

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS*

JUDUL : **KAJIAN PENINGKATAN SISTEM SIARAYA DI RUANG SOLAT UTAMA, MASJID INTAN ABU BAKAR, SRI PULAI.**

SESSI PENGAJIAN : **1998/99 - 2**

Saya **SHAIFUL BAHARI BIN MOHAMAD NORANI**

(HURUF BESAR)

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

1. Tesis 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 : **A03-1-03, TAMAN SAMUDRA,**

68100 BATU CAVES,

SELANGOR DARUL EHSAN.

PM Ir. Hj. AHMAD KHAN BIN Hj. SAID

Nama Penyelia

Tarikh : **8 APRIL 1999**

Tarikh : **8 APRIL 1999**

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).


**KAJIAN PENINGKATAN SISTEM SIARAYA DI RUANG SOLAT UTAMA,
MASJID INTAN ABU BAKAR, SRI PULAI**

SHAIFUL BAHARI BIN MOHAMAD NORANI

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

**Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknologi Malaysia**

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

Tandatangan : 

Penulis : Shaiful Bahari bin Mohamad Norani

Tarikh : 8 April 1999

Khas untuk ayah dan ibu yang dikasihi,
adik-adik, saudara-mara dan sahabat-handai yang tersayang.

Penghormatan kepada PM Ir. Haji Ahmad Khan bin Haji Said
di atas segala tunjuk ajar beliau yang bakal menjadi pencetus minda.
Semoga kalian semua berada di dalam perlindungan serta pengampunan
daripada Allah S.W.T. Insya-Allah.

PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan segala limpah dan kurniaNya telah memberikan tenaga dan pemikiran yang sempurna dalam usaha saya menyiapkan kajian projek ini.

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia PM Ir. Haji Ahmad Khan bin Haji Said di atas segala bantuan, tunjuk ajar dan dorongannya di sepanjang tempoh kajian dan penulisan laporan projek ini. Terima kasih kepada Encik Sheikh Nasir bin Abdul Rahman di atas komen yang membina semasa menyemak draf laporan projek ini. Tidak lupa juga kepada Encik Adnall kerana telah banyak membantu dalam segala urusan yang dijalankan di Makmal Akustik.

Kerjasama daripada pihak jawatankuasa Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai amatlah dihargai kerana turut sama menyumbangkan bantuan peralatan bagi tujuan kajian sistem siaraya masjid tersebut.

Juga, ribuan terima kasih buat rakan-rakan seperjuangan yang telah terlibat sama ada secara langsung mahupun tidak langsung bagi menjayakan kajian dan penyelidikan sistem siaraya di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Akhir kata, jutaan terima kasih dari saya dan semoga kebaikan kalian mendapat ganjaran yang setimpal daripada Allah S.W.T. Insya-Allah.

ABSTRAK

Penggunaan sistem siaraya amat penting untuk memberikan kejelasan dan keselesaan pendengaran kepada para pendengar ketika sesuatu majlis dilangsungkan. Tujuan penggunaan sistem siaraya ini adalah untuk meninggikan aras bunyi agar dapat didengar oleh para pendengar yang memenuhi sesuatu kawasan sama ada ruang terbuka mahupun ruang tertutup. Namun begitu, aspek utama dalam sesuatu sistem siaraya adalah penggunaan rangkaian komponen sistem siaraya itu sendiri dan cara susunatur pembesar suara supaya bunyi yang dihasilkan akan disebarkan secara seragam kepada kawasan pendengar.

Justeru itu, kajian dan penyelidikan projek ini telah difokuskan untuk menganalisa permasalahan semasa ruang solat utama di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Berdasarkan dari keputusan kajian, maka cadangan peningkatan sistem siaraya akan diusulkan bertujuan untuk memperbaiki kelemahan sistem siaraya yang sedia ada. Cadangan peningkatan tersebut mencakupi rekabentuk terbaru penggunaan rangkaian komponen sistem siaraya dan kaedah susunatur pembesar suara di ruang solat utama masjid dengan menggunakan semula salah satu daripada 3 jenis pembesar suara sedia ada. Pemilihan pembesar suara mestilah mengambilkira prestasi dan spesifikasi pembesar suara itu sendiri yang melibatkan ciri-ciri pengarahannya kutub, kepekaan dan kesan taburan SPL di ruang solat masjid. Sesungguhnya, rekabentuk baru ini telah memberikan dimensi baru dalam peningkatan sistem siaraya di masjid tersebut dengan menepati ciri-ciri akustik yang terdapat di ruang solat utama masjid.

ABSTRACT

PA system usage is very important to give hearing clarity and comfortability to the listeners during ceremonies. The purpose of PA system is to increase sound level so that the sound can be heard comfortably by the listeners in indoor or outdoor area. The main aspect of PA system is the PA system component and placement of the loudspeaker so that the sound produced can be heard evenly among all listener.

Hence, the project research are focused to analyze the problem faced in the main prayer room of Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. From here, a proposal to improve the weakness of existing PA system will be forwarded. The proposal will include new design for PA system component used and placement of loudspeaker in the main prayer room using only one from 3 type of loudspeaker used now. The selection of loudspeaker will be judged by its performance and the loudspeaker specification including polar pattern, sensitivity and SPL tabulation and distribution in the main prayer room. Indeed, this new design will give new dimension in improving the mosque PA system and meets the prayer room acoustic specification.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	TAJUK	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiii
1	Pengenalan Projek	1
	1.1 Pengenalan Projek	1
	1.2 Objektif Projek	1
	1.3 Perspektif Projek	2
	1.4 Bidang Kajian Projek	3
	1.5 Pengenalan Masalah Projek	5
	1.6 Ringkasan Kandungan Tesis	8
2	Pengenalan Akustik	10
	2.1 Bunyi	10
	2.2 Keamatan Bunyi	11

2.3	Tekanan Bunyi	11
2.3.1	Gelombang Progresif	12
2.3.2	Gelombang Setempat	12
2.4	Piawaian Bunyi	13
2.5	Aras Bunyi	13
2.6	Aras Tekanan Bunyi (SPL)	13
2.7	Pantulan	15
2.8	Bunyi Bercampur Aduk	18
2.9	Gema	19
2.10	Masa Gemaan	19
2.11	Penyerapan	20
2.12	Tujuan Penyerapan	21
2.13	Bahan Akustik	21
2.14	Ruang Tertutup	23
2.15	Mencapai Gemaan Optimum	24
2.15.1	Kesan Gemaan Terhadap Suara	24
2.15.2	Kesan Jumlah Penyerapan Dan Isipadu Terhadap Tempoh Gemaan	25
2.16	Pengarahahan Kutub	25
2.17	Faktor Pengarahahan Dan Indeks Pengarahahan	26
3	REKABENTUK SISTEM SIARAYA	29
3.1	Rekabentuk Sistem Siaraya	29
3.2	Fungsi Utama Sistem Pembesar Suara	29
3.2.1	Meninggikan Aras Bunyi	29

3.2.2	Menyelaraskan Gerak-geri	30
3.3	Ciri-ciri Sistem Pembesar Suara Yang Baik	30
3.4	Susunatur Pembesar Suara	31
3.4.1	Sistem Penyebaran Tahap Rendah	35
3.4.2	Sistem Penyebaran Tahap Tinggi	36
3.5	Kecekapan Sistem Siaraya	37
3.5.1	Kekuatan Bunyi	37
3.5.2	Mutu	38
3.5.3	Kestabilan	38
3.5.4	Arah	38
3.6	Komponen-komponen Sistem Siaraya	39
3.6.1	Mikrofon	39
3.6.2	Peringkat Pencampur	40
3.6.3	Pra-penguat	41
3.6.4	Penguat Kuasa	42
3.6.5	Penyama	43
3.6.5.1	Penyama Grafik	44
3.6.5.2	Penyama Penolak Lebar	45
4	PEMBESAR SUARA KOLUM	46
4.1	Prinsip Pembesar Suara Kolum	46
4.2	Kriteria-kriteria Pembesar Suara Kolum	50
4.2.1	Kepekaan	50
4.2.2	Herotan	51
4.2.3	Galangan	52

4.3	Kelebihan Pembesar Suara Kolum	53
4.4	Kelemahan Pembesar Suara Kolum	56
5	REKABENTUK SISTEM SIARAYA SEDIA ADA	58
5.1	Pengenalan	58
5.2	Lokasi Pembesar Suara	60
5.3	Komponen Sistem Siaraya Yang Digunakan	62
5.4	Spesifikasi Sistem Siaraya	64
5.4.1	Mikrofon	64
5.4.2	Pencampur	64
5.4.3	Penguat	65
5.4.4	Pembesar Suara	65
6	UJIAN PENGUKURAN	68
6.1	Ujian Pengukuran Masa Gemaan	68
	Ruang Solat Utama Masjid	
6.1.1	Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran	70
6.1.2	Kaedah Ujian Pengukuran	70
6.1.3	Analisa Keputusan	73
6.2	Ujian Pengukuran Pengarahan Kutub	74
	Pembesar Suara Masjid	
6.2.1	Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran	75
6.2.2	Kaedah Ujian Pengukuran	77

6.2.3	Analisa Keputusan	80
6.3	Ujian Pengukuran Taburan SPL Pembesar Suara Kolum Di Ruang Solat Utama Masjid	82
6.3.1	Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran	82
6.3.2	Kaedah Ujian Pengukuran	84
6.3.3	Analisa Keputusan	86
7	CADANGAN REKABENTUK SISTEM SIARAYA RUANG SOLAT UTAMA MASJID	90
7.1	Pengenalan	90
7.2	Permasalahan Rekabentuk Sistem Siaraya Ruang Solat Utama Masjid Sekarang	92
7.3	Cadangan Rekabentuk Sistem Siaraya Ruang Solat Utama Masjid	96
8	KESIMPULAN	107
	BIBLIOGRAFI	112
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Kriteria tempoh gemaan.	25
2.2	Faktor pengarah dan indeks pengarahan sumber ekakutub di tempat-tempat tertentu.	28
6.1	Keputusan ujian pengukuran masa gemaan (RT60) di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.	73
6.2	Keputusan ujian pengarah kutub pembesaran suara kolum masjid.	Lampiran A
6.3	Kesimpulan daripada keputusan ujian pengarah kutub pembesaran suara kolum yang telah diuji.	80
6.4	Keputusan ujian pengukuran SPL di ruang solat utama.	86

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Kedudukan sistem pembesar suara di ruang solat utama (pandangan dari pintu masuk utama).	7
2.1	Hubungan keamatan dengan luar permukaan sfera.	11
2.2	Corak pantulan pada pelbagai bentuk permukaan.	16
2.3	Agihan bunyi tidak seragam pada permukaan cekung.	16
2.4	Hukum pantulan pada permukaan bangunan.	17
2.5	Pantulan yang mengelirukan pendengaran.	18
2.6	Perbandingan pekali penyerapan blok konkrit tidak bercat dengan langsir ringan.	22
3.1	Penggunaan pembesar suara berkuasa rendah yang berselerak.	33
3.2	Sistem pembesar suara berpusat dan berselerak.	34

3.3	Corak penyebaran tahap rendah.	35
3.4	Corak penyebaran tahap tinggi.	37
3.5	Punca bunyi dari berbagai arah.	39
3.6	Gambarajah blok sistem audio ringkas.	42
3.7	Ciri-ciri pengarahan mikrofon.	Lampiran A
3.8	Sambutan kutub mikrofon.	Lampiran A
4.1	Prinsip sistem pembesar suara jenis kolum.	48
4.2	Corak penyebaran bagi pembesar suara kolum.	49
4.3	Corak penyebaran bagi pembesar suara kolum.	49
4.4	Sambungan pembesar suara.	Lampiran A
5.1	Kedudukan pembesar suara di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.	60
5.2	Rajah skematik menunjukkan komponen sistem siaraya sedia ada di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.	62
6.1	Masa gemaan sebagai fungsi isipadu ruang yang dianggap sesuai untuk kegunaan tertentu.	69
6.2	Lokasi ujian pengukuran masa gemaan (RT60).	71

6.3	Susunan peralatan untuk ujian pengukuran pengarahahan kutub pembesar suara secara mengufuk.	77
6.4	Susunan peralatan untuk ujian pengukuran pengarahahan kutub pembesar suara secara menegak.	78
6.5	Pengarahahan Kutub Mengufuk UNIPLEX SC-15J.	Lampiran A
6.6	Pengarahahan Kutub Menegak UNIPLEX SC-15J.	Lampiran A
6.7	Pengarahahan Kutub UNIPLEX SC-15J	Lampiran A
6.8	Pengarahahan Kutub Mengufuk UNIPLEX SC-10J.	Lampiran A
6.9	Pengarahahan Kutub Menegak UNIPLEX SC-10J.	Lampiran A
6.10	Pengarahahan Kutub UNIPLEX SC-10J	Lampiran A
6.11	Pengarahahan Kutub Mengufuk AUDISION AV-432.	Lampiran A
6.12	Pengarahahan Kutub Menegak AUDISION AV-432.	Lampiran A
6.13	Pengarahahan Kutub AUDISION AV-432.	Lampiran A
6.14	Susunan peralatan ujian pengukuran taburan SPL.	84

6.15	Lokasi ujian pengukuran SPL di ruang solat utama.	86
7.1	Sudut pengarahannya secara menegak sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar.	94
7.2	Sudut pengarahannya secara mengufuk sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar.	94
7.3	Cadangan rekabentuk baru sistem siaraya di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar.	Lampiran A
7.4	Cadangan pengarahannya sistem pembesar suara yang baru.	98
7.5	Rajah skematik cadangan rekabentuk sistem siaraya yang baru di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.	106
7.6	Cadangan sudut pengarahannya sistem pembesar suara kolum model Audision AV-432	106

BAB 1

BAB 1

PENGENALAN PROJEK

1.1 Pengenalan Projek

Kajian peningkatan sistem siaraya untuk ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai melibatkan kajian pemuliharaan sistem siaraya yang sedia ada kepada cadangan rekabentuk baru yang lebih baik dari segi penilaian akustik serta menepati konsep sesebuah sistem siaraya yang baik untuk kegunaan bangunan sebagai sebuah ruang solat masjid.

1.2 Objektif Projek

Kajian projek ini adalah melibatkan cadangan rekabentuk sistem siaraya mudah untuk memperbaiki kejelasan percakapan ketika khutbah Jumaat dan majlis ilmu yang diadakan di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Projek peningkatan sistem siaraya ini juga melibatkan pemasangan sistem baru yang akan direkabentuk di ruang solat utama masjid tersebut. Semoga projek ini akan memberikan keselesaan dan kejelasan pendengaran kepada para jemaah semasa sesuatu majlis ilmu diadakan di mana kualiti sistem siarayanya menepati ciri-ciri sesebuah sistem siaraya yang baik.

1.3 Perspektif Projek

Projek ini akan menghasilkan satu rekabentuk sistem siaraya yang memenuhi ciri-ciri sesuatu sistem siaraya yang baik yang akan memperbaiki kejelasan percakapan ketika majlis ilmu dijalankan di ruang solat masjid. Di mana, sistem siaraya yang ada sekarang tidak sesuai dipasang pada keadaan sedia ada kerana susunatur pembesar suara diatur dengan mengabaikan ciri-ciri akustik ruang solat masjid. Penggunaan 6 pembesar suara di dalam ruang solat juga tidak praktikal memandangkan kawasan ruang solat tidak begitu luas iaitu hanya berukuran 13.73 meter x 13.73 meter x 3.74 meter sahaja bagi kawasan ruang solat utama. Secara keseluruhannya, ruang solat tersebut berisipadu 749.63 meter³ termasuk bahagian mimbar dan mihrab masjid.

Projek ini juga akan melibatkan penggunaan sistem siaraya yang sesuai berdasarkan penilaian akustik yang sedia ada di ruang solat masjid tersebut. Maksudnya, rekabentuk sebuah sistem siaraya mudah yang baru akan mengambilkira permasalahan penilaian akustik semasa tanpa perlu membaiki penilaian akustik ruang solat tersebut. Dengan itu, pelaksanaan projek ini untuk memastikan susunatur kedudukan pembesar suara berada dalam keadaan yang betul supaya seluruh ruang dapat menerima isyarat suara yang diagihkan dengan baik dan menepati ciri-ciri akustik. Para jemaah akan dapat mendengar ceramah atau majlis ilmu daripada penceramah dengan jelas dan selesa. Sekiranya, ruang solat tersebut terdapat masalah penilaian akustik, maka ianya akan dapat diperbaiki dengan rekabentuk sistem siaraya yang baru ini.

1.4 Bidang Kajian Projek

Sebelum menjalankan kerja-kerja peningkatan terhadap sesuatu sistem siaraya itu, sebagai seorang jurutera akustik yang baik, kita sepatutnya memahami dan menguji terlebih dahulu sistem siaraya yang sedia ada sekarang. Berdasarkan keputusan dan kelemahan yang akan diperolehi maka menjadi tugas jurutera akustik untuk mencari jalan penyelesaian agar dapat mengatasi permasalahan semasa tersebut. Sekaligus, akan menghasilkan mutu kerja yang terbaik dan dapat menyelesaikan permasalahan semasa tersebut.

Rentetan dari itu, kajian projek ini juga telah dibahagikan kepada dua bahagian agar projek ini akan dapat berjalan dengan lancar dan seterusnya berjaya. Bahagian pertama adalah untuk mengkaji penilaian akustik semasa Masjid Intan Abu Bakar supaya segala permasalahan akustik semasa dan juga struktur binaan ruang solat utama masjid dapat difahami. Bahagian kedua pula, kajian keberkesanan sistem siaraya sedia ada iaitu mengkaji kriteria pembesar suara yang digunakan, kesesuaian susunatur sistem pembesar suara dan mengkaji kesesuaian sistem siaraya yang digunakan.

Seterusnya, berdasarkan keputusan yang diperolehi di bahagian pertama dan bahagian kedua, cadangan meningkatkan sistem siaraya ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar akan dilaksana berdasarkan kepada penilaian akustik ruang solat utama dan rekabentuk sistem siaraya akan dilaksanakan untuk menepati ciri-ciri sistem siaraya yang baik di mana akan menitikberatkan kepada memperbaiki kejelasan percakapan ketika berlangsungnya sesuatu majlis ilmu di ruang solat utama masjid.

Secara keseluruhannya, bidang kajian projek yang akan dijalankan lebih bertumpu kepada rekabentuk dan pemasangan sistem siaraya baru dengan menampilkan kombinasi penggunaan komponen seperti penguat (*amplifier*), pra-penguat (*pre-amp*), pencampur (*mixer*), penyamaan (*equalizer*), pembesar suara dan mikrofon yang sesuai agar dapat menghasilkan mutu sistem bunyi yang baik dan berkesan serta bersesuaian dengan rekabentuk ruang solat utama masjid.

Dalam kajian rekabentuk sistem siaraya ini, tugas utama ialah untuk menentukan susunatur sistem pembesar suara yang betul, sesuai dan praktikal agar dapat merangkumi keseluruhan ruang solat utama masjid, ianya juga akan melibatkan pengubahsuaian ketinggian serta sudut pengarah sistem pembesar suara. Kajian terhadap sistem pembesar suara juga, harus mengambilkira jenis, ciri-ciri, sudut pengarah mengufuk (*horizontal*) dan sudut pengarah menegak (*vertical*), kepekaan atau sensitiviti (tekanan bunyi maksimum), kadar kuasa keluaran maksimum dan julat frekuensi sistem pembesar suara yang digunakan. Oleh kerana, sistem pembesar suara yang digunakan sekarang tidak diketahui corak pengarah kutubnya, maka ujian pengukuran pengarah kutub perlu dijalankan untuk mengkaji pengarah kutub sistem pembesar suara yang digunakan sekarang. Pengarah kutub sesuatu sistem pembesar suara amat penting untuk mengetahui kawasan serta sudut liputan pembesar suara tersebut di mana maklumat tersebut amat penting untuk memastikan susunatur serta ketinggian yang sepatutnya sistem pembesar suara tersebut diletakkan dalam ruang solat masjid. Susunatur pembesar suara adalah penting bagi mengujudkan pengagihan serta sebaran keamatan bunyi yang seragam.

Kajian rekabentuk ini juga akan menggunakan semula sistem pembesar suara yang sedia ada berdasarkan kepada spesifikasi setiap pembesar suara yang akan diuji kelak. Bilangan pembesar suara yang digunakan di ruang solat utama akan dikurangkan agar ianya bersesuaian dengan keluasan serta isipadu ruang solat utama tersebut. Susunatur sistem pembesar suara yang baru juga akan direkabentuk agar menghasilkan ciri-ciri keaslian bunyi supaya datangnya daripada penyampai iaitu dari arah hadapan ruang solat utama masjid.

Selain itu, penggunaan sistem pembesar suara dari jenis percakapan sahaja yang sesuai digunakan untuk masjid kerana masjid adalah sebuah institusi ibadah dan ruang untuk mencari ilmu maka sudah tentulah masjid ini tidak sesuai menggunakan sistem pembesar suara dari jenis yang digunakan untuk sistem bunyi bagi muzik. Semua teori-teori dan pengiraan yang berkaitan akan digunakan untuk menghasilkan rekabentuk yang baik dan berkesan.

1.5 Pengenalan Masalah Projek

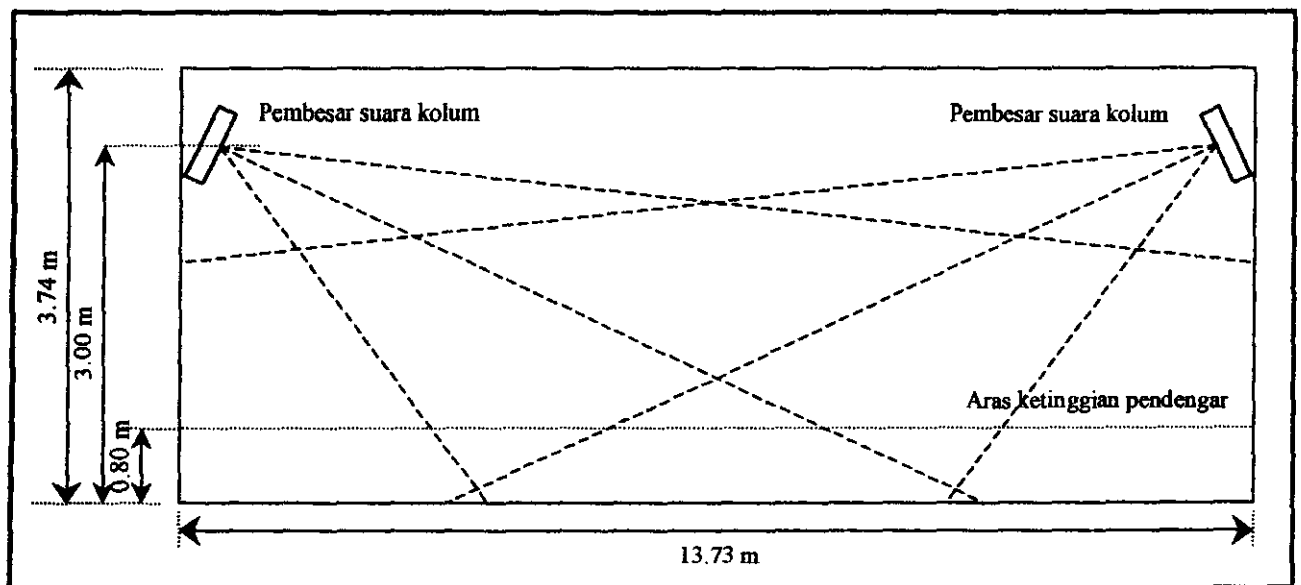
Sistem siaraya adalah satu medium yang akan mempertingkatkan keamatan dan tekanan bunyi atau meninggikan aras bunyi yang dihasilkan oleh suara kita. Suara kita hanya mampu memenuhi ruang yang kecil dan jarak yang agak terhad sahaja, bergantung kepada kekuatan suara yang dikeluarkan. Biasanya seseorang manusia hanya akan mengeluarkan isyarat suara hanya 70dB dalam suara percakapan biasa. Oleh itu, peranan sistem siaraya adalah untuk meninggikan aras isyarat suara tersebut kepada tahap yang lebih tinggi agar dapat didengari oleh pendengar yang berada jauh

daripada sumber (pengucap). Dan selalunya, isyarat suara itu akan ditingkatkan sebanyak 75dB hingga 78dB dengan menggunakan bantuan sistem siaran yang direka dengan baik.

Namun, selalunya pemasangan sistem siaran tidak mematuhi aturan yang sepatutnya dilakukan dengan membelakangkan faktor akustik. Ini akan menimbulkan masalah terhadap bunyi yang dihasilkan. Pemilihan peralatan yang digunakan hendaklah bersesuaian dengan keadaan akustik ruang tersebut. Misalnya, sistem pembesar suara yang digunakan di masjid, sistem pembesar suara yang sesuai digunakan adalah dari jenis pembesar suara yang digunakan khas untuk mengeluarkan suara percakapan manusia sahaja dan tidak sesuai menggunakan sistem pembesar suara dari jenis yang digunakan untuk muzik. Seperkara lagi, susunatur dan sudut pengarahannya pembesar suara serta penggunaan dan kedudukan mikrofon juga perlu dititikberatkan.

Berdasarkan pemerhatian keputusan dan hasil kajian awal yang telah dijalankan di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai, masalah utama dan yang ketara sekali adalah cara pemasangan dan susunatur sistem pembesar suara tidak menepati ciri-ciri sistem siaran yang baik dan bilangan penggunaan pembesar suara yang terlalu banyak iaitu 6 buah pembesar suara pada ruang solat yang hanya berisipadu 749.63m^3 adalah tidak praktik dan menyebabkan berlakunya banyak masalah akustik di dalam ruang solat utama masjid [rujuk Lampiran A]. Di mana, susunatur 6 buah pembesar suara yang dipasang secara mengadap dalam ruang solat utama tersebut akan menyebabkan berlakunya pertindihan bunyi dan kemungkinan para jemaah yang duduk di bahagian tengah ruang solat tidak dapat

mendengar suara penceramah dengan jelas. Ianya juga boleh menyebabkan berlakunya suapbalik pada mikrofon sekiranya diletakkan di bahagian tengah hadapan ruang solat utama masjid apabila sesuatu majlis ilmu diadakan. Hasil daripada suapbalik pada mikrofon itu akan menimbulkan bunyi bising binyit (hingar) yang akan menyakitkan telinga para pendengar seperti mana yang biasa kita dengar dalam sesuatu majlis. Seperkara lagi, masalah utama yang telah dikesan adalah berkenaan dengan kesilapan sudut pengarahannya pembesar suara yang tidak ditumpukan sepenuhnya kepada para jemaah. Kelemahan tersebut akan diperbaiki dalam projek peningkatan sistem siaraya ini.



Rajah 1.1 : Kedudukan sistem pembesar suara di ruang solat utama
(pandangan dari pintu masuk utama)

1.6 Ringkasan Kandungan Tesis

Secara keseluruhannya, isi kandung tesis ini akan mencakupi perkara-perkara berikut ;

- Bab 1** : Pengenalan secara ringkas dan menyeluruh berkenaan dengan objektif dan perspektif kajian tesis.
- Bab 2** : Pengenalan kepada akustik yang menerangkan tentang segala teori-teori asas bunyi yang melibatkan beberapa hukum asas seperti pantulan, penyerapan dan pembelauan sebagai pengetahuan serta pemahaman asas kepada bidang akustik ini.
- Bab 3** : Pengenalan kepada rekabentuk dan keperluan asas sistem siaraya yang perlu difahami terlebih dahulu agar rekabentuk sistem siaraya yang bakal dihasilkan menepati ciri-ciri akustik yang dilandaskan oleh teori-teori tersebut.
- Bab 4** : Penerangan terhadap prinsip asas pembesar suara kolum. Penggunaan pembesar suara jenis kolum ini digunakan di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar dan pemahaman terhadap konsep tersebut akan memudahkan lagi usaha merekabentuk susunatur pembesar suara kolum ini.
- Bab 5** : Mencakupi kajian rekabentuk dan spesifikasi komponen sistem siaraya yang digunakan di ruang solat utama masjid.
- Bab 6** : Ujian pengukuran telah dilakukan untuk mengetahui kriteria semasa ruang, spesifikasi dan prestasi pembesar suara. Antara eksperimen yang telah dijalankan melibatkan ujian pengukuran masa gemaan (RT60) ruang solat utama masjid, ujian pengukuran pengarahannya kutub pembesar suara kolum yang digunakan dan

ujian pengukuran taburan aras tekanan bunyi (SPL) untuk menguji prestasi pembesar suara di ruang solat utama masjid.

Bab 7 : Cadangan rekabentuk sistem siaraya yang baru berlandaskan penyelesaian terhadap segala permasalahan yang telah dikenalpasti. Cadangan rekabentuk baru ini adalah jauh lebih baik daripada yang sedia ada kerana telah direkabentuk menepati ciri-ciri sistem siaraya yang baik dan juga menepati penilaian akustik yang terdapat di ruang solat utama masjid.

Bab 8 : Kesimpulan kajian projek dan tesis.

Semoga skop yang dihuraikan di dalam tesis ini akan menjadi panduan dan kajian yang berguna kepada para penyelidik serta dapat memberikan cetusan ilham untuk kajian selanjutnya bagi merekabentuk sesebuah sistem siaraya yang terbaik.

BAB 2

BAB 2

PENGENALAN AKUSTIK

2.1 Bunyi

Bunyi merupakan hasil ayunan atau perubahan udara yang akan sampai ke telinga, dikesan, diproses, dihantar kepada otak dan dikenali sebagai bunyi. Terdapat berbagai-bagai gabungan amplitud, frekuensi dan tempoh bunyi. Bunyi yang dikehendaki ialah suara, muzik dan bunyi yang dapat membawa kegunaan kepada kita bunyi yang tidak diingini biasanya dikenali sebagai kebisingan akan memberi gangguan dan kebosanan kepada kita. Tahap pendengaran manusia adalah antara 20Hz hingga 20kHz manakala frekuensi suara manusia ialah di antara 100Hz hingga 5kHz.^[1]

Bagi sesuatu bahantara, jika keadaannya sama, kelajuan gelombang bunyi adalah tetap. Oleh itu, kaitan antara jarak gelombang frekuensi dan kelajuan bunyi adalah seperti berikut :

$$v = f \lambda$$

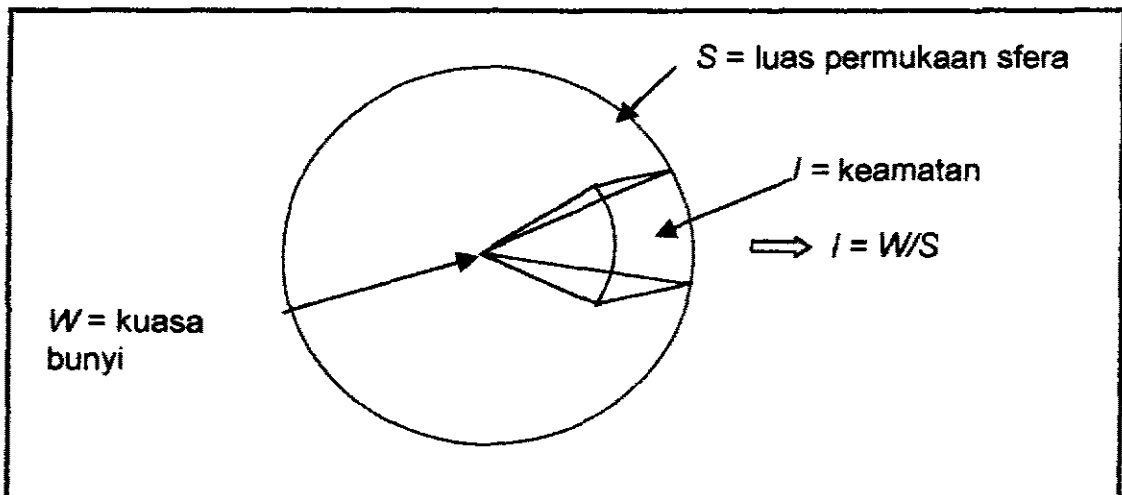
dengan v adalah halaju bunyi, λ adalah jarak gelombang dan f adalah frekuensi gelombang.

2.2 Keamatan Bunyi

Keamatan bunyi boleh dianggap serupa dengan kekuatan sesuatu bunyi. Keamatan bunyi ialah ketumpatan tenaga bagi bunyi. Kaitan antara keamatan bunyi di permukaan sfera dengan kuasa akustik yang dikeluarkan oleh puncanya diberikan sebagai ;

$$I = \frac{W}{S}$$

Dengan I ialah keamatan bunyi, W adalah kuasa dan S adalah luas permukaan sfera, rujuk Rajah 2.1.



Rajah 2.1 : Hubungan keamatan dengan luar permukaan sfera

2.3 Tekanan Bunyi

Keamatan bunyi tidak dapat disukat, tetapi dapat dikira. Keamatan diperolehi dengan menyukat tekanan bunyi terlebih dahulu. Hubungan keamatan bunyi dengan tekanan bunyi boleh dilihat menerusi formula.

2.3.1 Gelombang Progresif

Gelombang progresif terjadi pada ruang terbuka seperti di luar bangunan. Bagi gelombang progresif, hubungan antara tekanan bunyi dengan keamatan bunyi diberikan sebagai ;

$$I = \frac{P_{pmkd}^2}{\rho_c}$$

Dengan I ialah keamatan bunyi, P_{pmkd} adalah punca min kuasa dua tekanan bunyi dan ρ_c adalah kerintangan ciri bahantara.

2.3.2 Gelombang Setempat

Gelombang progresif yang dibincangkan di atas hanya terjadi di ruang terbuka. Sebaliknya, gelombang setempat terbentuk di ruang tertutup seperti bilik dan dewan. Bagi gelombang setempat, istilah keamatan bunyi tidak digunakan. Di sini, istilah yang digunakan ialah ketumpatan tenaga bunyi.

Hubungan ketumpatan tenaga bunyi dengan tekanan bunyi diberikan oleh persamaan ;

$$D = \frac{\bar{p}}{\gamma p}$$

Dengan D ialah ketumpatan tenaga, \bar{p} ialah purata tekanan atmosfera dan p ialah tekanan atmosfera dan γ ialah nisbah haba tentu.

2.4 Piawaian Bunyi

Bahan piawai selalunya dipilih daripada bahan yang mudah didapati. Ini membolehkan piawai yang serupa digunakan di serata dunia. Bagi kekuatan bunyi, piawai yang digunakan ialah kekuatan yang paling lemah yang dapat dikesan oleh telinga manusia yang normal. Piawaian itu ialah tekanan udara yang bernilai $20\mu\text{P}$.^[1]

2.5 Aras Bunyi

Aras bunyi ialah logaritma bagi nisbah kuantiti bunyi, sama ada kuasa, keamatan atau tekanan, yang diukur terhadap nilai piawai kuantiti itu.

$$\text{Aras Kuasa (dB)} = \log_{10} \frac{\text{kuasa bunyi diukur}}{\text{kuasa piawai}}$$

Aras kuasa piawai ialah 10^{-12} W.

$$\text{Aras Keamatan (dB)} = \log_{10} \frac{\text{keamatan bunyi diukur}}{\text{keamatan piawai}}$$

Aras keamatan piawai ialah 10^{-12} Wm^{-2} .

$$\text{Aras Tekanan (dB)} = \log_{10} \frac{\text{tekanan bunyi diukur}}{\text{tekanan piawai}}$$

Aras tekanan piawai ialah $20\mu\text{Pa}$.

2.6 Aras Tekanan Bunyi (SPL)

Telinga orang muda yang sihat dapat mengesan tekanan bunyi yang paling kecil iaitu $20\mu\text{Pa}$. Tekanan bunyi sebanyak 20Pa , sudah dapat menyakitkan telinga kita. Telinga kita menilai keamatan bunyi dan bukannya tekanan. Seperti yang diketahui bahawa keamatan itu adalah tekanan kuasa dua (P^2). Dan sesungguhnya, kita boleh mendengar keamatan 10^{-12} Wm^{-2}

dan boleh tahan pada keamatan 10 Wm^{-2} . Sambutan pada telinga kita tidak lurus tetapi lebih bercirikan kepada logaritma, jadi kita gunakan $\log_{10} P^2$. Penilaian terhadap kekuatan bunyi dapat dilakukan dengan gandaan atau pembahagian. Misalnya bunyi yang dihasilkan oleh satu sumber lebih kuat dari satu sumber yang lain.

Perbandingan tekanan digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang telah disebutkan iaitu $\log (P_a^2/P_o^2)$ di mana P_a merupakan aras bunyi yang kita ambilkira dan P_o pula tekanan bunyi perbandingan. DeciBel mudah digunakan dan ukuran ini disebut Aras Tekanan Bunyi atau ringkasnya *SPL*. Dengan,

$$\text{SPL} = 10 \log \frac{P_a^2}{P_o^2} \text{ dB}$$

Nilai bagi P_o ditetapkan pada aras bunyi minimum iaitu $20 \mu\text{Pa}$.

$$\text{SPL} = 10 \log \frac{P_a^2}{(2 \times 10^{-5})^2} \text{ dB}$$

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P_a}{(2 \times 10^{-5})} \text{ dB}$$

Kiraan kuasa dapat dilakukan dengan unit SPL yang bersamaan dengan gandaan (G) dan tekanan (P) bersamaan dengan voltan (V). Aras kuasa bunyi (*Sound Power Level*) atau ringkasnya *SWL*, diberi

$$\text{SWL} = 10 \log \frac{(\text{Kuasa Bunyi})}{(\text{Kuasa Bandingan})} \text{ dB}$$

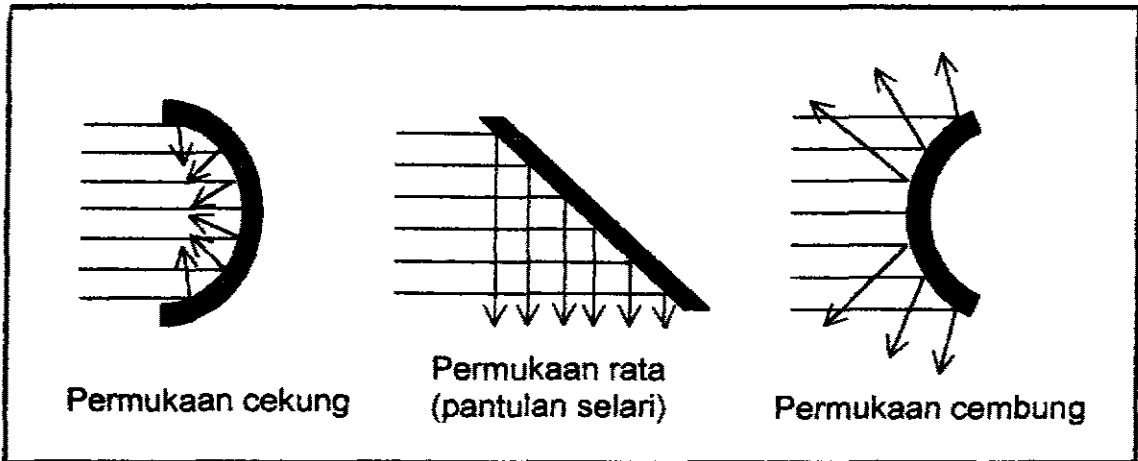
dimana kuasa bandingan = 10^{-12} Watt

2.7 Pantulan

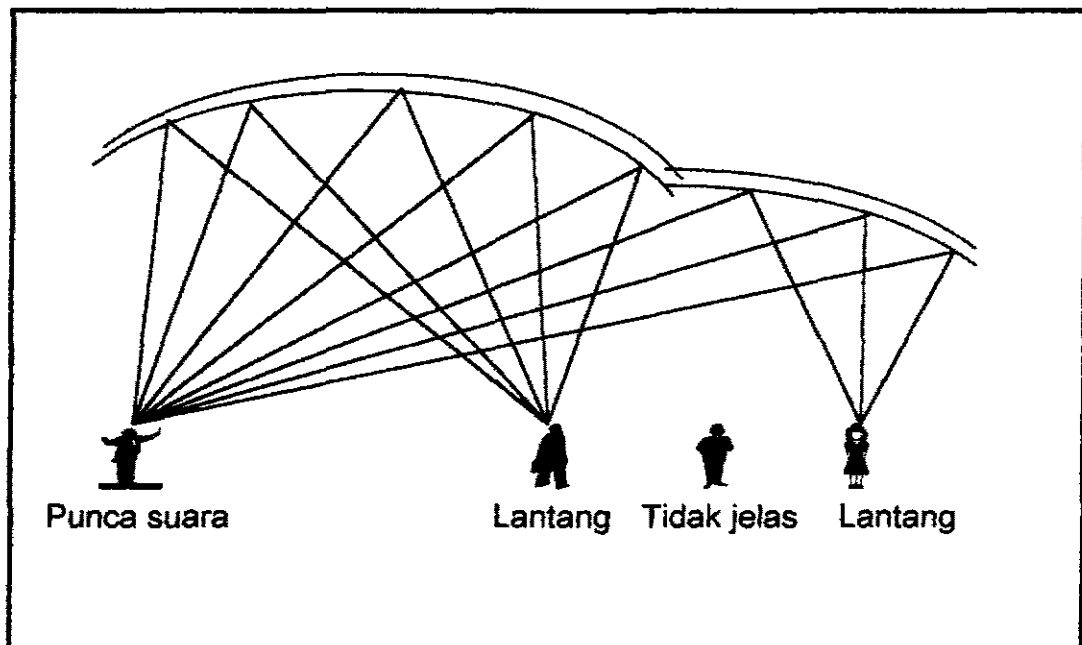
Hukum pantulan asas dalam fizik yang mengatakan bahawa sudut tuju sama dengan sudut pantulan masih sah digunakan dalam akustik. Dengan menggunakan hukum ini, kita dapati bahawa bunyi yang dipantulkan oleh permukaan cekung akan menumpu, manakala bunyi yang dipantulkan oleh permukaan cembung akan berselerak. Pada permukaan rata pantulan akan terjadi secara selari, rujuk Rajah 2.2 dan Rajah 2.4.

Secara praktikal, permukaan yang cekung akan menimbulkan masalah. Permukaan cekung tempat bunyi tertumpu akan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi daripada tempat yang lain. Ini menyebabkan terjadinya agihan bunyi yang tidak seragam di sesuatu ruang, rujuk Rajah 2.3. Dalam Rajah 2.3, pendengar pertama di hadapan dan pendengar di belakang sekali dapat mendengar percakapan dengan lantang. Tetapi pendengar-pendengar di tengah tidak mendengar ucapan dengan jelas kerana bunyi tidak dipantulkan kepada mereka. Mereka hanya bergantung pada bunyi yang datang secara terus.

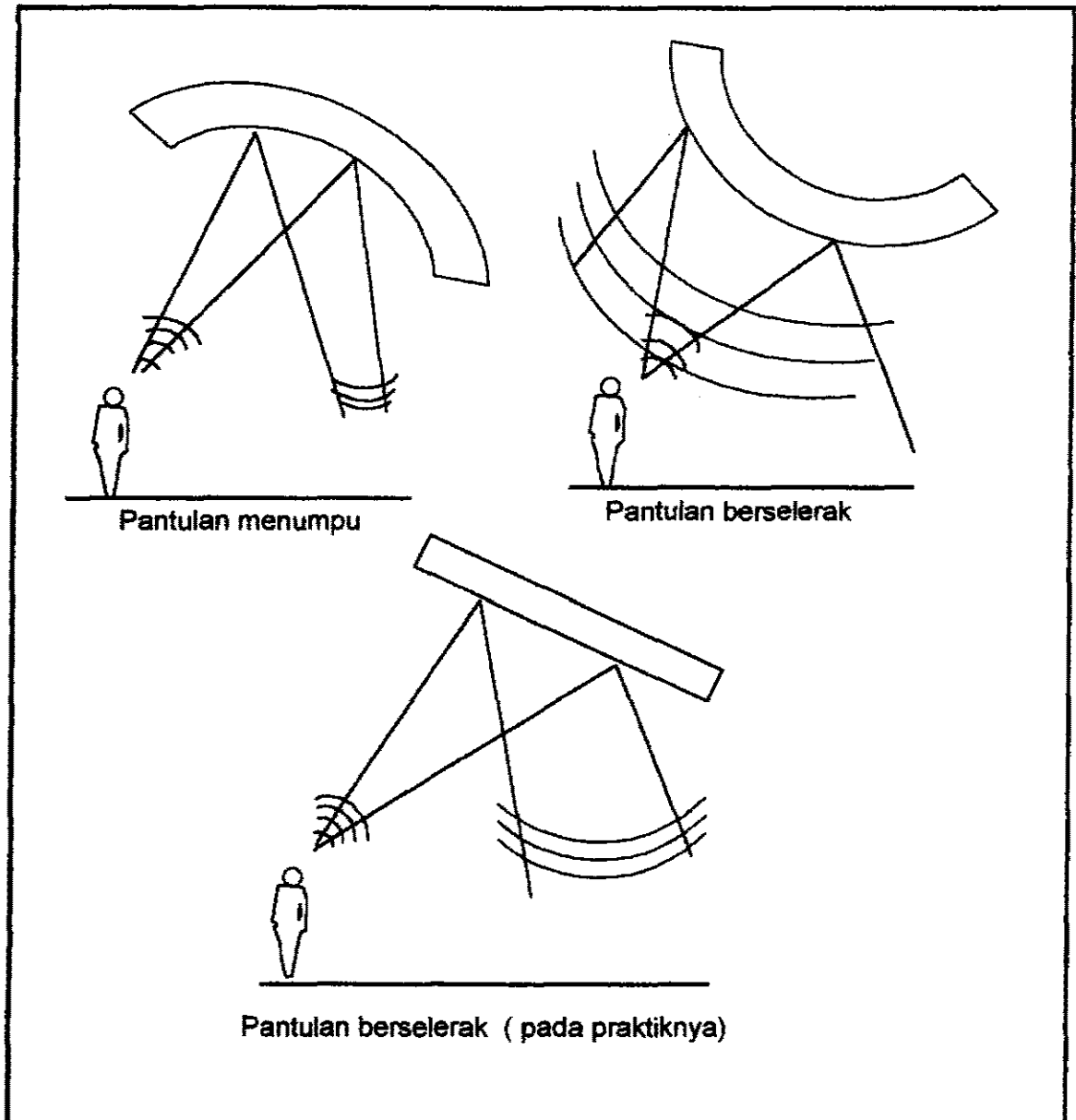
Permukaan yang cembung pula lebih diutamakan kerana akan menyerakkan bunyi. Oleh itu, ianya akan membantu menyeragamkan bunyi di dalam ruang tersebut.



Rajah 2.2 : Corak pantulan pada pelbagai bentuk permukaan



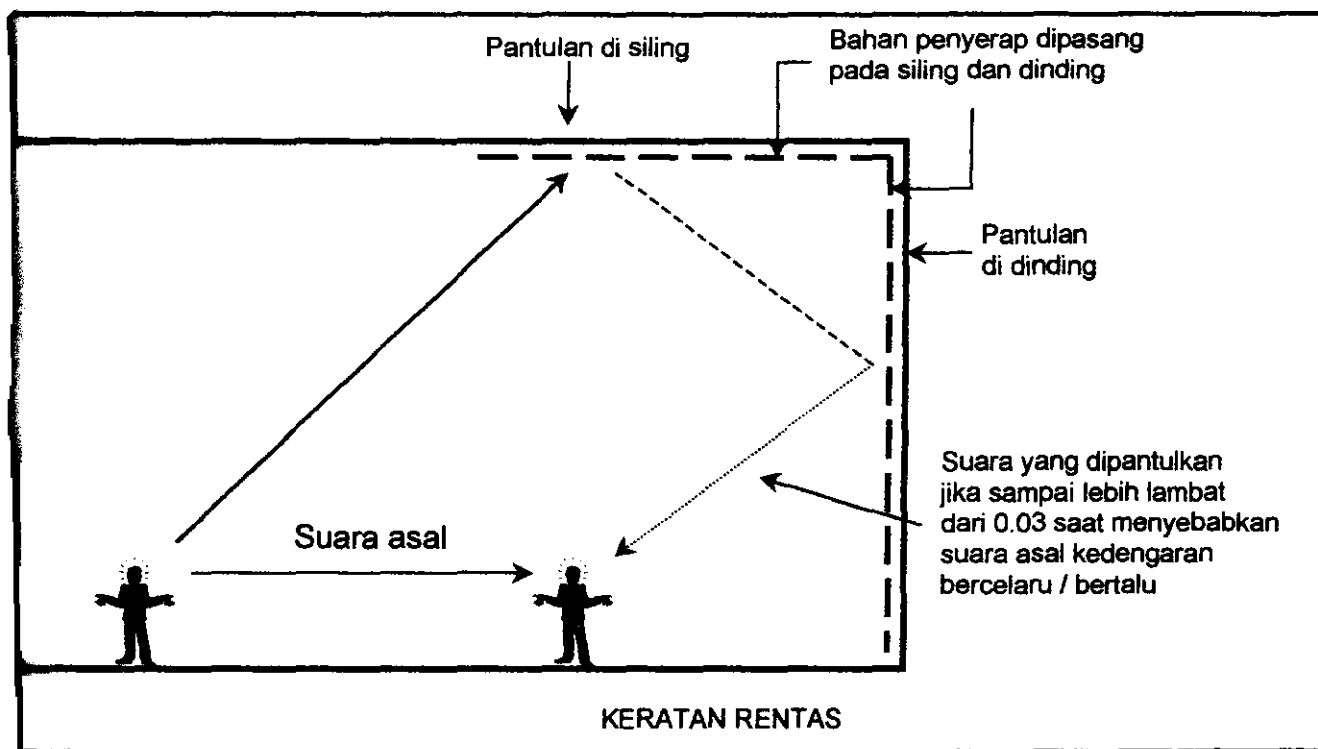
Rajah 2.3 : Agihan bunyi tidak seragam pada permukaan cekung



Rajah 2.4 : Hukum pantulan pada permukaan bangunan

2.8 Bunyi Bercampur Aduk

Jika suara yang dipantulkan sampai kepada pendengar sebelum ungkapan kata berikutnya dikeluarkan, suara pantulan itu menjelaskan lagi ungkapan kata pertama itu. Keadaan ini memang dikehendaki. Akan tetapi, jika ungkapan kata pertama yang dipantulkan bertembung dengan ungkapan kata kedua, maka kekeliruan akan terjadi. Ini disebabkan ungkapan perkataan itu bercampur aduk dan bercelaru. Bunyi bercampur aduk terhasil apabila bunyi ulangan yang kedengaran bersambung dengan bunyi asal. Oleh itu, bunyi yang asal akan kedengaran berpanjangan. Hal ini hendaklah dielakkan, misalnya dengan meletakkan penyerap pada pemantul, rujuk Rajah 2.5.^[2]



Rajah 2.5 : Pantulan yang mengelirukan pendengaran

2.9 Gema

Apabila suara yang dipantulkan itu sampai lewat, bunyi yang dipantulkan itu akan kedengaran berasingan daripada bunyi asal kerana perkataan asal yang terdiri daripada beberapa ungkapan kata telah selesai diucapkan dengan lengkap. Bunyi itu juga merupakan ajukkan kepada bunyi asal yang telah lengkap berbunyi. Bunyi yang bertalu-talu atau berulang-ulang itu disebut gema. Keadaan bergema ini pun tidak dikehendaki dalam bangunan.

2.10 Masa Gemaan

Masa kepupusan bunyi setelah sumbernya dihentikan membolehkan gemaan diukur. Satu takrif telah diperkenalkan oleh *W. C. Sabine* yang dipanggil masa gemaan iaitu masa bunyi di dalam bilik berkenaan pupus sebanyak 60dB apabila sumbernya tiba-tiba dihentikan. Masa gemaan ini ditulis juga sebagai RT60. *Sabine* membuat ukuran menggunakan paip-paip organ yang dibunyikan dengan mesin peniup yang mudah dialihkan sebagai sumber bunyi dan mengukur kepupusan bunyi dengan telinga dan jam randek.

Penurunan bunyi 60dB memang cukup besar 20 kali ganda mengikut ukuran telinga.^[1] Aras kebisingan bunyi sekitar 30dB pun biasanya susah hendak dicari. Sekiranya, bunyi sekitar di aras ini, aras bunyi sumber mestilah sekurang-kurangnya 90dB. Aras ini sudah cukup kuat. Selalunya aras bunyi sekitar melebihi 45dB. Ini bermakna yang sumber bunyi kita perlu mengeluarkan 105dB, memang susah dicapai tetapi masalah ini mudah

diatasi dengan cara penentuan luar jika pupusan bunyi itu dapat disurih di atas kertas.

Seseorang pakar akustik yang berpengalaman biasanya dapat mengagak masa gema secara kasar dengan menepuk tangan dan mendengar dengan teliti pupus bunyinya. Cara ini selalunya dibuat untuk menilai sesuatu ruang secara kasar. Ini biasanya memadai untuk menentukan jenis sistem dalam pemasangan sistem siaraya. Ia juga digunakan untuk menentukan sama ada ruang itu memerlukan pembetulan akustik ataupun tidak. Pembetulan akustik ataupun penilaian ketepatan kiraan dalam rekabentuk akustik memerlukan ukuran pemupusan bunyi tiap-tiap oktaf secara terperinci.^[1]

2.11 Penyerapan

Penyerapan bunyi diperlukan dalam bangunan untuk merendahkan aras bunyi dalam sesuatu ruang, mengelakkan berlakunya pemantulan pada permukaan tertentu dan mengawal gema. Siling sebuah dewan syarahan pula mungkin perlu menggunakan bahan penyerap jika pantulan pada siling itu akan menimbulkan kecelaruan ungkapan kata atau gema. Dinding, lantai dan permukaan yang lain dalam dewan itu juga mungkin perlu dipasang bahan penyerap untuk mengawal gema yang akan mengelirukan perkuliahan.

2.12 Tujuan Penyerapan

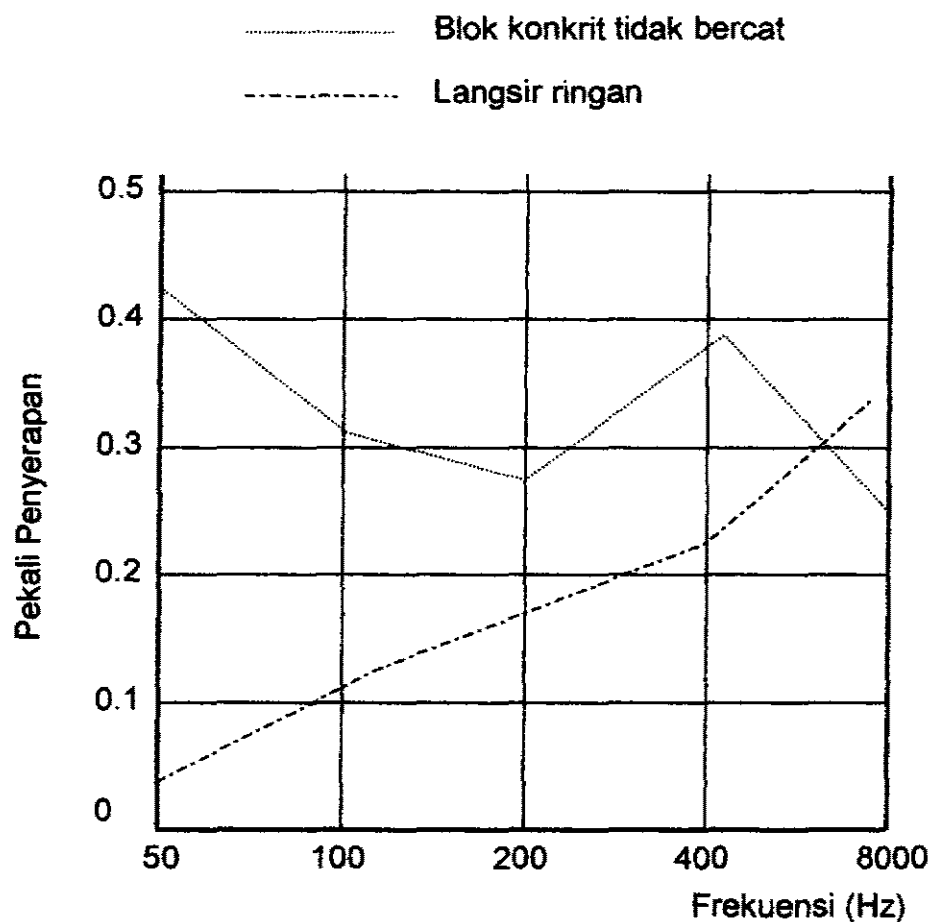
Penyerapan yang bertujuan untuk merendahkan aras kebisingan sesuatu punca bunyi hendaklah diletakkan pada punca itu atau pada bahagian dalam bilik yang menempatkan punca bunyi itu. Bilik unit agihan udara dan bilik jentera biasanya dipasang dengan bahan penyerap untuk mengurangkan gangguan bising terhadap persekitarannya.

Penyerapan yang bertujuan untuk mengelakkan berlakunya pantulan yang menimbulkan kekeliruan akibat suara bercampur atau bertalu-talu hendaklah diletakkan pada bahagian pemantul yang akan menimbulkan masalah. Keperluan ini mungkin menyebabkan sebahagian daripada siling menggunakan bahan pemantul, manakala bahagian yang lain menggunakan bahan penyerap. Kedudukan bahan-bahan tersebut ditentukan secara analisis geometri. Apabila perbezaan jarak yang dilalui oleh bunyi sebelum dipantul dengan bunyi selepas dipantulkan melebihi 11 meter, maka bahagian siling itu dipasang dengan bahan penyerap. Bahagian siling di hadapan sempadan itu dipasang dengan bahan pemantul.^[2]

2.13 Bahan Akustik

Bahan akustik yang dipilih sebaik-baiknya hendaklah mempunyai penyerapan yang hampir seragam pada semua nilai frekuensi audio. Pada praktiknya, belum lagi ditemui bahan yang penyerapannya seragam seperti itu. Oleh itu, bahan penyerap frekuensi tinggi dan bahan penyerap frekuensi rendah hendaklah diletakkan berselang-seli secara seragam untuk mencapai kesan yang serupa.

Rajah 2.6 menunjukkan perbandingan penyerapan blok konkrit tidak bercat dengan langsir ringan. Dinding blok konkrit tidak bercat menyerap bunyi berfrekuensi rendah dengan baik. Sebaliknya langsir ringan yang dipasang menutupi dinding menyerap bunyi berfrekuensi tinggi dengan baik. Untuk keseragaman penyerapan dinding blok konkrit tidak bercat itu hendaklah dipasang dengan langsir secara berselang-seli.



Rajah 2.6 : Perbandingan pekali penyerapan blok konkrit tidak bercat dengan langsir ringan

2.14 Ruang Tertutup

Ruang tertutup mempunyai masalah kawalan bunyi yang berbeza dibandingkan dengan ruang terbuka. Tenaga bunyi tidak dapat meninggalkan ruang tertutup secara bebas. Sebahagian daripada tenaga bunyi akan dipantulkan semula ke dalam ruang. Pada kebiasaannya, rupa bentuk sesuatu ruang tertutup tidak simetri. Rupa bentuk itu menyebabkan pantulan dan penyebaran bunyi tidak seragam ke semua arah. Pantulan dan penyebaran tidak seragam itu membentuk *room modes* dan gelombang pegun.

Pembentukan *room modes* dan gelombang pegun ini akan menyebabkan aras bunyi tidak seragam pada semua bahagian auditorium. Semasa ucapan, ada bahagian auditorium yang aras suaranya terlalu tinggi hingga memekakkan. Sebaliknya, ada pula bahagian auditorium yang aras suaranya terlalu rendah hingga menyukarkan pendengaran. Masalah akustik ruang tertutup di atas itu lebih ketara di auditorium yang besar.

Strategi rekabentuk auditorium adalah seperti berikut;

- (1) Mencapai gemaan yang optimum
- (2) Mengurangkan gangguan bising dan gegaran
- (3) Mengelakkan kecacatan akustik

2.15 Mencapai Gemaan Optimum

2.15.1 Kesan Gemaan Terhadap Suara

Gemaan memberi kesan terhadap kejelasan ucapan atau kemerduan muzik sesuatu ruang. Ruang yang bergema akan menyukarkan para pendengar memahami ceramah. Dalam ruang tersebut, ungkapan kata penceramah akan kedengaran bercampur aduk. Keadaan tersebut akan mengelirukan.

Dalam ruang yang bunyinya bergema, sesuatu perkataan yang diucapkan akan 'hidup' di dalam ruang tersebut untuk beberapa lama. Ini disebabkan penyerapan yang ada di dalam ruang itu tidak mencukupi untuk melenyapkan perkataan yang diucapkan dengan segera. 'Kehidupan' ungkapan kata yang mula-mula akan mengelirukan apabila didengar semasa ungkapan kata yang berikutnya disebut.

Untuk kejelasan ucapan, sebaik-baiknya ungkapan suku kata yang pertama telah luput diserap oleh bahan bangunan sebelum ungkapan suku kata kedua dikeluarkan. Hal ini memerlukan tempoh gemaan yang pendek. Apabila tempoh gemaan melebihi 2.0 saat, ucapan sukar didengar dengan jelas.^[2]

Keperluan gemaan untuk muzik dan ucapan tidak sama. Ucapan lebih baik dalam ruang yang mempunyai tempoh gemaan yang singkat. Tetapi, permainan muzik lebih sesuai dalam ruang yang mempunyai tempoh gemaan yang panjang.

Jadual 2.1 : Kriteria tempoh gemaan

Tempoh gemaan (saat)	Percakapan	Muzik
< 1.0	Optimum	Terlalu layu
1.0 - 1.5	Baik	Sederhana
1.5 - 2.0	Sederhana	Baik
> 2.0	Tidak baik	Sederhana

2.15.2 Kesan Jumlah Penyerapan Dan Isipadu Terhadap Tempoh Gemaan

Tempoh gemaan bertambah panjang dengan penambahan isipadu. Sebaliknya tempoh gemaan bertambah singkat dengan penambahan jumlah penyerapan. Jumlah penyerapan dapat ditambah dengan menambah keluasan bahan penyerap atau menggunakan bahan yang mempunyai pekali penyerapan lebih tinggi.

$$T = \frac{0.16V}{A}$$

dengan T ialah tempoh gemaan (saat), V ialah isipadu ruang (meter padu) dan A adalah jumlah penyerapan (sabin metrik).

2.16 Pengarahan Kutub

Sumber bunyi yang kita temui selalunya lebih rumit dari ekakutub atau dwikutub. Ciri sumber-sumber ini ditentukan dengan ukuran, bukan dengan ramalan teori. Tekanan bunyi diukur pada jarak yang tetap dari sumber, pada arah yang berlainan. Aras tekanan yang diperolehi biasanya berbeza-beza dari titik ke titik. Aras-aras tekanan bunyi yang diplot pada graf kutub disebut

sebagai pengarahannya kutub sumber berkenaan. Dengan itu, permukaan yang mempunyai tekanan bunyi yang sama boleh digambarkan merangkumi sumber tetapi biasanya memadai dengan menentukan pengarahannya kutub bagi satah mengufuk dan satah menegak sahaja.

Pengarahannya kutub memang berguna benar untuk menyampaikan keterangan-keterangan yang senang difahami tentang satu-satu sumber bunyi. Pola-pola ini biasanya berubah mengikut frekuensi, pengarahannya selalunya jelas benar pada frekuensi tinggi dan kurang atau tidak berpengarahannya pada frekuensi rendah.

Selain daripada mengisahkan sumber-sumber bunyi seperti pembesar suara, sumber perbandingan, jentera dan sebagainya, konsep pengarahannya kutub ini juga digunakan untuk mengisahkan penerimaan tekanan mikrofon dan jangka aras bunyi.

2.17 Faktor Pengarahannya dan Indeks Pengarahannya

Pengarahannya sumber bunyi boleh ditentukan sama ada menggunakan faktor pengarahannya, D (disebut juga faktor Q), atau pun indeks pengarahannya, d . Faktor pengarahannya tidak berdimensi dan ditakrifkan,

$$D = \frac{I}{I_0}$$

Indeks pengarahannya disebut dalam dB dan ditakrifkan ;

$$d = 10 \log D = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

dengan I adalah keamatan bunyi diukur pada jarak tertentu dari sumber ke arah yang hendak ditentukan dan I_0 adalah keamatan perbandingan yang ditakrifkan.

$$I_0 = \frac{W}{4\pi r^2}$$

dengan W adalah kuasa bunyi yang dikeluarkan oleh sumber.

Nilai faktor pengarah bermula daripada satu bagi ekakutub di awang-awang hingga ke angka yang besar bagi sumber yang berpengarah benar. Nilai faktor pengarah dan indeks pengarah bagi sumber ekakutub di tempat-tempat tertentu diberi dalam Jadual 2.2.

Apabila kita tahu, tenaga sumber dan tahu pula pengarah kutubnya, kita bolehlah mengagak aras tekanan bunyi yang dikeluarkannya dalam kebanyakan persekitaran akustik yang ditentukan. Pengetahuan ini boleh kita gunakan dalam mengawal bunyi umpamanya menempatkan pembesar suara dalam rekabentuk sistem siaraya dan sebagainya.

Jadual 2.2 : Faktor pengarah dan indeks pengarah sumber ekakutub di tempat-tempat tertentu.

Kedudukan Sumber	Pengarah	
	Faktor	Indeks (dB)
Medan bebas misalnya tergantung antara lantai dan siling	1	0
Di atas permukaan rata	2	3
Di pertemuan dua satah tegak misalnya lantai dan dinding	4	6
Di pertemuan tiga satah tegak misalnya penjuru bilik	8	9

BAB 3

BAB 3

REKABENTUK SISTEM SIARAYA

3.1 Rekabentuk Sistem Siaraya

Sistem pembesar suara elektronik diperlukan dalam ruang besar, sama ada ruang terbuka mahupun tertutup, kerana penguat semula jadi tidak mampu memberikan pembesaran suara yang mencukupi. Pada umumnya, penguat semula jadi hanya mampu meninggikan aras bunyi antara 3dB hingga 6dB sahaja.

3.2 Fungsi Utama Sistem Pembesar Suara

Untuk membolehkan sesebuah ruang besar berfungsi, satu sistem pembesar suara elektronik, yang sekurang-kurangnya mencapai objektif utama berikut, perlu diadakan;

3.2.1 Meninggikan Aras Bunyi

Aras bunyi akan berkurangan secara semula jadi semakin jauh dari punca bunyi. Pengurangan ini berkadar terus dengan kuasa dua jarak antara pendengar dengan pengucap (sumber bunyi). Sekiranya kedudukan pendengar itu terlalu jauh, aras bunyi ucapan yang sampai di situ terlalu rendah untuk didengar dengan jelas. Keadaan aras bunyi yang rendah ini

bertambah buruk kerana pada kebiasaannya terdapat bunyi kebisingan sekitar. Bunyi kebisingan sekitar itu akan menenggelamkan bunyi ucapan yang rendah itu.

Untuk mencapai kejelasan pendengaran, sistem pembesar suara semula jadi atau elektronik haruslah mampu meninggikan aras bunyi ucapan supaya bunyi yang sampai ke telinga pendengar itu sekurang-kurangnya 10dB lebih tinggi daripada aras kebisingan sekitar.

3.2.2 Menyelaraskan Gerak-geri

Gerak-geri disampaikan ke mata menerusi gelombang cahaya, manakala bunyi sampai ke telinga menerusi gelombang bunyi. Penyelarasan ini diperlukan kerana sifat semula jadi cahaya yang bergerak laju, iaitu 3×10^8 meter sesaat, manakala bunyi bergerak agak lambat, iaitu 340 meter sesaat. Jika penyelarasan tidak dilakukan, kita akan dapat menyaksikan bunyi tepukan kedengaran semasa kedua-dua tapak tangan sudah selesai bertepuk dan tidak bersentuh lagi.

3.3 Ciri-ciri Sistem Pembesar Suara Yang Baik

Sistem pembesar suara elektronik yang baik hendaklah membolehkan orang ramai mendengar 'penceramah asli'. Ini bermakna sedapat mungkin bunyi yang dikeluarkan hendaklah datang dari arah datangnya punca sebenar. Tanggapan pendengaran telinga dapat mengesan arah kerana keberkesanan telinga kepada sesuatu aras bunyi bergantung pada frekuensi dan arah.

Aras keamatan bunyi yang dikeluarkan itu pula haruslah tidak terlalu tinggi. Ini memerlukan sistem itu dilengkapi dengan pembesar suara berkuasa kecil yang banyak. Sistem pembesar suara elektronik yang baik haruslah mempunyai ciri-ciri seperti yang berikut:

- (1) Kewujudan sistem itu tidak disedari oleh orang yang menggunakan ruang tersebut.
- (2) Keaslian bunyi tidak berubah sekurang-kurangnya pada frekuensi 30Hz hingga 30kHz.
- (3) Aras bunyi 100dB dapat didengar sehingga jarak 30 meter dari punca bunyi tanpa herotan.
- (4) Sistem pembesar suara elektronik itu haruslah mampu menghalakan bunyi dengan tepat ke sesuatu kawasan yang dikehendaki secara seragam. Maksud seragam di sini ialah perbezaan aras kekuatan di sebarang sudut dalam kawasan itu, jika ada, hendaklah tidak melebihi 3dB.
- (5) Sistem pembesar suara elektronik itu haruslah mampu berfungsi tanpa gangguan pantulan atau gema. Sekiranya terjadi pantulan, sistem pembesar suara itu akan binyit atau berdesing.

3.4 Susunatur Pembesar Suara

Secara umum, susunatur sistem pembesar suara dapat dibahagikan kepada dua, iaitu sistem pusat dan sistem berselerak. Dalam sistem pusat, sekumpulan pembesar suara dikumpulkan dan diletakkan di sebelah penceramah. Perletakkan jenis ini memberikan suasana keaslian kepada pendengar kerana punca bunyi datangnya dari arah penceramah. Tetapi,

sistem pusat ini tidak sentiasa praktik, misalnya apabila sekumpulan pendengar tidak dapat 'melihat' pembesar suara. Contoh lain ialah jika siling terlalu rendah. Dalam keadaan sedemikian, sistem berselerak digunakan.

Sungguh pun, sistem pembesar suara berselerak tidak dapat memberikan suasana keaslian tetapi sistem ini dapat memberikan aras bunyi yang hampir seragam dan jelas, rujuk Rajah 3.1.

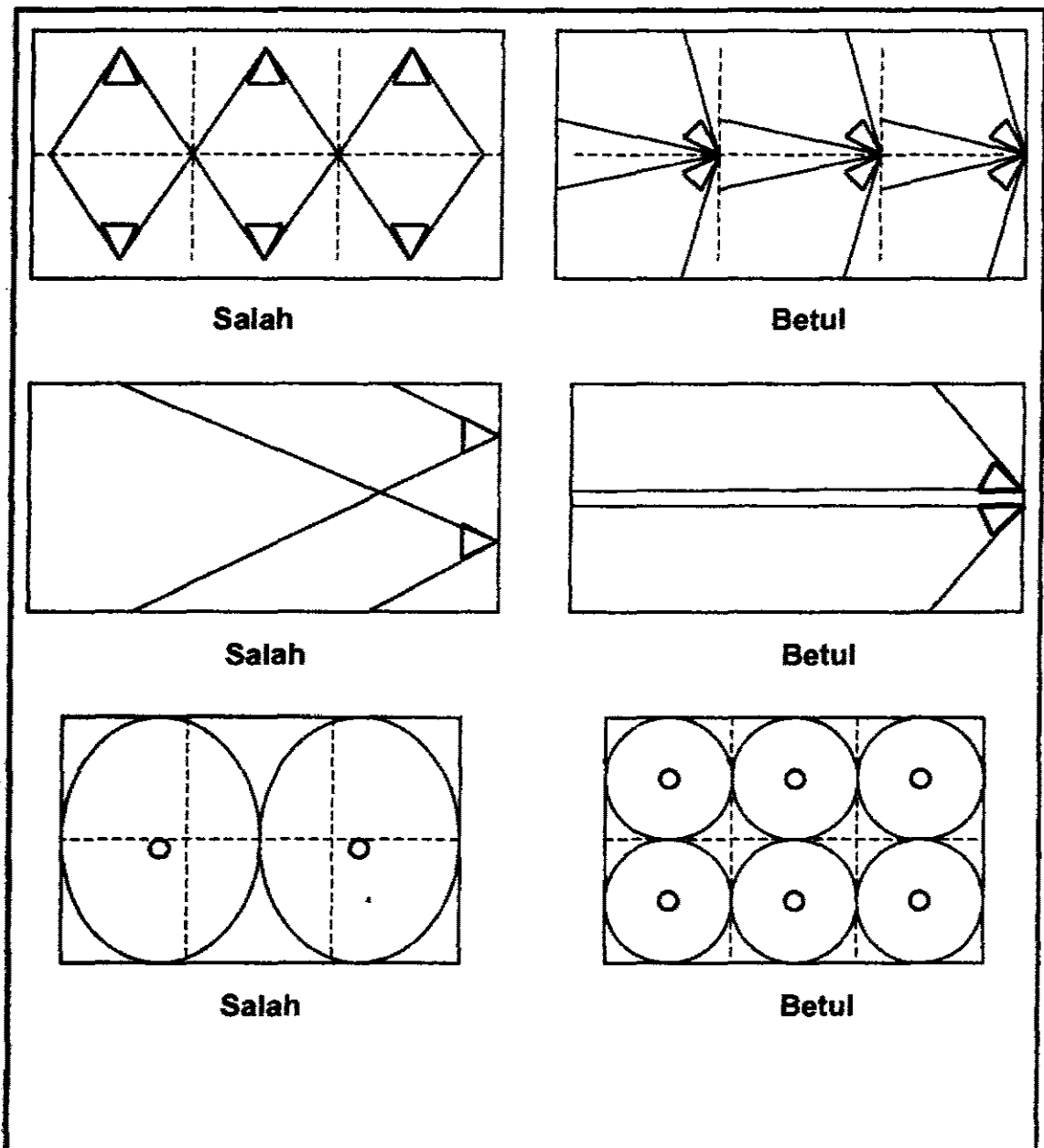
Dalam sistem pembesar suara berselerak, pembesar suara hendaklah diletakkan hampir dengan pendengar. Bagi setiap pembesar suara, ditetapkan kawasan liputannya. Jarak terjauh sasaran pembesar suara itu hendaklah kurang daripada tiga kali jarak sasaran terdekatnya, rujuk Rajah 3.2.^[2]

Jarak di antara setiap pembesar suara dapat juga ditentukan daripada persamaan.

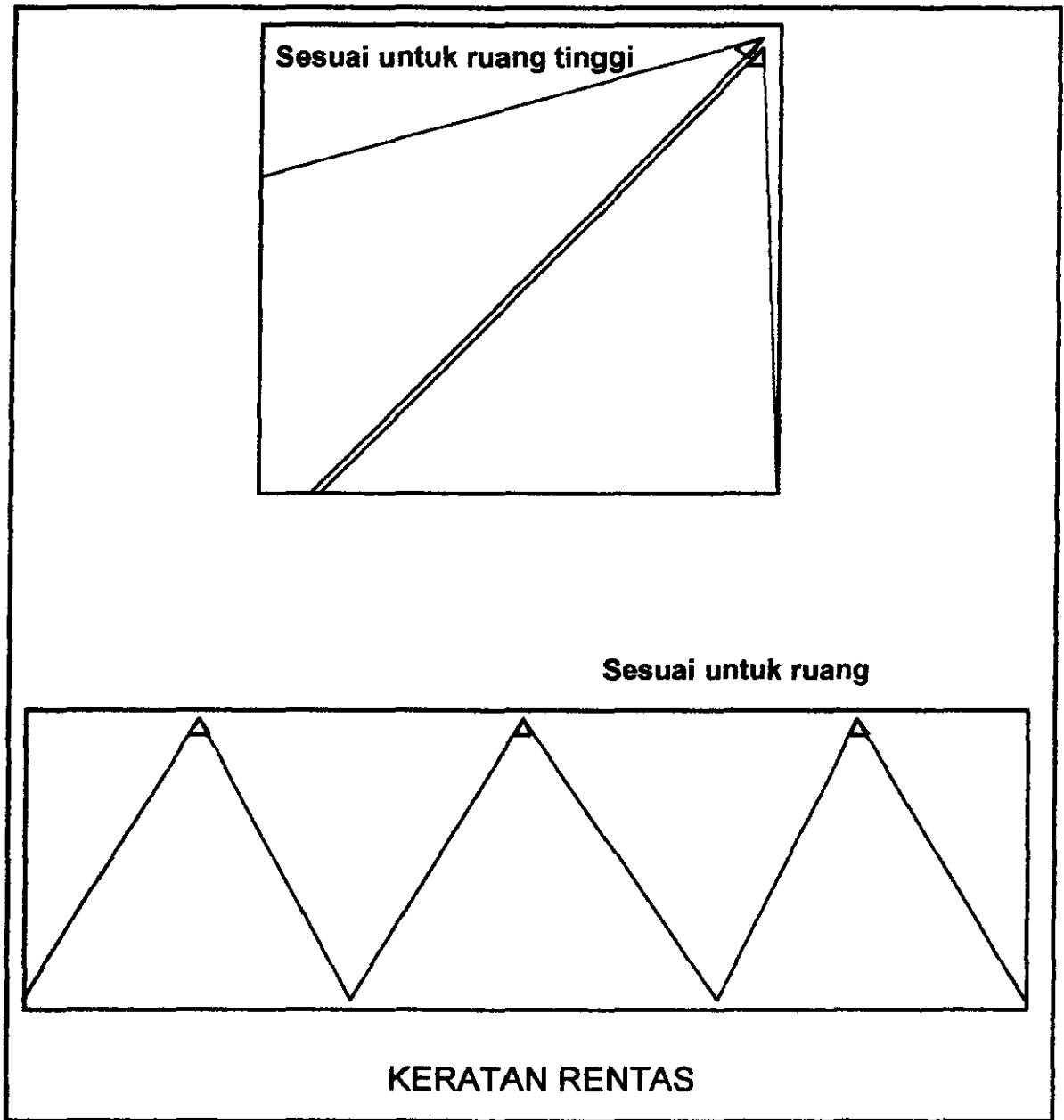
$$D = 2 (H - 1)$$

dengan D ialah jarak antara pembesar suara (m) dan H adalah ketinggian siling.^[2]

Selalunya dalam sesebuah ruang besar, kedua-dua sistem pembesar suara digunakan. Dalam Masjid Negeri Shah Alam, sistem pembesar suara pusat diletakkan dalam dewan besar di atas mihrab. Semua tempat lain dalam masjid itu dipasang dengan sistem pembesar suara berselerak. Arah pembesar suara berselerak itu pula dipusing supaya mencapai suasana 'keaslian' penceramah atau khatib. Maksudnya bagi kawasan di kiri, pembesar suara dihalakan ke kiri, bagi kawasan belakang, pembesar suara dihalakan ke belakang dan bagi kawasan kanan, pembesar suara dihalakan ke kanan.



Rajah 3.1 : Penggunaan pembesar suara berkuasa rendah yang berselerak

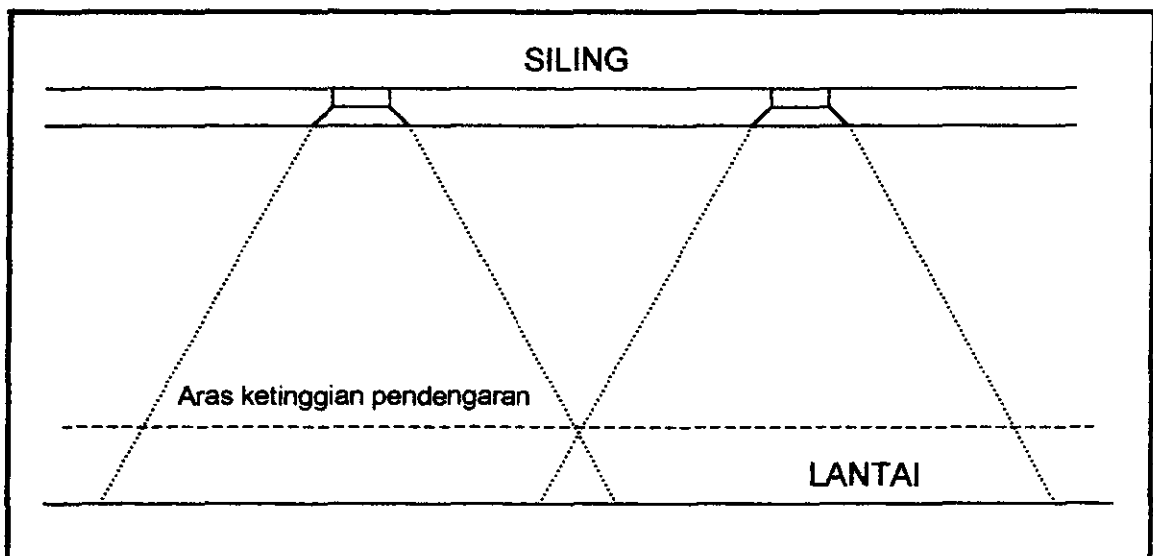


Rajah 3.2 : Sistem pembesar suara berpusat dan berselerak

3.4.1 Sistem Penyebaran Tahap Rendah

Apabila banyak pembesar suara yang digunakan dan ianya beroperasi di tahap keluaran yang rendah (*low-level output*) maka sistem dinamakan sistem penyebaran tahap rendah. Sistem yang begini banyak dipraktikkan pada kawasan yang lantainya sekata dan silingnya rendah seperti bilik perundingan, dewan pameran, masjid dan pusat membeli-belah.

Kaedah yang biasa digunakan adalah dengan teknik susunatur pembesar suara di atas siling (*overhead ceiling mounted*). Jarak jangkauan pembesar suara dipenuhi sama ada dari struktur susunan lajur pembesar suara di bahagian sisi dinding atau pun dari penyusunan pembesar suara di bahagian belakang ruang berkenaan.



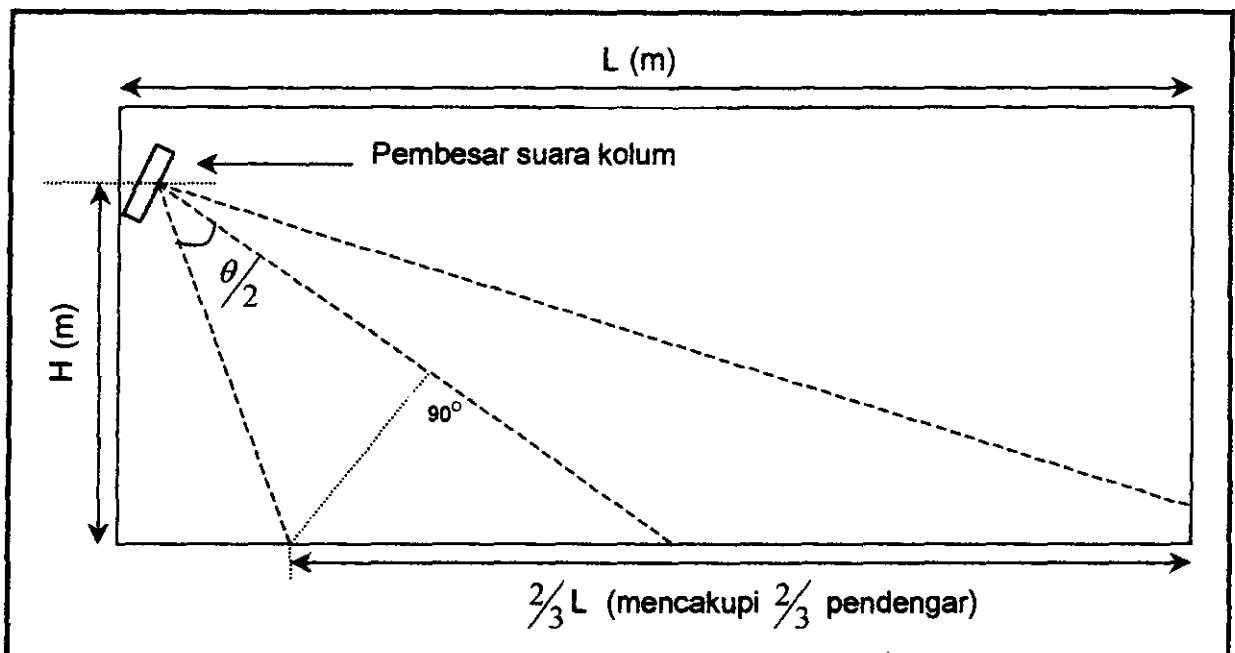
Rajah 3.3 : Corak penyebaran tahap rendah

3.4.2 Sistem Penyebaran Tahap Tinggi

Sistem penyebaran tahap tinggi ialah apabila satu kelompok pembesar suara digunakan di mana setiap sumber berkenaan akan meradiasikan tekanan bunyi yang tinggi supaya dapat meliputi kawasan yang dikehendaki. Contoh yang paling senang adalah seperti sistem bunyi di auditorium di mana pembesar suara yang utama diletakkan di hadapan atas pentas dan ianya dapat meliputi hampir keseluruhan kawasan para penonton di dalam auditorium tersebut.

Keluasan kawasan yang dapat diliputi oleh sistem pembesar suara dapat diketahui dengan kaedah pengiraan yang bersesuaian dengan keadaan berkenaan. Bentuk pengiraan akan mengambilkira corak kutub satah mengufuk dan satah menegak secara berasingan sebagai kawasan yang diliputi oleh pembesar suara berkenaan.

Di dalam sistem penyebaran tahap tinggi ini, pelbagai bacaan pada aras tekanan bunyi (*SPL*) akan diperolehi dan dapat diplotkan di atas graf corak kutub satah mengufuk dan menegak tetapi masalah bacaan yang banyak ini dapat diselesaikan dengan penggunaan pembesar suara yang diketahui dan dikawal corak pengarahannya dan radiasi bunyinya supaya jangkauannya dapat dikawal dan juga dapat meminimalkan limpahan (*overspill*) ke atas kawasan yang tidak diperlukan seperti permukaan-permukaan yang akan memantulkan gelombang bunyi.



Rajah 3.4 : Corak penyebaran tahap tinggi

3.5 Kecekapan Sistem Siaraya

Kecekapan sesuatu sistem siaraya bergantung kepada perkara-perkara berikut ;

3.5.1 Kekuatan Bunyi

Kekuatan bunyi yang betul pada setiap bahagian dewan tidak diperolehi. Pada umumnya, untuk mengatasi masalah ini, pembesar suara diletakkan di tempat yang tinggi supaya penonton di hadapan dan di belakang berada dalam lingkungan corak kutub pembesar suara. Penonton di barisan belakang menerima bunyi dengan cara pembalikan bunyi dari dinding belakang. Oleh itu, sudut pengarahannya ditentukan agar pembalikan tidak berlaku untuk mengelakkan gema.

3.5.2 Mutu

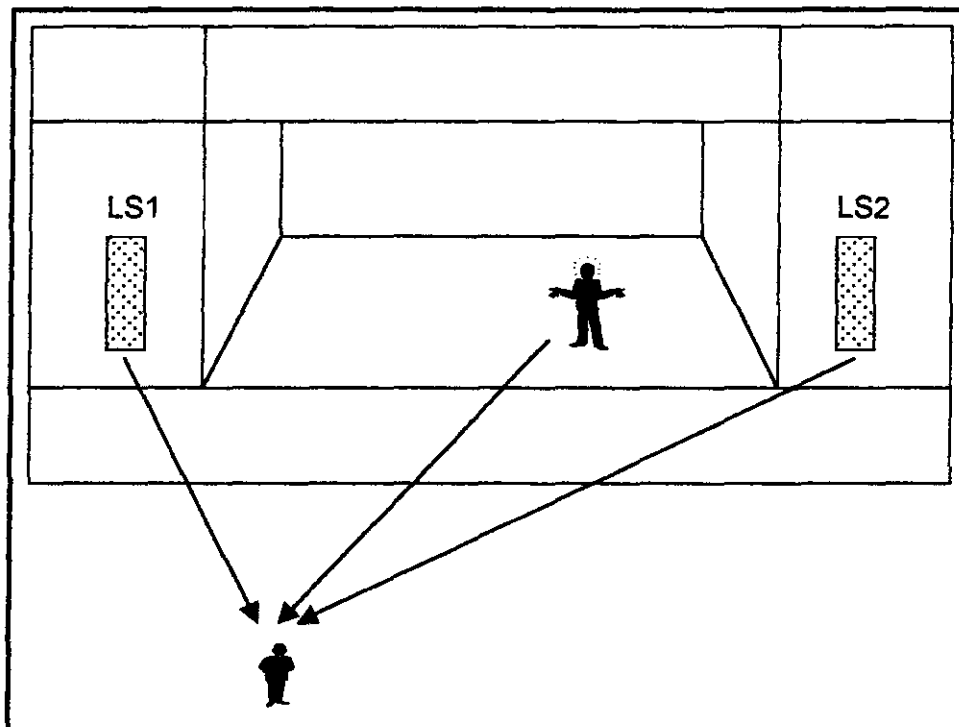
Mutu keluaran sistem siaran adalah dikatakan terbaik jika terdapat persetujuan antara arah pembesar suara yang berubah dengan kawasan yang diliputi oleh bunyi terus dari puncanya. Jika banyak sistem siaran dibenarkan melimpah ke mikrofon, ia akan menurunkan mutu siaran. Kedudukan mikrofon dan pembesar suara mestilah dianggap sebagai satu kendalian yang saling bergantung di antara sama dengan yang lain.

3.5.3 Kestabilan

Sistem dikatakan tiada kestabilan jika mikrofon berada dalam julat liputan pembesar suara. Bahayanya ialah apabila terjadinya penguatan bunyi berulang-ulang kali hingga suapbalik berlaku. Ini akan mengujudkan ayunan yang kuat jika ianya dibenarkan berlarutan dan herotan yang terjadi daripadanya sudah cukup untuk mencemarkan penyiaran. Cara untuk mengatasinya ialah dengan mengatur kedudukan mikrofon dan pembesar suara pada kedudukan yang betul di samping kawalan terhadap gandaan sistem siaran.

3.5.4 Arah

Apabila terdapat lebih daripada satu punca bunyi, biasanya telinga kita akan mendengar bunyi dari sumber yang lebih dekat. Dalam sistem siaran adalah perlu untuk mengatur jarak dari pembesar suara ke penonton adalah lebih jauh jaraknya daripada bunyi terus dari sumbernya.



Rajah 3.5 : Punca bunyi dari berbagai arah

3.6 Komponen-komponen Sistem Siaraya

3.6.1 Mikrofon

Mikrofon adalah satu transducer yang menukarkan tenaga akustik (bunyi) kepada tenaga elektrik. Setelah mikrofon menukarkan tenaga akustik kepada tenaga elektrik, tenaga elektrik mengalir dalam litar sebagai voltan dan mewujudkan galangan mikrofon. Galangan mikrofon terbahagi kepada galangan rendah. Mikrofon bergalangan rendah lebih kerap digunakan kerana kurang dipengaruhi oleh hingar elektrik di samping boleh disambungkan kepada kabel yang panjang tanpa menambahkan hingar. Walaupun semua mikrofon mempunyai fungsi yang hampir sama namun perbezaan jenis penggunaan membuatnya begitu berguna dalam bidang

penyiaran, rakaman dan filem. Sebagai contoh, dalam penggunaan siaran televisyen ianya mestilah nampak elok, ringkas dan kemas. Bagi penggunaan luaran, mikrofon mestilah menggunakan penghadang angin (*wind shield*). Manakala bagi yang melibatkan jarak, ianya mestilah mengasingkan punca bunyi dan masih memberikan mutu keluaran yang baik.

Pemilihan sesuatu mikrofon bergantung kepada kegunaan dan ciri-ciri pengarahannya. Ianya bergantung kepada rekaan, mikrofon sensitif terhadap punca bunyi daripada semua pengarahan (*omni-directional*), pengarahan hadapan dan belakang (*bi-directional*) dan satu pengarahan (*directional*). Mikrofon semua arah juga dikenali sebagai tiada pengarahan (*non-directional*), manakala jenis satu arah dikenali sebagai '*cardioid*'. Lain-lain bentuk satu arah ialah *wide-angle cardioid*, *supercardioid*, *hypercardioid* dan *ultracardioid*. [Rujuk Rajah 3.7 dan Rajah 3.8 dalam Lampiran A]

3.6.2 Peringkat Pencampur

Fungsi peringkat pencampur adalah untuk menukarkan frekuensi isyarat yang dikehendaki kepada frekuensi pertengahan penerima. Proses ini dilakukan dengan mencampurkan frekuensi isyarat dengan keluaran pengayun tempatan dan memilih frekuensi beza paduan.

Pencampur selalunya digunakan untuk menggabungkan beberapa masukan dari mikrofon atau pun pita rakaman dan membentuk hanya satu keluaran sahaja yang biasanya disambungkan kepada pra-penguat dalam sesuatu rekabentuk sistem bunyi. Pencampur mikrofon digunakan apabila beberapa masukan diperlukan untuk menyediakan pengagihan keluaran

asas kepada sistem bunyi seperti penyama, penguat kuasa dan pembesar suara.

Pencampur automatik menjadi satu keperluan dan biasanya menjadi pilihan utama dalam rekabentuk sistem bunyi. Ianya menyediakan penambahan penting bagi gandaan sebelum berlaku suapbalik terhadap bilangan mikrofon yang digunakan tanpa penggunaan operator. Ia akan meningkatkan kualiti keluaran sistem bunyi dengan pengurangan jumlah bunyi tambahan bagi sesuatu bilik. Satu pencampur automatik yang ideal, penggunaan banyak mikrofon perlu dipastikan bahawa bilangan minimum untuk aturcara yang diperkuatkan akan dapat diterima oleh sistem bunyi itu sendiri. Tambahan pula, ianya adalah gandaan sistem kawalan secara automatik untuk penggantian pada perbezaan aras aturcara dan untuk menghasilkan lebih keseragaman pendengaran terhadap aras bunyi. Maka, pencampur automatik menyediakan kepentingan kepada setiap kawalan di mana ianya lebih baik daripada apa yang dilakukan secara manual.

3.6.3 Pra-penguat

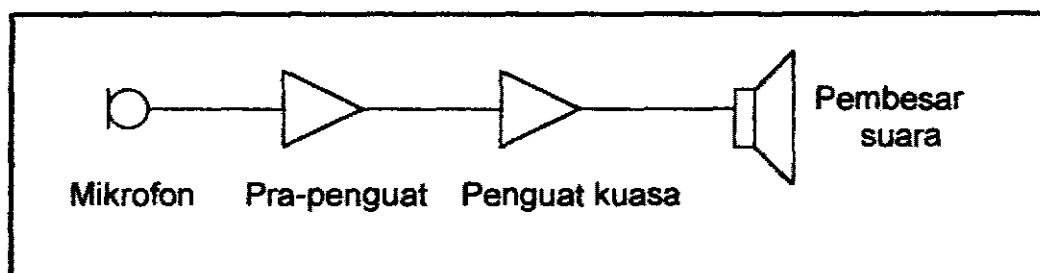
Pra-penguat adalah satu litar yang berfungsi bagi menyediakan satu isyarat masukan yang cukup kuat bagi memacu penguat kuasa. Dalam hal ini, biasanya isyarat masukan yang asal adalah dari punca aras rendah seperti mikrofon. Sebenarnya, pra-penguat adalah penguat yang peka dan biasanya ia direka supaya ianya bebas hingar (*noise free*) atau mempunyai hingar dalaman yang minimum. Selain itu, ia juga menyediakan komponen utama lain bagi memperbaiki sambutan frekuensi isyarat keluaran. Komponen berkenaan ialah kawalan aras bunyi (*volume*), *bass* dan *treble*.

Kebaikan menggunakan litar bass dan treble ialah di mana kita akan dapat mendengar dengan jelas puncak keluaran frekuensi rendah dan tinggi.

3.6.4 Penguat Kuasa

Penguat kuasa ialah penguat isyarat besar yang direkabentuk untuk menyediakan kuasa bagi tujuan memacu transducer seperti pembesar suara. Oleh kerana, ia mengendalikan kuasa yang tinggi, maka penguat ini mesti mampu menampung pelepasan kuasa yang tinggi dalam bentuk haba. Transistor yang digunakan dalam penguat kuasa dikenali sebagai transistor kuasa. Penguat kuasa digunakan pada tahap akhir atau tahap keluaran sistem penguat.

Penguat kuasa digunakan secara meluas dalam sistem audio seperti penerima radio dan TV, sistem stereo, alat rakaman dan sistem siaraya. Dalam sistem audio, bunyi ditukarkan menjadi isyarat elektrik oleh mikrofon dan isyarat ini diperkuatkan oleh pra-penguat dan seterusnya oleh penguat kuasa bagi memacu pembesar suara. Gambarajah blok sistem audio ringkas seperti Rajah 3.6.



Rajah 3.6 : Gambarajah blok sistem audio ringkas

3.6.5 Penyama

Penyama merupakan satu alat yang direkabentuk untuk menggantikan ketidak-inginan terhadap ciri-ciri amplitud atau fasa frekuensi ataupun kedua-duanya pada transduser sesuatu sistem.

Dengan kehadiran transistor dan litar bersepadu, penyama aktif menjadi semakin popular. Ianya mempunyai kelebihan iaitu dari segi saiz yang lebih kecil. Namun begitu, kelemahan penyama aktif yang paling ketara ialah pada gegelungnya yang begitu sensitif serta mudah berdentung, menghasilkan hingar yang tinggi (terutamanya pada frekuensi tinggi) dan mempunyai kadar dinamik yang lebih kecil. Biasanya, penyama aktif ini berbeza pada padanan galangannya.

Kuasa memproses isyarat digital selalunya dibekalkan kepada penyamaan dan penapisan. Penapis digital adalah stabil, yang akan menghuraikan fungsi-fungsi penapis dan yang paling penting ialah boleh beroperasi dalam masa sebenar dengan isyarat yang sangat baik kepada ciri-ciri hingar. Ia memberikan pilihan kawalan parameter melalui kadar frekuensi sistem, selalunya 40Hz hingga 20kHz. Kebiasaannya, kebolehan penyama menggunakan himpunan penapis talaan tetapi ada juga jenis yang berdasarkan kepada teori penapis digital.

Penyama boleh dikategorikan berdasarkan beberapa sifat antaranya adalah aktif, pasif, $\frac{1}{3}$ oktaf, $\frac{1}{2}$ oktaf, $\frac{2}{3}$ oktaf, lebar oktaf, pemilihan, parametrik, melintang, potong lebar, melonjak atau potong, digital IIR, digital FIR, pengatucaraan dan penyesuaian. Penyama yang diberikan mungkin mempunyai lebih dari satu sifat-sifat ini.^[6]

Secara umumnya, penyama melaraskan penalaan penapis yang dibina dengan penapis pada frekuensi yang dilaraskan dengan pengasingan piawai frekuensi itu memberikan ruang matematik yang optimum melebihi kadar frekuensi audio. Maka $\frac{1}{3}$ oktaf, $\frac{1}{2}$ oktaf, 1 oktaf, $\frac{1}{10}$ oktaf, pemilihan tinggi, pemilihan rendah, lebar atau sempit dalam keadaan realiti tidak menunjukkan lebar jalur penapis tetapi memberikan ruang antara pusat setiap penapis yang berdekatan.

Berbagai-bagai jenis pendekatan dan falsafah yang akan digunakan untuk merekabentuk penyama. Pengguna akan mempelajari kebolehan alat-alat serta ciri-cirinya dalam hubungan masalah penyamaan.

3.6.5.1 Penyama Grafik

Penyama grafik ini sangat meluas dan popular penggunaannya dan selalunya digunakan untuk membentuk isyarat semasa rakaman. Ia dipanggil 'grafik' kerana sambutan frekuensi keluaran mengikut posisi gelingsiran dapat disesuaikan sama ada lebih atau kurang. Penyama grafik boleh menggunakan $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ atau 1 oktaf penapis lebar. Ianya boleh dinyatakan dalam tempoh $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan sebagainya, memberikan ruang antara penapis berdekatan, bukan lebar jalur penapis masing-masing. Penyama grafik boleh terdiri sama ada pasif atau aktif.

3.6.5.2 Penyama Penolak Lebar

Penyama penolak lebar $\frac{1}{3}$ oktaf ini direkabentuk secara spesifik untuk pengagihan bunyi sehingga ia menolak atau memotong dan tidak melonjak. Contohnya, penyama aktif 'Altec Lansing 1650' direka untuk menyediakan penyamaan yang sesuai pada semua spektrum studio. 'Altec Lansing 1650' mengandungi 28 penapis penolak lebar aktif pada ISO yang dicadangkan, $\frac{1}{3}$ oktaf pada frekuensi pertengahan dari 31.5Hz hingga 16kHz. Setiap seksyen penapis dibahagikan pelemahan 15dB dan lagi tinggi pada frekuensi pertengahannya serta dilingkarkan ke laluan atas dengan seksyen berdekatan pada -7 dB, penggabungan memberikan tiada perjumlahan suara yang turun dan naik melebihi kadar 85%. Kawalan gandaan mengembalikan kehilangan penyamaan. ^[6]

Penapis jalur tinggi dan rendah berpusing pada 18dB/oktaf dengan penurunan 3dB secara berterusan. Suis pintas membenarkan pelarasan penapis dengan mudah untuk menyambung dan memutuskan litar. ^[6]

BAB 4

BAB 4

PEMBESAR SUARA KOLUM

4.1 Prinsip Pembesar Suara Kolum

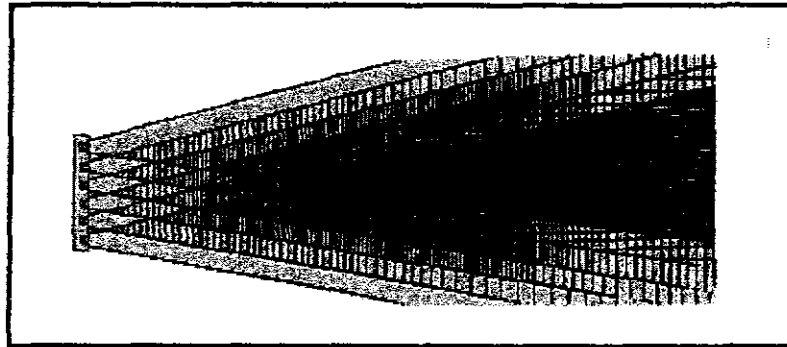
Pembesar suara kolum sebenarnya adalah susunan secara menegak unit-unit pemacu di dalam suatu kabinet lurus menegak yang kecil. Pembesar suara kolum ini digunakan secara meluas di dalam sistem siaraya. Setiap satu dari pemacu yang dipasangkan akan berkelakuan sepertimana asalnya iaitu akan menyebarkan bunyi berbentuk kon. Walau bagaimanapun, kon bunyi yang terhasil daripadanya akan bertindihan di antara satu sama lain, kon bunyi yang berada di tengah akan bertindih dengan kon bunyi yang terhasil di atas dan di bawahnya. Fenomena ini akan mengujudkan kawasan yang dikuatkan keamatan bunyinya hanya untuk jarak yang dekat sahaja. Tetapi, sekiranya pertindihan ini berlaku beberapa kali yakni dengan beberapa lagi unit pembesar suara yang berada di atas dan di bawah tentu akan mengujudkan kawasan yang lebih kuat bunyinya dan jaraknya turut akan bertambah. Dan pada titik yang sama juga, pertindihan ini akan memberikan keamatan bunyi yang maksimum.^[8]

Di samping kesan perubahan jarak dengan kesan pelemahan yang normal, aras bunyi sebenarnya lebih tinggi pada jarak-jarak yang tertentu dari pembesar suara berbentuk kolum. Sekiranya pendengar bergerak

menjauhi pembesar suara berbentuk kolum ini, aras bunyi akan meningkat (dapat dikesan oleh pendengar sendiri) sampai kepada satu titik di mana berlakunya penguatan yang maksimum (*maximum reinforcement*). Sekiranya pendengar bergerak melampaui dari titik ini, aras bunyi akan berkurangan seolah-olah sumber bunyi tadi (pembesar suara berbentuk kolum) bertindak seperti satu unit pemacu sahaja dan dalam jarak-jarak yang tertentu pula faktor pelemahan jarak berlaku. Dari sini, dapat dikatakan penggunaan pembesar suara atau unit pemacu yang digunakan dalam merekabentuk pembesar suara jenis kolum ini, makin banyak unit pemacu digunakan dan jarak antaranya akan bertambah, maka makin jauh jarak pengarahannya yang diliputinya.

Bagi proses pembentukan penguatan bunyi di sepanjang paksi dari titik tengah sumber (pembesar suara kolum) yang mengambil bentuk sinar pencapahan, gelombang bunyi yang bertekanan tinggi dan rendah akan bercantum di bahagian akhir sinar untuk membentuk satu fenomena yang dinamakan pembatalan. Titik-titik di mana pembatalan akan berlaku banyak bergantung kepada jarak antara unit-unit pemacu yang dipasangkan di dalam kolum pembesar suara berbanding dengan jarak-jarak gelombang bunyi berkenaan. Yakni, jika jarak gelombangnya terlalu pendek atau dengan kata lain gelombang bunyi itu berfrekuensi rendah maka titik-titik di mana pembatalan akan berlaku menjadi lebih rapat kepada titik tengah paksi dan akan membuatkan lebar sinar bunyi menjadi lebih sempit.

Sekiranya titik di mana bermulanya fenomena pembatalan itu tadi dapat diplotkan di atas lukisan yang berskala dan kemudian digabungkan titik-titik tersebut menjadi garisan maka hasil yang dapat diplotkan adalah sinar sebarannya dan juga jumlah kecapahan bunyi untuk frekuensi yang berbeza.

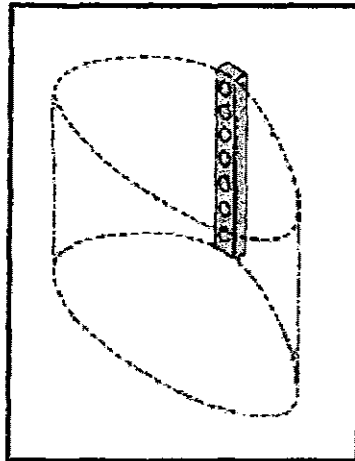


Rajah 4.1 : Prinsip sistem pembesar suara jenis kolum.

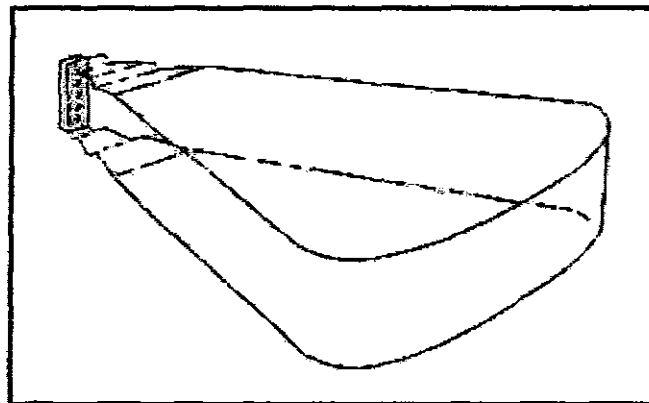
Apabila ketinggian kolum menyamai panjang gelombang, sinar kecapahan yang wujud boleh dianggarkan 58° ; sekiranya ia menyamai dua kali panjang gelombang, sinar kecapahan menjadi 29° .^[8] Ketika sela separuh panjang gelombang, wujud kawasan-kawasan bertekanan lemah yang akan berbentuk riak dan bukannya garisan yang lurus. Disebabkan oleh beberapa kelemahan terjadi dengan perubahan frekuensi maka ianya boleh diabaikan.

Pada frekuensi rendah, sinar akan menjadi begitu lebar dan pada frekuensi tinggi pula sinar akan menjadi lebih sempit. Ini akan menyebabkan jangkauan kepada pendengar akan menjadi terhad. Malah di dalam kawasan sinar itu sendiri di mana kawasan bunyi yang bertekanan maksimum dan minimum hasil dari unit-unit yang berbeza juga tidak berlaku tepat pada masanya kerana ianya terbentuk di sekitar paksi tengah ; untuk kawasan-

kawasan yang berada jauh dari paksi tengah tekanan bunyinya akan lebih tidak menentu (berselerak).^[8]



Rajah 4.2 : Corak penyebaran bagi pembesar suara kolum



Rajah 4.3 : Corak penyebaran bagi pembesar suara kolum

4.2 Kriteria-kriteria Pembesar Suara Kolum

4.2.1 Kepekaan

Kepekaan sesuatu pembesar suara kolum berhubung kait antara kuasa keluaran akustik dengan kuasa masukan elektrik. Katakan pembesar suara kolum itu memerlukan 10W kuasa elektrik sebagai kuasa masukannya untuk menghasilkan 0.1W kuasa akustik sebagai keluarannya pada frekuensi tertentu, maka pembesar suara kolum itu boleh dianggap mempunyai kepekaan (atau kecekapan) sebanyak 1% pada frekuensi digunakan.

Kebiasaannya, sistem pembesar suara yang kecil akan mempunyai kepekaan yang rendah berbanding dengan sistem pembesar suara yang lebih besar. Sistem sesekat tidak terhingga (*infinite baffle system*) yang lebih kecil mempunyai kepekaan yang paling minimum dan pembesar suara jenis hon yang besar mempunyai kepekaan yang maksimum, sistem yang terdahulu mempunyai kepekaan lebih kurang 1% berbanding dengan sistem yang terkini yang mempunyai kepekaan yang agak tinggi melebihi 20% hingga 30%.^[9]

Tetapi, kita amat beruntung kerana hanya dengan kuasa akustik yang rendah dapat meningkatkan tahap kekuatan bunyi. Sebagai contoh, kekuatan pada tahap 100dB (cukup kuat); harus diingat bunyi dalam lingkungan 130dB hingga 150dB boleh memecahkan gendang telinga serta merosakkan pendengaran^[1] boleh dihasilkan di dalam ruang seluas 2000 kaki³, hanya dengan kuasa akustik yang sebesar 0.3W sahaja. Tahap kekuatan sebegini boleh dibekalkan oleh penguat berkuasa 30W yang

dimasukkan kepada sistem pembesar suara yang hanya mempunyai kepekaan sekadar 1%.^[9]

4.2.2 Herotan

Herotan di dalam kes pembesar suara kolum ini dapat dibahagi kepada dua yang utama iaitu herotan saling modulan (*intermodulation distortion*) dan herotan harmonik (*harmonic distortion*). Kedua-dua herotan ini boleh terbentuk akibat dari aspek ketidaklinaran (*non-linear*) pembesar suara berkenaan. Pada umumnya, keseluruhan herotan ini tidak terlalu besar nilainya jika pembesar suara kolum ini beroperasi pada tahap paras pendengaran yang normal iaitu di sekitar 1% atau 2% dari rekabentuk kejuruteraan yang baik. Tetapi, nilai keseluruhan herotan ini boleh meningkat naik kepada paras yang tinggi apabila keluarannya tinggi terutamanya pada penghujung frekuensi rendah (*bass*), tambahan lagi apabila penggunaan pelonjakan melampau (*excessive boost*) bagi menggantikan rekabentuk kolum itu sendiri sebagai penggalak *bass*.

Malah pelonjakan rendah melampau (*excessive bass boost*) pada paras keluaran yang tinggi akan menggalakkan beban yang lebih di dalam penguat, ini adalah salah satu faktor yang akan menyebabkan kelemahan pada sambutan frekuensi rendah. Kadang-kadang, unit-unit pemacu yang mempunyai frekuensi yang tinggi juga akan menjana tertib herotan harmonik yang tinggi dan akan menyebabkan bunyi berfrekuensi tinggi (*treble*) menjadi berserabut (*tizzle*).

4.2.3 Galangan

Pada mulanya, galangan bagi sistem pembesar suara diberi dalam bentuk spesifikasi tertentu. Nilai galangan yang paling umum digunakan (bagi rekaan sistem yang terkini) adalah sebesar 8Ω . Nilai 8Ω ini sebenarnya dinilai apabila digunakan bersama dengan penguat transistor yang mana penguat itu sendiri direka untuk mengeluarkan sepenuhnya kuasa keluaran dasar pada nilai-nilai tertentu. Galangan ini juga boleh berubah-ubah dengan spektrum frekuensi, bermakna yang diberikan dalam bentuk spesifikasi tertentu itu umumnya berkaitan dengan nilai frekuensi tertentu seperti 400Hz, iaitu nilai frekuensi yang menghampiri nilai rintangan arus terus (*d.c*) bagi sistem pembesar suara berkenaan.^[9]

Pembesar suara disusun secara siri dalam kotak kolum yang mana bagi 4 pembesar suara hon 8Ω akan memberikan jumlah galangan 32Ω . Sekiranya ianya disambung secara selari, jumlah galangan cuma 2Ω . Kedua-dua nilai ini terlalu besar dan kecil untuk dipadankan dengan penguat kuasa bergalangan 4Ω , 8Ω dan 16Ω . Oleh itu, dalam rekaan pembesar suara kolum, sambungan siri-selari digunakan. Oleh itu, 4 pembesar suara 8Ω memberikan jumlah galangan 8Ω jika menggunakan sambungan cara ini. Ini memberikan padanan dengan penguat kuasa bergalangan 8Ω . Nilai-nilai lain juga dapat dihasilkan dengan cara sambungan ini. Rajah 4.4 [rujuk Lampiran A] menunjukkan sambungan pembesar suara.

Galangan sesuatu sistem pembesar suara perlu diketahui nilainya agar dapat dipadankan dengan galangan penguat yang akan digunakan di dalam sesuatu sistem siaraya kelak. Sekiranya galangan pembesar suara itu tidak

diketahui, maka nilai galangannya boleh dianggap sebesar 8Ω kerana nilai ini adalah nilai nominal masa kini bagi rekabentuk sistem pembesar suara.

4.3 Kelebihan Pembesar Suara Kolum

Pembesar suara kolum mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan sistem pembesar suara yang lain di mana ianya perlu untuk tujuan susunatur serta pengarahannya sistem bunyi yang sesuai sebagai sumber bunyi yang baik. Antaranya;

- (i) Penyebaran bunyinya yang luas di satah mengufuknya dan sempit di satah menegaknya adalah ciri yang penting untuk tujuan sistem penguatan bunyi.
- (ii) Paras bunyi yang maksimum berlaku di bahagian hadapan pembesar suara kolum dalam jarak-jarak yang tertentu dan tekanan bunyi adalah rendah di kawasan-kawasan yang berdekatan dengan pembesar suara kolum ini terutamanya di bahagian sisinya. Faktor ini membolehkan mikrofon dapat digunakan berdekatan dengan pembesar suara tanpa timbul masalah suapbalik, malah ia juga tidak akan memekakkan pendengar di bahagian hadapan yang berhampiran walaupun pembesar suara kolum ini beroperasi pada paras kuasa yang tinggi.
- (iii) Penghasilan sistem bunyinya berkualiti tinggi.
- (iv) Pada amnya, saiznya yang sederhana besar, padat dan tidak terlalu berat. Faktor-faktor ini akan menjimatkan penggunaan

ruang, memudahkan proses menyusunatur sistem pembesar suara kolum tersebut.

Kelebihan-kelebihan pembesar suara kolum ini dapat dapat digambarkan dengan jelas seperti sistem bunyi yang dipasangkan di dalam auditorium, dewan persembahan mahupun di masjid.

Dalam kes yang lain pula, sekiranya pembesar suara kolum diletakkan terlalu berhampiran dengan siling, sebaran bunyi yang lebar pada satah menegak akan disebarkan ke arah atas siling dan dinding. Sekiranya ini berlaku maka akan terjadinya pantulan dan meningkatkan masa pupus bunyi (masa yang diambil untuk bunyi pupus dari sumber bunyi yang asal) dan ini akan menyebabkan acara yang melibatkan bunyi (contohnya perbahasan) menjadi tidak difahami oleh pendengar. Masalah ini boleh diatasi dengan memperbetulkan sudut pengarahannya pembesar suara kolum yang digunakan. Dengan membetulkan sudut pengarahannya pembesar suara, sebaran bunyi yang berpantul dan bercampur aduk tadi akan dapat dielakkan serta fenomena suapbalik dapat dikurangkan.

Kebiasaannya, pembesar suara kolum yang digunakan akan diletakkan di atas dinding di bahagian hadapan ruang ataupun di bahagian sisi ruang (juga di bahagian atas dindingnya). Kemudian, ia akan dicondongkan sedikit menghala ke arah pendengar. Dengan pemasangan yang begini, pembesar suara kolum berkenaan akan menghasilkan sinar bunyi yang akan meliputi keseluruhan kawasan pendengar.

Merujuk kepada kriteria-kriteria pembesar suara kolum dan kelebihannya ini, pembesar suara kolum hendaklah dipasangkan di bahagian atas tetapi unit di bahagian bawah kolum seharusnya diletakkan tidak

melebihi jarak sekaki di atas ketinggian kepala penonton dengan sudut pengarah yang sesuai supaya bahagian atas pembesar suara kolum tadi akan menjadi searas dengan bahagian belakang ruang. Sekiranya hendak diletakkan pada kedudukan yang lebih tinggi, maka kecondongan di bahagian bawah unit kolum mestilah mencukupi untuk menghalakan sinar bunyi ke arah pendengar.

Satu lagi sifat pembesar suara kolum yang tidak dimiliki oleh sistem bunyi yang lain ialah walaupun sistem pembesar suara kolum ini beroperasi pada kadar kuasa yang tinggi dengan bunyi yang kuat sehingga mencapai kawasan jangkauan yang maksimum dan mengatasi masalah hingar *ambien* tetapi ianya tidak akan memekakkan para pendengar yang berada berdekatan pembesar suara kolum tersebut.

Ketinggian pembesar suara jenis kolum ini juga memainkan peranan yang penting dalam menyebarkan frekuensi bunyi. Pembesar suara kolum yang tinggi lebih sesuai atau paling baik menyebarkan bunyi yang berfrekuensi rendah (*bass*). Manakala yang rendah pula sesuai untuk menyebarkan bunyi yang berfrekuensi tinggi. Dengan kepelbagaian sifat dan kelebihan yang ada pada pembesar suara jenis kolum maka dapat disimpulkan bahawa pembesar suara kolum ini kerap dipraktikkan dan digunakan sebagai satu sistem bunyi.

4.4 Kelemahan Pembesar Suara Kolum

Kelemahan yang paling jelas pada pembesar suara kolum ini adalah pada penyebaran secara terus penggunaan sistem bunyinya di mana kecekapan penukaran kuasanya terlalu rendah iaitu sekitar 1% hingga 2%. Penukaran kuasa pembesar suara kolum ialah kuasa elektrik yang dimasukkan kepada unit-unit pemacu dan kemudiannya kuasa elektrik ini ditukarkan kepada kuasa akustik sebagai keluarannya. Ianya ditakrifkan sebagai nisbah kuasa keluaran (akustik) kepada kuasa masukan (elektrik). Berbanding dengan pembesar suara jenis hon, kecekapan penukarannya tinggi sekitar 10% hingga 50%.^[4] Maka pembesar suara kolum ini memerlukan penguat berkuasa tinggi sebagai penguat untuk menghasilkan kuasa akustik yang setaraf dengan pembesar suara jenis hon.

Antara kelemahannya yang lain ialah apabila banyak pembesar suara kolum ini digunakan untuk menampung kawasan jangkauannya yang luas. Contohnya, jika laluan jarak antara setiap pembesar suara dengan pendengar tidak melebihi 50 kaki maka ianya tidak akan menimbulkan masalah kepada para pendengar. Para pendengar akan dapat mengimbangi dan menghayati dengan baik, bunyi yang datang dari pembesar suara yang paling hampir dengan mereka dan dapat mengenalpasti kesemua isyarat bunyi yang dapat diterima. Sekiranya, laluan jarak melebihi 50 kaki, masa lengah bunyi yang akan tiba kepada pendengar akan menjadi lebih lama dan bunyi yang berbeza-beza kedengaran serta mengurangkan kejelasan pendengaran. Jika masa lengahnya menjadi lebih lama maka timbul pula masalah gangguan bunyi.^[8]

Sebagaimana yang diketahui, pembesar suara kolum akan menghasilkan sinar yang rata tetapi sinar yang terhasil ini amat sukar untuk dihalakan ke arah yang dikehendaki iaitu kawasan para pendengar. Oleh itu, sudut pengarah bunyi amat penting dan perlu diambilkira untuk meminimumkan pertindihan medan bunyi antara pembesar suara yang pertama dan seterusnya. Dengan memastikan sudut pengarah dan susunatur pembesar suara dengan tepat, maka permasalahan seperti di atas akan dapat diselesaikan.

BAB 5

BAB 5

REKABENTUK SISTEM SIARAYA SEDIA ADA

5.1 Pengenalan

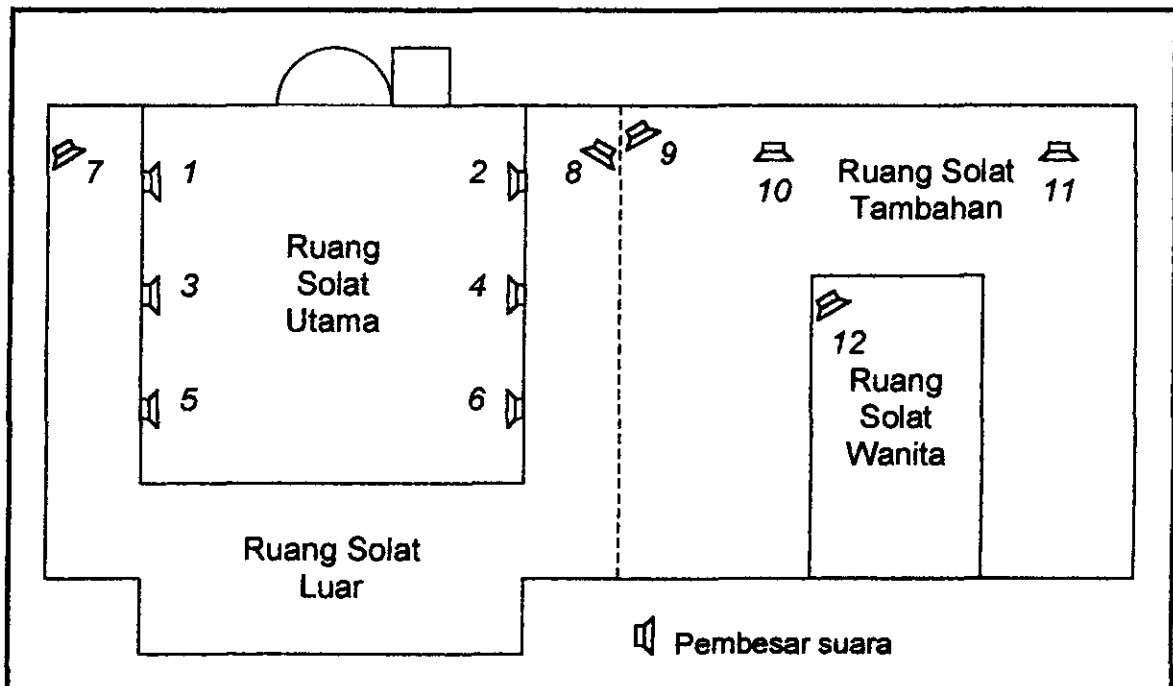
Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai boleh dibahagi kepada 4 bahagian utama iaitu Ruang Solat Utama, Ruang Solat Luar, Ruang Solat Tambahan dan Ruang Solat Wanita. Setiap bahagian ini telah ditempatkan beberapa pembesar suara dari jenis pembesar suara kolum, hon dan kon yang akan mengagihkan sistem bunyi di setiap ruang solat masjid. Namun begitu, cara menempatkan pembesar suara, bilangan pembesar suara yang digunakan dan sudut pengarahannya merupakan masalah utama yang dihadapi oleh sistem siaraya masjid ini.

Ruang solat utama menghadapi masalah sistem siaraya yang amat ketara sekali kerana bilangan pembesar suara yang digunakan terlalu banyak iaitu 6 buah pembesar suara jenis kolum. Ruang solat utama hanya berukuran 188.52 m^2 ($13.73 \text{ m} \times 13.73 \text{ m}$) atau berisipadu 749.63 m^3 sahaja. Penggunaan pembesar suara yang terlalu banyak ini akan menimbulkan kesan pengagihan bunyi yang tidak seragam di dalam ruang solat utama tersebut. Sudut pengarahannya sebanyak 15° , hanya diarahkan kepada bahagian hujung dinding ruang solat utama, bukannya diarahkan kepada para jemaah. Sudah tentu, fenomena ini akan

menyebabkan berlakunya kesan pantulan yang melampau. Penggunaan 6 buah pembesar suara yang kesemuanya mempunyai sudut pengarah yang sama sudah tentu akan menambahkan lagi kesan pantulan yang tidak diperlukan ini sehingga menjadikan ruang solat utama ini terlalu bergema dan kejelasan pendengaran para jemaah akan terganggu serta tidak memahami sebarang maklumat yang disampaikan oleh penceramah sekiranya sesuatu majlis ilmu diadakan di ruang solat utama tersebut. Begitu juga, sudut pengarah yang dilaraskan di bahagian solat yang lain, pengarah pembesar suara tidak ditumpukan kepada para jemaah sebaliknya hanya diarahkan pada sudut pengarah 15° bagi pembesar suara jenis hon dan pengarah 30° bagi pembesar suara jenis kon.

Kebanyakan aktiviti di masjid tertumpu di bahagian ruang solat utama, maka sistem siaraya di ruang tersebut mestilah berada dalam keadaan yang baik. Oleh itu, projek ini telah difokuskan khusus terhadap susunatur pembesar suara yang sedia ada agar dapat mengatasi segala permasalahan yang telah dibincangkan di atas.

5.2 Lokasi Pembesar Suara



Rajah 5.1 : Kedudukan pembesar suara di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.

Merujuk kepada Rajah 5.1, bilangan keseluruhan pembesar suara yang digunakan di Masjid Intan Abu Bakar adalah sebanyak 12 buah. Di ruang solat utama, 6 buah pembesar suara jenis kolum digunakan (1 hingga 6) ; di ruang solat luar, 2 buah pembesar suara jenis hon (7 dan 8) ; di ruang solat tambahan, 2 buah pembesar suara jenis hon (9 dan 11) dan sebuah pembesar suara jenis kon (10) ; manakala di ruang solat wanita pula, hanya sebuah pembesar suara jenis kolum (12) sahaja digunakan. Spesifikasi setiap pembesar suara akan dinyatakan di dalam topik 5.4.

Di ruang solat utama, susunatur pembesar suara ditempatkan pada dinding sisi sebelah kanan dan kiri ruang. 3 buah pembesar suara diletakkan di sebelah kiri (1, 3 dan 5) dan 3 buah pembesar suara diletakkan di sebelah kanan (2, 4 dan 6) dengan ketinggian pembesar suara dari lantai masjid

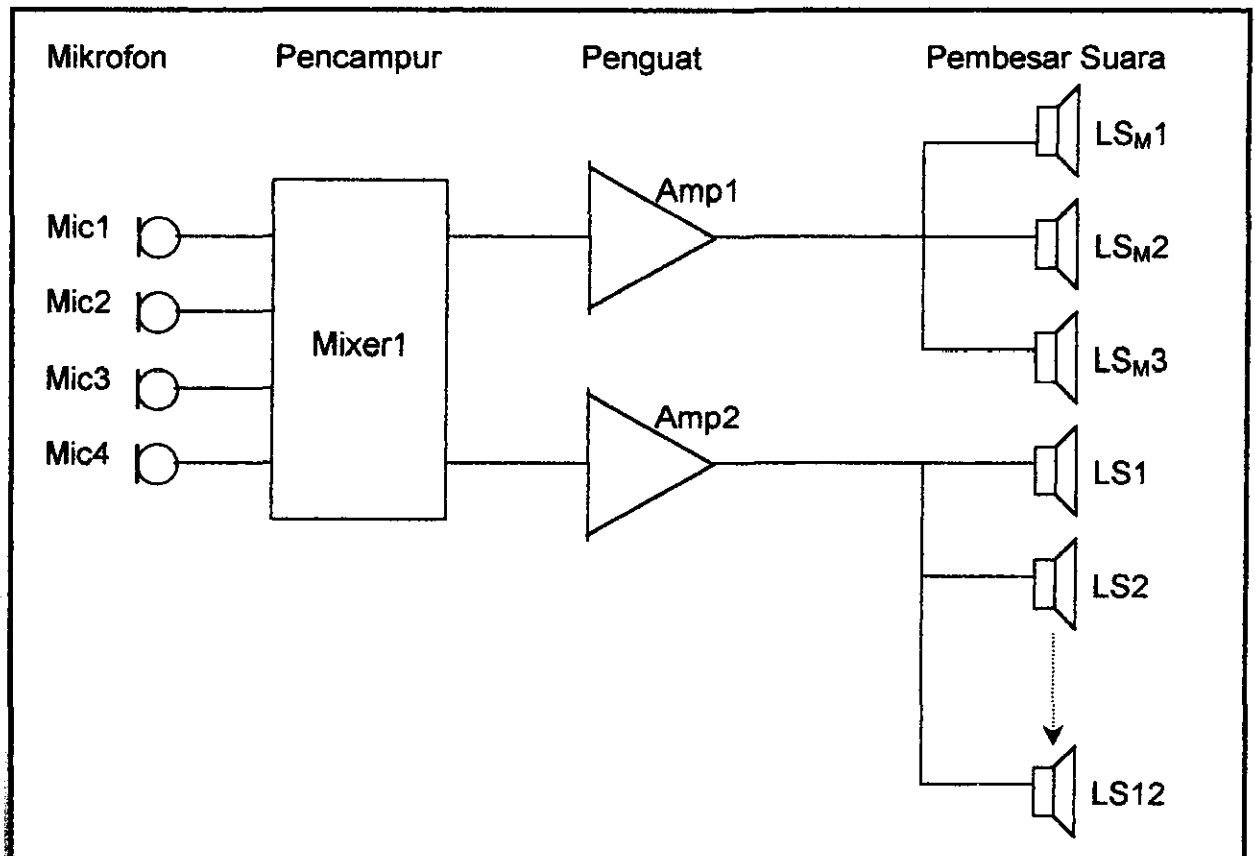
adalah 3.00m bagi pembesar suara 1 dan 2 ; dan 2.92m bagi pembesar suara 3, 4, 5 dan 6. Jarak antara setiap pembesar suara pula adalah 3.43m iaitu jarak antara pembesar suara bahagian hadapan dengan bahagian tengah, begitu juga antara bahagian tengah dengan bahagian belakang. Sudut pengarahannya semua pembesar suara ialah 15° . Gambaran kedudukan pembesar suara di ruang solat utama ini boleh dirujuk kepada Rajah 5.1 dan juga pada Lampiran A.

Ruang solat luar hanya menggunakan 2 buah pembesar suara jenis kon (7 dan 8) yang diletakkan pada sisi sebelah kiri dan kanan bahagian ruang solat luar. Ketinggian pembesar suara adalah 3.35m dari lantai manakala jarak antara dinding bahagian hadapan masjid dengan pembesar suara adalah 2.00m. Sudut pengarahannya pembesar suara ialah 15° . Keluasan ruang ini adalah 220.50m^2 sahaja.

Di ruang solat tambahan, pembesar suara 9 ditempatkan pada bucu kiri ruang tersebut dengan ketinggian 3.15m dari lantai dan sudut pengarahannya ialah 15° . Pembesar suara 10 adalah pembesar suara jenis kon yang diletakkan pada 1.40m dari dinding bahagian hadapan dan 6.40m dari dinding bahagian kiri ruang solat tambahan dengan ketinggian 4.00m dari lantai. Manakala, sudut pengarahannya pembesar suara tersebut adalah 30° . Pembesar suara 11 ditempatkan pada 1.40m dari dinding bahagian hadapan dan 2.75m dari dinding bahagian kanan dengan ketinggian 3.35m dari lantai serta sudut pengarahannya ialah 15° . Keluasan ruang ini adalah 393.75m^2 .

Akhir sekali, di bahagian ruang solat wanita hanya sebuah pembesar suara jenis kolum sahaja digunakan yang diletakkan pada penjuru hadapan sebelah kiri ruang solat wanita tersebut. Ketinggian pembesar suara tersebut ialah 2.50m dari lantai dengan sudut pengarahannya ialah 15° . Keluasan ruang ini cuma 62.15m^2 sahaja.

5.3 Komponen Sistem Siaraya Yang Digunakan



Rajah 5.2 : Rajah skematik menunjukkan komponen sistem siaraya sedia ada di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.

Rajah 5.2 di atas menunjukkan rajah skematik penyambungan komponen sistem siaraya yang sedia ada di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Masjid tersebut menggunakan sistem siaraya yang mudah iaitu 4

mikrofon, 1 pencampur digabungkan dengan penyama, 2 penguat kuasa dan seterusnya disambung kepada 15 buah pembesar suara di mana 3 buah pembesar suara digunakan untuk laungan azan di bahagian menara masjid iaitu LS_M1 , LS_M2 dan LS_M3 manakala 12 buah pembesar suara lagi digunakan di bahagian ruang solat masjid seperti yang telah dibincangkan di dalam topik 5.2.

4 buah mikrofon mempunyai peranannya yang tersendiri. Mikrofon 1 (Mic1) digunakan khusus untuk melaungkan azan yang ditempatkan di bahagian pejabat masjid, mikrofon 2 (Mic2) digunakan oleh imam semasa bersembahyang yang ditempatkan di bahagian mihrab, mikrofon 3 (Mic3) dan 4 (Mic4) digunakan semasa penyampaian khutbah Jumaat yang ditempatkan di bahagian mimbar dan sekiranya sesuatu majlis ilmu atau ceramah diadakan, mikrofon 2, 3 atau 4 akan digunakan. Spesifikasi setiap mikrofon tersebut akan dibincangkan di dalam topik 5.4.

Dari 4 buah mikrofon ini akan disambungkan terus kepada pencampur yang mempunyai 4 masukan dan keluaran pencampur akan disambung kepada 2 buah penguat kuasa. Pencampur yang digunakan adalah dari jenis Peavey, model $MP^{TM}4$ Plus, yang menggabungkan komponen pencampur dengan penyama dalam satu binaan. Penyama yang digabungkan itu mempunyai mengawal 3 tahap frekuensi iaitu pada frekuensi rendah, pertengahan dan tinggi. Manakala, penggunaan 2 buah penguat kuasa pula diagihkan kepada 15 buah pembesar suara di mana penguat kuasa 1 (Amp1) akan mengawal 3 pembesar suara di bahagian menara dan penguat kuasa 2 (Amp2) pula akan mengawal 12 pembesar suara di bahagian ruang solat masjid tersebut.

5.4 Spesifikasi Sistem Siaraya

Berikut merupakan spesifikasi komponen yang digunakan sebagai sistem siaraya Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai :

5.4.1 Mikrofon

(i) Mikrofon 1

Jenis : Carol Dynamic Microphone

Model : MUD-316

Galangan : 600 Ω

(ii) Mikrofon 2 dan 3

Jenis : Tie-Clip Microphone

Galangan : 1 k Ω

(iii) Mikrofon 4

Jenis : Maruni Unidirectional Dynamic Microphone

Model : DM-306

5.4.2 Pencampur

Jenis : PEAVEY

Model : MPTM 4 Plus

Masukan : 4 masukan

Keluaran : 30 W / 8 Ω

60 W / 4 Ω

5.4.3 Penguat

Jenis : TOA PA Amplifier
Model : A-121M
Masukan : 6 masukan
Keluaran : 3 keluaran
Kuasa Keluaran (Kadar) : 120 W
(Maksimum) : 180 W

5.4.4 Pembesar suara

(i) Pembesar Suara Kolum 1 dan 2

Jenis : Unipex Mini Sono-Column Speaker
Model : SC-15J
Kuasa Masukan : 15 W
Galangan : 670 Ω

(ii) Pembesar Suara Kolum 3, 4 dan 12

Jenis : Unipex Mini Sono-Column Speaker
Model : SC-10J
Kuasa Masukan : 10 W
Galangan : 1 k Ω

(iii) Pembesar Suara Kolum 5 dan 6

Jenis : AUDISION
Model : AV-432
Kuasa Masukan : 20 W

Galangan : 500 Ω ; 1 k Ω

(iv) Pembesar Suara Hon 7 dan 8

Jenis : TOA Horn Speaker with transformer

Model : TC-154M

Kadar Kuasa : 15 W / 100 V

Kuasa Masukan : 3 W / 3.3 k Ω

: 5 W / 2 k Ω

: 10 W / 1 k Ω

: 15 W / 670 Ω

Sambutan Frekuensi : 350 – 8000 Hz

SPL maksimum : 119 dB

(v) Pembesar Suara Hon 9 dan 11

Jenis : TOA Horn Speaker with transformer

Model : TC-154SM

Kadar Kuasa : 15 W / 100 V

Kuasa Masukan : 3 W / 3.3 k Ω

: 5 W / 2 k Ω

: 10 W / 1 k Ω

: 15 W / 670 Ω

Sambutan Frekuensi : 350 – 8000 Hz

SPL maksimum : 119 dB

(vi) **Pembesar Suara Kon 10**

Jenis : Philips

Model : LBC 3093 / 10

Kadar Kuasa : 6 W / 100 V

Kuasa Masukan : 1.5 W / 3 W / 6 W

Sambutan Frekuensi : 60 – 16 000 Hz

SPL Maksimum : 98 dB

BAB 6

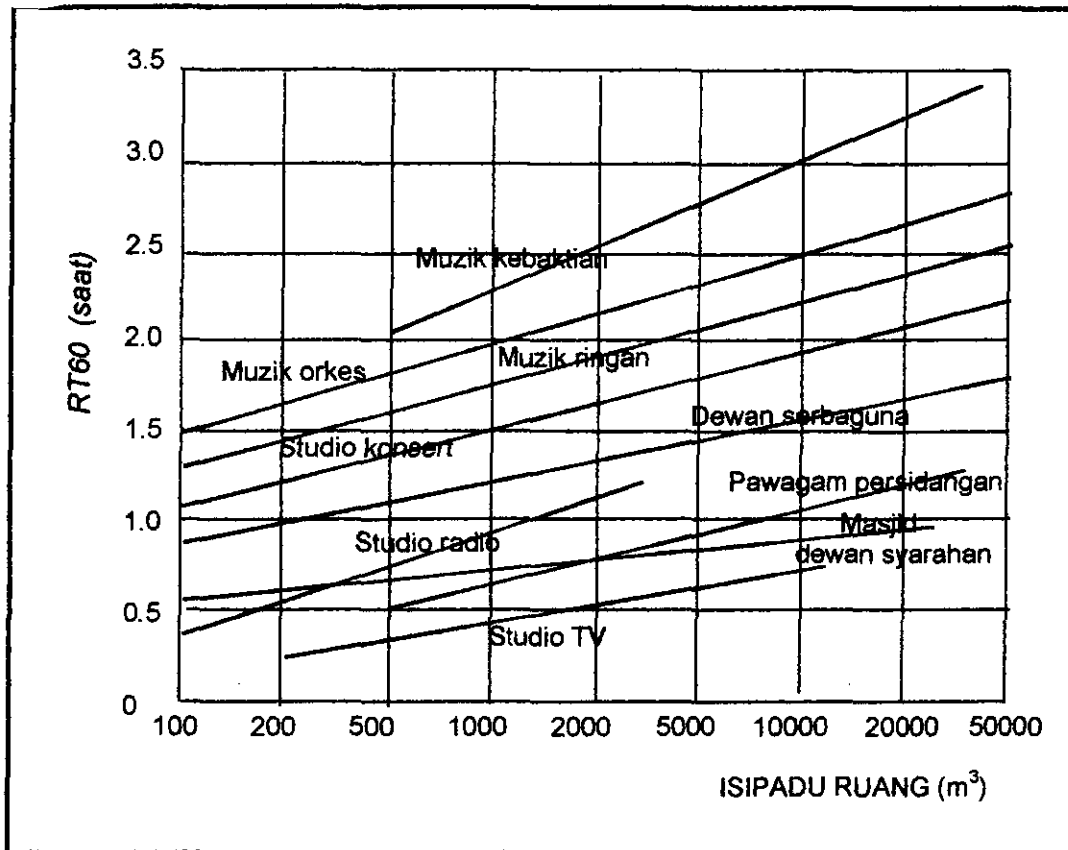
BAB 6

UJIAN PENGUKURAN

6.1 Ujian Pengukuran Masa Gemaan Ruang Utama Masjid

Masa gemaan atau dikenali sebagai RT60 merupakan masa kepupusan bunyi sebanyak 60dB di dalam sesuatu ruang tertutup setelah sumber bunyinya dihentikan secara tiba-tiba. Kepentingan pengukuran masa gemaan adalah untuk menentukan kriteria sesuatu ruang berdasarkan kegunaannya. Rajah 6.1 di bawah menunjukkan masa gemaan sebagai fungsi isipadu yang dianggap sesuai untuk kegunaan ruang tersebut. Ini bermakna sekiranya sesuatu ruang itu hendak dijadikan sebagai ruang solat masjid maka faktor masa gemaan yang tertentu adalah sesuai berdasarkan isipadu ruang tersebut.

Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan di ruang solat utama diperolehi bahawa keluasan Ruang Solat Utama adalah 188.52m^2 dan isipadu ruang tersebut adalah 749.63m^3 . Berdasarkan Rajah 6.1, sekiranya dihampirkan nilai isipadu ruang solat tersebut kepada 750m^3 maka masa gemaan (RT60) yang sesuai bagi ruang tersebut adalah 0.75 saat untuk keluk fungsi ruang sebagai masjid. Jadi, masa gemaan yang sesuai untuk ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai adalah 0.75 saat dan



Rajah 6.1 : Masa gemaan sebagai fungsi isipadu ruang yang dianggap sesuai untuk kegunaan tertentu

sekiranya masa gemaan ini melebihi nilai masa gemaan tersebut maka ruang solat utama masjid tersebut adalah bersifat bergema serta memerlukan langkah-langkah kawalan serta rawatan akustik.

Berikut adalah cara pengiraan untuk mendapatkan isipadu ruang solat utama masjid tersebut ;

$$\begin{aligned}
 \text{Isipadu Ruang Solat Utama} &= [\text{Isipadu ruang solat}] + [\text{Isipadu mimbar}] + \\
 &\quad [\text{Isipadu mehrab}] \\
 &= [p \times l \times t] + [p \times l \times t] + [(\pi \times r^2 \times t) / 2] \\
 &= [13.73 \times 13.73 \times 3.74] \text{m} + [1.70 \times 3.00 \times \\
 &\quad 2.65] \text{m} + [(\pi \times 2.30^2 \times 3.74) / 2] \text{m} \\
 &= 749.63 \text{m}^3 \approx 750 \text{m}^3
 \end{aligned}$$

6.1.1 Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran

Berikut adalah senarai peralatan yang digunakan semasa menjayakan ujian pengukuran masa gema pembesar suara ;

(i) Meter Aras Tekanan Bunyi

Spesifikasi : Precision Sound Level Meter
Octave Band Analyzer

Model : NA-29E (RION)

No. Siri : 10930851

Mikrofon UC-53 No.30842

PreAmp NH-17 No.23961

Julat Frekuensi : 20 ~ 12500 Hz

IEC651 TYPE1 JIS C 1505

(ii) Sumber Bunyi

Spesifikasi : Sound Source

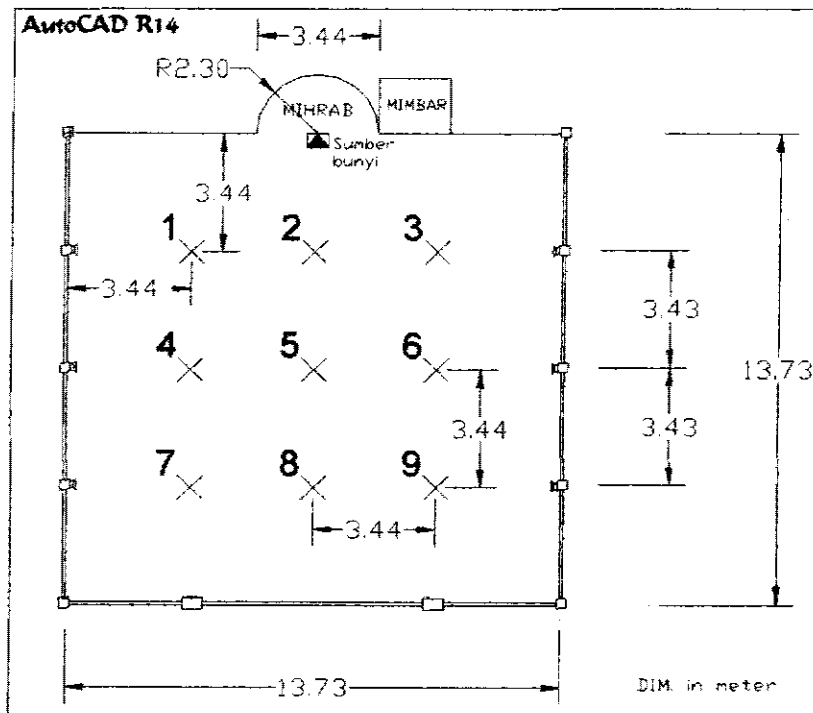
Model : Brüel & Kjær Type 4224

No. Siri : 1292375

6.1.2 Kaedah Ujian Pengukuran

- (i) Bacaan kebisingan sekitar perlu dicatatkan terlebih dahulu dengan menggunakan meter SPL. Bacaan yang telah dicatatkan pada ketika ujian dijalankan adalah 45dB(A).

- (ii) Meter SPL perlu diletakkan di beberapa tempat di dalam ruang solat utama untuk mendapat purata bacaan masa gemaan (RT60). Rajah 6.2 menunjukkan lokasi yang telah ditetapkan untuk menjalani ujian masa gemaan ini.



Rajah 6.2 : Lokasi ujian pengukuran masa gemaan (RT60)

- (iii) Maka daripada bacaan kebisingan sekitar di atas, sumber bunyi yang diperlukan untuk menguji tempoh masa gemaan ruang solat utama tersebut mestilah melebihi 60dB daripada nilai kebisingan sekitar. Oleh itu, nilai yang diperlukan untuk menguji tempoh masa gemaan di ruang solat tersebut mestilah melebihi 110dB(A). Tetapi, 110dB(A) merupakan satu nilai yang sangat tinggi dan akan menyakitkan pendengaran manusia. Jadi, dengan menggunakan kaedah penggunaan meter SPL, bacaan untuk ujian pengukuran ini dibenarkan melebihi hanya 30dB

daripada bacaan kebisingan sekitar. Oleh itu, nilai SPL sumber bunyi hanya diperlukan sekurang-kurangnya 75dB(A) sahaja. Tetapi, untuk menjayakan ujian pengukuran ini, nilai SPL sumber bunyi telah ditetapkan pada 90dB(A).

- (iv) Sumber bunyi dihidupkan serta dilaraskan sehingga bacaan pada meter SPL mencecah kepada 90dB(A). Selepas itu, sumber bunyi dihentikan serta-merta dan serentak dengan itu, bacaan pada meter SPL diambil.
- (v) Dengan menggunakan kaedah ini, rumus berikut diperlukan untuk mendapatkan bacaan sebenar tempoh masa gemaan daripada nilai bacaan yang ditunjukkan oleh meter SPL ;

$$\text{Masa gemaan (RT60)} = [B - A] \times T \times 2$$

Di mana ; A = Nombor alamat pertama

B = Nombor alamat pada penanda penurunan
30 dB

T = Tempoh masa yang dilaraskan pada meter
SPL iaitu 2 ms

- (vi) Untuk ujian pengukuran masa gemaan di ruang solat utama ini, bacaan pada frekuensi 500Hz, 1kHz dan 2kHz sahaja yang akan diambil bacaannya.
- (vii) Kaedah kerja (iv) hingga (vii) perlulah diulangi untuk setiap lokasi dari 1 hingga 9.
- (viii) Semua data keputusan dicatatkan di dalam Jadual 6.1 di bawah.

6.1.3 Analisa Keputusan

Jadual 6.1 : Keputusan ujian pengukuran masa gemaan (RT60) di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.

Hz	A	B	1	A	B	2	A	B	3	A	B	4	A	B	5
500	321	701	1.52	181	481	1.20	21	401	1.52	201	621	1.68	301	641	1.36
1000	321	661	1.36	181	481	1.20	21	361	1.36	201	581	1.52	281	581	1.20
2000	321	581	1.04	181	421	0.96	21	261	0.96	201	521	1.28	241	481	0.96
AP	321	681	1.44	201	521	1.28	21	361	1.36	201	601	1.60	281	601	1.28

Hz	A	B	6	A	B	7	A	B	8	A	B	9	PURATA
500	401	781	1.52	201	521	1.28	301	681	1.52	201	561	1.44	1.45
1000	361	721	1.44	201	521	1.28	281	601	1.28	201	521	1.28	1.32
2000	341	561	0.88	201	461	1.04	261	521	1.04	201	461	1.04	1.02
AP	21	301	1.12	201	541	1.36	301	661	1.44	201	541	1.36	1.36

Daripada keputusan ujian pengukuran masa gemaan (RT60) di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai, dapat disimpulkan bahawa masa gemaan berdasarkan frekuensi 500Hz, 1kHz dan 2kHz adalah 1.45s, 1.32s dan 1.02s bagi setiap nilainya masing-masing. Masa gemaan yang telah dicatatkan dalam ujian ini adalah terlalu tinggi sekiranya dibandingkan dengan masa gemaan optimum yang sesuai bagi isipadu ruang solat utama iaitu 0.75 saat seperti yang telah dibincangkan pada awal topik 6.1.

Bacaan AP (*All-Pass*) adalah bacaan purata masa gemaan yang diambil pada satu lokasi ujian berdasarkan jumlah kesemua frekuensi iaitu 31.5Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz dan 8kHz. Namun, nilai bacaan AP ini tidak akan diambil kira dalam analisis data ini tetapi nilai bacaan pada frekuensi 500Hz, 1kHz dan 2kHz sahaja akan dipertimbangkan.

Untuk tujuan analisis data, masa gema pada frekuensi 1kHz diambil sebagai nilai rujukan masa gema iaitu 1.32 saat.

Kesimpulan daripada ujian ini didapati keadaan ruang solat utama masjid tersebut adalah terlalu bergema di mana masa gema yang dicatatkan dalam ujian adalah 1.32 saat berbanding dengan masa gema optimum yang sesuai bagi ruang tersebut iaitu 0.75 saat bagi isipadu ruangnya adalah 750m^3 . Maka penggunaan 6 buah pembesar suara kolom di ruang solat utama sudah semestinya akan memburukkan lagi keadaan di dalam ruang solat tersebut. Masa untuk bunyi itu pupus sekiranya kesemua pembesar suara itu digunakan akan menjadi lebih lama lagi. Jadi, ruang solat utama masjid memerlukan rawatan akustik bagi mengurangkan masa gemaannya. Namun, dalam projek ini, lebih difokuskan kepada rekabentuk sistem siaraya dan penyelesaian terhadap rawatan akustik ini akan diabaikan. Penyelesaian masalah masa gema yang terlalu tinggi ini dapat dikawal sekiranya kita mengurangkan penggunaan bilangan pembesar suara tersebut serta melaraskan semula sudut pengarah pembesar suara sepenuhnya kepada para pendengar sahaja. Penyelesaian ini akan dibincangkan dengan lebih mendalam dalam Bab 7.

6.2 Ujian Pengukuran Pola Pengarahan Pembesar Suara Masjid

Eksperimen pengarah kutub pembesar suara ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan kesan corak pengarah kutub sesuatu pembesar suara. Pengukuran corak pengarah ini dibahagikan kepada dua bahagian utama iaitu corak sambutan pola pengarah secara mengufuk dan corak

sambutan pola pengarahannya secara menegak setiap pembesar suara tersebut.

Ujian pengukuran pola pengarahannya ini telah dijalankan di dalam Bilik Penyerapan, Makmal Akustik, UTM. Di mana tiga jenis pembesar suara yang digunakan di ruang solat utama masjid telah dibawa ke Makmal Akustik khusus untuk menjalani ujian pengarahannya kutub ini. Ujian ini perlu dijalankan di dalam bilik penyerapan supaya isyarat bunyi yang dihasilkan oleh pembesar suara tersebut akan diserap sepenuhnya oleh bahan penyerap yang terdapat di dalam bilik penyerapan itu agar bacaan yang diperolehi merupakan bacaan yang hanya dihasilkan oleh sistem pembesar suara tersebut sahaja dan bukannya disebabkan oleh pantulan dari permukaan sekeliling. Seperkara lagi, ciri bilik penyerapan yang mempunyai bacaan kebisingan sekitar yang tersangat rendah iaitu hanya 15dB(A) sahaja dan akan memberi bacaan yang tepat pada bacaan ujian pengarahannya kutub yang dijalankan tanpa dipengaruhi oleh kebisingan sekitar yang melampau.

6.2.1 Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran

Berikut adalah senarai peralatan yang digunakan semasa menjayakan ujian pola pengarahannya pembesar suara ;

(i) **Meter Aras Tekanan Bunyi**

Spesifikasi : Precision Sound Level Meter

Octave Band Analyzer

Model : NA-29E (RION)

No. Siri : 10930851

Mikrofon UC-53 No.30842

(ii) Penjana Isyarat**Spesifikasi : Function Generator****Model : GW GFG-813****No. Siri : 4681770****(iii) Penguat****Spesifikasi : Integrated Stereo Amplifier****Model : Audio Image AP-6060****No. Siri : 41221520****Keluaran : Power 60W RMS*2****Galangan Min. : 8 Ω** **(iv) Osiloskop****Spesifikasi : Oscilloscope****Model : GW GOS-653 ~ 50 MHz****No. Siri : 4680024****(v) Pembesar suara kolum (yang digunakan di ruang solat utama)****Spesifikasi : Unipex MINI SONO-COLUMN****Model : SC-15J****Kuasa Masukan : 15W****Galangan : 670 Ω**

Spesifikasi : Unipex MINI SONO-COLUMN

Model : SC-10J

Kuasa Masukan : 10W

Galangan : 1 k Ω

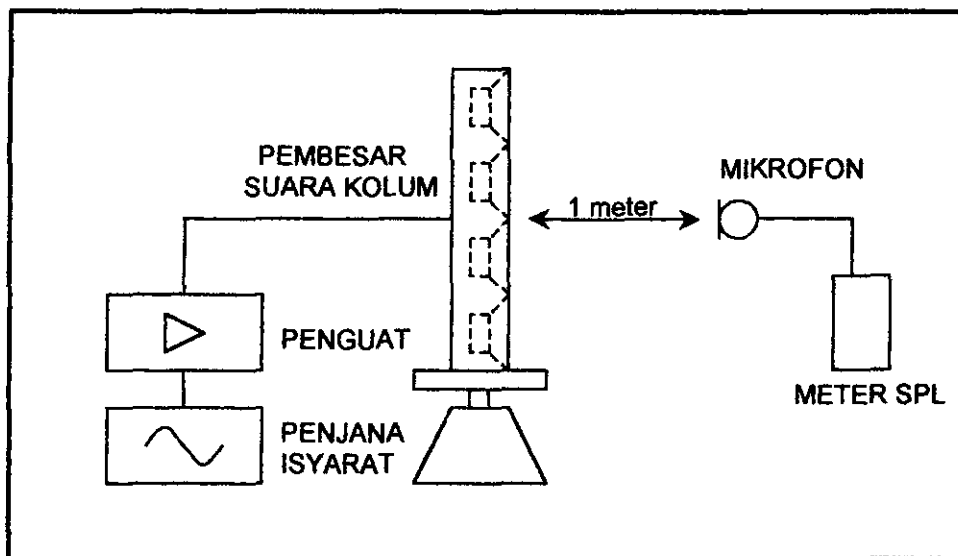
Spesifikasi : AUDISION

Model : AV-432

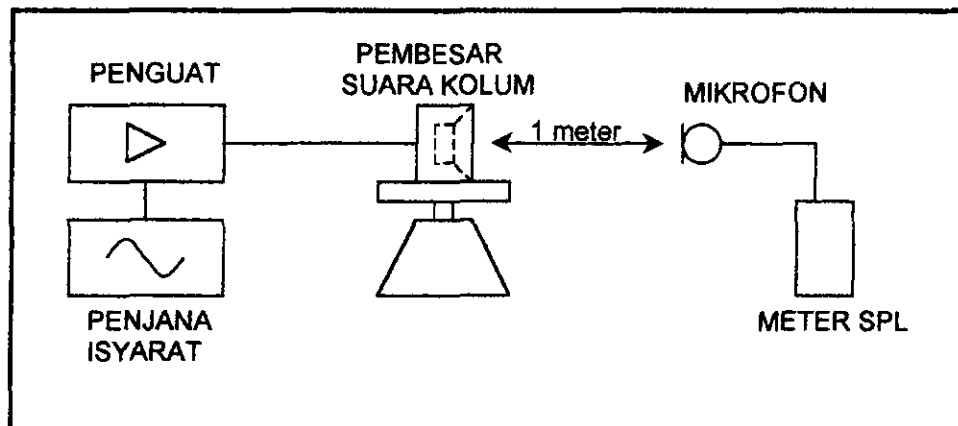
Kuasa Masukan : 20W

Galangan : 500 Ω ; 1 k Ω

6.2.2 Kaedah Ujian Pengukuran



Rajah 6.3 : Susunan peralatan untuk ujian pengukuran pengarah kutub pembesar suara secara mengufuk



Rajah 6.4 : Susunan peralatan untuk ujian pengukuran pengarahannya kutub pembesar suara secara menegak

- (i) Setiap peralatan hendaklah disusun dan disambungkan seperti di dalam gambarajah di atas di mana Rajah 6.3 merupakan sambungan peralatan untuk mendapatkan pengarahannya kutub secara mengufuk dan Rajah 6.4 merupakan sambungan peralatan untuk mendapatkan pengarahannya kutub secara menegak.
- (ii) Meter Aras Bunyi hendaklah dilaraskan untuk pengukuran SPL dalam unit dB sahaja iaitu tanpa berat (*weight*).
- (iii) Penjana isyarat sinus pula perlu dilaraskan pada frekuensi 1kHz sahaja kerana dalam ujian pengukuran pola pengarahannya ini, hanya bacaan pada frekuensi pertengahan iaitu 1kHz sahaja yang diambil kira.
- (iv) Kedudukan antara pembesar suara dengan mikrofon meter aras bunyi mestilah ditetapkan pada jarak 1 meter sahaja.

- (v) Penggunaan penguat perlu dilaraskan supaya kuasa keluaran daripada pembesar suara hanya ditetapkan pada kadar 1 Watt sahaja. Osiloskop digunakan untuk memastikan kadar bekalan voltan yang sepatutnya dibekalkan kepada pembesar suara agar kuasa keluaran pembesar suara hanya tetap pada kadar 1 Watt.
- (vi) Rumus di bawah digunakan untuk mengetahui jumlah voltan yang perlu dibekal kepada sesuatu pembesar suara agar kuasa keluaran pembesar suara ditetapkan pada 1 Watt.

$$\text{Kuasa} = \frac{(\text{Vol tan}_{\text{puncak ke puncak}})^2}{\text{Galangan Pembesar Suara}}$$

$$\text{Contoh ; } 1 \text{ W} = \frac{V_{p-p}^2}{1000 \Omega}$$

$$\begin{aligned} V_{p-p} &= \sqrt{1000} \\ &= 31.62 \text{ V} \approx 32 \text{ V} \end{aligned}$$

Contoh di atas menunjukkan sekiranya pembesar suara kolum yang diuji mempunyai galangan sebanyak $1\text{k}\Omega$ dan untuk mendapatkan kuasa keluaran pembesar suara adalah 1W maka voltan bekalan kepada pembesar suara adalah 32V .

- (vii) Kaedah kerja dari (i) hingga (vi) perlu dilakukan kerana kepekaan pembesar suara akan diukur dalam unit dB/W/m .
- (viii) Pembesar suara yang diletakkan pada jarak 1 meter daripada mikrofon akan dipusingkan mengikut pusingan lawan jam di mana arah hadapan pembesar suara diambil sebagai arah rujukan 0° . Pembesar suara dipusingkan mengikut julat piawai

iaitu perubahan setiap 10° sehingga membentuk satu pusingan penuh 360° . Bacaan akan diambil pada setiap perubahan 10° tersebut.

- (ix) Keputusan bacaan ujian pengarahannya kutub ini akan diplotkan di dalam graf kutub untuk mendapatkan bentuk corak pengarahannya kutub pembesar suara tersebut.

6.2.3 Analisa Keputusan

Semua hasil keputusan ujian pengukuran pengarahannya kutub pembesar suara kolum telah ditunjukkan di dalam Jadual 6.2 manakala Rajah 6.5 hingga Rajah 6.13 pula merupakan corak pengarahannya kutub pembesar suara tersebut yang telah diplotkan. Jadual dan rajah berkenaan disertakan pada Lampiran A. Jadual 6.3 di bawah menunjukkan kesimpulan hasil analisa terhadap data ujian ;

Jadual 6.3 : Kesimpulan daripada keputusan ujian pengarahannya kutub pembesar suara kolum yang telah diuji

	SC-15J	SC-10J	AV-432
Jenis	Unipex Mini Sono-Column	Unipex Mini Sono-Column	Audision
Kadar Kuasa	15W	10W	20W
Kepekaan (dB/1W / 1m)	66.5dB	56.8dB	67.1dB
Sudut Liputan [-3dB] (H x V)	$62^{\circ} \times 29^{\circ}$	$50^{\circ} \times 36^{\circ}$	$120^{\circ} \times 44^{\circ}$
Sudut Liputan [-6dB] (H x V)	$152^{\circ} \times 44^{\circ}$	$81^{\circ} \times 82^{\circ}$	$173^{\circ} \times 64^{\circ}$
Dimensi (L x T x S) mm	120 x 700 x 80	120 x 500 x 80	140 x 610 x 100

Kesimpulan ujian ini dapat dinyatakan bahawa corak pengarahannya kutub setiap pembesar suara kolum yang diuji mempunyai kriterianya yang tersendiri. Sebagaimana yang telah dinyatakan, tujuan utama ujian ini adalah untuk mendapatkan corak pengarahannya kutub dan kepekaan setiap pembesar suara kolum tersebut. Oleh itu, hasil daripada ujian yang telah dijalankan, didapati kepekaan pembesar suara kolum model SC-15J adalah 66.5dB/W/m, manakala kepekaan model SC-10J adalah 56.8dB/W/m dan kepekaan model AV-432 adalah 67.1dB/W/m. Namun begitu, kepekaan yang dicatatkan oleh setiap pembesar suara tersebut adalah agak rendah berbanding dengan kepekaan pembesar suara kolum yang berada dalam pasaran kini. Hal ini telah dibincangkan bersama penyelia dan hasil perbincangan tersebut telah dirumuskan bahawa kemungkinan faktor galangan yang tidak sesuai di antara penguat dengan pembesar suara yang digunakan semasa ujian tersebut. Oleh itu, bacaan yang dicatatkan semasa ujian adalah rendah. Namun begitu, perkara ini tidak menjadi masalah kerana bentuk corak pengarahannya pembesar suara berkenaan masih dapat diperolehi dan dianalisa.

Seperkara lagi, data sudut liputan pada sempadan -3dB atau sudut liputan pada sempadan -6dB amat penting untuk digunakan bagi tujuan peningkatan sistem siaraya yang baru kerana data tersebut akan digunakan bagi memastikan sudut pengarahannya pembesar suara agar kawasan liputan -3dB atau -6dB ditumpukan sepenuhnya kepada para pendengar. Ini kerana, pada kawasan tersebut merupakan kawasan yang mempunyai SPL maksimum bagi sesebuah pembesar suara. Bagi tujuan kajian projek ini, hanya nilai sudut liputan pada sempadan -3dB akan digunakan dalam

rekabentuk baru manakala nilai sudut liputan pada sempadan -6dB hanya digunakan sebagai maklumat tambahan sahaja. Ini kerana, sudut liputan pada sempadan -6dB sering digunakan di dalam kebanyakan bahan rujukan. Namun begitu, saranan daripada penyelia agar sudut pengarahannya pembesar suara hendaklah diambil pada sempadan -3dB merupakan satu saranan yang baik kerana pada kawasan tersebut mempunyai nilai SPL yang tinggi berbanding kawasan liputan pada sempadan -6dB . Sebenarnya, perkara ini bukanlah merupakan masalah yang serius dalam rekabentuk sistem siaraya. Jadi, salah satu daripada kaedah di atas boleh digunakan dalam rekabentuk. Tetapi, untuk rekabentuk sistem siaraya projek ini, pendekatan terhadap kawasan liputan pada sempadan -3dB akan digunakan.

6.3 Ujian Pengukuran Taburan Aras Tekanan Bunyi (SPL) Pembesar Suara Kolum Di Ruang Solat Utama Masjid

Ujian pengukuran taburan aras tekanan bunyi (SPL) bagi pembesar suara kolum di ruang solat utama masjid dilakukan adalah untuk mengetahui taburan SPL sebenar di ruang solat utama akibat daripada penggunaan ketiga-tiga jenis pembesar suara kolum di mana ujian tersebut dijalankan secara berasingan bagi setiap jenis pembesar suara.

6.3.1 Peralatan Yang Digunakan Semasa Ujian Pengukuran

Berikut adalah senarai peralatan yang digunakan semasa menjayakan ujian pengukuran taburan SPL pembesar suara di ruang solat utama ;

- (i) Meter Aras Tekanan Bunyi

Spesifikasi : Precision Sound Level Meter
Octave Band Analyzer

Model : NA-29E (RION)

No. Siri : 10930851

Mikrofon UC-53 No.30842

(ii) **Penjana Isyarat**

Spesifikasi : Function Generator

Model : GW GFG-813

No. Siri : 4681770

(iii) **Penguat (yang digunakan di masjid)**

Spesifikasi : TOA PA Amplifier

Model : A-121M

Output : Output Rated 120W Max. 180W

Impedance : 42Ω 70V

(vi) **Pembesar suara kolum (yang digunakan di ruang solat utama)**

Spesifikasi : Unipex MINI SONO-COLUMN

Model : SC-15J

Kuasa Masukan : 15W

Galangan : 670Ω

Spesifikasi : Unipex MINI SONO-COLUMN

Model : SC-10J

Kuasa Masukan : 10W

Galangan : 1 k Ω

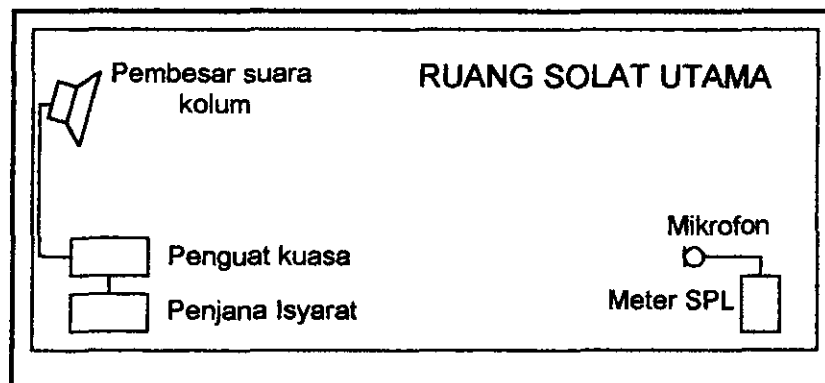
Spesifikasi : AUDISION

Model : AV-432

Kuasa Masukan : 20W

Galangan : 500 Ω ; 1 k Ω

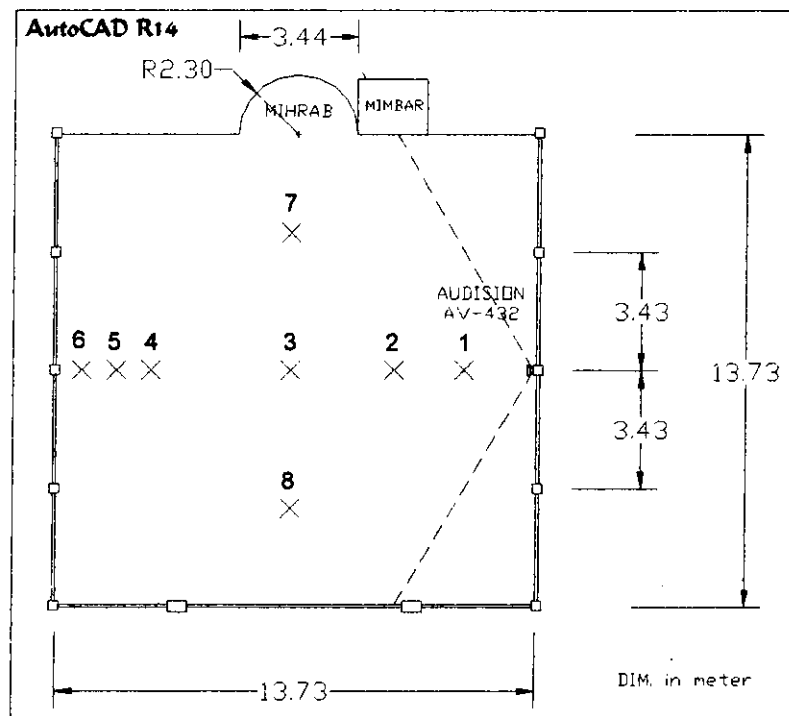
6.3.2 Kaedah Ujian Pengukuran



Rajah 6.14 : Susunan peralatan ujian pengukuran taburan SPL

- (i) Semua peralatan ujikaji hendaklah disusun dan dilaraskan seperti di dalam Rajah 6.14.
- (ii) Meter Aras Bunyi hendaklah dilaraskan untuk pengukuran SPL dalam unit dB(A). Manakala bacaan kebisingan sekitar semasa ujikaji dijalankan hanya 45dB(A) di dalam ruang solat tersebut.
- (iii) Penjana isyarat sinus pula perlu dilaraskan pada frekuensi 1kHz sahaja.

- (iv) Kedudukan antara pembesar suara dengan mikrofon meter aras bunyi mestilah ditetapkan pada jarak 11.6 meter ataupun pada jarak 11.2 meter antara mikrofon meter aras bunyi ke dinding di mana pembesar suara itu diletakkan. Tinggi pembesar suara digantung pula adalah 3 meter. Jarak 11.6 meter tersebut merupakan jarak rujukan ujikaji disebabkan oleh sudut pengarah sistem pembesar suara sebanyak 15° .
- (v) Pada jarak rujukan tersebut, bacaan meter SPL perlu dilaraskan pada bacaan 75dB(A). Setelah itu, kedudukan meter SPL akan diubah mengikut lokasi yang telah ditetapkan seperti dalam Rajah 6.15. Untuk menentukan taburan SPL yang dihasilkan oleh sesebuah pembesar suara di dalam ruang utama solat tersebut, sebanyak 8 lokasi ujikaji telah ditetapkan.
- (vi) Kaedah kerja di atas diulangi untuk ujian pembesar suara yang berikutnya.
- (vii) Semua data keputusan dicatatkan di dalam Jadual 6.4.



Rajah 6.15 : Lokasi ujian pengukuran SPL di ruang solat utama

6.3.3 Analisa Keputusan

Jadual 6.4 di bawah ini menunjukkan keputusan ujian pengukuran SPL pembesar suara di ruang solat utama di mana nombor lokasi yang terdapat di dalam jadual itu hendaklah dirujuk kepada nombor lokasi yang terdapat dalam Rajah 6.15.

Jadual 6.4 : Keputusan ujian pengukuran SPL di ruang solat utama

LOKASI	JARAK [m]	SC-15J [dB]	SC-10J [dB]	AV-432 [dB]
1	2 m	81	80	76
2	4 m	81	82	76
3	7 m	77	77	75
4	11 m	75	75	75
5	12 m	75	75	74
6	13 m	80	81	78
7	8 m	77	74	77
8	8 m	76	73	77

Bacaan SPL di atas merupakan data yang diperolehi dari eksperimen di ruang solat utama secara praktikal. Bacaan SPL telah dicatatkan di 8 lokasi yang telah ditetapkan iaitu pada jarak 2 meter, 4 meter, 7 meter, 11 meter, 12 meter dan 13 meter dari dinding di mana pembesar suara dipasang. Aras ketinggian pembesar suara tersebut adalah 3 meter dari lantai masjid. Manakala 2 bacaan tambahan dicatatkan pada lokasi 7 dan 8 di mana jaraknya adalah 8 meter di sebelah kiri dan kanan pembesar suara dengan sudut bukaan mengufuknya adalah 70° atau 4 meter di sebelah kiri dan kanan dirujuk kepada separuh daripada panjang ruang solat utama iaitu 7 meter dari kedudukan pembesar suara (sila rujuk Rajah 6.15).

Seperti yang telah diterangkan dalam topik 6.3.2, bacaan SPL telah ditetapkan pada 75dB(A) pada jarak rujukan ujikaji iaitu 11.6 meter antara pembesar suara dengan mikrofon meter SPL dan bacaan diambil pada setiap lokasi yang telah dipilih seperti mana yang tercatat dalam Jadual 6.4. Kita dapat perhatikan bahawa nilai SPL pembesar suara akan berkurang apabila mikrofon dijauhkan daripada pembesar suara bagi kesemua jenis pembesar suara yang diuji tetapi pada lokasi 6 iaitu jarak 13 meter daripada dinding pembesar suara diletakkan, nilai bacaan SPL menjadi tinggi semula. Fenomena ini adalah disebabkan oleh kesan pantulan bunyi pada dinding ruang solat utama tersebut. Ini menunjukkan sudut pengarahannya pembesar suara tersebut tidak difokuskan secara tepat kepada para pendengar sehingga menyebabkan pantulan berlaku. Perkara inilah yang perlu dititikberatkan dan diselesaikan dalam merekabentuk susunatur pembesar suara dalam projek ini.

Tujuan sebenar ujian ini dijalankan adalah untuk mendapatkan bacaan SPL maksimum yang dikeluarkan oleh pembesar suara pada jarak 1 meter dari pembesar suara tersebut. Perkara ini dilakukan adalah rentetan dari keraguan yang timbul semasa ujian pengarahannya kutub pembesar suara yang telah dijalankan di mana keputusan kepekaan setiap pembesar suara adalah agak rendah. Penyelia telah mencadangkan ujian pengukuran taburan SPL ini dijalankan agar bacaan SPL setiap pembesar suara ditentukan dengan menggunakan penguat kuasa yang digunakan di masjid itu sendiri. Hasil daripada ujian ini, nilai SPL yang dikeluarkan oleh pembesar suara pada jarak 1 meter boleh diperolehi dengan menggunakan rumus berikut ;

$$SPL_{\text{lokasi}} = SPL_{1m} - 20 \log \frac{d}{d_0}$$

di mana SPL_{lokasi} ditetapkan pada 75dB iaitu nilai SPL pada jarak rujukan ; d adalah jarak rujukan iaitu 11.6 meter manakala d_0 adalah jarak pada 1 meter. Dalam ujian ini, SPL pembesar suara pada jarak 1 meter bagi semua jenis pembesar suara adalah ;

$$\begin{aligned} SPL_{1m} &= SPL_{\text{lokasi}} + 20 \log \frac{d}{d_0} \\ &= 75 + 20 \log \frac{11.6}{1} \\ &= 96.3 \text{ dB} \end{aligned}$$

Jadi, SPL pembesar suara tersebut adalah 96.3 dB/m di mana nilai SPL tersebut adalah sama bagi kesemua jenis pembesar suara yang diuji kerana ketinggian pembesar suara adalah 3 meter dari lantai serta sudut pengarahannya sebanyak 15° telah ditetapkan seperti mana

yang telah dipasang di ruang solat utama masjid. Bacaan SPL pembesar suara hanya diperolehi dalam unit dB/m sahaja dalam ujian ini kerana kaedah untuk mengetahui nilai kuasa keluaran pembesar suara pada ketika itu tidak dapat ditentukan.

Dengan merujuk kembali Jadual 6.4 di atas, perbandingan serta pemilihan pembesar suara yang sesuai bagi rekabentuk sistem siaraya yang baru boleh diperolehi dengan memerhatikan taburan SPL yang telah dicatatkan oleh setiap pembesar suara. Sekiranya dibandingkan ketiga-tiga jenis pembesar suara tersebut, dapat disimpulkan bahawa pembesar suara kolum jenis Audision AV-432 adalah yang terbaik sekali kerana taburan SPL yang dihasilkan adalah seragam pada setiap lokasi ujian di ruang solat utama tersebut. Taburan SPL yang telah dicatatkan oleh pembesar suara Audision AV-432 mencakupi hanya perbezaan 3dB sahaja di setiap lokasi ujian berbanding dengan 2 jenis pembesar suara Unipex yang diuji di mana pembesar suara Unipex model SC-15J mempunyai perbezaan taburan SPL sebanyak 6dB manakala model SC-10J pula mempunyai perbezaan taburan SPL sebanyak 7dB. Jadi, untuk menjayakan projek peningkatan sistem siaraya di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar ini, 2 pembesar suara kolum jenis Audision AV-432 telah dipilih dan akan ditempatkan di bahagian hadapan ruang solat utama masjid tersebut. Pemilihan pembesar suara kolum Audision model AV-432 ini, turut mengambilkira faktor corak pengarahannya ke arah kutub pembesar suara tersebut dan cadangan peningkatan sistem siaraya di ruang solat utama masjid akan dibincangkan secara terperinci dalam Bab 7.

BAB 7

BAB 7

CADANGAN REKABENTUK SISTEM SIARAYA

RUANG SOLAT UTAMA MASJID

7.1 Pengenalan

Cadangan rekabentuk sistem siaraya ruang solat utama masjid yang baru akan menggunakan semula salah satu daripada 3 jenis sistem pembesar suara kolum yang digunakan di ruang solat utama sekarang. Parameter asas dalam pemilihan sistem pembesar suara adalah berdasarkan kepada ciri-ciri berikut ;

- (i) Kepekaan pembesar suara.
- (ii) Pengarahan kutub pembesar suara (mengufuk dan menegak).
- (iii) Kadar kuasa keluaran maksimum pembesar suara.
- (iv) Julat frekuensi di mana bagi projek ini hanya frekuensi pada julat percakapan sahaja akan diambilkira.
- (v) Ketinggian pembesar suara yang dipasang dari lantai.
- (vi) Keseragaman taburan SPL yang dihasilkan oleh pembesar suara di dalam ruang solat utama masjid.

Kesemua parameter di atas akan dijadikan panduan utama dalam menghasilkan susunatur pembesar suara yang baru untuk disesuaikan dengan keluasan serta isipadu ruang solat utama masjid. Bilangan pembesar

suara kolumn turut akan dikurangkan memandangkan hasil ujian pengukuran masa gemaan (RT60) menunjukkan ruang solat utama tersebut terlalu bergema dengan catatan bacaannya sehingga 1.32 saat pada julat frekuensi 1kHz berbanding masa gemaan optimumnya cuma 0.75 saat bagi ruang yang berisipadu 750m³ untuk kegunaan sebagai ruang solat masjid.

Dengan mengurangkan jumlah pembesar suara maka kedudukan susunatur pembesar suara di dalam ruang solat tersebut juga turut diubah dari bahagian sisi ruang solat kepada bahagian hadapan ruang solat. Kedudukan ini perlu diubah untuk mendapatkan keaslian bunyi yang disampaikan kepada para jemaah adalah bunyi yang datangnya dari arah pengucap (imam) dan bukannya bunyi yang disedari oleh para jemaah adalah bunyi yang datangnya pembesar suara di sisi ruang solat. Faktor pengarahannya pembesar suara juga turut ditekankan agar sudut pengarahannya pembesar suara akan tertumpu kepada para jemaah sahaja. Dengan ini, keseluruhan kuasa yang dikeluarkan oleh pembesar suara akan ditumpukan hanya kepada para jemaah dan tidak merewang-rewang ke bahagian ruang solat yang tidak sepatutnya. Oleh itu, kesan pantulan yang tidak berguna akan dapat dihindarkan.

7.2 Permasalahan Rekabentuk Sistem Siaraya Ruang Solat Utama Masjid Sekarang

Rekabentuk sistem pembesar suara yang berada di ruang solat utama masjid sekarang ini mempunyai beberapa masalah dan kaedah pemasangan sistem siaraya juga tidak menepati ciri-ciri akustik di dalam ruang solat tersebut. Dalam Bab 5 juga turut disentuh berkenaan dengan masalah sistem suara di ruang solat utama masjid ini. Di antara masalah utama di dalam ruang solat tersebut adalah disebabkan oleh susunatur dan pengarahannya pembesar suara yang tidak menghala kepada pendengar, bilangan pembesar suara terlalu banyak, kejelasan dari pembesar suara sukar difahami oleh para jemaah, suapbalik terhadap mikrofon kerap kali berlaku serta kesan gema di ruang solat tersebut yang agak tinggi.

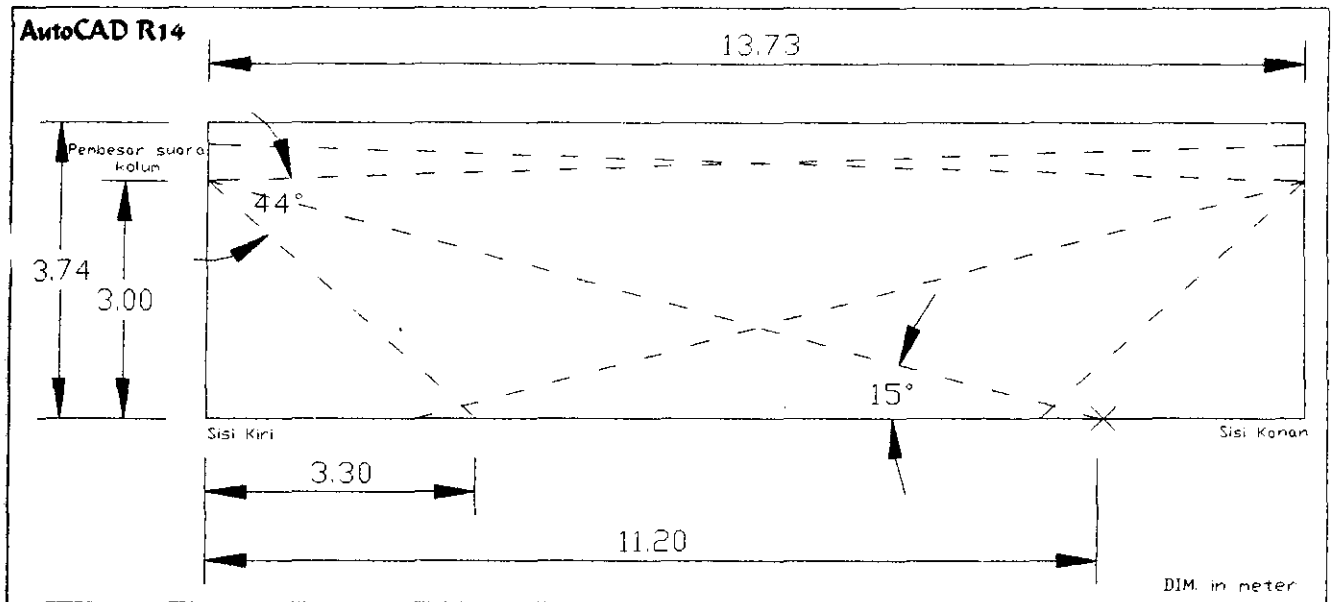
Matlamat utama projek ini hanya difokuskan kepada kajian peningkatan sistem siaraya di ruang solat utama tanpa mengambilkira permasalahan akustik di ruang solat tersebut. Maka, pemulihan akustik di ruang solat tersebut hanya ditumpukan kepada peningkatan sistem siaraya sahaja bagi memperbaiki permasalahan akustik yang sedia ada. Untuk kajian permasalahan ini, 3 perkara utama yang perlu dititikberatkan dalam rekabentuk baru telah dikenalpasti iaitu ;

- (i) Masa gema di ruang solat tersebut terlalu tinggi.
- (ii) Susunatur pembesar suara yang terlalu rapat antara satu dengan yang lain serta bilangan pembesar suara yang digunakan terlalu banyak di ruang solat utama tersebut iaitu sebanyak 6 buah.

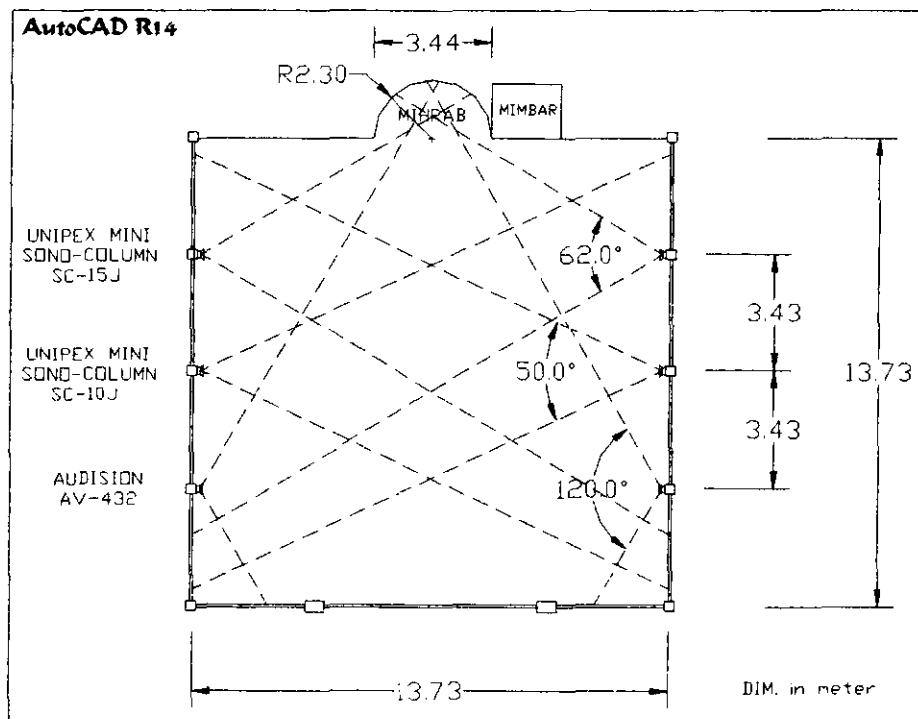
- (iii) Sudut pengarahannya pembesar suara tidak tertumpu kepada para jemaah.

Tiga perkara tersebut akan dibetulkan agar segala permasalahan yang telah dibincangkan di atas mengikut ciri-ciri akustik yang sesuai di ruang solat utama tersebut.

Sebagaimana yang telah banyak dinyatakan di awal tesis ini, rekabentuk sistem siaraya di ruang solat utama menggunakan terlalu banyak sistem pembesar suara dengan susunatur serta sudut pengarahannya pembesar suara tidak tertumpu kepada para jemaah telah memburukkan lagi keadaan akustik di ruang solat utama tersebut. Masa gemaan yang telah diukur melalui ujian pengukuran masa gemaan (RT60) dalam Bab 6 menunjukkan ruang solat utama tersebut terlalu bergema dengan catatannya sehingga 1.32 saat merujuk kepada julat frekuensi 1kHz dan penggunaan 6 buah pembesar suara di dalam ruang solat utama yang berisipadu hanya 750m³ akan menambahkan lagi tempoh masa gemaan tersebut. Kesan gemaan ini juga akan bertambah buruk sekiranya pengarahannya pembesar suara diarah pada bahagian dinding ruang solat yang kebanyakannya diperbuat daripada kaca. Rajah 7.1 menunjukkan masalah pengarahannya pembesar suara yang sedia ada di ruang solat utama masjid.



Rajah 7.1 : Sudut pengarah secara menegak sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar



Rajah 7.2 : Sudut pengarah secara mengufuk sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar

Manakala Rajah 7.2 pula menunjukkan sudut pengarahannya pembesar suara secara mengufuk yang sedang digunakan di ruang solat utama. Kedudukan susunatur pembesar suara yang agak rapat serta sudut pengarahannya yang berlainan di antara satu jenis pembesar suara dengan yang lain telah menyebabkan terlalu banyak berlakunya pertindihan isyarat bunyi. Rentetan daripada pertindihan tersebut akan berlakunya gangguan isyarat (*interference*) di mana kejelasan maklumat yang disampaikan tidak akan difahami oleh para pendengar. Permasalahan pertindihan isyarat ini juga akan menyebabkan berlakunya suapbalik terhadap mikrofon yang akan mengganggu tumpuan dan pendengaran para jemaah. Ini semua adalah kelemahan dan kesan daripada rekabentuk sistem siaraya yang sedia ada sekarang.

7.3 Cadangan Rekabentuk Sistem Siaraya Ruang Solat Utama Masjid

Cadangan rekabentuk sistem siaraya ruang solat utama masjid dibuat berdasarkan pemilihan pembesar suara yang sedia ada. Pemilihan pembesar suara telah dibuat dengan mengambilkira beberapa kriteria dan prestasi setiap pembesar suara. Secara umumnya, pembesar suara yang digunakan di ruang solat utama adalah terdiri dari 3 jenis pembesar suara kolum model Unipex SC-15J, Unipex SC-10J dan Audision AV-432.

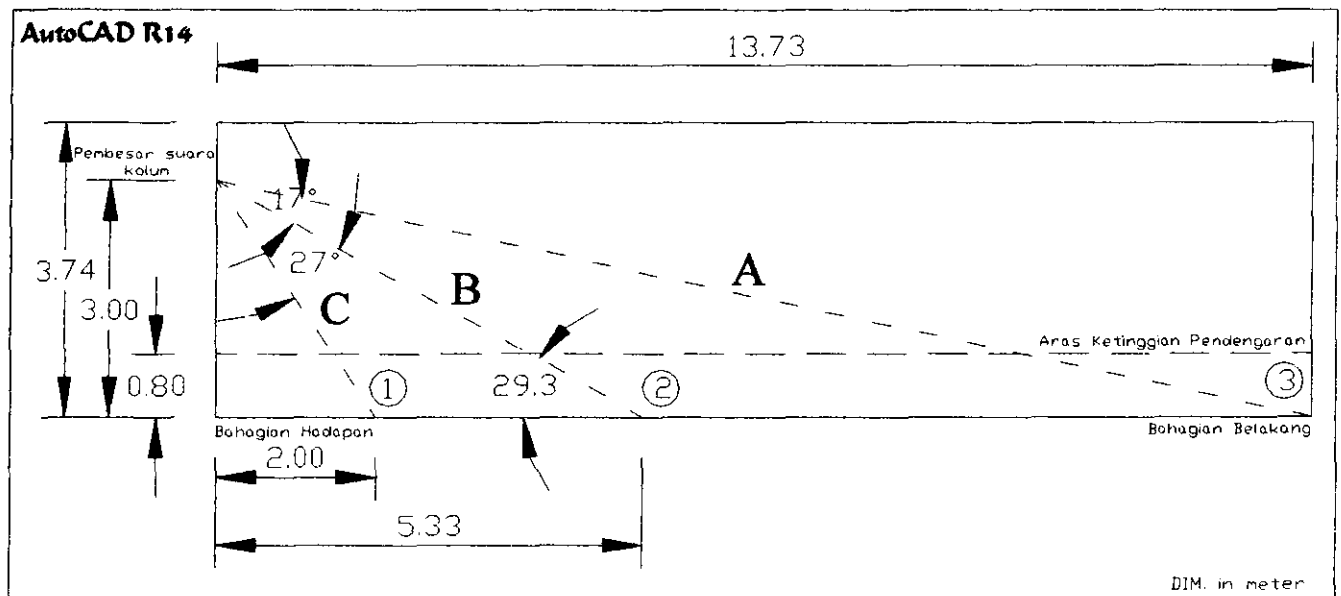
Berdasarkan ujian pengarah kutub, ujian taburan SPL serta spesifikasi ketiga-tiga pembesar suara kolum tersebut, pembesar suara yang telah dipilih dalam rekabentuk baru ini adalah dari model Audision AV-432. Perbandingan pembesar suara boleh dilihat berpandukan keputusan ujian pengukuran di dalam Bab 6 dan spesifikasi pembesar suara yang dikeluarkan oleh pembuat pembesar suara tersebut. Pembesar suara kolum model Audision AV-432 ini dipilih kerana prestasi pembesar suara tersebut merupakan antara yang terbaik sekali berbanding dengan 2 jenis pembesar suara model Unipex. Sudut pengarah kutub secara menegak pembesar suara Audision AV-432 adalah 44° merupakan sudut pengarah yang besar berbanding model Unipex. Manakala, kawasan liputan pada sempadan -3dB pula adalah $120^{\circ} \times 44^{\circ}$ dan amat sesuai digunakan bagi menampung keseluruhan kawasan ruang solat utama tersebut. Taburan SPL yang dikeluarkan oleh pembesar suara Audision AV-432 ini hampir seragam di semua lokasi ujian di mana keseragaman taburan SPL ini merupakan satu ciri yang amat penting di dalam rekabentuk sistem siaraya di ruang solat tersebut. Ujian pengukuran taburan SPL yang telah dijalankan menunjukkan

taburan SPL adalah dalam julat 3dB di semua lokasi yang telah ditetapkan. Taburan SPL yang sedemikian adalah sudah cukup baik bagi satu ruang tertutup seperti ruang solat masjid tersebut.

Dari segi spesifikasi pembesar suara pula, pembesar suara Audision AV-432 ini mempunyai kadar kuasa masukan sebanyak 20W berbanding hanya 10W bagi model Unipex SC-10J dan 15W bagi model Unipex SC-15J serta kepekaan Audision AV-432 adalah 67.1dB/W/m berbanding 56.8dB/W/m bagi model SC-10J dan 66.5dB/W/m bagi model SC-15J. Maklumat perbandingan antara ketiga-tiga jenis pembesar suara ini boleh dirujuk pada Jadual 6.3. Oleh kerana kelebihan serta prestasi yang terbaik diperolehi dari pembesar suara Audision AV-432, maka pembesar suara ini telah dipilih dalam rekabentuk sistem siaraya yang baru.

Dengan hanya memilih pembesar suara kolum dari jenis Audision AV-432 ini, bilangan penggunaan pembesar suara juga turut dikurangkan dari 6 buah kepada 2 buah sahaja. Jadi, 2 buah pembesar suara kolum model Audision AV-432 akan digunakan untuk mengagihkan bunyi di ruang solat utama di mana kedua-dua akan diletakkan di bahagian hadapan ruang solat tersebut. Dengan ini, keaslian bunyi itu akan dapat dirasai oleh para jemaah kerana bunyi yang dikeluarkan adalah dari arah hadapan ruang solat di mana para jemaah akan merasai bunyi tersebut datangnya dari pengucap (imam). Fenomena ini penting untuk memberikan penuh tumpu, keselesaan serta kekhusyukan para jemaah semasa mendengar sesuatu majlis ilmu yang diadakan di ruang solat tersebut. Cadangan kedudukan pembesar suara ini ditunjukkan di dalam Rajah 7.3 (rujuk Lampiran A) di mana kedudukan lokasi pembesar suara itu telah mengambilkira kedudukan

barang hiasan di dinding bahagian hadapan ruang solat seperti lampu dinding dan jam dinding. Kedudukan sedemikian adalah yang terbaik sekali dalam rekabentuk susunatur pembesar suara bagi pengarahannya secara mengufuk sistem pembesar suara. Lagi pun, pengarahannya secara mengufuk untuk julat frekuensi 1kHz atau pada frekuensi percakapan ini adalah tidak begitu kritikal sekiranya disusunatur seperti rajah cadangan tersebut. Perkara ini telah dinyatakan dan dipersetujui oleh penyelia projek. Cuma perkara yang dianggap amat penting adalah rekabentuk pengarahannya pembesar suara secara menegak di mana keseluruhan pengarahannya mestilah diarahkan hanya kepada para jemaah sahaja dan pengarahannya yang silap akan menyebabkan berlakunya suapbalik terhadap mikrofon yang digunakan.



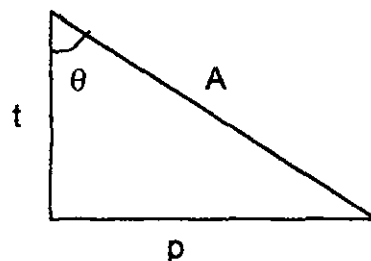
Rajah 7.4 : Cadangan pengarahannya sistem pembesar suara yang baru

Rajah 7.4 menunjukkan cadangan pengarahannya pembesar suara model Audision AV-432 secara menegak. Rajah tersebut adalah merupakan gambaran cadangan susunatur pembesar suara kolum dan pengiraan untuk mengetahui sudut pengarahannya yang tepat serta jarak pengarahannya pembesar suara akan ditunjukkan seperti berikut ;

Senarai parameter yang diperlukan untuk pengiraan :

- (i) Panjang ruang solat = 13.73m
- (ii) Tinggi ruang solat = 3.74m
- (iii) Cadangan tinggi pembesar suara diletakkan dari lantai = 3.00m
- (iv) Sudut liputan menegak sempadan -3dB = 44°

Panjang A boleh didapati dengan menggunakan asas trigonometri berikut ;



$$A^2 = p^2 + t^2$$

$$A^2 = [13.73]^2 + [3.00]^2$$

$$\therefore A = \sqrt{197.51} = 14.05\text{m}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{t}{A}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{3}{14.05}$$

$$\therefore \theta = 77.67^\circ$$

Sudut liputan pembesar suara pada sempadan -3dB adalah 44° . Secara ideal, sudut tersebut akan dibahagi dua menjadi 22° di sebelah kiri dan kanan graf pengarah kutub. Namun begitu, dari keputusan ujian pengukuran pengarah kutub pembesar suara Audision AV-432 didapati nilai sudut tersebut tidak sama seperti mana secara ideal ini, jadi pengiraan untuk cadangan pengarah pembesar suara secara menegak ini akan menggunakan nilai sudut liputan pada sempadan -3dB yang diperolehi melalui ujikaji iaitu 17° di sebelah kanan graf dan 27° di sebelah kiri graf. Maka, secara praktikalnya, 17° berada di bahagian atas dan 27° di bahagian bawah dari paksi rujukan pengarah 0° . Pengiraan untuk mendapatkan panjang B adalah seperti berikut ;

$$77.67^\circ - 17^\circ = 60.67^\circ$$

$$\cos 60.67^\circ = \frac{3}{B}$$

$$\therefore B = \frac{3}{\cos 60.67^\circ} = 6.12\text{m}$$

dan panjang C ditentukan seperti berikut ;

$$77.67^\circ - 44^\circ = 33.67^\circ$$

$$\cos 33.67^\circ = \frac{3}{C}$$

$$\therefore C = \frac{3}{\cos 33.67^\circ} = 3.60\text{m}$$

Jarak antara setiap lokasi ①, ② dan ③ dari dinding hadapan juga boleh ditentukan seperti berikut ;

$$\textcircled{1} = \sqrt{[3.6]^2 - [3]^2} = 1.99\text{m}$$

$$\textcircled{2} = \sqrt{[6.12]^2 - [3]^2} = 5.33\text{m}$$

$$\textcircled{3} = \sqrt{[14.05]^2 - [3]^2} = 13.73\text{m}$$

Oleh itu, sudut pengarahannya pembesar suara boleh ditentukan dengan ketinggian dari lantai adalah 3 meter ;

$$\sin \theta_p = \frac{3}{6.12}$$

$$\therefore \theta_p = 29.35^\circ$$

Dengan cara pengiraan juga kadar taburan SPL pada setiap lokasi ①, ② dan ③ boleh ditentukan berdasarkan pada jarak. Sekiranya, rekabentuk sistem siaraya ini ditetapkan supaya SPL yang diterima pada lokasi ② adalah 75dB. Maka contoh pengiraan di bawah ini boleh menentukan SPL pada lokasi ① dan ③.

$$\text{Rumus ; } \text{SPL} = \text{SPL}_{\text{ditetapkan}} - 20 \log \frac{\text{jarak pada sempadan} - 3\text{dB}}{\text{jarak pada paksi } 0^\circ}$$

- faktor sempadan pengarahannya kutub

$$\text{SPL}_{\textcircled{1}} = 75\text{dB} - 20 \log \frac{3.6}{6.12} - 3\text{dB}$$

$$= 76.61\text{dB} \approx 77\text{dB}$$

$$\text{SPL}_{\textcircled{3}} = 75\text{dB} - 20 \log \frac{14.05}{6.12} - 3\text{dB}$$

$$= 64.78\text{dB} \approx 65\text{dB}$$

Hasil daripada pengiraan di atas, dapat disimpulkan bahawa sekiranya jarak antara lokasi rujukan iaitu pada lokasi ② dengan lokasi ③ semakin jauh maka bacaan SPL akan semakin berkurangan. Keputusan di atas menunjukkan bahawa sisihan SPL sebanyak -10dB antara lokasi ② dan lokasi ③. Manakala, sisihan SPL sebanyak $+2\text{dB}$ antara lokasi ② dan lokasi ①. Secara kesimpulannya, julat SPL di ruang solat utama berdasarkan rekabentuk yang baru ini adalah 12dB secara kiraan. Nilai sisihan tersebut masih lagi menepati dengan nilai sisihan piawai yang dibenarkan iaitu pada SPL 70dB hingga 75dB , sisihan piawainya adalah 10dB hingga 12dB . Ini bermakna sekiranya, nilai 75dB diambil sebagai nilai yang ditetapkan dengan dibenarkan sisihan sebanyak 10dB maka julat SPL menjadi 65dB hingga 75dB . Ini adalah nilai piawai yang dibenarkan untuk menghasilkan satu sistem siaraya yang baik dalam sesebuah ruang.

Namun begitu, perkara di atas tidak berlaku secara praktikal di mana melalui ujian taburan SPL yang telah dijalankan di ruang solat utama masjid dengan menggunakan sudut pengarahannya pembesar suara 29.35° . Bacaan taburan SPL di ruang solat utama masjid masih menunjukkan keseragaman iaitu di antara 74dB sehingga 77dB di beberapa lokasi yang telah ditetapkan seperti ujian taburan SPL dalam Rajah 6.14. Perkara ini berlaku disebabkan oleh faktor pantulan berguna dan gemaan ruang solat utama masjid. Walaupun, sudut pengarahannya telah dibuat dengan baik dan tepat namun pantulan bunyi masih berlaku di ruang solat tersebut dan pantulan itu adalah pantulan berguna di mana ianya bersifat sebagai penyeragaman SPL pada ruang solat utama masjid. Oleh itu, walaupun bahagian belakang ruang solat utama tidak direkabentuk supaya sempadan pengarahannya -3dB meliputi aras

pendengaran jemaah, namun aras tekanan bunyi yang telah diukur di bahagian tersebut adalah 74dB. Ini menunjukkan bahawa kawasan tersebut tidak bermasalah kerana aras keamatan bunyinya masih tinggi dan seragam disebabkan oleh faktor pantulan berguna dan gema dalam ruang solat utama masjid.

Pengiraan boleh juga dibuat untuk mendapatkan SPL di setiap lokasi ①, ② dan ③ berdasarkan kepekaan sesebuah sistem pembesar suara yang digunakan. Walaupun, untuk menjayakan projek ini hanya rumus dan kaedah di atas sahaja yang digunakan dalam rekabentuk tetapi bagi tujuan ilmiah, contoh pengiraan berdasarkan kepekaan pembesar suara turut dibincangkan. Di bawah ini merupakan kaedah pengiraan dengan menggunakan kepekaan pembesar suara kolum model Audision AV-432 di mana kepekaan dan kuasa pembesar suara adalah 67.1dB/W/m dan 20W pada jarak pengarah 6.12m dari pusat pembesar suara ;

$$\text{SPL} = \text{Kepekaan} + 10 \log \frac{\text{kuasa yang dikeluarkan}}{\text{kuasa rujukan}}$$

- $20 \log \frac{\text{jarak yang diukur}}{\text{jarak rujukan}}$
- faktor sempadan pengarah kutub

Oleh itu, dengan menggunakan rumus di atas, SPL di semua lokasi dapat ditentukan seperti berikut di mana kuasa rujukan adalah 1W manakala jarak rujukan pada 1m ;

$$\begin{aligned} \text{SPL}_{\textcircled{1}} &= 67.1\text{dB/W/m} + 10 \log \frac{20}{1} - 20 \log \frac{3.6}{1} - 3\text{dB} \\ &= 65.98\text{dB} \approx 66\text{dB} \end{aligned}$$

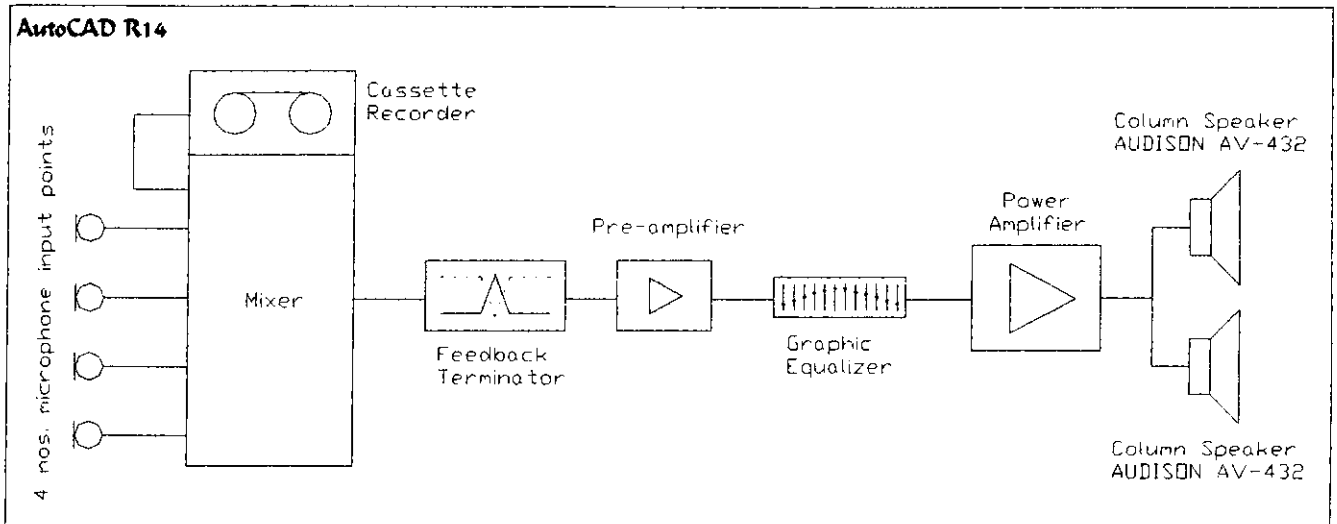
$$\begin{aligned} \text{SPL}_{\textcircled{2}} &= 67.1\text{dB/W/m} + 10 \log \frac{20}{1} - 20 \log \frac{6.12}{1} - 0\text{dB} \\ &= 64.38\text{dB} \approx 64\text{dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_{\textcircled{3}} &= 67.1\text{dB/W/m} + 10 \log \frac{20}{1} - 20 \log \frac{14.05}{1} - 3\text{dB} \\ &= 54.16\text{dB} \approx 54\text{dB} \end{aligned}$$

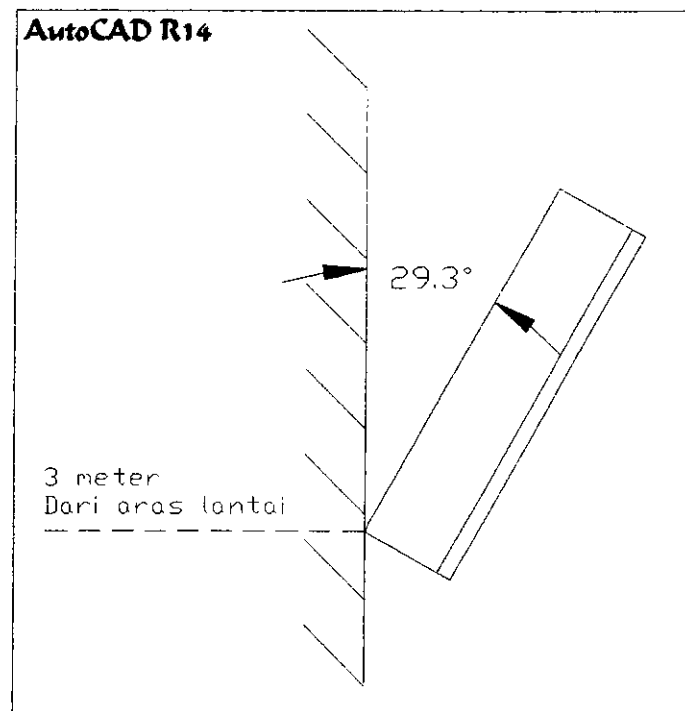
Keputusan pengiraan di atas mempunyai persamaan seperti pengiraan yang dibuat dengan menggunakan konsep jarak di mana dapat diperhatikan bahawa sisihan SPL sebanyak -10dB antara lokasi $\textcircled{2}$ dan lokasi $\textcircled{3}$ dan sisihan SPL sebanyak $+2\text{dB}$ antara lokasi $\textcircled{2}$ dan lokasi $\textcircled{1}$. Cuma kepekaan yang dicatatkan untuk pembesar suara kolum model Audision AV-432 ini agak rendah tetapi pada konsepnya kedua-dua kaedah pengiraan tersebut boleh digunakan untuk mendapatkan taburan SPL pembesar suara.

Cadangan rekabentuk sistem siaraya ruang solat utama masjid ini juga turut melibatkan beberapa pertambahan terhadap penggunaan komponen sistem siaraya yang bakal digunakan. Rajah 7.5 menunjukkan rajah skematik cadangan rekabentuk sistem siaraya yang melibatkan pertambahan komponen sistem siaraya seperti penghapus suapbalik (*feedback terminator*), pra-penguat (*pre-amplifier*) dan juga penyama grafik (*graphic equalizer*). Tujuan penggunaan penghapus suapbalik adalah untuk

mengelakkan sebarang bunyi bising yang terhasil disebabkan oleh suapbalik antara pembesar suara dengan mikrofon dan penyama grafik pula digunakan untuk menyelaraskan bunyi pada frekuensi pertengahan atau frekuensi percakapan sahaja. Penggunaan alat perakam suara turut dicadangkan bagi tujuan merakam ceramah perdana yang diadakan di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Secara keseluruhannya, projek ini bukan sahaja memberi kejelasan dan keselesaan pendengaran kepada para jemaah malah ianya juga turut akan memberikan kemudahan kendalian sistem siaraya kepada pihak jawatankuasa masjid.



Rajah 7.5 : Rajah skematik cadangan rekabentuk sistem siaraya yang baru di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai



Rajah 7.6 : Cadangan sudut pengarah sistem pembesar suara kolum model Audison AV-432

BAB 8

BAB 8

KESIMPULAN

Kesimpulan keseluruhan bagi kajian projek ini telah berjaya menepati tujuan utama projek iaitu merekabentuk satu sistem siaraya mudah bagi memperbaiki serta meningkatkan sistem siaraya yang sedia ada di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai. Rekabentuk baru sistem siaraya telah memberikan banyak kelebihan dan lebih baik daripada yang ada sekarang serta menepati ciri-ciri akustik di ruang solat utama masjid. Penggunaan rangkaian komponen sistem siaraya yang baru telah ditambah dengan penggunaan beberapa komponen asas yang diperlukan bagi memperbaiki sistem siaraya sedia ada di mana penggunaan sistem penghapus suapbalik (*feedback terminator*) merupakan satu elemen penting yang akan mengurangkan kesan suapbalik mikrofon yang disebabkan oleh kesan sebaran secara terus dan pantulan dari pembesar suara. Di samping itu, kombinasi kesemua jenis komponen serta penambahan penghapus suapbalik, pra-penguat, penyama grafik dan alat perakam suara akan dapat memberikan mutu penghasilan bunyi yang terbaik untuk ruang solat utama masjid.

Perubahan besar telah dilakukan pada susunatur sistem pembesar suara ruang solat utama masjid di mana bilangan pembesar suara telah dikurangkan dari 6 buah pembesar suara kolum kepada 2 buah sahaja. Susunatur pembesar suara juga turut diubah dari sisi kiri dan kanan ruang solat kepada bahagian hadapan ruang solat. Tujuan perletakkan pembesar suara di bahagian hadapan adalah untuk memberikan keaslian bunyi yang dihasilkan itu seolah-olah datangnya dari pengucap (imam). Perkara ini amat penting untuk memberikan keselesaan, kejelasan, penumpuan dan kekhusyukan para jemaah semasa menghadiri khutbah Jumaat mahupun majlis ilmu di ruang solat utama masjid. Sudut pengarahannya pembesar suara juga telah diperbetulkan agar kesemua kuasa yang dikeluarkan oleh pembesar suara ditumpukan sepenuhnya kepada para pendengar seterusnya akan memberikan kejelasan yang maksimum dan mudah difahami.

Pemilihan pembesar suara daripada 3 jenis pembesar suara kolum yang digunakan di ruang solat utama masjid bukanlah suatu perkara yang mudah. Pebagai kajian dan penyelidikan yang melibatkan ujian dan eksperimen telah dijalankan untuk mengetahui spesifikasi sesuatu pembesar suara. Antara eksperimen yang telah dijalankan adalah ujian pengukuran pengarahannya kutub pembesar suara dan ujian pengukuran taburan SPL di ruang solat utama masjid. Rentetan daripada keputusan eksperimen tersebut menunjukkan spesifikasi pembesar suara kolum model Audision AV-432 adalah yang terbaik dan memenuhi keperluan akustik di ruang solat utama masjid. Perbandingan tersebut telah diterangkan cara mendalam dalam Bab 6 dan Bab 7.

Di samping itu, ujian pengukuran masa gema telah dijalankan di ruang solat tersebut dan keputusan ujian tersebut menunjukkan bahawa catatan masa gema di ruang solat utama masjid adalah amat tinggi iaitu 1.32 saat berbanding masa gema optimum hanya 0.75 saat bagi isipadu ruang sebanyak 750m^3 sahaja. Namun begitu, setelah dirujuk kepada pensyarah akustik yang berpengalaman, keputusan masa gema ini masih boleh diterima bagi ruang solat tersebut kerana secara praktikalnya, masa gema yang dicatat antara 1.2 saat hingga 1.5 saat adalah sesuai untuk sesuatu ruang tertutup yang digunakan bagi tujuan syarahan ataupun ceramah tanpa bergantung kepada keluasan ruang tersebut. Jadi, bacaan yang telah dicatatkan masih relevan dengan keperluan ruang tersebut sebagai ruang solat masjid. Oleh itu, cadangan penggunaan hanya 2 buah pembesar suara kolum model Audision AV-432 adalah amat sesuai dengan faktor gema di ruang solat utama masjid.

Walaupun, cadangan rekabentuk sistem siaraya serta susunatur pembesar suara adalah yang terbaik dan menepati keperluan akustik ruang solat utama masjid tetapi proses pemasangan pembesar suara tidak dapat dilaksanakan kerana tidak dipersetujui oleh seorang individu yang dipertanggungjawab untuk menjaga sistem siaraya masjid. Pada peringkat awalnya, pihak jawatankuasa masjid telah bersetuju untuk menerima sebarang kemajuan peningkatan sistem siaraya masjid dan mereka telah memberikan sepenuh kerjasama untuk menjayakan kajian peningkatan projek ini tetapi di saat-saat terakhir, cadangan yang telah dibuat untuk memberi keselesaan para jemaah tidak dapat dilaksanakan. Perkara ini amat dikesali dan sistem siaraya yang ada kini masih lagi berada dalam situasi

yang bermasalah serta mengganggu keselesaan dan kekhusyukkan para jemaah masjid tersebut.

Sesungguhnya, kajian peningkatan sistem siaran di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai ini telah berjaya mencapai matlamat awal pelaksanaan projek. Namun begitu, peningkatan masih boleh diteruskan pada masa hadapan dengan menggunakan hanya satu pembesar suara sahaja yang akan diletakkan di bahagian tengah hadapan ruang solat utama. Pemilihan pembesar suara mestilah mempunyai kepekaan yang tinggi serta sudut liputan pada lingkungan $120^{\circ} \times 45^{\circ}$ agar dapat merangkumi keseluruhan ruang solat utama masjid. Rajah cadangan ini boleh dirujuk dalam Rajah 7.6 pada Lampiran A.

Seperkara lagi, pemulihan terhadap masa gema juga perlu dititikberatkan di ruang solat tersebut agar nilainya menghampiri nilai masa gema piawai iaitu 0.75 saat bagi ruang berisipadu 750m^3 untuk tujuan ceramah dan tempat beribadat. Kemungkinan cadangan penggunaan langsir di keliling dinding ruang adalah praktikal untuk mengurangkan kesan pantulan bunyi kerana keseluruhan bahagian dinding ruang solat utama hanya menggunakan pintu gelangsir kaca. Cara penyelesaian tersebut adalah yang termurah dan tercepat sekali yang boleh dilaksanakan di masjid tersebut.

Akhir sekali, dapat disimpulkan bahawa kajian projek ini telah berjaya menyesuaikan salah satu pembesar suara yang sedia ada sebagai keperluan sistem siaran di ruang solat utama masjid. Dengan pemilihan pembesar suara kolum model Audision AV-432 yang sedia guna di ruang solat utama masjid tersebut, bukan sahaja telah dapat menjimatkan kos

tetapi juga telah bertepatan dengan tuntutan agama Islam itu sendiri supaya umatnya tidak melakukan pembaziran. Lagi pun, pelaksanaan projek ini di zaman negara Malaysia mengalami kegawatan ekonomi yang agak serius telah mencetus minda dan kreativiti saya untuk sedaya upaya menggunakan semula pembesar suara sedia ada supaya kaedah susunaturnya menepati keperluan akustik di ruang solat tersebut. Alhamdulillah, kajian projek ini telah berjaya dilaksanakan dan amatlah diharapkan agar pada masa hadapan, pihak jawatankuasa masjid dapat menerima cadangan rekabentuk ini. Insya-Allah.

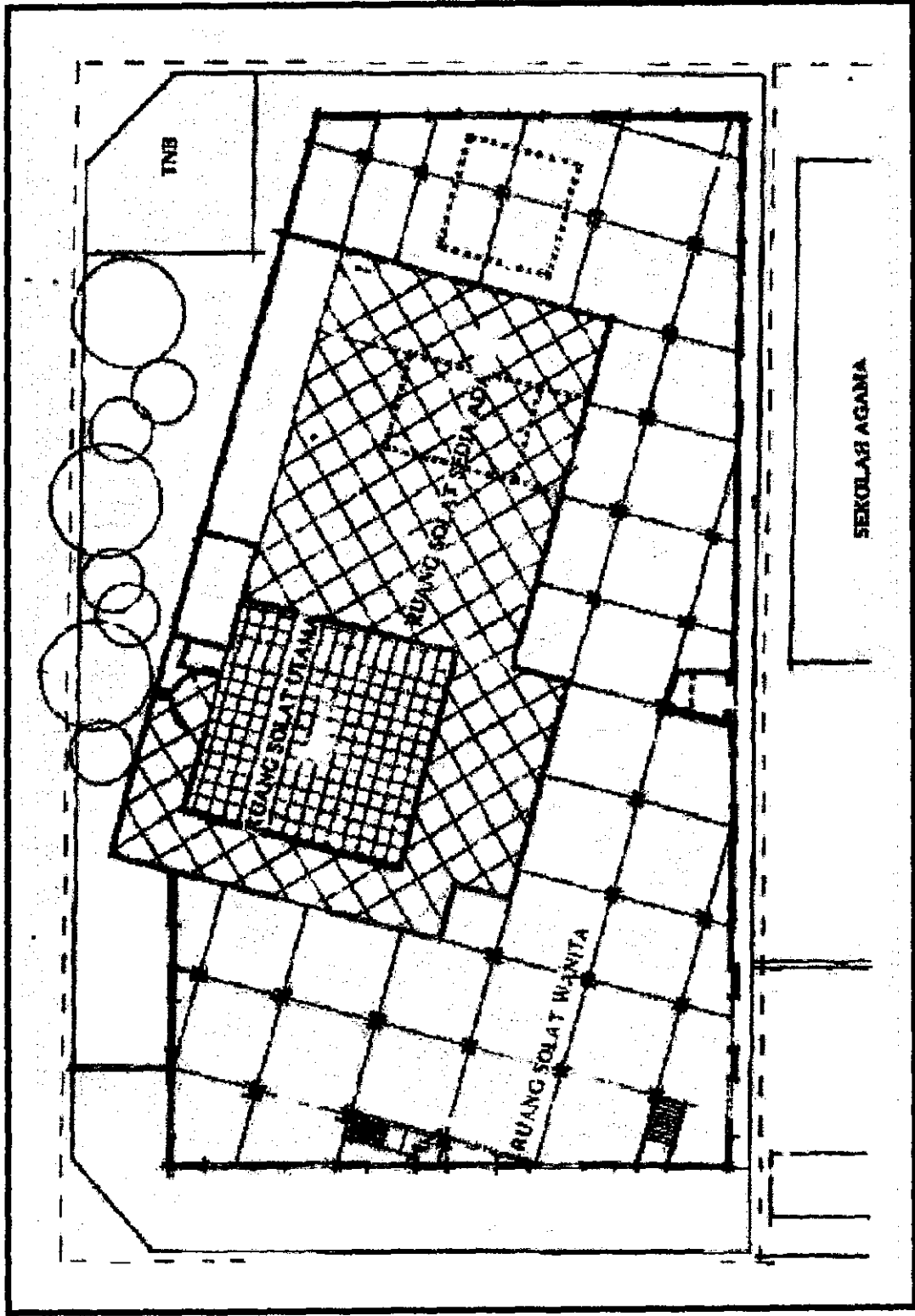
BIBLIOGRAFI

BIBLIOGRAFI

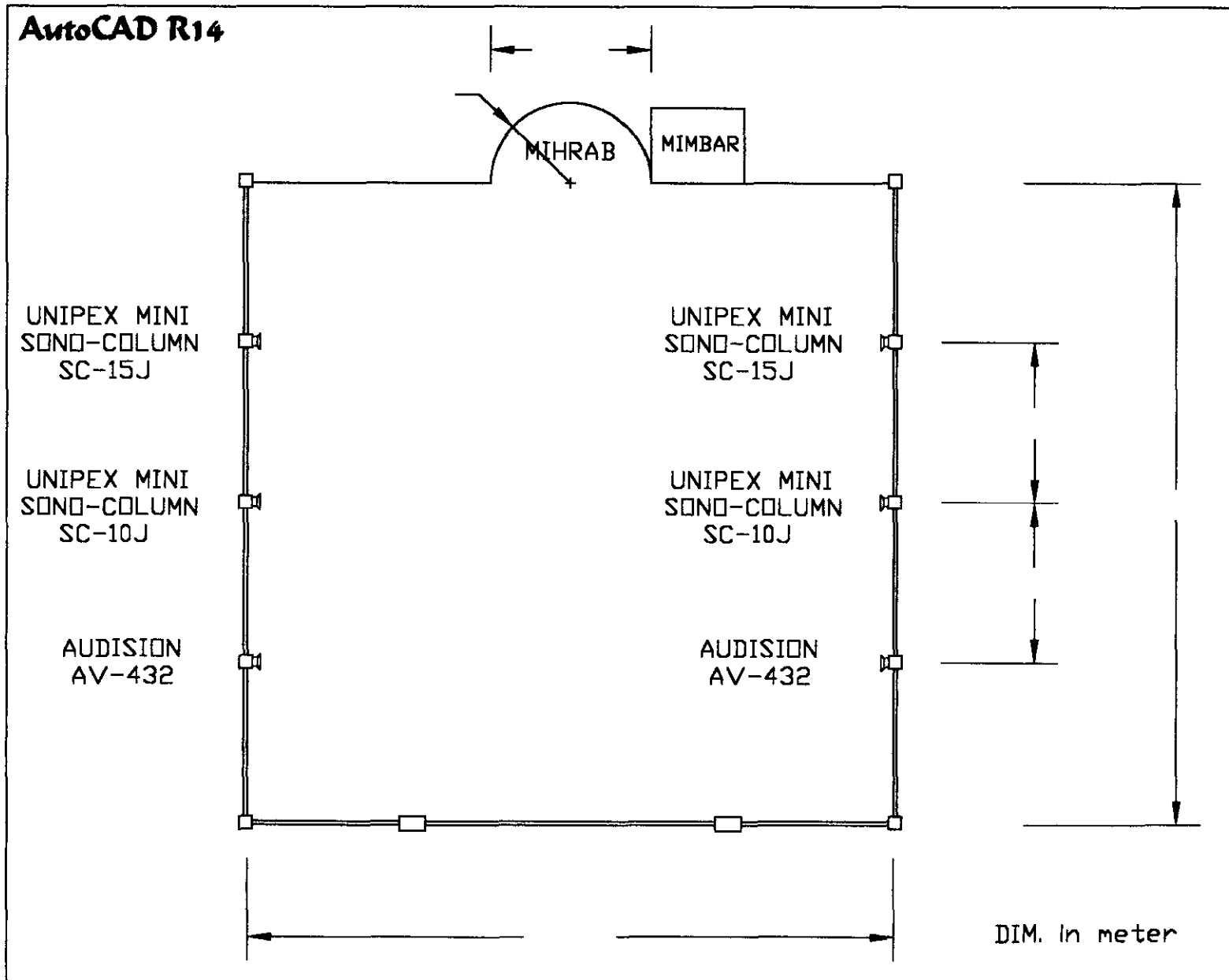
- [1] PM Ir. Haji Ahmad Khan bin Haji Said (1990). Pengenalan Akustik. Unit Penerbitan Akademik UTM, Skudai.
- [2] Md. Najib bin Ibrahim (1991). Akustik Seni Bina. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.
- [3] F. Alton Everest (1994). The Master Handbook Of Acoustics (3rd Edition). TAB Books, Division of McGraw-Hill, Inc.
- [4] John Borwick, Loudspeaker and Headphone Handbook (2nd Edition). Focal Press Oxford.
- [5] Alex Nisbett , The Sound Studio (6th Edition). Library of Congress Cataloging in Publication Data & Alex Nisbett Sound Studio.
- [6] Michael Talbot-Smith (1994). Reference Book : Audio Engineer's. British Library, Catalog Publication Data.
- [7] Glen Bakaw (1987), Howard W. Sams & co. (1991), Handbook for Engineers. North College, Carmel, Indiana 46032 USA : The New Audio Cyclopedia.
- [8] Vivian Capel (1988). Public Address Book (2nd Edition). London : Pentech Press.
- [9] Martin Coloms (1978). High Performance Loudspeakers. London : Pentech Press.
- [10] Michael Talbot-Smith (1995). Sound Engineer's Pocket Book. Focal Press Oxford.
- [11] Michael Talbot-Smith (1995). Broadcast Sound Technology (2nd Edition). Focal Press Oxford.

- [12] Alec Nisbett (1993). The Use of Microphones (4th Edition). Focal Press Oxford.
- [13] Donald E.Hall (1987). Basic Acoustics. John Wiley & Sons Inc.
- [14] Michael Rettinger (1977). Acoustic Design And Noise Control (Volume 2 Noise Control). Chemical Publishing Co. NY.
- [15] David Marsh (Jan. 20, 1994). Sound System Design (Journal). INTERTEC Publication.
- [16] Speech Intelligibility (Journal) (Oct. 20, 1996). INTERTEC Publication.
- [17] Sound System Design And Installation Guide (Manual) (1996). Digistar Holdings Sdn. Bhd.

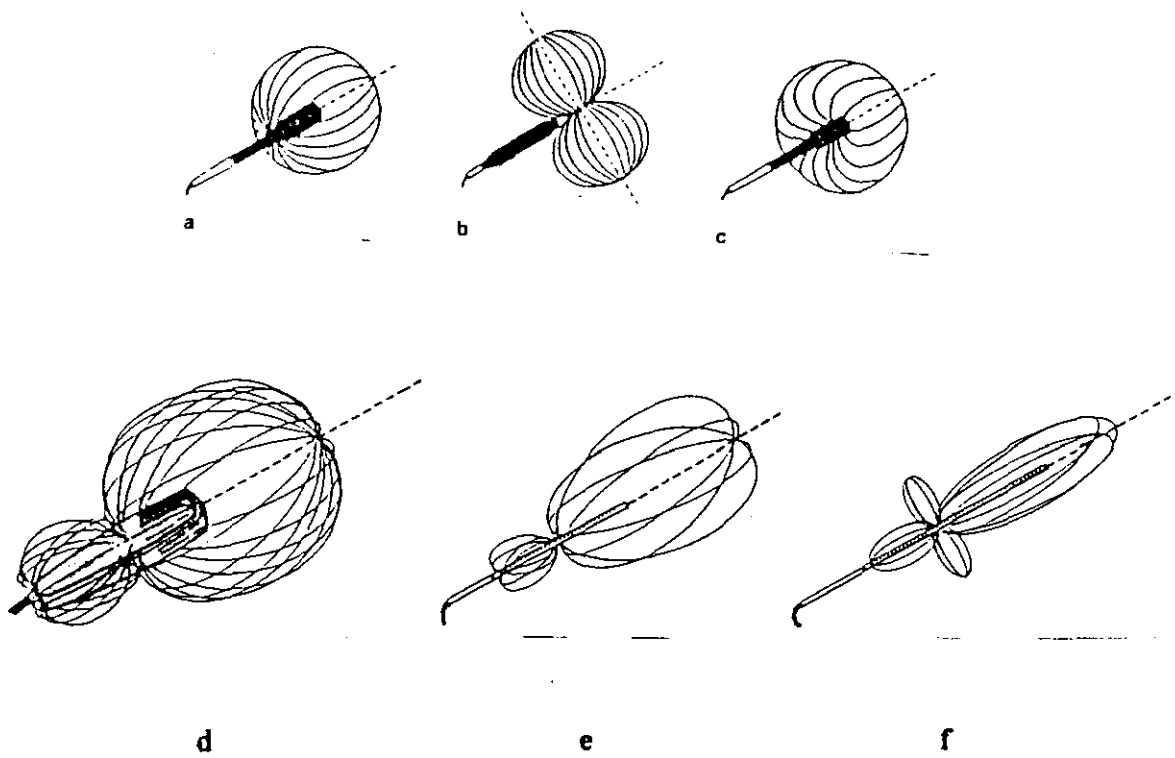
LAMPIRAN A



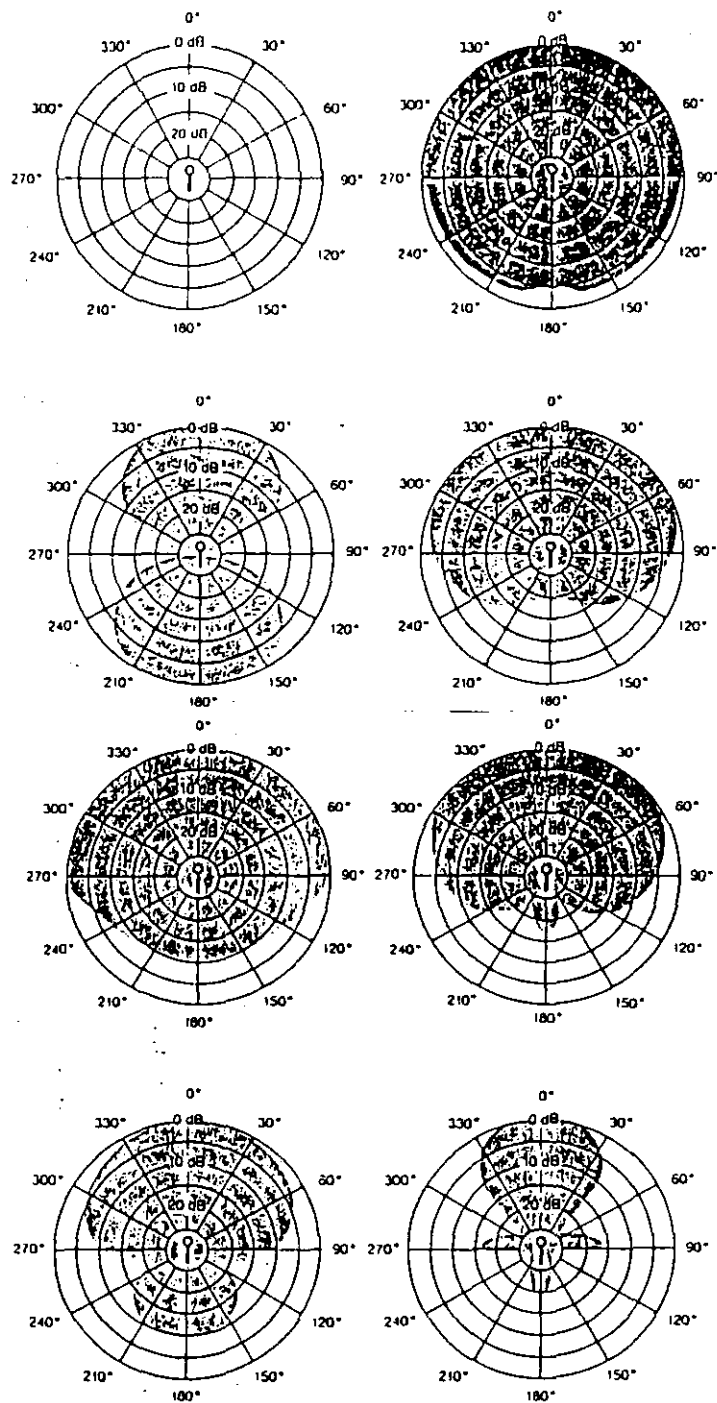
PELAN MASJID INTAN ABU BAKAR, SRI PULAI.



Pelan rekabentuk sistem siaraya sedia ada di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.



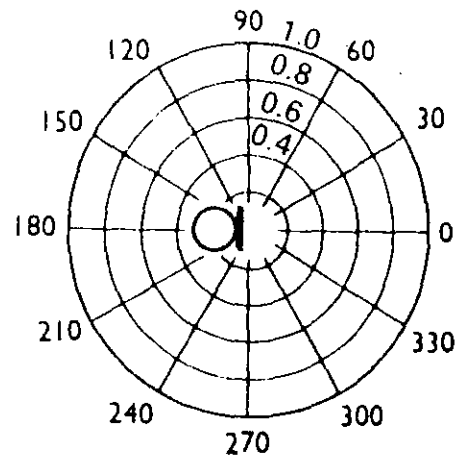
Rajah 3.7 : Ciri-ciri pengarahannya mikrofon ; (a) *omnidirectional* (b) *bi-directional* (c) *directional* (d) *supercardioid* (e) *hypercardioid* (f) *ultracardioid*



Rajah 3.8 : Sambutan kutub mikrofon ; (a) semua arah (b) dua arah (c) satu arah (*cardioid*) (d) *wide-angle cardioid* (e) *supercardioid* (f) *hypercardioid* (g) *ultracardioid*

POLAR DIAGRAM: PERFECT OMNIDIRECTIONAL RESPONSE

The scale from centre outwards is sensitivity, measured as a proportion of the maximum response (which is taken as unity).



PERFECT FIGURE-EIGHT RESPONSE (BI-DIRECTIONAL)

The response is similar in the plane through the 0°-180° axis; that in the plane of the 90°-270° axis is always zero. At 60° off axis the output is reduced to half. The response at the back of the microphone is opposite in phase. The two diagrams above have a linear scale, reducing to zero at the centre.

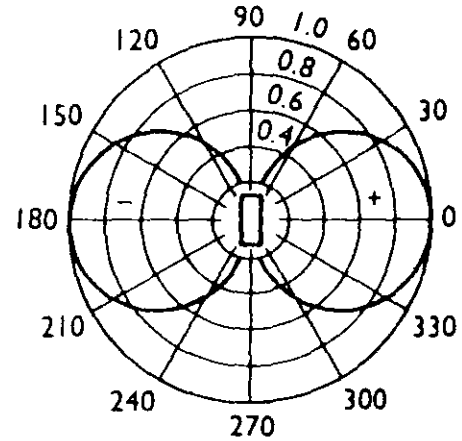
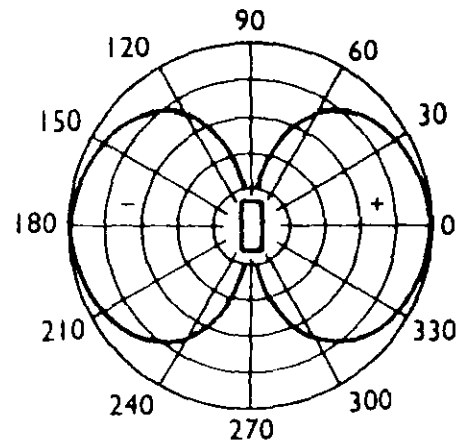
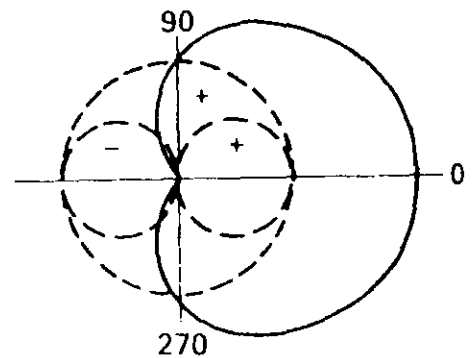


FIGURE-EIGHT WITH DECIBEL SCALE

The apparent distortion of the perfect response is due to the use of a scale which does not reduce to zero.

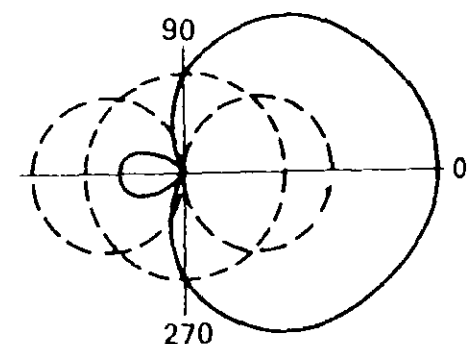


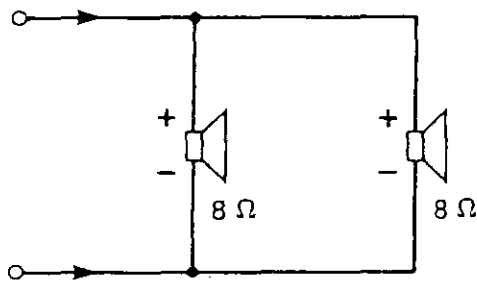
PERFECT CARDIOID RESPONSE This is the sum of omnidirectional and figure-eight pick-up when the maximum sensitivity of the two is equal. The front lobe of the 'eight' is in phase with the omnidirectional response and so adds to it; the back lobe is out of phase and is subtracted.



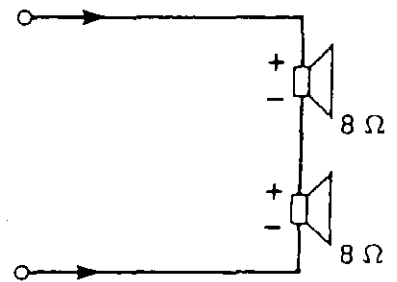
TYPICAL SUPERCARDIOID RESPONSE

This is a more directional version of the cardioid microphone. It is one of a continuous range of patterns that can be obtained by combining omni- and bi-directional response in various proportions.

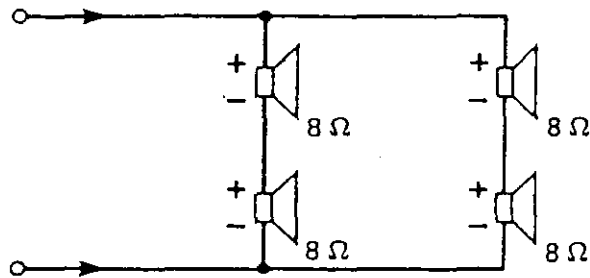




(a) Simple parallel connection
combined impedance = 4Ω



(b) Simple series connection
combined impedance = 16Ω



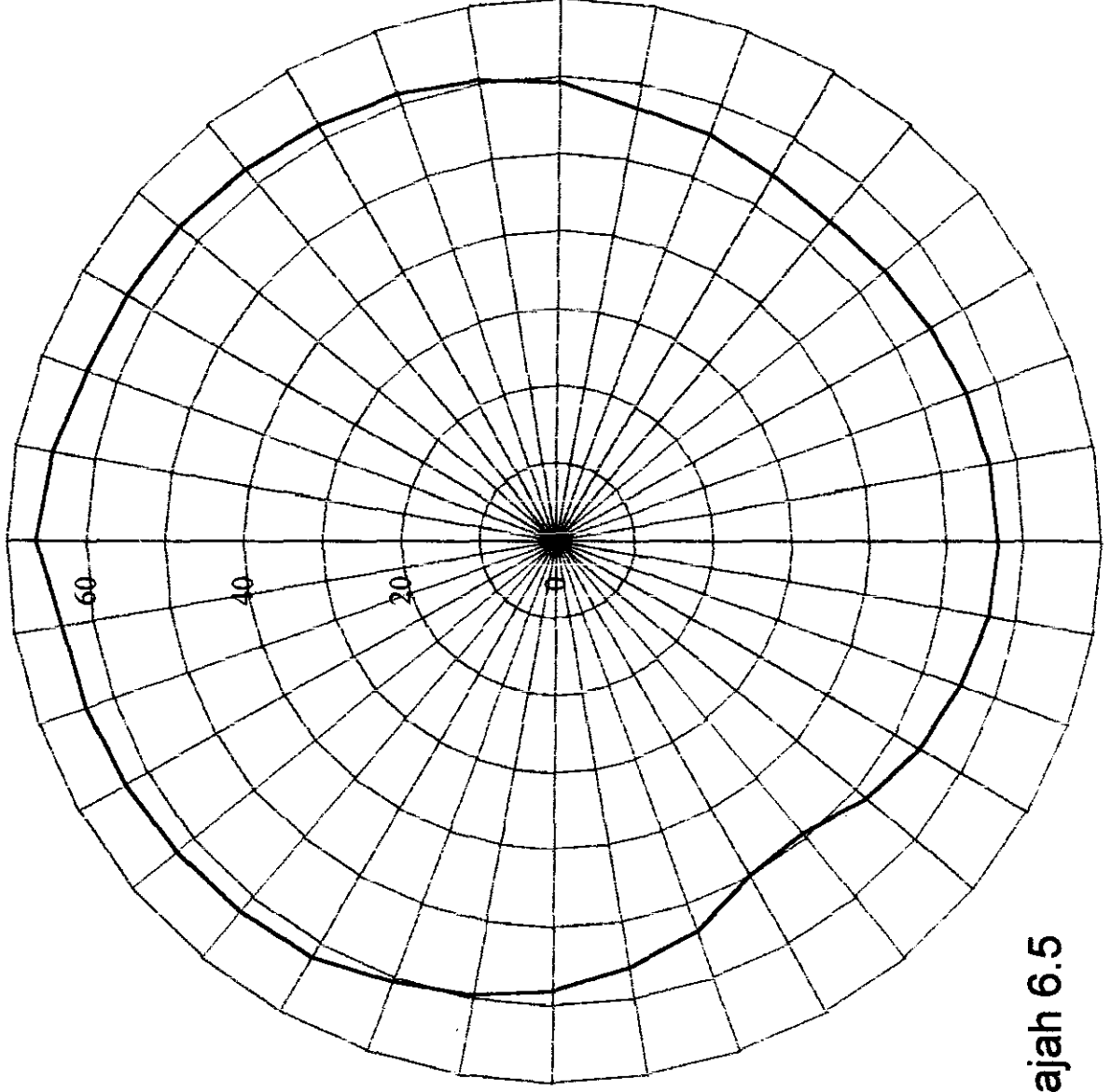
(c) Series-parallel combination
combined impedance = 8Ω

Rajah 4.4 : Sambungan pembesar suara ; (a) selari (b) sesiri
(c) sesiri-selari

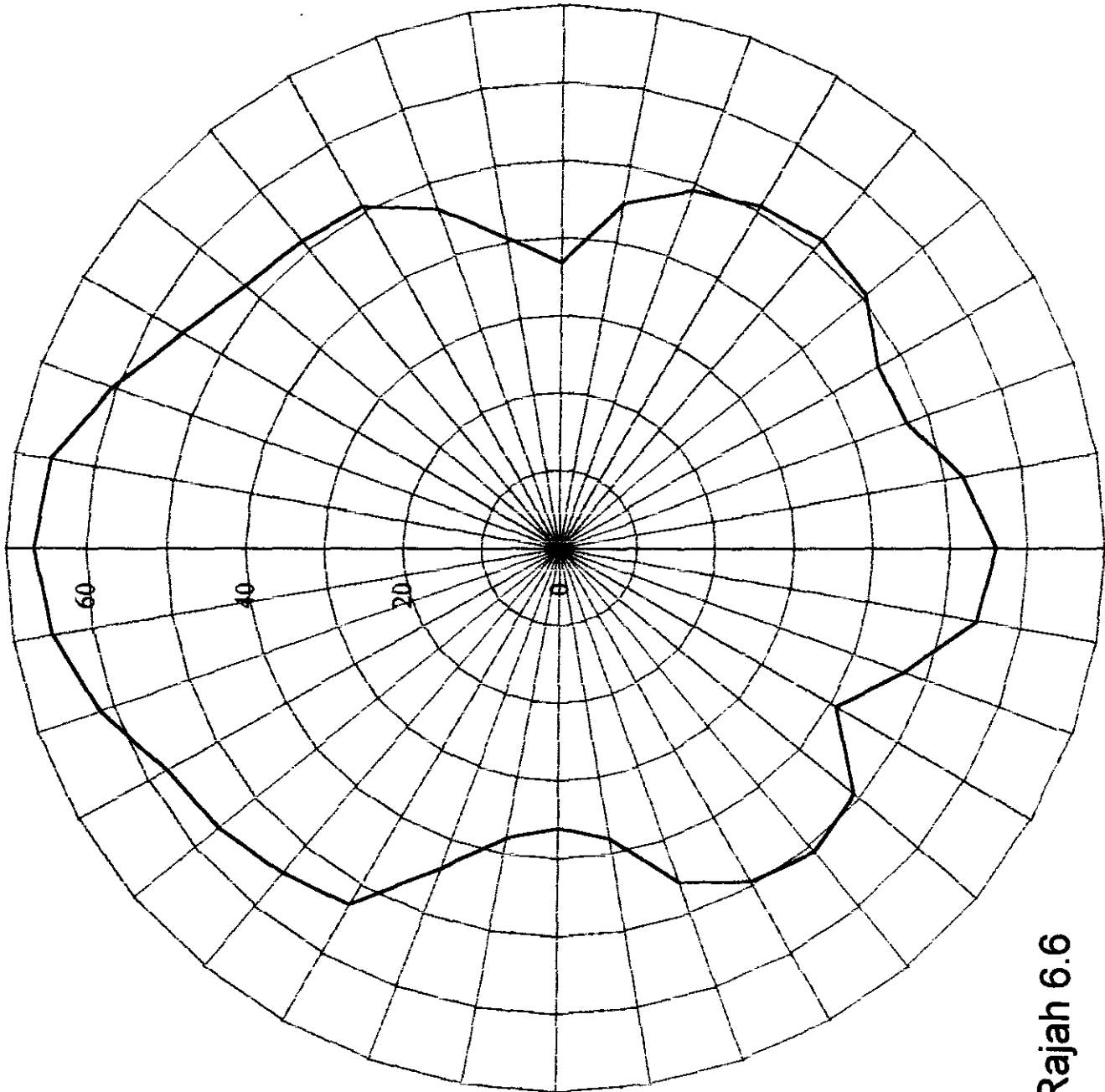
Jadual 6.2 : Keputusan ujian pengarahannya kutub pembesar suara masjid

Sudut	UNIPEX SC-15J		UNIPEX SC-10J		AUDISION AV-432	
	Mengufuk	Menegak	Mengufuk	Menegak	Mengufuk	Menegak
0	66.4	66.5	56.7	56.8	66.7	67.1
10	65.3	65.4	56.2	55.4	66.6	66.3
20	64.0	60.5	53.8	53.4	66.5	65.8
30	63.6	55.5	51.5	51.7	66.3	63.3
40	63.2	52.5	50.0	48.8	65.8	60.3
50	62.5	51.5	48.5	45.9	65.1	59.5
60	62.0	50.8	46.4	45.0	64.5	50.5
70	61.4	46.4	46.3	44.5	63.8	47.5
80	60.4	40.5	42.5	43.1	63.2	46.1
90	59.2	36.7	40.6	42.1	61.1	47.7
100	56.7	45.0	36.7	42.3	59.4	48.7
110	55.9	49.0	35.0	42.5	57.5	48.2
120	54.4	50.8	34.7	43.3	55.4	47.1
130	53.8	51.6	39.8	45.1	53.3	46.4
140	54.3	50.6	43.3	47.2	52.7	43.5
150	55.0	46.7	44.9	48.3	52.7	43.7
160	55.8	47.0	45.3	48.1	54.6	47.4
170	56.4	52.3	45.6	45.5	56.3	51.6
180	56.8	55.9	46.4	46.7	57.5	52.4
190	56.4	54.2	44.7	46.5	58.7	47.4
200	55.2	46.9	44.2	46.0	58.5	39.5
210	53.7	40.8	40.6	45.6	58.3	43.1
220	51.9	49.3	38.9	45.0	57.7	47.7
230	49.3	51.0	35.0	45.0	56.7	46.5
240	50.0	49.6	29.5	45.8	56.6	44.8
250	53.6	45.8	25.7	46.2	56.1	43.5
260	55.9	38.0	30.5	46.8	57.3	41.5
270	58.1	36.1	35.3	48.0	58.1	38.7
280	59.5	37.9	38.3	48.7	60.7	35.4
290	60.6	43.9	42.9	49.6	62.5	35.5
300	62.1	53.0	45.9	50.3	63.0	39.8
310	62.5	54.6	48.6	50.7	63.8	48.7
320	62.9	56.3	51.7	51.2	64.1	55.3
330	63.3	57.4	53.9	52.4	65.2	59.8
340	63.7	61.8	55.5	53.6	66.1	63.5
350	64.0	65.0	56.7	54.9	66.4	66.3

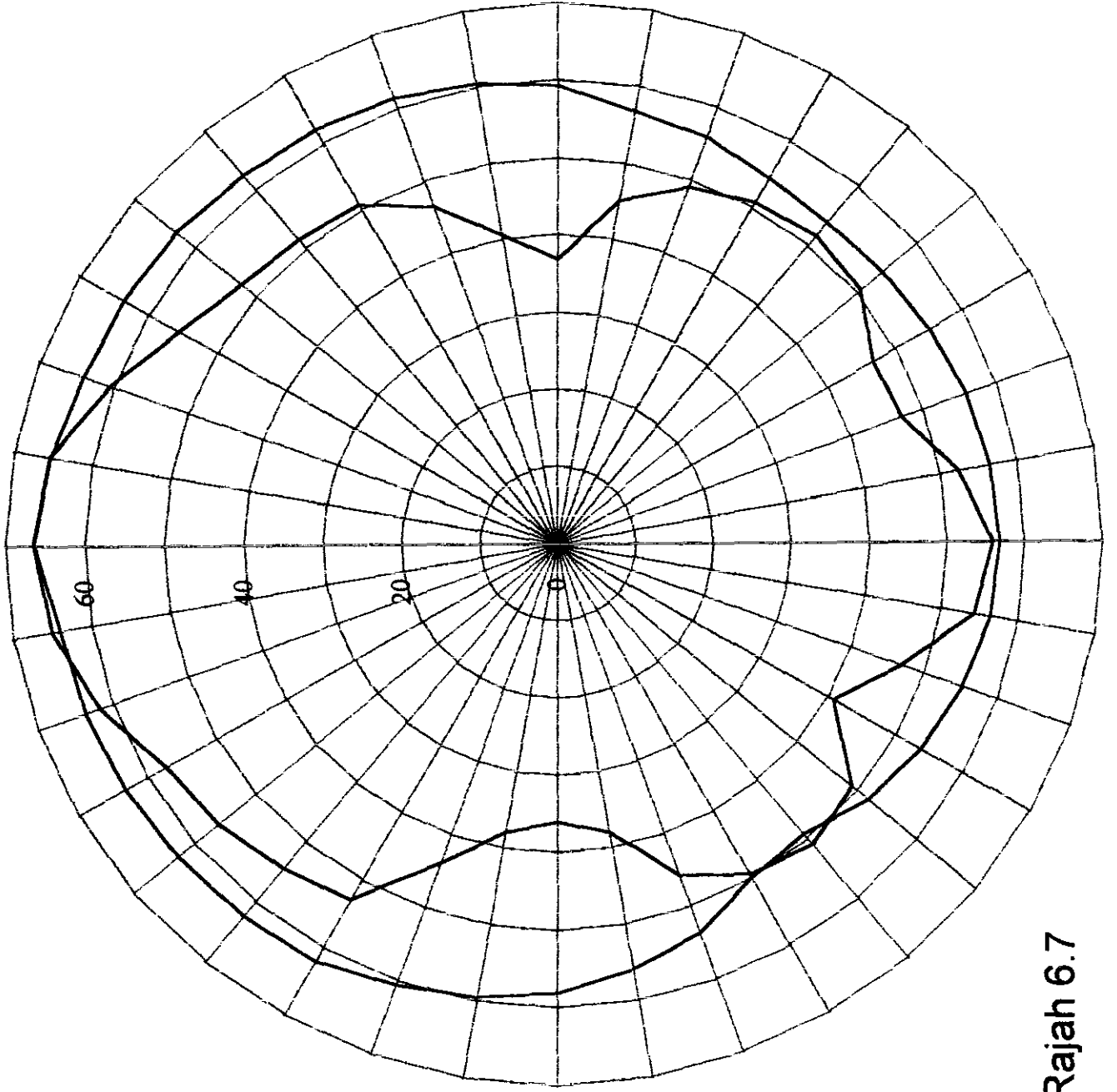
Pengarahan Kutub Mengufuk UNIPLEX SC-15J



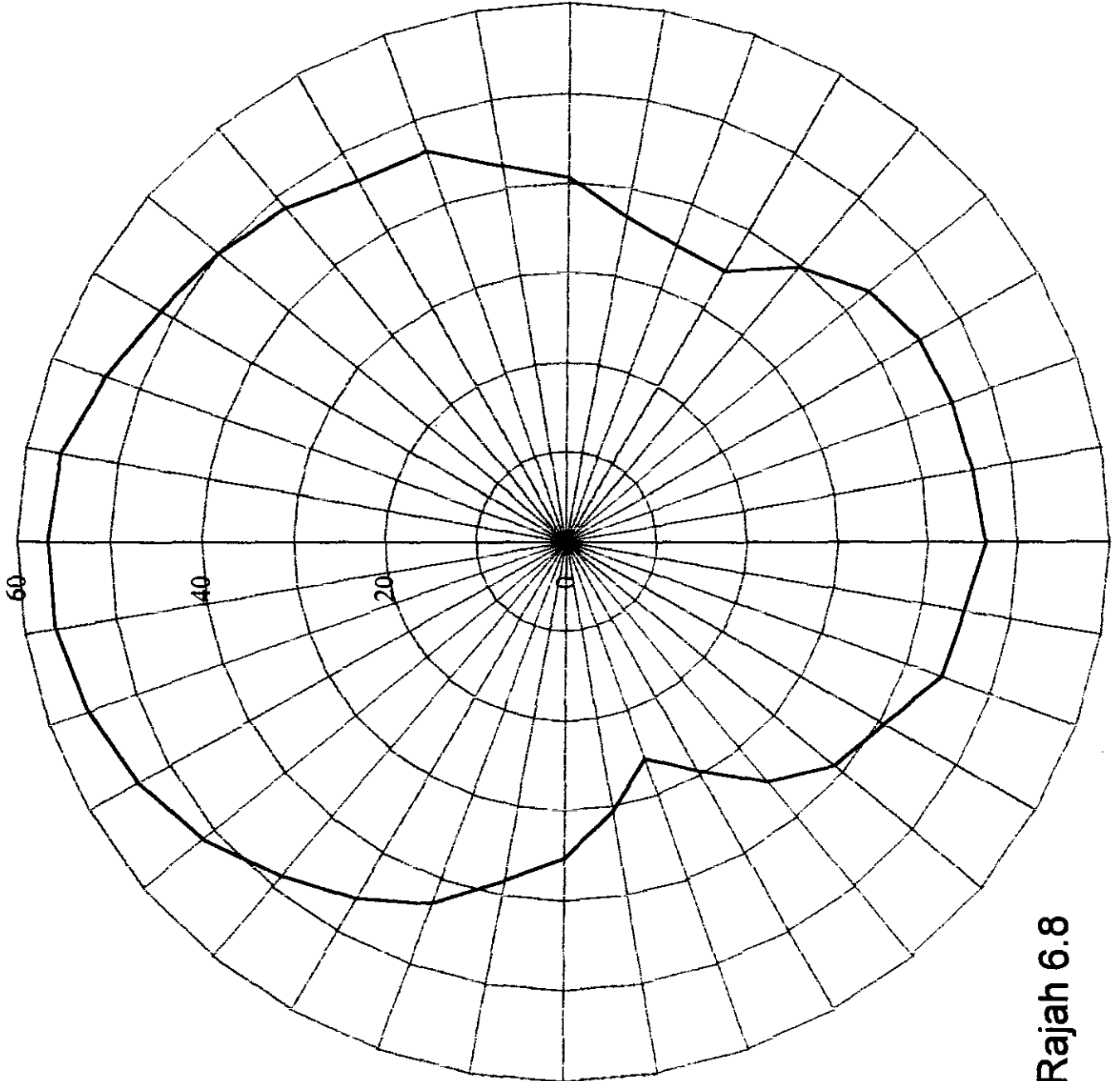
Rajah 6.5



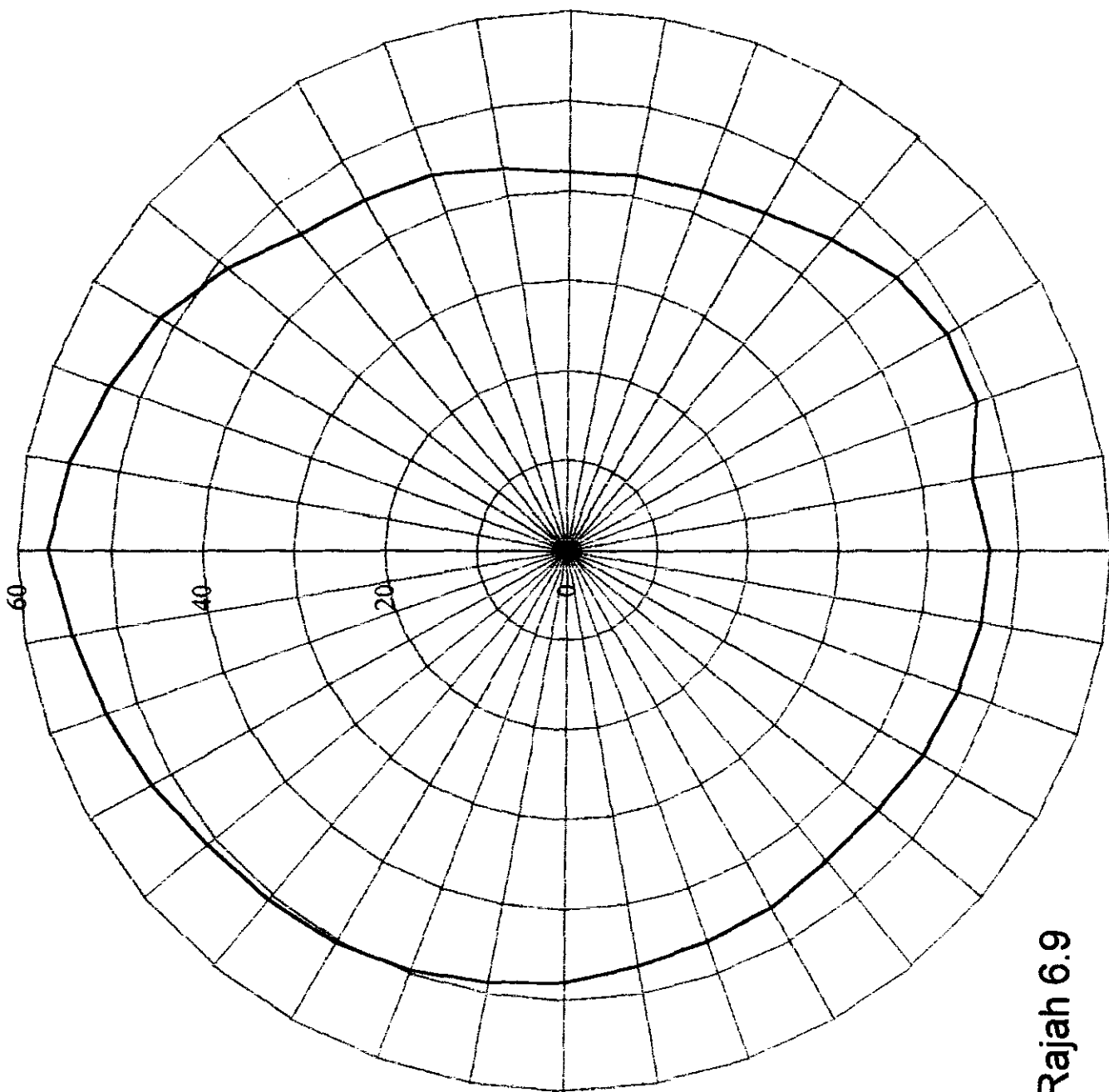
Rajah 6.6



Rajah 6.7



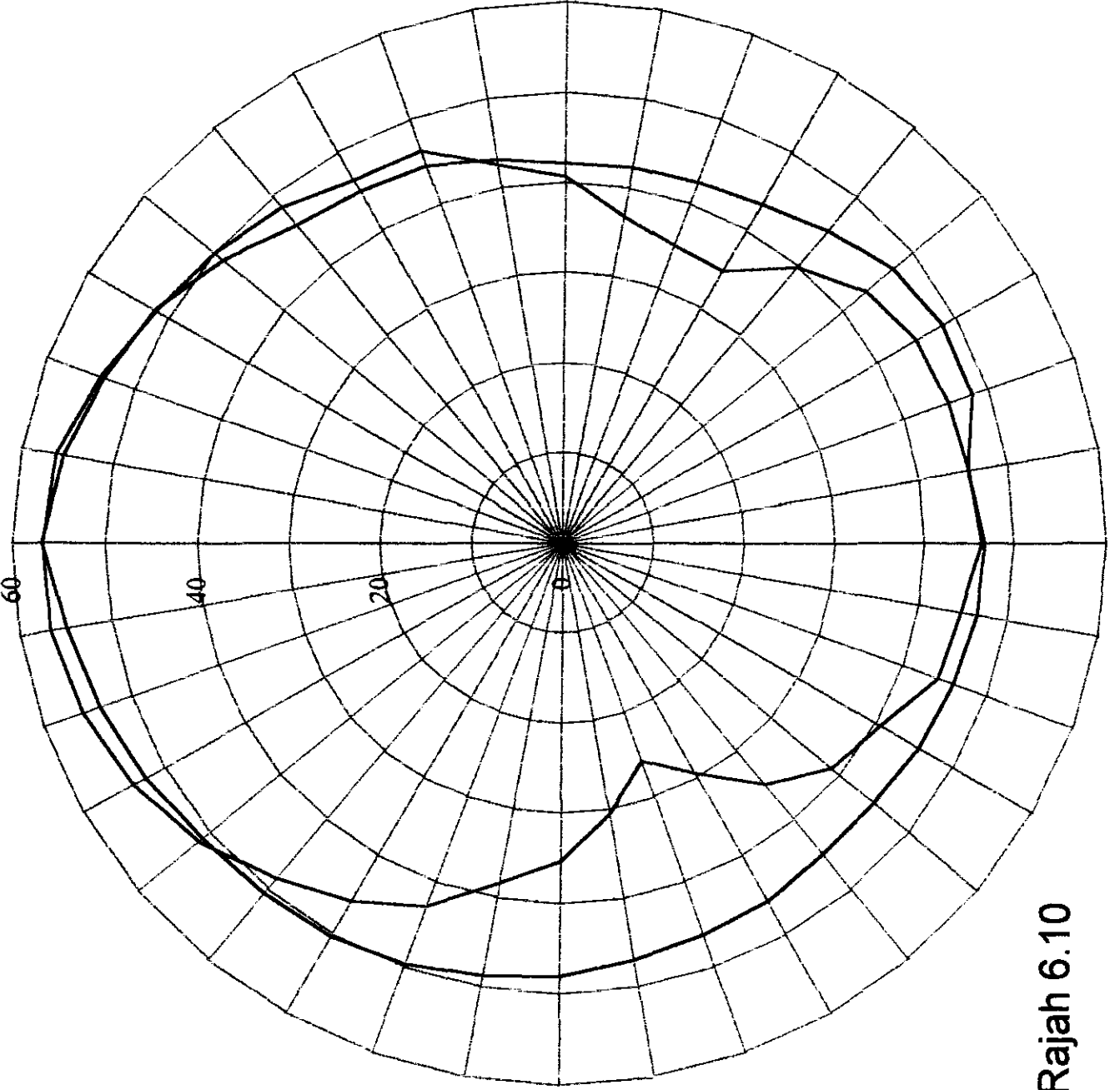
Rajah 6.8



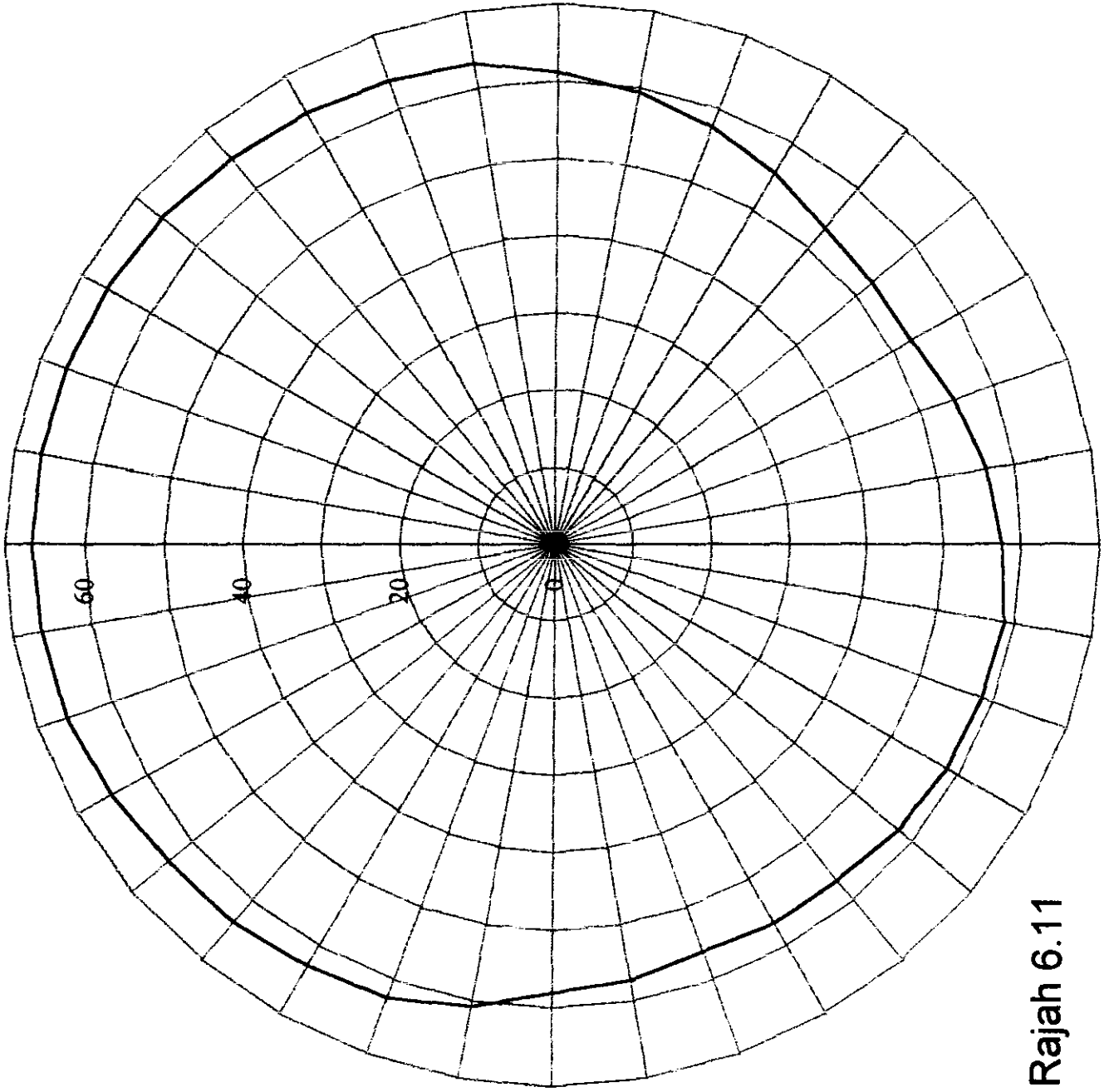
Rajah 6.9

www.rajahrajah.com

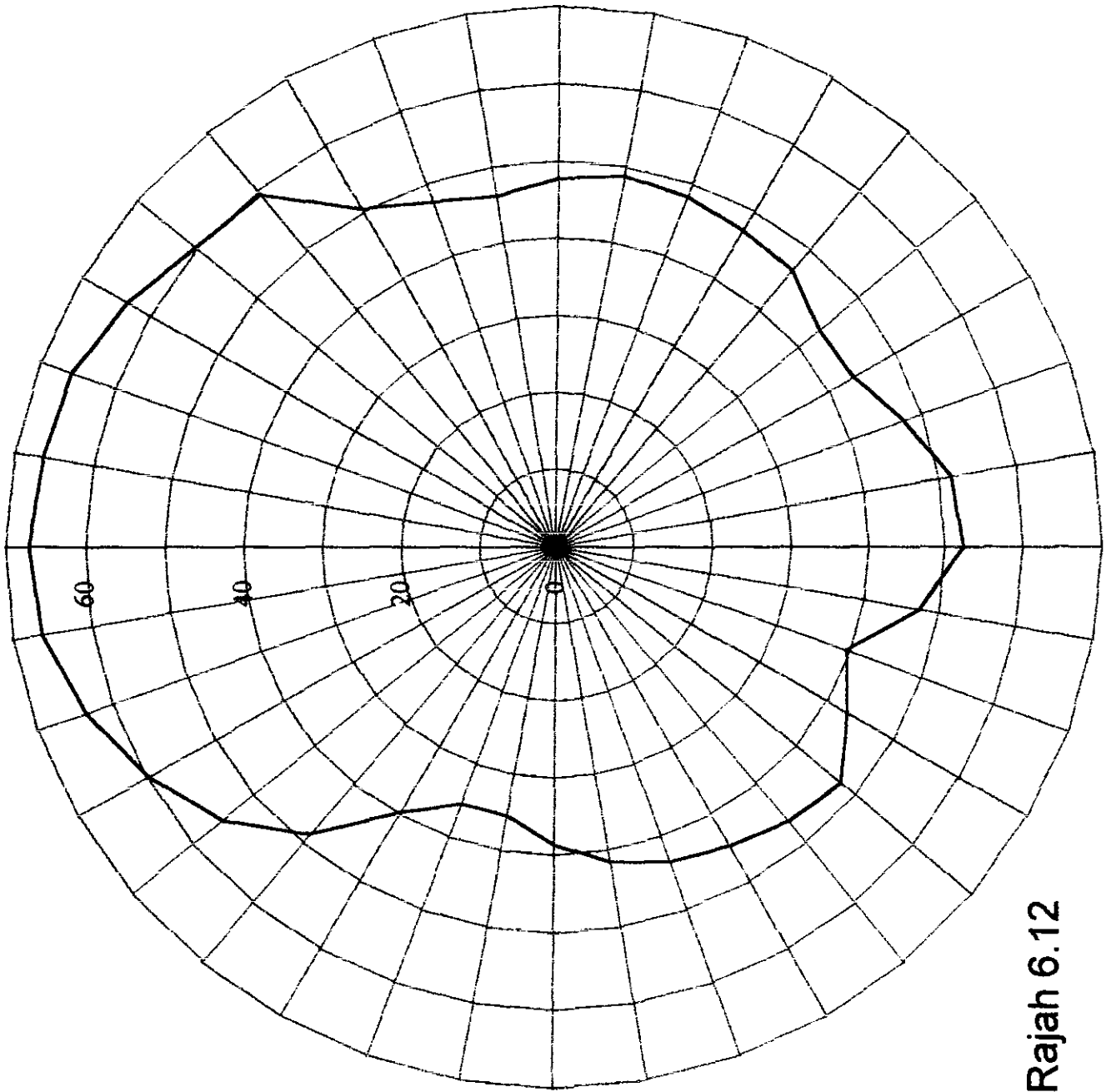
www.dhammadownload.com



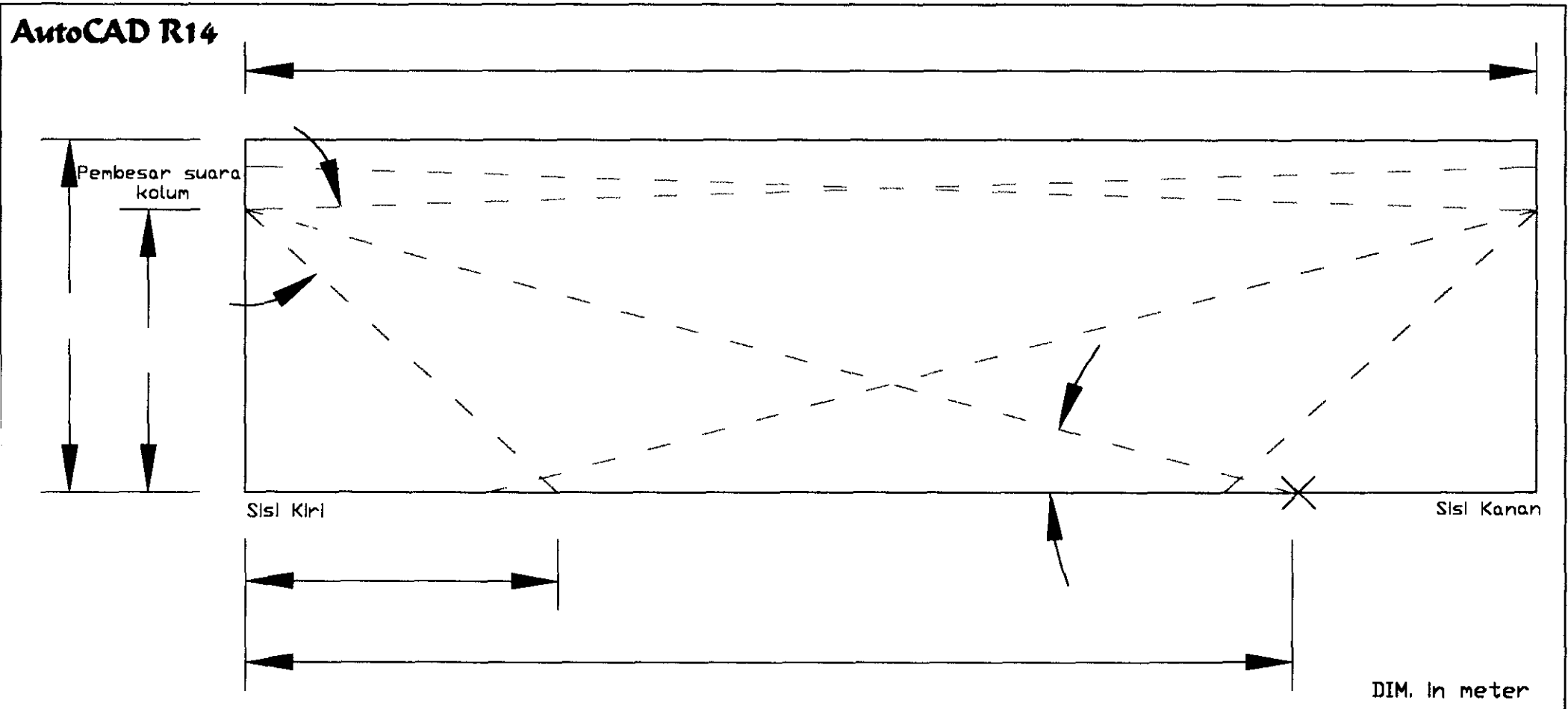
Rajah 6.10



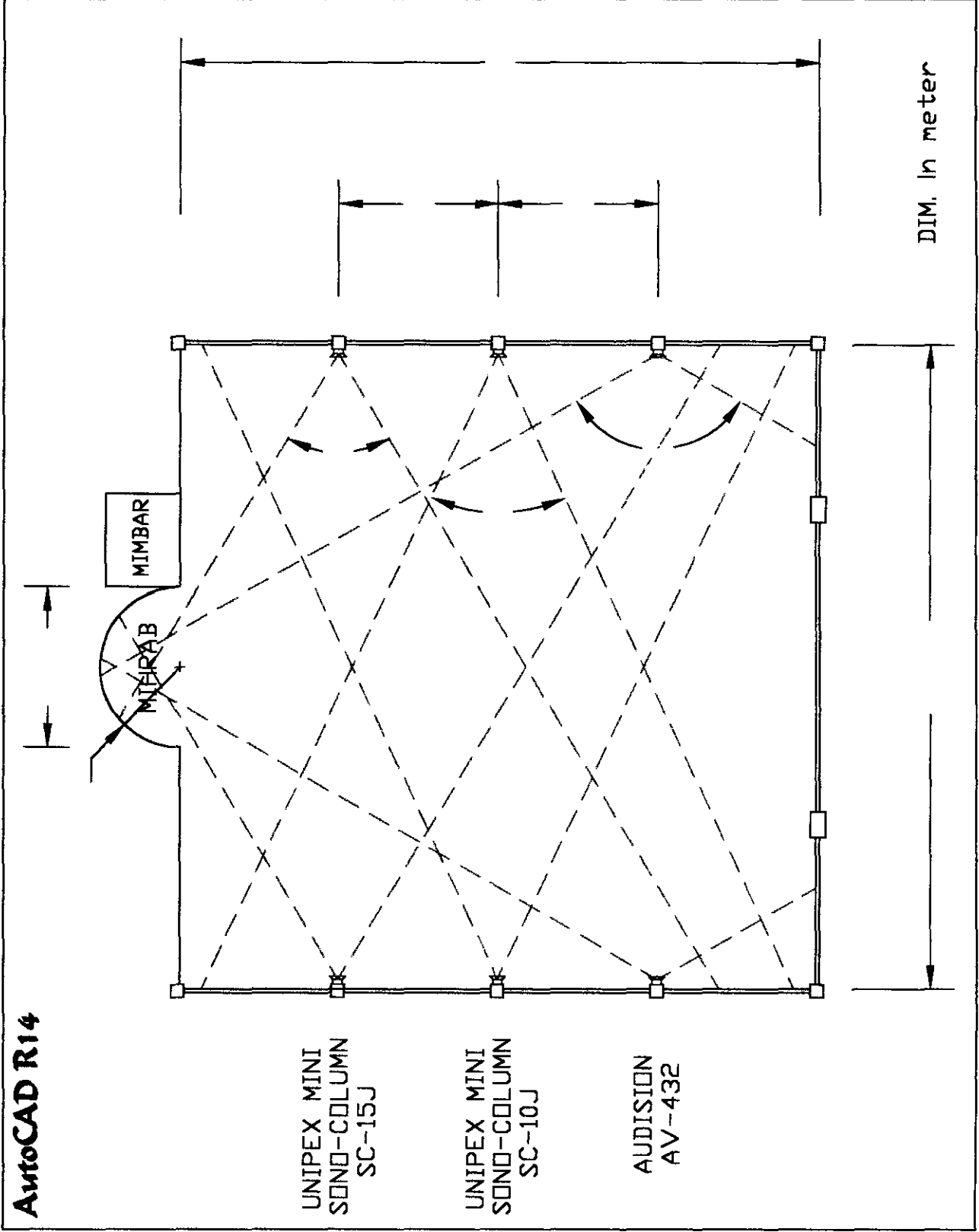
Rajah 6.11



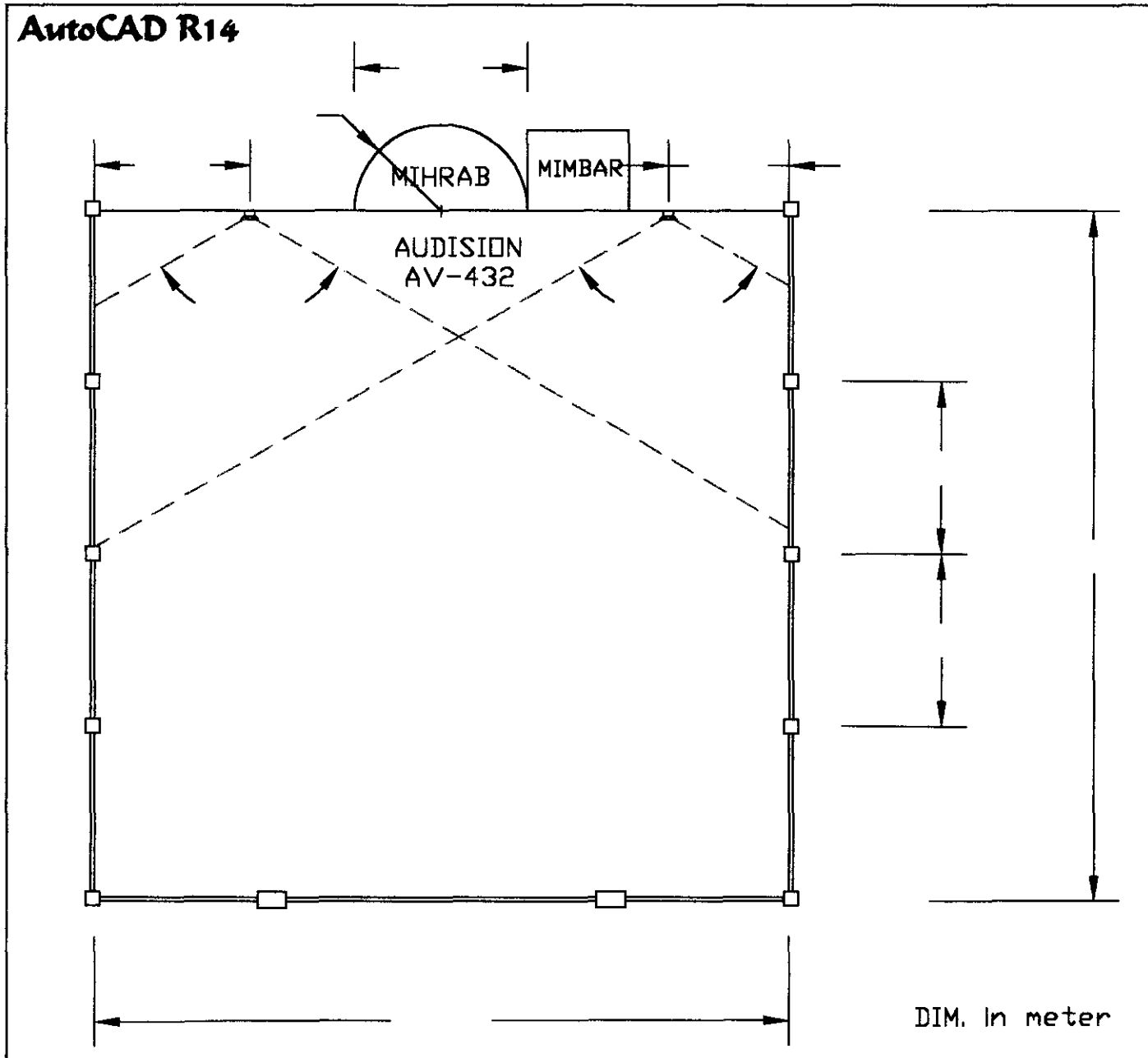
Rajah 6.12



Rajah 7.1 : Sudut pengarahannya secara menegak sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulau.

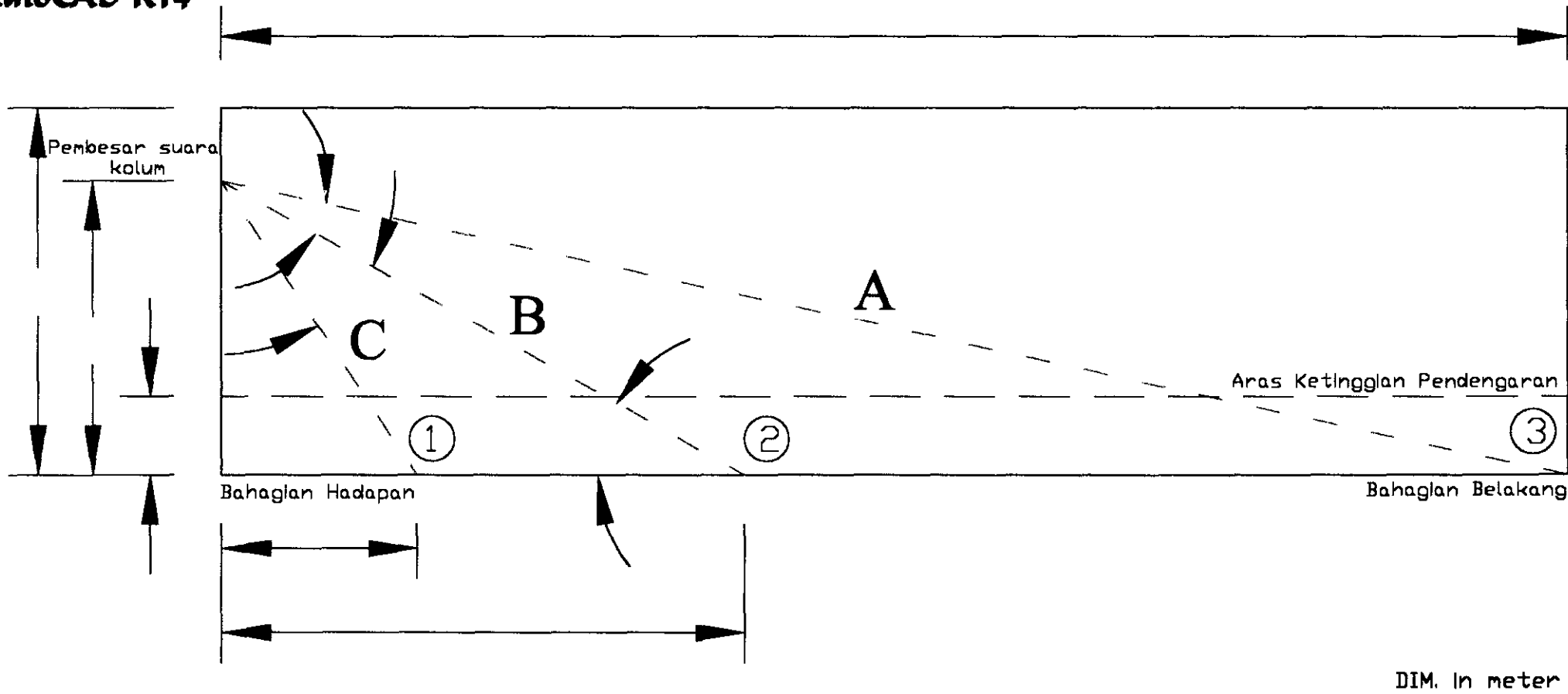


Rajah 7.2 : Sudut pengarahannya secara mengufuk sistem pembesar suara sedia ada di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.



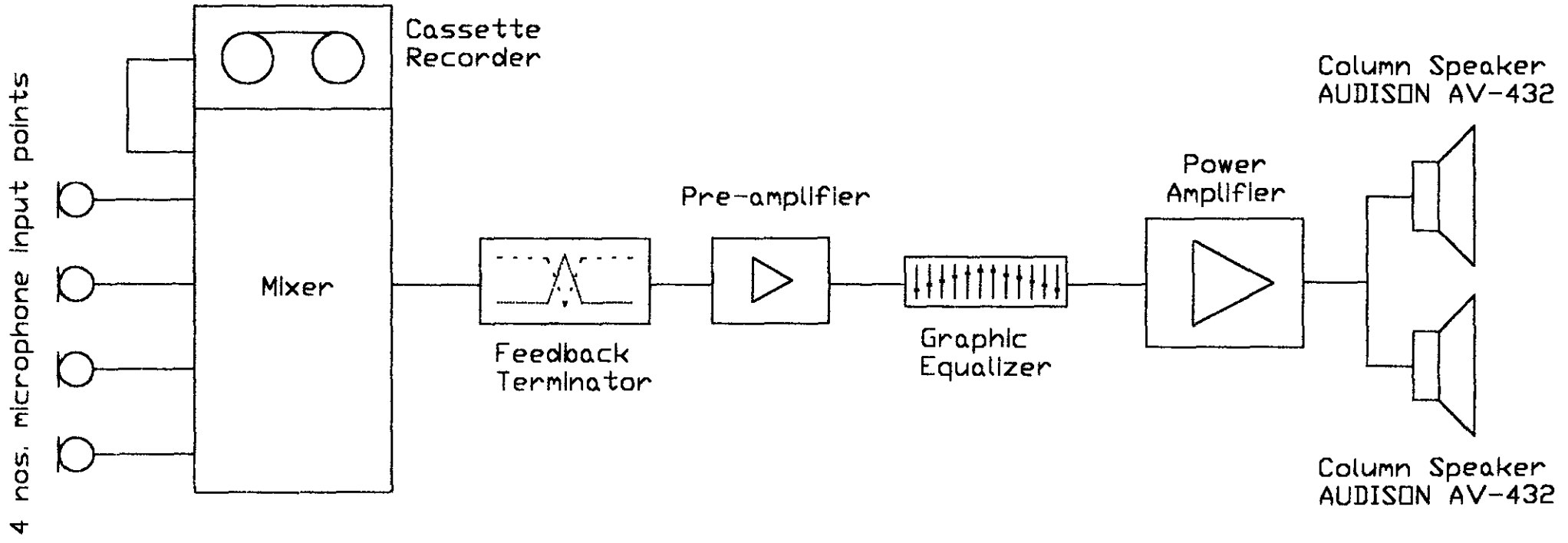
Rajah 7.3 : Cadangan rekabentuk baru sistem siaraya di ruang solat utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.

AutoCAD R14

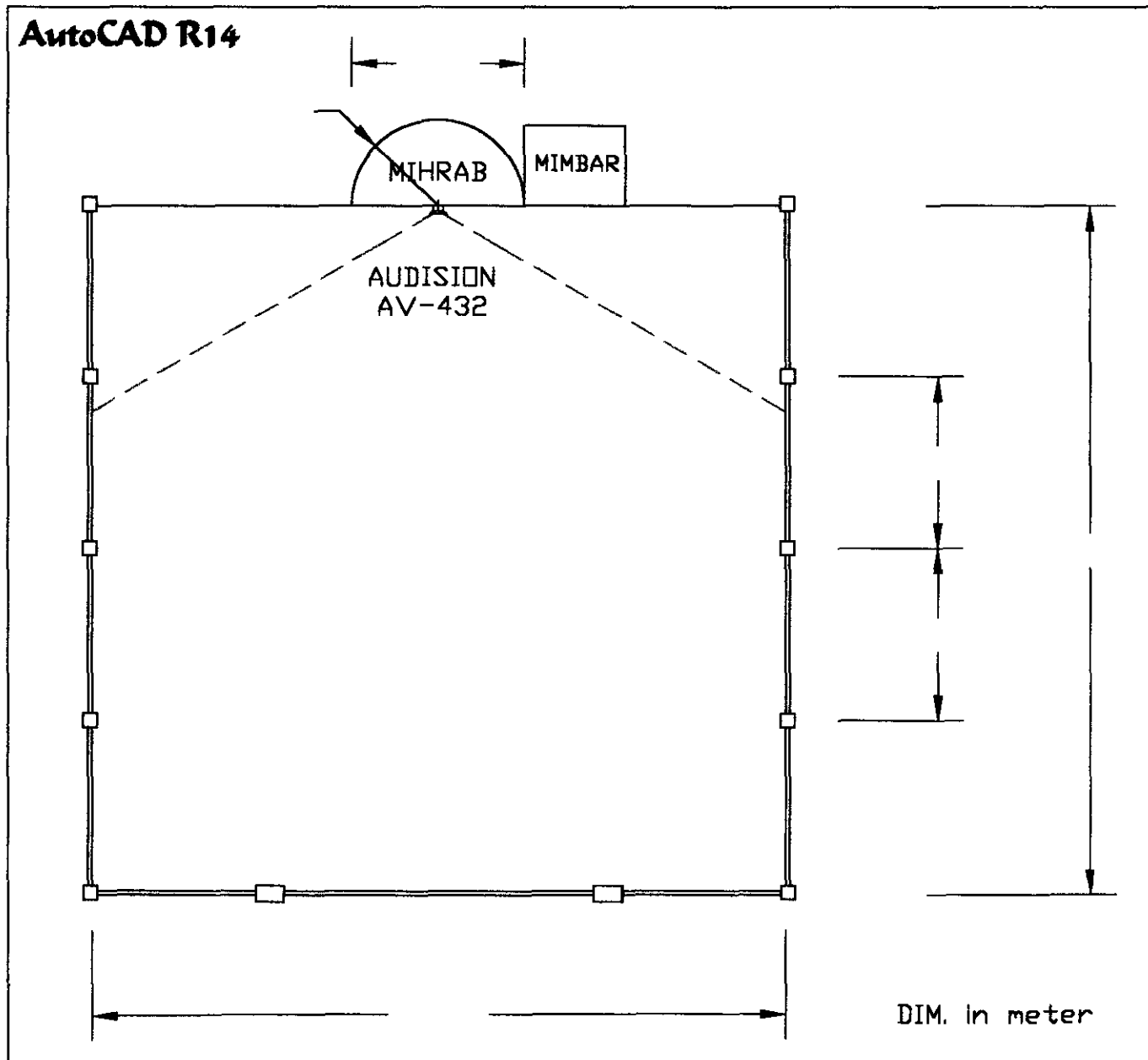


Rajah 7.4 : Cadangan pengarah sistem pembesar suara yang baru.

AutoCAD R14



Rajah 7.5 : Rajah skematik cadangan rekabentuk sistem siaraya yang baru di ruang solat utama, Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulau.



Rajah 7.6 : Cadangan rekabentuk masa hadapan sistem siaraya di ruang utama Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.

LAMPIRAN B

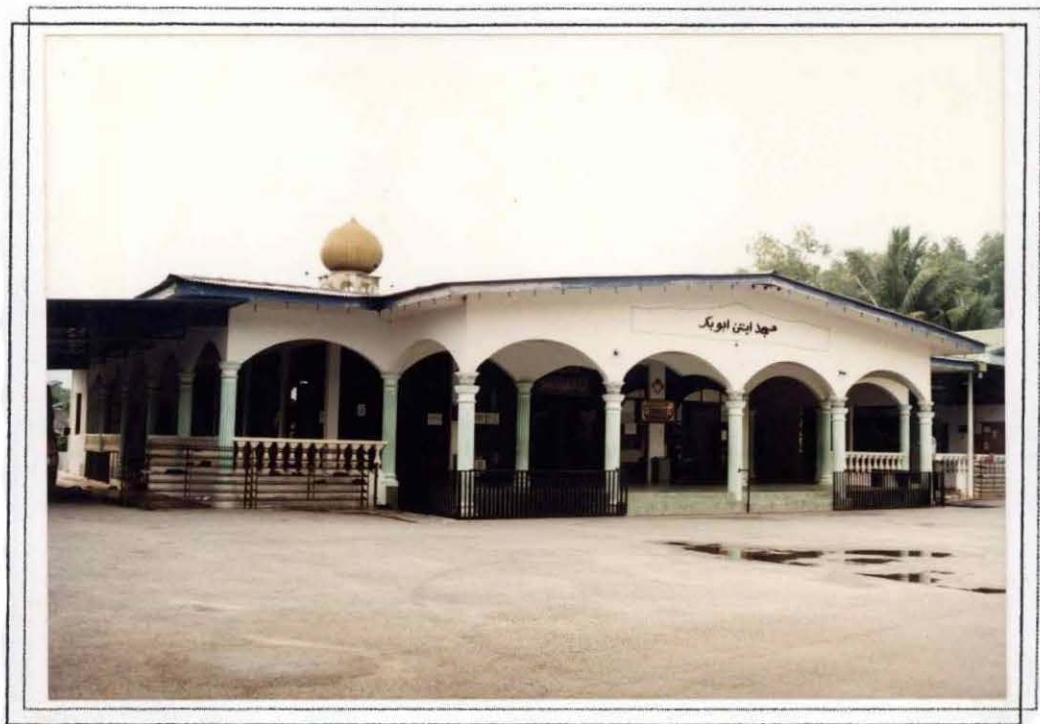


Foto A : Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.



Foto B : Pemandangan Ruang Solat Utama,
Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.



Foto C : Pemandangan Sisi Ruang Solat Utama,
Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.



Foto D : Pembesar Suara Model UNIPEX
Mini Sono-Column SC-15J .



Foto E : Pembesar Suara Model UNIPLEX
Mini Sono-Column SC-10J .

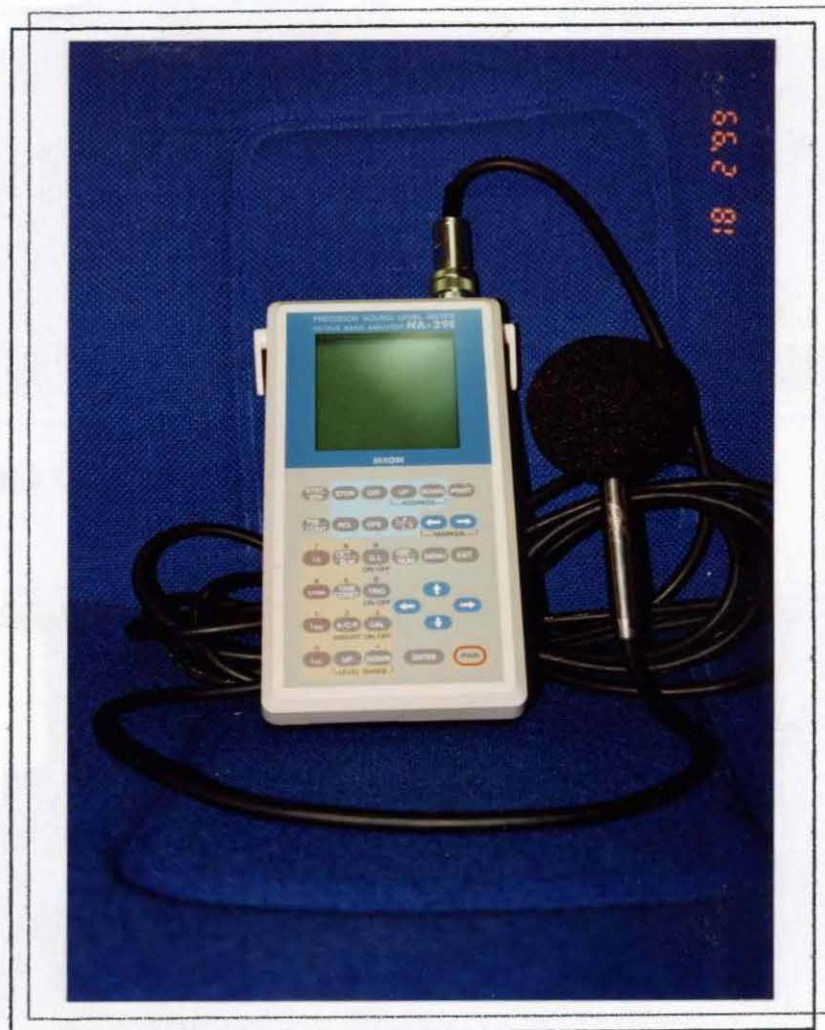


Foto F : Meter Aras Bunyi (SLM) RION NA-29E
dan Mikrofon UC-53



Foto G : Penjana Isyarat Model GW GFG-813



Foto H : Integrated Stereo Amplifier
Model Audio Image AP-6060



Foto I : Osiloskop Model GW GOS-653

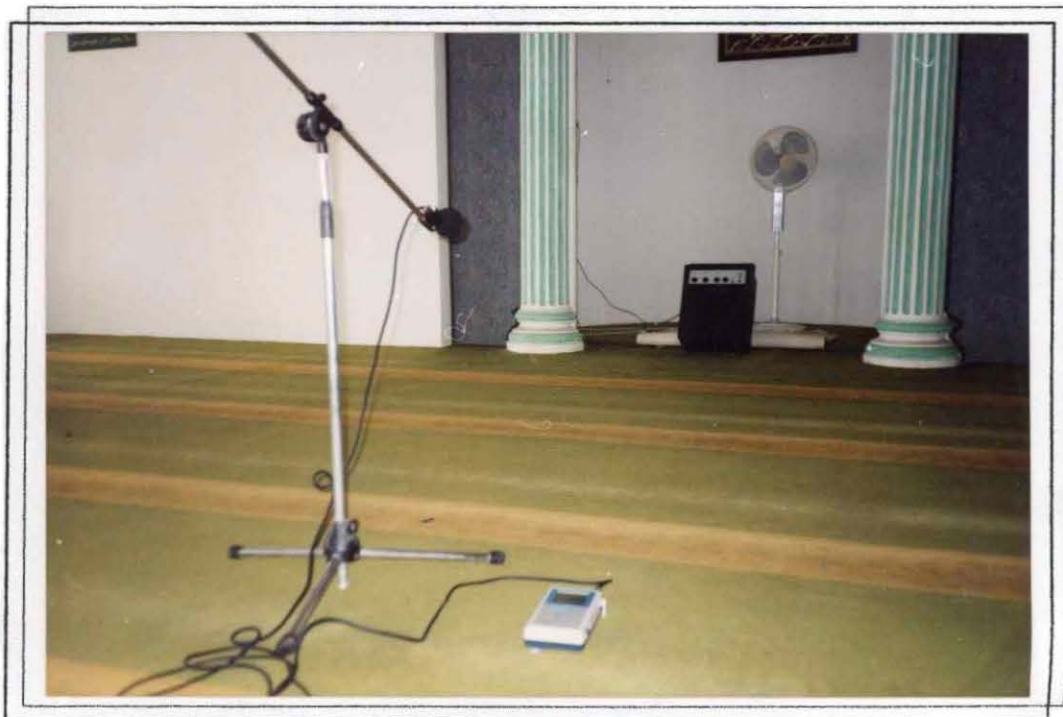


Foto J : Ujian Pengukuran Masa Gemaan (RT60)



Foto K : Sumber Bunyi Model Brüel & Kjær Type 4224



Foto L : Bilik Penyerapan, Makmal Akustik,
UTM Skudai.



Foto M : TOA PA Amplifier Model A-121M yang digunakan di Masjid Intan Abu Bakar, Sri Pulai.