57	0.53	0.33	0.63	0.79	0.66	0.55	0.35	0.86	0.77	0.28	0.82	0.36	0.83	0.83	0.22	0.83	0.75
286	0.33	0.57	0.52	0.34	0.63	0.79	0.67	0.56	0.34	0.86	0.77	0.28	0.82	0.36	0.83	0.84	0.23	0.84	0.74
288	0.33	0.56	0.52	0.34	0.64	0.79	0.67	0.56	0.35	0.86	0.77	0.29	0.83	0.37	0.83	0.84	0.23	0.84	0.74
290	0.34	0.56	0.52	0.34	0.64	0.80	0.68	0.57	0.37	0.86	0.77	0.29	0.83	0.37	0.84	0.84	0.23	0.84	0.74
292	0.34	0.56	0.52	0.34	0.65	0.80	0.68	0.57	0.37	0.85	0.77	0.29	0.83	0.37	0.84	0.84	0.23	0.85	0.74
294	0.34	0.55	0.51	0.35	0.65	0.80	0.68	0.57	0.38	0.85	0.77	0.29	0.84	0.37	0.84	0.84	0.23	0.85	0.74
296	0.35	0.55	0.51	0.35	0.66	0.80	0.69	0.58	0.38	0.86	0.77	0.29	0.84	0.38	0.84	0.85	0.23	0.85	0.74
298	0.35	0.55	0.51	0.35	0.66	0.81	0.69	0.58	0.38	0.85	0.77	0.30	0.84	0.38	0.85	0.85	0.23	0.86	0.73
300	0.35	0.54	0.51	0.35	0.66	0.81	0.70	0.59	0.38	0.86	0.77	0.30	0.85	0.38	0.85	0.85	0.23	0.86	0.73
302	0.35	0.54	0.50	0.35	0.67	0.81	0.70	0.59	0.38	0.86	0.77	0.30	0.85	0.38	0.85	0.85	0.23	0.86	0.73
304	0.36	0.53	0.50	0.36	0.67	0.82	0.71	0.59	0.39	0.86	0.77	0.31	0.85	0.38	0.85	0.85	0.24	0.87	0.73
306	0.36	0.53	0.50	0.36	0.68	0.82	0.71	0.60	0.40	0.86	0.77	0.30	0.86	0.38	0.86	0.85	0.24	0.87	0.74
308	0.36	0.53	0.49	0.36	0.68	0.82	0.71	0.60	0.41	0.87	0.76	0.31	0.86	0.38	0.86	0.86	0.24	0.87	0.74
310	0.36	0.52	0.49	0.37	0.69	0.82	0.72	0.61	0.42	0.87	0.76	0.31	0.86	0.38	0.86	0.86	0.24	0.88	0.73
312	0.36	0.52	0.49	0.37	0.69	0.83	0.72	0.61	0.43	0.88	0.76	0.32	0.86	0.38	0.86	0.86	0.24	0.88	0.72
314	0.37	0.52	0.49	0.37	0.70	0.83	0.73	0.62	0.44	0.89	0.75	0.32	0.87	0.39	0.86	0.86	0.24	0.88	0.71
316	0.37	0.51	0.49	0.37	0.70	0.83	0.73	0.62	0.45	0.90	0.75	0.32	0.87	0.39	0.87	0.86	0.24	0.89	0.69
318	0.38	0.51	0.49	0.37	0.70	0.83	0.74	0.62	0.46	0.91	0.74	0.32	0.87	0.39	0.87	0.86	0.24	0.89	0.68
320	0.38	0.50	0.49	0.37	0.71	0.83	0.74	0.63	0.47	0.93	0.73	0.32	0.87	0.39	0.87	0.86	0.25	0.89	0.67
322	0.39	0.50	0.49	0.37	0.71	0.84	0.74	0.63	0.49	0.94	0.72	0.32	0.87	0.40	0.87	0.86	0.25	0.89	0.67
324	0.39	0.50	0.49	0.38	0.72	0.84	0.75	0.64	0.50	0.95	0.71	0.33	0.88	0.40	0.87	0.86	0.25	0.89	0.67
326	0.40	0.50	0.49	0.38	0.72	0.84	0.75	0.64	0.52	0.97	0.70	0.33	0.88	0.40	0.87	0.86	0.25	0.89	0.67
328	0.40	0.50	0.49	0.38	0.73	0.84	0.76	0.64	0.54	0.98	0.68	0.33	0.88	0.40	0.87	0.86	0.25	0.90	0.67
330	0.41	0.50	0.49	0.38	0.73	0.84	0.76	0.65	0.55	0.99	0.67	0.33	0.88	0.41	0.88	0.87	0.25	0.90	0.67
332	0.41	0.50	0.50	0.38	0.74	0.84	0.77	0.65	0.58	1.00	0.65	0.34	0.88	0.41	0.88	0.87	0.25	0.90	0.67
334	0.42	0.51	0.50	0.39	0.74	0.84	0.77	0.66	0.60	1.00	0.64	0.34	0.88	0.41	0.88	0.87	0.25	0.90	0.67
336	0.43	0.52	0.51	0.39	0.74	0.85	0.77	0.66	0.63	0.99	0.62	0.34	0.88	0.41	0.88	0.87	0.26	0.90	0.67
338	0.43	0.53	0.52	0.39	0.75	0.85	0.78	0.66	0.65	0.98	0.60	0.34	0.89	0.42	0.88	0.87	0.26	0.90	0.67
340	0.44	0.55	0.54	0.39	0.75	0.85	0.78	0.67	0.67	0.97	0.59	0.35	0.89	0.42	0.88	0.87	0.26	0.91	0.66
342	0.45	0.57	0.55	0.40	0.76	0.85	0.79	0.67	0.70	0.96	0.58	0.35	0.89	0.42	0.88	0.87	0.26	0.91	0.66
344	0.46	0.60	0.57	0.40	0.76	0.85	0.79	0.68	0.72	0.93	0.56	0.35	0.89	0.43	0.89	0.87	0.27	0.91	0.66
346	0.46	0.62	0.58	0.40	0.77	0.85	0.79	0.68	0.74	0.92	0.55	0.35	0.89	0.43	0.89	0.87	0.27	0.91	0.65
348	0.48	0.65	0.61	0.41	0.77	0.85	0.80	0.69	0.77	0.89	0.55	0.36	0.89	0.43	0.89	0.87	0.27	0.91	0.65
350	0.49	0.69	0.63	0.41	0.78	0.85	0.80	0.69	0.78	0.87	0.55	0.36	0.89	0.43	0.89	0.87	0.27	0.91	0.65
352	0.50	0.72	0.65	0.41	0.78	0.86	0.81	0.69	0.80	0.85	0.55	0.36	0.89	0.43	0.89	0.87	0.27	0.91	0.64
354	0.52	0.75	0.68	0.41	0.79	0.86	0.81	0.70	0.80	0.82	0.55	0.36	0.89	0.44	0.89	0.87	0.28	0.91	0.64
356	0.53	0.79	0.71	0.42	0.79	0.86	0.82	0.70	0.80	0.80	0.55	0.36	0.89	0.44	0.89	0.87	0.28	0.91	0.64
358	0.55	0.82	0.74	0.42	0.80	0.86	0.82	0.71	0.80	0.78	0.56	0.37	0.90	0.44	0.89	0.87	0.28	0.92	0.64
360	0.57	0.85	0.76	0.42	0.80	0.86	0.82	0.71	0.80	0.77	0.57	0.37	0.90	0.44	0.89	0.87	0.28	0.92	0.64
362	0.59	0.88	0.80	0.42	0.80	0.86	0.83	0.72	0.79	0.75	0.58	0.37	0.90	0.44	0.89	0.87	0.28	0.92	0.63
364	0.62	0.90	0.82	0.42	0.81	0.86	0.83	0.72	0.78	0.73	0.59	0.37	0.90	0.44	0.89	0.87	0.28	0.92	0.63
366	0.65	0.93	0.85	0.42	0.81	0.86	0.83	0.72	0.76	0.71	0.61	0.37	0.90	0.45	0.89	0.87	0.28	0.92	0.63
368	0.67	0.95	0.87	0.43	0.82	0.86	0.84	0.73	0.75	0.70	0.62	0.38	0.90	0.45	0.89	0.87	0.29	0.92	0.64
370	0.72	0.96	0.90	0.43	0.82	0.86	0.84	0.73	0.73	0.68	0.63	0.38	0.90	0.45	0.89	0.87	0.29	0.92	0.63
372	0.75	0.97	0.92	0.43	0.83	0.86	0.85	0.74	0.71	0.67	0.64	0.38	0.90	0.45	0.89	0.87	0.29	0.92	0.63
374	0.79	0.98	0.94	0.43	0.83	0.86	0.85	0.74	0.69	0.65	0.65	0.38	0.90	0.45	0.89	0.86	0.29	0.92	0.63
376	0.82	0.99	0.95	0.44	0.83	0.86	0.85	0.75	0.68	0.64	0.66	0.38	0.90	0.46	0.89	0.86	0.30	0.92	0.63
378	0.84	0.99	0.96	0.44	0.84	0.86	0.86	0.75	0.67	0.64	0.67	0.38	0.90	0.46	0.89	0.86	0.30	0.92	0.63
380	0.86	0.99	0.97	0.44	0.84	0.86	0.86	0.75	0.66	0.63	0.68	0.38	0.90	0.46	0.89	0.86	0.31	0.92	0.63
382	0.87	0.98	0.97	0.44	0.85	0.86	0.86	0.76	0.65	0.62	0.69	0.39	0.89	0.46	0.89	0.86	0.31	0.92	0.63
384	0.87	0.98	0.98	0.44	0.85	0.86	0.87	0.76	0.64	0.62	0.70	0.39	0.89	0.47	0.89	0.86	0.31	0.92	0.63
386	0.86	0.98	0.98	0.44	0.85	0.86	0.87	0.77	0.62	0.62	0.71	0.39	0.89	0.47	0.89	0.85	0.31	0.92	0.63
388	0.85	0.98	0.98	0.45	0.86	0.86	0.87	0.77	0.61	0.61	0.72	0.39	0.89	0.47	0.89	0.85	0.31	0.92	0.63

Lampiran 2

Data eksperimen pada 1/3 Oktave Center Frequency (Hz)

Tabel 1/3 Oktave Center Frequency (Hz) sampel uji

Sampel	Koefisien Serapan																
	1/3 Oktave Center Frequency (Hz)																
	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1.000	1250	1600
A1	0.36	0.34	0.34	0.29	0.24	0.23	0.21	0.23	0.28	0.37	0.69	0.49	0.70	0.71	0.68	0.76	0.83
A2	0.41	0.41	0.41	0.39	0.40	0.44	0.52	0.58	0.59	0.52	0.95	0.74	0.67	0.72	0.83	0.68	0.78
A3	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.44	0.53	0.59	0.57	0.49	0.96	0.69	0.60	0.63	0.61	0.58	0.52
B1	0.38	0.39	0.37	0.33	0.32	0.29	0.29	0.28	0.31	0.37	0.47	0.60	0.77	0.79	0.73	0.76	0.76
B2	0.37	0.36	0.37	0.36	0.37	0.36	0.38	0.45	0.55	0.70	0.88	0.98	0.95	1.00	0.87	0.61	0.56
B3	0.41	0.45	0.51	0.51	0.54	0.56	0.60	0.66	0.73	0.83	0.86	0.73	0.77	0.79	0.77	0.66	0.67
C2	0.47	0.47	0.48	0.50	0.51	0.50	0.51	0.52	0.59	0.73	0.89	0.99	0.96	0.82	0.71	0.70	0.70
C3	0.44	0.37	0.38	0.33	0.30	0.30	0.32	0.38	0.48	0.62	0.79	0.96	0.96	0.99	0.77	0.63	0.46
D1	-0.14	0.73	0.10	0.21	0.14	0.13	0.26	0.31	0.32	0.45	0.56	0.59	0.70	0.71	0.68	0.72	0.83
D2	0.46	0.48	0.28	0.45	0.39	0.53	0.63	0.77	0.86	0.90	0.60	0.91	0.89	0.84	0.80	0.77	0.74
D3	0.07	0.16	0.11	0.17	0.13	0.19	0.29	0.51	0.72	0.75	0.77	0.95	0.99	0.85	0.84	0.61	0.49
E1	0.92	0.57	0.45	0.14	0.31	0.17	0.19	0.21	0.27	0.32	0.40	0.64	0.63	0.85	0.81	0.85	0.83
E2	0.43	0.45	0.38	0.36	0.29	0.38	0.47	0.60	0.75	0.87	0.88	0.78	0.87	0.73	0.73	0.78	0.72
F1	0.35	0.29	0.26	0.29	0.26	0.26	0.27	0.29	0.31	0.39	0.49	0.60	0.74	0.71	0.71	0.77	0.81
F2	0.63	0.04	0.39	0.33	0.34	0.36	0.51	0.63	0.77	0.87	0.89	0.83	0.70	0.78	0.78	0.72	0.68
F3	0.31	0.33	0.33	0.32	0.36	0.43	0.54	0.67	0.78	0.86	0.85	0.79	0.76	0.91	0.70	0.68	0.67
G1	0.33	0.36	0.37	0.30	0.27	0.25	0.22	0.21	0.22	0.24	0.30	0.44	0.77	0.70	0.98	0.86	0.64
G2	0.42	0.43	0.40	0.38	0.39	0.42	0.51	0.63	0.76	0.89	0.92	0.86	0.75	0.71	0.69	0.78	0.75
G3	0.13	0.38	0.42	0.38	0.51	0.56	0.68	0.75	0.77	0.70	0.64	0.67	0.68	0.83	0.70	0.67	0.69

Lampiran 3

Data Sampel Uji

Sampel A1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel A2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm

Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel A3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate

Thickness: 1 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel B1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel B2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel B3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel C1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel C2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel C3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm2
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m2
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m3
Diameter of holes: 10 mm

Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel D1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel D2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel D3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 1.5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel E1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel E2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel E3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 3 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel F1

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel F2

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 5 mm
Area/hole: 100 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel F3

Properties of layer no. 1
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
Type: Porous/Delany-Bazley
Thickness: 9 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
Type: Air
Thickness: 50 mm
Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
Type: Porous/Mechel
Thickness: 25 mm
Resistivity: 10 kPa.s/m²
Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
Type: Perforated plate
Thickness: 5 mm
Density: 2700 kg/m³
Diameter of holes: 10 mm
Area/hole: 225 mm²
Resistance: 0 Pa.s/m
Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel G1

Properties of layer no. 1
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 5 mm
 Area/hole: 100 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
 Type: Porous/Delany-Bazley
 Thickness: 9 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 4
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 5
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 5 mm
 Area/hole: 100 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel G2

Properties of layer no. 1
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 5 mm
 Area/hole: 100 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
 Type: Air
 Thickness: 50 mm
 Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
 Type: Porous/Delany-Bazley
 Thickness: 9 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
 Type: Air
 Thickness: 50 mm
 Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 6
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 5 mm
 Area/hole: 100 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

Sampel G3

Properties of layer no. 1
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 10 mm
 Area/hole: 225 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

Properties of layer no. 2
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 3
 Type: Air
 Thickness: 50 mm
 Att.coefficient: 0 1/km

Properties of layer no. 4
 Type: Porous/Delany-Bazley
 Thickness: 9 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²

Properties of layer no. 5
 Type: Air
 Thickness: 50 mm
 Att.coefficient: 0 1/km

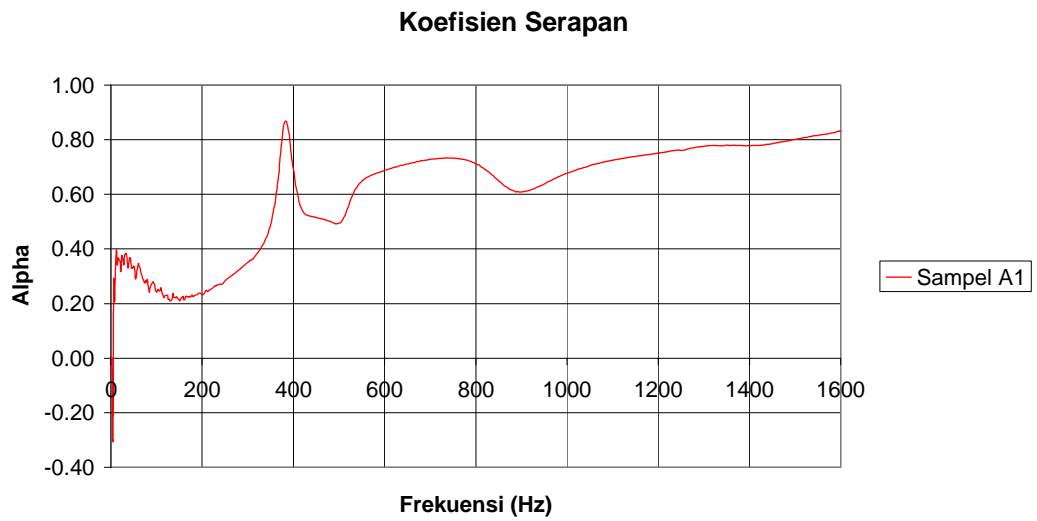
Properties of layer no. 6
 Type: Porous/Mechel
 Thickness: 25 mm
 Resistivity: 10 kPa.s/m²
 Porosity: 95 %

Properties of layer no. 7
 Type: Perforated plate
 Thickness: 8 mm
 Density: 2700 kg/m³
 Diameter of holes: 10 mm
 Area/hole: 225 mm²
 Resistance: 0 Pa.s/m
 Res. corr.: 0 <0-1>

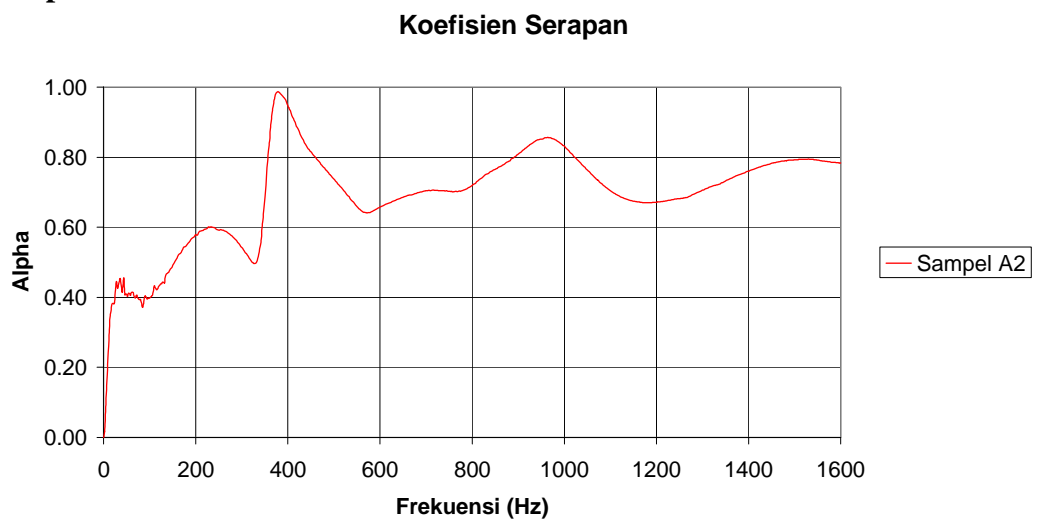
Lampiran 4

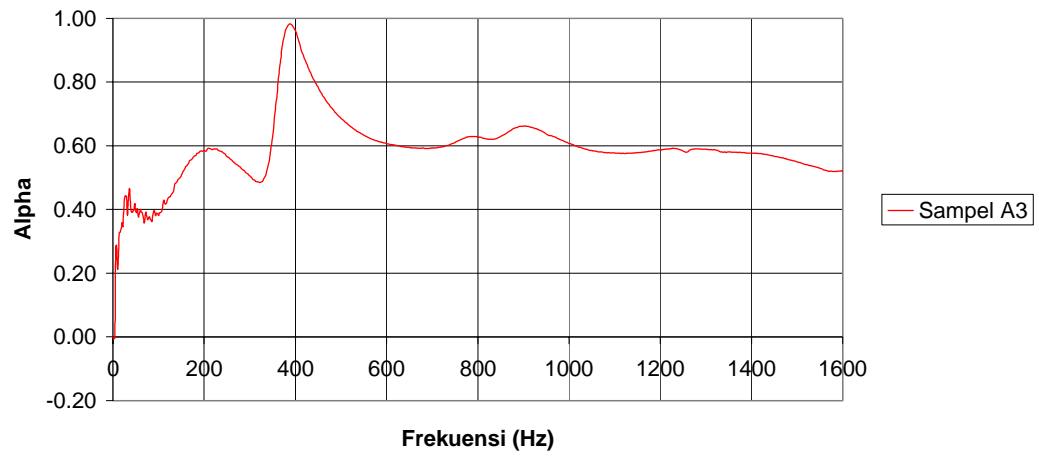
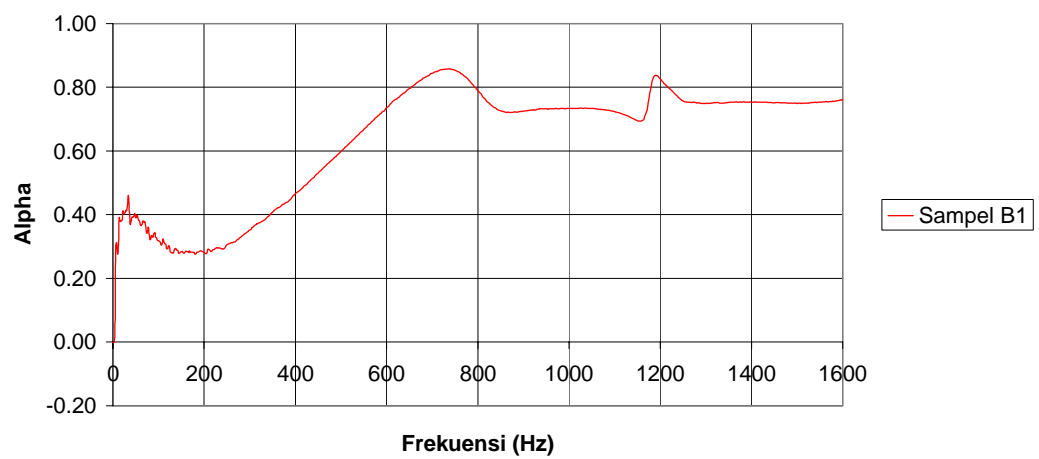
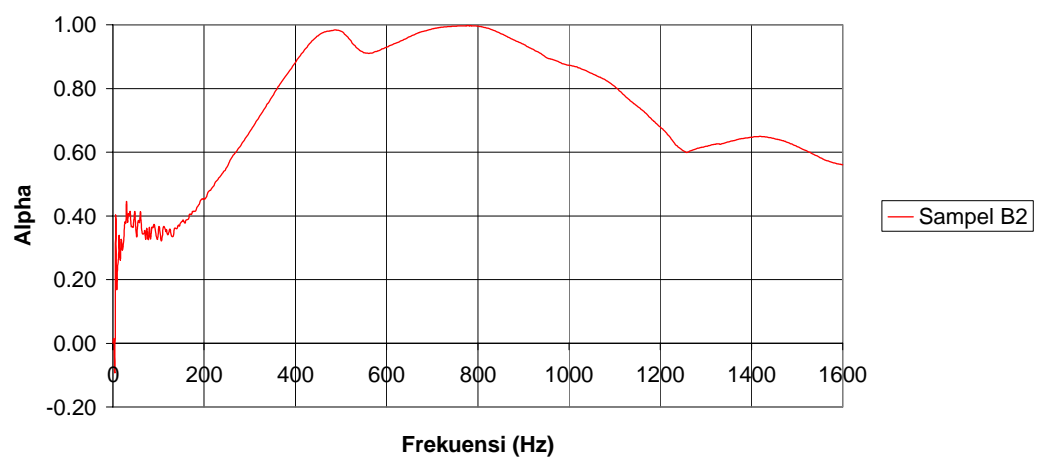
Grafik Sampel Uji Hasil Eksperimen

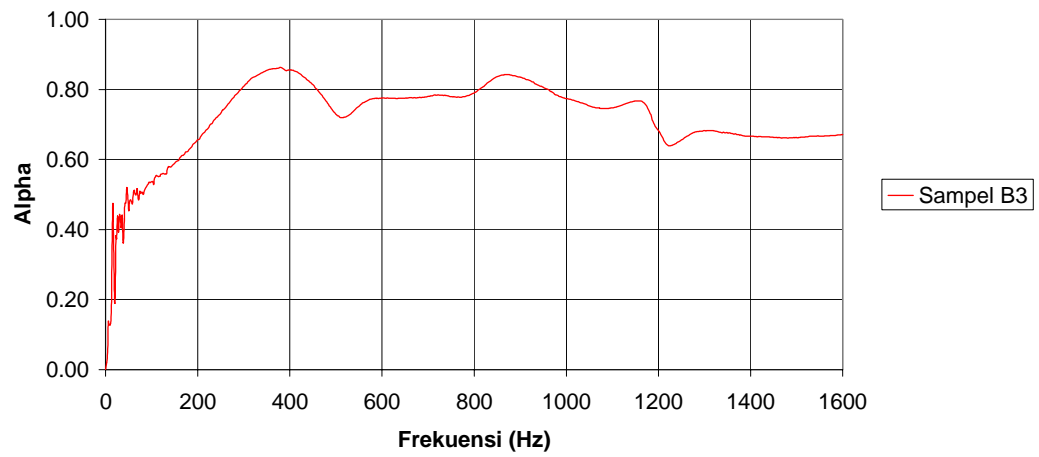
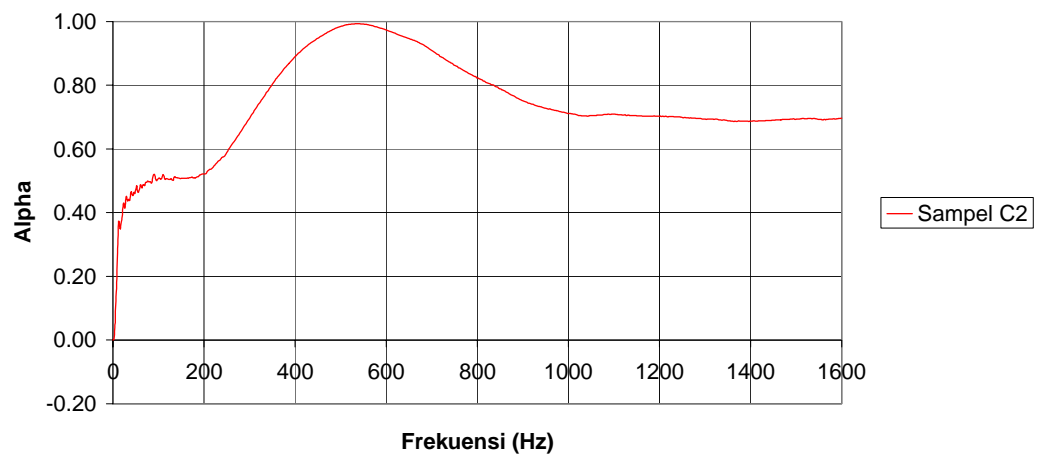
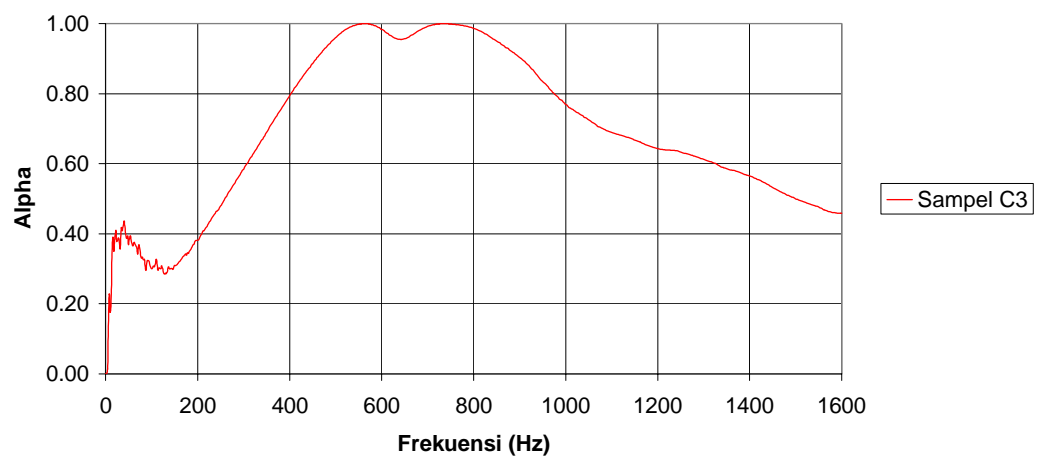
Sampel A1

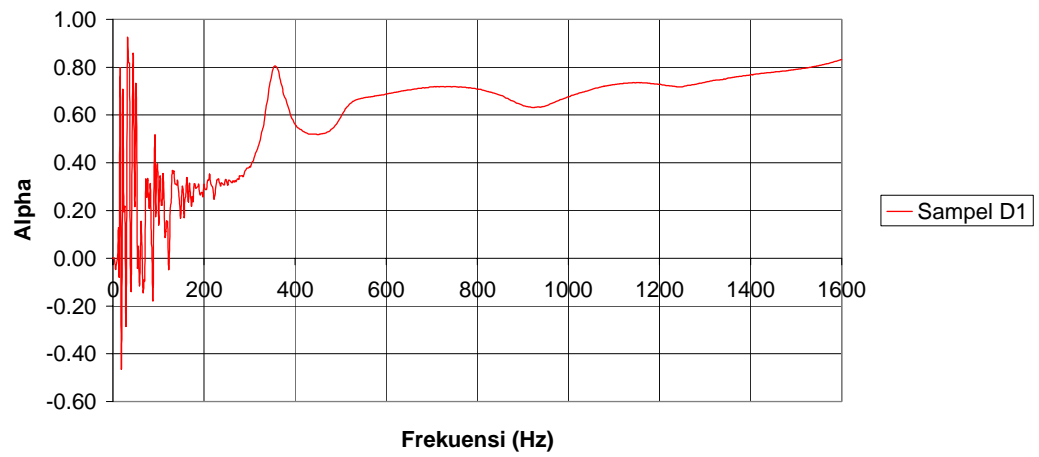
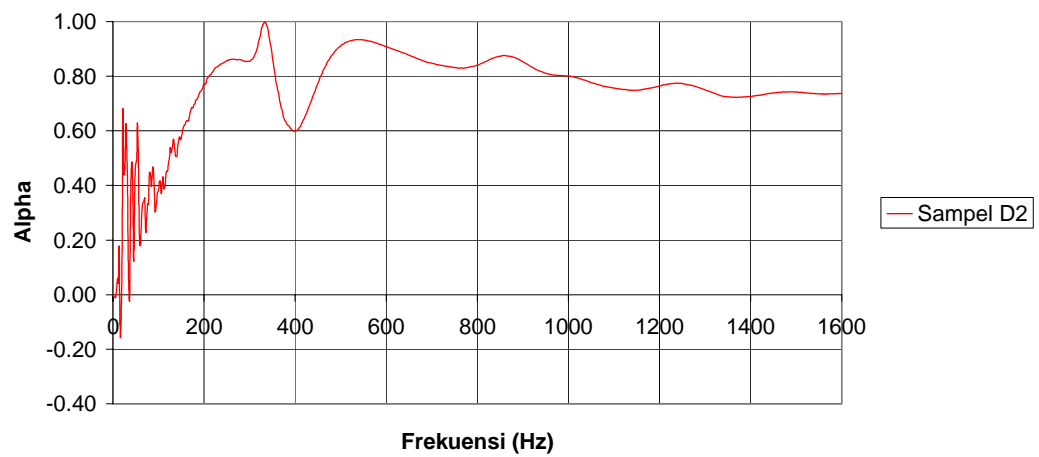
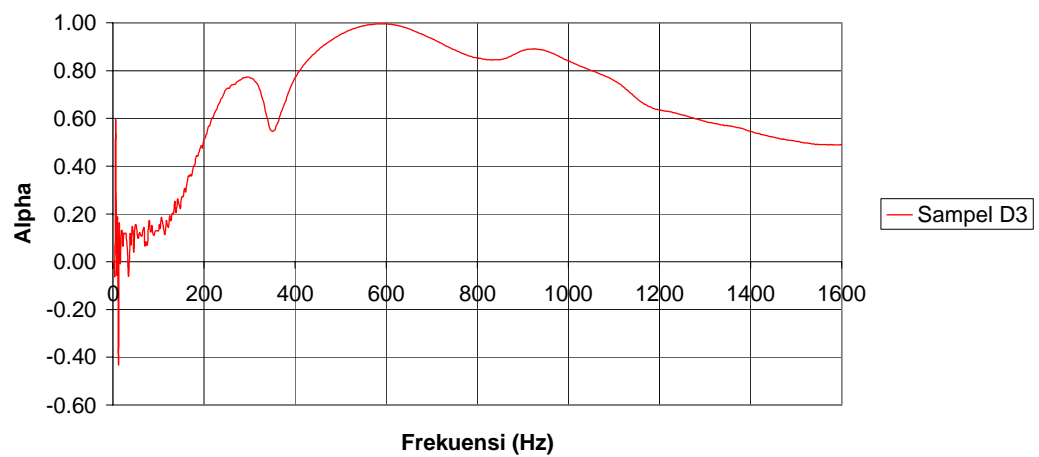


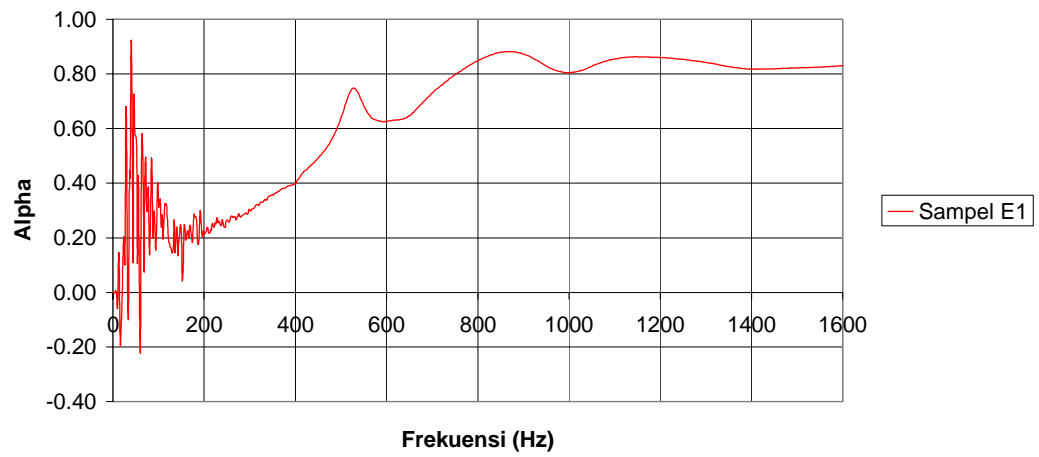
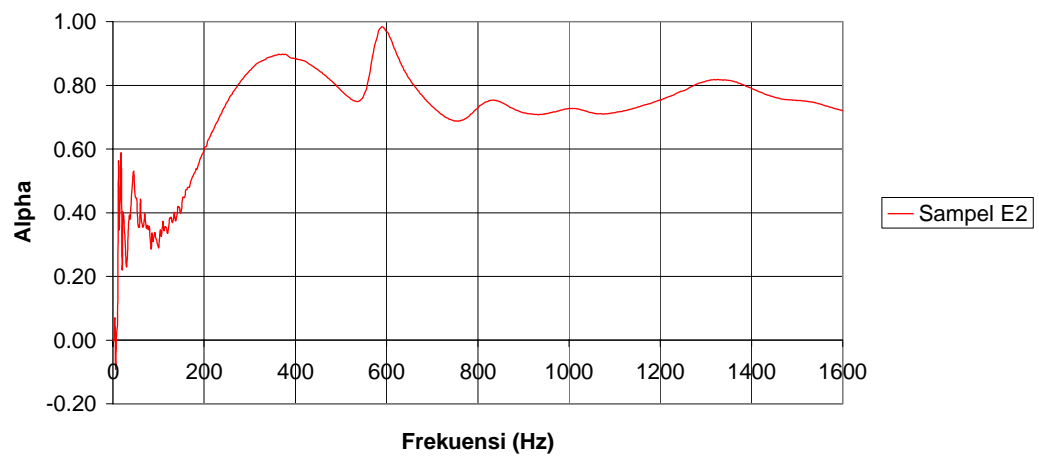
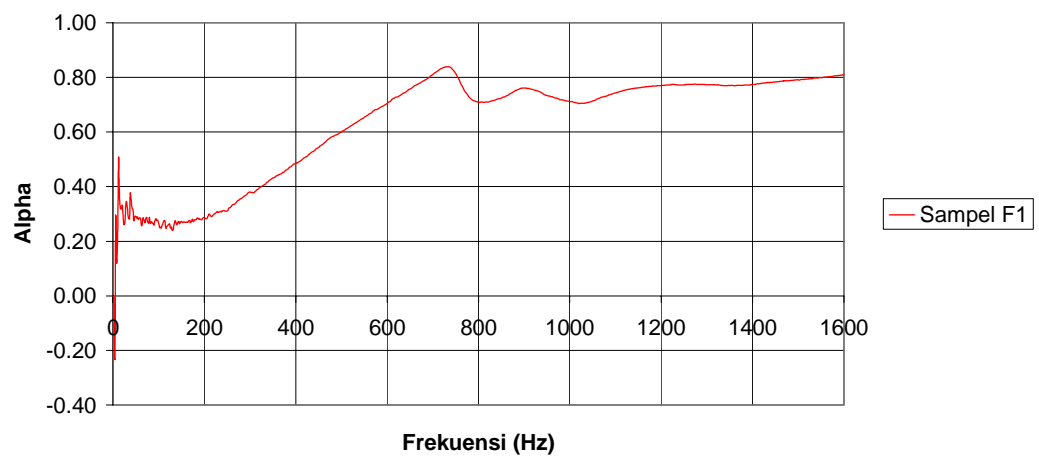
Sampel A2

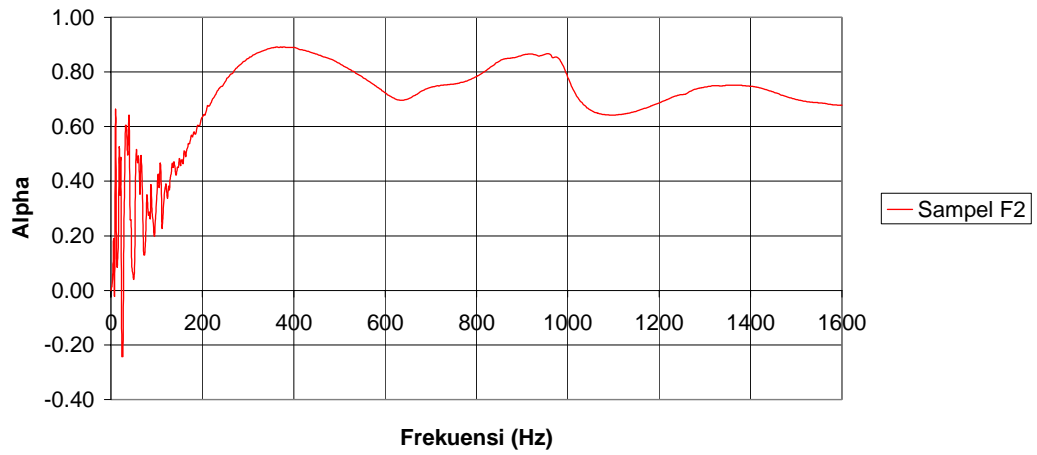
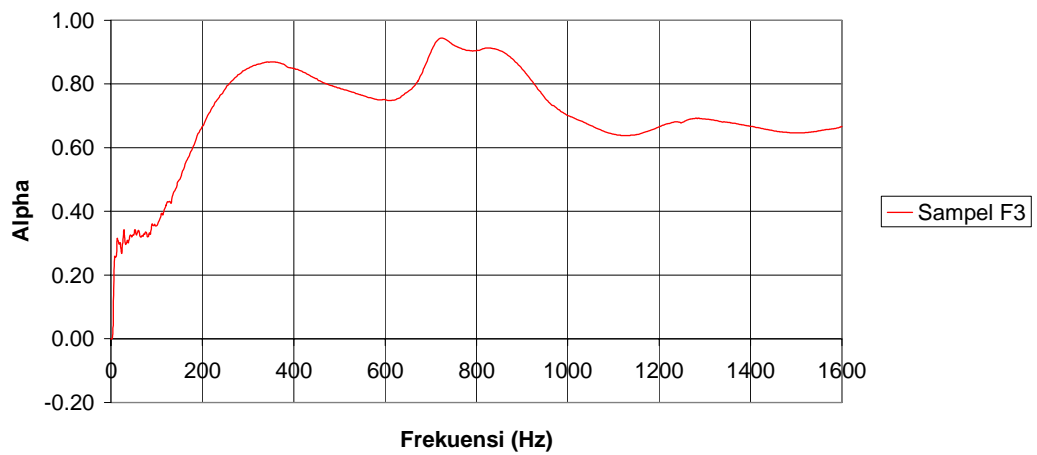
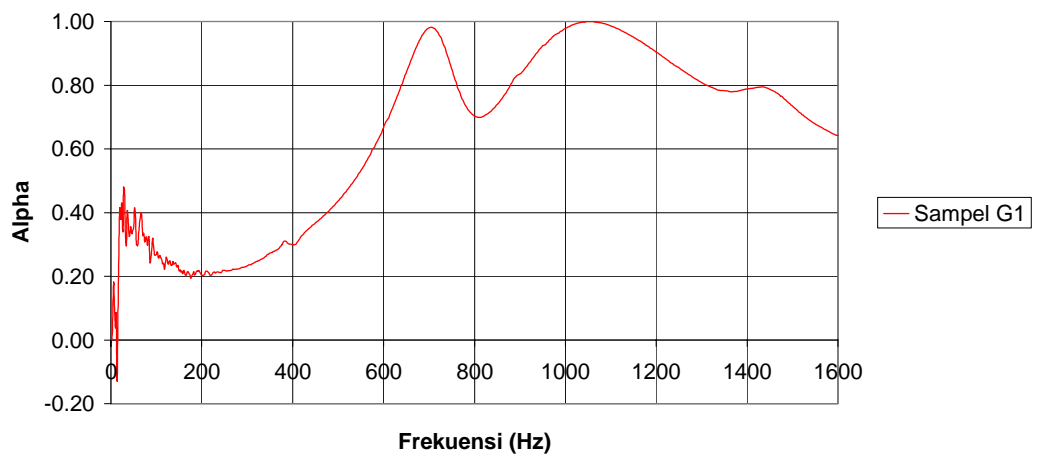


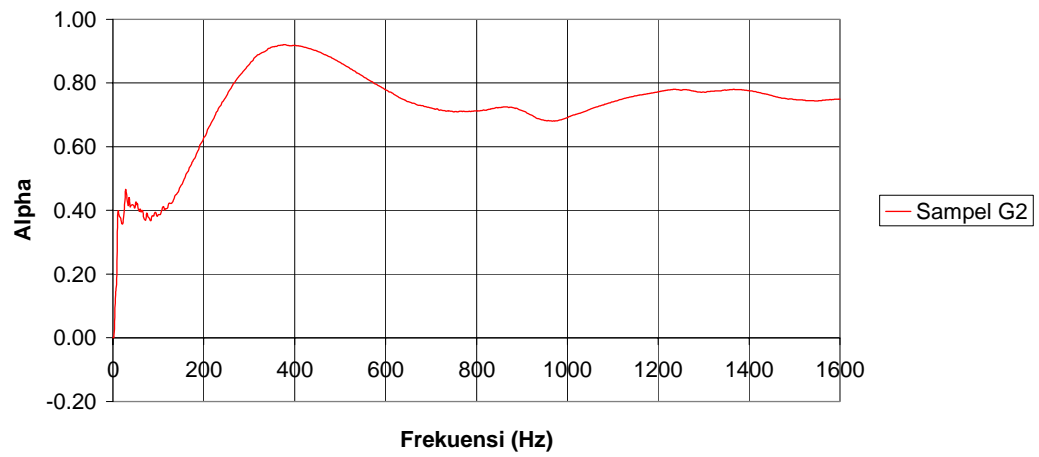
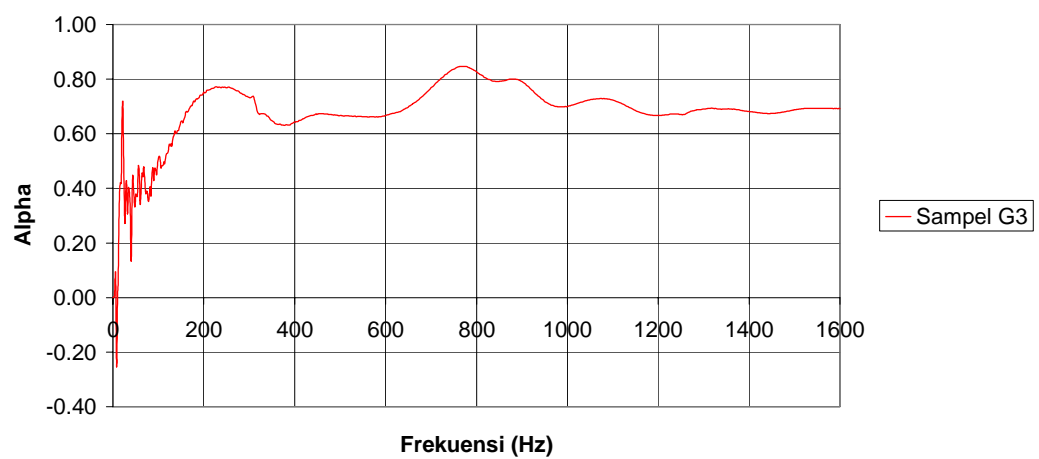
Sampel A3**Koefisien Serapan****Sampel B1****Koefisien Serapan****Sampel B2****Koefisien Serapan**

Sampel B3**Koefisien Serapan****Sampel C2****Koefisien Serapan****Sampel C3****Koefisien Serapan**

Sampel D1**Koefisien Serapan****Sampel D2****Koefisien Serapan****Sampel D3****Koefisien Serapan**

Sampel E1**Koefisien Serapan****Sampel E2****Koefisien Serapan****Sampel F1****Koefisien Serapan**

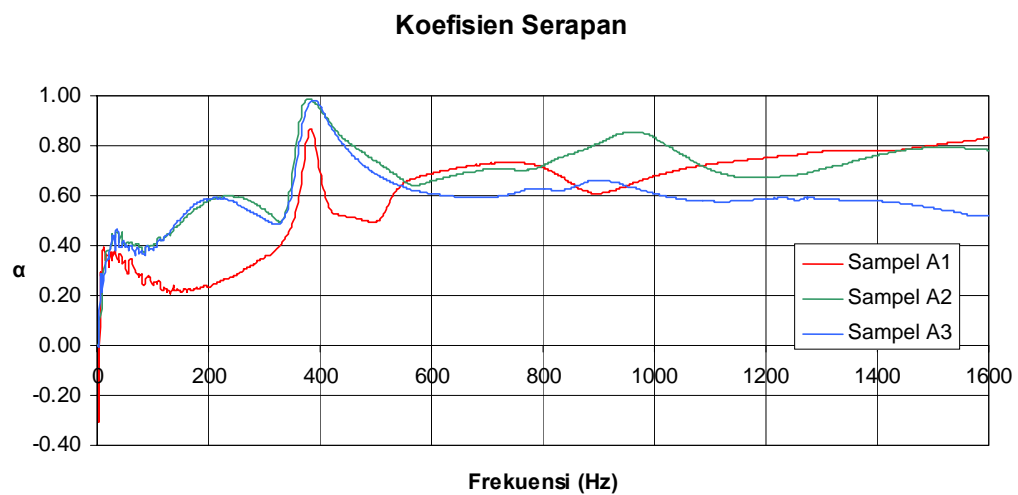
Sampel F2**Koefisien Serapan****Sampel F3****Koefisien Serapan****Sampel G1****Koefisien Serapan**

Sampel G2**Koefisien Serapan****Sampel G3****Koefisien Serapan**

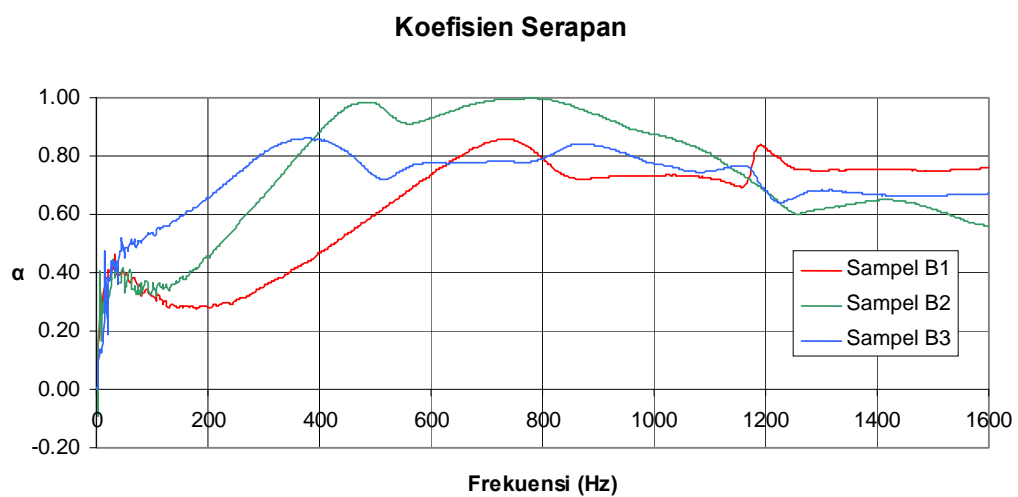
Lampiran 5

Perbandingan Grafik Antar Sampel

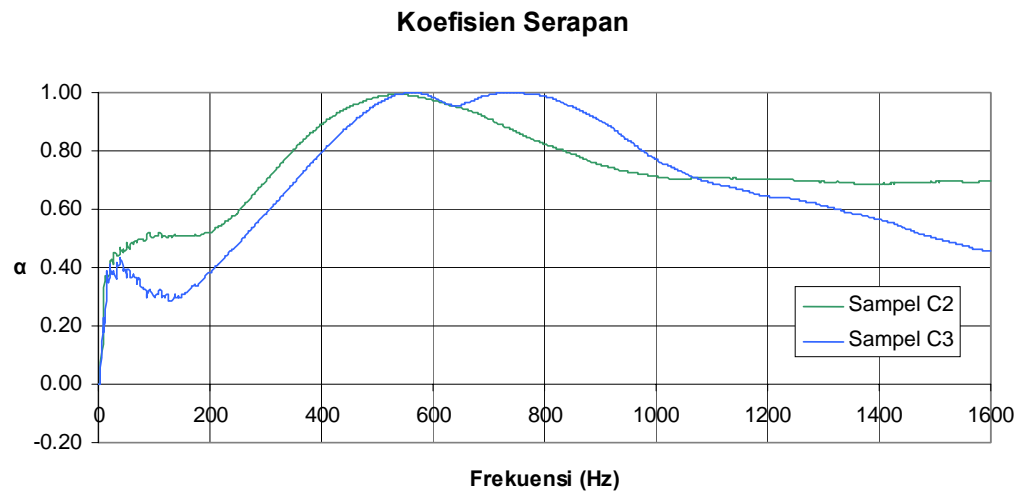
1. Sampel A1, A2 dan A3



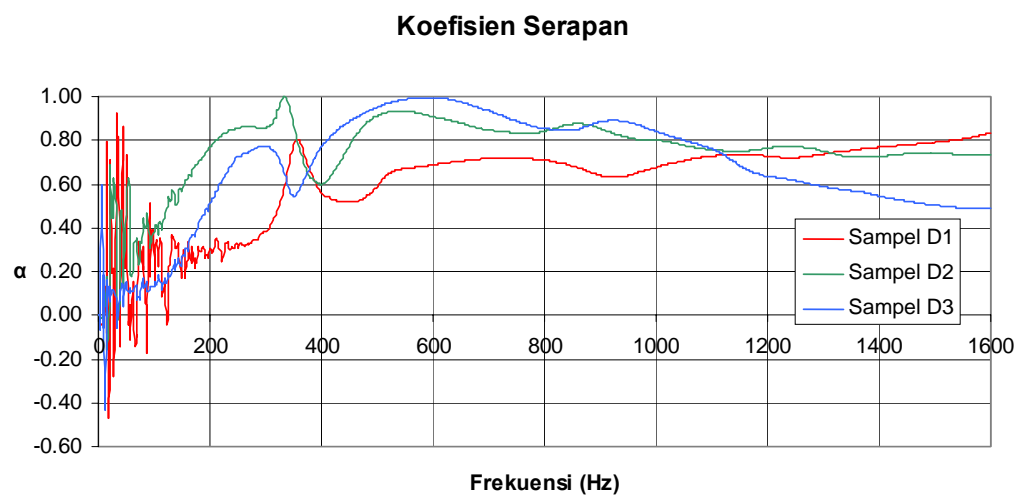
2. Sampel B1, B2 dan B3



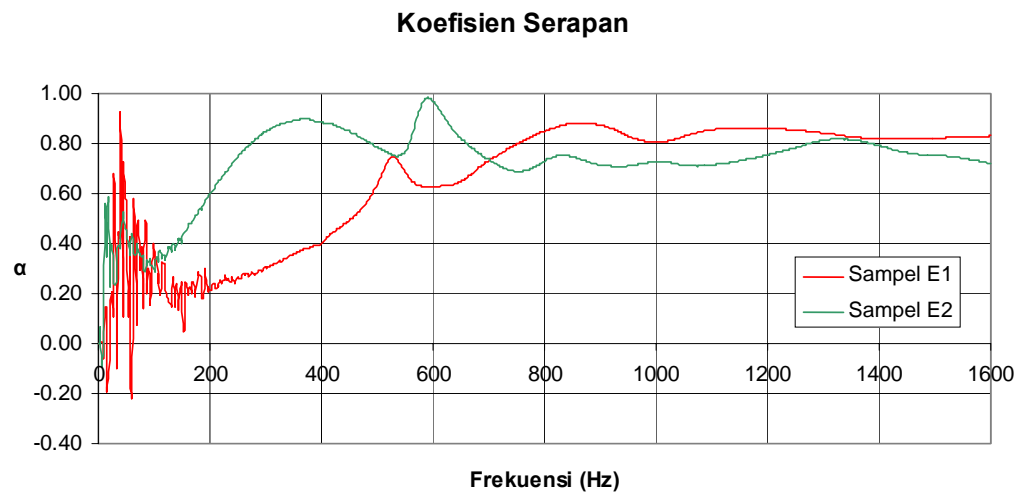
3. Sampel C2 dan C3



4. Sampel D1, D2 dan D3

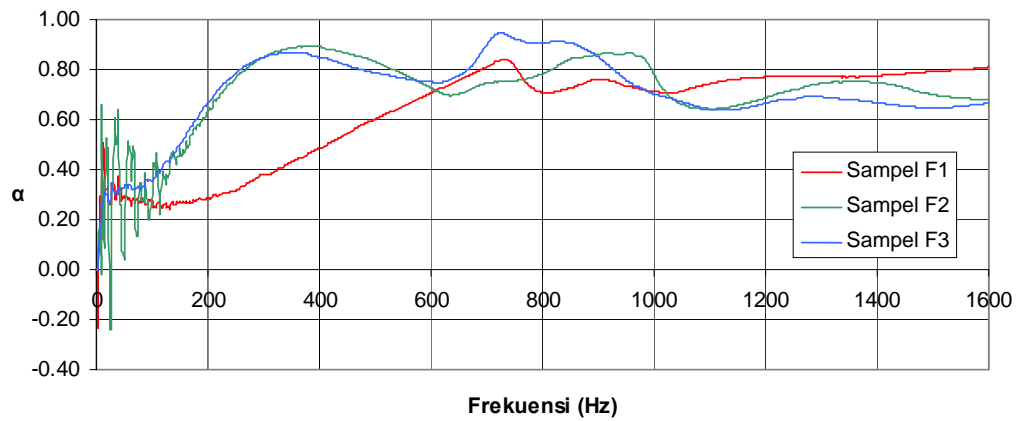


5. Sampel E1 dan E2



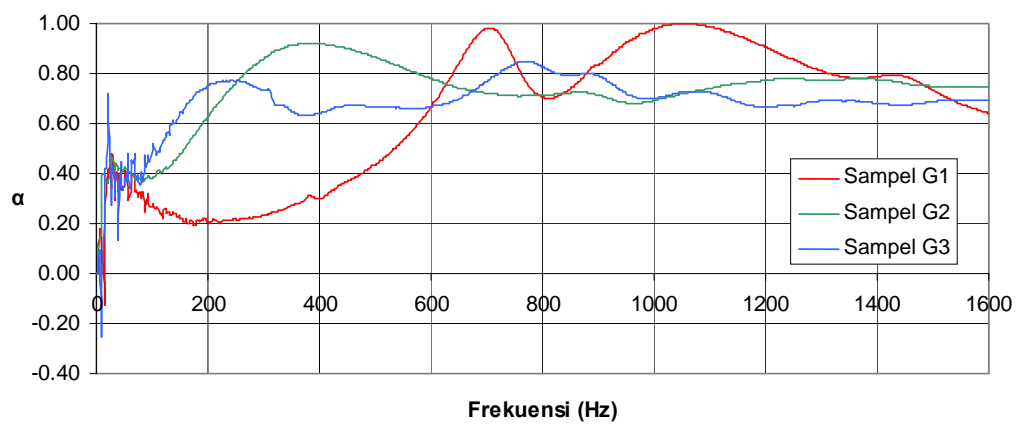
6. Sampel F1, F2 dan F3

Koefisien Serapan



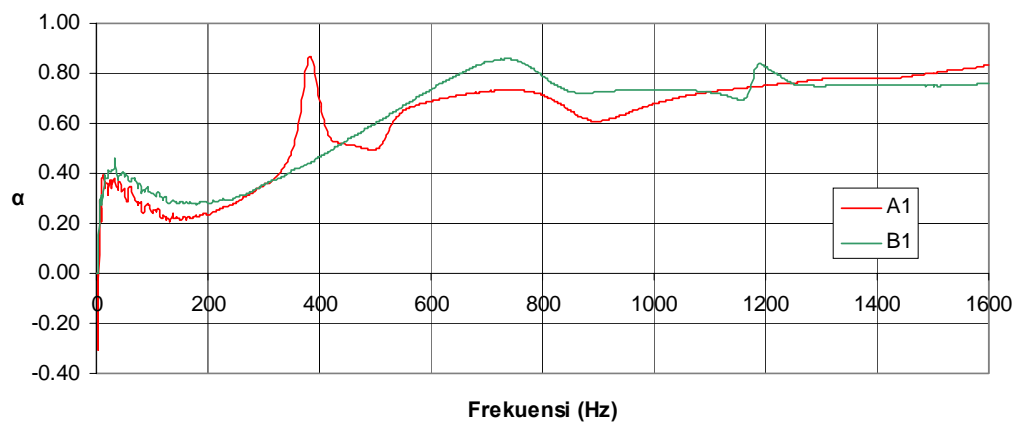
7. Sampel G1, G2 dan G3

Koefisien Serapan

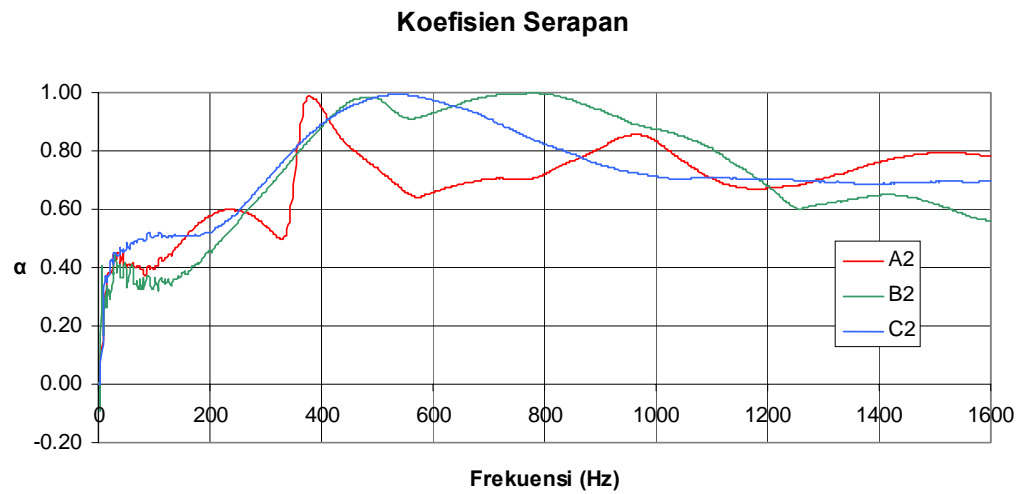


8. Sampel A1 dan B1

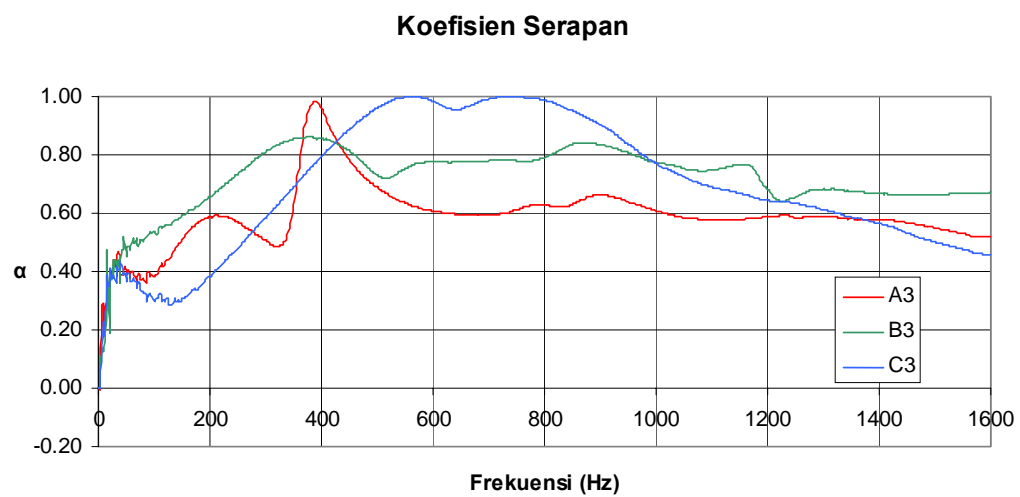
Koefisien Serapan



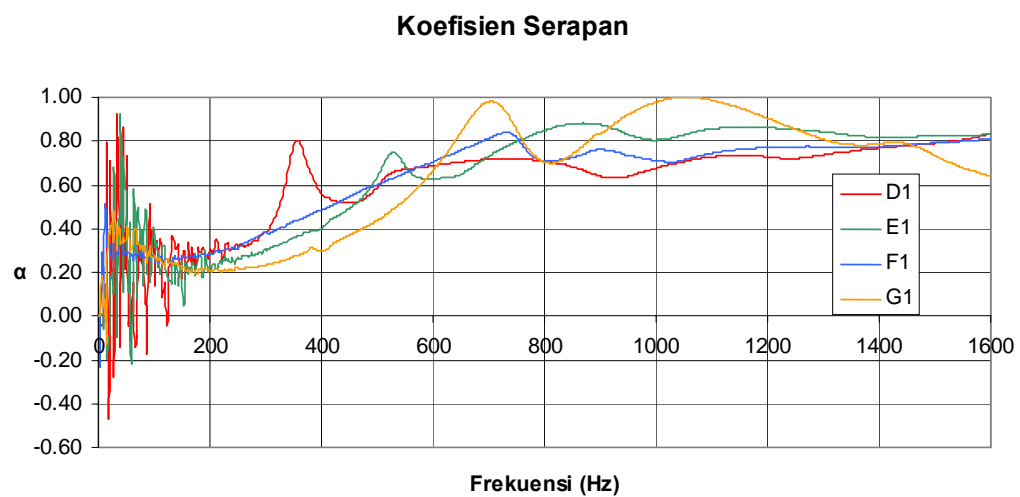
9. Sampel A2, B2 dan C2



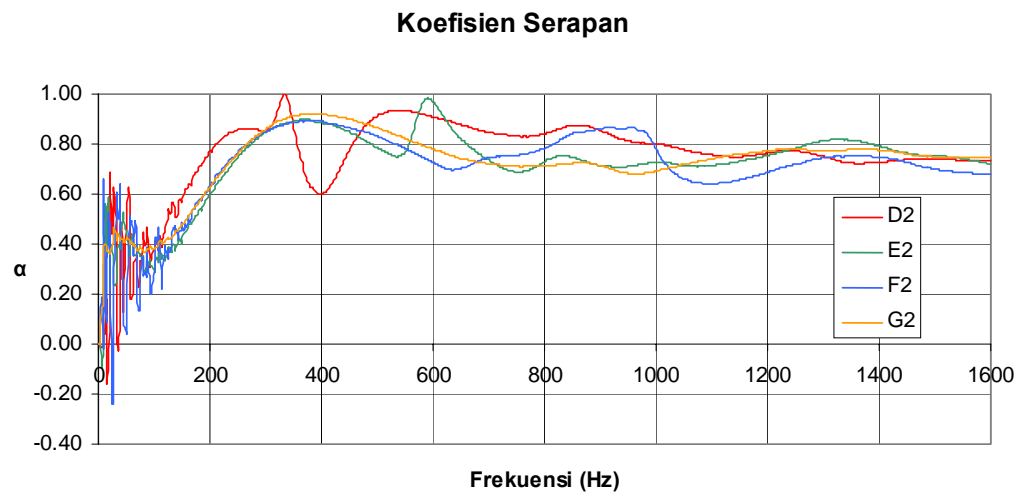
10. Sampel A3, B3 dan C3



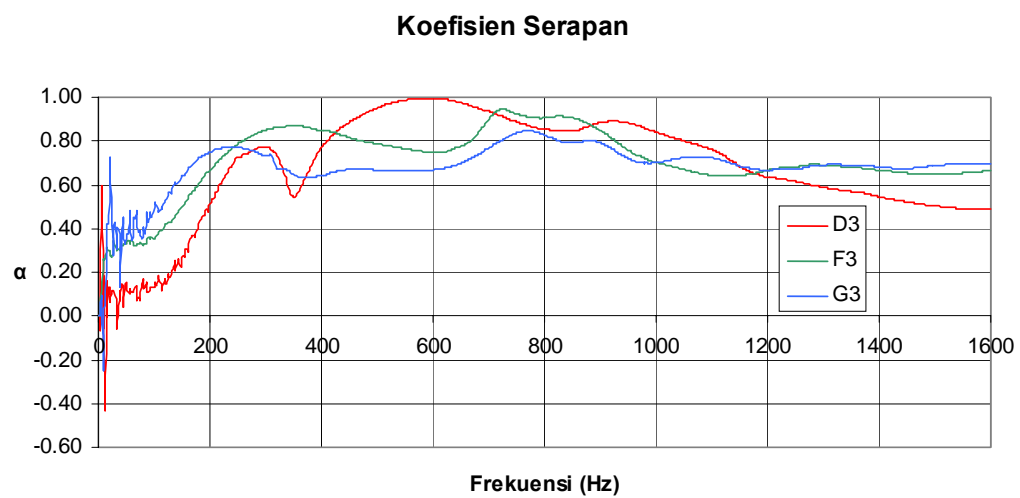
11. Sampel D1, E1, F1 dan G1



12. Sampel D2, E2, F2 dan G2



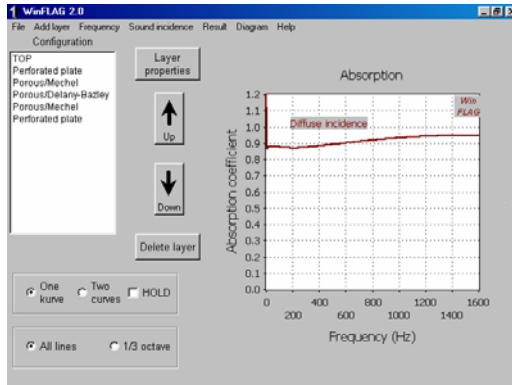
13. Sampel D3, F3 dan G3



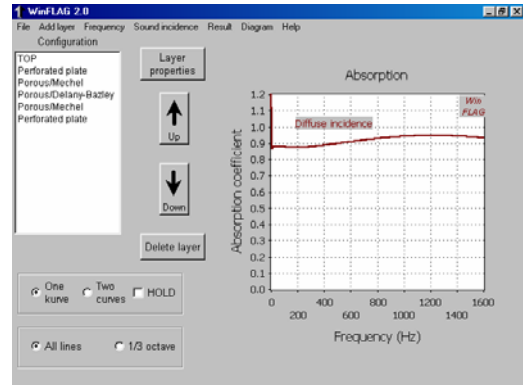
Lampiran 6

Simulasi WinFLAG

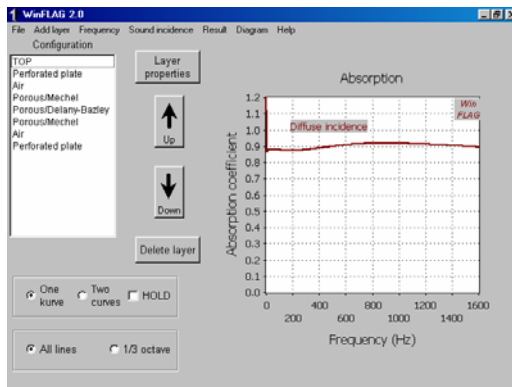
Sampel A1



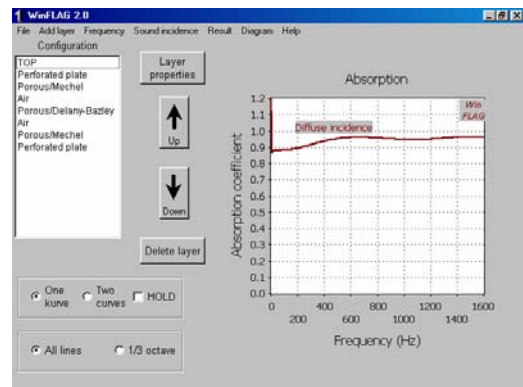
Sampel B1



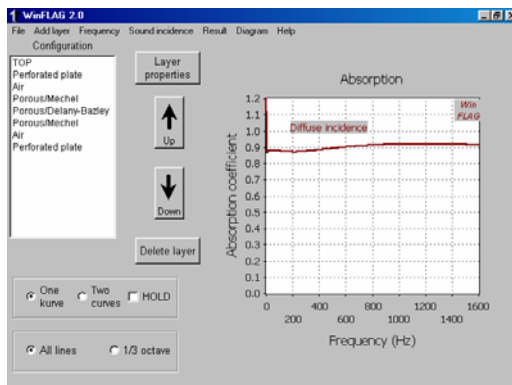
Sampel A2



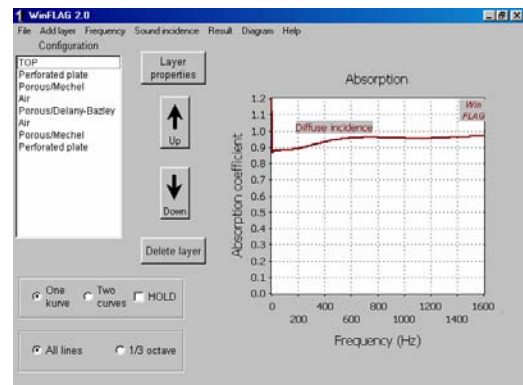
Sampel B2



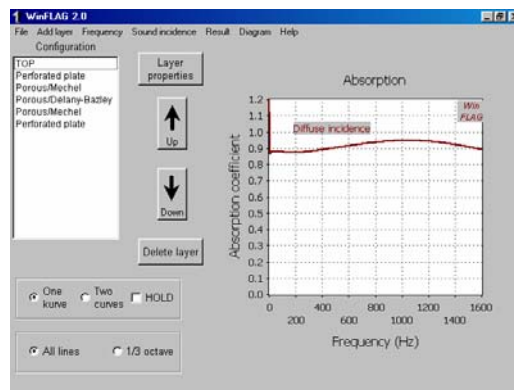
Sampel A3



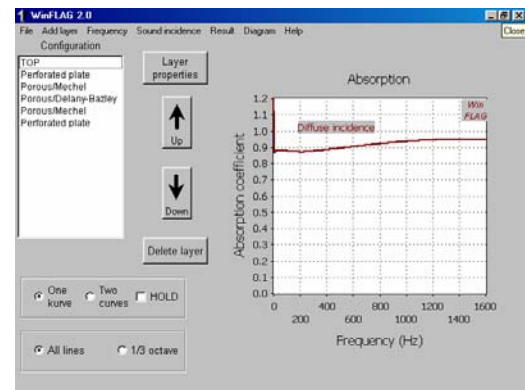
Sampel B3



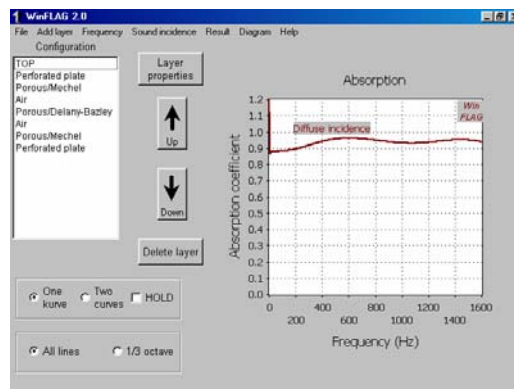
Sampel C1



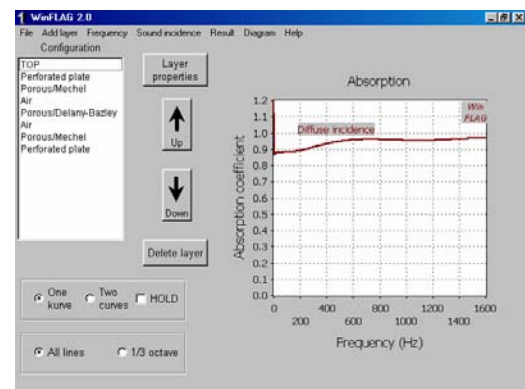
Sampel D1



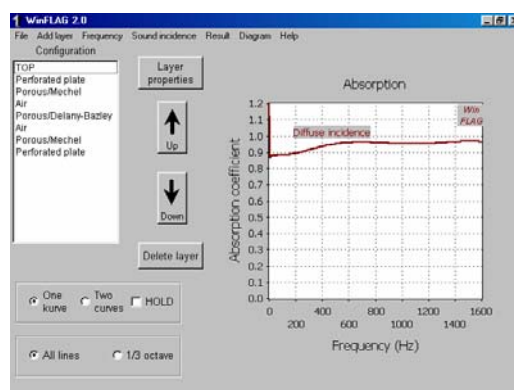
Sampel C2



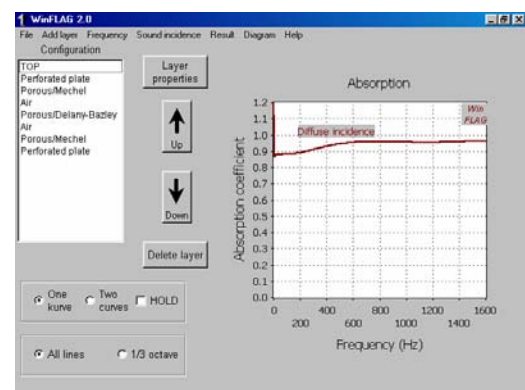
Sampel D2



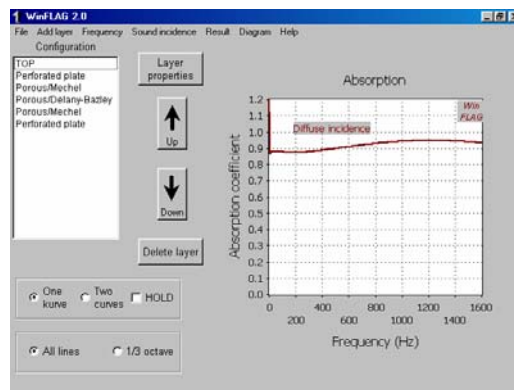
Sampel C3



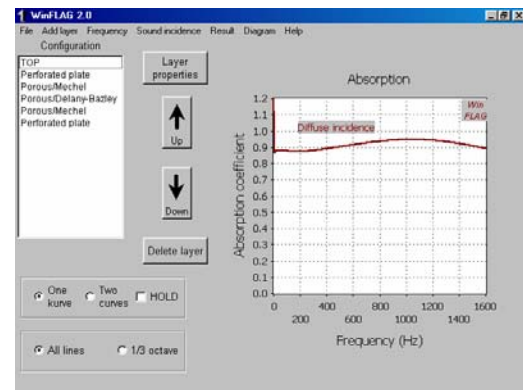
Sampel D3



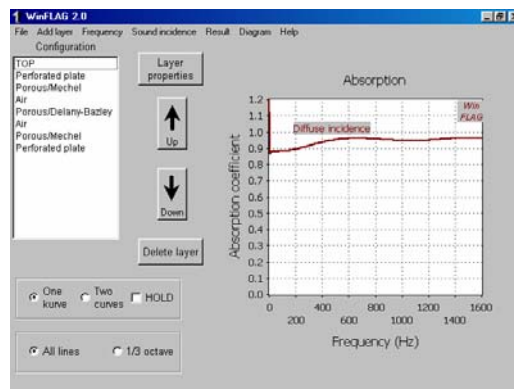
Sampel E1



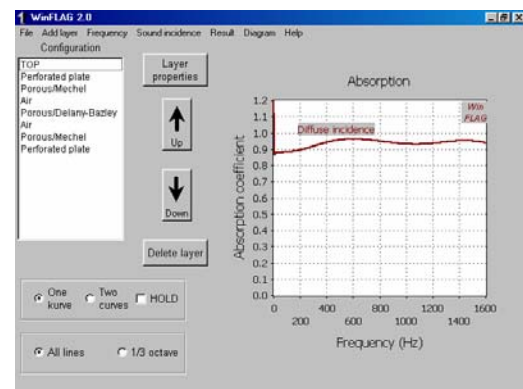
Sampel F1



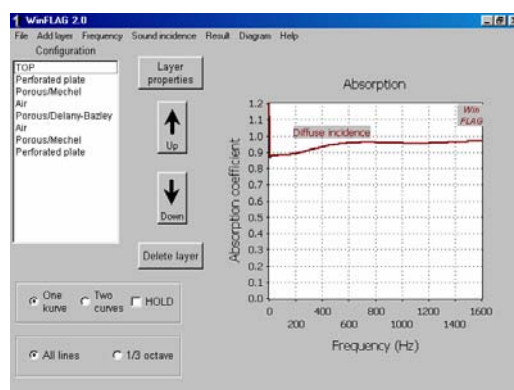
Sampel E2



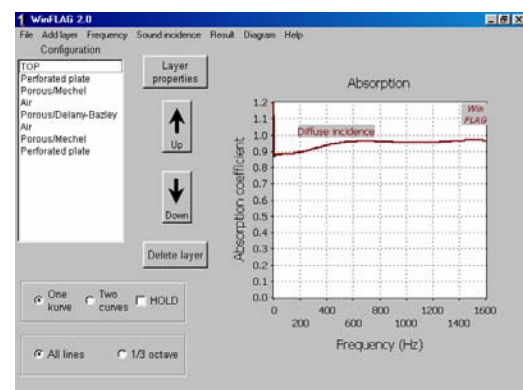
Sampel F2



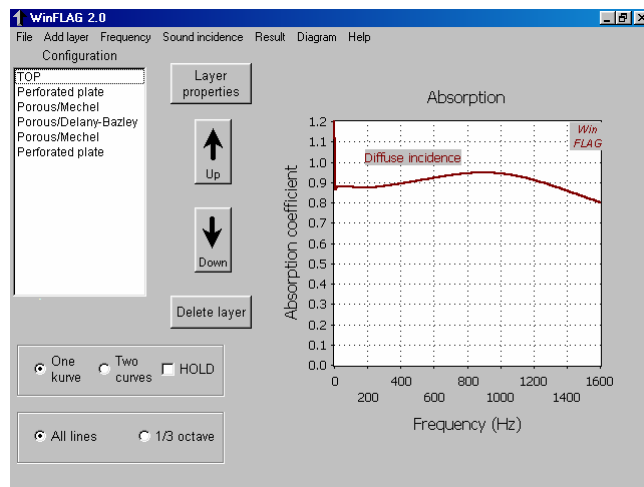
Sampel E3



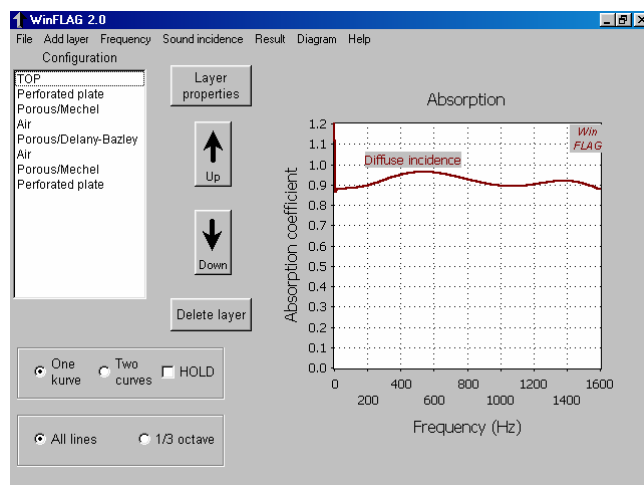
Sampel F3



Sampel G1



Sampel G2



Sampel G3

