



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI PENGARUH JARAK ANTAR BILAH PANEL
DIFUSER BERBAHAN KAYU TERHADAP POLA
HAMBURAN DAN KOEFISIEN ABSORBSI**

Novanto Adisasmita Kusuma
NRP 0111114000077

Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SF141501

**STUDI PENGARUH JARAK ANTAR BILAH PANEL
DIFUSEER BERBAHAN KAYU TERHADAP POLA
HAMBURAN DAN KOEFISIEN ABSORPSI**

Novanto Adisasmita Kusuma
NRP 01111140000077

Dosen Pembimbing
Dr.Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - SF141501

**STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DISTANCE
BETWEEN THE BLADES OF THE DIFFUSER PANEL
MADE OF WOOD AGAINST THE ABSORPTION
COEFFICIENTS AND SCATTERING PATTERN**

Novanto Adisasmitha Kusuma
NRP 01111140000077

Advisor
Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si

Physics Department
Faculty of natural science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGARUH JARAK ANTAR BILAH PANEL DIFUSER BERBAHAN KAYU TERHADAP POLA HAMBURAN DAN KOEFISIEN ABSORBSI

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1 Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

NOVANTO ADISASMITA KUSUMA
NRP 0111114000077

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I
Dr.Suyatno, M.Si
NIP. 19760620 200212.1.004


(.....)

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si
NIP. 1100201301001
Surabaya, Januari 2018


(.....)



“halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PENGARUH JARAK ANTAR BILAH PANEL DIFUSER BERBAHAN KAYU TERHADAP POLA HAMBURAN DAN KOEFISIEN ABSORBSI

Nama : Novanto Adisasmita K
NRP : 01111140000077
Departemen : Fisika FIA ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Dalam ruangan sering dijumpai panel dengan bentuk unik yang biasanya menempel di dinding, atap dan digantung. Panel tersebut sering dikenal dengan material akustik yang berfungsi sebagai kontrol akustik ruang : absorpsi dan refleksi bunyi. Sifat absorpsi dan refleksi menjadi sangat penting dalam mengatasi cacat akustik. Pada penelitian dibuat panel berbahan kayu dengan variasi jarak dan lebar antar bilah 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Parameter yang diukur pada penelitian ini antara lain pola hamburan dan koefisien absorpsi.

Dari hasil pengukuran, perhitungan dan analisa data diperoleh nilai koefisien absorpsi panel dengan jarak 4 cm memiliki nilai 0,49 pada frekuensi 125 Hz. Nilai alfa pada panel 2 cm dengan frekuensi 125 Hz sebesar 0,18. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan panel yang lainnya, karena bunyi mampu melewati celah yang lebih sempit. Panel dengan variasi jarak 6 cm, 8 cm dan 10 cm memiliki nilai alfa dan pola hamburan yang sama. Panel dengan variasi jarak 8 cm dan 10 cm memiliki pola hamburan yang merata untuk semua frekuensi.

Kata kunci : material akustik, koefisien alfa, kayu, pola hamburan

“halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DISTANCE BETWEEN THE BLADES OF THE DIFFUSER PANEL MADE OF WOOD AGAINST THE ABSORPTION COEFFICIENTS AND SCATTERING PATTERN

Name : Novanto Adisasmita K
NRP : 0111114000077
Departement : Fisika FIA ITS
Advisor : Dr.Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Abstract

Indoors common panels with unique form which is usually stuck to the walls, roof and hung. The Panel is often known as acoustic material that serves as a control Acoustics: absorption and reflection of the sound. The absorption and reflection properties to be very important in overcoming the disability. On research-based panes made of wood with a variation of the distance between the bar and the width of 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm and 10 cm. Parameters measured in this study, among others, the absorption coefficients and scattering patterns.

From the results of the measurement, calculation and analysis of data obtained coefficient the absorption panel with a distance of 4 cm has a value of 0.49 at 125 Hz. frequency of Alpha Values on the panel 2 cm with 125 Hz frequency of 0.18. The value is smaller than the other panel, because the sound is able to pass through a narrower gap. Panel with the variation of the distance of 6 cm, 8 cm and 10 cm alpha value and the same scattering patterns. Panel variations with a distance of 8 cm and 10 cm has a scattering pattern which is equitable for all frequencies

Keywords : acoustic material, coefficient alpha, timber, scattering pattern

“halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmatnya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang digunakan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir yang berjudul :

STUDI PENGARUH JARAK ANTAR BILAH PANEL DIFUSER BERBAHAN KAYU TERHADAP POLA HAMBURAN DAN KOEFISIEN ABSORBSI

Penulisan laporan tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik dukungan moril, materiil dan pengertiannya dalam pembuatan laporan tugas akhir ini :

1. Kedua orang tua tercinta, penulis yang telah memberikan segala yang terbaik bagi penulis, baik doa, dukungan moril dan materiil, serta pengertian yang tak pernah putus kepada penulis
2. Bapak Gontjang Prajitno, M.Si sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis selama berkuliah di ITS Surabaya.
3. Bapak Dr. Suyatno, M.Si (Pak Yatno), dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si (Bu Iin) sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, wawasan, dan memberikan bimbingan terbaiknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik
4. Bapak Dr. Yono Hadi P, M. Eng. dan Bapak Eko Minarto selaku Ketua Departemen dan Sekretaris

Departemen Fisika FIA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

5. Teman-teman Departemen Fisika ITS
6. Teman-teman Laboratorium Akustik Fisika ITS

Surabaya, Desember 2017

Novanto Adisasmita K

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bunyi	5
2.2 Waktu Dengung	7
2.3 Difuser	9
2.4 Absorber	11
2.5 Difraksi	12
2.6 Pola Hamburan	13
BAB III METODOLOGI.....	15
3.1 Tahap-tahap Penelitian	15
3.2 Pembuatan Panel.....	16
3.3 Pengambilan Data dan Pengolahan Data	18
3.3.1 Pengambilan Data Waktu Dengung	18
3.3.2 Pengambilan Data Pola Hamburan.....	19
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN... 21	

4.1 Analisa Data	21
4.2 Hasil Perhitungan.....	22
4.3 Pembahasan	23
4.3.1 Koefisien absorpsi	23
4.3.2 Pola hamburan	24
BAB V KESIMPULAN	29
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	33
BIOGRAFI	45

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 waktu dengung	21
-------------------------------	----

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perambatan bunyi.....	5
Gambar 2.2 Interaksi bunyi dengan permukaan	6
Gambar 2.3 kurva peluruhan waktu dengung	7
Gambar 2.4 macam-macam diffuser.....	9
Gambar 2.5 Difraksi bunyi melewati celah	12
Gambar 2.6 Peristiwa pantulan	13
Gambar 3.1 Diagram Alir	16
Gambar 3.2.a panel jarak 2 cm	17
Gambar 3.2.b panel jarak 4 cm	17
Gambar 3.2.c panel jarak 6 cm	18
Gambar 3.2.d panel jarak 8 cm	18
Gambar 3.2.e panel jarak 10 cm	18
Gambar 3.3 pengambilan data koefisien absorpsi.....	20
Gambar 3.4 pengambilan data pola hamburan.....	21
Gambar 4.1 grafik koefisien absorpsi	23
Gambar 4.2 pola hamburan panel	24
Gambar 4.3 pola hamburan panel 6 cm	25
Gambar 4.4 pola perbandingan bahan uji	26

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DATA HASIL PENGUKURAN	33
LAMPIRAN 2 GRAFIK.....	39

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rancangan arsitektur bangunan pada dinding tembok dan langit-langit dilapisi dengan material yang berbentuk unik dan menarik. Bentuk yang unik dan menarik pada dinding tersebut memiliki pola yang cenderung rapi. Material yang digunakan biasanya terdiri dari material yang padat dan keras. Dalam penggunaannya material yang memiliki bentuk unik dapat membuat ruang atau gedung berasa megah dan memiliki nilai estetika yang bagus. Namun disamping itu material yang digunakan tadi membutuhkan pengujian terlebih dahulu tetapi jika tidak dilakukan pengujian akan menimbulkan masalah baru. Salah satu permasalahannya adalah gema. Menurut (Trevor Jcox, 2005) salah satu material yang bisa mengatasi gema adalah difuser karena selain dapat menghamburkan bunyi juga tidak menghilangkan energi bunyi.

Bentuk difuser yang sederhana yaitu 10101010 terdiri dari kedalaman yang sama yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Farid (2011). Penelitian sebelumnya hanya memakai satu variasi jarak dengan kedalaman yang sama. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan diantaranya koefisien hamburan panel memiliki nilai yang cukup baik kecuali pada frekuensi 2000 Hz dan nilai koefisien hamburan memiliki nilai positif untuk semua sudut.

Pada penelitian yang saya lakukan variasi jarak yang dipakai pada panel lebih banyak. Pada penelitian ini dilakukan studi tentang pengaruh jarak antar bilah panel terhadap koefisien absorpsi dan pola hamburan. Dengan melakukan variasi jarak antar bilah, maka luasan dari material tetap sama. Material yang dipakai pada penelitian terdiri dari kayu berukuran 2x3 cm dengan panjang 2,5 m untuk di lakukan pengujian koefisien absorpsi dan pola hamburan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana melakukan pengujian koefisien absorpsi panel untuk berbagai konfigurasi tebal celah dan lebar celah antar bilah
2. Bagaimana melakukan pengujian pola hamburan panel untuk berbagai konfigurasi tebal celah dan lebar celah antar bilah

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir yaitu:

1. Mengetahui nilai koefisien absorpsi panel yang berkaitan dengan variasi jarak dan fungsi frekuensi
2. Mengetahui pola hamburan panel yang berkaitan dengan variasi jarak dan fungsi frekuensi

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Frekuensi yang digunakan satu oktaf yaitu 125 sampai 4000 Hz
2. Variasi jarak pada panel yaitu 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm dan dengan tebal sama yaitu 3 cm.
3. Parameter yang diukur yaitu pola hamburan dan koefisien absorpsi
4. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Akustik Fisika ITS

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab yaitu : Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah dan manfaat penelitian. Bab 2 : Tinjauan pustaka yang berisi tentang kajian pustaka pada penelitian. Bab 3: Metodologi penelitian yang berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab 4: Analisa Data Dan Pembahasan berisi data hasil penelitian serta

analisa hasil penelitian. Bab 5: Kesimpulan merupakan kesimpulan dari hasil penelitian.

1.6 Manfaat Penelitian

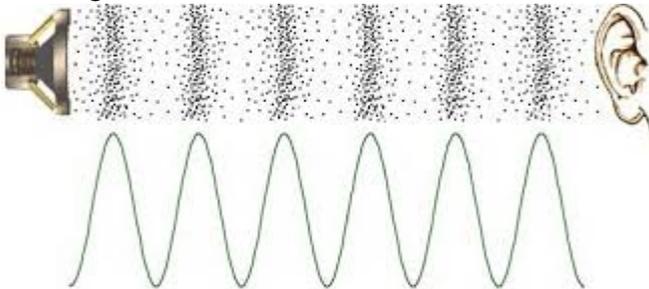
Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai koefisien sebaran alfa dan pola hamburan pada material panel yang digunakan berdasarkan jarak antar bilah.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunyi

Bunyi secara harafiah dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang ada di udara dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh. Bunyi terjadi karena adanya benda yang bergetar yang menimbulkan gesekan dengan zat di sekitarnya. Getaran atau gerakan objek tersebut kemudian menyentuh partikel zat yang ada di dekatnya, zat ini dapat berupa gas, cair atau padat tergantung dari letak objek yang bergetar. Gambar 2.1 menunjukkan perambatan bunyi dari sumber suara sampai ke telinga manusia.

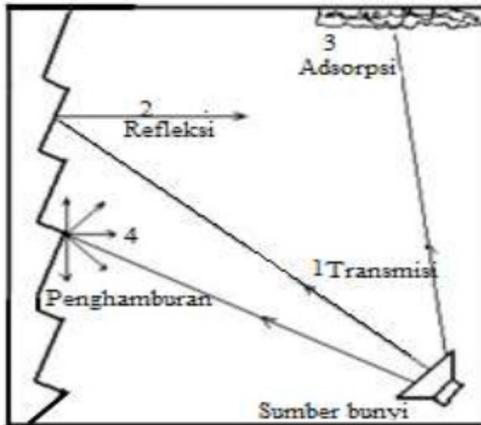


Gambar 2.1 perambatan bunyi

Berdasarkan pada Gambar 2.1 perambatan bunyi melalui medium yang memiliki massa dan elastisitas, melalui mekanisme rapatan dan renggangan partikel-partikel medium di udara, partikel-partikel udara meneruskan gelombang bunyi tidak berubah posisi normalnya, tetapi hanya bergeser di posisi setimbangnya. Ruang gerak tempat bunyi disebut medan bunyi. Dalam medan bunyi partikel-partikel pada medium bunyi menunjukkan gerakan bolak-balik disekitar posisi

setimbangnya. Gerakan bolak-balik inilah yang menyebabkan terjadinya rambatan gelombang. Peristiwa rambatan bunyi dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Perilaku gelombang bunyi dalam ruangan, selain mengalami peristiwa transmisi, juga mengalami absorpsi dan refleksi bunyi terhadap bidang yang dikenainya. lebih jelasnya perilaku bunyi dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 interaksi bunyi dengan permukaan

Berdasarkan pada Gambar 2.2 perilaku bunyi saat mengenai permukaan di antaranya :

1. Transmisi

Transmisi Bunyi adalah peristiwa penerusan dari berkas suara yang datang pada suatu bidang permukaan menuju ke bagian sebaliknya dari arah datangnya berkas suara tersebut. Umumnya transmisi suara terjadi karena adanya celah, retak, cacat pada material bidang batas yang menyebabkan material tidak homogen. Kemungkinan lain transmisi juga terjadi ketika bidang batas cukup ringan, tipis dan tidak dipasang permanen.

2. Refleksi

Pemantulan bunyi oleh suatu medium yang rambatannya berubah ke arah sesuai dengan sudut

pantulnya. Medium berupa material reflektor memiliki kemampuan memantulkan bunyi lebih tinggi daripada menyerap bunyi.

3. Absorpsi

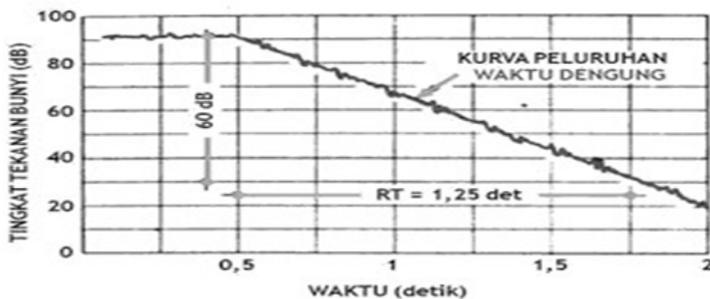
Penyerapan energi bunyi oleh medium, yang energinya berubah menjadi energi kinetik dan kalor. Medium berupa material absorber memiliki kemampuan menyerap bunyi lebih tinggi daripada memantulkan bunyi.

4. Difusi

Penyebaran bunyi oleh suatu medium, dimana rambatan bunyi menjadi berubah arah tersebar ke segala arah. Medium berupa material diffuser berfungsi untuk menyebar arah rambatan bunyi.

2.2 Waktu dengung

Waktu dengung diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan bunyi untuk tetap terdengar dalam sebuah medium (ruang) setelah bunyi aslinya tidak ada (mati). Akibatnya dapat memperkuat dan memperjelas bunyi asli. Waktu dengung identik dengan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan *sound pressure level* sebesar 60 dB sejak bunyi tersebut berhenti. Dengung dapat terjadi karena adanya pantulan dari material yang ada didalam ruang. Gambar 2.3 menjelaskan kurva peluruhan dari nilai waktu dengung



Gambar 2.3 Kurva peluruhan waktu dengung

Berdasarkan pada gambar 2.3 bahwa waktu dengung adalah saat SPL dari suara yang terjadi berkurang 60 dB atau dari 90 dB menjadi 30 dB selama 1.25 detik. Itu berarti RT-nya sebesar 1.25 detik.

Secara matematis, waktu dengung yang terjadi dapat dihitung berdasarkan persamaan empiris dari penelitian sabine sebagai berikut :

$$RT_{60} = \frac{0,16 V}{\Sigma(S\alpha)} \quad (2.1)$$

Dengan :

RT = Waktu dengung yang terjadi (detik)

V = Volume ruang yang terekspos bunyi (m³)

S = Luas per jenis material interior yang terekspos bunyi (m²)

α = koefisien penyerapan bunyi per jenis material interior yang terekspos bunyi sesuai frekuensi rata-rata bunyi (sabin)

A = absorpsi bunyi dalam ruang (Sabin)

Dari persamaan 2.1 tersebut terlihat bahwa nilai waktu dengung sebanding dengan volume ruang dan berbanding terbalik dengan luas material dan nilai absorpsi bahan.

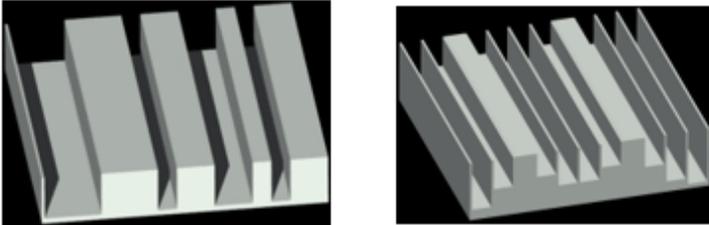
2.3 Difuser

Difuser adalah material yang memiliki permukaan yang tidak rata. Difuser dapat terbuat dari material absorber. Bentuk tidak teratur pada dari suatu difuser bertujuan untuk memantulkan sebuah suara yang mengenai difuser secara acak atau tidak merata. Dengan pemantulan yang tidak merata maka suara yang mengalami difusi. Difuser sendiri memiliki beberapa macam bentuk yaitu MLS, QRD dan Schroeder difuser

Difuser Schroeder merupakan panel yang dapat menyebarkan gelombang bunyi yang mengenai permukaannya.

Sebuah difuser schroeder memiliki struktur yang terdiri dari sejumlah celah atau sumur yang memiliki kedalaman berbeda-beda. Gelombang bunyi yang mengenai permukaan difuser yang tidak teratur, tidak dipantulkan seperti cermin, tetapi akan memantul secara acak dari masing-masing celah atau sumur. Karena permukaan difuser tidak rata, maka jarak yang ditempuh setiap gelombang bunyi berbeda. Dengan demikian dihasilkan pemantulan acak yang akan tersebar dalam ruang.

Dengan adanya pemantulan acak dalam sebuah ruang maka ruangan akan terasa lebih hidup. Frekuensi dimana panel berfungsi dengan baik sebagai difuser (frekuensi desain) tergantung pada dimensi (sesuai persamaan 2.2).



Gambar 2. 4 Difuser a.) MLS dan b.)QRD (en.wikipedia.org)

Dalam penelitian trevor jcox difuser di klasifikasikan mejadi difuser MLS difuser QRD bentuk tersebut dapat ditunjukkan Gambar 2.4. Difuser Maximum Length Sequences memiliki sumur dengan kedalaman yaitu 1 0 yang artinya difuser MLS memiliki kedalaman yang sama seperti pada Gambar 2.4.a. Sedangkan untuk Difuser QRD memiliki sumur dengan kedalaman yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.b.

Bunyi yang mengenai permukaan difuser akan terpantul dari dasar celah atau sumur dan akhirnya terpantul kembali ke ruang. Dapat dianggap bahwa tidak ada kehilangan energi, karena semua bunyi yang datang akan dipantulkan kembali ke ruang. Semua gelombang bunyi yang terpantul ini memiliki jumlah energi yang sama tapi tetapi fase yang berbeda karena

perbedaan jarak yang ditempuh tiap gelombang bunyi yang mengenai bagian dari difuser.

Lebar sumur difuser sangat berpengaruh terhadap frekuensi yang akan dihamburkan. Penentuan lebar sumur difuser dapat mengikuti persamaan :

$$W = \frac{\lambda_{min}}{2} \quad (2.2)$$

Dimana :

W = Lebar celah (m)

λ_{min} = panjang gelombang minimum (m)

Dengan λ_{min} adalah panjang gelombang minimum dan w adalah lebar sumur. Panjang gelombang λ dapat diperoleh dari persamaan :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.3)$$

Dimana :

λ = Panjang gelombang (m)

v = cepat rambat bunyi (m/s)

f = frekuensi gelombang (Hz)

untuk membuat panel dengan frekuensi tertentu, misal untuk membuat panel dengan frekuensi 1000 berdasarkan persamaan 2.3 maka panjang gelombang yang diperlukan sebesar 0,34 m. Sedangkan untuk lebar panel berdasarkan persamaan 2.2 maka lebar panel 0,17 m.

2.4 Absorber

Elemen ini digunakan apabila ada keinginan untuk mengurangi energi suara di dalam ruangan, atau dengan kata lain apabila tidak diinginkan adanya energi suara yang dikembalikan ke ruang secara berlebihan. Efek penggunaan elemen ini adalah berkurangnya Waktu Dengung ruang (*reverberation time*). Ciri utama elemen ini adalah secara fisik permukaannya lunak/berpori atau keras tetapi memiliki bukaan

(lubang) yang menghubungkan udara dalam ruang dengan material lunak/berpori dibalik bukaannya, dan mengambil banyak energi gelombang suara yang datang ke permukaannya. Khusus untuk frekuensi rendah, elemen ini dapat berupa pelat tipis dengan ruang udara atau bahan lunak dibelakangnya.

Pada penelitian sabine persamaan 2.1 makin besar volume ruang maka waktu dengung semakin panjang. Sebaliknya semakin banyak absorpsi yang ada didalam ruangan maka waktu dengungnya akan semakin pendek.

Dimana t adalah waktu dengung, V adalah volume ruang(m^3), A adalah total penyerapan ruang sabine ($S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+\dots+S_n\alpha_n$), S_n adalah luas permukaan bahan dengan koefisien absorpsi $\alpha_n(m^2)$. α_n adalah koefisien absorpsi bahan, k adalah konstanta kesebandingan (s/m). pengukuran waktu dengung yang diteliti sabine terhadap ruang tertutup memiliki karakteristik yang tidak sama, didapat nilai konstanta kesebandingan (K) 0,16 (s/m). rumus waktu dengung sabine dapat ditulis:

$$T=0,16\frac{V}{A} \quad (2.4)$$

Pada saat ruangan dalam keadaan kosong (tanpa bahan absorpsi), waktu dengung ditulis dengan persamaan

$$T_1=0,16\frac{V}{A} \quad (2.5)$$

Pada saat ruangan dilapisi bahan absorpsi, maka waktu dengung ruang berubah menjadi :

$$\alpha=0,16\frac{V}{A}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \quad (2.6)$$

Dimana :

A = adalah luas bahan yang akan diuji(m^2)

α =koefisien absorpsi

V =volume ruang(m^3)

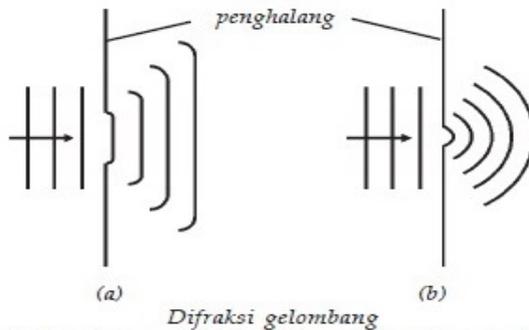
T_2 =waktu dengung ruang saat ada bahan uji

T_1 =waktu dengung ruang saat tidak ada bahan uji.

Dari persamaan 2.6 agar nilai koefisien absorpsi antara 0 sampai 1 maka nilai T_2 harus lebih kecil dari T_1 .

2.5 Difraksi

Difraksi adalah peristiwa pelenturan atau pembelokan arah gelombang ketika melewati celah, yang dapat terjadi apabila panjang gelombang bunyi datang lebih besar dibandingkan dengan dimensi penghalang atau celah. (Doele, 1972).



(a) penghalang dengan celah lebar, (b) penghalang dengan celah sempit

Gambar 2.5 difraksi bunyi melewati celah

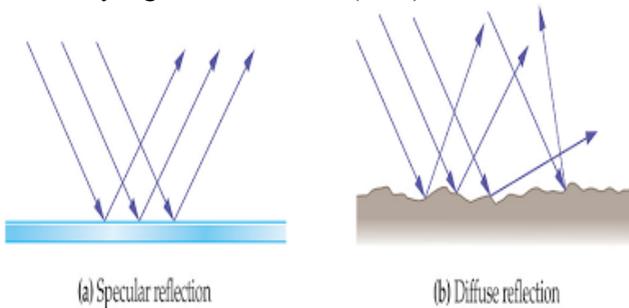
Pada gambar 2.5 menunjukkan peristiwa saat bunyi melewati celah atau penghalang. Pada saat bunyi dengan panjang gelombang lebih besar dari lebar celah atau penghalang yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.a maka bunyi akan dibelokkan (bunyi terdifraksi). Jika bunyi dengan panjang gelombang lebih kecil dari celah atau penghalang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.b maka bunyi akan dipantulkan melewati penghalang tersebut.

Peristiwa difraksi ini juga dapat terjadi pada gelombang yang mengalami refleksi yang dikenal dengan peristiwa hamburan. Suatu bunyi yang mengenai permukaan bidang, akan memantul ke satu arah sesuai dengan hukum snellius yang dinamakan dengan pantulan spekular. Sedangkan pada

peristiwa hamburan, gelombang bunyi yang mengenai suatu bidang, dia akan memantul ke segala arah.

2.6 Pola Hamburan

Pada Gambar 2.6 menjelaskan tentang peristiwa pantulan spekular dan peristiwa hamburan. Peristiwa pantulan spekular pada Gambar 2.6.a terjadi jika bunyi mengenai permukaan halus atau rata. Jika bunyi mengenai permukaan halus atau rata dan panjang gelombang bunyi lebih kecil dari lebar permukaan, maka bunyi akan dipantulkan dengan sudut datang sama dengan sudut pantul. Sebaliknya peristiwa hamburan seperti pada Gambar 2.6.b terjadi jika bunyi mengenai permukaan kasar atau tidak rata. Jika bunyi mengenai permukaan kasar atau tidak rata dan panjang gelombang bunyi lebih besar dari lebar celah maka bunyi akan dipantulkan dengan sudut pantulan yang tidak beraturan (acak).



Gambar 2.6 peristiwa pantulan spekular dan peristiwa hamburan

Nilai dari SPL gelombang bunyi yang terhambur atau dipantulkan oleh panel dapat dicari dengan persamaan seperti berikut :

$$SPL_{SC} = SPL_{DF} - SPL_{TD} \quad (2.7)$$

$$SPL_{DF} = 10 \text{Log} \left[\frac{P_{DF}}{P_{AC}} \right]^2 \quad (2.8)$$

$$\text{SPL}_{\text{TD}} = 10 \text{Log} \left[\frac{P_{\text{TD}}}{P_{\text{AC}}} \right]^2 \quad (2.9)$$

$$P_{\text{sc}}^2 = P_{\text{df}}^2 - P_{\text{sc}}^2 \quad (2.10)$$

$$P_{\text{sc}}^2 = P_{\text{ac}}^2 \left[\left(10^{\frac{\text{SPL}_{\text{DF}}}{10}} \right) - \left(10^{\frac{\text{SPL}_{\text{TD}}}{10}} \right) \right] \quad (2.11)$$

Maka SPL gelombang bunyi yang terhambur (SPLscattering) :

$$\text{SPL}_{\text{SC}} = 10 \text{Log} \left[\frac{P_{\text{sc}}}{P_{\text{AC}}} \right]^2 \quad (2.12)$$

Keterangan :

SPLdf = SPL dengan difuser (dB)

SPLtd = SPL tanpa difuser (dB)

SPLsc = SPL scattering (dB)

Pdf = Tekanan Bunyi dengan difuser (N/m²)

Ptd = Tekanan Bunyi tanpa difuser (N/m²)

Psc = Tekanan Bunyi scattering (N/m²)

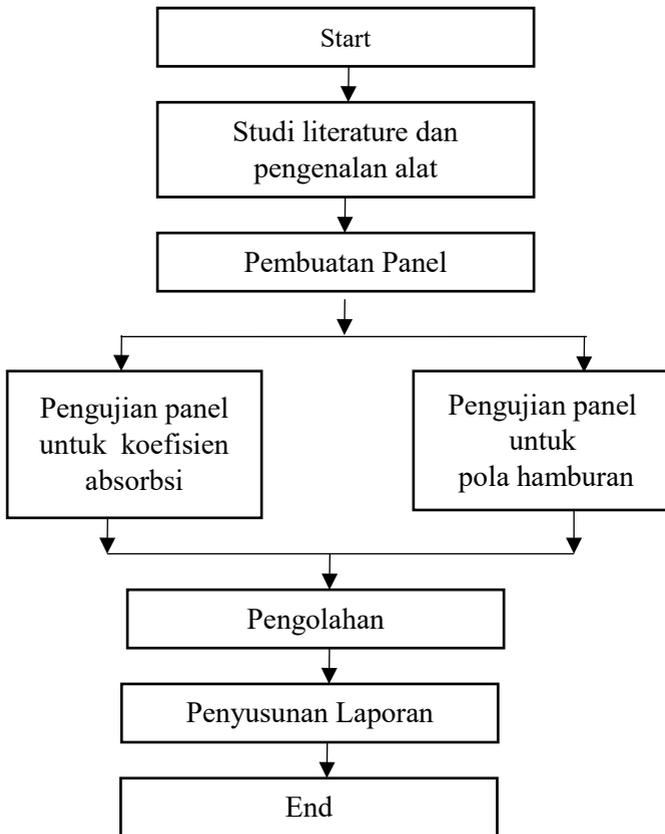
Pac = Tekanan Acuan atau referensi $2 \cdot 10^{-5}$ (N/m²)

Pola hamburan berfungsi untuk menunjukkan karakteristik suatu bahan dalam kemampuannya untuk menghamburkan suara pada sudut tertentu. Pola hamburan sendiri tergantung kepada frekuensinya.

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap penelitian

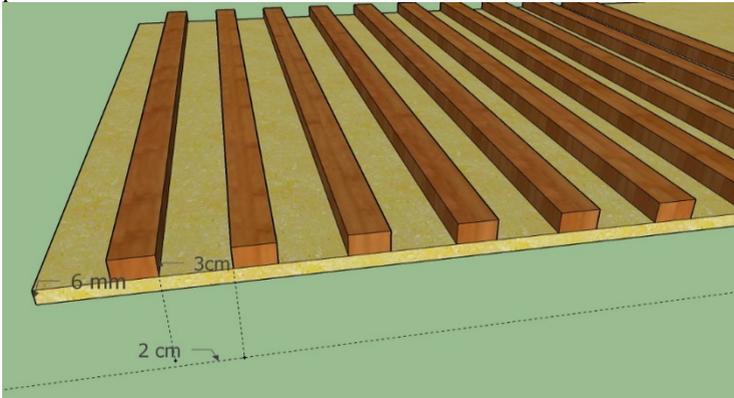
Untuk memperoleh parameter pola hamburan dan koefisien absorpsi, penyelesaian penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Gambar 3.1 menunjukkan skema tahapan penelitian :



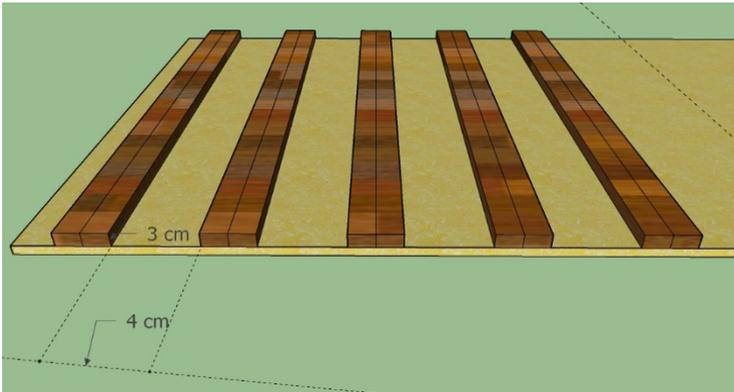
Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

3.2 Pembuatan Panel

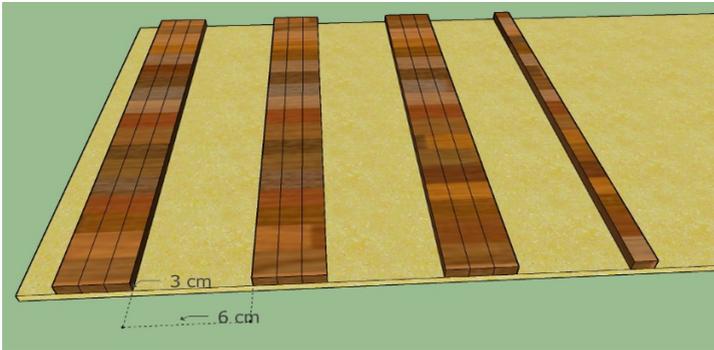
Pembuatan panel dilakukan dengan menggunakan balok kayu yang berukuran 2x3 cm dan mempunyai tinggi 2.5 m. Difuser selanjutnya disusun pada panel triplek dengan dimensi 1.2x2.4 m. Selanjutnya difuser dibuat dengan menggunakan variasi jarak 2cm, 4cm, 6cm, 8cm dan 10cm seperti terlihat pada Gambar 3.2.



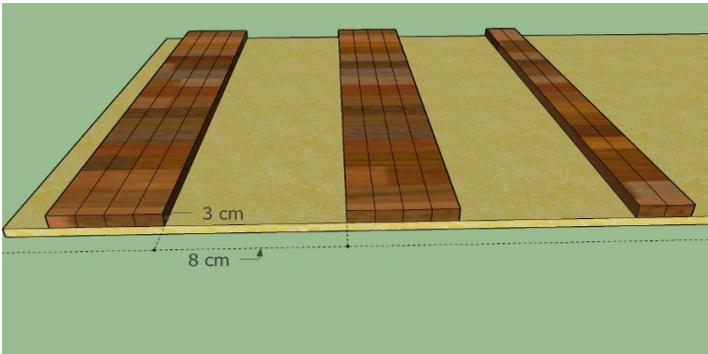
Gambar 3.2.a panel jarak 2 cm



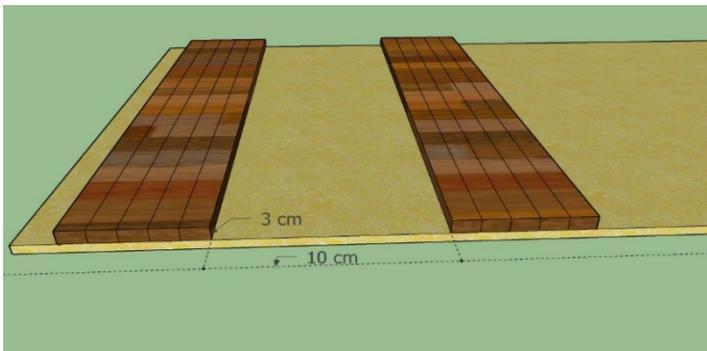
Gambar 3.2.b panel jarak 4 cm



Gambar 3.2.c panel jarak 6 cm



Gambar 3.2.d panel jarak 8 cm



Gambar 3.2.e panel jarak 10 cm

Ukuran panel dibuat dengan memakai kayu yang ada di pasaran yang memiliki lebar 0,03 m, maka dibuat panel dengan lebar celah 0,04 m. Sesuai dengan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} W &= \frac{\lambda_{min}}{2} \\ 0,04 \text{ m} &= \frac{\lambda_{min}}{2} \\ \lambda_{min} &= 0,04 * 2 \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka frekuensi

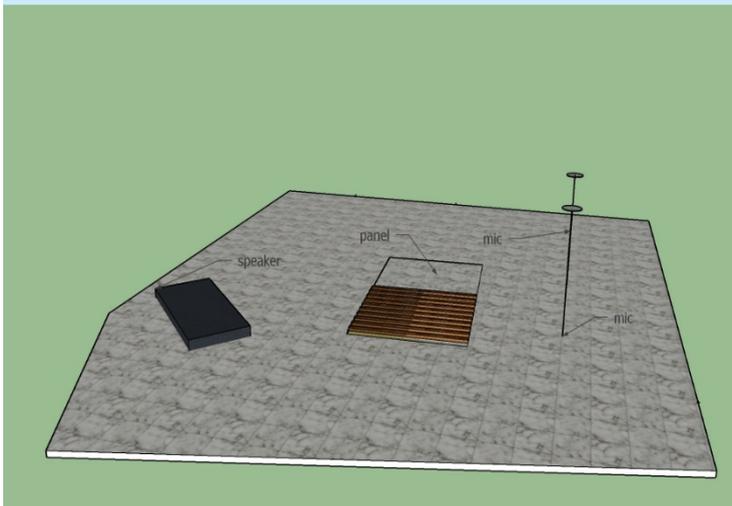
$$\begin{aligned} F &= \frac{v}{\lambda} \\ &= \frac{340}{0,08} \\ &= 4250 \end{aligned}$$

Ini menunjukkan frekuensi desain panel adalah pada 4250 Hz. Sehingga panel yang dibuat dapat menghamburkan bunyi dengan baik pada frekuensi 4250 Hz.

3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data

3.3.1 Pengambilan data koefisien absorpsi

Pengambilan data waktu dengung bertujuan untuk mencari koefisien absorpsi bahan. Pengambilan data waktu dengung dilakukan di ruang dengung Laboratorium Akustik Departemen Fisika ITS. Pengambilan data dilakukan pada saat ruangan tidak ada bahan uji, kemudian dilanjutkan pengambilan data waktu dengung saat ruangan diberi bahan uji. Dari pengambilan data akan diperoleh data waktu dengung saat ruangan keadaan kosong dan waktu dengung saat ada bahan uji. Bahan uji yang digunakan berupa variasi jarak 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm.

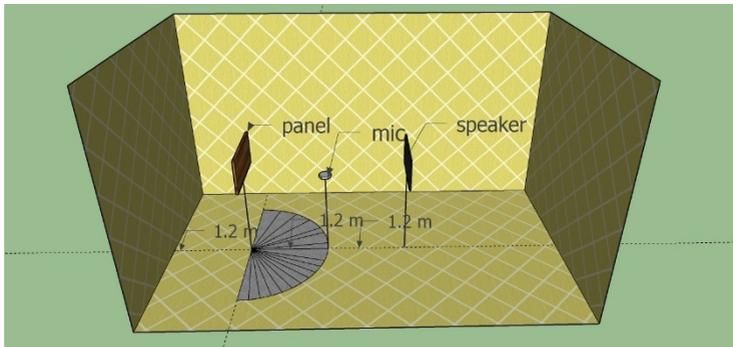


Gambar 3.3 pengambilann data Koefisien absorpsi

Pada Gambar 3.4 menunjukkan posisi material yang di uji pada pengukuran koefisien absorpsi yang pertama, Posisi material yang di uji diletakkan pada tengah ruangan, sementara dua buah microphone diletakkan pada jarak 1 m dari panel. Speaker sebagai sumber suara diletakkan menghadap tembok.

3.3.2 Pengambilan data pola hamburan

Pengukuran pola hamburan bertujuan untuk mencari persebaran SPL pada panel. Di ruang anechoic laboratorium akustik Departemen FISIKA ITS. Pengujian ini untuk mengambil SPL hamburan. Pengukuran SPL dilakukan setiap 10° dilakukan mulai sudut $0 - 180^\circ$. Pengukuran dilakukan dengan ruangan dengan keadaan bahan uji triplek kemudian variasi jarak. Pada Gambar 3.8 menjelaskan cara melakukan pengujian panel untuk pola hamburan.



Gambar 3.4 Pengambilan data Pola hamburan pada ruang Anechoic

Berdasarkan Gambar 3.4 panel uji diletakkan di tengah ruang uji, kemudian panel ditempatkan pada jarak 1,2 meter dari dinding belakang lalu microphone diletakkan pada jarak 1,2 meter dari panel. Speaker ditempatkan pada jarak 1,2 meter dari microphone. Metode pengukuran Pola hamburan yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada literatur “*acoustic absorbers and diffusers*” karangan Trevor J. Cox.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa data

Seperti yang telah disampaikan pada bab 1 salah satu tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai koefisien absorpsi dan pola hamburan. Untuk mendapat nilai parameter koefisien absorpsi dan pola hamburan maka dilakukan pengukuran waktu dengung dan pola hamburan panel.

Setelah dilakukan pengambilan data maka diperoleh data berupa waktu dengung dan pola hamburan. Dari pengukuran waktu dengung yang dilakukan di ruang dengung, maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.1. Kemudian setelah melakukan pengukuran waktu dengung maka dilakukan pengukuran SPL pola hamburan, data pola hamburan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.1 waktu dengung saat ada dan tidak ada bahan uji

F (Hz)	T1 (s)	T2 (s)				
		A	B	C	D	E
125	3.1±0.19	3±0.18	3±0.18	4.8±0.08	4.9±0.06	5±0.09
250	2.8±0.12	2.7±0.1	2.9±0.23	5.6±0.03	5.7±0.01	5.6±0.06
500	3.5±0.26	3.5±0.07	3.8±0.29	5.8±0.09	5.7±0.04	5.7±0.07
1000	3.2±0.03	3±0.19	3.1±0.06	5.1±0.04	5±0.01	5.1±0.02
2000	2.7±0.09	2.7±0.09	2.9±0.36	3.8±0.05	3.6±0.01	3.6±0.01
4000	2.5±0.05	2.39±0.03	2.7±0.4	3±0.05	3±0.05	3.1±0.01

Keterangan :

Panel yang di buat memiliki ketebalan yang sama sebesar 3cm

A = Panel dengan variasi jarak 2 cm

B = Panel dengan variasi jarak 4 cm

C = Panel dengan variasi jarak 6 cm

D = Panel dengan variasi 8 cm

E = Panel dengan variasi 10 cm

4.2 Perhitungan

Setelah dilakukan pengambilan data maka dilakukan perhitungan untuk mencari nilai koefisien absorpsi dari material digunakan persamaan (2.7) Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2. Berikut adalah contoh perhitungan :

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\alpha = 0,16 \frac{140,058}{5.392} \left(\frac{1}{3.628} - \frac{1}{5.497} \right)$$

$$\alpha = 4.15(0.093717)$$

$$\alpha = 0.389$$

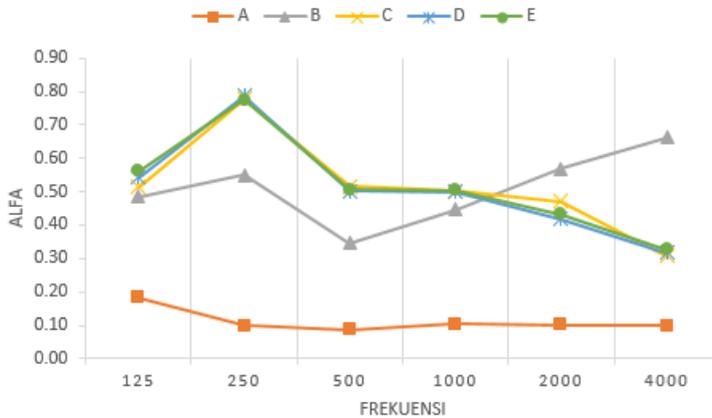
Pada hasil perhitungan T1 merupakan keadaan dimana ruangan kosong tanpa bahan uji sedangkan T2 adalah keadaan ruangan dengan bahan uji.

4.3 Pembahasan

Pada penelitian yang telah dilakukan akan dilakukan pembahasan yang terdiri dari :

4.3.1 Koefisien absorpsi

Setelah melakukan perhitungan koefisien absorpsi pada subbab 4.2 maka didapatkan nilai koefisien absorpsi untuk masing-masing variasi panel yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 grafik koefisien absorpsi

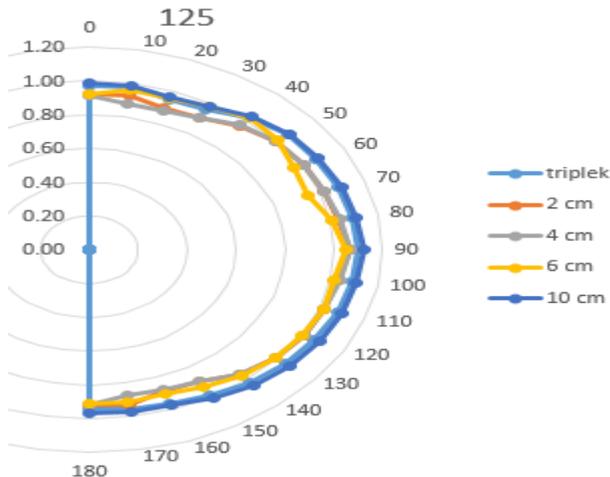
Pada Gambar 4.1 dimana koefisien absorpsi panel dengan variasi jarak 4 cm memiliki nilai koefisien absorpsi terbesar pada frekuensi 125 Hz dan 4000 Hz. Pada frekuensi 250 dan 500 Hz terjadi penurunan dan kenaikan lagi pada frekuensi 1000 Hz sampai 4000 Hz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hal ini terjadi karena pada frekuensi tinggi absorpsi panel juga tinggi karena pada panel dengan variasi 4 cm gelombang bunyi yang datang bisa masuk ke dalam celah panel, sedangkan pada frekuensi rendah gelombang bunyi hanya sampai pada permukaan panel tidak bisa masuk ke dalam celah panel. Hal ini sesuai pada subbab 3.2 dimana panel 4 cm memiliki nilai persebaran yang optimum pada frekuensi 4250 Hz.

Pada gambar 4.1 nilai koefisien absorpsi pada panel 6 cm, 8 cm dan 10 cm mempunyai nilai yang relatif sama. Hal ini disebabkan karena pada frekuensi 125 Hz panjang gelombang pada frekuensi tersebut cukup panjang sehingga bunyi yang dirambatkan dalam ruang memiliki daya tekan yang cukup besar kepada panel atau material sehingga menyebabkan banyak gelombang bunyi yang diserap oleh material uji

daripada yang dipantulkan. Koefisien absorpsi pada frekuensi panel dengan konfigurasi 4 cm menurun pada frekuensi 500 Hz disebabkan amplitudo gelombang pantul meningkat, sehingga gelombang bunyi yang datang melemah mengakibatkan amplitudo tekanan minimumnya meningkat, mengakibatkan koefisien absorpsi menurun sehingga lebih banyak bunyi yang dipantulkan daripada yang diserap. Karena panel dengan variasi 6 cm, 8 cm dan 10 cm pada frekuensi rendah gelombang bunyi hanya sampai pada permukaan panel tetapi tidak bisa melewati celah tetapi pada frekuensi tinggi gelombang bunyi mampu melewati celah sehingga mengakibatkan banyak gelombang bunyi yang diserap daripada dipantulkan.

4.3.2 Pola hamburan

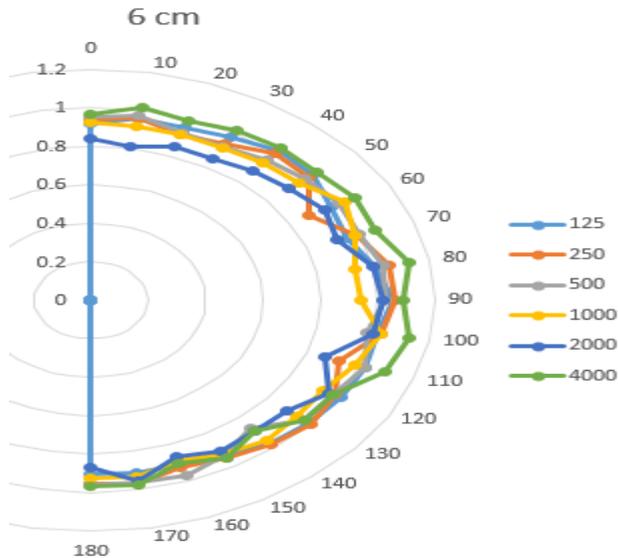
Pada Gambar 4.2 merupakan pola hamburan pada panel dengan variasi jarak 6 cm dengan menggunakan frekuensi 125 Hz sampai 4000 Hz. Pada panel 6 cm terdapat beberapa penurunan pola hamburan yang cukup signifikan pada frekuensi 125 Hz pada 100° dan frekuensi 2000 Hz pada sudut 120° . Untuk mencari pola hamburan digunakan persamaan 2.12.



Gambar 4.2 Pola hamburan panel

Pada Gambar 4.2 panel 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8cm dan 10 cm pada frekuensi 125 Hz. Misal pada panel dengan variasi jarak 4 cm seharusnya memiliki persebaran yang merata untuk pola hamburan pada frekuensi 4250 Hz, namun pada frekuensi 125 Hz persebarannya cukup merata hal ini tidak sesuai karena kemungkinan ruang anechoic masih kurang absorn pada frekuensi tertentu sehingga pada saat pengukuran mempengaruhi bunyi asli dari pantulan panel.

Pada panel dengan variasi jarak 8 cm dan 10 cm pada frekuensi 125 Hz cukup merata karena lebar celah yang tidak cukup signifikan terhadap perbedaan kedalaman panel yang relatif kecil.

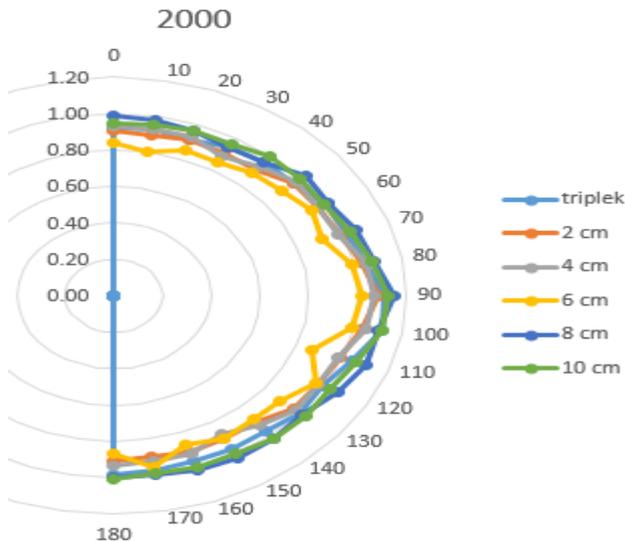


Gambar 4.3 pola hamburan panel 6 cm

Pada Gambar 4.3 terlihat pola hamburan pada panel dengan variasi jarak 6 cm terdapat penurunan yang cukup signifikan pada sudut 100° pada frekuensi 125 Hz. Hal ini karena bunyi dari speaker memiliki arah yang spekular dan pada frekuensi rendah bunyi dari speaker terpantul didalam panel hal ini terjadi karena panjang gelombang bunyi lebih

besar dari lebar celah sehingga bunyi akan terdifraksi (dibelokkan) sehingga bunyi yang tertangkap oleh mikrophone pada sudut-sudut tertentu memiliki nilai yang cukup kecil. Karena pada panel dengan jarak 4 cm memiliki bentuk yang tidak rata aatau kasar maka bunyi yang mengenai permukaan panel yang tidak rata atau kasar maka bunyi akan dipantulkan secara acak (tidak beraturan).

Dimensi celah atau lebar celah suatu hal yang sangat penting agar dapat terjadi difraksi. Difraksi gelombang refleksi bisa disebut hamburan.



Gambar 4.4 Pola Perbandingan bahan uji

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan perbandingan antara panel dengan variasi jarak 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm dan 10 cm dengan panel triplek pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini disebabkan karena pada frekuensi tinggi, bunyi yang mengenai panel tidak hanya sampai pada permukaan panel tetapi juga bisa masuk ke dalam celah panel sehingga bunyi yang terpantul di dalam celah panel bisa keluar dari celah panel sehingga bunyi yang

terekam oleh mikrophone memiliki nilai yang merata untuk semua sudut. Hal ini sesuai dengan hukum Snellius dimana sudut datang sama dengan sudut pantul.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dari penelitian maka didapatkan beberapa kesimpulan :

1. Nilai koefisien absorpsi pada panel dengan variasi 2 cm dengan frekuensi 125 Hz memiliki nilai 0,18, sedangkan panel dengan variasi 4 cm dengan frekuensi 125 Hz memiliki nilai 0,49. Pada panel 6 cm, 8 cm dan 10 cm memiliki nilai yang sama pada frekuensi 125 Hz.
2. Panel 2 cm merata pada frekuensi 1000 Hz, pada panel 4 cm merata pada frekuensi 4000 Hz, pada panel 6 cm merata pada frekuensi 1000 Hz, sedangkan pola hamburan panel 8 cm dan 10 cm merata untuk semua frekuensi.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya agar digunakan variasi kedalaman panel yang lebih dalam misal 6 cm, 8 cm dan 10 cm dengan jarak panel yang sama.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- D'Antonio P, TJ Cox. 2004. "*Acoustic absorber and diffuser: theory, design and application*". Spoon Press. London.
- Dolle, L.L. 1993. "*Akustik Lingkungan*"(terjemahan Lea Prasetyo). Erlangga. Jakarta.
- Prasetyo, Lea. 2003. "*Akustik*". Diktat Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Mediastika, Christina E. 2005. "*Akustika Bangunan: Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*". Erlangga. Jakarta.
- Latifah, Nur Laela. 2015. "*Fisika Bangunan 2*" Griya Kreasi:Jakarta

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1 DATA HASIL PENGUKURAN

1. Data Pola Hamburan

Tabel 1.1 Pola hamburan triplek

sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	94.14	102.5	97.41	98.68	88.46	90.99
10	95.05	101.5	97.35	98.53	89.51	89.92
20	92.2	99.13	96.95	97.16	87.88	93.44
30	92.46	101.2	92.91	96.25	91.51	93.35
40	99.03	106.3	96.86	99.86	92.52	95.47
50	102.4	106.6	99.09	98.39	93.56	95.51
60	103.5	103.7	100.8	103.6	97.42	93.98
70	104.6	102.3	101.6	104.3	98.11	95.29
80	105.4	105.7	103	108.4	101.7	97.49
90	106.2	110.9	102.3	109.3	107.5	104.1
100	105.3	105.6	100.3	103.5	107.2	100.3
110	104.5	97.19	101.9	102.6	100.8	100.5
120	103.3	103.4	102.4	100.7	95.98	92.09
130	102	107.2	100.9	96.53	96.65	94.31
140	99.35	106.5	87.06	96.11	93.27	92.85
150	96.4	103.5	94.64	98.37	94.15	92.01
160	93.99	101	91.83	95.56	93.77	93.3
170	93.2	104.4	98.34	90.97	93.81	94.05
180	91.51	104.7	98.55	96.77	95.13	92.74

Tabel 1.2 Pola hamburan 2 cm

sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	89.86	95.84	92.83	89.46	85.5	89.18
10	90.88	98.68	93.49	87.93	84.19	89.59
20	87.15	97.37	90.35	88.55	85.8	88.65
30	87.99	98.88	88.68	94.89	85.08	86.27
40	94	101.8	90.61	94.49	85.01	89.18
50	97.31	100.9	93.66	93.01	90.2	89.05
60	99.1	97.27	98.87	98.34	91.13	89.33
70	100.2	96.09	98.67	98.06	92.77	87.35
80	101.5	106	97.44	102.5	97.04	95.47
90	104.5	108.4	100.6	105.1	101.9	94.33
100	101.5	106	97.44	102.5	97.04	95.47
110	100.2	96.09	98.67	98.06	92.77	87.35
120	99.1	97.27	98.87	98.34	91.13	89.33
130	97.31	100.9	93.66	93.01	90.2	89.05
140	94	101.8	90.61	94.49	85.01	89.18
150	87.99	98.88	88.68	94.89	85.08	86.27
160	87.15	97.37	90.35	88.55	85.8	88.65
170	90.88	98.68	93.49	87.93	84.19	89.59
180	89.86	95.84	92.83	89.46	85.5	89.18

Tabel 1.3 Pola hamburan 4 cm

sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	89.7	97.16	96.01	92.92	90.06	89.89
10	85.75	97.95	97.17	91.5	89.42	89.87
20	85.75	96.68	92.33	92.34	89.46	93.24
30	88.22	98.31	92.25	97.86	85.24	92.2
40	94.25	101.8	99.12	97.8	89.92	90.69
50	97.61	101.4	96.54	98.07	94.88	90.72
60	99.01	98.46	101.4	101.8	94.22	88.85
70	100.1	97.27	102.1	101.2	94.85	92.51
80	101.5	101.4	101.2	105.8	101.5	96.83
90	104.1	108.2	104	107.9	103.3	101.3
100	101.5	101.4	101.2	105.8	101.5	96.83
110	100.1	97.27	102.1	101.2	94.85	92.51
120	99.01	98.46	101.4	101.8	94.22	88.85
130	97.61	101.4	96.54	98.07	94.88	90.72
140	94.25	101.8	94.03	97.8	89.92	90.69
150	88.22	98.31	92.25	97.86	85.24	92.2
160	85.75	96.68	92.33	92.34	89.46	93.24
170	85.75	97.95	97.17	91.5	89.42	89.87
180	89.7	97.16	96.01	92.92	90.06	89.89

Tabel 1.4 Pola hamburan 6cm

sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	95.53	97.94	95.57	95.01	85.28	89.18
10	99.52	100.1	97.08	94.3	81.94	93.77
20	98.93	95.8	92.63	94.18	86.5	90.79
30	101.6	97.34	92.54	93.82	85.89	93.6
40	105.2	104.2	95.36	96.16	89.36	95.19
50	104.7	103.5	97.75	97.35	91.53	94.84
60	100.5	91.93	100.2	105.6	95.64	97.43
70	98.06	103.1	99.43	101.2	92.52	96.29
80	104.8	109.8	103.8	96.58	101.2	103.5
90	109.2	111.1	102.8	96.82	103.5	99.72
100	75.85	107.7	97.83	105.8	101.2	102.6
110	103.4	96.38	102.2	101.2	88.08	100.2
120	101.9	102.1	97.67	96.63	95.99	92.31
130	100.4	104.6	97.1	96.82	88.05	92.71
140	98.52	102.3	87	97.68	87.98	84.31
150	94.51	99.05	93.11	94.94	87.9	90.21
160	92.02	96.12	96.85	91.1	87.85	85.6
170	92.57	100.8	96.26	95.6	88.12	92.5
180	91.93	99.59	96.16	95.01	87.96	92.18

Tabel 1.5 Pola hamburan 8cm

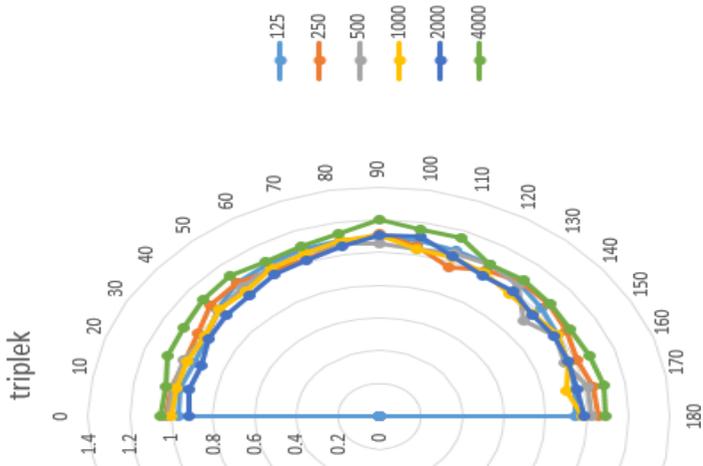
sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	96.02	99.23	101	98.01	91.51	88.7
10	95.69	100.8	98.02	98.94	90.57	91.22
20	93.25	102.2	101.6	99.11	89.73	94.45
30	96.03	101.8	93.57	99.54	87.13	92.6
40	100.5	106.8	93.07	96.87	88.81	94.58
50	103.3	109.2	102.9	101.4	94.94	96.76
60	105.4	107.6	105.1	103.7	94.59	97.25
70	106.4	103.8	103.8	107.2	97.91	94.82
80	107.3	105.6	106.6	109.3	101.2	100.6
90	108.8	111.5	107.1	111.5	106.8	104.3
100	107.7	110.2	101.7	109.1	101.8	101.5
110	106.9	88.77	104.8	107.7	102.4	99.19
120	106.1	107.1	102.4	100.2	98.31	97.58
130	104.4	109.4	101.9	100.1	94.11	92.83
140	101.1	107.5	83.55	100.6	94.57	92.41
150	98.27	102.8	98.73	99.27	95.37	93.04
160	94.98	104	99.01	98.78	94.07	83.52
170	95.19	104.7	100.8	99.44	92.56	87.28
180	95.18	101.4	101.7	99.88	92.19	90.78

Tabel 1.6 Pola hamburan 10cm

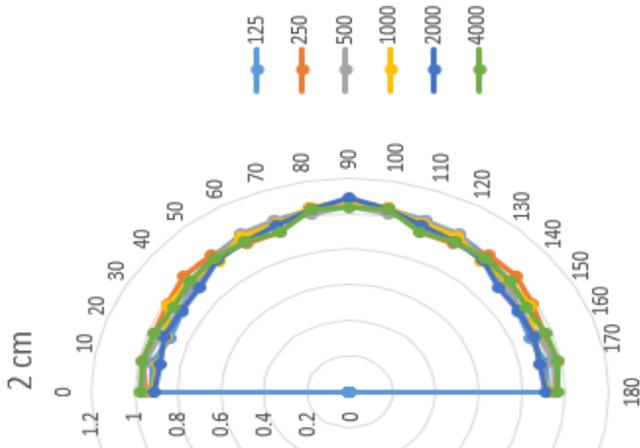
sudut	SPL (DB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
0	96.49	103	101.3	99.92	89.63	82.35
10	96.24	104.5	99.44	99.84	90.45	91.06
20	93.98	103.3	100	97.77	90.76	92.5
30	95.84	105.5	96.15	98.46	90.72	94.13
40	100.7	108.6	98.25	101.6	94.42	97.48
50	103.7	109.3	101.2	101.5	93.98	95.14
60	105.3	107.2	102.3	105.3	94.41	95.19
70	106.3	102.5	104.5	105.3	97.18	92.99
80	107.2	107.2	104	110.4	101.9	97.88
90	108.6	110.6	104.4	111.2	106.7	105
100	107.4	107.4	103.3	110.9	105	104.4
110	106.7	101.6	102.5	108.6	100.3	96.63
120	105.7	104.1	103.9	104.2	97.2	98.93
130	104.5	109.5	102.5	95.82	97.33	90.13
140	101.9	109.6	95.18	100.5	96.68	93.04
150	99.09	106.1	97.22	100.7	94.84	94.27
160	95.79	103.2	95.61	96.54	94.59	93.16
170	95.05	105.4	99.55	96.37	93.9	93.44
180	94.36	106.1	100.4	99.85	95.46	96.09

LAMPIRAN 2 GRAFIK

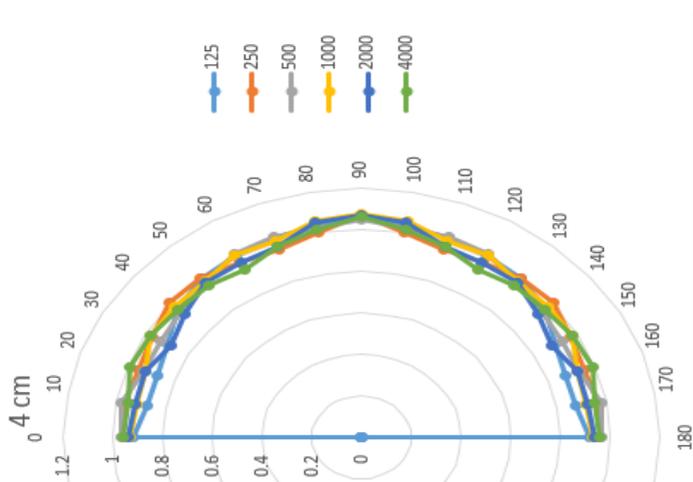
Grafik Pola Hamburan



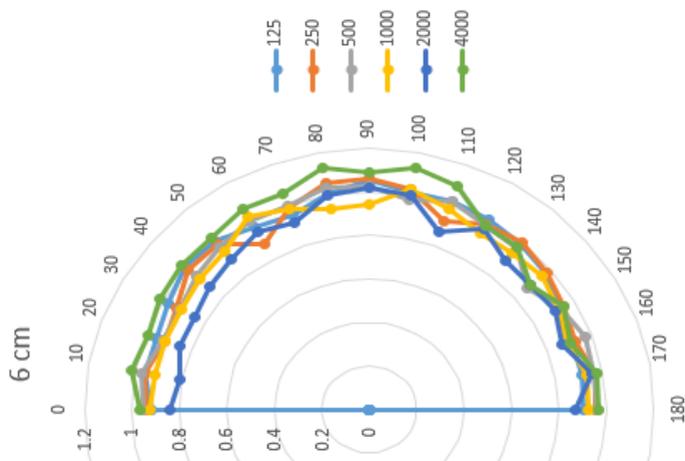
Gambar 2.1 pola hamburan triplek



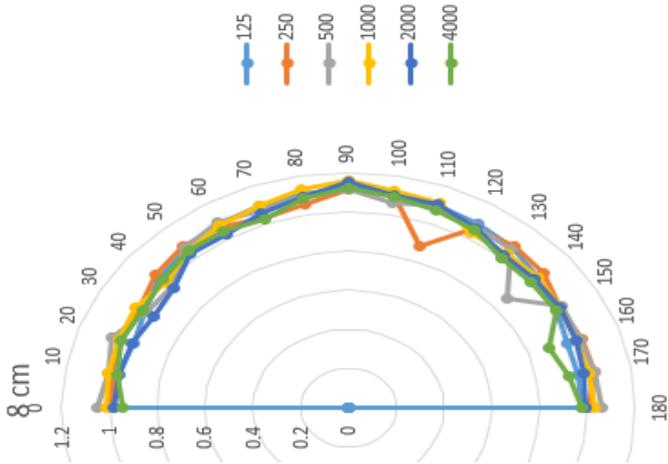
Gambar 2.2 Pola hamburan panel 2 cm



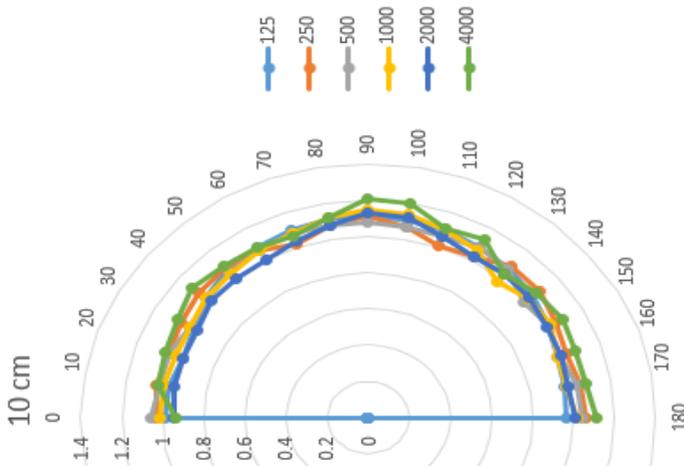
Gambar 2.3 Pola hamburan panel 4 cm



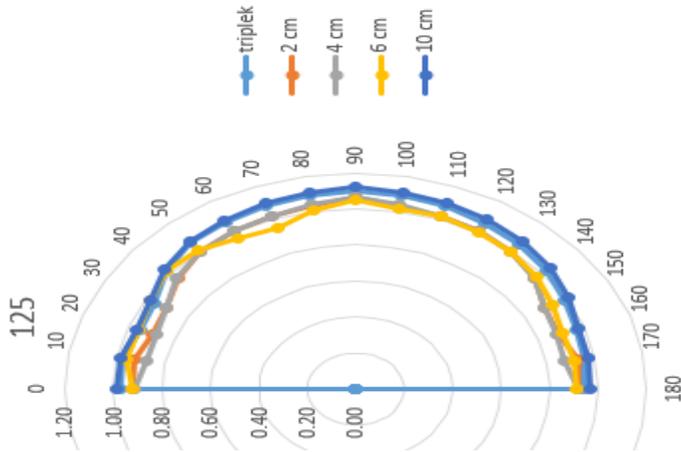
Gambar 2.4 Pola hamburan panel 6 cm



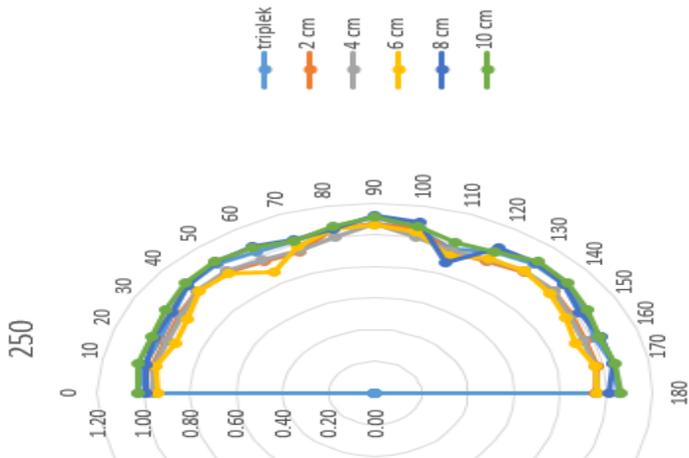
Gambar 2.5 Pola hamburan panel 8 cm



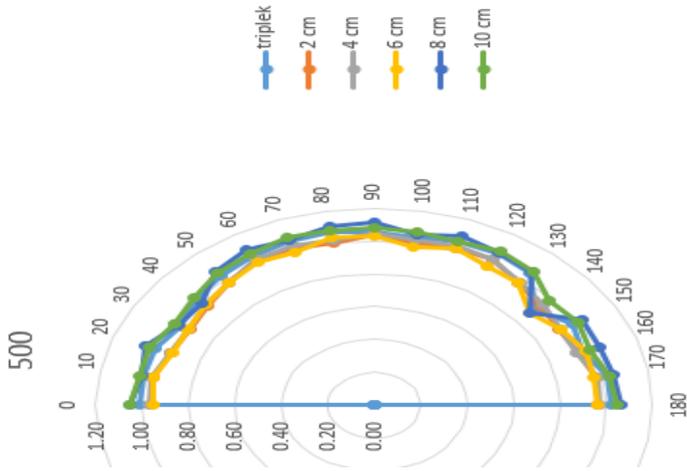
Gambar 2.6 Pola hamburan panel 10 cm



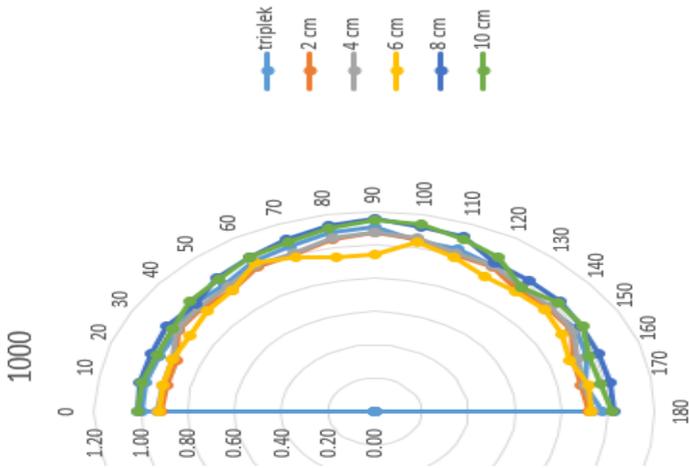
Gambar 2.7 Pola hamburan frekuensi 125 Hz



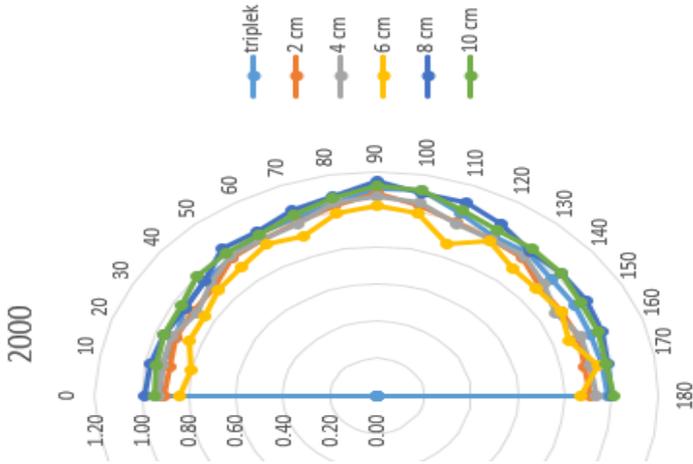
Gambar 2.8 Pola hamburan frekuensi 250 Hz



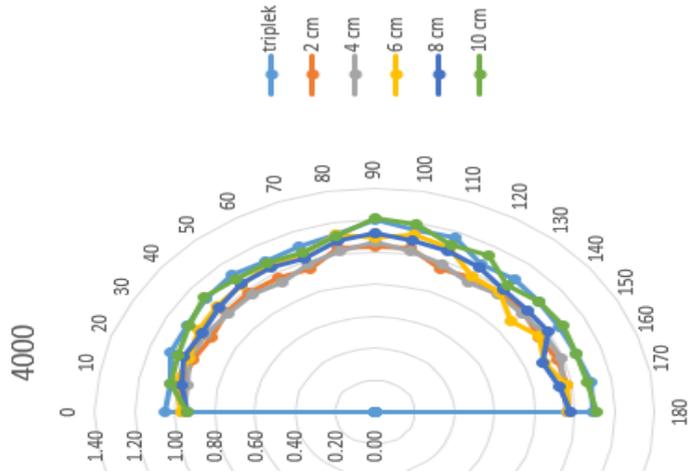
Gambar 2.9 Pola hamburan frekuensi 500 Hz



Gambar 2.10 Pola hamburan frekuensi 1000 Hz



Gambar 2.11 Pola hamburan frekuensi 2000 Hz



Gambar 2.12 Pola hamburan frekuensi 4000 Hz

BIOGRAFI



Novanto Adisasmita Kusuma lahir pada tanggal 15 November 1992 di Bojonegoro Jawa Timur. Penulis adalah anak ke 3 dari 4 bersaudara. Pendidikan penulis di mulai dari TK, SDN Kadipaten 2 Bojonegoro, SMPN 1 Bojonegoro, SMAN 1 Bojonegoro. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi di jurusan Fisika Institut

Teknologi Sepuluh Nopember.

“halaman ini sengaja dikosongkan”