

**ANALISIS KOEFISIEN PENYERAPAN FREKUENSI BUNYI DARI
BEBERAPA JENIS BAHAN AKUSTIK *TETRAPACK***

(Skripsi)

Oleh

Haidir Halomoan Lubis



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

ANALISIS KOEFISIEN PENYERAPAN FREKUENSI BUNYI DARI BEBERAPA JENIS BAHAN AKUISTIK *TETRAPACK*

Oleh

Haidir Halomoan Lubis

Telah dilakukan penelitian mengenai absorpsi pada beberapa bahan *tetrapack* terhadap frekuensi bunyi. Sumber bunyi ini menggunakan *software Daqarta for windows*. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 250 Hz dan kelipatannya hingga paling besar, yaitu frekuensi 2250 Hz. MATLAB pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui besar absorpsi dari setiap bahan *tetrapack*. *Tetrapack* yang digunakan, yaitu Bungkus kota minuman fruitea 0,24 mm, sari kacang hijau 0,31 mm, buavita 0,32 mm, teh kotak 0,38 mm dan ultramilk 0,47mm. Pengukuran yang dilakukan pada setiap bahan *tetrapack* didapat nilai absorpsi yang paling besar pada bahan ultramilk, yaitu nilai absorpsinya bisa mencapai 1.192 dB dan yang terendah pada fruitea hanya -12, 416 dB. Besar nilai absorpsi yang terjadi pada setiap bahan dipengaruhi oleh besar ketebalan dari setiap bahan. Bahan yang memiliki ketebalan lebih maka absorpsinya juga condong lebih besar.

Kata kunci: *Absorpsi, Tetrapack, Frekuensi.*

ABSTRACT

FREQUENCY SOUND ABSORPTION COEFFICIENT ANALYSIS OF SEVERAL TYPES OF MATERIAL ACOUSTICS *TETRAPACK*

By

Haidir Halomoan Lubis

The study of material absorption some *tetrapack* about sound frequency has been done. The sound source using *Daqarta software for windows*. The frequency used in this study is 250 Hz or multiples thereof up to most, namely the frequency of 2250 Hz. Matlab in this study is used to determine the number of absorption for each materials *tetrapack*. *Tetrapack* used is Wrap boxes of 0.24 mm *fruit tea* drinks, 0.31 mm mung bean juice 0.32 mm *Buavita* , 0.38 mm a tea box and 0,47 mm *ultramilk*. Measurements made on any material obtained *tetrapack* absorption greatest within reach of 1,192 dB on absorbstion materials *ultramilk* values and the lowest is 12,416 dB for *fruitea*. The amount of absorption that occurs in every single materials is affected by the thickness of each those kinds . Materials wich have more thickness greater absorption values.

Keyword: *Absorption, tetrapack, Frequency*.

**ANALISIS KOEFISIEN PENYERAPAN FREKUENSI BUNYI DARI
BEBERAPA JENIS BAHAN AKUISTIK *TETRAPACK***

Oleh

Haidir Halomoan Lubis

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Penelitian : **ANALISIS KOEFISIEN PENYERAPAN
FREKUENSI BUNYI DARI BEBERAPA JENIS
BAHAN AKUISTIK TETRAPACK**

Nama Mahasiswa : **Haidir Halomoan Tubis**

Nomor Pokok Mahasiswa : 0917041054

Jurusan : Fisika

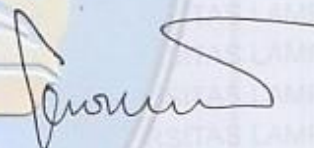
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**

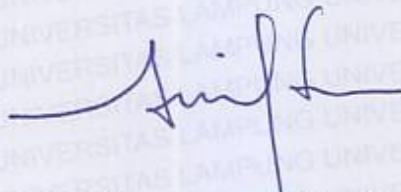


Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP.19650407 199111 1 001



Ahmad Gurum Pauzi S. Si., M.T.
NIP.19801010 200501 1 002

2. **Ketua Jurusan Fisika**



Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng
NIP.19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

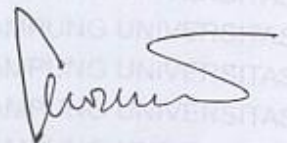
Ketua

: **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



Sekretaris

: **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.**

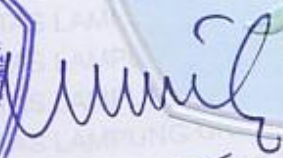


Dekan Fakultas MIPA



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.

NI. 19710212 1995 12 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **30 Desember 2016**


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atas diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya juga menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2016




Haidir Halomoan Lubis
NPM.09704054

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Haidir Halomon Lubis dilahirkan di Bandar Mas , kec. Labuhan Maringgai, Kab. Lampung Timur, Lampung, anak ke delapan dari pasangan Bapak Denhak lubis dan Ibu Nurliana Batubara

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 1 Yukum Jaya pada tahun 2002, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SLTP N 1 Terbanggi Besar pada tahun 2005 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA N 1 Terbanggi Besar tahun 2008.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) tahun 2009. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar I dan II, Asisten Praktikum Elektronika Dasar II, Asisten Praktikum Sistem Digital, Asisten Pemrograman Komputer, Asisten Praktikum Sistem Kontrol Otomatis, Asisten Praktikum Sensor dan Pengkondisian Sinyal. Penulis pernah aktif di kegiatan organisasi kemahasiswaan antara lain, sebagai Anggot Bidang Kaderisasi HIMAFI periode 2010-2011 dan ketua umum Rois Fmipa 2011-2012, .

Kerja Praktik (KP) dilaksanakan penulis di PT. Radar TV Lampung tahun 2014, dengan Judul “**Radius Microwave Link transmitter Pada Stasiun Radar TV Lampung**” serta melakukan penelitian skripsi pada tahun 2015 dengan Judul “**Analisis Koefisien Penyerapan Frekuensi Bunyi dari beberapa jenis Bahan Akuitik *Tetrapack***”.

Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karya kecilku ini karena

Allah SWT

Aku Persembahkan Karya Ini Untuk:

**Kedua Orang Tuaku, Yang Selalu
Mendo'akanku**

Keluargaku, Yang Selalu Mendukungku

Angkatan '09, Teman Seperjuanganku

Almamater Tercinta

"Universitas Lampung"

MOTO

“bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu” (Q.S. Al-‘Alaq:1)

“dan katakanlah: ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan”
(Q.S. Thaha:114)

“siapa yang menempuh jalan menuntut ilmu maka Allah akan memudahkan jalan
untuknya ke surga” (Abu Hurairah)

“barang siapa yang menghendaki dunia, maka harus dengan ilmu. Barang siapa
yang menghendaki akhirat, maka harus dengan ilmu” (Imam Syafi’i)

“Aku tidak punya aturan. Aku hanya hidup dalam kebaikan setiap saat dan setiap
waktu” (Abraham Lincoln)

*Mengetahui sesuatu dan memahami segala sesuatu lebih
baik daripada mengetahui segala sesuatu namun tidak
memahami sesuatu*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah Nya, penulis dapat menyelesaikan kuliah serta skripsi dengan baik. Judul skripsi ini “ *Analisis Koefisien Penyerapan Frekuensi Bunyi Dari Beberapa Jenis Bahan Akustik Tetrapack*”. Yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan pengikutnya.

Skripsi ini dilaksanakan dari bulan Februari 2016 sampai Desember 2016 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari dalam penyajian laporan ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Semoga laporan ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna dan dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, Desember 2016

Penulis.

SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, S.Si, M.Si., sebagai pembimbing I.
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. sebagai pembimbing II.
3. Ibu Sri Wahyu Suciati, S.Si, M.Si. Sebagai Penguji.
4. Dra. Yanti Yulianti, S.Si, M.Si Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Warsito, S.Si, D.E.A, Ph.D. Dekan FMIPA Unila
7. Keluarga tercinta Ayah, Umak, kakak-kakak dan abang yang selalu mendo'akan dan mendukung penulis.
8. Teman-teman angkatan 2009 Taqim, Ventus, Ningrum dan Jono terima kasih atas bantuan dan semangatnya.
9. Teman-teman Rumah Harapan yang selalu bersama terkhusus dr.Bintang Abadi Siregar Sp.B. k (onK).

Bandar Lampung, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALEM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIAWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGHANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Batasan Masalah	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait	5
B. Teori Dasar.....	6
1. Pengertian Gelombang	6
2. Gelombang Bunyi	8
3. Laju Perambatan Gelombang Bunyi	10
4. Tekanan dan Intensitas Bunyi	12
5. Pemantulan Bunyi	14
6. Pemyerapan Bunyi	17
7. Polusi Suara atau Kebisingin	21
8. Telinga Manusia.....	24
9. Desain Akustik.....	25
10. Bungkus kotak Kardus Kemasan Minuman (<i>Tetrapack</i>).....	27
11. Akuisisi data sound card	27
12. <i>Matrix Labolatory</i> (<i>MATLAB</i>)	29

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Bahan.....	31
1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	31
a. <i>Comression driver</i>	31
b. <i>Microphone</i>	32
c. <i>Power Amlifier</i>	32
d. Nootbook.....	34
e. <i>Tetrapack</i>	34
f. Corong Bunyi (<i>Horn</i>)	35
2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	35
a. <i>MATLAB</i>	35
b. <i>Daqarta for Windows</i>	35
C. Pengaturan parameter sinyal	36
D. Skema Perancangan <i>Hardware</i>	42
E. Cara kerja Alat <i>Hardware</i>	42

F. Diagram Alir penelitian.....	44
G. Rencana Analisis data Hasil Pengamatan	45

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian keseluruhan alat	47
B. Perangkat lunak	48
C. Pengelolaan Sinyal Bunyi	49
D. Perencanaan GUI MATLAB	49
E. Data Hasil Penelitian	57

V. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pemantulan Gelombang Bunyi	15
2.2. Penyerapan Bunyi	18
2.3. Diagram telinga manusia	25
3.1. <i>Compression driver</i>	32
3.2. <i>Audio power amplifier</i>	33
3.3. Skema rangkaian <i>split power supply</i>	33
3.4. Rangkaian <i>split power supply</i>	34
3.5. Corong bunyi.	35
3.6. Tampilan <i>Software Daqarta for Windows</i>	36
3.7. Tampilan awal <i>software</i>	36
3.8. Tampilan menu <i>generator</i> pada <i>Daqarta</i>	37
3.9. Posisi <i>slider</i> yang sama pada <i>headphone</i> dan <i>Daqarta</i> pada <i>system tray</i> <i>Windows</i>	38
3.10. Tampilan menu <i>L.O. Stream</i>	39
3.11. Tampilan menu AM	40
3.12. Tampilan <i>system tray Windows</i>	40
3.13. Tampilan setelah <i>volume control</i> di-klik	41
3.14. Tampilan <i>volume mixer - headphones</i>	41

3.15. Rancangan data pengamatan.....	41
3.16. Diagram Alir Perencanaan Rangkaian Peredam Suara	
<i>Tetrapack</i>	44
3.17. Grafik hubungan antara frekuensi dengan besar absopsi suatu bahan	
<i>tetrapack</i>	46
4.1. perangkat keras penyerapan frekeunsi bunyi.....	44
4.2. Tampilan <i>Software Daqarta for Windows</i>	45
4.3. tampilan gui MATLAB	46
4.4. pengujian program FFT	54
4.5. grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan daya absorpsi bahan	
<i>tetrapack</i> fruitea	55
4.6. grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan daya absorpsi bahan	
<i>tetrapack</i> sari kacang hijau	57
4.7. grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan daya absorpsi bahan tetrapack	
minuman Buavita.....	58
4.8. grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan daya absorpsi bahan <i>tetrapack</i> teh	
kotak	60
4.9. grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan daya absorpsi bahan <i>tetrapack</i>	
ultramilk.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. γ untuk variasi gas	11
2.2. Laju Berbagai Materi pada 20 ⁰ C dan 1 atm	12
2.3. Skala intensitas Kebisingan	14
2.4. Koefisien penyerapan bunyi dari material akustik.....	21
2.5. Jenis-jenis dari akibat-akibat kebisingan	23
2.6. Tingkat Bising Rata-Rata yang Biasa (Typical) (Beberapa Diukur pada Jarak Tertentu dari Sumber).....	48
3.1. Spesifikasi Teknis	34
3.2. Data hasil pengujian koefisien serap panel <i>tetrapack</i> dengan frekuensi 250 – 2250 (Hz)	45
4.1. Nilai absorpsi bunyi yang melewati bahan <i>tetrapack</i> fruitea dengan ketebalan 0,24 mm	58
4.2. Nilai absorpsi bunyi yang melewati bahan <i>tetrapack</i> sari kacang hijau dengan ketebalan 0,31 mm	59
4.3. Nilai absorpsi bunyi yang melewati bahan <i>tetrapack</i> buavita ketebalan 0,32 mm	61
4.4. Nilai absorpsi bunyi yang melewati bahan <i>tetrapack</i> teh kotak dengan ketebalan 0,38 mm	62

4.5. Nilai absorpsi bunyi yang melewati bahan <i>tetrapack</i> ultramilk	
ketebalan 0,47 mm	64
4.6. Nilai absorpsi bunyi yang melewati beberapa bahan <i>tetrapack</i>	65

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era modern ini, semakin banyak permasalahan yang timbul. Salah satu masalah yang mengkhawatirkan saat ini adalah masalah kebisingan, terutama di perkotaan. Kebisingan dapat menyebabkan seseorang menjadi terganggu kesehatannya. Sehingga banyak orang yang tinggal diperkotaan sering mengalami keluhan berbagai penyakit seperti kehilangan konsentrasi, susah tidur dan tekana darah. Ini bisa ditimbulkan akibat dari kebisingan yang terjadi di daerah yang intensitas kebisinganya melebihi nilai batas ambang kebisingan. Sasongko dkk, (2000) mendefinisikan kebisingan atau bising pada umumnya sebagai bunyi yang tidak dikehendaki.

Kebisingan atau dikenal dengan *background noise* (kebisingan latar) merupakan suara yang terdengar mengganggu dalam kurun waktu tertentu. Kebisingan ini biasanya berasal dari beberapa sumber, yang pertama yaitu alam seperti hujan, petir, hembusan angin dan sebagainya. Kemudian dari manusia dan makhluk hidup lainnya. Terakhir kebisingan juga timbul dari peralatan yang ada disekitar kita seperti permesinan, elektronika, kendaraan dan sebagainya. Kebisingan yang ada merupakan gabungan sumber bunyi atau satu bunyi yang ada di lingkungan kita. Baik itu bersumber dari dalam ruangan yang kita tempati atau dari luar ruangan yang merambat melalui media udara dan konstruksi bangunan. Untuk

mengurangi *Background noise* ini dibutuhkan suatu bahan penyerap suara sehingga dapat mengontrol suara bising. Biasanya bahan yang digunakan pada panel akustik (material penyerapan kebisingan) yang ada di pasaran, Saat ini berbahan pori dan busa atau serat halus sintetis yang bernilai komersial sangat tinggi dan kurang ramah lingkungan. Selain itu juga bahan sintetis yang sering digunakan juga tidak baik untuk kesehatan terutama dalam pernapasan kita.

Dengan gencarnya para aktivis lingkungan menyuarakan *Stop Global Warming* yang diakibatkan penggunaan bahan-bahan sintetis. Bahan ini dalam pembuatannya memberikan kontribusi emisi karbon dioksida, metan, nitrogen dioksida yang akan semakin mempercepat pemanasan global (Arenas dan Crocker, 2010). Beberapa peneliti melakukan terobosan untuk mengembangkan bahan penyerap akustik baru berbasis pemanfaatan limbah atau menggunakan serat dan partikel organik yang lebih ramah lingkungan sebagai penyerap bunyi. (Ismail dkk, 2010), Miasa dan Sriwijaya (2004) dalam penelitiannya mengenai sifat akustik penghalang kebisingan dari kertas dan plastik, menyatakan bahwa peredam kebisingan buatan dari kertas dan plastik (termasuk didalamnya kertas dan plastik bekas) mempunyai kemampuan meredam kebisingan lebih baik daripada tanaman dengan kemampuan hambatan aliran dapat diatur. Siregar dkk (2012) menyebutkan bahan akustik dari kertas kardus dapat menyerap bunyi dari ketebalan 0,5 cm sampai 1,5 cm sampai ketebalan yang lebih besar. Sehingga peneliti memiliki terobosan mengembangkan bahan panel akustik memanfaatkan bahan limbah sampah dari bungkus kotak kardus kemasan minuman (*Tetrapack*).

Saat ini sampah bungkus kemasan minuman atau sejenis yang biasa di sebut *tetrapack* sangat mengawatirkan jumlahnya dan belum banyak pengelolaannya.

Tetrapack dilihat dari bentuk yang padat dan memiliki pori pori, ini menjadikan bahan *tetrapack* memiliki daya absorpsi yang baik. Selain itu limbah bungkus kemasan minuman memiliki daya simpan yang tinggi sehingga sangat disayangkan sekali apabila kurang dimanfaatkan, karena sangat mudah didapat di berbagai tempat sebagai limbah (sampah).

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengaplikasikan limbah sampah *Tetrapack* dan mendaur ulang menjadi bahan penyerap kebisingan (panel akustik);
2. menganalisis besar frekuensi gelombang bunyi yang diserap oleh beberapa limbah sampah *Tetrapack* berbeda merek dagang.
3. mendeskripsikan bahan baku *tetrapack* sebagai referensi dalam membuat bahan panel akustik;
4. mendapatkan bahan panel akustik pengganti bahan panel akustik yang ada dipasaran;

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah;

1. mendapatkan bahan penyerap kebisingan (panel akustik) yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan;
2. mengurangi penggunaan bahan bersintetik dan beralih ke bahan yang berasal dari limbah sampah.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas, masalah yang akan diteliti pada penelitian ini adalah :

1. bagaimana menghitung koefisien redam bunyi pada *tetrapack*;
2. bagaimana membuat disain miniatur ruangan untuk pengujian redam *tetrapack*.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. penggunaan bahan utama tetrapack sebagai bahan penyerap kebisingan (panel akustik);
2. *Tetrapack* yang digunakan adalah kotak bungkus teh kotak, Ultramilk dan Sari Kacang Hijau, fruitea, dan Buavita;
3. Frekuensi sumber bunyi yang digunakan yaitu 250 Hz sampai 2250 Hz.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitaian Terkait

Penelitian yang dilakukan untuk mengurangi kebisingan menggunakan material ramah lingkungan telah dilakukan beberapa peneliti. Penelitian yang dilakukan mendapatkan terobosan untuk mengembangkan bahan penyerap akustik baru menggunakan serat atau partikel organik ramah lingkungan sebagai penyerap bunyi (wassilief 1996). Pada tahap awal telah diselidiki kemungkinan penggunaan limbah sebagai bahan baku panel. Adapun limbah yang dipilih adalah jerami padi, mengingat material ini memiliki karakteristik sebagaimana bahan-bahan untuk keperluan akustik, seperti elastisitas cukup tinggi dan mengandung rongga udara. Pengujian serap dilakukan pada frekuensi 100 Hz – 1200 Hz, mengingat kelenturan panel, maka pengujian pada frekuensi diatas 1200 Hz kurang diperlukan. Pada panel dengan ketebalan 20 mm, koefisien serap pada frekuensi rendah juga kecil, terus merangkak naik dan mencapai puncaknya pada frekuensi 600 – 900 Hz, kemudian menurun kembali. Namun pada panel dengan ketebalan 30 mm, nilai koefisien serap memiliki kecenderungan untuk terus naik, seiring naiknya frekuensi bunyi yang diuji. Oleh karena adanya fluktuasi angka yang cukup besar, digunakan frekuensi 500 Hz sebagai acuan. Dalam hal ini koefisien serap rata-rata pada panel 20 mm adalah 0,41 dan pada panel 30 mm adalah 0,85 (Mediastika, 2007).

Material organik alami yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan penyerap bunyi lainnya yaitu limbah tongkol jagung dengan percampuran *Polyurethane* (PU). Serbuk tongkol jagung dengan ukuran butiran kecil memiliki koefisien absorpsi yang paling tinggi di antara ukuran butiran yang lain, yaitu 0,54. Komposisi 40% tongkol jagung memiliki koefisien absorpsi yang paling tinggi yaitu sebesar 0,63 pada frekuensi 2000 Hz, sedangkan terendah kebanyakan terjadi pada frekuensi 250 Hz. (Surant, 2013).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian Memanfaatkan limbah sampah yang merugikan bagi kebersihan lingkungan. Limbah sampah yang digunakan untuk panel akustik adalah kardus yang terbuang sia-sia dikota kota besar atau di pedesaan. Bahan akustik dari kertas kardus cocok dipakai menyerap bunyi dari range frekuensi 1000 Hz sampai 2000 Hz. Bahan akustik dari kardus dapat menyerap bunyi dari ketebalan 0,5 cm sampai 1 cm dan ketebalan 1,5 cm sampai ketebalan yang lebih besar (Siregar, 2012). Penelitian lain yang menggunakan bahan limbah adalah Irawan dkk (2013). Menggunakan bahan utama kertas *duplex* dicampur menggunakan bahan perekat *Portland cement* dan air.

B. Teori Dasar

1. Pengertian Gelombang

Gelombang adalah bentuk dari getaran yang merambat pada suatu medium. Pada gelombang yang merambat adalah gelombangnya, bukan medium perantaranya.

Gelombang dapat dibagi menjadi 2 macam gelombang yaitu;

- a. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarnya. Gelombang transversal ini terdiri atas satu lembah dan satu bukit. Contoh : Gelombang tali.
- b. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang merambat dalam arah yang berimpitan dengan arah getaran pada tiap bagian yang ada. Gelombang yang terjadi berupa rapatan dan renggangan. Contoh : pegas. (Giancoli, 2001)

Gelombang longitudinal merupakan gelombang yang terdengar sebagai bunyi bila masuk ke telinga. Gelombang longitudinal yang masuk dan terdengar sebagai bunyi pada telinga manusia pada frekuensi 20 – 20.000 Hz atau disebut jangkauan suara yang dapat didengar (audible sound). Bunyi-bunyi yang muncul pada frekuensi di bawah 20 Hz disebut infrasonik, sedangkan yang muncul di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Dalam rentang 20 Hz sampai dengan 20.000 Hz tersebut, bunyi masih dibedakan menjadi bunyi-bunyi dengan frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz), frekuensi sedang (1000 Hz sampai 4000 Hz) dan frekuensi tinggi (di atas 4000 Hz) (Mediastika, 2005).

Elemen lain dari bunyi adalah kecepatan rambat bunyi dalam medium tertentu. Kecepatan rambat yang dilambangkan dengan notasi (v) adalah jarak yang mampu ditempuh oleh gelombang bunyi pada arah tertentu dalam waktu satu detik. Dan satuannya adalah meter-per-detik (m/detik). Setiap kali gelombang bergetar, gelombangnya bergerak menjauh sejauh satu gelombang sinus. Oleh karena itu, banyaknya getaran tiap detik menunjukkan total panjang yang berpindah dalam satu detik. (Mediastika, 2005). Frekuensi sebuah gelombang secara alami

ditentukan oleh frekuensi sumber. Laju gelombang melalui sebuah medium ditentukan oleh sifat-sifat medium. Frekuensi f dan laju v dari gelombang sudah tertentu, maka panjang gelombang λ sudah ditetapkan. Kejadian perpindahan atau perambatan gelombang dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut ;

$$v = f\lambda \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

v = Kecepatan rambat (m/det);

λ = Panjang gelombang (m);

f = Frekuensi (Hz) (Halliday dan Resnick, 1992).

2. Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi dapat diukur dalam satuan panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan rambat. Panjang gelombang (λ) adalah jarak antara dua titik pada posisi yang sama yang saling berurutan. Misalnya jarak antara dua puncak gunung atau jarak antara dua lembah. Panjang gelombang diukur dalam satuan meter (m) dan merupakan elemen yang menunjukkan kekuatan bunyi. Semakin panjang gelombangnya, semakin kuat pula bunyi tersebut. Selain panjang gelombang, elemen bunyi yang lain adalah frekuensi. Frekuensi (f) adalah jumlah atau banyaknya getaran yang terjadi dalam setiap detik. Frekuensi dihitung dalam satuan *Hertz* (Hz). Jumlah getaran yang terjadi setiap detik tersebut sangat tergantung pada jenis objek yang bergetar. Oleh karena itu, setiap benda akan memiliki frekuensi tersendiri yang berbeda dari benda lainnya. Tanpa melihat, hanya dengan mendengar saja, kita dapat membedakan apakah suatu benda yang jatuh terbuat dari logam, kaca atau kayu.

Gelombang Bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal. Gelombang bunyi tersebut dapat dijalarkan di dalam benda padat, benda cair, dan gas. Partikel-partikel yang mentransmisikan sebuah gelombang seperti itu beresilasi dalam arah penjalaran gelombang itu sendiri. Ada suatu jangkauan frekuensi yang besar di dalam mana dapat dihasilkan gelombang mekanis longitudinal. Gelombang bunyi dibatasi oleh jangkauan frekuensi yang dapat merangsang telinga dan otak manusia kepada sensasi pendengaran. Jangkauan ini kira-kira 20 siklus/detik (atau 20Hz) sampai kira-kira 20.000 Hz dan dinamakan jangkauan suara yang dapat didengar (*audible range*) (Halliday dan Resnick, 1992).

Bunyi terjadi karena adanya benda yang bergetar yang menimbulkan gesekan dengan zat disekitarnya. Sumber getaran dapat berupa objek yang bergerak dan dapat juga berupa udara yang bergerak. Untuk objek udara yang bergerak terjadi pada terompet yang di tiup. Getaran tersebut kemudian menyentuh partikel zat yang ada di dekatnya. Zat ini dapat berupa gas, cairan atau padatan. Partikel zat yang pertama kali tersentuh (yang paling dekat dengan objek) akan meneruskan energi yang diterimanya ke partikel disebelahnya. Demikian seterusnya partikel-partikel zat akan saling bersentuhan sehingga membentuk rapatan dan renggangan yang dapat digambarkan sebagai gelombang yang merambat.

Oleh karena itu, keberadaan zat disekitar objek yang bergetar sering kali disebut juga medium perambat gelombang bunyi. Meski objek yang bergetar, yang disebut sebagai sumber bunyi, telah berhenti bergetar, pada keadaan tertentu perambatan gelombangnya masih terus berjalan sampai pada jarak tertentu dari objek tersebut. Rambatan gelombang tersebut ditangkap oleh daun telinga. (*Mediastika, 2005*).

3. Laju Perambatan Gelombang Bunyi

Laju bunyi berbeda untuk materi yang berbeda. Pada suhu di 0°C dan 1 atm, bunyi merambat dengan laju 331 m/s. Bunyi bergerak pada kecepatan berbeda-beda pada tiap media yang dilaluinya. Pada media gas udara, cepat rambat bunyi tergantung pada kerapatan, suhu, dan tekanan.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_a}{\rho}} \dots\dots\dots(2)$$

Atau dalam bentuk sederhana dapat di tulis :

$$v = 20,05 \sqrt{T}$$

dengan v = cepat rambat bunyi (m/s);

γ = rasio panas spesifik;

P_a = tekanan atmosfer (pascal);

ρ = kerapatan (kg/m^3);

T = suhu (K). (*Giancoli, 2001*).

Dimana γ adalah sebuah konstanta yang dinamakan perbandingan kalor jenis-kalor jenis untuk gas. Catatan kuantitas γ adalah persamaan C_p/C_v , Perbandingan dari panas spesifik gas pada konstanta tekanan untuk panas spesifik dari gas pada konstanta volume. Itu dapat ditunjukkan pada kuantitas adalah $\frac{5}{3}$ untuk gas monoatomik dan $\frac{7}{5}$ untuk gas diatomic. Walaupun akan terlalu jauh untuk rincinya, dengan catetan menarik bahwa kecepatan bunyi dalam udara dapat bentuk komplet dari mekanik dan termodinamika (Halliday dan Resnick, 1992).

Tabel 2.1. γ untuk variasi gas

Gas	$C_p / C_p = \gamma$
Argon, Ar	1.67
Helium, He	1.67
Merkuri, Hg	1.67
Oksigen, O_2	1.40
Nitrogen, N_2	1.40
Udara	1.40
Klorin, CL_2	1.34
Karbon dioksida, CO_2	1.29
Sulfur dioksida, SO_2	1.29
Etana, C_2H_6	1.19
Dimetil etel, C_2H_6O	1.16

Pada media padat kecepatan bergantung pada modulus elastisitas dan kerapatan, sedangkan pada kecepatan media cair bergantung pada modulus bulk dan kerapatan yang ditunjukkan oleh:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \dots\dots\dots(3)$$

dengan $E =$ Modulus Young (N/m^2);

$\rho =$ kerapatan (kg/m^3).

Pada media cair bergantung pada modulus bulk dan kerapatan.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan $B =$ Modulus Bulk (N/m^2);

$\rho =$ kerapatan (kg/m^3) (*Giancoli, 2001*).

Karena bunyi merupakan gelombang maka bunyi mempunyai cepat rambat yang dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu Kerapatan partikel medium yang dilalui bunyi. Semakin rapat susunan partikel medium maka semakin cepat bunyi merambat, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat. Selanjutnya pada suhu medium, semakin panas suhu medium yang dilalui maka semakin cepat bunyi

merambat. Hubungan ini dapat dirumuskan kedalam persamaan matematis ($V = V_0 + 0,6.t$) adalah cepat rambat pada suhu nol derajat dan t adalah suhu medium. Besar kecilnya cepat rambat bunyi pada suatu medium sangat tergantung pada temperatur medium tersebut (Beranek dan L'ver, 1992).

Tabel 2.2. Laju Berbagai Materi pada 20⁰ C dan 1 atm

Materi	Laju (m/s)
Udara	343
Udara (0 ⁰ C)	331
Helium	1005
Hidrogen	1300
Air	1440
Air Laut	1560
Besi dan Baja	5000
Kaca	4500
Aluminium	5100
Kayu Keras	4000

(Giancoli, 2001)

4. Tekanan dan Intensitas Bunyi

Intensitas didefinisikan sebagai energi yang dibawa sebuah gelombang per satuan waktu melalui satuan luas dan, sebanding dengan kuadrat amplitudo gelombang. Karena energi per satuan waktu adalah daya, intensitas memiliki satuan daya per satuan luas, atau watt/ meter² (W/m²) (Giancoli, 2001). Keras Bunyi (*loudness*) sangat dipengaruhi oleh sensasi yang ditimbulkan pada pendengaran seseorang. Jadi bersifat subjektif, berbeda pada tiap-tiap orang dan tidak dapat diukur secara langsung dengan suatu alat, berbeda dengan intensitas bunyi yang objektif, dapat langsung diukur dengan suatu alat. Keras bunyi bertambah, jika intensitas bertambah, akan tetapi pertambahan ini tidak terjadi secara linier. Nada bunyi

yang intensitasnya sama, tetapi berbeda frekuensinya belum tentu menimbulkan sensasi keras bunyi yang sama pada tiap-tiap orang. (*Sears & Zemansky, 1962*)

Intensitas merupakan mengalirnya energi bunyi per unit waktu melalui luas suatu medium dimana arah gelombang bunyi tegak lurus dengan medium. Skala standar yang digunakan untuk mengukur tekanan bunyi dalam akustik fisis mempunyai jangkauan yang lebar, yang menyebabkan susah digunakan. Tingkat tekanan bunyi diukur oleh meter tingkat bunyi yang terdiri dari mikrofon, penguat dan instrumen keluaran (output) yang mengukur tingkat tekanan bunyi efek dalam desibel. Apabila gelombang bunyi melalui medium, maka gelombang bunyi mengadakan suatu penekanan. Satuan tekanan bunyi adalah mikro bar, 1 mikro bar = 10^{-6} atmosfer (*Gabriel, 2001*).

Intensitas suara didefinisikan sebagai laju aliran energi (daya) suara yang menembus satu luasan tertentu, dengan kata lain intensitas suara merupakan kerapatan energi suara per satuan luas:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \dots\dots\dots(5)$$

- dengan :
- I : Intensitas suara (W/m^2);
 - P : daya suara (W);
 - A : luas permukaan yang ditembus suara (m^2);
 - r : jarak titik dari sumber suara (m).

(*Sasongko dkk., 2000*) .

Tabel 2.3. Skala intensitas Kebisingan

Jenis Bising/ Bunyi	Desibel	Kriteria
Jet tinggal landas, meriam, mesin uap, halilintar, band rock	100 - 130	Menulikan
Bising lalu lintas, pluit polisi, Knalpot Truk.	80 -100	Sangat keras
Kantor yang bising, Radio pada umumnya, Perusahaan.	60 -80	Keras
Percakapan pada umumnya, radio perlahan, rumah bising	40 -60	Sedang
Kantor pribadi, ruangan tenang, Percakapan tenang.	20 -40	Lemah
Gemerisik daun, bisikan nafas manusia	S/d 20	Lemah

(Gabriel, 1988)

Tingkat intensitas bunyi dinyatakan dengan skala logaritma. Satuan skala ini adalah bel, dari Alexander Graham Bell (1847-1922), penemu telepon, atau jauh lebih umum, desibel (dB), yang merupakan $\frac{1}{10}$ bel (10 dB= 1 bel) Tingkat intensitas bunyi (B) didefinisikan dalam intensitasnya I, sebagai berikut :

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots(6)$$

dengan B : tingkat intensitas suara (dB);

I : Intensitas suara (W/m^2);

I_0 : Intensitas suara acuan ($10^{12} W/m^2$).

(Giancoli, 2001).

$$I_t = I_i e^{-\alpha x} \quad (7)$$

dengan I_i = intensitas gelombang bunyi awal (W/m^2)

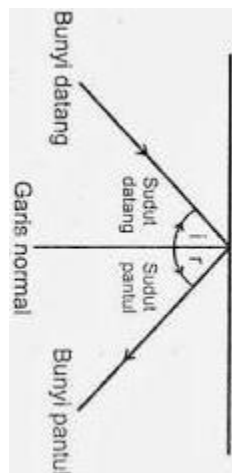
I_t = intensitas gelombang bunyi tranmis (W/m^2)

x = ketebalan suatu bahan (m)

α = koefisien absorpsi material (m^{-1})

5. Pemantulan Bunyi

Bila gelombang bunyi menyentuh permukaan (padat atau cair), maka sebagian gelombang bunyi akan dipantulkan dan sebagian lain akan ditransmisikan. Berkas yang terpantul membentuk sudut dengan garis normal permukaan yang besarnya sama dengan sudut berkas datang, sebaliknya berkas yang ditransmisikan akan dibelokkan atau menjauh dari garis normal, bergantung pada medium. Pemantulan bunyi mengikuti hukum pemntulan yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul (Tipler, 1991).



Gambar 2.1. Pemantulan Gelombang Bunyi (Tipler, 1991)

Refleksi (pemantulan) gelombang bunyi memainkan peran penting dalam perancangan ruang. Sifat pemantulan bunyi dapat menimbulkan masalah untuk beberapa hal tertentu, Akan tetapi dapat pula digunakan untuk beberapa keperluan. Pemantulan bunyi pada dinding dalam ruangan dapat menyebabkan terjadinya gaung yang menyebabkan suara orang yang berbicara tidak jelas. Pada

peristiwa pemantulan, tiap suku kata yang diucapkan diikuti oleh bunyi pantulan suku kata tersebut. Bunyi asli dan bunyi pantul berbaur menjadi suatu yang tidak jelas (Doelle, 1985).

Bila tekanan bunyi disuatu auditorium sama dan gelombang bunyi dapat merambat dalam semua arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama atau homogen, dengan perkataan lain, terjadi penyebaran bunyi dalam ruang tersebut. Penyebaran atau difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruang tertentu, karena ruang-ruang itu membutuhkan distribusi bunyi yang merata dan menghalangi terjadinya cacat akustik yang tak diinginkan. Difusi Bunyi dapat diciptakan dengan beberapa cara, yaitu:

- a. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tak teratur dalam jumlah yang banyak sekali, seperti plaster, pier, balok-balok terpanjang, langit-langit yang terkotak-kotak, pagar balkom yang dipahat, dan dinding-dinding yang bergeriji.
- b. Penggunaan lapisan permukaan pemantul bunyi dan penyerap bunyi secara bersamaan.
- c. Distribusi lapisan penyerap yang berbeda secara tak teratur dan acak

(Doelle, 1985).

Difraksi adalah gejala akustik yang menyebabkan gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan sekeliling penghalang, seperti sudut, kolom, tembok dan balok. Pembelokan gelombang bunyi sampai batas tertentu terjadi ketika sebagian muka gelombang dibatasi. Difraksi lebih nyata pada frekuensi rendah dari pada frekuensi tinggi, karena panjang gelombang bunyi yang dapat didengar terentang

dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter dan seringkali cukup besar dibandingkan dengan lubang atau perintang, maka pembelokan gelombang bunyi di sekitar suatu pojokan merupakan suatu fenomena biasa (Doelle, 1985).

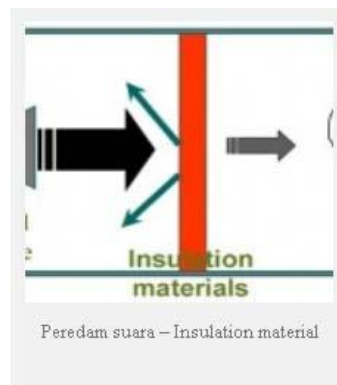
6. Penyerapan Bunyi

Bahan lembut, berpori, dan kain serta manusia menyerap sebagian besar gelombang bunyi yang menumbuk mereka, dengan kata lain, mereka adalah penyerap bunyi. Absorpsi bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini sangat kecil, sedangkan kecepatan perambatan gelombang bunyi tidak dipengaruhi oleh absorpsi. Sebenarnya semua bahan bangunan menyerap bunyi sampai batas tertentu, tetapi pengendalian bahan akustik yang baik membutuhkan penggunaan bahan-bahan dengan tingkat absorpsi bunyi yang baik. Dalam akustik lingkungan unsur-unsur berikut dapat menunjang absorpsi bunyi:

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

Efisiensi absorpsi bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisiensi absorpsi bunyi. Koefisiensi absorpsi bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi yang datang yang diabsorpsi, atau tidak dipantulkan oleh permukaan sehingga bunyi diserap sebagian atau seluruhnya. Koefisiensi ini

dinyatakan dalam α . Nilai α dapat berada antara 0 dan 1 (Dowell, 1978).



Gambar 2.2. Penyerapan Bunyi (Tipler, 1991)

Jika kecepatan bunyi dipengaruhi oleh temperatur maka formula untuk menghitungnya adalah:

$$v = 331 \text{ [m/s]} + 0.6 \text{ [m/s/}^{\circ}\text{C]} \times T \text{ [}^{\circ}\text{C]} \dots \dots \dots (8)$$

dengan v = kecepatan bunyi diudara (m/s);

T = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$).

Kecepatan bunyi berbeda-beda pada setiap jenis medium. Medium perambatan bunyi ada tiga yaitu padat, cair dan gas. Pada medium padat kecepatan bunyi lebih besardibandingkan dari medium cair, dan medium cair lebih besar dari medium gas. Gelombang akustik mempunyai sifat memantul, diteruskan dan diabsorpsi oleh suatu medium/jaringan. Apabila gelombang akustik ini mengenai permukaan jaringan, maka sebagian dari gelombang akustik ini akan dipantulkan dan sebagian lagi akan diteruskan/ditransmisikan.

Pada hukum geometri diketahui bahwa cahaya bisa direfleksikan (pantul) dan direfraksikan (bias). Demikian pula pada gelombang akustik dapat dipantulkan (didefraksi) dan gelombang akustik yang masuk ke dalam jaringan akan menyebabkan efek friksi (*friction*). Absorpsi energi gelombang akustik ini akan mengakibatkan berkurangnya amplitudo gelombang akustik. Sesuai hukum termodinamika II maka energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan dirubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya energi getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserap. Koefisien absorpsi suara suatu bahan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara energi suara yang diserap oleh bahan tersebut dengan energi suara datang atau :

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana W_a dan W_i masing-masing adalah daya suara yang diserap dan daya suara yang tiba pada permukaan bahan. Sering kali suatu permukaan terdiri dari berbagai macam bahan atau mempunyai berbagai macam koefisien penyerap suara $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ dan seterusnya.

Dalam hal ini koefisien absorpsi permukaan tersebut dinyatakan dengan harga rata-ratanya yang ditentukan dengan rumus berikut,

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots\dots\dots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots\dots\dots + S_n} \dots\dots\dots(10)$$

Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain, glass wool, rock wool, soft board, karpet, busa, acoustic tiles, resonator, dll. Ketika gelombang bunyi yang merambat di udara mengenai atau menumbuk permukaan dinding, maka sebagian energi yang ada pada gelombang bunyi tersebut akan diteruskan dan sebagian lagi akan hilang karena energi gelombang bunyi tersebut dapat mengalami refleksi, difraksi, difusi maupun absorpsi. Energi gelombang bunyi yang diserap oleh penghalang sebagian akan diubah menjadi energi panas maupun bentuk energi lainnya. Bila sebagian energi gelombang bunyi diubah menjadi energi kinetik, maka akan terjadi getaran pada penghalang yang bersangkutan, dan hal ini akan menjadi sumber bunyi baru. Sehingga dapat disimpulkan bahwa :

Energi bunyi datang (E_d) = Energi bunyi keluar (E_t)

$$= R + A + TL \dots \dots \dots (10)$$

dengan R = Energi bunyi dipantulkan (dB);

A = Energi bunyi diserap (dB);

TL = *Transmission Loss* (dB).

Selain nilai koefisien absorpsi bunyi, faktor yang dinilai pada karakteristik suatu bahan akustik adalah nilai *Transmission Loss* (TL) material akustik, yaitu kemampuan bahan untuk tidak meneruskan bunyi atau menginsulasi bunyi dari suatu ruang sumber bunyi ke ruang penerima di sebelahnya. *Transmission Loss* (TL) atau rugi transmisi bunyi menyatakan besarnya sebagian energi yang hilang karena gelombang bunyi melewati suatu penghalang (Hemond, 1982).

Tabel 2.4. Koefisien penyerapan bunyi dari material akustik.

Material	Frekuensi (Hz)					
	150	250	500	1000	2000	4000
Gypsum board (13 mm)	0.29	0.1	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Tegel geocoustic (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Steel deck (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.4

Sumber : (Doelle, 1993)

7. Polusi Suara atau Kebisingan

Polusi suara atau Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki atau mengganggu. Gangguan bunyi hingga tingkat tertentu dapat diadaptasi oleh fisik, namun saraf dapat terganggu. Ambang bunyi (*threshold of audibility*) adalah intensitas bunyi yang sangat lemah yang masih dapat didengar telinga manusia, berenergi 10^{-12} weiber/ m^2 . Ambang bunyi ini disepakati mempunyai tingkat bunyi 0 dB. Ambang sakit (*thereshold of pain*) adalah kekuatan bunyi yang menyebabkan sakit pada telinga manusia, berenergi $1W/m^2$. (Satwiko, 2009).

Kebisingan (*noise*) adalah suara yang tidak dikehendaki. Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat- alat kerja yang pada tingkat-tingkat tertentu dapat mengganggu pendengaran. Pengaruh utama dari kebisingan adalah kerusakan pada indera pendengaran dan psikologis makhluk hidup dan akibat ini telah diketahui dan diterima umum. (Gabriel, 2001).

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, bising dapat dibagi atas :

1. Bising yang mengganggu (Irritating noise).

Intenstas tidak terlalu keras. Misalnya : mendengkur

2. Bising yang menutupi (Masking noise).

Merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja, karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain.

3. Bising yang merusak (daming/injurious noise).

Adalah bunyi yang intensitasnya melampaui NAB. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

Tabel 2.5. Jenis-jenis dari akibat-akibat kebisingan

Tipe	Uraian	
Akibat – akibat badaniah	Kehilangan Pendengaran	Perubahan ambang batas sementara akibat kebisingan, Perubahan ambang batas permanent akibat kebisingan
	Akibat – akibat fisiologis	Rasa tidak nyaman atau stress meningkat, tekanan darah meningkat, sakit kepala, bunyi dering.
Akibat – akibat Psikologis	Gangguan emosional	Kejengkelan, kebingungan
	Gangguan gaya hidup	Gangguan tidur atau istirahat, hilang konsentrasi waktu bekerja, membaca, dsb
	Gangguan pendengaran	mendengarkan TV, radio, percakapan, telepon, dsb

(Gabriel, 1988)

Tabel 2.6. Tingkat Bising Rata-Rata yang Biasa (Typical) (Beberapa Diukur pada Jarak Tertentu dari Sumber)

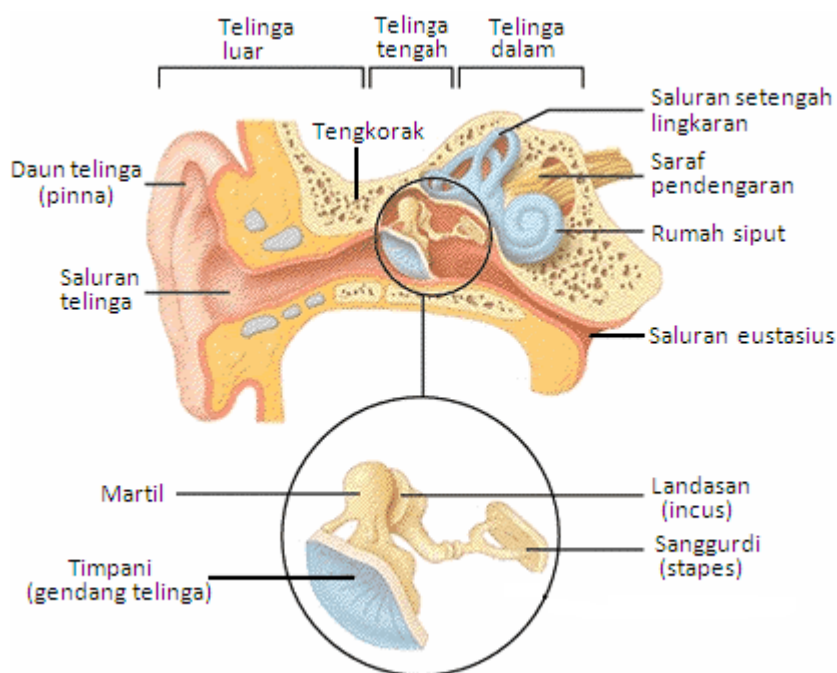
Sumber bising	Tingkat bising (dB)
Detik arloji	20
Halaman tenang	30
Rumah tenang pada umumnya	42
Jalan pemukiman yang tenang	48
Kantor bisnis pribadi	50
Kantor lansekap	53
Kantor besar yang konvensional	60
Pembicaraan normal, 3 ft (90 cm)	62
Mobil penumpang di lalu-lintas kota, 20 ft (6 m)	70
Pabrik tenang	70
Mobil penumpang di jalan raya, 20 ft (6 m)	76
Pembicaraan keras, 3 ft (90 cm)	78
Pabrik yang bising	80
Mesin kantor, 3 ft (90 cm)	80
Ruang teletype surat kabar	80
Motor tempel 10-hp, 50 ft (15 m)	88
Lalu-lintas kota pada jam sibuk, 10 ft (3 m)	90
Jet besar lepas landas, 3.300 ft (1.000 m)	90
Motor sport atau truk, 30 ft (90 m)	94
Bedil riveting, 3 ft (90 cm)	100
Mesin potong rumput berdaya, 10 ft (3 m)	105
Band music rock	113
Jet besar lepas landas, 500 ft (150 m)	115
Sirene 50-hp, 100 ft (30 m)	138
Roket ruang angkasa	175

(Sumber : *Dolle, 1993*)

8. Telinga Manusia

Fungsi telinga adalah untuk secara efisien merubah energi getaran dari gelombang menjadi sinyal listrik yang dibawa ke otak melalui saraf. Gambar 2.2 adalah diagram telinga manusia. Telinga dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu : telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Di telinga luar, gelombang bunyi dari luar melambat sepanjang saluran telinga ke gendang telinga (timpani), yang bergetar sebagai tanggapan terhadap gelombang menyimpannya. Telinga tengah terdiri dari tiga tulang kecil yang dikenal dengan nama martil, landasan (incus), dan

sanggurdi (stapes), yang memindahkan getaran gendang telinga ketelinga dalam jendela oval. Telinga dalam terdiri dari saluran-saluran setengah lingkaran, yang penting untuk mengendalikan keseimbangan, rumah siput yang berisi cairan, dimana energi getaran dari gelombang bunyi diubah menjadi energi listrik dan dikirim ke otak (Giancoli, 2001)



Gambar 2.3. Diagram telinga manusia

9. Desain Akustik

Desain akustik ruangan tertutup pada intinya adalah mengendalikan komponen suara langsung dan pantul, dengan cara menentukan karakteristik akustik permukaan dalam ruangan (lantai, dinding, dan langit-langit) sesuai dengan fungsi ruangnya. Ada ruangan yang karena fungsinya memerlukan lebih banyak karakteristik serap (studio, *home theater*, dll) ada yang memerlukan gabungan antara serap dan pantul yang berimbang (auditorium, ruang kelas dsb). Mengkombinasikan beberapa karakter permukaan ruangan, seorang desainer

akustik dapat menciptakan berbagai macam kondisi untuk mendengarkan bunyi sesuai dengan fungsi ruangnya, yang diwujudkan dalam bentuk parameter akustik Ruang (Sarwono, 2008).

Karakteristik akustik permukaan ruangan pada umumnya dibedakan atas

- a. Bahan penyerap suara (*absorber*) yaitu permukaan yang terbuat dari material yang menyerap sebagian atau sebagian besar energi suara yang datang padanya, misalnya *glasswool*, *mineral wool*, *foam*. Bahan ini bisa berwujud sebagai material yang berdiri sendiri atau digabungkan menjadi sistem *absorber* (*fabric covered absorber*, *panel absorber*, *grid absorber*, *resonator absorber*, *perforated panel absorber*, *acoustic tiles*, dsb).
- b. Bahan pemantul suara (*reflector*) yaitu permukaan yang terbuat dari material yang bersifat memantulkan sebagian besar energi suara yang datang kepadanya. Pantulan yang dihasilkan bersifat spekulat (mengikuti kaidah Snellius yaitu sudut datang = sudut pantul). Contoh bahan ini misalnya keramik, marmer, logam, aluminium, *gypsum board*, beton, dsb.
- c. Bahan penyebar suara (*diffuser*) yaitu bahan dimana permukaan yang dibuat tidak merata secara akustik yang dapat menyebarkan energi suara yang datang kepadanya, misalnya QRD *diffuser*, BAD panel, *diffsorber* dsb. (Sarwono, 2008).

10. Bungkus Kotak kardus kemasan minuman (*Tetrapack*)

Tetrapack adalah kemasan yang terbuat dari Karton, *Polyethylene*, *aluminium*. Digunakan sebagai kemasan minuman yang menggantikan peran kaleng. Kemasan tetrapack terdiri dari 3 lapisan, yaitu 74 % lapisan karton, 21 % lapisan *polyethylene* dan 5 % *aluminium*. Perpaduan antara lapisan lapisan ini membuat kemasannya ringan, kuat tetapi mudah di daur ulang.

- a. Fungsi Karton sebagai kanvas untuk media iklan (menempelkan brand, nama produk, dll)
- b. Fungsi *Polyethylene* untuk melindungi dari benda cair yang dapat menyebabkan rusaknya kemasan
- c. Fungsi *Aluminium* melindungi produk dari cahaya yang dapat merusak produk

Sampah *tetrapack* kemasan produk merupakan jenis sampah yang unik karena tidak dapat dikelompokkan menjadi sampah organik ataupun sampah nonorganik. Komposisi kertas (karton) yang mencapai 74% menyebabkan sampah ini sering dianggap sebagai organik. Namun, 26% sisanya merupakan bahan nonorganik yang dapat berdampak buruk bagi lingkungan. (Tri dan Raihan 2009).

11. Akuisisi Data dengan *Sound Card*

Akuisisi data merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang diinginkan. Jenis serta metode yang dipilih pada umumnya bertujuan untuk menyederhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses. Suatu sistem akuisisi data pada umumnya dibentuk sedemikian rupa

sehingga sistem tersebut berfungsi dengan baik dalam proses mengambil, mengumpulkan dan menyimpan suatu data ke dalam bentuk yang siap untuk dilakukan proses selanjutnya (Ariyus dan Andri, 2008).

Dalam akuisisi data terdapat dua *mode* yaitu *mode sinkron* dan *mode asinkron*. Akuisisi sinkron merupakan akuisisi data yang dalam pengiriman dan penerimaannya terjadi dalam waktu yang serentak sehingga dalam akuisisi *sinkron* sebelum adanya pengiriman data dilakukan sinkronisasi antara pengirim dan penerima. Akuisisi *asinkron* merupakan akuisisi data yang dalam pengiriman dan penerimaan datanya tidak harus terjadi pada waktu yang serentak.

Untuk membangun sebuah sistem akuisisi data digunakan beberapa alat yang salah satunya adalah *sound card*. *Sound card* merupakan perangkat keras komputer yang berfungsi untuk mengolah data berupa audio atau suara. *Sound Card* memiliki empat fungsi utama, yaitu sebagai *synthesizer*, sebagai MIDI *interface*, pengonversi data analog ke digital (misalnya merekam suara dari mikrofon) dan pengkonversi data digital menjadi analog (misalnya saat memproduksi suara dari speaker). *Sound card* biasanya terdapat pada komputer-komputer yang bercirikan multimedia. Penelitian yang menggunakan *sound card* sebagai akuisisi data telah banyak dilakukan diantaranya penghitung denyut jantung manusia (Somawirata dan Subagio, 2011), getaran jembatan (Khotimah, 2004), dan *Electrokardiogram* (EKG) yang dilengkapi jaringan saraf tiruan (Setiawan., dkk 2011).

12. *Matrix Laboratory* (MATLAB)

MATLAB adalah salah satu bahasa pemrograman dengan kemampuan tinggi untuk proses komputasi. MATLAB menggabungkan proses komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam satu kesatuan yang mudah digunakan di mana masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematik yang sudah dikenal.

Dalam aplikasinya, pemakain MATLAB meliputi:

- a) matematika dan komputasi;
- b) pengembangan algoritma;
- c) akuisisi data;
- d) pemodelan, simulasi dan protptype;
- e) grafik saintifik dan *engginering*;
- f) perluasan pemakaian seperti *Graphical User Interface* (GUI).

MATLAB adalah sistem interaktif yang mempunyai basis data *array* yang membutuhkan banyak dimensi. Hal ini dapat digunakan untuk menyelesaikan banyak masalah komputasi teknis, khususnya yang berkaitan dengan formulasi matrik dan vektor. Nama MATLAB merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*. MATLAB awalnya dibuat untuk memudahkan dalam megakses softwere matriks yang dikembangkan oleh LINPACK dan EISPACK. Dalam perkembangannya MATLAB mampu mengintegrasikan beberapa *software* untuk kompeutasi matriks. Tidak hanya itu, MATLAB juga mampu melakukan komputasi simbolik yang biasa digunakan oleh MAPLE. MATLAB memiliki sistem yang terdiri atas lima bagian.

- a) *Development Environment* merupakan kumpulan semua alat-alat dan fasilitas untuk membantu kita dalam menggunakan file MATLAB. Bagian ini memuat *desktop, command window, command history, editor and debugger*, dan *browser* untuk melihat *help, workspace, files*.
- b) *The MATLAB Mathematical Function Library* merupakan bagian yang berisi semua algoritma komputasi, mulai dari fungsi sederhana seperti *sum, sine, cosine* sampai fungsi lebih rumit seperti invers matriks, nilai eigen, fungsi Bessel dan *fast fourier transform*.
- c) *The MATLAB Language* merupakan bahasa matriks level tinggi dengan control flow, fungsi, struktur data, input/output dan objek pemrograman lainnya.
- d) *Graphics* merupakan fasilitas yang dimiliki MATLAB untuk menampilkan vektor dan matriks sebagai grafik. Fasilitas ini mencakup visualisasi data dua/tiga dimensi, pemrosesan citra (*image*), animasi dan grafik animasi.
- e) *The MATLAB Application Program Interface (API)* Paket ini memungkinkan kita menulis bahasa C dan Fortran yang berinteraksi dengan MATLAB (dynamic Linking) yang disebut MATLAB sebagai mesin penghitung, dan untuk membaca dan menulis MAT-files. (Bruce, 2000).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan maret sampai oktober 2016. Pembuatan dan pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini ialah persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan meliputi:

a. *Compression driver*

Konversi Energi Listrik Menjadi Bunyi Sinyal yang dikuatkan oleh audio *power amplifier*, bentuk energinya masih merupakan energi listrik. *Compression driver* digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi bunyi. Sinyal masukan pada *compression driver* akan dihubung jajar (parallel) dengan osiloskop agar bisa diobservasi bentuk sinyalnya



Gambar 3.1. *Compression driver*

b. Microphone

Microphone adalah suatu alat atau komponen Elektronika yang dapat mengubah atau mengkonversikan energi akustik (gelombang suara) ke energi listrik (Sinyal Audio).

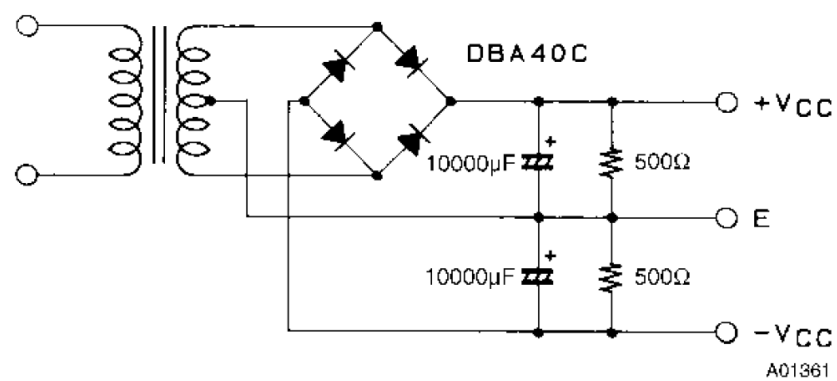
c. Penguatan Sinyal Dengan Menggunakan Audio Power Amplifier

Sinyal audio luaran dari komputer (yang diolah melalui *software*) masih terlalu kecil baik dari segi tegangan maupun dayanya untuk mengemudikan sebuah *loudspeaker* ataupun *compression driver* pada penelitian ini. Untuk itu dibutuhkan suatu *audio power amplifier* guna menguatkan sinyal tersebut. *Audio power amplifier* yang digunakan pada penelitian ini dapat mengeluarkan daya maksimum sebesar 80 Watt, dengan komponen utama berupa IC (*Integrated Circuit*) STK401-120. Sinyal luaran dari *audio power amplifier* ini diperiksa bentuk sinyalnya menggunakan osiloskop.

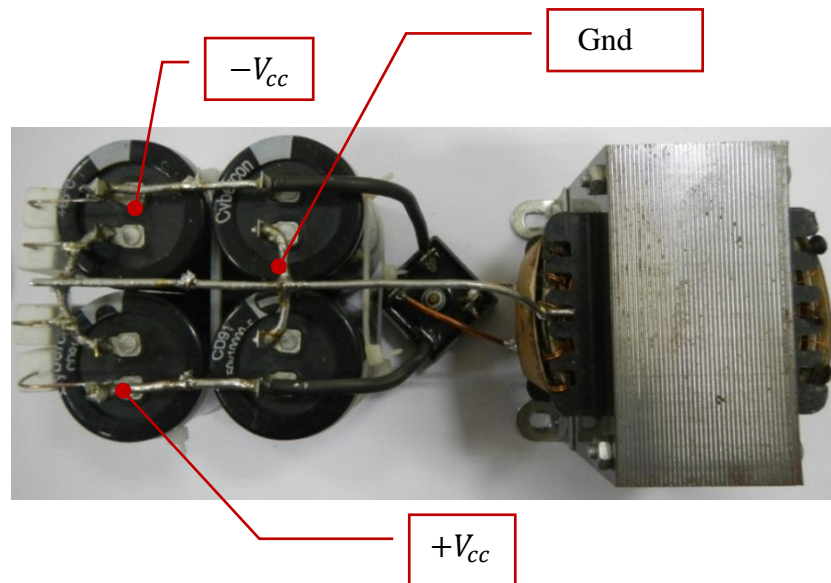


Gambar 3.2. Audio power amplifier.

Audio power amplifier dengan menggunakan IC ini membutuhkan pencatu daya jenis ganda (*split power supply*). Dimana terdapat dua buah kutub pencatu dan sebuah *ground* (+Vcc, -Vcc, Gnd). Bentuk sinyal dari pencatu daya ini diperiksa dengan osiloskop untuk dinilai apakah pencatu daya ini bekerja dengan semestinya atau tidak.



Gambar 3.3. Skema rangkaian *split power supply*.



Gambar 3.4. Rangkaian *split power supply*

d. Nootbook

Laptop digunakan sebagai *display* dari hasil penelitian. Pola FFT akan tampil pada layar monitor karena. Adapun spesifikasi nootbook yang digunakan dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3.1. Spesifikasi Teknis

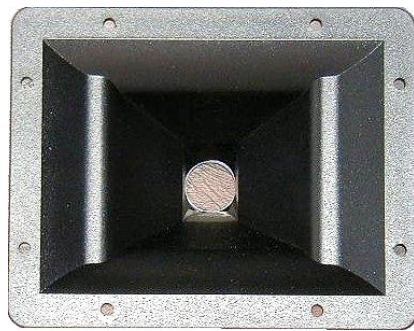
Deskripsi	Spesifikasi
Processor	Intel core i3380 (2,53GHz)
RAM	2 GB
Operating System	Microsoft Windows 7

e. *Tetrapack*

Tetrapack adalah bahan yang digunakan sebagai penyerap bunyi yang dihasilkan dari sumber bunyi.

C. Corong Bunyi (*Horn*)

Corong bunyi (*horn*) yang berfungsi sebagai pemfokus bunyi audiosonik dari *compression driver*. Corong bunyi dipilih berdasarkan ukuran dan bentuk ulir dari *compression driver*.



(a)



(b)

Gambar 3.5. Corong bunyi. (a).Tampak depan. (b) Tampak samping.

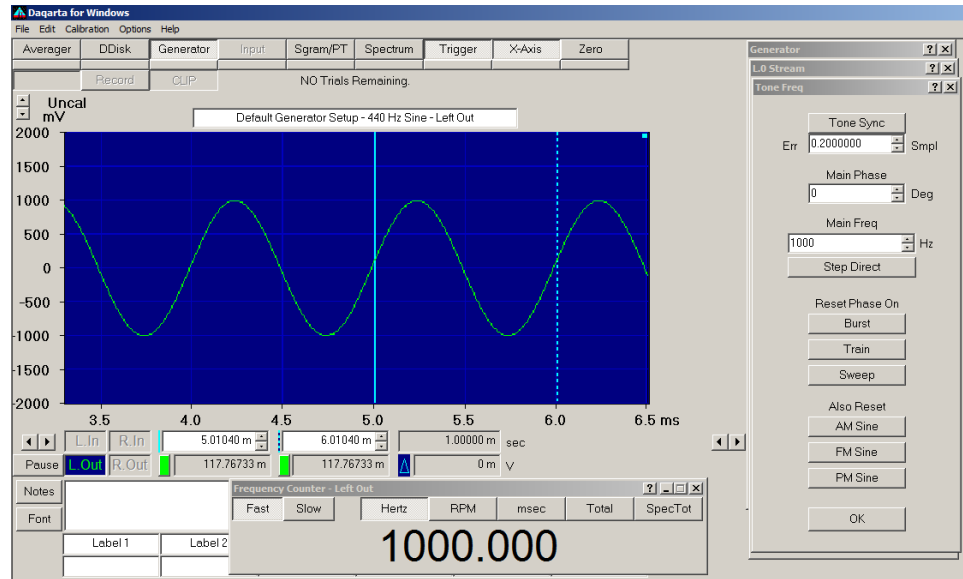
2. Perangkat Lunak (*Software*)

a. Matlab

Pada penelitian ini digunakan software matlab untuk proses komputasi dan pengelolaan sinyal akustik berdasarkan rumusan *Transformasi Fourier*.

b. Daqarta for Windows

Pembangkitan sinyal dapat dilakukan dengan menggunakan *function generator*. Namun, sekarang telah tersedia perangkat lunak (*software*) yang dapat membuat komputer pribadi bekerja seperti layaknya sebuah *function generator*. Dalam penelitian ini digunakan *software* Daqarta for Windows.

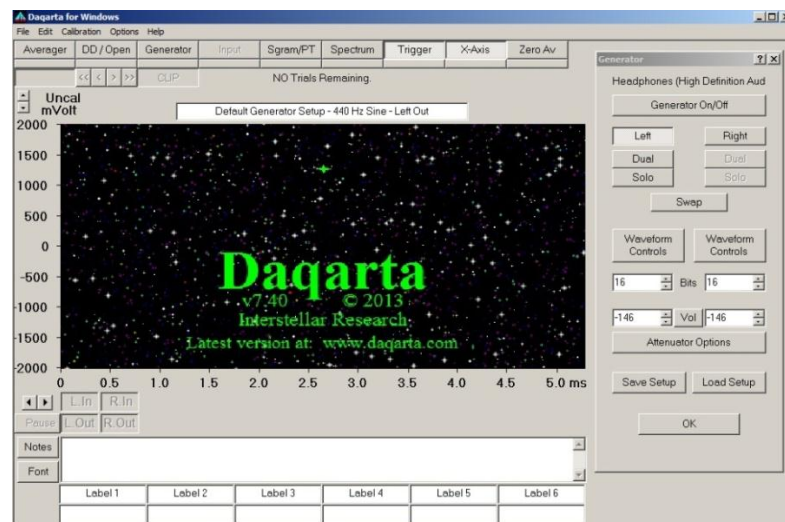


Gambar 3.6. Tampilan Software Daqarta for Windows

C. Pengaturan Parameter Sinyal

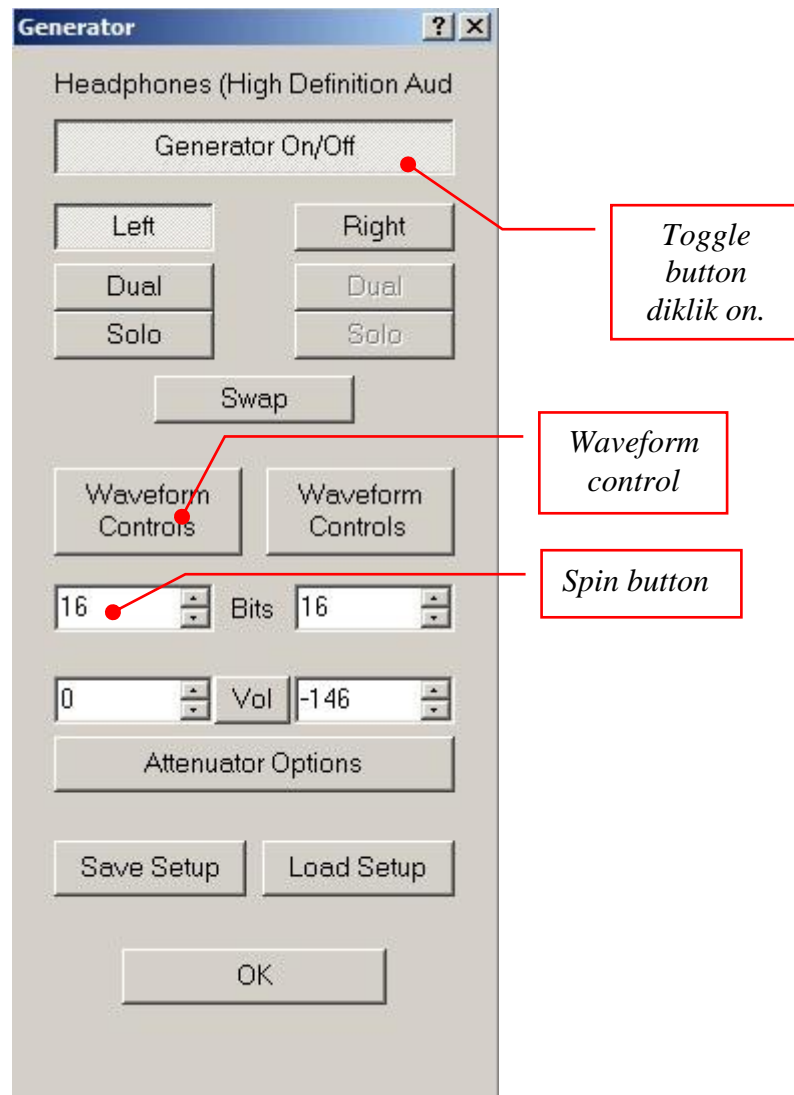
Berikut ini langkah-langkah untuk membangkitkan bentuk sinyal yang diinginkan

1. Membuka software Daqarta for Windows.

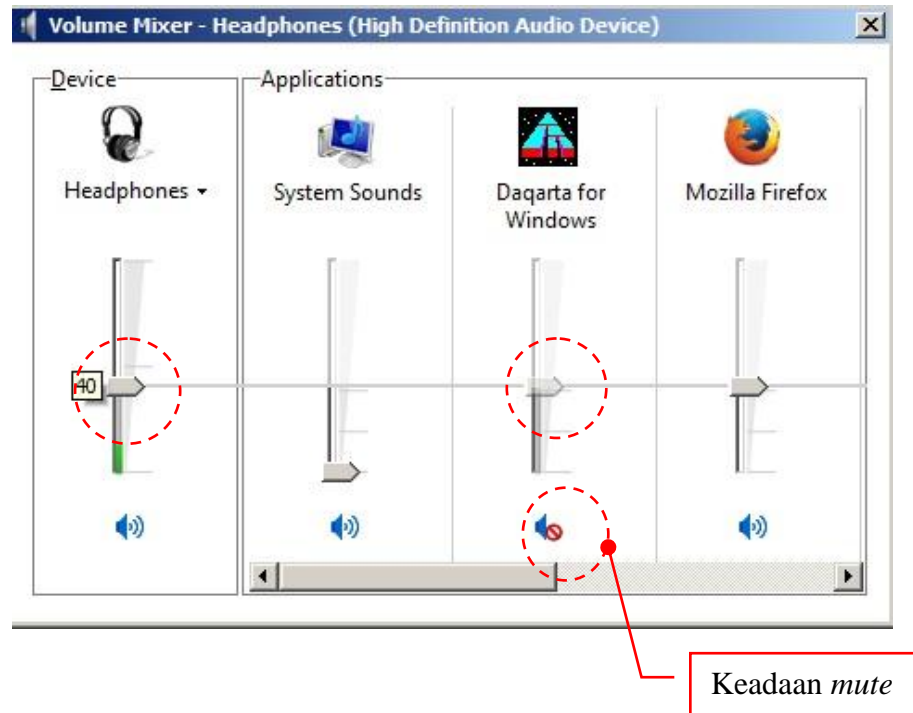


Gambar 3.7. Tampilan awal software.

2. Mengat,mur parameter volume, yaitu dengan meng-klik *toggle button* pada menu *generator* sehingga menjadi *on*. Kemudian, masih pada menu yang sama, isikan angka nol (0) pada *spin button*. Tujuannya agar posisi *slider headphone* pada system tray *Windows* selalu sama dengan *software Daqarta*.



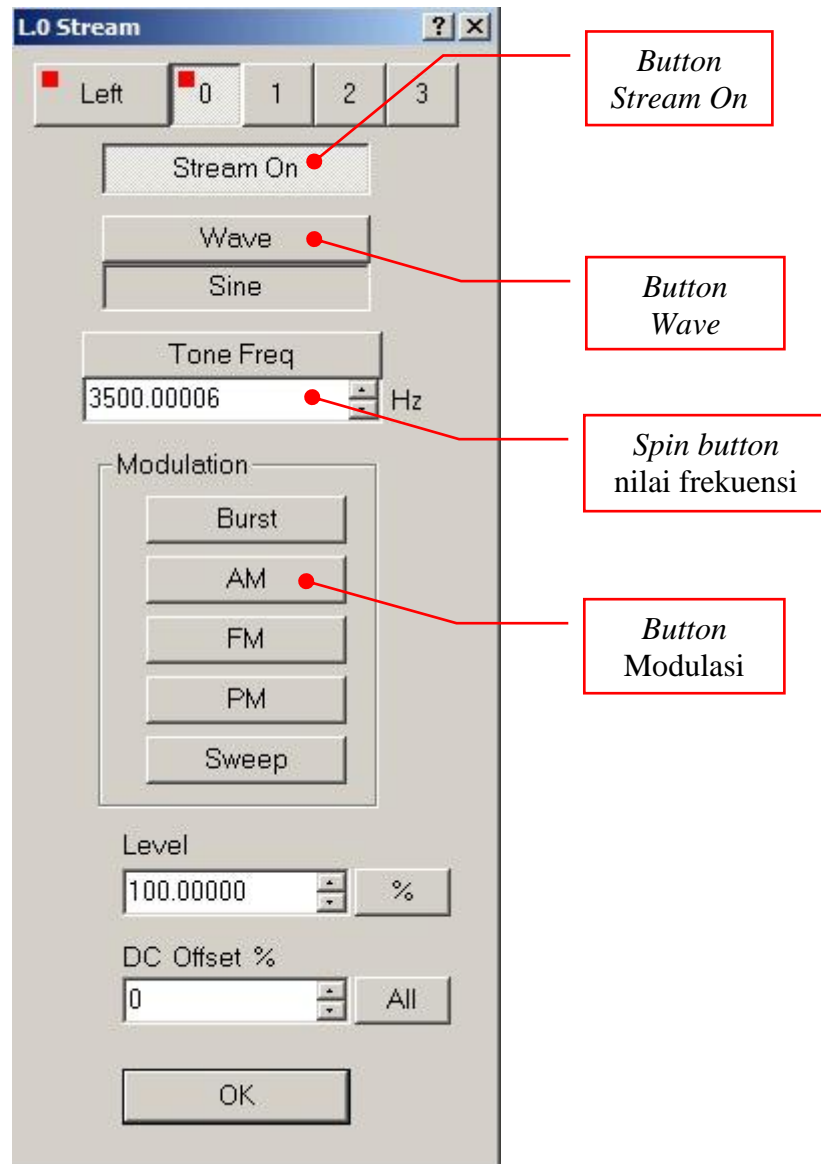
Gambar 3.8. Tampilan menu *generator* pada *Daqarta*.



Gambar 3.9. Posisi *slider* yang sama pada *headphone* dan *Daqarta* pada *system tray Windows*.

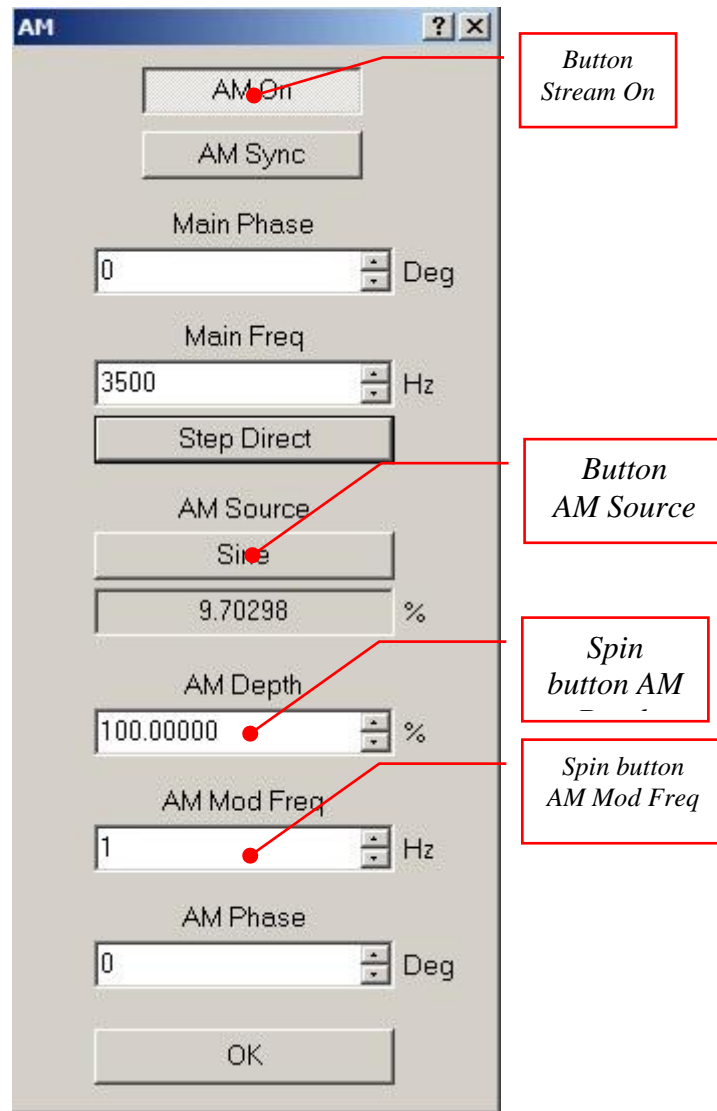
Atur posisi *slider* pada nilai 40 dan pastikan *slider Daqarta* pada keadaan *mute* (tidak menghasilkan bunyi).

3. Masih pada menu generator, klik pada *button waveform controls*. Maka akan tampil menu *L.O Stream*. Kemudian aktifkan *button Stream On* dengan cara meng-klik nya. Isikan nilai frekuensi yang akan dibangkitkan (contoh : 3500 Hz) dengan mengisi pada *spin button* nilai frekuensi. Klik juga pada *button wave* dan pilih bentuk gelombang sinus (*sine*). Lebih lanjut, perhatikan gambar berikut ini :



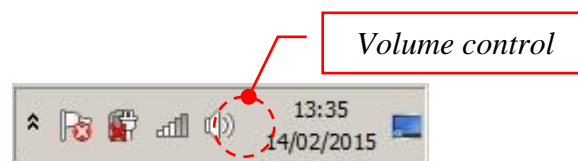
Gambar 3.10. Tampilan menu *L.0. Stream*.

4. Kemudian, pada menu *L.0. Stream*, klik *button* AM sehingga menjadi *on*. Setelah menu AM tampil, mengisikan nilai 100 % pada *spin button* AM *depth*. Pada AM *Mod Freq*, mengisikan nilai 1 Hz. Pastikan bahwa AM *source* ialah gelombang sinus (*sine*).



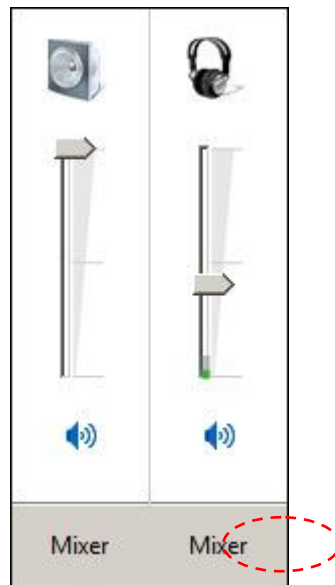
Gambar 3.11. Tampilan menu AM.

5. Setelah semua parameter bentuk gelombang diisi dengan benar, maka untuk membunyikan gelombang tersebut dapat dilakukan melalui *system tray* pada *Windows*.



Gambar 3. 12. Tampilan *system tray* *Windows*.

Klik pada *volume control*, maka akan muncul tampilan sebagai berikut :






Gambar 3.13. Tampilan setelah *volume control* di-klik.

Pada tampilan tersebut, pilih *mixer* yang bergambar *headphones*. Maka akan tampil panel *volume mixer - headphones* seperti gambar berikut :



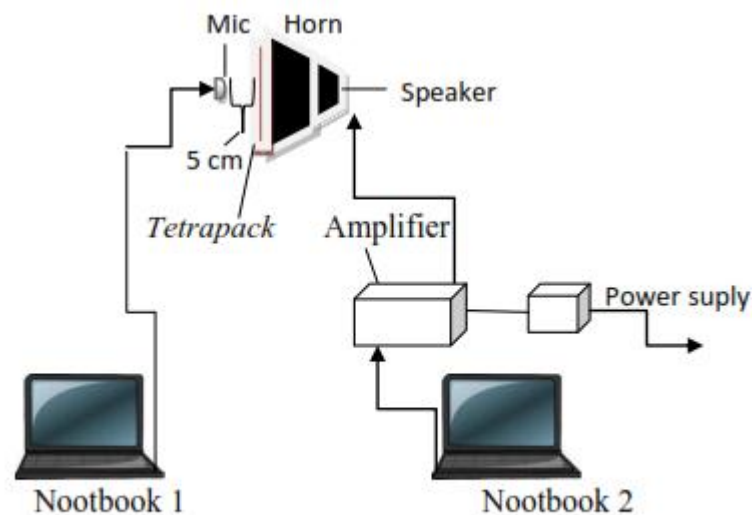
Gambar 3.14. Tampilan *volume mixer - headphones*.

Selanjutnya, bunyi dapat diaktifkan / dinon-aktifkan (*mute / unmute*) dengan meng-klik *icon* . Keadaan *mute* dilambangkan dengan *icon* .

Sedangkan keadaan *unmute* dilambangkan dengan *icon* .

D. Skema Perancangan *Hardware*

Skema perancangan *hardware* seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 3.15. Rancangan data pengamatan

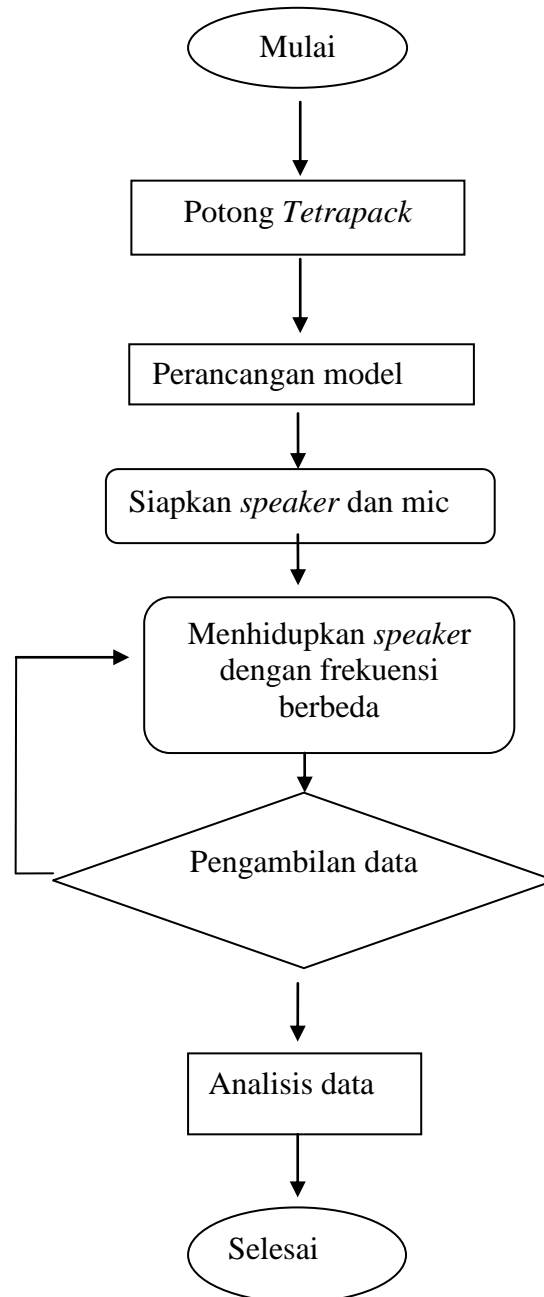
E. Cara Kerja Alat *Hardware*

Untuk mengetahui koefisien akustik serapan suara bahan *tetrapack* dilakukan pengujian serapan suara sesuai dengan gambar di atas. Gambar 7 di atas menunjukkan foto *set-up* alat yang terdiri dari; dua buah laptop yang berfungsi satu sebagai penghasil sumber bunyi yaitu pengganti dari fungsi generator yang

dihubungkan pada *power amplifier* yang diguna menguatkan sinyal. Power supply sebagai penghasil tegangan, *Compression driver* dihubungkan dengan *power amplifier* digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi bunyi. Setelah speaker hidup dan melalui *horn* maka bunyi terhalang oleh *tetrapack*. Jadi bunyi yang keluar dari *speacker* tidak langsung tertangkap *microphone* tapi terhalang oleh *tetrapack*. Bunyi yang tertangkap *microphone* yang terhalang oleh *tetrapack* akan diolah di nootbook dua dengan program MATLAB. Sehingga diperolehlah hasil nilai absorpsi yang diinginkan.

F. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian dari Analisis koefisien penyerapan bunyi dari beberapa jenis bahan akustik *tetrapack* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 3.16. Diagram Alir Perencanaan Rangkaian Peredam Suara *Tetrapack*.

G. Rancangan Data Hasil Pengamatan

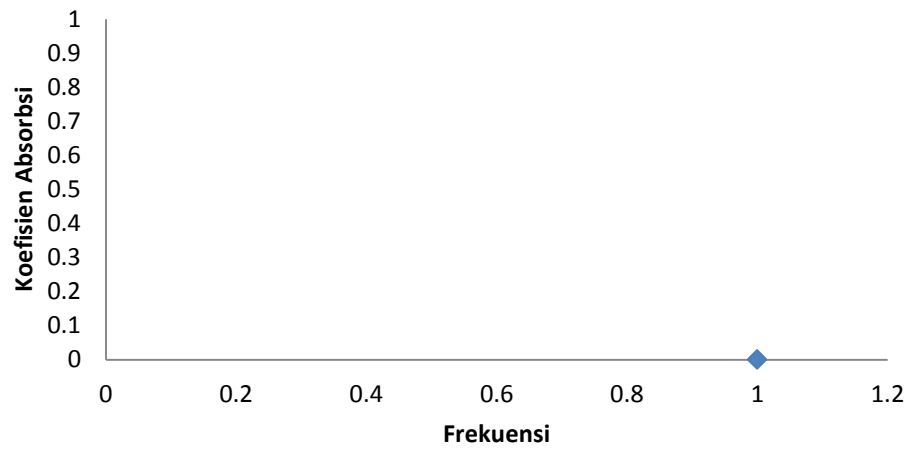
Pada penelitian ini, mencari hubungan koefisien penyerapan bunyi dari beberapa jenis bahan akustik *tetrapack*. Sistem alat yang dibuat dalam rancangan penelitian ini dibuat sedemikianrupa untuk menguji daya serap bunyi yang ada pada frekuensi tertentu. Table dibawah ini menunjukkan nilai koefisien serap bahan yang digunakan.

Tabel 3.2. Data hasil pengujian koefisien serap panel *tetrapack* dengan frekuensi 250 – 2250 (Hz)

Frekuensi (Hz)	sari kacang				
	fruitea 0,24 mm	hijau 0,31 mm	buavita 0,32 mm	teh kotak 0,38 mm	ultamilk 0,47 mm
250					
500					
750					
1000					
1250					
1500					
1750					
2000					
2250					

Data pada tabel kemudian diplot menjadi grafik sehingga akan diperoleh persamaan hubungan antara frekuensi dan koefisien serap yang terbaca pada sensor seperti pada Gambar 3. Jarak antara sumber bunyi atau *lodspeaker* dengan sensor satu dan dua jaraknya sama.

Koefisien Serap Bunyi



Gambar 3.17. Grafik hubungan antara frekuensi dengan besar absorpsi suatu bahan *tetrapack*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada frekuensi rendah dibawah 500 Hz nilai absorpsinya yang didapat juga rendah. Sedangkan nilai absorpsi ada frekuensi 500 Hz – 1500 Hz nilai absorpsi naik dan menerun kembali di frekuensi 2000 Hz keatas.
2. Faktor ketebalan *Tertrapack* yang diujikan mempengaruhi nilai koefisien absorpsi.
3. Bahan *tetrapack* yang ada dilingkungan yang menjadi sampah bisa dipergunakan untuk bahan peredam kebisingan karena sifatnya yang juga mengabsorpsi setiap bunyi yang melewatinya.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diajukan saran saran sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut diusahakan juga meneliti kembali setiap lapisan yang terdapat pada *tetrapack*.

2. Disarankan untuk menguji ketahanan *tetrapack* pada panas, air dan tekanan.
3. Untuk memperoleh nilai absorpsi yang baik maka perlu dibuat juga *tetrapack* yang lebih tebal dari yang ada jadi data dibandingkan lagi dengan peredam akustik yang ada dipasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arenas, JP. Crocker MJ. 2010. "Recent Trends in Porous Sound Absorbing Materials." *Sound & Vibration*. Vol 7. Hal 5-9.
- Arius, D., dan Rum Andri. K. R. 2008. *Komunikasi data*, Yogyakarta: Andi.
- Bruce dan Hunsleman. 2000. *MATLAB Bahasa Komputasi teknis*. Yogyakarta: Andi
- Damanhuri Tri Padmi & Raihan, Cut. 2009. *Potensi Ekonomi Kegiatan daur Ulang Sampah Tetrapack Kemasan Produk pada Sektor Informal di Kota Bandung*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- David, Halliday & Resnick Robert. 1985. *Fisika jilid 1 Edisi Ketiga*. Diterjemahkan Oleh Silaban, Pantur & Sucipto Erwin. Bandung: Erlangga
- Doelle, L Leslie. 1993. *Akustik Lingkungan*. Terjemahan Oleh: Lea Prasetia. Surabaya: Erlangga.
- Dowell. E., H. 1978. *Reverberation time, absorption, and impedance* (Journal of the Acoustical Society of America 64, City), p. 181.
- Gabriel, J.F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Hipokrates.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika jilid 1 edisi kelima*. Terjemahan Dra. Yuhilza Hanum, M. Eng. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Halliday, D dan Robert Resnick. 1996. *Fisika Jilid I*. terjemahan Pantur Silaban. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hamond, Conrad J. 1982. *Engineering Acoustic & Noise Control* , Prentice Hall
- Irawan R , Suwandi , Hertiana Bethaningtyas, 2013. Analisis parameter akustik pada panel berbahan baku kertas *duplex* sebagai alternatif pelapis dinding. *Jurnal Sistem Teknik elektro*. Volume 6, No. 3, hal 7-9 .

- Miasa, I Made. Rachmat Sriwijaya, 2004, *Penelitian Sifat-Sifat Akustik dari Bahan Kertas dan Plastik Sebagai Penghalang Kebisingan*, Media Teknik, No.1 Tahun XXVI , hal. 68-71.
- Lindawati Ismail, M. I. G., Shahrudin Mahzan, Ahmad Mujahid Ahmad Zaidi 2010. "*Sound Absorption of Arenga Pinnata Natural Fiber* " World Academy of Science, Engineering and Technology **67**. Hal 63-71
- Mediastika, C.E. 2008. *Kualitas akustik panel dinding berbahan baku jerami*. Journal of Architecture and Built Environment 127-134 ISSN 0126-19X
- Sarwono, Joko. 2010. *Kriteria Akustik Gedung Serba Guna Salman ITB*, Bandung: ITB
- Sasongko, Dwi, P., Agus Hadiyanto., Sudarto P., Hadi. Nasio Asmorohadi., Agus Subagyo. 2000. *Kebisingan Lingkungan*. Badan penerbit UNDIP Semarang.
- Satwiko, Prasasto. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta : Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Sears, Francis Weston & Zemansky, Mark W. 1962. *Fisika Untuk Universitas 1 Mekanika Panas Bunyi*. Terjemahan Oleh Soedarjana, P.J & Ahmad Amir. Jakarta: Bina Cipta
- Setiawan. 2011. *Analisis dan pengenalan suara jantung menggunakan wavelet dan Jst dalam mengklasifikasi jenis kelainan katup jantung pada manusia*. Tugas akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Somawirata dan Subagio. 2011. Perencanaan dan pembuatan Alat Penghitung Detak Jantung Dengan Bipolar standart Lead Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Jurnal Elektro ELTEK Vol.2, NO. 2*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang
- Siregar W, Tengku Emrinaldi, Walfred Tambunan. 2012. *Penentuan Koefisien Absorpsi Gelombang Bunyi Dari Kertas Kardus* , Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Kampus Binawidya Pekanbaru.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains & Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*. Alih Bahasa Prasetio, Lea & Adi, Rahmad W. Penerbit erlangga Jakarta.