

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS\***JUDUL: REKABENTUK DAN MEMBINA PEMBESAR SUARAPROTOTAIP JENIS TALIAN PENGHANTARANSESI PENGAJIAN: 1998/99Saya NORDIN BIN ASARI

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (PSM/Sarjana/Doktor Falsafah) \* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\* Sila tandakan (✓)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)



(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap : No 48, Jalan Hijau,Taman Pelangi, 85000 Segamat,Johor Darul Takzim.EN SHAIKH NASIR B SHAIKH ABD RAHMAN

Nama Penyelia

Tarikh : 30/9/98Tarikh : 30/9/98

## CATATAN:

- \* Potong yang tidak berkenaan.
- \*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.
- ♦ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

**REKABENTUK DAN MEMBINA PEMBESAR SUARA  
PROTOTAIP JENIS TALIAN PENGHANTARAN**


**NORDIN BIN ASARI**

**Laporan Projek ini Dikemukakan  
Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat  
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda  
Kejuruteraan Elektrik**

**Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Universiti Teknologi Malaysia**

**1998**

“ Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan  
yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....  .....

Nama Penulis : NORDIN BIN ASARI

Tarikh : ..... 20/9/98. ....

Isteriku,

“Berkat kesabaran dan pengorbananmu amat ku sanjung tinggi dan semoga perjuangan kita ini menjadi pembakar semangat untuk anak-anak kita Izuan, Faiz dan Aqilah menghadapi masa depannya”.

## **PENGHARGAAN**

Syukur saya kehadiran Ilahi kerana dengan izinNya projek yang dirancang ini berjaya dilaksanakan dan ribuan terima kaseh diucapkan kepada penyelia Projek Tuan Shaikh Nasir bin Shaikh Abdul Rahman dalam memberikan bimbingan untuk menjayakan projek ini mengikut jadual yang dirancang.

Terima kasih juga buat kakitangan Makmal Akustik yang banyak memberikan bantuan sepanjang kajian projek ini.

Semoga usaha-usaha kita seterusnya diberkati Allah s.w.t.

Sekian terima kasih

## ABSTRAK

Pembesar suara merupakan bahagian terakhir dalam satu rangkaian sistem audio dengan lain-lain peranti. Bagaimana baiknya sistem audio, faktor-faktor yang menjadi kunci kepada mutu bunyi seharusnya dititik beratkan sebab noktah terakhir penilaian bunyi adalah dengan telinga kita sendiri.

Projek pembesar suara jenis Talian Penghantaran dibuat bagi mendapatkan satu lagi jenis pembesar suara yang berlainan dengan yang ada di pasaran. Persaingan di pasaran tempatan berbanding jenis tertutup dan jenis berliang amat jauh sekali. Faktor utama terjadinya demikian disebabkan ketiadaan pengeluar tempatan dan hampir kesemuanya diimport daripada luar. Sehubungan dengan masalah ini kajian dibuat bagi mencari jalan mengatasinya.

Keperluan utama pembinaan pembesar suara banyak terdapat dinegara kita. Sebagai langkah penjimatan, cara terbaik pembinaan pembesar suara Talian Penghantaran hanya dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan tempatan sepenuhnya. Dengan cara ini kos penghasilan jauh lebih murah berbanding dengan yang diimport. Hasil daripada kajian projek juga dapat dijadikan satu garis panduan yang piawai bagi mengeluarkannya secara komersial.

## **ABSTRACT**

Loudspeaker is the final part, which integrate with other devices to form an audio system. How good the audio system, depend on the factor of the sound quality and this quality is finally evaluated by our ears.

Transmission line loudspeaker is a kind of loudspeaker, which is different from those normally marketed today. Competition of this loudspeaker in local market compared with closed box and ported box types are very challenging. The prime factor which contribute to this problem is due to lack of local producer and most of these products are imported from overseas. Due to this reason, research is being done to solve it.

Most of the raw materials needed for the production of loudspeaker can be found locally. As mean to cut cost, the production of transmission line loudspeaker can be done by using local material, thus overall cost will be much cheaper compared those which are imported. Lastly, by doing this project, hopefully one standard can be set for commercially produce transmission line loudspeaker locally.

## KANDUNGAN

Judul Projek . . . . .	i
Pengakuan . . . . .	ii
Dedikasi. . . . .	iii
Penghargaan. . . . .	iv
Abstrak. . . . .	v
Abstract. . . . .	vi
Kandungan. . . . .	vii
Senarai Jadual . . . . .	xi
Senarai Rajah.. . . .	xii
Senarai Singkatan. . . . .	xiv
Senarai Istilah.. . . .	xv

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
------------	----------------	-------------------

<b>BAB I :</b>	<b>Pengenalan SISTEM PEMBESAR SUARA</b>	<b>1</b>
1.1	Pengenalan. . . . .	1
1.2	Sistem Pembesar Suara . . . . .	2
1.3	Kepentingan Kajian . . . . .	3
1.4	Objektif Kajian.. . . .	3
1.5	Skop Kajian . . . . .	4
1.6	Matlamat Kajian . . . . .	4



**BAB II : PENYATAAN MASALAH DAN LATAR**

<b>BELAKANG KAJIAN.</b>	5
2.1 Latar Belakang Masalah.	6
2.2 Latar Belakang Kajian.	9
2.2.1 Sejarah Kajian.	10
2.2.2 Pemilihan Pemacu.	11
2.2.3 Fungsi Pengepong.	11
2.3 Kajian Rekabentuk.	13
2.3.1 Perbezaan Antara Pembesar Suara <i>Labyrinth</i> Dan Talian Penghantaran.	15
2.3.2 Ketirusan Paip.	17
2.3.3 Fasa Talian Penghantaran.	19
2.3.4 Panjang Akustik Dengan Panjang Talian.	20
2.4 Pengukuran.	21
2.4.1 Kawasan Pengukuran.	21
2.4.2 Peralatan.	22
2.5 Keadaan dan Kriteria Pengukuran.	23
2.5.1 Keadaan Pengukuran.	23
2.5.2 Kriteria Pengukuran.	24
2.5.3 Rajah Penyambungan Peralatan Ujian Sambutan Frekuensi dan Pola Pengarahan.	24
2.6 Rujukan Ilmiah.	25
2.6.1 Bidang Dengar.	25
2.6.2 Spektrum Audio.	25
2.6.3 Panjang Gelombang.	25
2.6.4 Tekanan Bunyi.	26
2.6.5 Galangan Akustik.	26

2.6.6	Aras Tekanan Bunyi.	27
2.6.7	Spektrum Frekuensi.	27
2.6.8	Keamatan dan Kuasa Bunyi.	28
2.6.9	Pola Pengarahan.	28
<b>BAB 111 : ATURAN PERLAKSANAAN DAN REKA BENTUK</b>		<b>29</b>
3.1	Aturan Perlaksanaan.	29
3.2	Pemacu Pilihan	30
3.2.1	Peralatan Ujian Pemacu.	30
3.2.2	Ujian Ke atas Pemacu.	31
3.3	Aplikasi Rekabentuk .	33
3.3.1	Peralatan Rekabentuk.	33
3.3.2	Memutuskan Reka bentuk.	33
3.3.3	Keadaan Luaran Rekabentuk.	35
3.3.4	Keselamatan .	37
3.3.5	Bahan Redaman.	37
3.4	Awalan Rekabentuk.	38
3.4.1	Q Pemacu	38
3.4.2	Teori Rekabentuk.	42
3.5	Kertas Kerja Talian Penghantaran.	46
3.6	Kertas Kerja Melalui Perisian.	46
3.7	Aturan Rekabentuk .	48
3.7.1	Kedudukan Pemacu.	48
3.7.2	Pemasangan Pemacu.	49
3.7.3	Ukuran Panjang Talian Penghantaran.	50
3.7.4	Tapak Pembesar Suara.	51
3.7.5	Kabel Pemacu dan Penyambungan.	52

3.8	Pemotongan Bahagian Pengepong . . . . .	53
3.9	Proses Penyantuman . . . . .	55
3.9.1	Peringkat Pertama. . . . .	56
3.9.2	Peringkat Kedua. . . . .	63
3.9.3	Peringkat Ketiga. . . . .	65
3.9.4	Peringkat Keempat. . . . .	66
3.9.5	Peringkat Kelima. . . . .	67
3.9.6	Peringkat Keenam . . . . .	68
3.10	Kos Bahan dan Kos Kerja . . . . .	69
 <b>BAB IV : KEPUTUSAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN</b>		<b>71</b>
4.1	Pengenalan . . . . .	71
4.2	Ujian Galangan. . . . .	72
4.2.1	Keadaan Ujian Galangan. . . . .	72
4.3	Keputusan Ujian Galangan. . . . .	73
4.3.1	Analisis Galangan Pemacu. . . . .	77
4.4	Ujian Sambutan Frekuensi. . . . .	79
4.4.1	Analisis Sambutan Frekuensi. . . . .	82
4.5	Ujian Sambutan Pola Pengarahan. . . . .	84
 <b>BAB V : KESIMPULAN, MASALAH DAN CADANGAN</b>		<b>86</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	86
5.2	Masalah. . . . .	89
5.3	Cadangan. . . . .	90
 <b>LAMPIRAN JADUAL</b>		<b>91</b>
<b>RUJUKAN</b> . . . . .		<b>100</b>

## SENARAI JADUAL

<b>JADUAL TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
Jadual 2.1: Jadual Spektrum Audio. . . . .	91
Jadual 2.2: Jadual Spektrum Frekuensi. . . . .	92
Jadual 3.1: Jadual Ujian <i>Woofers</i> . . . . .	93
Jadual 3.2: Jadual Rekabentuk Pembesar Suara Talian Penghantaran . . . . .	94
Jadual 3.3: Jadual Pertukaran Unit Metrik. . . . .	95
Jadual 3.4: Kertas Kerja Rekabentuk Talian Penghantaran.. . . . .	96
Jadual 4.1: Keputusan Ujian Galangan. . . . .	97
Jadual 4.2: Keputusan Ujian Sambutan Frekuensi. . . . .	98
Jadual 4.3: Keputusan Ujian Pola Pengarahan . . . . .	99

## SENARAI RAJAH

<b>RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
Rajah 2.1:	Kesan saiz pengepong pembesar suara jenis tertutup . . . . .	7
Rajah 2.2:	Pembesar suara jenis berliang . . . . .	8
Rajah 2.3:	Hubungan pengepong dengan pemacu . . . . .	12
Rajah 2.4:	Bentuk dalaman pembesar suara jenis Talian Penghantaran . . . . .	14
Rajah 2.5:	Perbezaan diantara jenis Labyrinth dan jenis Talian Penghantaran.	15
Rajah 2.6:	Kedudukan pemacu pada perubahan sistem paip . . . . .	18
Rajah 2.7:	Fasa Talian Penghantaran . . . . .	19
Rajah 2.8:	Sambungan peralatan untuk ujikaji. . . . .	24
Rajah 3.1:	Pengukuran garispusat pemacu. . . . .	30
Rajah 3.2:	Susunan litar ujian pemacu . . . . .	31
Rajah 3.3:	Plan cadangan rekabentuk. . . . .	34
Rajah 3.4:	Cara pemasangan pemacu, rajah c dan d diutamakan . . . . .	35
Rajah 3.5:	Cara membuat penyambungan di bahagian pepenjuru . . . . .	36
Rajah 3.6:	Graf sambutan ujian galangan pemacu (ruang bebas) . . . . .	40
Rajah 3.7:	Ukuran luas keratan rentas berhampiran pemacu . . . . .	42
Rajah 3.8:	Contoh paparan perisian TLINEA.EXE . . . . .	47
Rajah 3.9:	Kesan kedudukan pemacu pada bahagian yang berbeza . . . . .	49
Rajah 3.10:	Jarak panjang talian. . . . .	50
Rajah 3.11:	Plan bahagian tapak. . . . .	51
Rajah 3.12:	Penyambungan kabel dengan pemacu . . . . .	52
Rajah 3.13:	Bahagian pengepong yang telah dipotong . . . . .	53
Rajah 3.14:	Potongan bahan bahagian-bahagian utama. . . . .	54
Rajah 3.15:	Kaedah penyambungan bahagian pepenjuru . . . . .	55

Rajah 3.16: Kerja penyantuman bahagian serong. . . . .	56
Rajah 3.17: Kerja-kerja sapuan gam untuk cantuman . . . . .	57
Rajah 3.18: Kerja-kerja pemasangan skru dibahagian cantuman . . . . .	58
Rajah 3.19: Bahagian serong yang telah dicantumkan . . . . .	59
Rajah 3.20: Bahagian sisi kiri yang telah dicantumkan . . . . .	60
Rajah 3.21: Cantuman bahagian belakang. . . . .	61
Rajah 3.22: Bentuk asas pengepong yang telah siap. . . . .	62
Rajah 3.23: Kerja-kerja menyapu gam . . . . .	63
Rajah 3.24: Kerja-kerja penampalan papan lapis . . . . .	64
Rajah 3.25: Kerja-kerja mengosok permukaan menggunakan kertas pasir . . . . .	64
Rajah 3.26: Proses membentuk pepenjuru $\frac{1}{4}$ bulatan . . . . .	65
Rajah 3.27: Bahagian $\frac{1}{4}$ bulatan. . . . .	65
Rajah 3.28: Kerja-kerja menyapu sampang . . . . .	66
Rajah 3.29: Kerja-kerja memasukkan bahan redaman . . . . .	67
Rajah 3.30: Rekabentuk pembesar suara yang telah siap dibina . . . . .	68
Rajah 4.1: Graf keputusan ujian galangan ruang bebas. . . . .	73
Rajah 4.2: Graf keputusan ujian galangan tanpa bahan redaman . . . . .	74
Rajah 4.3: Graf keputusan ujian galangan dengan bahan redaman . . . . .	75
Rajah 4.4: Graf perbandingan keputusan ujian galangan. . . . .	76
Rajah 4.5: Graf galangan pemacu secara pratikal. . . . .	78
Rajah 4.6: Kedudukan pembesar suara semasa ujian sambutan frekuensi dan pola pengarah. . . . .	79
Rajah 4.7: Graf keputusan sambutan frekuensi. . . . .	80
Rajah 4.8: Graf ujian sambutan frekuensi dengan pelarasan pada Penguat kuasa. . . . .	80
Rajah 4.9: Rajah pemacu yang dilengkapi dengan <i>whizzer</i> . . . . .	83
Rajah 4.10: Graf sambutan ujian pola pengarah. . . . .	84

## SENARAI SINGKATAN

$A_{MT}$	Jumlah bahan penyumbat yang perlu diisi dalam paip dengan bergantung pada isipadu TL ( $lb$ ).
$A_{TL}$	Luas keratan rentas TL ( $in^2$ ).
$c'$	Kelajuan bunyi melalui bahan redaman ( $ft/sec$ )
$c$	Kelajuan bunyi dalam ruang udara ( $1130 ft/sec$ )
$D_s$	Ketumpatan bahan redaman yang diperlukan dalam TL ( $lb ft^3$ ).
$f_s$	Frekuensi salun diruang bebas (Hz)
$f_3$	Frekuensi pemacu jatuh -3dB dari frekuensi salun
$Q$	Faktor salunan pada sebarang litar salun. Nilai salunan adalah tinggi pada pemacu yang mempunyai $Q$ yang tinggi.
$Q_{ES}$	Nilai $Q$ Elektrikal pemacu.
$Q_{MS}$	Nilai $Q$ Mekanikal pemacu.
$Q_{TS}$	Jumlah $Q$ elektrikal dan mekanikal <i>Woofers</i> .
$R_l$	Nilai galangan yang dikurangkan.
$R_e$	Nilai rintangan pemacu ( $\Omega$ ).
$S_d$	Luas berkesan kun pemacu ( $in^2$ ).
$TL$	Singkatan bagi Talian Penghantaran
$TL_L$	Panjang TL. Panjang yang bersamaan suku panjang gelombang $f_s$
$V_b$	Isipadu pengepong Talian penghantaran.
$Z_{max}$	Nilai galangan pada frekuensi salun ( $\Omega$ ).

## SENARAI ISTILAH

### **Bahan redaman (Damping material)**

Bahan serabut yang digunakan sebagai penyumbat dalam sistem pembesar suara Talian Penghantaran dengan tujuan mengawal getaran amplitud dan salunan frekuensi semasa berlakunya gelombang pegun.

### **Faktor redaman (Damping factor)**

Memperlihatkan sejauh mana penguat kuasa mengawal pergerakan kun pemacu.

### **Herotan (Distortion)**

Perubahan bunyi asal yang disebabkan kekurangan atau penambahan isyarat audio yang mungkin disebabkan percampuran frekuensi harmonik.

### **Kearahan (Directivity)**

Kebolehan pembesar suara menyerakkan bunyi pada semua arah

### **Kecekapan (Efficiency)**

Ukuran bagi kadar tenaga elektrik yang dimasukkan kepembesar suara yang ditukar kepada tenaga akustik.

### **Kepekaan (Sensitivity)**

Menentukan kecekapan pembesar suara dimana kepekaannya menentukan samada penguat kuasa diperlukan atau tidak dalam menghasilkan bunyi yang baik.



**Kesan *Cockroft* (Cocroft effect)**

Kesan-kesan yang didapati daripada sistem pembesar suara Talian Penghantaran dengan mengaitkan hubungan diantara pemacu, pengepong, penyumbat dan panjang Talian Penghantaran.

**Kon (Cone)**

Permukaan gegendang (diaphragm) unit pemacu pembesar suara.

**Lebar alur (Beamwidth)**

Kecekapan bagi sistem pembesar suara yang boleh mengarah pada sesuatu sudut apabila diplotkan di atas carta pola.

**Lebar jalur (Bandwidth)**

Julat frekuensi yang diambil pada kadar pengurangan 3dB daripada nilai maksima sambutan frekuensi. Kelebaran jalur menentukan kualitinya.

**Midrange**

Unit pemacu bersaiz sederhana bagi kegunaan frekuensi pertengahan dengan julat frekuensi antara 400 Hz hingga 2,000 Hz.

**Penamat (Terminus)**

Bahagian hujung Talian Penghantaran yang terbuka kepada ruang udara. Bukaannya tidak kurang dari 0.75 luas permukaan pemacu.

**Penguat (Amplifire)**

Peranti elektronik yang direka untuk menukarkan isyarat kecil kepada isyarat yang lebih besar.

**Penyumbat (Stuffing)**

Serabut polyester yang dimasukkan ke dalam sistem pembesar suara dijadikan sebagai redaman. Bahan ini amat diperlukan dalam sistem Talian Penghantaran.

**Pemacu (Driver)**

Komponen yang menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga akustik. Komponen penting dalam sistem pembesar suara. *Woofers* mengendalikan frekuensi rendah, *tweeters* mengendalikan frekuensi tinggi dan *midrange* mengendalikan frekuensi pertengahan.

**Rangkaian Lintasan (Crossover Network)**

Rangkaian komponen elektrik yang bertujuan untuk membahagikan isyarat daripada penguat kuasa kepada dua atau tiga jalur frekuensi bagi setiap unit pemacu. Rangkaian terdiri daripada pemuat, peraruh dan rintangan yang disusun tertentu bagi memisahkan frekuensi rendah ke *Woofers* dan frekuensi tinggi ke *tweeters*.

**Sambutan frekuensi (Frequency response)**

Ukuran dalam unit dB bagi sesuatu peralatan audio. Semakin rata sambutan frekuensi sesebuah pembesar suara semakin baik kualitinya.

**Tweeter**

Unit pemacu bersaiz kecil bagi kegunaan frekuensi tinggi dengan julat frekuensi antara 2,000 Hz hingga 20,000 Hz.

**Woofers**

Unit pemacu bersaiz besar bagi kegunaan frekuensi rendah dengan julat frekuensi antara 20 Hz hingga 400 Hz.

## **BAB 1**

### **PENGENALAN SISTEM PEMBESAR SUARA**

#### **1.1 Pengenalan**

Negara Malaysia yang berada di bawah pemerintah yang berwibawa bertukar corak menjadi sebuah negara yang maju dan membangun, daripada sebuah negara bercorakkan pertanian, melangkah setapak ke hadapan menjadi sebuah negara perindustrian yang maju di rantau Asia dengan memberikan berbagai peluang pekerjaan kepada rakyatnya. Kini Malaysia maju setapak lagi ke hadapan di dalam penerokaan bidang teknologi maklumat.

Kemajuan sesebuah negara diukur berdasarkan tahap perkembangan ekonominya. Perkembangan sains dan teknologinya memberikan pencapaian kemajuan yang lebih cepat dan pesat. Oleh yang demikian Malaysia juga tidak mahu ketinggalan dalam penggunaan teknologi-teknologi baru bagi seiring dengan negara-negara lain dan membolehkan Malaysia menjadi salah sebuah negara yang disegani dari segi teknologinya.

Kebolehan rakyat Malaysia menghasilkan sesuatu yang bermutu dan bernilai mampu untuk dicapai jika rakyatnya peka dengan perkembangan teknologi-teknologi terbaru. Sebagai seorang rakyat yang cintakan tanah airnya mestilah sanggup berusaha supaya tidak bergantung kepada teknologi luar, tetapi berusaha dengan teknologi sendiri untuk mengalihkan pandangan daripada banyak mengimpor kepada banyak mengekspor.

## 1.2 Sistem Pembesar Suara

Secara amnya fungsi utama sistem pembesar suara semestinya boleh mencapai objektifnya yang utama sebagai meninggikan aras bunyi. Secara semula jadi semakin jauh sumber bunyi dari pendengar, aras bunyi akan berkurangan. Pengurangan dengan kuasa dua jarak. Untuk memberi kejelasan pada pendengar, sistem pembesar suara haruslah mampu meninggikan aras bunyi sekurang-kurangnya 10dB lebih tinggi dari aras kebisingan latar belakang.

Secara khusus, dengan adanya sistem pembesar suara, keperluan kepada beberapa perkara dapat diadakan. Kemudahan ini penting khususnya dalam sesuatu persidangan, pengumuman umum, arahan kecemasan dan ucapan disebarang tempat tanpa mendekati jarak.

Kemudahan dalam pengumuman umum amat penting bagi memberitahu orang ramai sebarang maklumat terkini khasnya di tempat ramai seperti lapangan terbang, stesen pengangkutan dan sebarang perhimpunan. Sebarang arahan kecemasan pula dapat disampaikan dengan kadar segera kepada pengunjung-pengunjung dalam sebuah pasaraya atau kompleks membeli belah jika ada sesuatu kebakaran.

Sistem pembesar suara yang baik haruslah mempunyai beberapa ciri penting. Kajian untuk menentukan prestasinya harus ditekankan kepada beberapa perkara utama seperti berikut:

- (i) Ciri-ciri sambutan frekuensi
- (ii) Pola pengarah
- (iii) Ciri-ciri galangan
- (iv) Keupayaan aras keluaran

### **1.3 Kepentingan Kajian**

Sesuatu projek tidak akan berhasil dengan jayanya sekiranya kajian tidak dilakukan. Penghasilan sesuatu produk dimulakan dengan kajian dan diakhiri dengan pelaksanaan. Pentingnya kajian dibuat terlebih dahulu disebabkan pandangan secara teori belum dapat menentukan kejadiannya secara praktikal.

Sehubungan dengan ini, perancangan menghasilkan produk pembesar suara Talian Penghantaran dilakukan kajian terlebih dahulu bagi memenuhi dan mendapatkan ciri-ciri satu pembesar suara yang boleh mencapai objektifnya sebagai penguat aras bunyi.

Seterusnya, bagi menyahut hasrat negara untuk menghasilkan sesuatu teknologi, projek pembesar suara Talian Penghantaran dirancang untuk dihasilkan berdasarkan beberapa faktor sebagaimana dinyatakan atas tujuan sebenar objektif projek dan matlamatnya.

### **1.4 Objektif Kajian**

Kesesuaian pembesar suara jenis Talian Penghantaran sebahagiannya boleh digunakan di tempat ramai, maka dalam kajian ini tumpuan diberikan kepada aspek kajian pemacu pembesar suara, pemilihan bahan dan mendapatkan hasil rekabentuk yang menarik dengan lebih ekonomi dan berpotensi untuk dipasarkan dengan penggunaan bahan tempatan. Bersesuaian dengan objektifnya iaitu:

- (a) Menghasilkan satu rekabentuk pembesar suara jenis Talian Penghantaran dengan menggunakan bahan tempatan.
- (b) Rekabentuk kajian yang dihasilkan berlainan dengan sistem pembesar suara yang berada dipasaran masa kini.
- (c) Memberi satu garis panduan yang piawai dalam mengkaji dan menilai pembesar suara jenis Talian Penghantaran yang dihasilkan.

## **1.5 Skop Kajian**

Atas yang dirancang, skop kajian projek pembesar suara Talian Penghantaran ini merangkumi tiga perkara iaitu:

- (a) Menjalankan ujian terhadap pemacu pembesar suara yang terdapat dipasaran bagi mendapatkan ciri ciri tertentu untuk digunakan dalam rekabentuk pembesar suara jenis Talian Penghantaran.
- (b) Melaksanakan rekabentuk Talian Penghantaran yang bersesuaian dengan data data yang diperolehi.
- (c) Menjalankan ujian terhadap pembesar suara yang dihasilkan.

## **1.6 Matlamat Kajian**

Bergerak dalam menghasilkan sesuatu projek semestinya mempunyai tujuan dan di akhiri dengan matlamat dan keberkesanannya. Untuk matlamat terakhir di atas kajian pembesar suara Talian Penghantaran merangkumi beberapa sebab iaitu:

- (a) Mengeluarkan hasil produk menggunakan bahan tempatan sepenuhnya bagi mengurangkan kos pengeluaran.
- (b) Sebagai langkah penjimatan dengan mengurangkan pengimpotan bahan dari luar yang disebabkan harga yang tinggi.
- (c) Untuk menjadikan satu garis panduan yang piawai bagi menghasilkannya secara komersial.

## **BAB 2**

### **PENYATAAN MASALAH DAN LATAR BELAKANG KAJIAN**

Hasil penyelidikan inovasi dan rekaan berkonsepkan sains dan teknologi harus mampu untuk dipasarkan bagi memenuhi keperluannya secara global. Sebagai seorang yang bakal menjadi usahawan yang berteknologi harus memikirkan strategi pemasaran secara berkesan. Wawasan kita hendaklah berkebolehan untuk menyokong cita-cita negara kearah industri maju.

Pakar teknologi haruslah mereka sendiri barangan yang boleh berdaya saing dengan pasaran dari luar. Barangan yang dikeluarkan hendaknya mempunyai daya cipta yang tinggi dan bermutu atau berkualiti. Dari rujukan pakar-pakar terdahulu pengubahsuaian yang dibuat atau dihasilkan haruslah mampu menambahkan persaingannya.

Menghasilkan sebarang rekaan hendaknya bertujuan mengatasi masalah. Rekabentuk yang dicipta hendaklah berdasarkan kepentingan yang khusus dan diberikan penumpuan ke atas struktur binaan, kualiti, keselamatan pada persekitaran, penjimatan yang maksima dan kesesuaian penggunaannya.

## 2.1 Latarbelakang Masalah

Jenis kabinet sistem pembesar suara yang banyak terdapat dipasaran seperti berikut:

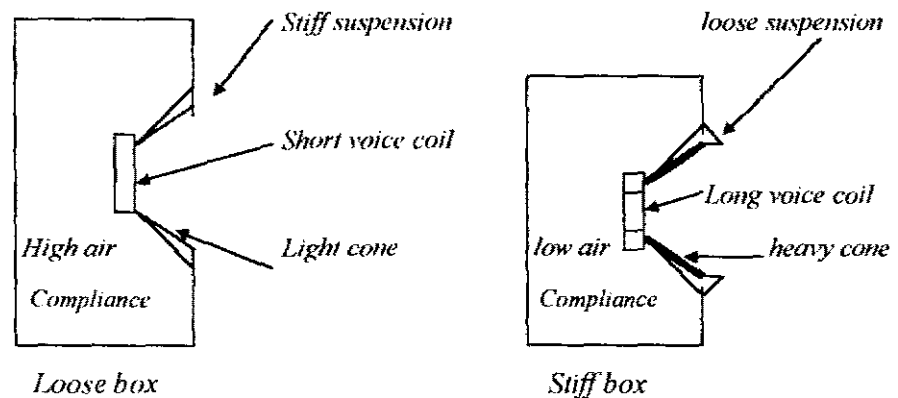
- i. Sistem kotak berliang (Ported box)
- ii. Sistem kotak tertutup (Closed box)

Dua jenis ini, setiap satunya mempunyai kebaikan dan keburukan yang tersendiri, maksudnya tidak berupaya mengeluarkan hampir kesemua julat frekuensi audio iaitu julat pendengaran 20 Hz hingga 20 kHz. Bagi mendapatkan kesemua julat frekuensi, sistem pembesar suara ini hendaklah digabungkan dengan pemacu pembesar suara jenis lain. Ini bermaksud penggunaan *tweeter*, *mid-range* dan *woofer* diperlukan. Kualiti pembuatan pengepong juga perlu diambil kira dengan sewajarnya jika tidak ini mungkin menyebabkan kos sistem pembesar suara tersebut meningkat.

Kotak tertutup dan kotak berliang digunakan dengan meluas dalam sistem pembesar suara. Bentuk-bentuk ini kerap mendapat pendedahan pada pengguna tetapi jenis Talian Penghantaran jarang sekali mendapat penggunaan yang meluas. Mungkinkah tiada pendedahan pada jenis ini ataupun pada harga yang mahal dan tidak mampu dimiliki.

Sistem pembesar suara tertutup mempunyai isipadu udara yang tetap di-ruangan dalam dan boleh bertindak sebagai spring udara. Lagi kecil kotak lagi anjal spring udaranya. Apabila kun pemacu bergerak kebelakang, udara di dalamnya akan dimampatkan. Di atas kemampatan udara ini, ia akan cuba menekan semula kun pemacu balik semula keposisi asal. Perbezaan tekanan udara diantara luar dan dalam menyebabkan kun pemacu mengalami herotan tak linear dan banyak memindahkan tenaga akustik ke dinding pengepong. Bentuk pengepong tertutup ditunjukkan pada rajah 2.1.



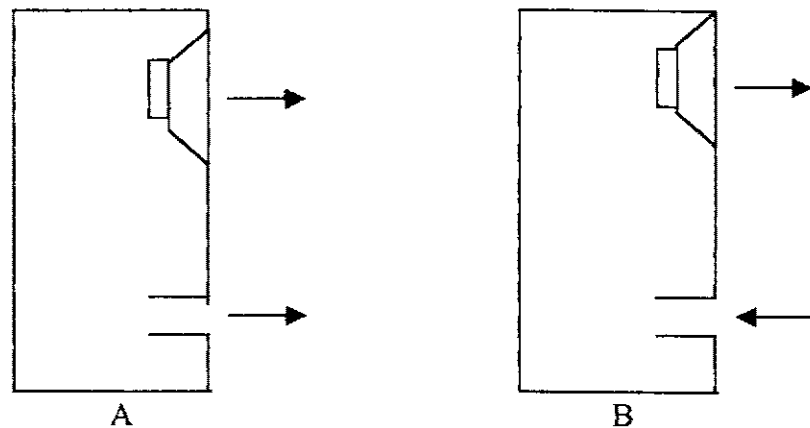


Rajah 2.1 : Kesan saiz pengepong pembesar suara jenis tertutup

Pembesar suara jenis tertutup memerlukan *suspension* udara yang direka khas. Ia memerlukan gelung suara yang panjang (longer voice coil) untuk membolehkan kuni tersebut bergerak lebih jauh tanpa membawa gelungan itu terlalu jauh dari magnet.

Pengepong yang kecil untuk sistem pembesar suara tertutup terdapat juga kelemahan, kecekapannya rendah dan memerlukan gelung suara yang panjang. Ini bermaksud dengan menggunakan *woofer*, gabungan menggunakan *tweeter* diperlukan untuk melebarkan julat pertengahan (midrange) ataupun menggunakan sistem tiga hala (three-way system).

Bagi kotak berliang atau *bass reflex* mudah untuk dibina. Tidak seperti kotak tertutup perlakuannya adalah kompleks. Bila dibuat satu lubang pada kotak tertutup, ruangan dalam kotak masih bertindak sebagai spring udara. Dalam masa yang sama lubang yang dibuat mewujudkan satu piston udara yang lain. Pergerakan ombok udara ini sefasa dengan kuni pada satu-satu frekuensi dan berlainan fasa pada sebaliknya seperti yang ditunjukkan dalam rajah 2.2.



Rajah 2.2: Pembesar suara jenis berliang.

Kebaikan jenis kotak berliang ini, bentuk redaman dikawal oleh pemacu. Ianya lebih berkesan dengan menggunakan *woofer* yang baik. Rekabentuk *woofer* untuk kotak berliang tidak perlu diadakan dengan kun yang berat atau punyai gelung suara yang panjang tetapi masalahnya, ia hanya melebarkan sambutan julat pertengahan dan membuatkan sistem dua hala *woofer* dan *tweeter* diperlukan. Hubungan antara kotak dengan pemacu memerlukan rekabentuk yang terperinci dan hati-hati untuk mendapatkan prestasi yang baik.

Bagi mengatasi beberapa masalah yang terdapat pada pembesar suara dari jenis yang disebutkan, pereka mengilhamkan satu rekabentuk pembesar suara jenis Talian Penghantaran yang didasarkan kepada beberapa kepentingan.

Seorang pereka harus memikirkan faktor-faktor kepentingan menghasilkan satu rekaan dari segi kos operasi, kegunaan yang optimum, keupayaan yang maksima, ciri-ciri keselamatan dan kendalian yang mudah. Rekabentuk yang dihasilkan hendaknya berlandaskan konsep tersendiri yang lebih menarik dan sesuai dengan kegunaannya. Faktor-faktor inilah yang boleh memberikan keyakinan terhadap sesuatu yang dihasilkan bermula dari idea awal yang digambarkan.

## 2.2 Latarbelakang Kajian

Bunyi sampai ketelinga menerusi perambatan gelombang bunyi dengan cara kembangan dan mampatan ruang udara. Kelajuan bunyi 340 meter sesaat amat perlahan berbanding kelajuan cahaya. Pergerakan anggota sampai ke mata secepat kelajuan cahaya tetapi pergerakan bunyi sampai lewat ke telinga. Pentingnya pembesar suara untuk menyaksikan bunyi sesuatu sampai ke telinga sama masanya dengan pergerakan yang dilihat oleh mata. Tanpa pembesar suara keseimbangan antara gerak geri dan bunyi tidak akan tercapai. Dengar dan saksikan gerak laku bila seseorang bertepuk tangan daripada jauh. Kita dapat lihat pergerakannya tetapi bunyinya diterima lewat.

Jika dipandang dari sudut kejuruteraan, penukaran tenaga elektrik kepada tenaga bunyi adalah peringkat terakhir di dalam sistem audio, yang melalui satu bahantara yang dinamakan pembesar suara. Pemilihan pembesar suara yang baik adalah sangat penting untuk mendapatkan hasil bunyi yang memuaskan.

Pembesar suara boleh didapati di pasaran dengan pelbagai jenis. Rekabentuknya semakin lama semakin canggih dan unik samada dari segi luaran atau konfigurasinya. Walau bagaimana daya tarikan pada pembesar suara, fungsinya tetap sama iaitu menukar tenaga elektrik ketenaga bunyi yang disokong dengan penguat kuasa bagi meninggikan aras kekuatan bunyi dan memberikan kualiti yang sebaik mungkin kepada pendengar.

Pembesar suara Talian Penghantaran berupaya memberikan kualiti bunyi yang baik sekiranya pemilihan pemacu dan reka bentuk pengepong diambil perhatian secara teliti dimana bahagian-bahagian ini mempunyai kesinambungannya yang tersendiri. Kaitan diantara keduanya lebih bergantung pada nilai Q pemacu.

### 2.2.1 Sejarah Kajian

Dalam perkembangan pembesar suara Talian Penghantaran yang dimulakan oleh Stromberg-Carlson pada 1930 ialah jenis *Labyrinth Acoustical* menggunakan kayu berbentuk sebatang paip dan dipotong pada suku panjang gelombang ( $\frac{1}{4} \lambda$ ) frekuensi salun *woofer*. Jenis *Labyrinth Acoustical* ketika itu menghadapi masalah berkaitan frekuensi salun.

Diawal 1960 seorang ahli fizik British, Dr.A.R. Bailey dari Bradford Institute of Technology mengatasinya dengan meletakkan bahan redaman (damping material) ke dalam pembesar suara *Labyrinth*. Beliau mendapati bahan gentian (fiber) adalah sejenis bahan redam yang baik untuk Talian Penghantaran. Pada 1965, pengeluaran *Bailey's TL* dipasarkan di England oleh *Radford Electronic*.

Pada 1976, L.J.S. Bradbury menulis dalam satu jurnal pertubuhan kejuruteraan audio, dimana beliau menunjukkan kelajuan bunyi lebih perlahan apabila melalui bahagian gentian berbanding dengan 1130 kaki sesaat kelajuan bunyi melalui udara. Sebagai contoh, ketumpatan bahan gentian sebanyak  $\frac{1}{2}$  paun perkaki padu boleh melewati kelajuan bunyi kepada 408 kaki sesaat. Di waktu ini ramai pereka mengenyepikan persamaan matematik yang dibuat oleh Bradbury disebabkan kesukaran mendapatkan ketepatan kelajuan bunyi dalam bahan redaman ini,

Pada 1980 John Cockroft meneruskannya dengan meletakkan empat garis panduan baru. Pertama faktor kepanjangan Talian Penghantaran. Kedua ketumpatan bahan penyumbat. Ketiga nilai  $Q_{TS}$  *woofer*. Nilai  $Q_{TS}$  adalah komponen yang penting dalam menentukan rekaannya dan yang keempat luas keratan rentas. Jika keratan rentas ditambah, ketumpatan bahan penyumbat juga bertambah tetapi kepanjangan paip berkurangan.

Projek ini dijalankan dengan berpandukan pada empat garis panduan ini.

### 2.2.2 Pemilihan Pemacu

Langkah pertama menghasilkan pembesar suara jenis Talian Penghantaran ialah dengan pemilihan pemacu yang sesuai untuk mendapatkan prestasi yang baik. Kita cuba dapatkan yang berkualiti dan ekonomi. Walau banyak mana yang kita modalkan semestinya hasil yang baik akan kita dapati. Bagaimanapun objektif kajian hendaklah diambil perhatian dalam menggunakan bahan tempatan yang lebih ekonomi.

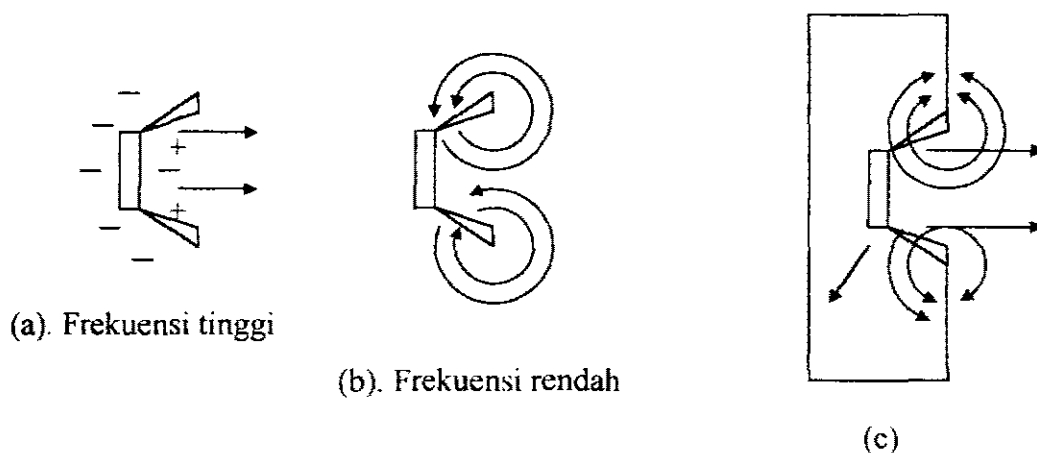
Jenis pemacu atas pilihan sendiri, perhatian yang perlu dititik beratkan adalah berkenaan frekuensi salun yang rendah ( $f_s$ ), frekuensi potong ( $f_3$ ) dan faktor Q. Faktor Q memainkan peranan yang penting untuk rekaan Talian Penghantaran yang akan diambil kira ke dalam persamaan untuk mendapatkan ketumpatan penyumbat (stuffing density). Nilai Faktor  $Q_{TS}$  yang terbaik adalah diantara 0.25 hingga 0.6. Kesimpulannya, jika faktor  $Q_{TS}$  rendah ianya memerlukan ketumpatan penyumbat yang sedikit berbanding panjangnya dan jika  $Q_{TS}$  tinggi kepanjangan paip berkurangan dan ketumpatan penyumbat bertambah. Nilai Q untuk pembesar suara Talian Penghantaran dicadangkan kurang dari 0.4.

### 2.2.3 Fungsi Pengepong

Meletakkan pemacu pembesar suara dalam ruang bebas diumpamakan seperti ikan yang terkeluar dari kawasan air. Dari ujian yang dijalankan ke atas pemacu pembesar suara yang lengkap dengan pengepong ketumpatan bunyi pada frekuensi rendah adalah 100 kali lebih baik daripada ujian di ruang bebas. Kemampuan prestasi *bass* adalah berkurangan pada pembesar suara yang tiada pengepong sebab itu mutu bunyi yang dihasilkan terlalu rendah dan tiadaimbangan (unbalanced).

Melalui rajah 2.3a, tanda campur mewakili pertambahan tekanan apabila kun pemacu bergerak dalam udara dan tanda tolak mewakili pengurangan tekanan. Apabila udara dari bahagian tekanan tinggi pada kun bercampur dengan udara dari bahagian tekanan rendah pembatalan (cancellation) bunyi akan berlaku. Pada frekuensi tinggi pergerakan bunyi searah, maka berlaku sedikit sahaja percampuran atau pembatalan. Bagaimanapun bagi frekuensi rendah panjang gelombangnya adalah lebih panjang berbanding jejari pembesar suara. Dengan itu, gelombang boleh melengkung balik di sekeliling kun, maka gelombang dari fasa yang berbeza akan bercampur. Ini ditunjukkan dalam rajah 2.3b.

Dengan itu salah satu perkara asas dalam fungsi pengepong ini adalah untuk menghalang percampuran fasa yang berlainan. Sebarang pembesar suara samada besar atau kecil dapat berkerja dengan lebih bagus jika diadakan kotak atau pengepong supaya kandungan udara tidak boleh keluar dan membuatkan pergerakan kon bertambah mudah seperti rajah 2.3c.



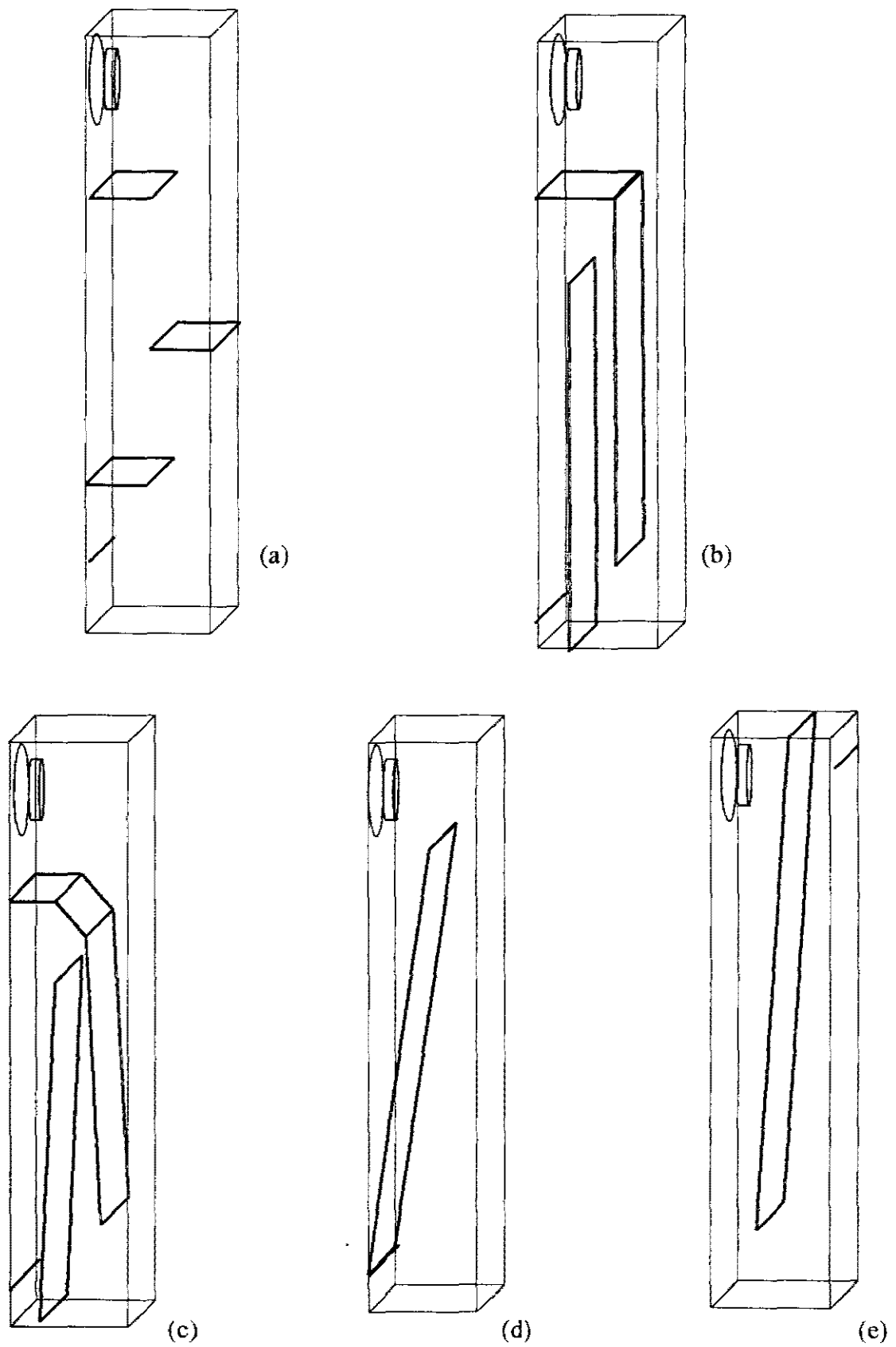
Rajah 2.3 : Hubungan pengepong dengan pemacu

### 2.3 Kajian Rekabentuk

Rekabentuk Talian Penghantaran ini dipanggil juga *labyrinth*. Jenis Talian Penghantaran ini adalah merujuk kepada cara yang hampir serupa jika dibandingkan dengan penghantaran gelombang melalui kabel sepaksi (Co-axial cable) dalam kaedah elektrik di mana frekuensi yang terdapat dalam Talian Penghantaran ini tidak boleh balik semula ke pemacu. Ini berlaku disebabkan terdapatnya bahan redaman (Damping material) di dalam paip Talian Penghantaran.

Pembesaran suara Talian Penghantaran asasnya hanyalah merupakan sebatang paip yang diperbuat daripada bahan tertentu seperti papan lapis, *Chipboard* ataupun *MDF board*. Kedudukan pemacu berada pada satu hujung dan terbuka di hujung yang lagi satu. Bahan redaman yang di letakan sepanjang paip adalah bertujuan sebagai penapis akustik lulus rendah (low pass filter) untuk menapis frekuensi julat pertengahan (midrange) dan frekuensi tinggi (high frekuensi). Juga untuk menghadkan salunan frekuensi dan gelombang pegun (standing wave). Sambutan *bass* lebih mendalam dan jelas berbanding pembesaran suara jenis lain. Julat pertengahan akan lebih jelas dan terbuka. Lakaran pembesaran suara Talian Penghantaran merujuk pada rajah 2.4.

Jenis *Labyrinth* ditunjukkan dalam rajah 2.4a, bentuknya juga dalam jenis Talian Penghantaran. Perbezaan yang didapati, jenis *Labyrinth* mempunyai keratan rentas yang sekata di sepanjang paip bermula daripada belakang pemacu hingga penamat. Panjang talian adalah bersamaan dengan suku panjang gelombang berbanding frekuensi salun pemacu. Pada frekuensi salun, redaman maksima berlaku pada hujung pemacu. Dinding pengepong adalah rata dan penghujung adalah lebih terbuka.



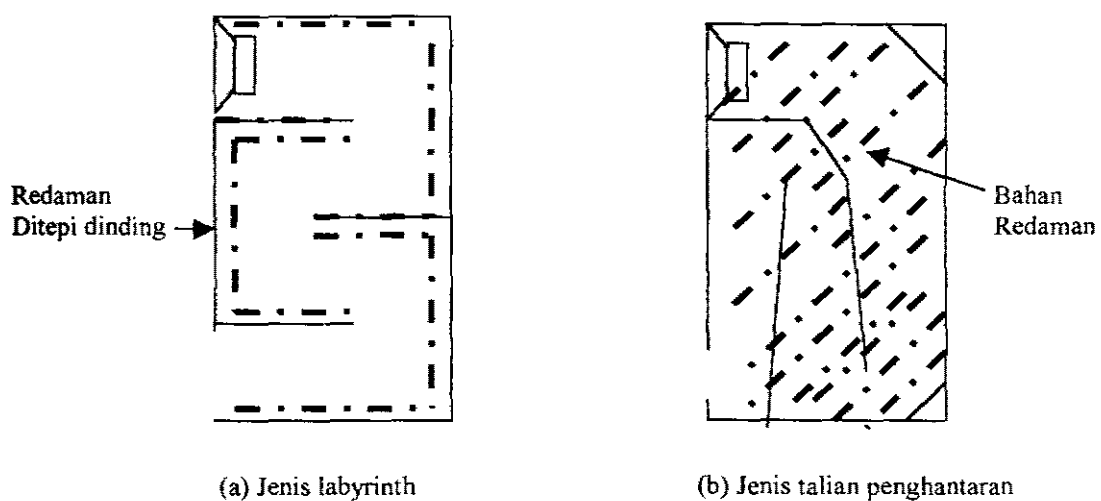
Rajah 2.4 : Bentuk dalaman Pembesar suara jenis Talian Penghantaran



Talian Penghantaran yang tipikal ditunjukkan pada rajah 2.4b dan 2.4c. Bahagian dalam pengepong diisi dengan bahan redaman. Keratan rentas rajah 2.4b adalah sekata tetapi ada sedikit pembesaran pada bahagian yang berhampiran dengan pemacu. Keadaan ini hampir serupa dengan jenis *Labyrinth*. Rajah 2.4c mempunyai ketirusan yang sekata dengan hujung keluaran mempunyai bukaan yang kecil dan bentuk ini dikatakan berupaya memampatkan talian salunan. Rajah 2.4d pula menunjukkan rekabentuk yang berbeza ataupun berlawanan bentuk penirusan dengan rajah 2.4c. Ianya seperti pembesar suara jenis horn kecuali penghujung atau penamatnya mempunyai bukaan yang kecil berbanding keratan rentas penghujung paip.

### 2.3.1 Perbezaan Antara Pembesar Suara *Labyrinth* Dan Talian Penghantaran

Secara umum jenis Talian Penghantaran ini serupa dengan *Labyrinth* dan hanya terdapat sedikit perbezaan. Perbezaan digambarkan seperti dalam rajah 2.5.



Rajah 2.5 : Perbezaan diantara jenis *Labyrinth* dan jenis Talian Penghantaran

Kedudukan pemacu pada kedua-dua jenis adalah sama, terletak di satu hujung dan terbuka di hujung bahagian penamat (terminus). Pada bentuk *Labyrinth* pergerakan gelombang bunyi bergerak dari pemacu ke hujung penamat dan keluar ke ruang udara menyebabkan tekanan di dalam paip tersebut berkurangan secara tiba-tiba, rajah 2.5a. Penurunan tekanan dalaman menyebabkan gelombang tersebut memantul semula ke dalam paip hingga ke pemacu semula. Panjang paip bersamaan dengan  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang dan dimasa ini kelajuan gelombang bunyi adalah minima tetapi tekanan adalah maksima pada bahagian pemacu.

Bagi Talian Penghantaran, ianya berisi dengan bahan redaman seperti rajah 2.5b. Merujuk kepada teori yang dibuat oleh A.R.Bailey, beliau menerangkan talian akustik di belakang pemacu yang mempunyai kepanjangan paip menyerap gelombang balikan (backwave) tanpa mendatangkan masalah pada pantulan iaitu tekanan dan kelajuan bunyi. Maka untuk menghadkan pada nilai yang tertentu beliau menggantikannya dengan bahan redaman sepanjang paip.

Jenis *Labyrinth* mempunyai nisbah luas keratan rentas yang sama dengan kun pemacu sepanjang paip hingga ke hujung penamat berbanding Talian Penghantaran yang berbentuk tirus. Ketirusan ini bagi mengasingkan salunan yang berbeza-beza. Keratan rentas di bahagian hujung lebih besar dari kun pemacu dan penamatnya (terminus) adalah kecil. Saiz bukaan hujung penamat dicadangkan 75% dari luas permukaan kun pemacu.

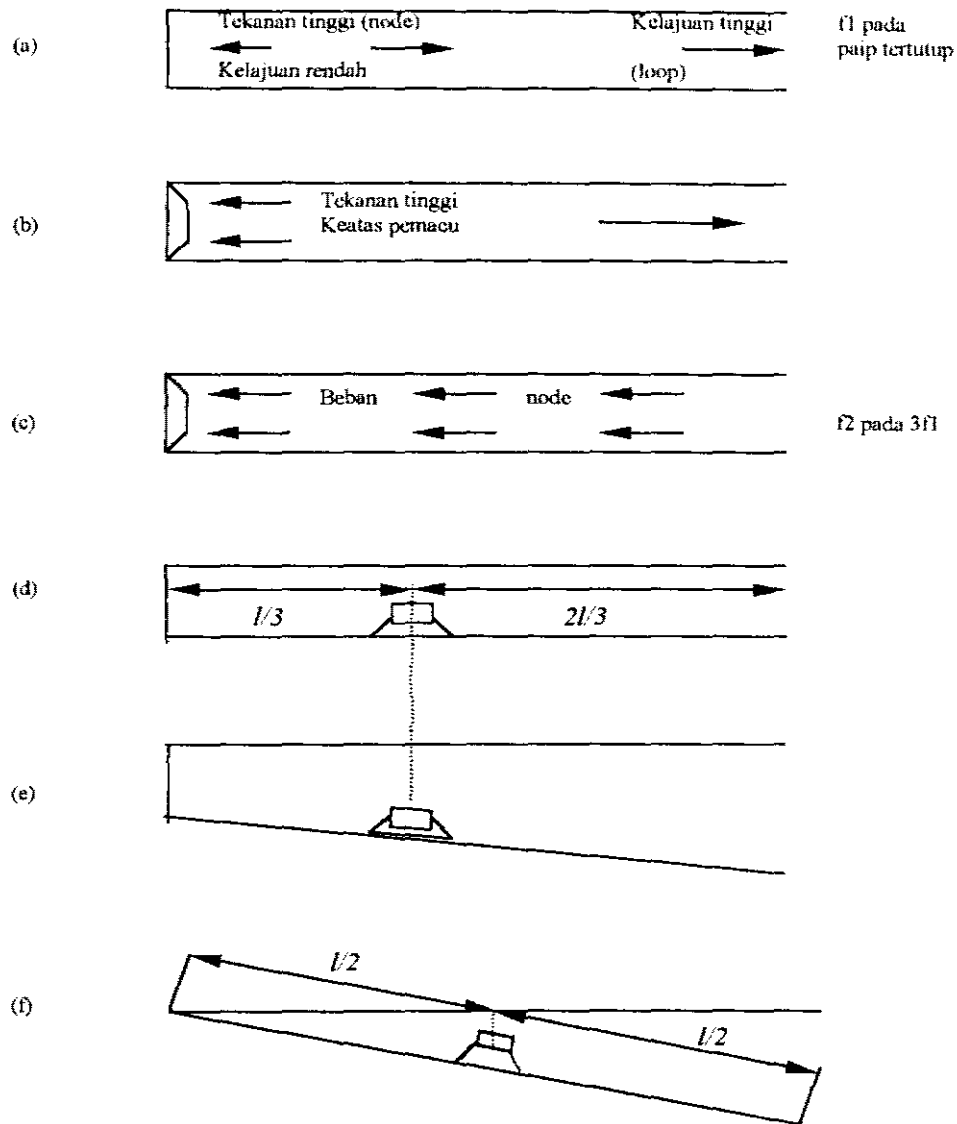
### 2.3.2 Ketirusan Paip

Prinsip-prinsip ketirusan paip digambarkan dalam rajah 2.6. Lakaran rajah 2.6a menerangkan hubungan diantara tekanan dan kelajuan dalam paip tertutup pada masa salun. Tekanan tinggi berlaku pada *Node* dan titik kelajuan tinggi berlaku pada *loop*.

Apabila pemacu di letakkan pada satu hujung ia menghasilkan pembesar suara berbentuk *Labyrinth* (rajah 2.6b), pemacu akan mengalami tekanan yang tinggi dan kecekapannya bertambah. *Labyrinth* yang mempunyai panjang paip bersamaan dengan  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang akan meredam pemacu pada frekuensi salun seperti yang berlaku pada *bass reflex*. Bagaimanapun dua masalah akan timbul, pertama pada frekuensi asas paip, prestasi frekuensi rendah akan menghasilkan *one-note bass* dan masalah keduanya, menghasilkan harmonik ganjil. Harmonik ketiga adalah lebih serius (rajah 2.6c) berbanding harmonik yang lebih tinggi.

Keadaan ini boleh diperbaiki, dengan meletakkan pemacu pada satu pertiga panjang paip dari hujung tertutup rajah 2.6d. Pada kedudukan ini tekanan pada pemacu berkurangan dan sudah cukup untuk menghasilkan beban yang baik pada masa fundamental. Pada harmonik ketiga, pemacu berada berhampiran dengan *loop* dan mengurangkan keluaran *one note bass*.

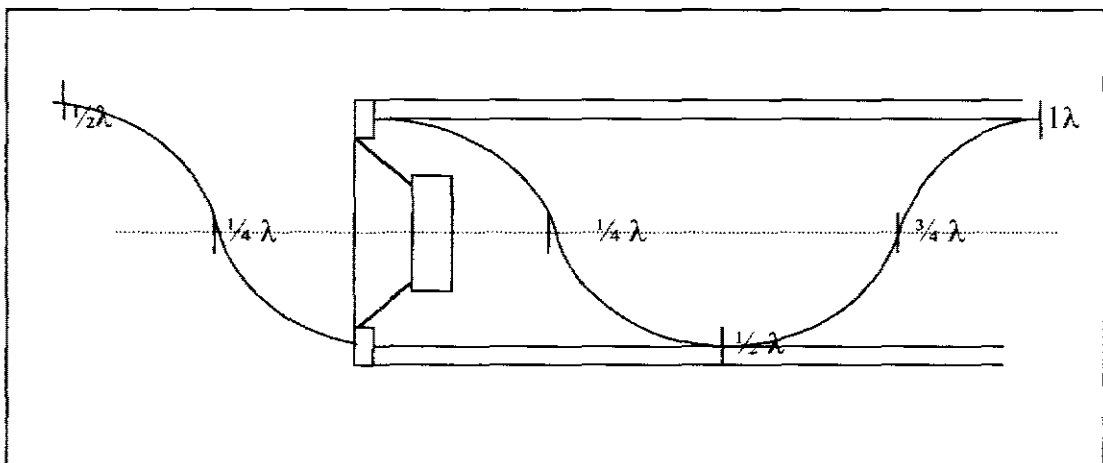
Bagi mengurangkan *one-note bass* dan mengasingkan salunan frekuensi yang berbeza-beza keadaan paip ditiriskan (rajah 2.6e) hingga hujung tertutup dijadikan kosong. Untuk sambutan yang lebih baik, pemacu di letakkan di pertengahan paip seperti rajah 2.6f.



Rajah 2.6 : Kedudukan pemacu pada perubahan sistem paip

### 2.3.3 Fasa Talian Penghantaran

Hubungan anjakan fasa  $90^\circ$  dalam keluaran Talian Penghantaran digambarkan dalam rajah 2.7. Pada  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang anjakan fasa adalah  $90^\circ$  sementara itu pada  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang pula bersamaan dengan  $180^\circ$  anjakan fasa dan pada  $\frac{3}{4}$  panjang gelombang adalah bersamaan dengan  $270^\circ$  anjakan fasa.



Rajah 2.7: Fasa Talian Penghantaran

Gelombang hadapan (front wave) bermula dari bahagian bawah kun pemacu dan gelombang belakang (rear wave) bermula pada bahagian atas kun pemacu. Ini menerangkan perbezaan fasa sebanyak  $180^\circ$  diantara depan dan belakang kun pemacu.

Sebagai contoh jika  $f_s$  bersamaan dengan 28 Hz, maka kelajuan bunyi dalam udara pada  $\frac{1}{4}\lambda$  untuk Talian Penghantaran tanpa bahan redaman adalah bersamaan:

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \lambda &= \frac{(1130 / f_s)}{4} \quad \dots(2.1) \\ &= 10.08 \text{ kaki} \end{aligned}$$

### 2.3.4 Panjang Akustik Dengan Panjang Talian

Mengikut persamaan *Bradbury's* apabila paip Talian Penghantaran dipotong kepada 10.08 kaki untuk  $\frac{1}{4} \lambda$  dan disumbat dengan kadar  $\frac{1}{2}$  paun perkaki padu bahan redaman, ianya berupaya memberikan kelajuan bunyi bersamaan 408 kaki sesaat. Jika nilai ini dimasukkan ke dalam persamaan (2.1), maka didapati pada  $\frac{1}{4} \lambda$  bersamaan dengan 3.64 kaki. Pada tiga kali panjang  $\frac{1}{4} \lambda$  menjadikan kepada 10.92 kaki.

Perbandingan antara dua nilai 10.08 dengan 10.92 dianggap tiada jauh nilainya.

Penyataan ini menerangkan panjang Talian Penghantaran adalah bersamaan dengan  $\frac{1}{4} \lambda$  dan mempunyai nilai fasa yang sama pada panjang gelombang yang berlainan.

## 2.4 Pengukuran

Pengukuran prestasi pembesar suara dibuat dengan tujuan menilai keupayaannya. Pengukuran dapat memberikan spesifikasi pembesar suara bagi membolehkan penghasilan produk mendapat perhatian di pasaran. Pengukuran yang tepat tidak semestinya menggunakan peralatan yang berkualiti tinggi tetapi pengukuran yang dibuat secara cermat mengikut prosedur yang piawai sudah memadai bagi mengelak dari berlakunya ralat. Pengukuran menggunakan alat yang mempunyai ketepatan bacaan  $\pm 0.01$  dB dan memberikan keputusan bacaan diantara  $\pm 1.0$  dB boleh dianggap memuaskan.

Pengukuran yang dibuat sepanjang projek dilakukan di makmal Akustik Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. Penyediaan bagi keperluan bahan ujian amat mencukupi di makmal ini. Walaupun mempunyai peralatan ujian terkini, sebahagian ujian ada menggunakan alat-alat uji yang mudah didapati di pasaran sebagai satu cara mengimbangi nisbah diantara peralatan dengan produk yang dihasilkan.

### 2.4.1 Kawasan Pengukuran

Bilik kebuk tak bergema (anechoic chamber) digunakan sepanjang pengukuran. Keupayaan bilik kebuk tak bergema dikelaskan sebagai kawasan medan bebas bunyi dan didefinisikan sebagai kawasan yang kesan bunyi boleh diabaikan. Bilik kebuk tak bergema mempunyai hingar ambien yang rendah dan pembesar suara yang diletakkan dalam kawasan medan bebas akan sampai pada kesemua arah dan pengukuran dapat dibuat hanya pada sumber yang dikehendaki sahaja.

Secara ideal ujikaji dibuat dalam persekitaran hingar ambien yang rendah dan tiada halangan dan sempadan balikan medan bebas (*free field*). Dalam ujian ini pengukuran hanya dibuat dalam medan bebas sahaja.

### 2.4.2 Peralatan

Alat-alat uji yang digunakan sepanjang ujian sambutan frekuensi dan pola pengarahannya adalah seperti berikut:

- (i) Turntable system – Type 9640 (Bruel & Kjaer)
- (ii) Remote control – WB 1254 (Bruel & Kjaer)
- (iii) Penguat kuasa (P.A) – AP 6060
- (iv) Audio analyzer –2012 (Bruel & Kjaer)
- (v) Microphone/Pre-amplifire – 4132/2639
- (vi) Turntable controller – 5949 (Bruel & Kjaer)
- (vii) Komputer



## 2.5 Keadaan Dan Kriteria Pengukuran

Pengukuran yang umum dalam mengkaji pembesar suara untuk menilai kebolehnya adalah pengukuran galangan, sambutan frekuensi, pola pengarahannya herotan, kepekaan dan kecekapan. Dalam projek ini ujian hanya dibuat pada sambutan frekuensi, pola pengarahannya dan galangan.

### 2.5.1 Keadaan Pengukuran

Waktu dan keadaan semasa menjalankan pengukuran haruslah mengikut beberapa syarat-syarat tertentu diantaranya keadaan suhu bilik boleh mempengaruhi prestasi pembesar suara, oleh itu kadar suhu haruslah pada aras suhu bilik diantara julat  $25 \pm 5$  °C.

Purata SPL ambien hendaklah dicatatkan. Jika ralat pengukuran tidak melebihi 1 dB maka kadar *signal to noise* mestilah sekurang-kurangnya 20 dB pada sebarang frekuensi.

Jarak pengukuran boleh dibuat antara medan dekat (*near field*) dan medan jauh (*far field*). Bunyi dalam medan dekat yang datang dari sumber bunyi yang kompleks mempunyai berbagai elemen yang tersebar dan dibalikkan. Oleh itu perubahan kecil ini boleh mempengaruhi keputusan semasa pengukuran dan ini diatasi dengan menambahkan jarak mikrofon.

Pada keadaan medan jauh, apabila jarak digandakan dengan pengurangan sebanyak 6 dB (hukum kuasa dua songsang). Keadaan medan jauh berlaku apabila kedudukan mikrofon tiga kali lebih jauh dari jarak sumber.

Pengukuran dalam medan dekat kerap digunakan dengan pengaruh perubahan yang kecil diabaikan.

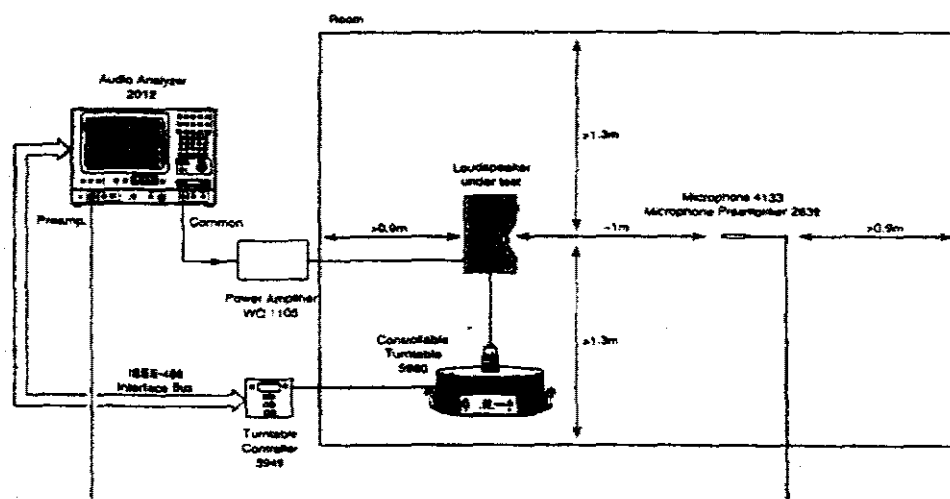
### 2.5.2 Kriteria Pengukuran

Pengukuran yang penting bagi pembesar suara ialah sambutan frekuensi. Sambutan frekuensi yang ideal adalah sambutan yang rata dari frekuensi rendah hinggalah ke frekuensi tinggi. Julat frekuensi dalam pengukuran dibuat berdasarkan pada julat audio iaitu 20 Hz hingga 20 kHz yang merangkumi bidang frekuensi suara dan bidang frekuensi dengar telinga manusia.

Pengukuran pola pengarahannya dibuat dengan meletakkan mikrofon pada sudut tertentu ( $5^\circ$  atau  $10^\circ$ ). Pembentukan pola pengarahannya dibuat dengan memutar kedudukan pembesar suara di atas *Turntable* dengan putaran sudut yang ditetapkan.

Nilai nominal galangan pembesar suara yang ideal biasanya dalam lingkungan  $16\ \Omega$ ,  $8\ \Omega$  dan  $4\ \Omega$  sahaja yang dirujuk pada frekuensi 1 kHz. Galangan berubah dengan frekuensi dan dipengaruhi oleh kesan pemuat dan peraruh dalam gelung pemacu. Pengukuran galangan dibuat samada dengan mengenakan voltan tetap atau arus tetap.

### 2.5.3 Rajah penyambungan peralatan ujian sambutan frekuensi dan pola pengarahannya.



Rajah 2.8: Sambungan peralatan untuk ujikaji

## 2.6 Rujukan Ilmiah

Pengetahuan yang ada pada kita sememangnya belum lagi mencukupi malah kita dibolehkan belajar dan terus belajar. Belajar berpandukan bahan ilmiah dengan tujuan melebarkan lagi pengetahuan kita.

### 2.6.1 Bidang Dengar

Bidang dengar frekuensi adalah diantara 20 Hz hingga 20 kHz. Frekuensi suara diantara 100 Hz hingga 5 kHz. Bidang dengar setiap alat muzik juga mempunyai frekuensi yang berlainan.

### 2.6.2 Spektrum Audio

Spektrum audio pada julat bidang dengar dan dibahagikan kepada tiga kategori utama; rendah (woofer), pertengahan (midrange) dan tinggi (tweeter). Biasanya pembesar suara direka berdasarkan kumpulan ini untuk menghasilkan bunyi yang baik. Ketiga-tiga bahagian ini dibezakan pada julat frekuensi audio seperti Jadual 2.1.

### 2.6.3 Panjang Gelombang

Panjang gelombang, jarak antara tekanan maksima atau minima yang berturutan. Hubungan diantara kelajuan bunyi dan frekuensi diberikan sebagai

$$c = \lambda f \quad \dots (2.2)$$

Dimana,

f	=	frekuensi (Hz)
$\lambda$	=	panjang gelombang (m)
c	=	kelajuan bunyi (m/s)

#### 2.6.4 Tekanan Bunyi

Pergeseran tekanan bunyi paling kecil kira-kira  $0.00002 \text{ pascal (Pa)}$ . 1 Pa diberi bersamaan  $1 \text{ N/m}^2$ . Tekanan maksima yang boleh dikesan oleh telinga hanya setakat 20 Pa.

Tekanan ditindihkan pada tekanan atmosfera sekitar dalam lingkungan  $10^5 \text{ Pa}$ . Konsep tekanan ini penting sebab diantara parameter bunyi seperti kelajuan dan anjakan, tekanan bunyilah yang paling mudah diukur dan dikaitkan dengan kekuatan bunyi.

#### 2.6.5 Galangan Akustik

Dalam gelombang sains, nisbah tekanan bunyi dengan halaju zarah ditakrifkan sebagai galangan akustik tertentu untuk bahantara dan jenis gerak gelombang berkenaan. Galangan ciri bagi udara biasa pada tekanan  $10^5 \text{ Pa}$ , suhu  $20^\circ\text{C}$  ialah  $415 \text{ Rayl}$ .

Galangan akustik tertentu bagi satu-satu bahantara itu nyata bagi gelombang satah maju tetapi tidak begitu bagi gelombang pegun (standing wave.) Amnya galangan ( $z$ ) bagi gelombang pegun ada bahan-bahan nyata dan khayal.

$$\begin{aligned} z &= p/v & \dots (2.3) \\ &= r + jx \end{aligned}$$

Dimana,	$r$	=	rintangan akustik tertentu ( $\Omega$ )
	$x$	=	rengangan akustik tertentu bahantara bagi gerak gelombang yang dipertimbangkan ( $\Omega$ )
	$v$	=	halaju zarah (m/s).
	$p$	=	tekanan akustik (Pa).

Konsep galangan akustik ini penting bila kita mengkaji gelombang pegun dan penyerapan tenaga bunyi.

### 2.6.6 Aras Tekanan Bunyi

Cara terbaik menilai kekuatan bunyi adalah dengan pendengaran telinga kita sendiri. Telinga menilai keamatan bukannya tekanan. Keamatan itu bermakna tekanan kuasa dua ( $p^2$ ). Keamatan pendengaran manusia ialah dari  $10^{-12} \text{ w/m}^2$  hingga  $10 \text{ w/m}^2$ .

Kepekaan telinga manusia memang istimewa. Menggunakan skala ( $p^2$ ) dengan nilai terlalu besar untuk dijadikan skala adalah tidak pratikal dan boleh mendatangkan masalah. Telinga manusia menilai keamatan tidak lurus yakni bercirikan logarizma daripada linear. Ini bermakna skala perbandingan tekanan digunakan iaitu,

$$10 \text{ Log}_{10} \frac{Pa^2}{Po^2} \text{ (dB)}$$

Dimana ( $Pa$ ) adalah aras yang dikisahkan dan ( $Po$ ) sebagai tekanan bunyi rujukan. Persamaan ini lebih nampak mudah apabila deciBel (dB) digunakan dan ukuran ini dikenali sebagai aras tekanan bunyi (SPL). Kebanyakan semua ukuran aras tekanan bunyi disandarkan dalam unit deciBel (dB) yang dirujuk pada frekuensi 1 kHz.

### 2.6.7 Spektrum Frekuensi

Jalur-jalur frekuensi pilihan yang dipersetujui oleh *International Standard Organisation* (ISO) telah menetapkan jalur-jalur frekuensi pilihan untuk kegunaan ukuran dan analisis bunyi. Jalur frekuensi ini (Jadual 2.2) sekarang digunakan untuk semua alat ukuran bunyi.

Jalur paling lebar yang digunakan untuk analisis frekuensi ialah jalur oktaf dimana batas frekuensi tinggi jalur itu sekali ganda had frekuensi rendahnya dan tiap-tiap jalur dinamakan mengikut frekuensi tengahnya.

Jalur frekuensi dengar dibahagikan kepada 10 jalur dan yang selalu digunakan hanya lapan, ditolak yang terendah dan tertinggi. Tetapi ada kalanya jalur yang lebih kecil diperlukan. Ini menggunakan jalur yang dinamakan jalur 1/3 oktaf. Lebar jalur-jalur ini ialah 1/3 daripada jalur oktaf. Ini juga ada frekuensi pilihan, tiap-tiap jalur dinamakan mengikut frekuensi min geometri julat frekuensi berkenaan.

### **2.6.8 Keamatan Dan Kuasa Bunyi**

Satu medan bunyi yang terdiri daripada satu sumber gelombang bunyi biasanya disebut keamatan (I) bunyi. Keamatan ialah jumlah tenaga bunyi yang melintasi unit keluasan perunit masa dan dinyatakan dalam unit  $w/m^2$ . Terdapat hubungan langsung antara tekanan dan keamatan akustik. Keamatan berkadarkan tekanan kuasa dua.

### **2.6.9 Pola Pengarahan**

Sumber bunyi yang didengari selalunya lebih rumit samada dalam bentuk ekakutub atau dwikutub. Ciri-ciri sumber bunyi ditentukan dengan ukuran bukannya dengan ramalan teori. Tekanan bunyi diukur pada jarak yang tetap dari sumber dan pada arah yang berlainan.

Aras tekanan yang diperolehi biasanya berbeza-beza dari titik ke titik. Aras tekanan bunyi yang diplot pada gambarajah kutub disebut pola pengarahan sumber berkenaan. Permukaan yang mempunyai tekanan bunyi yang sama diatas carta pola dianggapkan merangkumi bunyi sumber tersebut. Pola pengarahan biasanya memadai ditentukan melalui satah datar dan satah tegak.

## **BAB 3**

### **ATURAN PERLAKSANAAN DAN REKABENTUK**

#### **3.1 Aturan Pelaksanaan**

Rekabentuk sesuatu berasaskan pertukangan adalah kerja yang seni.

Kehalusan dan ketelitian merupakan perkara asas yang perlu di titik beratkan. Perkara pokok yang paling utama di dalam kerja rekabentuk pertukangan adalah kaedah pembuatan dan pemilihan bahan yang sesuai dengan sifat-sifat fiziknya serta beban kegunaannya.

Rekabentuk dalam bidang kejuruteraan menggunakan pengetahuan kejuruteraan seperti aplikasi sains, matematik dan grafik dalam usaha menghasilkan perancangan dan membawa kepada satu penyelesaian.

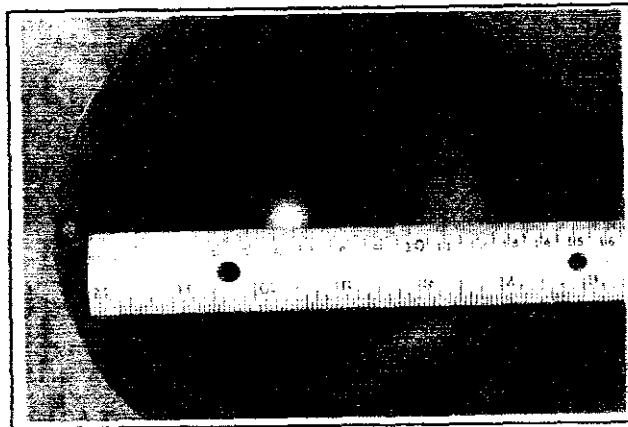
Kesimpulannya, maksud kaedah pelaksanaan di sini adalah untuk menghasilkan rekabentuk yang telah dirancang. Proses-proses ini termasuklah kajian bahan, aturan pembuatan dan penilaian prestasi. Kaedah pelaksanaan ini dijalankan mengikut aturannya supaya keberkesanan prestasinya membanggakan.

Langkah-langkah dalam menyelesaikan kajian projek pembesar suara Talian Penghantaran ini dilaksanakan sebagaimana berikut:

- (a) Menentukan pemacu dengan ujian yang perlu dilakukan
- (b) Mendapatkan kesesuaian rekabentuk pengepong dari maklumat pemacu yang diperolehi.
- (c) Ujian penilaian ke atas pembesar suara yang direka.

### 3.2 Pemacu Pilihan.

Dua unit pemacu pilihan bersaiz 6in x 4in, berbentuk bulat. Kadaran kuasa 100 watt, galangan 4 ohm, Dua kun (*Dual cone*). Keupayaan dua kun sudah memadai untuk menghasilkan semua julat frekuensi audio untuk pembesar suara bagi kegunaan perucapan. Ukuran mendapatkan garispusat ditunjukkan seperti rajah 3.1 dengan memberikan bacaan sepanjang 14 sentimeter.



Rajah 3.1: Pengukuran garispusat pemacu

#### 3.2.1 Peralatan Ujian Pemacu

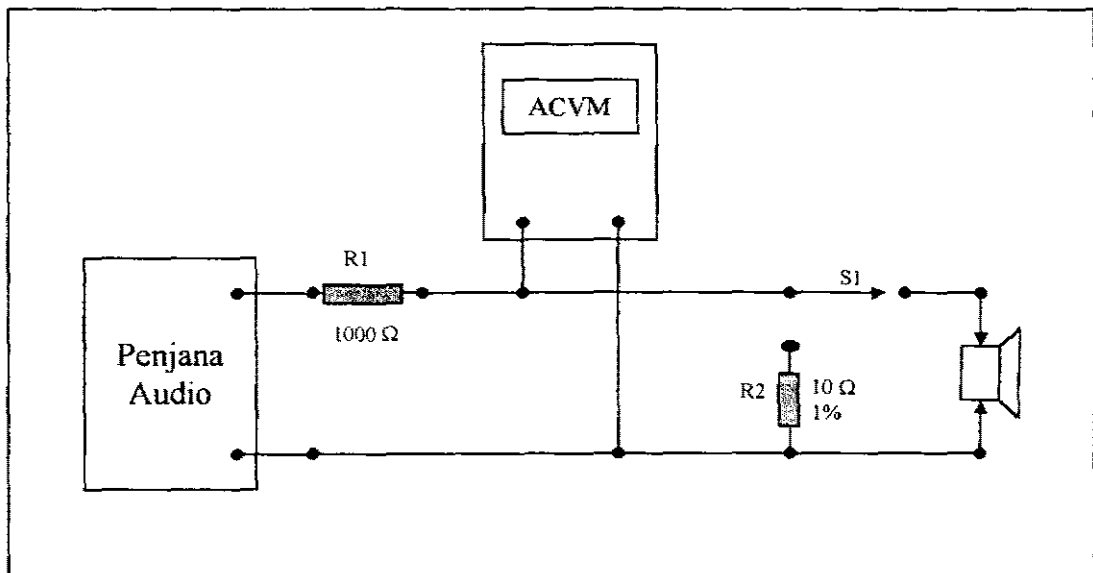
Peralatan elektrik untuk ujian keatas pemacu adalah:

- (i) Penjana audio (Audio Generator).
- (ii) Meter digital dan meter analog.
- (iii) Kotak ujian berukuran 8in x 8in x 5in.
- (iv) Litar komponen (rajah 3.2).
- (v) Ropongayun.



### 3.2.2 Ujian Ke atas Pemacu

- Ujian pertama ke atas pemacu dijalankan dengan menggunakan litar pada rajah 3.2. Ujian ini bagi mendapatkan frekuensi salun ( $f_s$ ). Aturan yang dibuat adalah seperti berikut:
  - (i) Penjana audio disetkan kepada frekuensi 200 Hz
  - (ii) Meter digital disetkan kepada skala AC
  - (iii) Penjana audio dilaras sehingga mendapat bacaan maksima pada meter digital.
  - (iv) Semasa bacaan maksima pada meter digital, bacaan frekuensi di penjana audio direkodkan dan dinamakan sebagai frekuensi salun ( $f_s$ )
  - (v) Ujian dijalankan untuk kedua-dua pemacu



Rajah 3.2: Susunan litar ujian pemacu

- Ujian kedua bagi mendapatkan rintangan ( $R_e$ ). Dilakukan dengan mengambil bacaan rintangan pada kedua-dua terminal pemacu dengan skala ohm.
- Ujian ketiga bagi mendapatkan galangan pemacu ( $Z_{max}$ ), aturan yang dilakukan seperti berikut:
  - (i) Suis S1 dilaraskan ke R2 pada litar rajah 3.2.
  - (ii) Penjana audio dilaraskan untuk bacaan skala 10 unit pada ACVM.  
Contoh: Dengan skil 0.1V, pada skala 10 unit, dengan 0.01V diwakili dengan beban 10 ohm
  - (iii) Suis diubah ke pemacu dan bacaan pada meter digital direkodkan.  
Bacaan meter dalam skala voltan mewakili nilai galangan ( $Z_{max}$ ) dimana pengukuran dibuat secara mengekalkan punca arus semasa pelarasan aturan (ii).
  - (iv) Bacaan direkodkan bagi keseluruhan jeda frekuensi dan dilakarkan pada graf semi-log.

Daripada tiga ujian yang dilakukan Jadual 3.1 ujian pemacu dapat digunakan sebagai panduan untuk mendapatkan nilai  $Q_{TS}$ .

### 3.3 Aplikasi Rekabentuk

Struktur rekabentuk boleh mencerminkan berbagai aplikasi. Kaedah pelaksanaan rekabentuk dan pembuatannya adalah perkara paling utama untuk dilakukan secara teliti. Bagi peningkatan dalam kejuruteraan rekabentuk, produk yang dihasilkan boleh bermutu tinggi jika ketelitian yang seni diambil perhatian dan keupayaan produk juga hendaknya boleh menyaingi rekabentuk sedia ada.

#### 3.3.1 Peralatan Rekabentuk

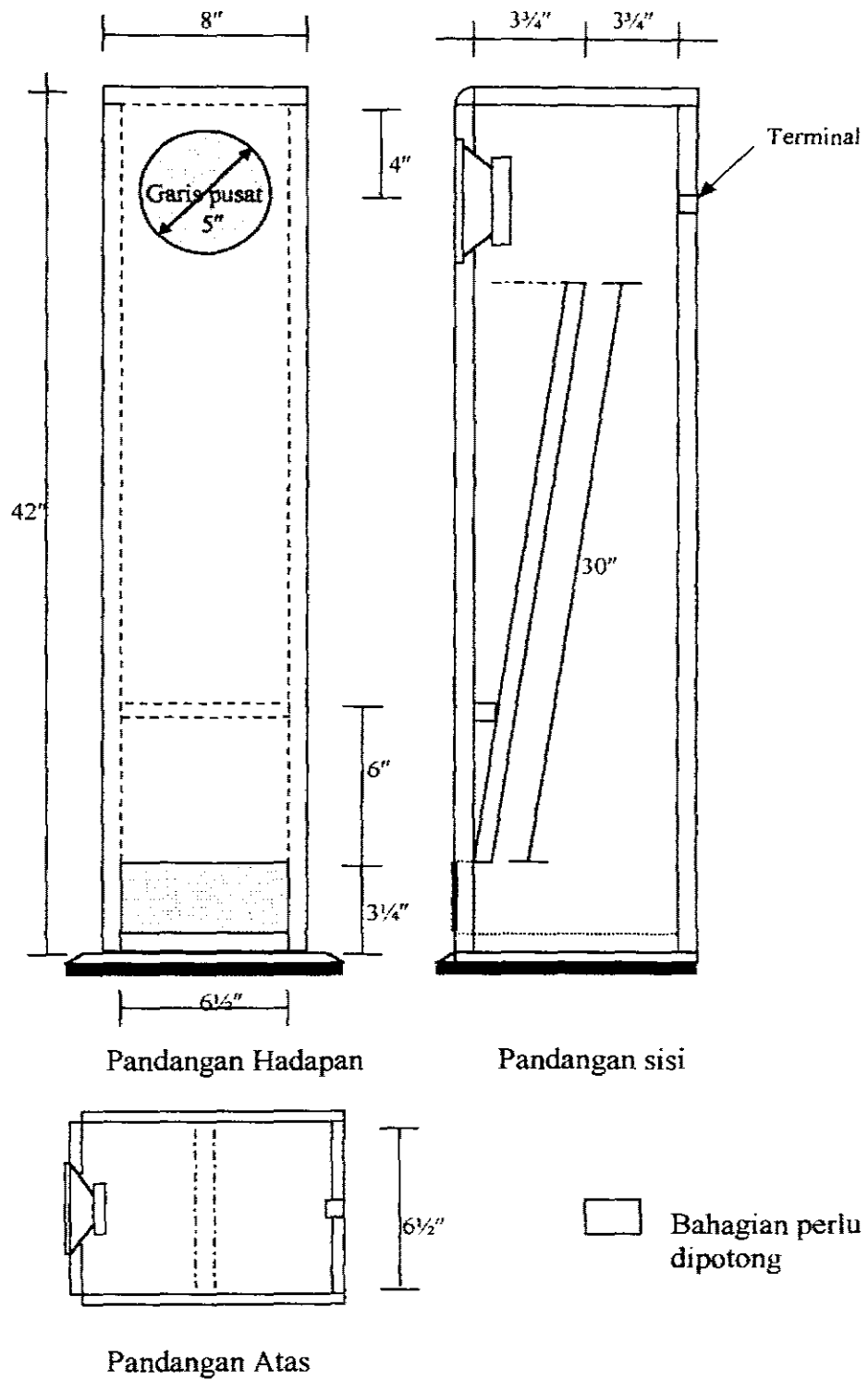
Dalam pelaksanaan projek keperluan utama adalah peralatan. Bahan-bahan ini digunakan bagi membantu menghasilkan produk yang baik dan berkualiti.

Peralatan utama adalah seperti berikut:

- (i) Mesin-mesin elektrik seperti mesin pemotong dan mesin penebuk
- (ii) Peralatan pertukangan seperti gergaji, tukul besi, sesiku dan pahat.
- (iii) Keperluan bahan rekabentuk yang dipilih adalah jenis *MDF board* dan siapan Nyatoo.

#### 3.3.2 Memutuskan Rekabentuk

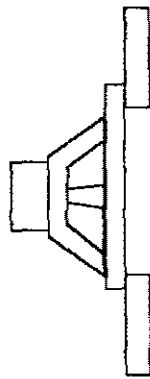
Dalam memutuskan rekabentuk terakhir keputusan dicapai untuk melaksanakan seperti rajah 3.3. Pemilihan dibuat dengan menggunakan *MDF board*. Bahan ini dipilih berdasarkan struktur bahan tersebut yang licin dan padu. Tidak merbahaya dan tidak mencemarkan alam sekitar maka ia sesuai untuk digunakan sebagai pengepong pembesar suara tersebut. Faktor-faktor lain juga diambil kira tentang kelebihan bahan ini seperti sebagai penebat arus, tidak berkarat, keras dan padu. Bahan ini dijadikan bahan binaan kerana ianya sangat mempengaruhi mutu dan kualiti bunyi.



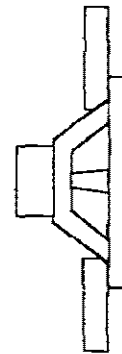
Rajah 3.3: Plan cadangan rekabentuk

### 3.3.3 Keadaan Luaran Rekabentuk

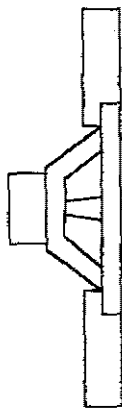
Keadaan rekabentuk boleh mempengaruhi prestasi hasil rekaan. Dalam mengatasi masalah pembelauan rekabentuk dibuat secara suku bulatan pada permukaan pepenjuru. Kesan pembelauan secara teorinya boleh memberi kesan pada pola pengarahannya. Kedudukan pemacu pada muka depan juga perlu di letakan pada kedudukan yang sesuai seperti dalam rajah 3.4.



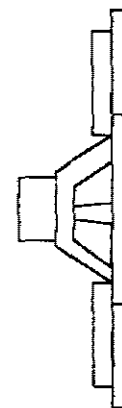
a. Kedudukan belakang



b.. Kedudukan hadapan



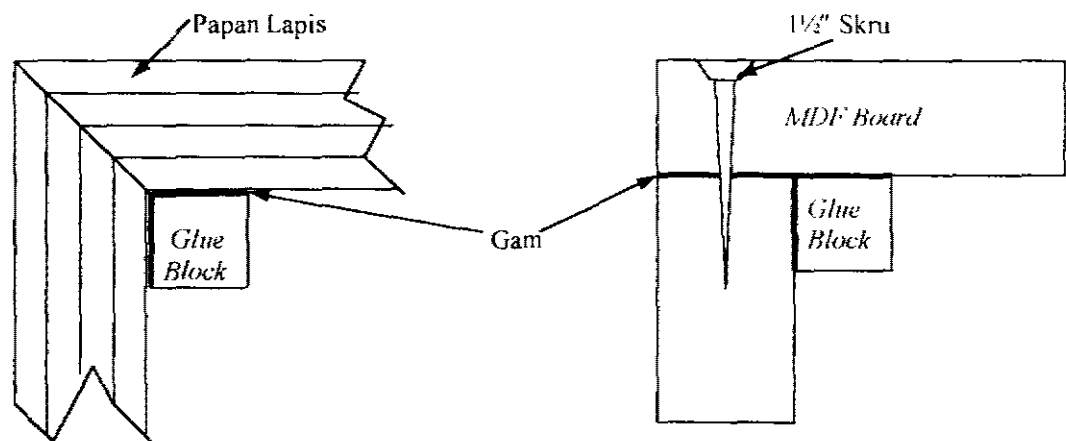
c. Kedudukan sama rata



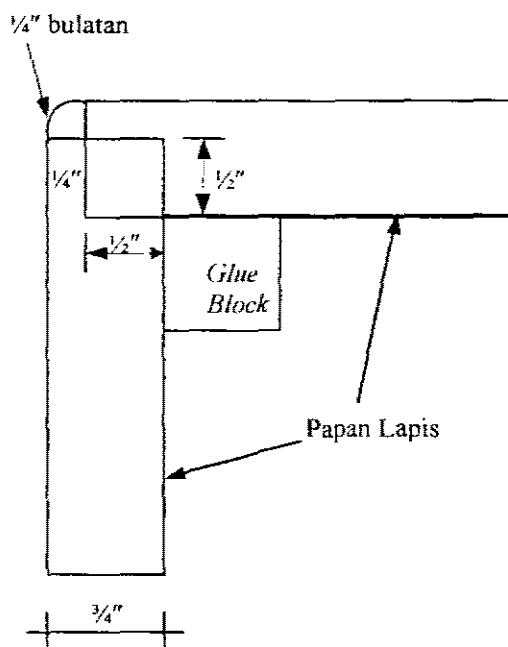
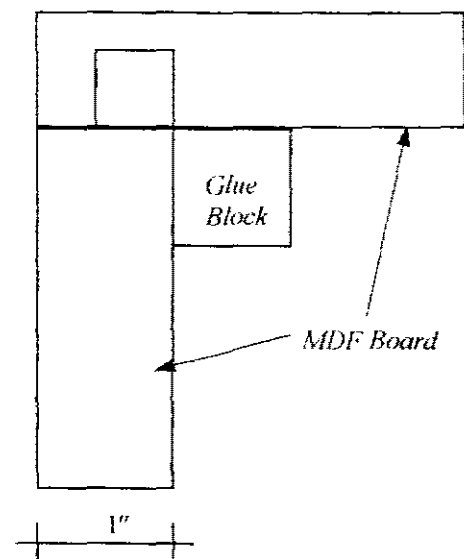
d. Kedudukan hadapan dengan panel tambahan

Rajah 3.4: Cara pemasangan pemacu, rajah c dan d diutamakan

Beberapa teknik rekabentuk perlu diambil perhatian dalam penyambungan. Ada pelbagai cara penyambungan yang boleh dibuat, ianya bergantung kepada kesesuaian bahan dan rekabentuk. Sebahagian dari cara penyambungan dapat digambarkan dalam rajah 3.5.



A. Sambungan Serong

B. Sambungan *Butt*C. Sambungan *Rabbet*

D. Sambungan Kunci Dalam

Rajah 3.5: Cara membuat penyambungan di bahagian pepenjuru

### **3.3.4 Keselamatan**

Sebagai seorang pereka, faktor keselamatan perlu diambil perhatian, bukan sahaja semasa perlaksanaan tetapi keselamatan hingga kepada pihak pengguna. Sebagai langkah awal keselamatan diambil semasa perlaksanaan. Dengan penggunaan mesin elektrik dan lain-lain, dedahan kepada kemalangan tetap ada, maka keselamatan perlu diutamakan.

### **3.3.5 Bahan Redaman**

Bahan redaman yang digunakan boleh menambahkan keberkesanan bunyi. Sejenis bahan gentian (polyester fiber) dimasukkan ke dalam paip Talian Penghantaran dengan jumlah tertentu mengikut pengiraan yang terdapat seperti Jadual 3.2. Kelajuan bunyi dalam bahan redaman boleh mempengaruhi mutu bunyi, dengan demikian keberkesanan mutu bunyi bergantung kepada jumlah bahan redaman ini.

### 3.4 Awalan Rekabentuk

Bahagian 3.4 menerangkan kaedah-kaedah dan aturan membentuk pembesar suara Talian Penghantaran dalam merangkumi penilaian pemacu dari ujian ke atasnya dan pengiraan secara matematik pembentukan sistem pembesar suara. Rekabentuk ini juga meliputi kepada lukisan model, langkah-langkah rekabentuk dan kos penggunaan bahan.

#### 3.4.1 Q Pemacu

Nilai Q adalah satu faktor salun pada mana-mana peranti yang ada salunan. Ini disebabkan kesan-kesan pemuat dan pearuh. Jumlah Q dalam pemacu atau dikenali sebagai  $Q_{ts}$  merupakan jumlah Q mekanik dan Q elektrik pemacu. Nilai Q yang besar pada pemacu menunjukkan nilai salunan yang tinggi berbanding pemacu yang mempunyai nilai Q yang kecil. Disamping itu saiz dan isipadu rekaan pengepong pembesar suara dapat ditentukan dengan berpandukan pada faktor Q ini. Nilai faktor Q adalah diantara 0.25 hingga 0.6.

Berpandukan pada Jadual 3.1, aturan mendapatkan nilai Q dimulakan dengan mengambil bacaan rintangan. Bacaan Rintangan Gelong ( $R_e$ ) pemacu bersamaan  $3.6\Omega$ . Ia dilakukan dengan mengambil bacaan dalam skala ohm dengan menggunakan meter analog atau digital.

Bacaan Galangan ( $Z_{max}$ ) bersamaan dengan  $48\Omega$ , diambil pada ketika salun dan bacaan galangan adalah berbeza-beza pada setiap frekuensi yang disebabkan kesan peraruh dan pemuat pada pemacu. Ujian pemacu memberikan frekuensi salun ( $f_s$ ) bersamaan dengan 80 Hz.



Nisbah galangan ( $Z_{max}$ ) dengan rintangan ( $R_e$ ) adalah bersamaan dengan membahagikan nilai galangan dengan nilai rintangan. Namakan sebagai ( $r_o$ ), dan punca purata kuasa dua ( $r_o$ ) bersamaan dengan 3.65.

$$\begin{aligned} r_o &= Z_{max} / R_e && \dots(3.1) \\ &= \frac{48 \Omega}{3.6 \Omega} \\ &= 13.33 \end{aligned}$$

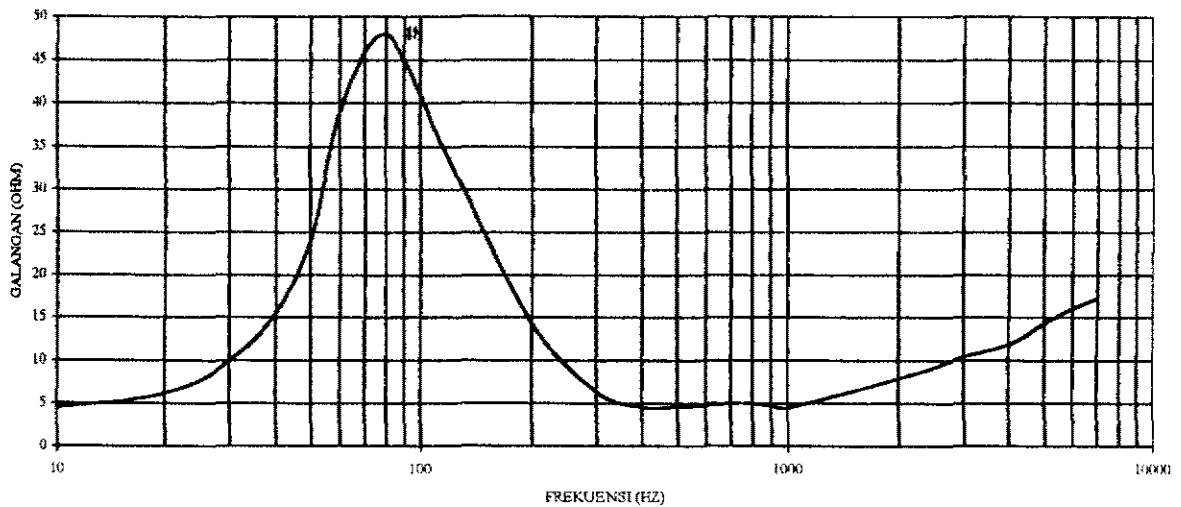
$$\begin{aligned} \text{Punca Purata Kuasa Dua } r_o &= \sqrt{13.33} \\ &= 3.65 \end{aligned}$$

Pengurangan nilai galangan didapati dengan mendarabkan nilai Rintangan ( $R_e$ ) dengan nilai Punca Kuasa Dua  $r_o$  iaitu

$$\begin{aligned} R1' &= R_e \times \sqrt{13.33} && \dots(3.2) \\ &= 3.6 \times 3.65 \\ &= 13.15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R1 &= Z_{max} - R1' && \dots(3.3) \\ &= 48 - 13.15 \\ &= 34.85 \Omega \end{aligned}$$

### UJIAN GALANGAN PEMACU



Rajah 3.6: Graf sambutan ujian galangan pemacu (ruang bebas)

Dengan merujuk pada graf sambutan galangan ruang bebas (rajah 3.6), pengurangan nilai galangan sebanyak  $13.15 \Omega$  memberikan nilai galangan untuk frekuensi atas ( $f_1$ ) dan frekuensi bawah ( $f_2$ ) sebanyak  $34.85 \Omega$ . Pengurangan ini dianggapkan dan dianggarkan juga bersamaan dengan bacaan nilai PMKD ( $0.707 Z_{max}$ ).

$$\text{Bacaan frekuensi bawah } (f_1) = 55.5 \text{ Hz}$$

$$\text{Bacaan frekuensi atas } (f_2) = 116.5 \text{ Hz}$$

Bagi tujuan penyemakan ketepatan bacaan  $f_s$ , penyelesaian dibuat melalui penyelesaian  $f_s = \sqrt{f_1 \times f_2}$ . Penyelesaian adalah hampir tepat dengan frekuensi salun dengan perbezaan sebanyak 1 Hz atau 2%.

$$\begin{aligned} f_s &= \sqrt{f_1 \times f_2} \quad \dots(3.4) \\ &= \sqrt{55.5 \times 116.5} \\ &= 80.41 \text{ hz} \end{aligned}$$

Perbezaan nilai  $f_s$  sebanyak 0.41 Hz dari  $f_s$  sebenar masih boleh diterima memandangkan had perbezaan bacaan adalah 1Hz.

Daripada beberapa penyelesaian, nilai Q dicari dengan mendapatkan nilai Q mekanikal ( $Q_{MS}$ ) terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 Q_{MS} &= \frac{f_s \times \sqrt{r_0}}{f_2 - f_1} && \dots(3.5) \\
 &= \frac{80 \times 3.65}{116.5 - 55.5} \\
 &= 4.79
 \end{aligned}$$

Q elektrik ( $Q_{ES}$ ),

$$\begin{aligned}
 Q_{ES} &= \frac{Q_{MS}}{R_0 - 1} && \dots(3.6) \\
 &= \frac{4.79}{13.33 - 1} \\
 &= 0.39
 \end{aligned}$$

Jumlah Q ( $Q_{TS}$ ),

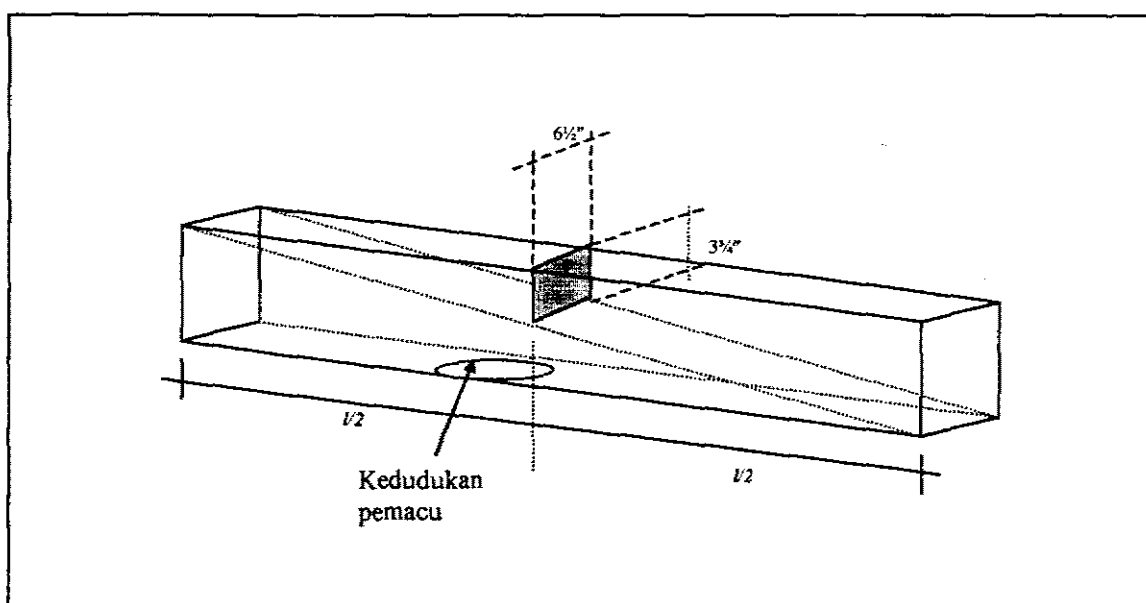
$$\begin{aligned}
 Q_{TS} &= \frac{Q_{ES} \times Q_{MS}}{Q_{ES} + Q_{MS}} && \dots(3.7) \\
 &= \frac{0.39 \times 4.79}{0.39 + 4.79} \\
 &= 0.35
 \end{aligned}$$

### 3.4.2 Teori Rekabentuk

Berdasarkan kepada rekaan Talian Penghantaran yang diputuskan, bentuk paip direka secara tirus dengan hujung paip mempunyai bukaan yang besar dan penamat yang kecil. Hujung penamat mempunyai keluasan 75% berbanding luas permukaan kun pemacu. Kedudukan pemacu dianggarkan berada ditengah-tengah paip seperti yang dinyatakan dalam tajuk 2.3.2

Secara praktikal proses rekabentuk dijalankan dengan satu matematik mudah yang hanya memerlukan satu mesin kira poket. Semasa pengiraan, berhati-hati dengan unit yang digunakan kerana ada sebahagian komponen mempunyai nilai yang tersendiri. Sebarang pertukaran unit piawai gunakan Jadual 3.3.

Luas permukaan paip yang berhampiran dengan pemacu bersamaan  $24.375 \text{ in}^2$  (ATL), ini ditunjukkan dalam rajah 3.7. Keluasan kun pemacu bersamaan dengan  $21.65 \text{ in}^2$  (Sa). Dianggarkan mempunyai nisbah 1 : 125 diantara luas kun pemacu dengan keluasan permukaan paip.



Rajah 3.7: Ukuran luas keratan rentas berhampiran pemacu

Dibawah tajuk 2.2 ada menerangkan diantara luas permukaan paip, panjang paip dan ketumpatan bahan redaman mempunyai hubungan diantara satu sama lain.

Rekabentuk dibahagikan kepada empat perkara utama untuk diselesaikan iaitu:

1. Ketumpatan penyumbat ( $D_s$ ) untuk sekaki padu.
2. Kelajuan bunyi dalam sekaki padu penyumbat.
3. Panjang Talian Penghantaran (TL) untuk  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang.
4. Jumlah bahan penyumbat untuk keseluruhan isipadu.

Bermula dengan mendapatkan ketumpatan penyumbat ( $D_s$ ). Persamaan kesan *Cockroft* (*Cockroft effect*) digunakan bagi tujuan penyelesaiannya dimana persamaan ini diberikan sebagai berikut,

$$D_s (lb / ft^3) = \sqrt{\frac{A_{TL} (in^2) \times Q_{TS}}{S_d (in^2)}} \quad \dots(3.8)$$

Persamaan ini membolehkan kita membuat sebarang ubahsuaian ke atas ciri-ciri panjang Talian Penghantaran dan ketumpatan bahan redaman dengan merujuk pada spesifikasi pemacu yang digunakan.

Berpandu kepada data-data pemacu iaitu frekuensi salun,  $Q_{TS}$ , luas permukaan kun pemacu ( $S_d$ ) dan keluasan permukaan paip maka dari persamaan kesan *Cockroft*, nilai  $D_s$  adalah

$$\begin{aligned} D_s &= \sqrt{\frac{24.375 \times 0.35}{21.64}} \quad \dots(3.9) \\ &= 0.628 \text{ lb / ft}^3 \end{aligned}$$

Peringkat kedua mendapatkan kelajuan bunyi melalui  $0.628 \text{ lb / ft}^3$  bahan penyumbat. Untuk penyelesaian, persamaan *Bradbury's* digunakan bagi mendapatkan kelajuan bunyi dalam bahan tersebut. Tandakan sebagai  $c'$ .

$$c' = \frac{1130}{\sqrt{\frac{1 + Ds (\text{lb / ft}^3)}{0.0745}}} \quad \dots(3.10)$$

Dimana, 1130 - Kelajuan bunyi dalam ruang bebas (kaki/saat)

0.0745 - Ketumpatan udara pada aras laut (72°F)

$c'$  - Kelajuan bunyi dalam bahan gentian (kaki/saat)

Dengan masukkan nilai 0.628 (Ds) dalam persamaan *Bradbury* maka,

$$c' = \frac{1130}{\sqrt{\frac{1 + 0.628}{0.0745}}} \quad \dots(3.11)$$

$$= 368 \text{ kaki/saat}$$

Peringkat ketiga mendapatkan panjang Talian Penghantaran (TLt.) yang bersamaan dengan  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang akustik pada frekuensi salun pemacu. Panjang Talian Penghantaran dikira daripada belakang pemacu hingga keujung penamat. Untuk mendapatkan panjang talian ini, bahagikan  $c'$  dengan Frekuensi salun (fs) dan darab kesemuanya dengan 9 bagi mendapatkan panjang dalam inci.

$$\begin{aligned}
 T_{L1} &= \frac{c' \text{ (kaki/saat)} \times \frac{1}{4} \times 12 \times 3}{f_s \text{ (hz)}} \dots(3.12) \\
 &= \frac{368 \text{ (kaki/saat)} \times 9}{80} \\
 &= 42 \text{ inci}
 \end{aligned}$$

Peringkat keempat mendapatkan isipadu bahan redaman dalam paip ( $V_b$ ) iaitu  $A_{TL} \times T_{L1}$ . Purata isipadu adalah bersamaan dengan  $1023.75 \text{ in}^3$ . Untuk mendapatkan bacaan dalam kaki padu, Bahagikan  $1023.75$  dengan  $1728$ .

$$\begin{aligned}
 V_b \text{ (ft}^3\text{)} &= \frac{24.375 \times 42}{1728} \dots(3.13) \\
 &= 0.59 \text{ (ft}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

Akhir sekali, jumlah bahan redaman untuk  $0.59$  kaki padu adalah bersamaan dengan

$$\begin{aligned}
 A_{MT_s} \text{ (lb)} &= V_b \text{ (ft}^3\text{)} \times D_s \text{ (lb / ft}^3\text{)} \dots(3.14) \\
 &= 0.59 \times 0.628 \\
 &= 0.37 \text{ lb} \\
 &= 5.93 \text{ oz}
 \end{aligned}$$

Jumlah bahan penyumbat sebanyak  $5.93 \text{ oz}$  ini adalah untuk bahagian paip sepanjang  $42$  inci sahaja . Di atas bahagian yang tidak termasuk dalam pengiraan hanya perlu diisi dengan jumlah penyumbat yang mempunyai ketumpatan bersamaan  $0.628 \text{ lb/ft}^3$  juga.

### 3.5 Kertas Kerja Talian Penghantaran

Untuk memudahkan kertas kerja dibuat secara manual, Jadual 3.1 dan Jadual 3.2 disediakan sebagai garis panduan. Jadual tersebut mengandungi kesemua persamaan dalam tajuk 3.4.1 dan 3.4.2. bagi penyelesaian secara matematik.

### 3.6 Kertas Kerja Melalui Perisian

Penyelesaian matematik mudah ini ada dibuat dengan menggunakan perisian *Lotus 123 Spreadsheet*. Ini bermakna penggunaan kepada kerja-kerja berasaskan teknologi maklumat dapat dilaksanakan. Melalui perisian dibawah tajuk fail Q&ETLD.WK1, pereka hanya perlu memasukkan nama model pemacu, nilai  $f_s$ ,  $Q_{TS}$ ,  $S_d$  dan  $A_{TL}$ . Penyelesaian dibuat oleh perisian dengan memberikan nilai  $D_s$ ,  $c'$ ,  $T_{L1}$  untuk  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang,  $V_b$  dan  $A_{MT}$ . Menggunakan perisian *Lotus 123 spreadsheet* ini dapat memudahkan pereka mengubah suai dengan segera bentuk rekaan yang hendak dibuat. Kertas kerja bagi projek ini seperti di Jadual 3.4.

Perisian juga disediakan dengan penyelesaian mendapatkan frekuensi potong rendah ( $f_3$ ). Nilai  $f_3$  secara umumnya diantara 5% hingga 10% lebih tinggi daripada  $f_s$  dalam  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang. Dari pemacu yang diuji memberikan  $f_3$  bersamaan 88 Hz.

Selain dari itu perisian TLINEA.EXE yang ditulis oleh *William Horn of Porter* dan boleh dijalankan dengan komputer IBM dapat juga digunakan sebagai menyelesaikan masalah matematik pada rekaan pereka. Masukan sahaja nilai-nilai  $f_s$ ,  $Q_{TS}$ ,  $S_d$ , dan  $A_{TL}$  dalam perisian ini. Perisian akan membuat penyelesaian dengan memberikan 16 perbezaan bacaan panjang Talian Penghantaran. Contoh keputusan perisian dipaparkan pada rajah 3.8.



The screenshot shows the TLINEA software window with a table of design parameters. The table has 7 columns: FS, QTS, SD, F3, DRIVER, TLL, and AMT. The values are listed for various iterations from 1.127 to 1.800. A legend at the bottom indicates that the <F5> key is used to change the STEP parameter.

FS	QTS	SD	F3	DRIVER	TLL	AMT
26.00	0.350	21.62	28.60	Dual cone		
ATL/SD RATIO	ATL IN <sup>2</sup>	DS LBS/CUFT	C' FT/SEC	VB IN	VB CUFT	AMT OUNCES
1.127	24.37	0.628	367.9	42.45	0.538	6.019
1.173	25.37	0.640	364.6	42.07	0.617	6.335
1.219	26.37	0.653	361.5	41.71	0.636	6.656
1.265	27.37	0.665	358.2	41.36	0.655	6.979
1.312	28.37	0.677	355.6	41.03	0.673	7.306
1.358	29.37	0.689	352.8	40.71	0.692	7.636
1.404	30.37	0.701	350.2	40.40	0.710	7.969
1.450	31.37	0.712	347.6	40.11	0.728	8.304
1.497	32.37	0.723	345.1	39.82	0.746	8.643
1.543	33.37	0.735	342.8	39.55	0.764	8.985
1.589	34.37	0.745	340.5	39.29	0.781	9.329
1.635	35.37	0.756	338.3	39.03	0.799	9.675
1.682	36.37	0.767	336.2	38.79	0.816	10.02
1.728	37.37	0.777	334.1	38.55	0.833	10.37
1.774	38.37	0.788	332.0	38.31	0.850	10.72
1.820	39.37	0.798	330.1	38.09	0.867	11.08

Press -> <F1> <F2> <F3> <F4> <F5> <F6> <F7> <F8> <F9/F10>  
Change -> ATL FS SD QTS STEP DRIVER HELP EDIT COLOR

Rajah 3.8: Contoh paparan perisian TLINEA.EXE

Jika pereka memerlukan bacaan dengan bezaan sebanyak 2 gunakan butang <F5>. Untuk langkauan 2 inci setalian gunakan butang <F5> dan masukkan angka 2 kemudian tekan butang *Enter*. Pereka akan mendapat 16 keputusan penyelesaian pengiraan dimana setiap satu bezanya 2 in<sup>2</sup>.

Pereka juga boleh mendapat satu nilai nisbah diantara luas permukaan pemacu dengan luas keratan rentas Talian Penghantaran (ATL/Sd). Nisbah ini diberikan sehingga 2.5.

Sebagai catatan, nisbah diantara ATL/Sd yang menghampiri 1 : 1 boleh membuatkan bunyi "*lean and mean*". Berbanding dengan nisbah 1 : 2.5 yang menghasilkan bunyi "*tubby*" dan tidak digalakkan untuk rekaan.

### **3.7 Aturan Rekabentuk**

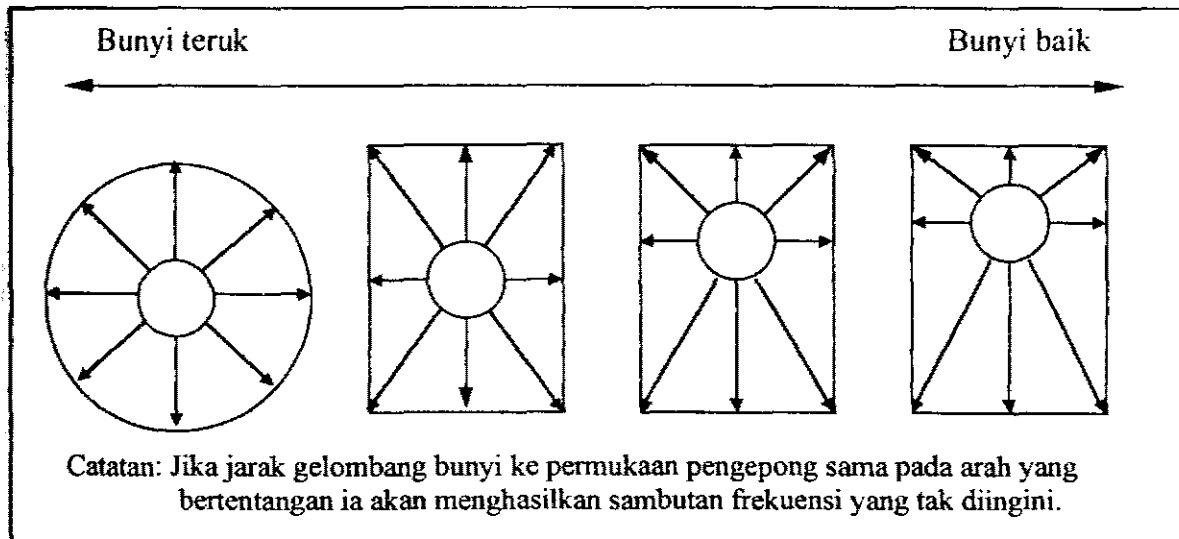
Sebagaimana yang telah dibincangkan diawal bab mengenai sistem pembesar suara, secara keseluruhannya rekaan pembesar suara Talian Penghantaran adalah gabungan sebahagian daripada jenis-jenis pembesar suara yang lain. Kelemahan pembesar suara jenis yang berlainan bukanlah satu alasan yang boleh memburukannya tetapi merupakan satu sebab supaya dapat mereka pembesar suara dengan tujuan mengatasinya.

Rekaan yang dicipta ini berdasarkan pernyataan masalah dan rekaan yang bagaimana pula yang mempunyai bentuk yang sesuai. Daripada kajian awal, banyak rupa bentuk Talian Penghantaran, tetapi dalam rekaan ini mengambil kira pada satu rekaan sahaja. Teori-teori yang dibincangkan dalam bab awal adalah merujuk kepada rekaan seperti dalam rajah 2.4d. Rekabentuk lain pada asasnya mempunyai konsep yang sama dan tiada banyak perbezaan dari segi teorinya walaupun mempunyai bentuk yang berbeza-beza.

Merujuk daripada tajuk 2.3.2, di atas kajian secara asas, tujuan bentuk menirus ini dipilih sebahagiannya bagi mengatasi masalah kelajuan bunyi dan hubungannya dengan tekanan. Sehubungan dengan konsep ini, saluran yang berbeza-beza disepanjang paip boleh didapati dan berupaya memberikan kesan yang lebih baik dalam sambutan frekuensi.

#### **3.7.1 Kedudukan Pemacu.**

Pemasangan pemacu tidak seharusnya diletakkan disebarkan kedudukan pada pengepong. Bagi menjamin mutu bunyi yang dihasilkan dan sekiranya mempunyai pilihan untuk meletakkan pemacu, kedudukan pemacu adalah lebih baik berada pada kurang dari  $\frac{1}{2}$  ketinggian permukaan hadapan pengepong seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.9



Rajah 3.9 : Kesan kedudukan pemacu pada bahagian yang berbeza.

Secara teori situasi paling teruk berlaku pada pemacu yang berada ditengah-tengah. Pada rupa bentuk pembesar suara yang kelihatan tinggi dan kedudukan pemacu dibayangkan berada pada kedudukan kurang dari  $\frac{1}{2}$  berupaya memberikan sambutan frekuensi yang lebih baik pada frekuensi tinggi.

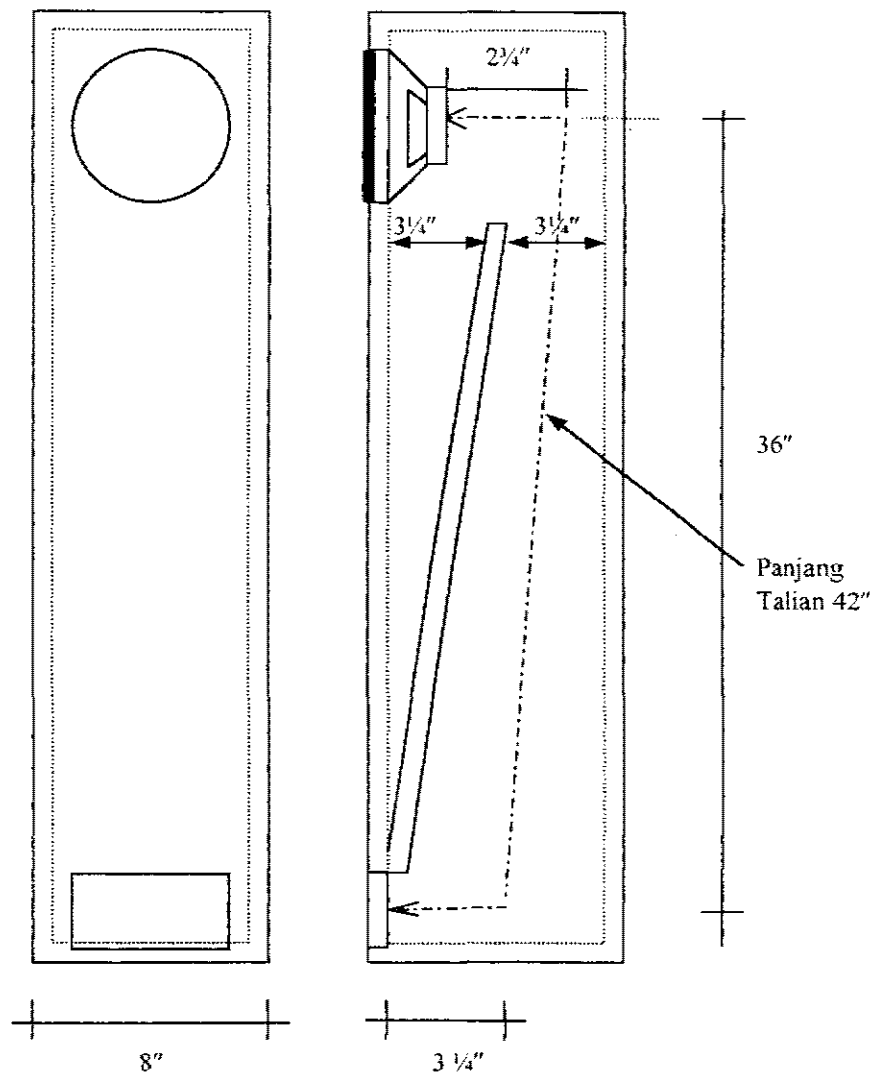
### 3.7.2 Pemasangan Pemacu

Bentuk-bentuk pembesar suara moden banyak direka dengan pemasangan pemacu daripada hadapan pengepong. Ini bertujuan pemacu mudah diganti apabila berlaku kerosakan sebagai langkah penjimatan daripada membina semula pengepong. Sebagai menggantikan pemacu yang rosak, diingatkan supaya menggantikannya dengan model yang sama atau sekurang-kurangnya spesifikasi pemacu yang hampir serupa diantaranya nilai  $f_s$  dan  $Q_{ts}$ .

Cara pemasangan pemacu juga mempengaruhi mutu bunyi yang dikeluarkan. Dari beberapa cara pemasangan pemacu seperti rajah 3.4, cara b yang diputuskan untuk dilaksanakan walaupun cara c dan d lebih diutamakan. Ini mengikut kesesuaian bahan yang digunakan.

### 3.7.3 Ukuran Panjang Talian Penghantaran

Kedudukan pemacu dilihat berada di tengah-tengah Talian Penghantaran ( $//2$ ). Ini seolah-olah pemacu tersebut berada di hujung paip dan keadaan paip seakan-akan dilipat kepada dua bahagian dengan kepanjangan yang telah dibahagi dua. Panjang (TLI) adalah bermula daripada belakang pemacu hingga kepenamat seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.10.

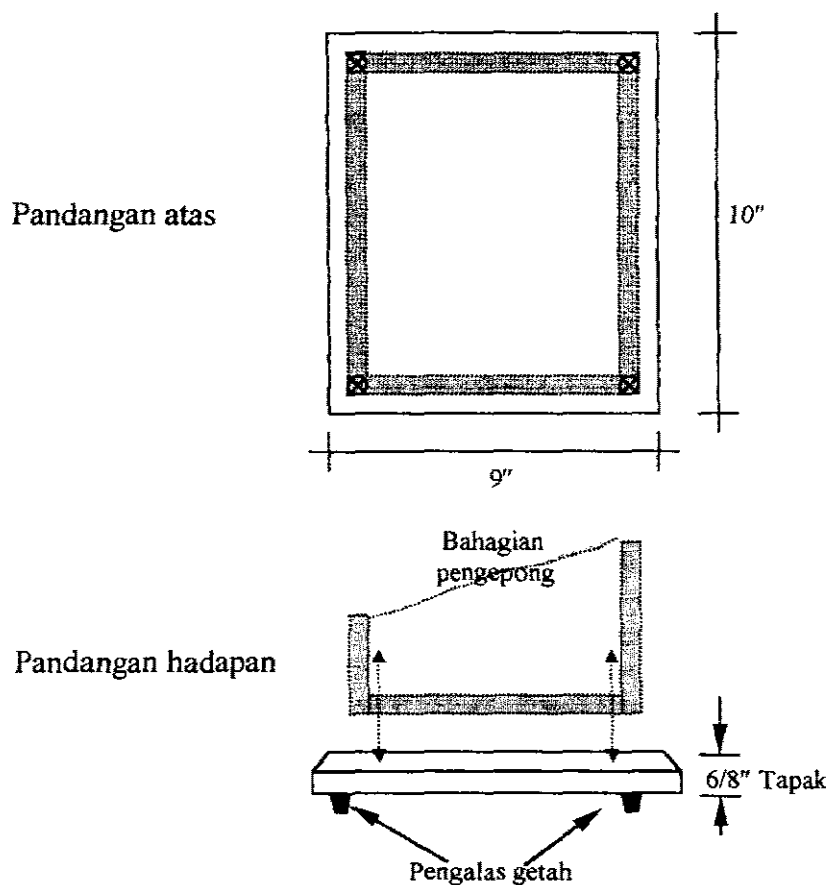


Rajah 3.10 : Jarak panjang talian

### 3.7.4 Tapak Pembesar Suara

Memandangkan rekabentuk pembesar suara lebih tinggi daripada lebar dan kedudukan pemacu berada pada aras yang tinggi daripada permukaan lantai maka penyokong ketinggian tidak perlu digunakan berbanding pembesar suara yang mempunyai rupabentuk yang rendah seperti jenis kotak tertutup ataupun kotak berliang. Kebaikan yang didapati, kedudukan pemacu dianggarkan berada sama aras dengan telinga walaupun dalam keadaan duduk atau berdiri.

Sehubungan dengan ini bahagian tapak pembesar suara hanya dibina dengan mengadakan empat kaki menggunakan getah seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.11. Keadaan tapak yang kelihatan tinggi sedikit daripada permukaan lantai membuatkan pergerakan udara adalah bebas dibahagian bawah.



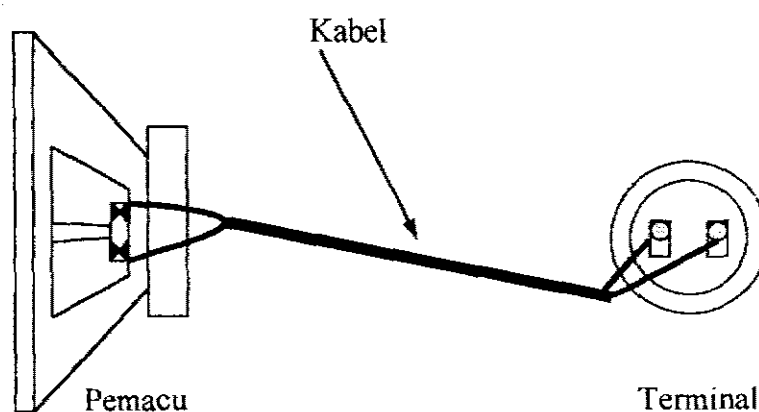
Rajah 3.11 : Plan bahagian tapak

### 3.7.5 Kabel Pemacu Dan Penyambungan

Sekiranya belanjawan terhad, dan terfikir menggunakan harga kabel yang rendah, memadai dengan menggunakan kabel seperti kabel lampu dengan saiz 18 *gauge*. Jangan gunakan kabel yang lama dan telah teroksid. Kabel “*oxygen-free*” boleh juga digunakan tetapi harga hendaklah berpatutan. Kepingan kabel perlu sama untuk sepasang pembesar suara.

Penggunaan pancy kabel adalah lebih baik tetapi ianya agak mahal dan menjadi masalah kepada pendengar. Maka sebelum berbelanja fikirkan tentang belanjawan yang diperlukan.

Penyambungan kabel dengan pemacu hendaklah dibuat sebaik mungkin. Ada bermacam-macam bahan yang boleh digunakan untuk penyambungan. Cara penyambungan disini menggunakan kabel *lug* pada pemacu dan “*push-on connector*” pada terminal. Penyambungan kabel ditunjukkan dalam rajah 3.12.



Rajah 3.12: Penyambungan kabel dengan pemacu

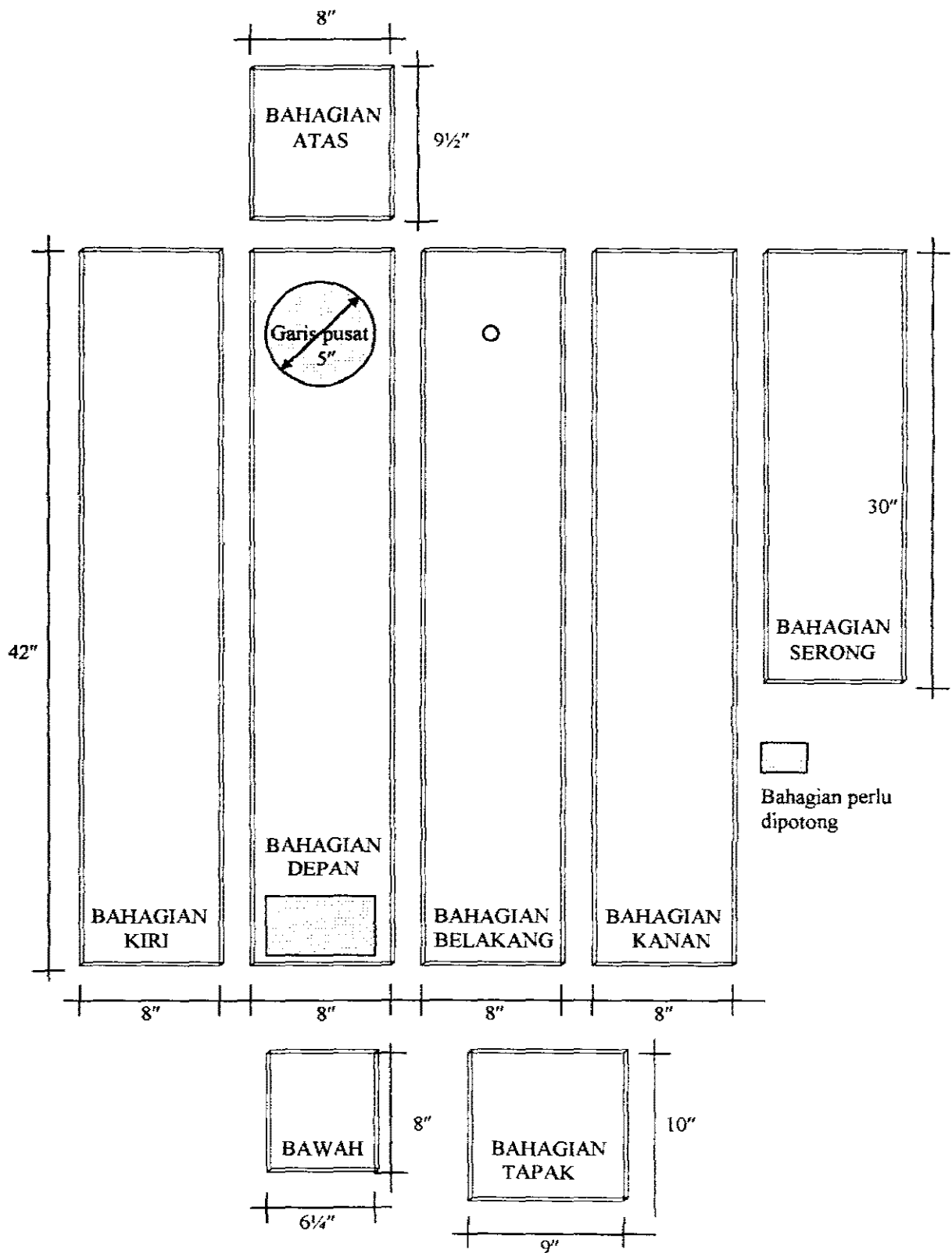
### 3.8 Pemotongan Bahagian Pengepong.

Pemilihan bahan menggunakan *MDF board* adalah cara yang paling mudah untuk menjalankan proses penyantuman. Disamping kualiti bahan yang baik untuk pembesar suara dengan ketebalan yang sesuai, ini memudahkan untuk proses pengukuran sebagai persediaan untuk dipotong kepada bahagian-bahagian tertentu.

Dengan merujuk kepada plan rekabentuk, pemotongan kepada keseluruhan bahagian digambarkan dalam rajah 3.13. Dua bahagian perlu dibuat pemotongan secara bulatan dan segiempat tepat. Bahagian bulatan dengan garispusat  $5\frac{1}{4}$ " dan  $1\frac{1}{4}$ " diperlukan untuk bahagian pemacu dan terminal penyambungan. Sementara bahagian segiempat tepat dikhaskan sebagai bukaan penamat. Kesemua bahagian hendaklah dipotong mengikut rajah 3.14 dan tandakan bahagian-bahagiannya sebagai langkah mengelakkannya dari terkeliru kemudian nanti.



Rajah 3.13: Bahagian pengepong yang telah dipotong



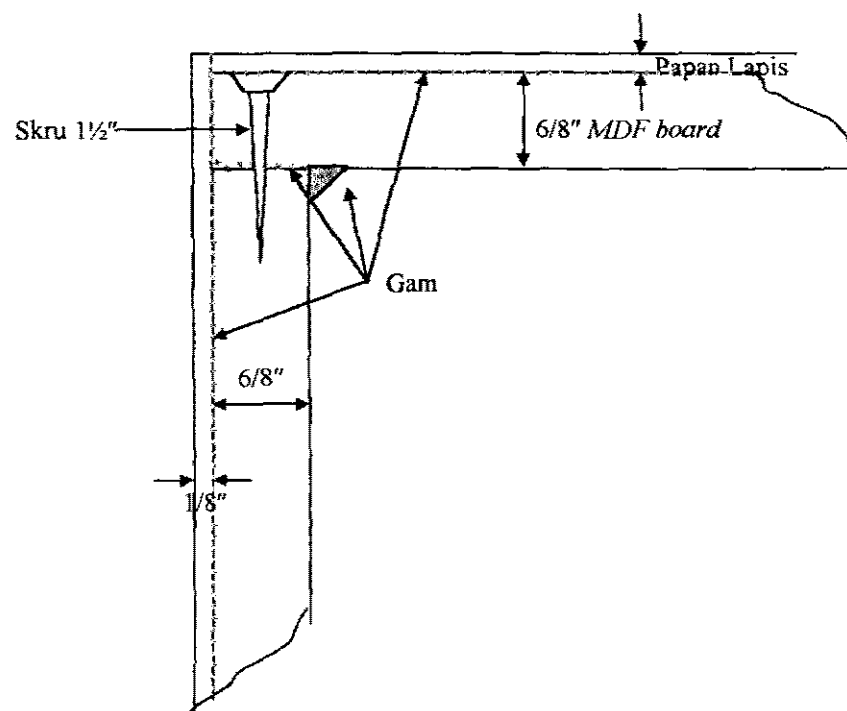
Rajah 3.14: Potongan bahan bahagian-bahagian utama



### 3.9 Proses Penyantuman

Proses penyantuman panel pengepong ada berbagai cara. Ini bergantung pada kesesuaian bahan. Sebarang perubahan boleh dibuat berdasarkan pada rajah 3.5. Sebarang pembentukkan dalaman, pastikan tidak banyak merubah isipadu pengepong.

Bahagian penyantuman di penjuru dibuat secara gambarajah 5.15. Keseluruhan bahagian penyantuman disambung dengan menggunakan gam serbaguna yang banyak didapati di kedai-kedai dan disokong dengan penggunaan skru dan paku. Disamping menggunakan papan lapis setebal 1/8" sebagai bahan siapan ianya juga digunakan sebagai penahan dari kesan kebocoran udara.



Rajah 5.15: Kaedah penyambungan bahagian pepenjuru

### 3.9.1 Peringkat Pertama

Aturan pertama dimulakan dengan membuat penyantuman bahagian serong. Pemasangan skru dan gam dibuat pada bahagian pertemuan antara dua satah. Kerja-kerja penyantuman ini ditunjukkan pada rajah 3.16



Rajah 3.16: Kerja penyantuman bahagian serong

Keduanya: Jadikan pengepong pembesar suara sebagai kedap udara. Walaupun hanya sedikit sahaja terdapat kebocoran pada penyantuman, ini membolehkan udara keluar dan masuk dan menyebabkan gangguan pada prestasinya. Kebocoran udara boleh mengganggu beban *woofer*, menambahkan herotan dan menghadkan kebolehan kuasa keluaran. Cara terbaik mengatasi masalah ini dengan menggunakan gam pada setiap tempat penyantuman. Kerja-kerja ini ditunjukkan pada rajah 3.17.



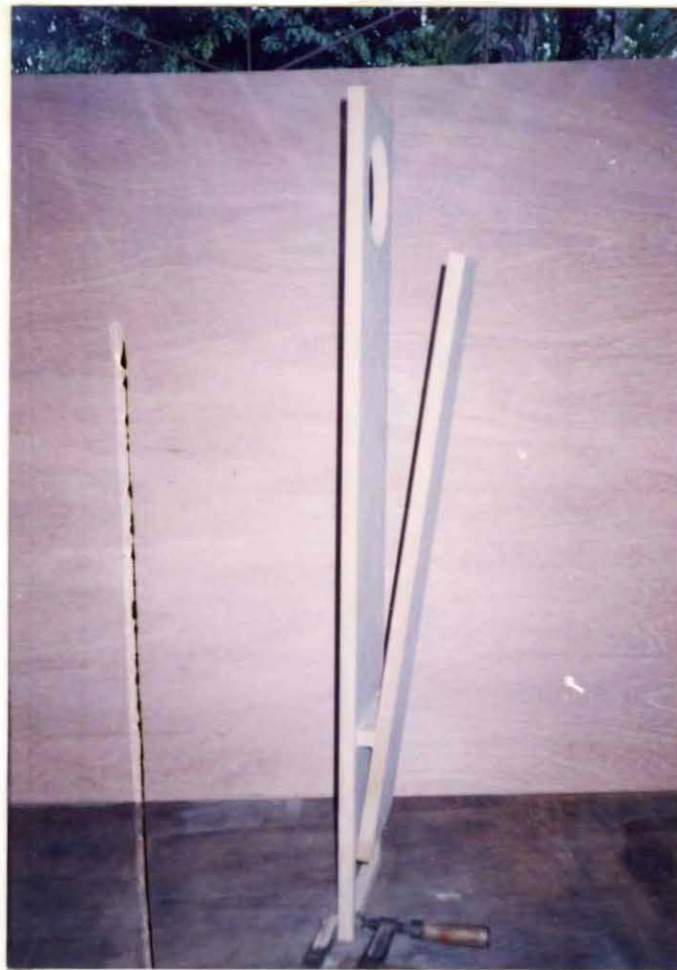
Rajah 3.17: Kerja-kerja sapuan gam untuk cantuman

Ketiga: Pastikan bahagian penyantuman bebas dari getaran. Untuk menambahkan lagi kekukuhan ditempat-tempat sambungan bukan hanya menggunakan gam tetapi disokong dengan penggunaan skru dan paku seperti rajah 3.18.



Rajah 3.18: Kerja-kerja pemasangan skru di bahagian cantuman

Proses cantuman bahagian-bahagian pengepong yang dimulakan dengan cantuman bahagian serong ditunjukkan dalam rajah 3.19 hingga ke bahagian yang telah siap dicantumkan sebelum siapan seperti rajah 3.22.



Rajah 3.19: Bahagian serong yang telah dicantumkan



Selesai mencantumkan bagian serong, proses selanjutnya mencantumkan bagian sisi kiri pengepong. Keadaan cantuman yang siap ditunjukkan pada rajah 3.20.



Rajah 3.20: Bahagian sisi kiri yang telah dicantumkan

Selesai cantuman bahagian sisi kiri, cantuman seterusnya pada bahagian belakang. Cantuman yang telah siap ditunjukkan pada rajah 3.21.



Rajah 3.21: Cantuman bahagian belakang

Cantuman terakhir dibuat pada bahagian belakang, atas dan bawah. Bentuk keseluruhan pengepong yang telah siap dicantumkan ditunjukkan pada rajah 3.22. Keadaan asas pengepong sebelum siapan.



Rajah 3.22: Bentuk asas pengepong yang telah siap



### 3.9.2 Peringkat Kedua

Proses siapan terakhir bergantung kepada kehendak individu dengan rupa bentuk siapan yang menarik dipandang oleh sesiapa jua. Proses pertama siapan dimulakan menampal setiap permukaan dengan papan lapis. Proses melekatkan papan lapis menggunakan gam Dunlop. Kerja-kerja ini digambarkan dalam rajah 3.23 dan rajah 3.24.



Rajah 3.23: Kerja-kerja menyapu gam



Rajah 3.24: Kerja-kerja penampal papan lapis

Proses siapan diteruskan dengan menggosok keseluruhan permukaan dengan menggunakan kertas pasir bersaiz '00' sehingga permukaan menjadi licin dan bersih dari sebarang serabut seperti rajah 3.25.



Rajah 3.25: Kerja-kerja menggosok permukaan menggunakan kertas pasir

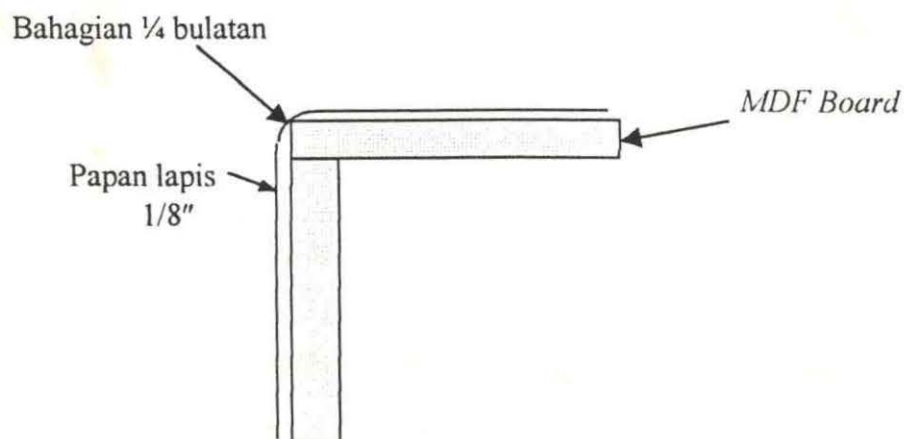


### 3.9.3 Peringkat Ketiga

Belauan adalah satu keadaan dimana laluan gelombang bunyi dibias oleh sesuatu bahan. Penyambungan pepenjuru pembesar suara dibentukkan dengan  $\frac{1}{4}$  bulatan. Ini bertujuan mengatasi masalah pembelauan dari memberi kesan pada pola pengarahannya. Kerja membentuk  $\frac{1}{4}$  bulatan ini ditunjukkan pada rajah 3.26 dan bentuk yang dihasil seperti dirajah 3.27. Suku bulatan ini dibuat pada bahagian hadapan kiri dan kanan serta bahagian atas sahaja.



Rajah 3.26: Proses membentuk pepenjuru  $\frac{1}{4}$  bulatan



Rajah 3.27 : Bahagian  $\frac{1}{4}$  bulatan

### 3.9.4 Peringkat Keempat

Sapuan sampang dengan menggunakan berus halus dibuat setelah keseluruhan permukaan dihaluskan. Proses sapuan sampang ditunjukkan seperti rajah 3.28. Elakkan sapuan berulang-ulang ditempat yang sama sebelum permukaan tersebut kering. Cara terbaik, lakukan sapuan pada keseluruhan permukaan dan biarkan selama beberapa minit atau sehingga permukaan menjadi kering.



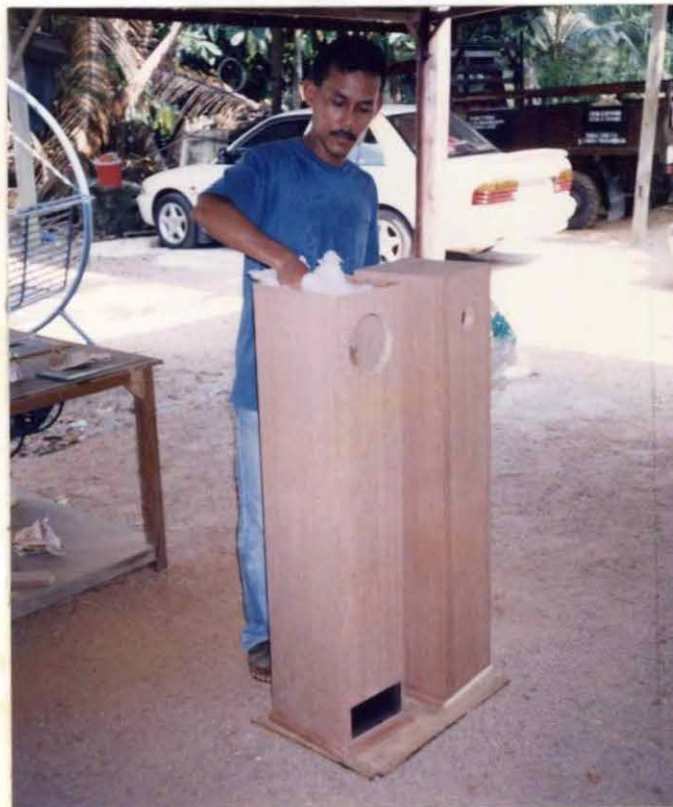
Rajah 3.28: Kerja-kerja menyapu sampang

Gunakan kertas pasir dan gosok semula permukaan yang telah disapu dengan sampang hingga terasa kelicinannya. Proses ini hendaklah diulang sehingga mendapat tiga atau empat lapisan.

Selesai menjalankan sapuan sampang, tindakan selanjutnya sebagai proses terakhir. Bagi memperlihatkan permukaan nampak bersinar, gunakan pencair *varnish* atau *lacquer* dan sapukan dipermukaan dengan sekali sapuan sahaja. Biarkan terdedah kepada udara kering untuk beberapa jam bagi menjamin kesinarannya terserlah.

### 3.9.5 Peringkat Kelima

Mengisi bahan redaman. Pembesar suara tanpa bahan redaman yang cukup membolehkan keluaran bunyi agak tinggi walaupun pada *volume* yang rendah. Bahan redaman dari jenis *Polyester fiber* adalah sesuai sebagai bahan penyerap bunyi dibelakang kun pemacu. Bahan redaman dengan sukatan yang memenuhi keperluannya dimasukkan ke dalam pengepong (rajah 3.29) sebelum bahagian terakhir permukaan atas ditutup..



Rajah 3.29: Kerja-kerja memasukkan bahan redaman



### 3.9.6 Peringkat Keenam

Pemasangan pemacu dan terminal. Sebagaimana yang telah dibincangkan dalam tajuk 3.3.3. Pemasangan pemacu dibuat menggunakan kaedah seperti rajah 3.4b. Pemasangan pemacu pada panel pengepong menggunakan enam batang skru bagi mengelakkan sebarang kebocoran berhampiran pemacu. Pemasangan pemacu pada pengepong yang telah siap dibina ditunjukkan pada rajah 3.30.



Rajah 3.30: Rekabentuk Pembesar suara yang telah siap dibina.

### 3.10 Kos Bahan Dan Kos Kerja

Berikut adalah bahan-bahan keperluan dalam pembuatan pembesar suara

Talian Penghantaran. Terbahagi kepada beberapa bahagian.

#### A. Perbelanjaan untuk keperluan pengepong

	<u>Nama bahan</u>	<u>Kuantiti</u>	<u>Harga</u>
1.	MDF Board (6/8" x 4' x 8')	1 keping	Rm95.00
2.	Papan lapis (1/8" x 4' x 8')	1 keping	Rm30.00
3.	Kulit kayu nyatoo (2" x 8')	1 keping	Rm 3.00
4.	Gam Dunlop	1 liter	Rm 3.50
5.	Gam polistyrin serbaguna	200 mililiter	Rm 2.50
6.	Paku 1½"	200 gram	Rm 1.50
7.	Skru kayu 1½"	50 batang	Rm 4.00
8.	Sampang	200 gram	Rm 1.40
9.	Pencair sampang	1 liter	Rm 3.00
10.	Laquer	250 mililiter	Rm 2.50
11.	Pencair laquer	1 liter	Rm 4.00
12.	Kertas pasir saiz '00'	2 keping	Rm 0.40
13.	Getah alas	8 unit	Rm 2.00
		Jumlah	<u>Rm 152.80</u>

**B. Perbelanjaan untuk keperluan pemacu**

	<u>Nama bahan</u>	<u>Kuantiti</u>	<u>Harga</u>
1.	Pemacu 6" x 4"	2 unit	Rm 65.00
2.	Terminal pemacu	2 unit	Rm 3.00
3.	Grill pemacu	2 unit	Rm 3.00
4.	<i>Polyester Silicon fiber</i>	12 oz	Rm 10.00
5.	Skru ¾"	16 batang	Rm 0.50
			<u>Rm 81.50</u>

**C. Kos kerja (8 jam x 2 hari) 16 jam Rm 80.00**

**D. Jumlah besar untuk sepasang Rm 314.30**

**Harga bagi seunit pembesar suara Rm 157.15**



## BAB 4

### KEPUTUSAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

#### 4.1 Pengenalan

Dalam menentukan prestasi sesuatu rekaan adalah perlu melalui beberapa ujian yang difikirkan perlu. Prestasi rekaan bergantung kepada keberkesanannya semasa ujian. Ujian pembesar suara Talian Penghantaran secara objektifnya dilakukan di makmal dengan merangkumi pengukuran ke atas beberapa bahagian seperti berikut:

- (i) Sambutan galangan.
- (ii) Sambutan frekuensi.
- (iii) Pola pengarah.

Secara subjektif, ujian pengukuran meliputi ujian pendengaran dalam keadaan yang difikirkan sesuai tanpa melibatkan ujian di makmal. Ini mungkin dapat dibuat di tempat-tempat ramai, pada alatan muzik dan sebagainya. Pembesar suara walaupun diuji dengan pelbagai alatuji, prestasi terakhirnya perlu dinilai dengan telinga kita sendiri.

Umumnya prestasi pembesar suara tidak perlu melalui banyak ujian tetapi memadai dengan ujian seperti galangan, pola pengarah dan sambutan frekuensi. Maklumat ujian ini sudah memadai untuk diterima sebagai panduan kegunaannya.

## **4.2 Ujian Galangan**

Galangan pemacu merupakan kesan kombinasi rintangan, aruhan dan kemuatan dalam menentang pengaliran arus dan voltan. Galangan berubah mengikut frekuensi isyarat yang dikenakan. Ujian galangan ke atas pemacu dilakukan berdasarkan beberapa tujuan, diantaranya bagi menentukan penyambungan pembesar suara dengan penguat untuk kesepadanan diantaranya dan penentuan prestasi pemacu yang ideal.

Bacaan galangan juga diperlukan bagi menentukan nilai  $Q_{TS}$ . Sesuatu pemacu samada sesuai atau tidak digunakan dalam rekaan pembesar suara Talian Penghantaran bergantung pada nilai  $Q_{TS}$ . Ujian galangan projek ini dijalankan dengan beberapa cara sebagaimana yang akan diterangkan seterusnya.

### **4.2.1 Keadaan Ujian Galangan**

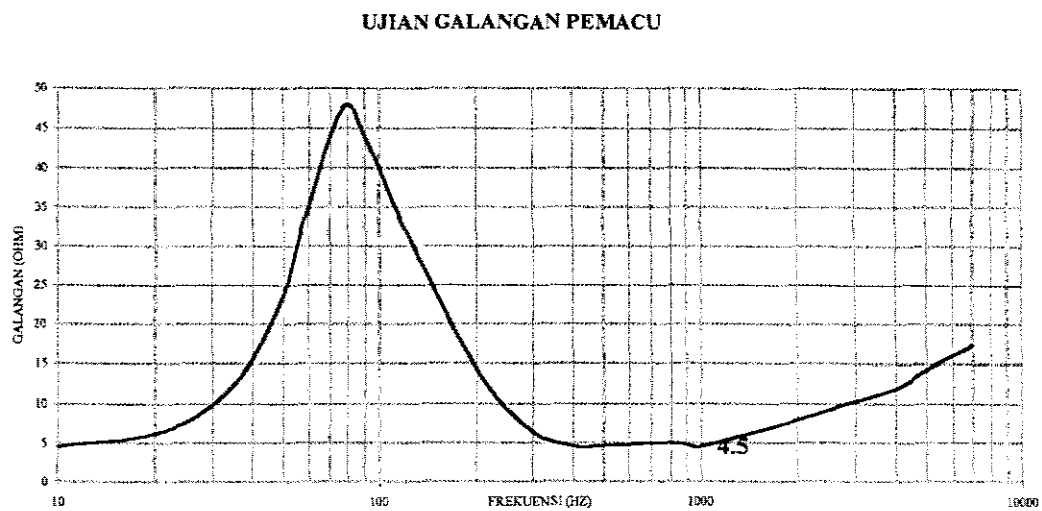
Ujian galangan dibuat dalam tiga keadaan. Pertama, ujian dalam keadaan ruang bebas. Keputusan ujian ditunjukkan dalam rajah 4.1. Keputusan ujian ini digunakan bagi mendapatkan nilai  $Q_{TS}$  yang diperlukan sebagaimana diterangkan dalam tajuk 3.4.1.

Ujian galangan kedua dibuat dalam keadaan pembesar suara tiada diisi dengan bahan redaman dan ujian ketiga dibuat dengan memasukkan bahan redaman ke dalam pengepong. Ujian kedua dan ketiga dibuat berasingan dengan tujuan perbandingan dalam mengkaji hubungan diantara galangan dan kesan penggunaan bahan redaman.

### 4.3 Keputusan Ujian Galangan

Keputusan ujian galangan pemacu di ruang bebas ditunjukkan pada rajah 4.1. Analisis pada graf menunjukkan frekuensi salun berlaku pada 80 Hz dengan memberikan nilai galangan sebanyak 48  $\Omega$ . Nilai galangan 34  $\Omega$  daripada nilai 0.707  $Z_{max}$  memberikan bacaan frekuensi atas 116 Hz dan frekuensi bawah 55 Hz.

Jadual keputusan bacaan ujian galangan pemacu dicatatkan dalam Jadual 4.1.

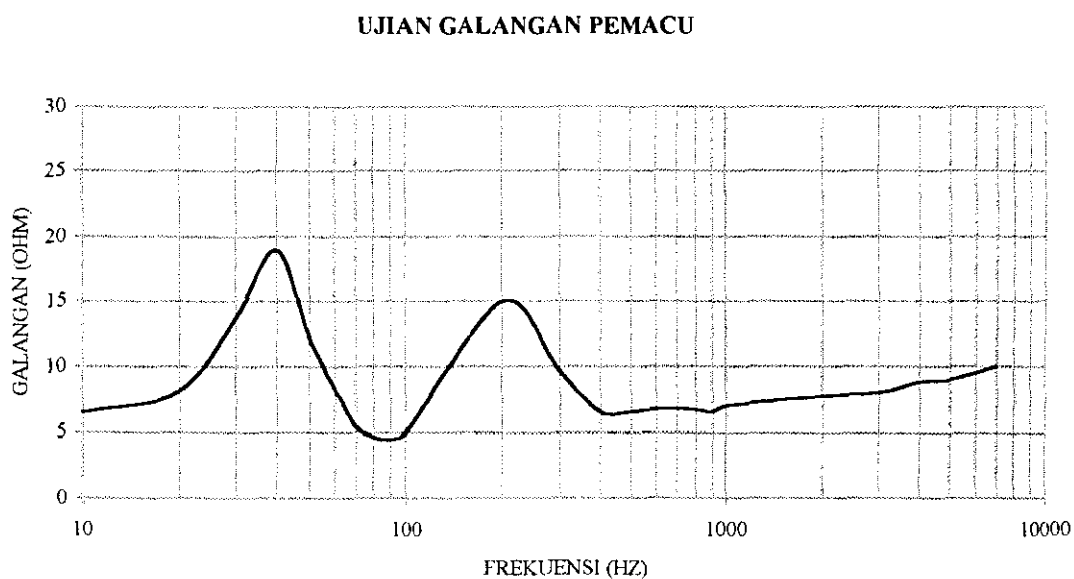


Rajah 4.1: Graf keputusan ujian galangan ruang bebas

Nilai galangan berubah mengikut frekuensi. Nilai galangan nominal dirujuk pada frekuensi 1,000 Hz. Daripada ujian galangan ruang bebas bacaan galangan nominal bernilai 4.5 ohm.

Keputusan ujian galangan pembesar suara tanpa diisi dengan bahan redaman ditunjukkan dalam rajah 4.2. Keputusan dari graf memberikan bentuk galangan seperti yang terdapat dalam jenis pembesar suara berliang. Nilai galangan pada keseluruhannya kurang dari 20  $\Omega$  berbanding galangan ruang bebas.

Jadual keputusan ujian galangan tanpa bahan redaman dicatatkan dalam Jadual 4.1.

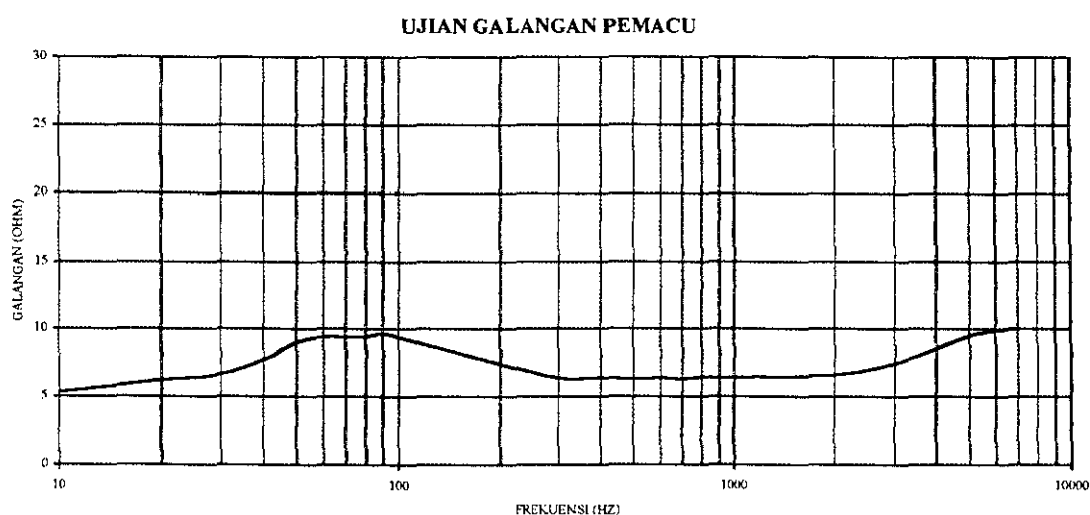


Rajah 4.2: Graf keputusan ujian galangan tanpa bahan redaman

Merujuk pada rajah 4.2, salunan berlaku pada dua keadaan. Pertama pada fundamental frekuensi, bacaan frekuensi bersamaan 40 Hz dan salunan kedua berlaku pada 200 Hz.

Keputusan ujian galangan pemacu dalam keadaan dipenuhi bahan redaman ditunjukkan dalam rajah 4.3. Lengkung galangan kurang dari  $10 \Omega$  dibandingkan dengan ujian tanpa bahan redaman. Perbezaan nilai galangan tertinggi dan terendah adalah sebanyak  $5 \Omega$ . Galangan pembesar suara dalam lingkungan 5 hingga  $10 \Omega$  secara praktikalnya dikatakan hampir sama pada keseluruhan julat frekuensi. Kebaikan yang didapati, apabila disambungkan kepada penguat kuasa, kadar galangan tidak memberikan bebanan yang berbeza-beza disepanjang julat frekuensi.

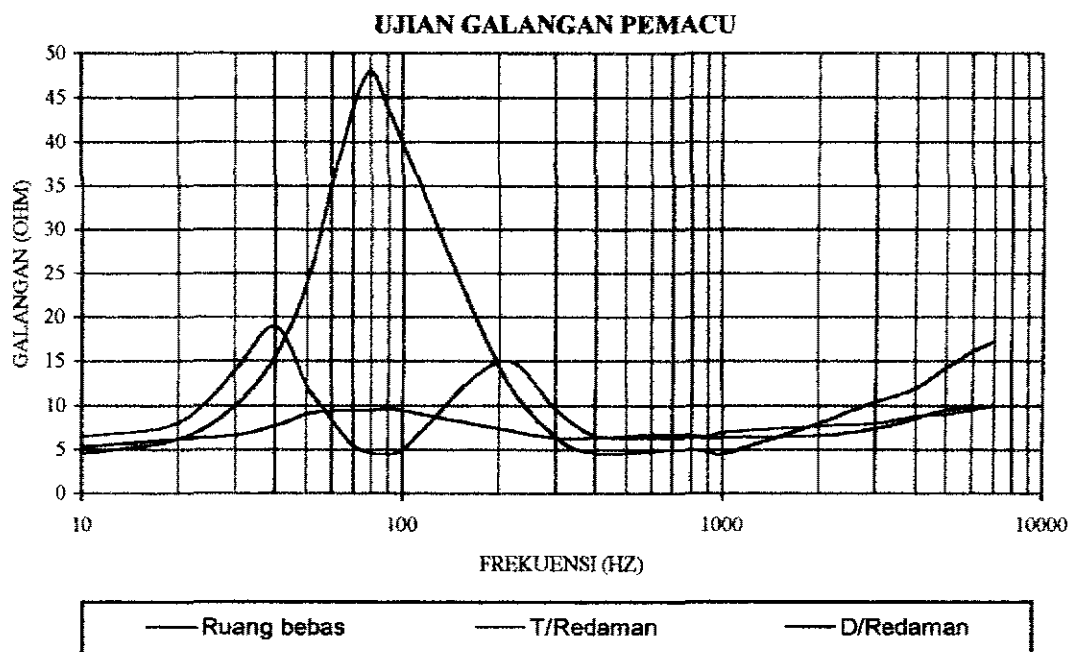
Keputusan ujian galangan dengan bahan redaman dicatatkan pada Jadual 4.1.



Rajah 4.3: Graf keputusan ujian galangan dengan bahan redaman

Berpandukan pada rajah 4.3 puncak tertinggi berlaku pada frekuensi 90 Hz. Peningkatan galangan berlaku semasa frekuensi rendah disebabkan terdapatnya Daya Gerak Elektrik Balikan (Back EMF) semasa kun pemacu mula bergerak.

Pada frekuensi tinggi galangan mula meningkat pada frekuensi 2,000 Hz, ini bukan disebabkan Daya Gerak Elektrik tetapi disebabkan peningkatan regangan gelung berbanding frekuensi.



Rajah 4.4: Graf perbandingan keputusan ujian galangan pemacu

Rajah 4.4 menunjukkan perbandingan graf galangan. Galangan dalam paip tanpa bahan redaman dilihat seakan-akan sama dengan pemacu dalam pembesar suara *bass reflex*. Walaupun ujian berlainan ianya mempunyai prestasi yang serupa. Puncak minima disebabkan kesan bebanan kun oleh udara dalam talian manakala puncak maksima kemungkinan disebabkan oleh kekakuan (*stiffness*) udara di belakang kun.

Secara subjektif, ujian pendengaran pada paip tanpa redaman menghasilkan bunyi yang "kosong". Apabila kotak pembesar suara diisi dengan bahan redaman mengikut sukatan yang diperlukan, masalah ini dapat diatasi. Secara pendengaran pada julat frekuensi rendah, pembesar suara Talian Penghantaran memberi prestasi bunyi yang lebih baik walaupun graf galangan seperti galangan kotak tertutup. Jenis kotak tertutup biasanya mempunyai julat frekuensi rendah yang terhad.

### 4.3.1 Analisis Galangan Pemacu

Tajuk kecil 4.3.1 mengulas mengenai rajah graf galangan di ruang bebas. Secara teori keadaan melawan arus yang mengalir dalam gelung suara pada sebarang frekuensi dipanggil Galangan ( $Z$ ). Galangan nominal pemacu yang digunakan pada frekuensi 1 kHz bernilai  $4.5 \Omega$ . Unit rintangan dan galangan adalah serupa bagi kedua-duanya yang dinyatakan dalam nilai ohm tetapi galangan dan rintangan tulin sebenarnya mempunyai perbezaan.

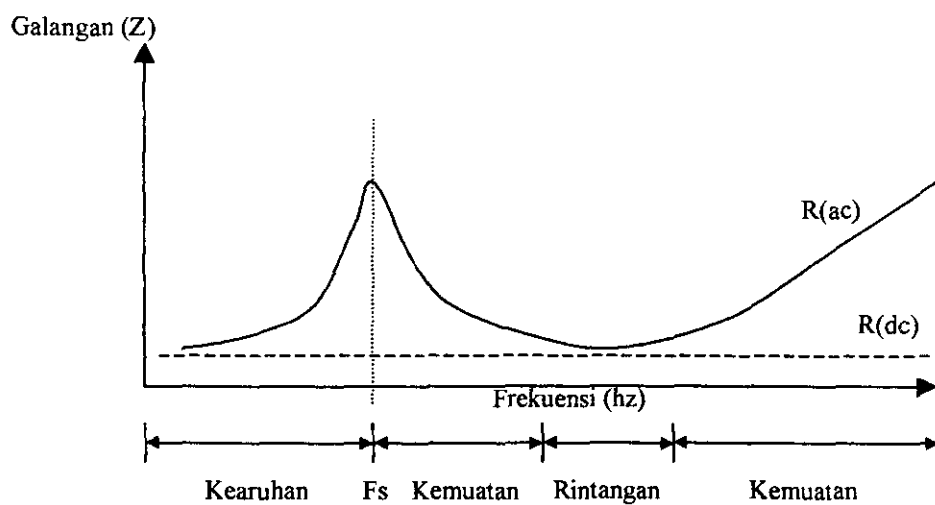
Pengukuran nilai rintangan gelung suara pemacu dengan ohm meter, memberikan nilai rintangan sebanyak 80% dari nilai galangan. Penggunaan pemacu  $4.5 \Omega$ , memberikan nilai rintangan sebanyak  $3.6 \Omega$ . Ini menerangkan faktor galangan merupakan juga satu faktor rintangan disebabkan sewaktu mengambil bacaan rintangan menggunakan ohm meter, arus terus (dc) mengalir dalam gelung suara tetapi pemacu beroperasi dalam arus ulang alik (ac).

Pengaliran arus ulang-alik melalui gelung mengalir secara sekata dan pergerakan arus ini boleh menambahkan keupayaan medan magnet hingga menyebabkan regangan arus ulang-alik terjadi. Proses berlaku berulang-ulang dengan arah berlawanan dan membolehkan regangannya bertambah hingga menyebabkan pengaliran arus pada frekuensi tinggi akan terhalang. Keadaan ini lebih dikenali dengan nama regangan aruhan. Semakin banyak bilangan gelong semakin besar aruhannya. Selain regangan aruhan, regangan kemuatan juga berlaku pada keadaan yang berlawanan dengan regangan aruhan.

Proses regangan aruhan dan regangan kemuatan akan mencapai kesatu nilai yang sama dan keadaan ini dikatakan berada dalam keadaan salun. Keseluruhan regangan terhapus dan galangan pemacu bersamaan dengan rintangan dc gelong suara.

Nilai galangan berubah menurut frekuensi. Pada frekuensi rendah Daya Gerak Elektrik Balikan adalah besar hingga memperlihatkan galangan meningkat. Ini disebabkan redaman pada pemacu itu sendiri yang menyebabkan regangan gelung berlaku. Sifat sifat ini dikenali jua sebagai kearuhan gelung.

Galangan meningkat semula semasa frekuensi tinggi (rajab 4.5). Dalam keadaan ini regangan bukan lagi disebabkan pergerakan kun semasa Daya Gerak Elektrik Balikan berlaku tetapi peningkatan regangan gelung yang dipengaruhi oleh frekuensi. Ini memberi satu kebaikan pada penguat kuasa kerana pada julat frekuensi tinggi penguat kuasa tidak memerlukan kadaran kuasa yang tinggi.



Rajah 4.5 : Graf galangan pemacu secara praktikal



#### 4.4 Ujian Sambutan Frekuensi

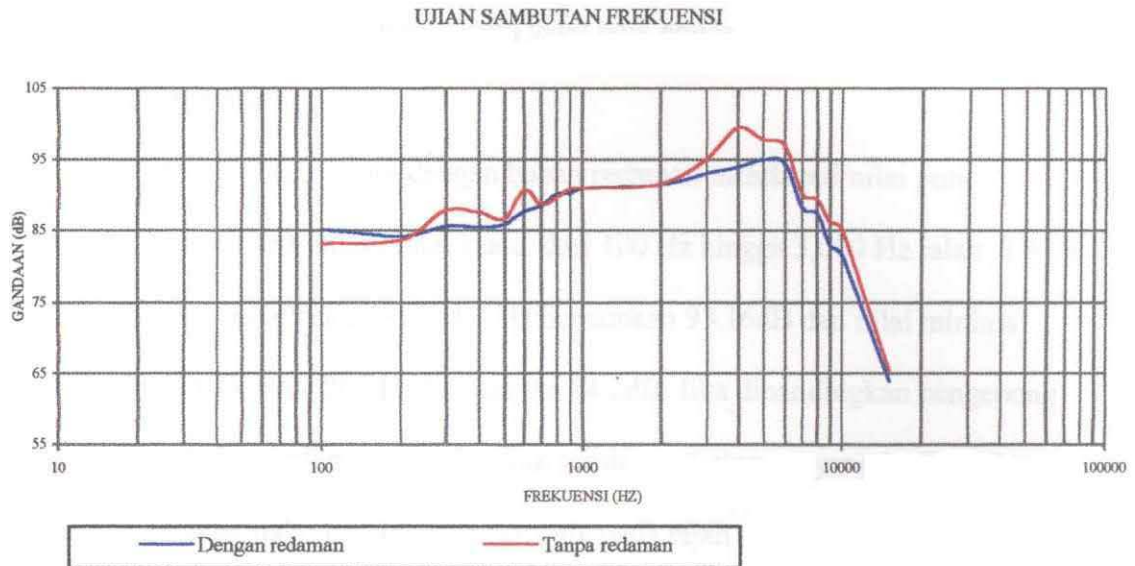
Ujian sambutan frekuensi dijalankan bagi menentukan samada julat sambutan frekuensi dapat memenuhi keperluan kegunaan pembesar suara. Skop asal melaksanakan projek pembesar suara bagi kegunaan di tempat ramai. Ringkasnya untuk kegunaan dalam satu-satu perucapan umum. Sebaiknya sambutan frekuensi pembesar suara hendaklah berada dalam julat suara iaitu dari 100 Hz hingga 3,000 Hz.

Perlaksanaan ujian sambutan frekuensi dijalankan dengan menggunakan alat uji 2012 analyzer yang terdapat di makmal akustik Universiti Teknologi Malaysia. Kedudukan pembesar suara semasa ujian ditunjukkan dalam gambarajah 4.6.

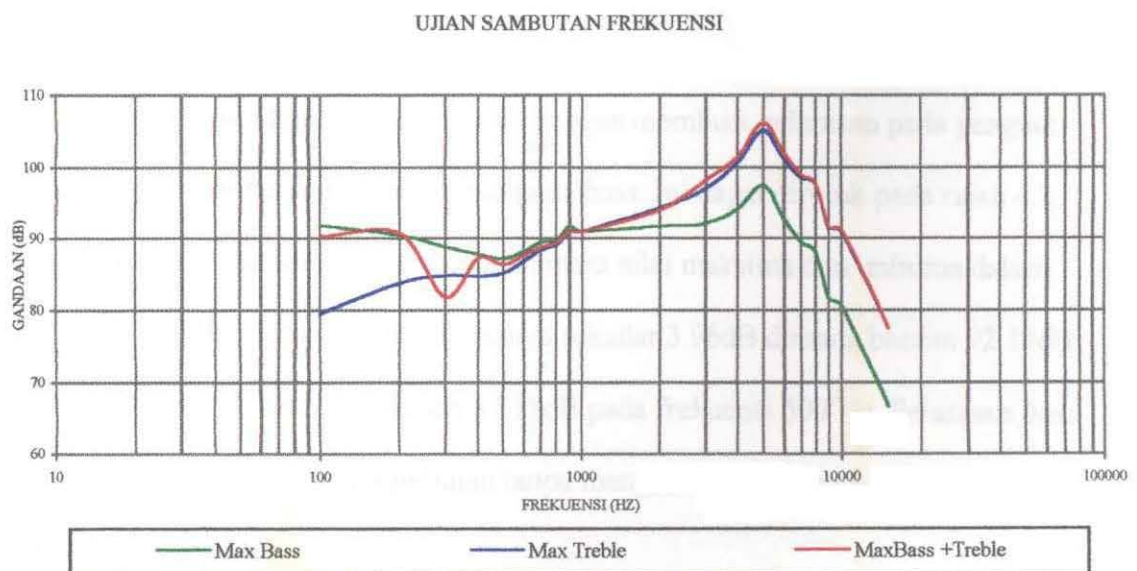


Rajah 4.6: Kedudukan pembesar suara semasa ujian sambutan frekuensi dan pola pengarahannya

Keputusan ujian sambutan frekuensi ditunjukkan dalam rajah 4.7. dan jadual keputusan dicatatkan dalam Jadual 4.2.



Rajah 4.7: Graf keputusan sambutan frekuensi



Rajah 4.8: Graf ujian sambutan frekuensi dengan pelarasan pada penguat kuasa

Sambutan frekuensi bagi sesebuah pembesar suara yang ideal perlulah sama pada semua julat frekuensi audio iaitu dari 20 Hz hingga 20,000 Hz. Tetapi secara praktikalnya, sambutan yang rata pada semua julat frekuensi tidak mungkin diperolehi. Sambutan pembesar suara yang baik hendaklah dapat memenuhi keperluan kegunaannya.

Ujian pembesar suara dengan bahan redaman mendapati nilai puncak maksima dan minima dalam julat suara dari 100 Hz hingga 3,000 Hz ialah 8.9dB. Nilai maksima pada frekuensi 3,000 Hz bersamaan 93.16dB dan nilai minima berlaku pada frekuensi 200 Hz bersamaan 84.2dB. Jika dibandingkan pengepong diisi dengan bahan redaman memberikan sambutan frekuensi yang lebih baik berbanding tanpa redaman. Ini dapat dirujuk pada rajah 4.7.

Ujian secara pendengaran mendapati aras tekanan bunyi berbeza semasa frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Pada frekuensi rendah dirasai aras tekanan bunyi rendah sedikit berbanding frekuensi tinggi. Pada frekuensi tinggi tekanan bunyi dirasai lebih ketara. Sebab itu dalam graf sambutan frekuensi lakaran agak kelihatan memuncak pada frekuensi tinggi.

Kesan sambutan boleh diperbaiki dengan membuat pelarasan pada penguat kuasa dengan memberikan peningkatan pada *bass*. Ini dapat dirujuk pada rajah 4.8. Semasa pelarasan pada *bass* perbezaan diantara nilai maksima dan minima dalam julat suara 100 Hz hingga 3,000 Hz hanya sekadar 3.96dB dimana bacaan 92.14dB pada frekuensi 3,000 Hz dan bacaan 87.18dB pada frekuensi 500 Hz. Pelarasan *bass* dapat mengawal lengkungan sambutan tanpa mengeluarkan bunyi *boomy* semasa ujian secara subjektif.

Dengan sedikit pelarasan pada penguat kuasa, pembesar suara ini amat sesuai digunakan sebagai sistem siaraya tetapi untuk kegunaan alat muzik ianya harus dipertimbangkan semula pada pemilihan pemacu yang sesuai.

#### 4.4.1 Analisis Sambutan Frekuensi

Dalam pemilihan pemacu untuk kegunaan muzik, kehalusan sambutan frekuensi adalah penting dan seeloknya mendapat julat sambutan frekuensi yang lebar. Pemacu yang mempunyai sambutan dari 100 ke 10,000 Hz boleh menghasilkan bunyi muzik yang padat berbanding julat antara 50 ke 15,000 Hz.

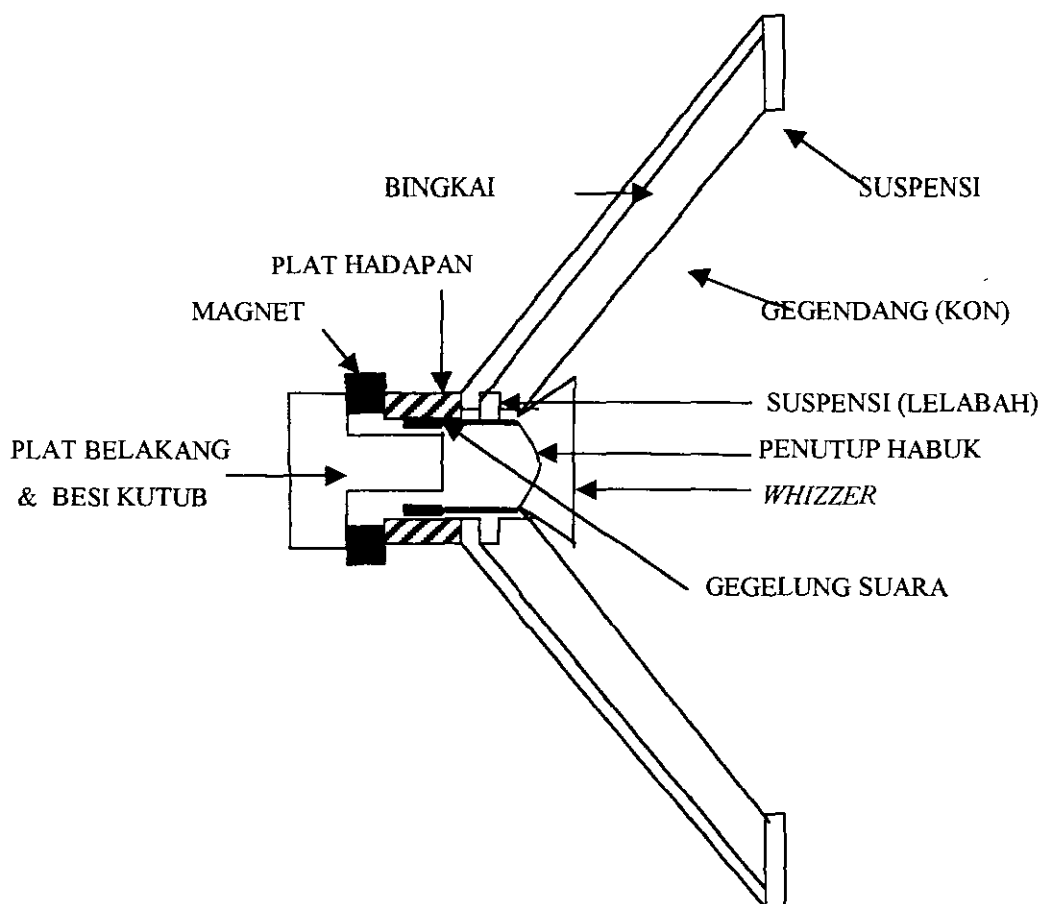
Keperluan untuk mendapatkan julat frekuensi yang lebar dari satu pemacu adalah sukar. Untuk prestasi yang baik di atas frekuensi 10,000 Hz kun pemacu hendaklah ringan dengan jisim yang tidak lebih dari 5 gram. Bagaimanapun kun yang ringan memberikan herotan pada frekuensi rendah. Jisim kun yang berat memberi sambutan yang baik pada frekuensi rendah berbanding dengan kun yang ringan tetapi mempunyai sambutan fana (transient response) yang kurang baik

Untuk sambutan *bass* yang baik, kun pemacu hendaklah lebih lebar supaya dapat memerangkap udara yang cukup bagi mendapatkan tindak balas yang baik pada frekuensi rendah. Tetapi untuk berkesan pada frekuensi tinggi saiz kun hendaklah kecil. Amat sukar menggunakan satu pemacu yang boleh merangkumi keseluruhan julat frekuensi disebabkan terdapatnya kelebihan dan kekurangan pada pemacu itu sendiri. Maka pemilihan pemacu perlu dibuat berdasarkan kepada kegunaannya.

Projek yang didasarkan kepada kegunaan perucapan umum menggunakan pemacu dua kun sebagai satu daripada cara mengatasi masalah dalam julat penuh pemacu pembesar suara,. Pemacu tambahan kun kedua (secondary cone) yang dipanggil "*Whizzer*" atau lebih dikenali sebagai *dual cone* seperti yang ditunjukkan dalam rajah 4. 9 tidak perlu disokong dengan penggunaan *tweeter*. Perbelanjaan untuk pemacu yang ditambah dengan *whizzer* adalah lebih murah berbanding dengan penggunaan *tweeter* secara berasingan yang perlu disokong dengan rangkaian lintasan.

Secara teori pemacu yang ditambah *whizzer*, boleh menambahkan lagi keberkesanan julat frekuensi disebabkan kun beroperasi dengan magnet dan gelong suara yang sama sebagai kun utama.

Pada frekuensi rendah, kun bergetar sebagai satu piston (omboh) tetapi bila frekuensi meningkat, bahagian tengah kun bergetar bergantung pada getaran kun utama. Semasa getaran berlaku bahagian kun yang kecil berupaya meningkatkan aras tekanan bunyi dan mengeluarkan bunyi frekuensi tinggi yang keadaannya seperti penggunaan *tweeter*.

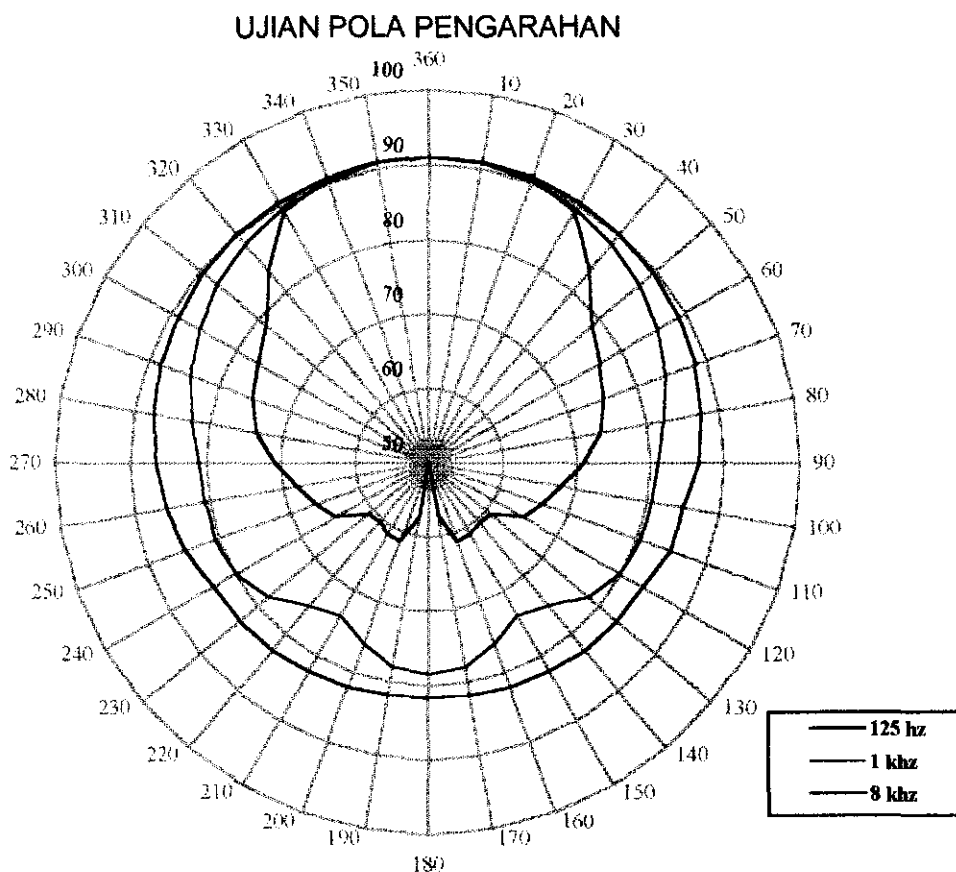


Rajah 4.9: Rajah pemacu yang dilengkapi dengan *whizzer*

#### 4.5 Ujian Sambutan Pola Pengarahan

Pola pengarahan memang berguna sungguh untuk menyampaikan keterangan-keterangan yang senang difahami tentang satu-satu sumber bunyi. Pola-pengarahan berubah mengikut frekuensi, pengarahannya selalu jelas benar pada frekuensi tinggi dan kurang atau tiada berpengarah pada frekuensi rendah. Konsep pola pengarahan ini digunakan untuk mengisahkan penerimaan tekanan akustik dalam sesuatu ruang.

Keputusan ujian sambutan pola pengarahan ditunjukkan pada rajah 4.10 dan jadual keputusan ujian dicatatkan dalam Jadual 4.3.



Rajah 4.10: Graf sambutan ujian pola pengarahan

Tujuan melakukan ujian pola pengarahannya ialah untuk mengetahui di manakah kedudukan pembesar suara tersebut hendak diletakkan, samada di bahagian tengah, tepi, hadapan ataupun belakang dalam sesuatu ruang. Pola pengarahannya yang sekata mempunyai aras tekanan yang sama dan pendengar dapat mendengar dalam semua arah yang dilingkungi penyerakan bunyi tersebut.

Ujian dibuat pada tiga frekuensi utama iaitu frekuensi rendah 125 Hz, frekuensi pertengahan 1kHz dan frekuensi tinggi 8 kHz. Kedudukan pembesar suara dan mikrofon pada jarak 1 meter sama seperti menjalankan ujian sambutan frekuensi seperti rajah 4.6. Pusingan pembesar suara dibuat pada sudut  $10^{\circ}$  hingga  $180^{\circ}$ , pada pusingan sehingga  $360^{\circ}$  pembentukan rajah pola adalah serupa.

Daripada keputusan ujian didapati pembesar suara ini mempunyai nilai tekanan yang hampir sekata untuk frekuensi rendah (125 Hz) dan bergerak pada semua arah. Aras tekanan bunyi bahagian hadapan dan belakang jika dibandingkan hanya membezakan sebanyak 10dB sahaja.

Pada frekuensi pertengahan (1 kHz) ada menunjukkan sedikit ciri-ciri pengarahannya dimana aras tekanan hadapan dan belakang berbeza sebanyak 12dB sahaja. Pengecilan berlaku untuk kiri dan kanan dan aras tekanan tidak lagi berada dalam keadaan sekata.

Pada frekuensi tinggi (8 kHz) lebih ketara pengarahannya dimana nisbah aras tekanan bunyi bahagian hadapan dan belakang jelas kelihatan. Pada bahagian kiri dan kanan aras tekanan dalam lingkungan 80dB. Sudut pengarahannya pada kedudukan bawah 3dB didapati sebanyak  $60^{\circ}$  untuk frekuensi tinggi,  $100^{\circ}$  untuk frekuensi pertengahan dan  $160^{\circ}$  untuk frekuensi rendah.

Hasil ujian pola pengarahannya memberikan satu keputusan pembesar suara ini mempunyai sudut pengarahannya yang sangat memuaskan. Ini menerangkan, kawasan serakan bunyi merangkumi kawasan yang luas.

## BAB 5

### KESIMPULAN, MASALAH DAN CADANGAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kegunaan dan kepentingan pembesar suara tentunya penting dalam keperluan aktiviti seharian. Rangkaian elektronik bagi sistem audio yang diakhiri dengan pembesar suara bagi menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga bunyi memberi sesuatu yang bermakna dalam penggunaannya.

Pencapaian objektif pembesar suara untuk meninggikan aras bunyi dapat membezakan kadar kebisingan latar belakang bagi memberi kejelasan pada pendengar. Berapa banyak tenaga akustik yang disebarkan pada semua arah banyak bergantung pada struktur buatannya. Kelebihan dan kelemahan pada pembesar suara dapat dijadikan ukuran untuk menggunakannya mengikut kesesuaian tempat dan keadaan. Pembesar suara tidak harus dipersalahkan seandainya mutu bunyi tidak memuaskan tetapi apa yang harus dikaji adalah keadaan penggunaannya.

Memberikan kemudahan kepada orang ramai dalam sebarang perhimpunan seperti dalam masjid ataupun dewan amatlah bersesuaian jika disediakan pembesar suara dari jenis Talian Penghantaran. Dengan rupabentuk tersendiri yang kelihatan tinggi menegak tidak banyak menggunakan ruang penempatan dan tidak perlu disokong ketinggiannya dengan pengalas ketinggian. Aras ketinggian amat memadai dan bersesuaian dengan aras pendengaran.



Berdasarkan objektif projek, dapat dibanggakan rekabentuk pembesar suara dapat dibina sepenuhnya menggunakan bahan tempatan menjadikan kos pembesar suara prototaip dapat dikurangkan. Disamping itu juga dapat memberikan satu kelainan dari jenis yang banyak terdapat dipasaran. Terhasilnya projek ini semoga ianya dapat dijadikan satu panduan yang piawai untuk dipasarkan secara meluas.

Daripada keseluruhan projek rekabentuk pembesar suara Talian Penghantaran, beberapa kesimpulan dapat dibuat untuk menilai prestasinya. Gabungan diantara pengetahuan kejuruteraan dan pengalaman kesenian yang ada pada pereka tambah memudahkan lagi rekaan ini dibuat. Menyatukan pengetahuan serentak dapat membantu pelaksanaan rekaan dengan kelihatan penuh seni dan berprestasi. Gabungan dengan kecanggihan sistem komputer juga dapat membantu penyelesaian dengan lebih berkesan walaupun pengiraan matematik boleh dibuat menggunakan mesin kira poket.

Langkah permulaan rekaan pembesar suara Talian Penghantaran banyak bergantung pada ciri-ciri pemacu yang merangkumi frekuensi salun dan nilai faktor Q. Berlainan jenis ataupun model pemacu memberikan nilai Q yang berbeza dan kesesuaian pemacu bergantung pada faktor Q diantara 0.25 hingga 0.6.

Pembesar suara Talian Penghantaran yang berbentuk paip dan bercirikan seperti Talian Penghantaran kabel sepaksi tidak sahaja bergantung pada nilai Q pemacu tetapi berhubung kait diantara luas keratan rentas paip dan saiz pemacu. Pada nisbah yang berbeza-beza membuatkan bunyi kedengaran berbeza bila dinilai secara subjektif. Gabungan bahan redaman menjadi satu faktor untuk keberkesanan bunyi. Ketumpatan isipadu bahan redaman berupaya bertindak sebagai penapis lulus rendah dan mengawal kelajuan bunyi diantara dalam pengepong dengan bahagian luaran pada udara bebas.

Terbentuknya rekaan, penilaian prestasi memberikan satu rumusan untuk dijadikan panduan kegunaannya. Melalui ujian galangan mendapati bahan redaman yang diisi ke dalam pengepong berupaya mempengaruhi nilai galangan dan memberikan satu kelebihan kepada penguat kuasa dengan dibebani dengan beban yang hampir sekata pada keseluruhan julat frekuensi audio.

Prestasi sambutan frekuensi tidak sahaja bergantung pada penguat kuasa yang dilaraskan secara normal, sebaliknya pelarasan penguat kuasa dapat mengubah rupa bentuk sambutan frekuensi. Kejelasan pada pendengar yang baik bergantung pada sambutan frekuensi yang berada dalam julat yang dihadkan. Melalui sambutan frekuensi dan menghadkan kepada julat suara ianya kelihatan sesuai digunakan untuk perucapan.

Ujian pola pengarahannya memberikan sudut serakan yang besar membuatkan kawasan yang dilingkungi amat luas. Rupa bentuk yang dibulatkan suku bulatan di bahagian pepenjuru menjadikan satu faktor yang mempengaruhi pola pengarahannya. Keadaan pembesar suara yang dibuat supaya berkedudukan menegak dengan saiz yang kecil juga mempengaruhi pola pengarahannya.

Mengakhiri kesimpulan ini, projek pembesar suara Talian Penghantaran dapat dihasilkan mengikut objektif asalnya dan dapat memenuhi matlamat terakhirnya untuk dijadikan bahan perucapan dan dapat dijadikan satu panduan yang piawai untuk dipasarkan secara komersial dengan menggunakan bahan tempatan sepenuhnya bagi mengurangi kos memilikinya.

## 5.2 Masalah

Merancang sesuatu projek tentunya mudah tetapi melaksanakan sesuatu projek belum tentu dapat diselesaikan tanpa berhadapan dengan masalah. Sepanjang pelaksanaan projek beberapa masalah ada dihadapi antaranya adalah:

Diketahui pembesar suara Talian Penghantaran bergantung pada nilai Q pemacu diantara 0.25 hingga 0.6. Masalah yang dihadapi, apabila mendapatkan pemacu dari mana-mana pembekal kebanyakan pemacu tiada menyatakan nilai Q maka ujian penentuan nilai Q perlu dibuat, tetapi apabila selesai menjalankan ujian pemacu mendapati pemacu tersebut mempunyai nilai Q yang tidak sesuai untuk kegunaan Talian Penghantaran dan terpaksa ditukar dengan yang lain.

Melihat kepada ciri-ciri pembesar suara Talian Penghantaran yang agak kompleks membuatkan kerja-kerja pembentukannya memakan masa yang panjang dan memerlukan kesabaran sewaktu melaksanakannya.

Bilik kebuk tak bergema yang terdapat di makmal mempunyai frekuensi potong  $\approx 180$  Hz. Ini membuatkan semasa menjalankan ujian prestasi terutamanya mengenai sambutan frekuensi, hanya mengambil bacaan bermula dari 200 Hz keatas dan sambutan bawah 200 Hz tidak dapat dibaca secara tepat.

Keperluan alat uji di makmal untuk ujian ke atas pembesar suara tidak dinafikan ianya berbentuk canggih. Tetapi disepanjang ujian, keputusan yang didapati tidak dapat diplotkan secara terus menggunakan plotter kerana menghadapi masalah teknikal. Ini menyebabkan keputusan diambil secara manual dan graf dilukis berdasarkan bacaan yang diambil. Data dari Penganalisa Audio tidak dapat dipindahkan ke komputer secara terus untuk lakaran graf sambutan frekuensi dan pola pengarahannya.

### 5.3 Cadangan

Sebagai meningkatkan lagi keberkesanan hasil rekaan beberapa perubahan perlu dibuat. Sebarang kecacatan yang timbul semasa pelaksanaan untuk julung kalinya hendaklah dijadikan pengalaman bagi melakukan sebarang perubahan untuk proses keduanya.

Mengenai kaki pengalas, dalam projek ini ianya menggunakan getah. Ianya berkesan bila diletakkan pada sebarang permukaan kerana memberikan cengkaman yang kuat tetapi kedudukannya kurang stabil. Apabila kaki pengalas menggunakan besi masalahnya tidak dapat mencengkam dengan baik dipermukaan licin maka pereka mencadangkan membuat dua bahagian tapak secara berasingan yang boleh ditukar ganti dan gunakan mengikut kesesuaian tempat.

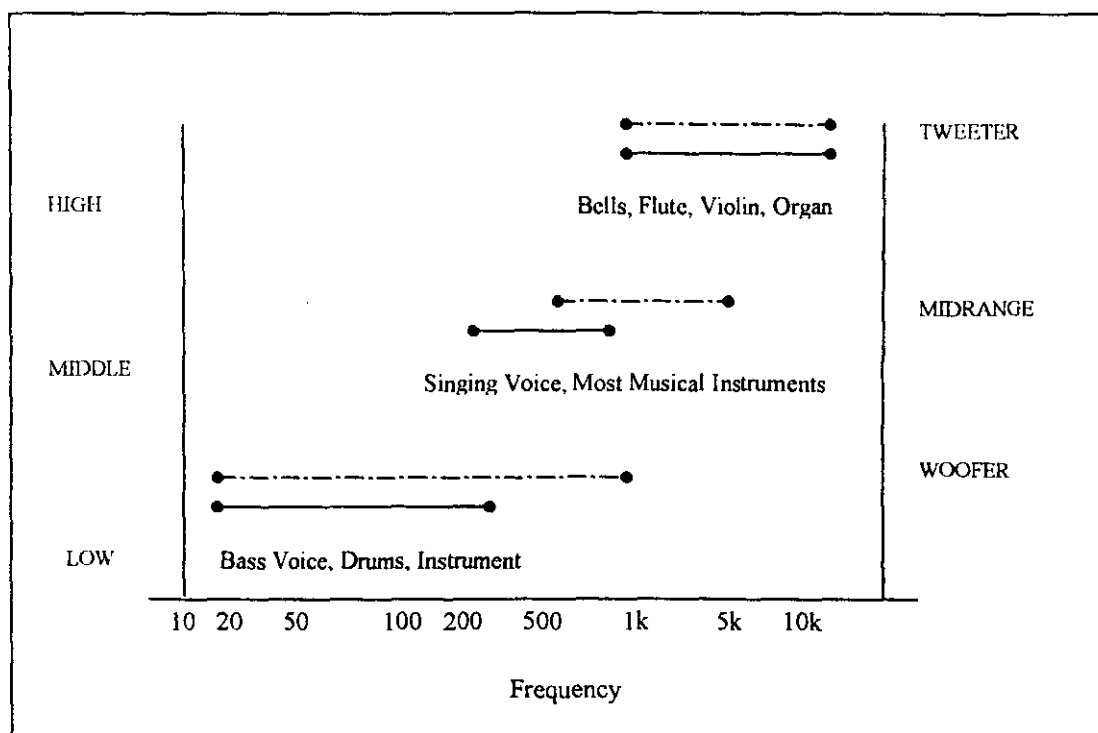
Pembesar suara Talian Penghantaran tidak sahaja dihadkan untuk kegunaan perucapan tetapi boleh juga untuk kegunaan muzik. Bagi mendapatkan sambutan frekuensi yang lebih baik dan memuaskan pereka mencadangkan ditambah *tweeter* dan mengadakan rangkaian lintasan bagi melebarkan julat frekuensi. Untuk mendapatkan sambutan yang halus pereka juga mencadangkan supaya dapat dibina rangkaian *equalizer* berserta rangkaian lintasan yang dapat dimuatkan dalam satu bahagian khas dalam pengepong mengikut kesesuaian binaannya.

Semasa menjalankan ujian di makmal, pereka mencadangkan permulaan tugas hendaklah dimulai dengan memahami penggunaan alat uji dari awal semester lagi. Ini bagi mengelakkan timbul sebarang kerumitan sewaktu menjalankan ujian sebenar.

Cadangan terakhir pereka mengharapkan untuk sesiapa yang berminat diharap dapat melakukan sendiri pengiraan dan rekaan kerana ianya berjalan serentak dan kita faham apa yang kita buat. Insyallah jika ada bakat.

# **LAMPIRAN JADUAL**

Jadual 2.1: Jadual Spektrum Audio



Jadual 2.2: Jadual Spektrum Frekuensi

Frekuensi Tengah Jalur oktaf Hz	Frekuensi sempadan Jalur Hz	Frekuensi Tengah jalur 1/3 oktaf Hz	Frekuensi sempadan Jalur Hz
	22		22
		25	
31.5		31.5	28
		40	35
	44		40
		50	
63		63	57
		80	71
	88		88
		100	
125		125	113
		160	141
	176		176
		200	
250		250	225
		315	283
	335		335
		400	
500		500	440
		630	565
	707		707
		800	
1K		1k	880
		1.25K	1130
	1414		1414
		1.6K	
2K		2K	1760
		2.5K	2250
	2825		2825
		3.13K	
4K		4K	3530
		5K	4400
	5650		5650
		6.3K	
8K		8K	7070
		10K	8800
	11.3K		11.3K

Jadual 3.1: Jadual ujian *woofer*

<b>JADUAL UJIAN WOOFER</b>		
MODEL : _____		
1.	NILAI RINTANGAN ( $R_e$ )	$R_e =$ _____ Ohms
2.	NILAI GALANGAN ( $Z_{max}$ )	$Z_{max} =$ _____ Ohms
3.	FREKUENSI SALUN ( $f_s$ )	$f_s =$ _____ Hz
4.	NILAI $r_o$ ( $Z_{max} / R_e$ )	$r_o =$ _____
5.	PUNCA KUASA DUA $r_o$ ( $r_o'$ )	$r_o' =$ _____
6.	DAPATKAN $R_1$ ( $R_1 = Z_{max} - (R_e \times r_o')$ )	$R_1 =$ _____ Ohms
7.	DAPATKAN $F_1$ (FREKUENSI BAWAH $f_s$ , $Z = R_1$ )	$F_1 =$ _____ Hz
8.	DAPATKAN $F_2$ (FREKUENSI ATAS $f_s$ , $Z = R_1$ )	$F_2 =$ _____ Hz
9.	SEMAK $f_s$ UNTUK + DAN - 1 Hz ( $f_s = \sqrt{F_1 \times F_2}$ )	$f_s =$ _____ Hz
10.	DAPATKAN $Q_{MS}$	$Q_{MS} = \frac{f_s \times r_o'}{(F_2 - F_1)}$ $Q_{MS} =$ _____
11.	DAPATKAN $Q_{ES}$	$Q_{ES} = \frac{Q_{MS}}{(r_o - 1)}$ $Q_{ES} =$ _____
12.	DAPATKAN $Q_{TS}$	$Q_{TS} = \frac{Q_{MS} \times Q_{ES}}{Q_{MS} + Q_{ES}}$ $Q_{TS} =$ _____



Jadual 3.2: Jadual rekabentuk pembesar suara Talian Penghantaran

<b>DATA-DATA REKABENTUK PEMBESAR SUARA PROTOTAIP JENIS TALIAN PENGHANTARAN</b>	
<b>JENIS TL :</b> _____	
$f_s =$ _____ Hz	$Q_{TS} =$ _____ $S_d =$ _____ $in^2$
<b>LANGKAH 1: DAPATKAN LUAS PERMUKAAN (<math>A_{TL}</math>)</b>	$A_{TL} =$ _____ $in^2$
$A_{TL} (in^2) = W \times H$ (Empat segi sama)	
$A_{TL} (in^2) = \pi \times r^2$ (Bulat)	
<b>LANGKAH 2: DAPATKAN KETUMPATAN BAHAN (<math>D_s</math>)</b>	$D_s =$ _____ $lb/ft^3$
$D_s (lb/ft^3) = \sqrt{\frac{A_{TL}(in^2)}{S_d(in^2)} \times Q_{TS}}$	
<b>LANGKAH 3 : DAPATKAN KELAJUAN BUNYI DALAM <math>D_s</math></b>	$c' =$ _____ $ft/Sec$
$c' = \frac{1130}{\sqrt{1 + D_s / 0.0745}}$	
<b>LANGKAH 4 : DAPATKAN PANJANG TL (<math>TL_L</math>)</b>	$TL_L =$ _____ $in$
$TL_L = \frac{c' (ft / Sec)}{f_s (Hz)} / 4 \times 12 \times 3$	
<b>LANGKAH 5 : DAPATKAN ISIPADU KOTAK (<math>V_B</math>)</b>	$V_B =$ _____ $ft^3$
$V_B = \frac{A_{TL} \times TL_L}{1728}$	
<b>LANGKAH 6: DAPATKAN NILAI BAHAN PENYUMBAT</b>	$AMT_s =$ _____ $lbs$
$AMT_s = V_B \times D_s$ (tukar ke Oz darab 16)	$AMT_s =$ _____ $Oz$

Jadual 3.3: Jadual pertukaran unit metrik

<b>PERTUKARAN UNIT METRIK</b>		
<b>TUKARAN</b>	<b>DARABAN</b>	<b>UNTUK DAPATKAN</b>
Centimeter	0.3937	Inci
Kaki padu	28.32	liter
Kaki padu	1728	Inci padu
Inci padu	0.0005758	Kaki padu
Inci	2.54	Centimeter
Liter	25.4	Milimeter
Paun	16	Aun (oz)
Centimeter persegi	0.155	Inci persegi
Kaki persegi	0.0929	Meter persegi
Inci persegi	6.452	cm persegi
Meter persegi	10.76	Kaki persegi

Data pemacu	frekuensi satu Fs	Faktor Qts	Luas permukaan pemacu (Sd)	Nisbah ATL/Sd	ATL Inci Pasegi	Ketumpatan Redaman (DS)	Panjang Paip (TL)	Lipadu Pengepong (Vb)	Ketumpatan penyumbat		F3 HZ	Kekayaan bunyi dalam udara sound/air	1130 Ketumpatan udara pada aras laut	Kekayaan bunyi dalam bahan gentian (kaki/ansat)
									AMT (Lb)	Stuf (Os)				
Model no- 612	80.0	0.35	21.65	1.00	21.65	0.59	43	0.53	0.32	5.04	88.00	1130	2.99	377.91
saiz - 6" Dual cone	80.0	0.35	21.65	1.10	23.82	0.62	42	0.57	0.36	5.69	88.00	1130	3.05	369.97
Samb. Frek. 50-20Khz	80.0	0.35	21.65	1.20	25.98	0.65	41	0.61	0.40	6.36	88.00	1130	3.11	362.84
Galangan - 4 ohm	80.0	0.35	21.65	1.30	28.15	0.67	40	0.65	0.44	7.05	88.00	1130	3.17	356.37
Kepelakan - 91dB/W/M	80.0	0.35	21.65	1.40	30.31	0.70	39	0.69	0.48	7.75	88.00	1130	3.22	350.47
	80.0	0.35	21.65	1.50	32.48	0.72	39	0.73	0.53	8.46	88.00	1130	3.28	345.04
	80.0	0.35	21.65	1.60	34.64	0.75	38	0.77	0.57	9.18	88.00	1130	3.32	340.02
	80.0	0.35	21.65	1.70	36.81	0.77	38	0.80	0.62	9.92	88.00	1130	3.37	335.36
	80.0	0.35	21.65	1.80	38.97	0.79	37	0.84	0.67	10.67	88.00	1130	3.41	331.01
	80.0	0.35	21.65	1.90	41.14	0.82	37	0.88	0.71	11.42	88.00	1130	3.46	326.94
	80.0	0.35	21.65	2.00	43.30	0.84	36	0.91	0.76	12.19	88.00	1130	3.50	323.12
	80.0	0.35	21.65	2.10	45.47	0.86	36	0.95	0.81	12.97	88.00	1130	3.54	319.51
	80.0	0.35	21.65	2.20	47.63	0.88	36	0.98	0.86	13.76	88.00	1130	3.57	316.11
	80.0	0.35	21.65	2.30	49.80	0.90	35	1.01	0.91	14.56	88.00	1130	3.61	312.89
	80.0	0.35	21.65	2.40	51.96	0.92	35	1.05	0.96	15.37	88.00	1130	3.65	309.82
	80.0	0.35	21.65	2.50	54.13	0.94	35	1.08	1.01	16.19	88.00	1130	3.68	306.91

Jadual 3.4: Kertas kerja rekabentuk Talian Penghantaran

Jadual 4.1: Keputusan Ujian Galangan

FREKUENSI (HZ)	Nilai Gandaan (dB) ternormal		
	Ruang bebas	Tanpa redaman	Dengan redaman
10	4.5	6.45	5.3
20	6.2	8.1	6.2
30	10	13.9	6.65
40	15.5	19	7.7
50	24	12.3	9
55.5	34	-	-
60	39	8.4	9.4
70	46	5.5	9.4
80	48	4.6	9.4
90	45	4.5	9.7
100	41	5	9.4
116.5	34.5	-	-
200	14.3	15	7.4
300	6.5	9.7	6.35
400	4.6	6.55	6.4
500	4.65	6.55	6.3
600	4.8	6.75	6.35
700	5	6.75	6.3
800	5	6.7	6.45
900	4.8	6.53	6.35
1000	4.5	7	6.4
2000	8	7.75	6.6
3000	10.4	8	7.45
4000	11.9	8.8	8.55
5000	14.3	9	9.5
6000	16.1	9.5	9.9
7000	17.3	10	10

Jadual 4.2: Keputusan Ujian Sambutan frekuensi

Frekuensi (Hz)	Nilai Gandaan (dB) ternormal	
	Dengan redaman	Tanpa redaman
100	85.2	83.17
200	84.2	83.71
300	85.6	87.91
400	85.5	87.55
500	85.9	86.66
600	87.7	90.78
700	88.6	88.73
800	90.2	89.76
900	90.3	90.9
1000	91	91
2000	91.5	91.61
3000	93.1	95.16
4000	94	99.51
5000	95	97.79
6000	94.5	97.05
7000	88.3	90.14
8000	87.5	89.48
9000	82.9	86.24
10000	81.6	85.24
15000	63.9	65.36
20000	-	-

Jadual 4.3: Keputusan ujian pola pengarahan

Sudut \ Frekuensi	Tanpa redaman (dB)			Dengan redaman (dB)		
	125 Hz	1000 Hz	8000 Hz	125 Hz	1000 Hz	8000 Hz
0	91.00	91.00	91.00	91.00	91.00	91.00
10	90.57	90.84	90.02	90.90	90.74	90.52
20	90.47	90.44	88.16	90.71	90.18	89.36
30	90.55	89.79	85.77	90.40	89.40	87.94
40	90.11	88.94	83.22	90.07	88.37	85.85
50	89.09	87.89	80.5	89.50	87.07	83.01
60	88.19	86.59	78.00	88.94	85.62	80.76
70	87.93	85.05	76.01	88.27	84.02	78.79
80	85.21	83.35	75.86	87.43	82.23	76.91
90	85.14	82.00	72.21	86.56	80.95	75.09
100	84.35	81.52	70.02	85.75	88.64	73.00
110	83.96	81.45	68.89	84.75	80.55	72.17
120	83.04	80.90	66.42	83.50	79.9	68.92
130	81.98	79.42	64.94	83.20	78.06	70.12
140	82.08	76.74	66.06	82.80	75.09	68.84
150	81.81	75.07	61.81	82.34	73.75	68.45
160	81.95	76.83	61.13	82.10	75.91	63.94
170	82.14	78.74	58.08	81.73	77.83	66.34
180	82.15	79.28	66.01	81.54	78.34	66.55
190	82.14	78.74	58.08	81.73	77.83	66.34
200	81.95	76.83	61.13	82.10	75.91	63.94
210	81.81	75.07	61.81	82.34	73.75	68.45
220	82.08	76.74	66.06	82.80	75.09	68.84
230	81.98	79.42	64.94	83.20	78.06	70.12
240	83.04	80.9	66.42	83.50	79.90	68.92
250	83.96	81.45	68.89	84.75	80.55	72.17
260	84.35	81.52	80.02	85.75	80.64	73.00
270	85.14	82.00	72.21	86.56	80.95	75.09
280	85.21	83.35	75.86	87.43	82.23	76.91
290	87.93	85.05	76.01	88.27	84.02	78.79
300	88.19	86.59	78.00	88.94	85.62	80.76
310	89.09	87.89	80.50	89.50	87.07	83.01
320	90.11	88.94	83.22	90.07	88.37	85.85
330	90.55	89.79	85.77	90.40	89.40	87.94
340	90.47	90.44	88.16	90.71	90.18	89.36
350	90.57	90.84	90.02	90.90	90.74	90.52

## RUJUKAN

- [1] Martin Columns (1991). **High Performance Loudspeaker (4<sup>th</sup>)**. Pentech Press London.
- [2] P.W. Van Der Wal (1966). **Loudspeaker and Loudspeaker Cabinet**. Philips (Paperbacks).
- [3] Desmond Thackeray. **Loudspeaker Enclosure design**. University of Surrey Guildford, UK.
- [4] Larry D. Sharp (1993). **Transmission Line Speaker Design**. Published by Mohogany Sound.
- [5] David B. Weems (1990). **Great Sound Stereo Speaker Design**. Tab Books Division of Mc Graw-Hill.
- [6] ETI. May 1982. **Column Loudspeaker Design**. Makalah UTM.
- [7] John Borwick (1994). **Loudspeaker and Headphone Handbook**. Butterworth – Heinemann Ltd.
- [8] Ir Hj. Ahmad Khan Bin Hj.Said (1990). **Pengenalan Akustik**. Unit Penerbitan Akademik, Universiti Teknologi Malaysia..
- [9] Universiti Teknologi Malaysia (1993). **Panduan Menulis Tesis UTM**. Pusat Pengajian Siswazah.
- [10] Bruel and Kjaer (1994). **Technical Documentation: Audio Analyzer Type 2012**.
- [11] Habsah Bte Yusof (1997). **Pembesar Suara Talian Penghantaran**. Tesis Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.