

## UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS\***

JUDUL : PENGUKURAN CIRI-CIRI AKUSTIK  
DI DEWAN SERBAGUNA KAMPONG PELAJAR  
UTM SKUDAI

SESI PENGAJIAN : 1995/96

Saya MOHD ANUAR BIN SAID  
 (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)

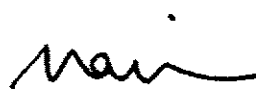
TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: 187, KG. LAK LOK,  
22000 JERTIH,  
TERENGGANU.



(TANDATANGAN PENYELIA)

SHAIKH NASIR  
BIN SHAIKH AB. RAHMAN

Nama Penyelia

Tarikh: 18 APRIL 1996

Tarikh: 18 APRIL 1996

- 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).

PENGUKURAN CIRI-CIRI AKUSTIK DI DEWAN SERBAGUNA  
KAMPONG PELAJAR UTM SKUDAI


MOHD ANUAR BIN SAID

LAPORAN PROJEK INI DIKEMUKAKAN SEBAGAI MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT UNTUK PENGANUGERAHAN  
IJAZAH SARJANA MUDA KEJURUTERAAN ELEKTRIK

FAKULTI KEJURUTERAAN ELEKTRIK  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA  
SKUDAI, JOHOR BAHRU

APRIL 1996

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

Tandatangan :   
Nama Penulis : Mohd Anuar bin Said  
Tarikh : 17 April 1996

Terimakasih buat keluarga, Mak, Cik, Kak Ani dan Su Lah  
diatas segala pengorbanan dan sokongan yang diberikan selama ini...

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin merakamkan penghargaan kepada penyelia projek, Shaikh Nasir bin Shaikh Ab Rahman di atas segala kerjasama dan bimbingannya bagi menyiapkan projek ini.

Saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada panel akustik kerana memberikan saya peluang menjalankan projek ini. Ucapan terima kasih yang tak terhingga saya ucapkan kepada kakitangan Makmal Akustik, En. Adnall bin Bakar di atas segala bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.

Semoga Allah akan memberkati segala kerja yang dilakukan. Wassalam.

## ABSTRAK

Ada ketikanya keangkuhan teknologi manusia di zaman moden terpaksa tunduk kepada kemajuan yang dicapai oleh manusia di zaman silam. Masyarakat di zaman ini mungkin berbangga kerana dapat membina bangunan yang cantik dan mahal. Namun begitu masih ada perkara yang sentiasa kita lupa atau sengaja mengabaikannya iaitu membina bangunan berdasarkan kualiti dalaman yang selesa serta mempunyai kualiti akustik yang baik. Bangunan di zaman silam terutamanya di zaman keagungan Empayar Islam mempunyai nilai seni yang menarik serta kualiti akustik yang menakjubkan. Dalam projek ini saya telah mengukur beberapa ciri-ciri akustik seperti NC dan RT60 bagi membuktikan secara ilmiah tentang tahap akustik di Dewan Serbaguna Kampung Pelajar UTM Skudai. Segala bacaan yang diambil akan dibandingkan dengan bacaan piawai bagi menentukan tahap akustik di dewan tersebut. Semoga dengan adanya pembuktian secara ilmiah ini akan membuka mata banyak pihak akan kepentingan akustik perlu diambil kira sebelum melakukan kerja-kerja pembinaan.

## ABSTRACT

There are times when technology is still behind the achievements of man in the past. These days man can always be proud of buildings which are attractive and expensive. However there are cases whereby the acoustic quality are ignored or forgotten. Buildings in the past, especially during the Islamic Empire have good artistic design and acoustic qualities. In this project, I have measured some acoustic characteristics such as Noise Criteria (NR) and Reverberation Time (RT60) to prove theoretically the level of acoustics in Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai. All readings obtained have been compared to ideal values to determine the level of acoustics in the hall's concerned. Hopefully, with this, more people will take note of the acoustic importance in buildings.

**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>I</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>1</b>
	1.1 Am	1
	1.2 Pengenalan Akustik	2
	1.3 Objektif	2
<b>II</b>	<b>BUNYI</b>	<b>4</b>
	2.1 Pengenalan	4
	2.2 Proses Pembentukan Bunyi	5
	2.3 Tekanan Bunyi	7
	2.4 Keamatan Bunyi	8
	2.5 Perambatan Bunyi	9
	2.6 Penggunaan Skala Aras ( dB )	10
	2.7 Pemilihan Skala Log	11
	2.8 Unit Desibel ( dB )	11



III	AKUSTIK RUANG	12
	3.1 Pengenalan	12
	3.2 Penyerapan	13
	3.2.1 Bahan Penyerap	14
	3.2.2 Menilai Tahap Keberkesanan Bahan Penyerap	18
	3.2.3 Kriteria Pemilihan Bahan Penyerap	19
	3.2.4 Faktor Pemilihan Bahan Penyerap Akustik	21
	3.3 Pantulan	22
	3.3.1 Bahan Pantulan	22
	3.4 Permasalahan Akustik Di Dalam Ruang Tertutup	23
IV	CIRI-CIRI AKUSTIK	25
	4.1 RT60	25
	4.1.1 RT60 Optimum	27
	4.1.2 Kiraan RT60 Secara Matematik	27
	4.2 Kebisingan	29
	4.2.1 Kriteria Kebisingan ( NC )	30
	4.2.2 Kriteria Kebisingan Optimum	31
	4.2.3 Kesan NC Terhadap Manusia	32
	4.2.4 Fungsi NC Dalam Persekitaran	33

4.2.5	Hubungan Indeks NC dengan Aras Tekanan Bunyi	34
4.2.6	Indeks NC Dalam Spesifikasi Undang-Undang	36
4.2.7	Matlamat Rekabentuk Dan Kemampuan Dinding	37
V	PENGUKURAN AKUSTIK	40
5.1	Alat RION NA-29E	40
5.2	Pengukuran RT60	41
5.2.1	Kedah Mengukur RT60	42
5.3	Pengukuran Aras Tekanan Bunyi ( SPL )	45
5.3.1	Kedah Pengukuran Lp	45
5.3.2	Kedah Pengukuran Lmax, Leq Dan Lae	46
5.4	Proses Pengukuran	48
5.4.1	Proses Pengukuran RT60	48
5.4.2	Proses Pengukuran SPL	48
VI	KEPUTUSAN PENGUKURAN	50
6.1	Pengenalan	50
6.2	Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Kempas	50
6.3	Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti	62
6.4	Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Cengal	74

6.4	Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Cengal	74
6.5	Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Resak	86
VII	KESIMPULAN DAN PERBINCANGAN	98
7.1	Perbincangan Am	98
7.2	Kesimpulan Analisa Pengukuran	99
7.3	Penutup	102
	RUJUKAN	103
	LAMPIRAN A	104
	LAMPIRAN B	107
	LAMPIRAN C	124

**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Senarai pekali penyerapan	18
4.1	Nilai NC yang sesuai untuk persekitaran	33
4.2	Aras bunyi bagi indeks NC pada pelbagai oktaf	35
4.3	Nilai NC persekitaran bagi ruang dalaman bangunan	38
4.4	Nilai NC persekitaran akustik di kawasan luar bangunan	39

**SENARAI RAJAH**

<b>NO. RAJAH</b>		<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Kadar keberkesanan bahan penyerap	20
4.1	Graf pengukuran RT60	26
4.2	Lengkungan NC	36

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Plan DSG	104
B	Keputusan penuh	107
C	Bahan akustik ruang	121

## BAB I

### PENGENALAN

#### 1.1 Am

Tujuan sebenar pembinaan bangunan dewan syarahan, masjid, dewan auditorium dan sebagainya adalah bagi memberi keselesaan kepada pengguna serta pemilikinya. Banyak perkara yang mempengaruhi keselesaan sesuatu binaan, salah satunya yang juga dikira penting ialah elemen akustik. Pembinaan bangunan yang mengambil kira keadaan akustik sebelum kerja-kerja pembinaan dimulakan akan menghasilkan binaan yang amat selesa dan menarik. Namun begitu elemen akustik kurang diambil perhatian di negara kita, masalah ini berlaku disebabkan kurang kesedaran rakyat Malaysia tentang kepentingan akustik masih berada pada tahap rendah. Walaupun begitu, akustik bukannya teknologi yang baru ditemui, dimana teknologi akustik telah mula dipraktikkan semenjak bermula turunnya kitab suci Al-Quran. Di dapati kebanyakan binaan bangunan di zaman keagungan Empayar Islam seperti bangunan masjid, mempunyai kualiti akustik yang menakjubkan, sehingga ianya tidak dapat dijangkau oleh fikiran manusia di zaman moden. Ini dapat kita lihat pada bangunan-bangunan seperti masjid di Turki, India dan Iraq. Oleh itu, kesimpulan yang dapat kita buat ialah tahap pembangunan akustik pada masa sekarang agak menurun, iaitu selari dengan menurunnya kekuatan pegangan manusia terhadap kitab suci Al-Quran sebagai bahan rujukan kemajuan sepanjang zaman.

Akibat dari tindakan pengabaian kepentingan akustik oleh jurutera pembinaan sebelum dan semasa proses pembinaan dijalankan, akan menyebabkan timbulnya masalah akustik sebaik sahaja bangunan itu bersedia untuk digunakan. Jika masalah akustik yang dihadapinya tidak terlalu rumit, mungkin ia akan diabaikan oleh pengguna serta masalah itu hanya akan di anggap sebagai satu kejadian normal. Namun bagi bangunan yang menghadapi masalah akustik yang teruk seperti wujudnya masalah gema-getaran

yang melampau, maka ini akan menimbulkan rasa tidak puashati di kalangan pengguna serta ia boleh mencacatkan fungsi bangunan tersebut. Seinggakan ada sesetengah bangunan terpaksa dirobohkan semata-mata kerana ianya tidak sesuai digunakan. Untuk merawat masalah akustik, akan melibatkan kos yang agak tinggi sedangkan adalah mustahil untuk mengatasi masalah tersebut 100%. Sepatutnya semasa dalam proses pembentukan plan hendak dijalankan lagi kita perlu mendapatkan pandangan serta nasihat dari pakar-pakar akustik yang bertauliah.

## 1.2 Pengenalan Akustik

Akustik merupakan nama yang diberikan kepada salah satu cabang sains yang berkaitan dengan kajian terhadap fenomena bunyi. Perkataan *acoustics* berasal daripada bahasa Greek yang bermaksud *mendengar*. Akustik juga merupakan salah satu cabang teknologi yang berkaitan dengan aktiviti manusia untuk mengubah keadaan persekitarannya supaya kehidupannya lebih selesa dan mengembirakan. Prinsip akustik yang saintifik telah banyak digunakan, contohnya bagi merakam dan mengeluarkan bunyi. Ini merupakan satu aktiviti yang menguntungkan industri muzik dan penyiaran, dan mampu menarik berjuta-juta peminatnya. Akustik bukan hanya satu sains atau pun teknologi tetapi ianya juga merupakan satu cabang seni. Dalam projek ini kita akan membincangkan akustik sebagai satu bidang kajian tentang fenomena bunyi dan sifat-sifatnya dalam ruang tertutup.

## 1.3 Objektif

Dalam projek ini kita akan mengukur, mengkaji serta menganalisa data-data ciri-ciri akustik seperti RT60 dan NC yang diperolehi dari proses pengukuran.



di beberapa buah dewan serbaguna yang dipilih, iaitu Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Kempas, Meranti, Cengal dan Resak. Segala bacaan yang diperolehi akan dibandingkan dengan bacaan piawai. Dari analisa perbandingan tersebut kita akan dapat mengetahui sejauh mana tahap masalah akustik yang dihadapi oleh dewan serbaguna terbabit. Semoga dengan hasil kajian ini akan dijadikan sebagai panduan yang berguna kepada pihak UTM untuk mengambil tindakan merawat keadaan akustiknya.

## **BAB II**

### **BUNYI**

#### **2.1 Pengenalan**

Bunyi adalah hasil ayunan atau perubahan udara rancak yang sampai ke telinga dan isyarat yang diterima oleh telinga itu diproses oleh otak dan ia dikenali sebagai bunyi. Gelombang bunyi boleh merambat dalam hampir kesemua jenis bahan perantaraan seperti udara, pepejal, cecair dan sebagainya. Bunyi tidak dapat bergerak atau merambat dalam ruang hampagas. Secara amnya, bunyi hanya dapat merambat dalam bahan-bahan yang mempunyai molekul-molekul dan atom yang bebas bergerak.

Gelombang bunyi yang merambat dalam udara akan merambat mengikut cara mampatan udara. Gelombang udara bersifat tiga dimensi. Gelombang ini kian menghilang semakin jauh ia bergerak dari sumber bunyi. Ini adalah kerana tenaga bunyi tadi terpaksa meliputi permukaan udara yang semakin luas. Namun bagi bunyi yang bergerak atau merambat dalam bahan yang mempunyai satu dimensi sahaja, seperti bunyi yang bergerak dalam tiub, kehilangan tenaganya hampir tidak berlaku langsung, oleh itu bunyi yang didengar dari jarak yang jauh masih dapat di dengar dengan jelas.

## **2.2 Proses Pembentukan Bunyi**

### ***Proses Pembentukan Getaran Pada Pepejal***

Kebanyakan bahan binaan terdiri daripada bahan pepejal. Semua bahan pepejal akan kemik atau terperosok apabila ditekan dan kekuatan kekemikannya bergantung pada kekuatan dan jenis daya yang dikenakan kepadanya. Permukaan sesuatu bahan akan kekal kemik jika kekuatan daya yang dikenakan padanya melebihi takat kemik atau tagasan pecahnya.

Sebaliknya, jika daya yang dikenakan itu kecil, maka sebaik sahaja tindakan itu dihentikan, permukaan itu akan kembali kepada keadaan asalnya. Oleh kerana pemulihan bentuk itu berlaku dengan cepat, pergerakan permukaan yang laju itu akan terlajak dan inilah yang akan menyebabkan terbentuknya gelembung. Gelembung itu pula akan mengalami proses pemulihan yang cepat hingga ianya juga terlajak dan membentuk kemik semula. Pembentukan proses kemik dan gelembung yang cepat serta silih berganti ini akan membentuk *getaran*.

### ***Pembentukan Gelombang***

Getaran akan bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan pembentukan gelombang. Menerusi proses pembentukan gelombang ini, tenaga akustik tersebar ke seluruh persekitaran akustik.

### *Pembentukan Gelombang Dalam Persekitaran Akustik*

Dalam persekitaran akustik yang bukan vakum, suatu bahan pepejal sentiasa bersentuhan dengan bahan lain sama ada bendalir, udara, atau pepejal sebagai alasnya. Persentuhan itu akan menyebabkan bahan lain di sekitarnya akan turut bergetar. Melalui proses yang sama, getaran lain juga berlaku pada bahan yang lebih jauh. Akhirnya melalui proses yang serupa, getaran itu akan berpindah ke seluruh persekitaran akustik. Getaran akan menghasilkan gelombang, manakala gelombang akan menghasilkan getaran. Sebagai contoh, sebuah mesin pengagih udara yang terletak di atas lantai di sebuah bangunan akan menyebabkan lantai itu bergetar. Getaran ini akan menyebabkan timbulnya gelombang bunyi di bilik bawah dan dalam bilik itu sendiri, dan ini akan menimbulkan kebisingan.

### *Sifat Getaran dan Gelombang*

Komponen utama yang wujud dalam getaran dan gelombang ialah *amplitud* dan *frekuensi*. Kekuatan dan keamatan bunyi ditentukan oleh magnitud amplitudnya. Tinggi atau rendahnya frekuensi pula akan menentukan kenyaringannya. Bunyi yang berfrekuensi tinggi akan kedengaran nyaring, sebaliknya bunyi yang berfrekuensi rendah pula akan kedengaran garau atau bass.

### *Amplitud*

Amplitud bagi sesuatu bahan yang bergetar ialah jarak dari kedudukan permukaan bahan semasa kemik dengan semasa ia berada dalam kedudukan asal.

### *Tempoh*

Tempoh ialah masa yang di ukur semasa permukaan sesuatu bahan itu hendak menjadi kemik hingga ianya akan menjadi kemik kembali. tempoh diukur dalam unit masa.

### *Masa Kitaran*

Masa kitaran ialah masa sesuatu bahan membentuk getaran dan menjadi kemik hingga ianya menjadi kemik kembali. Ianya membentuk satu kitaran getaran yang lengkap, kitaran ini dikenali sebagai ayunan.

### *Frekuensi*

Frekuensi ialah bilangan ayunan yang terbentuk dalam masa satu saat. Ia berkadar songsang dengan tempoh, dan unit pengukurannya ialah hertz (Hz).

## **2.3 Tekanan Bunyi**

Tekanan bunyi dalam udara adalah terlalu kecil jika dibandingkan dengan tekanan semulajadi dalam atmosfera. Tekanan bunyi minima yang boleh didengar oleh manusia yang normal ialah  $0.00002 \text{ Pa}$  ( dimana  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Newton} / \text{Meter}^2$  ). Kebiasaannya tekanan yang mencapai  $20 \text{ Pa}$  sudah boleh menyakitkan telinga. Semua tekanan bersih yang dihasilkan oleh sumber bunyi dalam udara bebas mesti ditindih dengan tekanan udara yang sudah sedia wujud iaitu  $10^5 \text{ Pa}$ . Tekanan bunyi merupakan satu komponen

bunyi yang biasanya dijadikan sebagai rujukan dalam pengukuran sesuatu kekuatan bunyi.

## 2.4 Keamatan Bunyi

Keamatan bunyi boleh dianggap sama dengan kekuatan bunyi. Keamatan bunyi ditakrifkan sebagai jumlah ketumpatan tenaga bagi sesuatu bunyi. Keamatan bunyi ialah jumlah tenaga bunyi yang melintasi unit keluasan per unit masa yang disebut dalam unit Watt / meter<sup>2</sup>. Keamatan bunyi bersamaan dengan tekanan kuasa dua, dimana [ 1 ]

$$I = P^2 / \rho c$$

dengan ;

$P$  = Tekanan PMKD ( Pa )

$\rho$  = Ketumpatan udara ( Kgm<sup>-2</sup> )

$c$  = Halaju suara ( m<sup>-2</sup> )

$I$  = Keamatan bunyi ( Wm<sup>-2</sup> )

Bagi mengukur bunyi, biasanya hasil ukuran yang didapati akan dibandingkan dengan nilai bunyi piawai. Untuk itu kita menggunakan skala perbandingan tekanan, iaitu  $\log ( Pa^2 / Po^2 )$ , dimana  $Pa$  ialah aras bunyi yang kita ukur dan  $Po$  adalah tekanan bunyi

perbandingan. Persamaan ini dikenali sebagai *Aras Tekanan Bunyi ( SPL ) - Sound Pressure Level*, dimana [ 1 ] ; .

$$\text{SPL} = 10 \log \text{Pa}^2 / \text{Po}^2 \text{ dB}$$

dengan,

$$\text{Po} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$$

Dalam perbandingan bentuk elektrik, persamaan akustik tadi akan dikenali sebagai *Aras Kuasa Bunyi ( SWL - Sound Power Level )*, dimana [ 1 ] ;

$$\text{SWL} = 10 \log [ ( \text{Kuasa Bunyi} ) / ( \text{Kuasa Bandingan} ) ]$$

$$\text{Kuasa Bandingan} = 1 \times 10^{-12} \text{ watt}$$

## 2.5 Perambatan Bunyi

Aras kekuatan tekanan di suatu kawasan persekitaran sumber bunyi akan mendatangkan kesan kepada sumber bunyi tersebut. Tekanan bunyi biasanya lebih senang diukur daripada dikira, ini adalah kerana bunyi itu sendiri merupakan sesuatu yang abstrak. Sebelum kerja-kerja pengukuran bunyi dilakukan, kita perlu pastikan

bahawa tiada gangguan yang akan mencacatkan keputusan pengukuran itu. Bagi mengelak kecacatan tersebut kita perlu :

1. Mengetahui paras tekanan bunyi di tempat-tempat yang berhampiran dengan kawasan dimana pengukuran hendak dijalankan.
2. Kita juga perlu mengetahui aras tekanan bunyi dari sumber yang sama di tempat lain.

## **2.6 Penggunaan Sekala Aras (dB)**

Nilai mutlak bagi kuantiti bunyi jarang diperlukan dalam kajian akustik seni bina. Kuantiti bunyi yang diperlukan memadai dinyatakan dalam bentuk perbandingan sahaja. Dalam proses mengukur kekuatan bunyi, ukuran yang biasa digunakan ialah Aras Tekanan Bunyi (SPL). Nilai sifar diberikan kepada kekuatan yang paling lemah yang dapat dikesan oleh telinga manusia yang normal. Hanya kekuatan bunyi yang berada di atas aras piawai ini sahaja di ambil kira dalam pengukuran akustik, kerana hanya bunyi yang berada pada tahap ini dikira penting dalam perhubungan manusia. Penggunaan skala ini membolehkan kuantiti akustik seperti kuasa, keamatan dan ketumpatan tenaga dibandingkan dengan suatu nilai piawai.



## 2.7 Pemilihan Skala Log

Terdapat dua sukatan yang biasanya digunakan iaitu, skala linear dan skala log. Jika nisbah perbandingan ukuran yang ditemui terhadap nilai piawai terlalu besar, maka skala linear tidak lagi sesuai digunakan. Julat nilai bagi kuasa dan tekanan bunyi yang biasanya ditemui dalam bidang akustik adalah amat luas. Julat kuasa akustik boleh berada antara nilai yang tertinggi sekitar 1 000 000 000 000 000 watt sehingga nilai terendah 0.000 000 000 1 watt, manakala julat tekanan pula boleh berada pada sebarang nilai antara 20  $\mu$ pa sehingga 20 Kpa.

## 2.8 Unit desiBel

Aras bunyi, sama ada aras kuasa bunyi, aras keamatan bunyi atau aras tekanan bunyi, disukat dalam unit Bel. Huruf singkatannya ialah B. Oleh itu aras 1 bel menunjukkan nisbah 10. Aras 2 bel menunjukkan 100. Bagi aras yang bernilai negatif, keamatan yang disukat lebih kecil daripada satu nilai piawai. Negatif satu ( -1 ) bermaksud keamatan yang disukat hanyalah sepersepuluh daripada keamatan piawai. Unit satu Bel ini amat besar bagi digunakan dalam kerja-kerja pengukuran di bidang akustik. Unit yang lebih sesuai adalah desiBel, iaitu sepersepuluh Bel, singkatan bagi unit desiBel ialah dB.

## BAB III

### AKUSTIK RUANG

#### 3.1 Pengenalan

Tenaga bunyi yang merambat di dalam ruang tertutup, atau dikelilingi oleh sempadan seperti bilik kuliah, dewan syarahan, masjid dan lain-lain lagi akan bertemu dengan sempadan yang mengelilingi ruang tersebut. Beberapa parameter yang berkait rapat dengan akustik ruang adalah seperti penyerapan, pantulan dan penerusan. Sebahagian dari tenaga bunyi yang bertemu dengan sempadan ( dinding ) mungkin akan diserap, sebahagian lagi akan dirambat melalui bahan ( dinding ), dan selebihnya akan dipantul kembali ke dalam ruang oleh sempadan berkenaan.

Kebiasaannya bunyi akan merambat ke semua arah, dan tenaganya akan diserap oleh persekitaran, misalnya, sumber bunyi yang berada di kawasan lapang. Namun bagi sumber bunyi yang berada di dalam ruang yang bersempadan tertutup, tentunya pantulan-pantulan dari permukaan sempadan yang tidak terhingga banyaknya akan menghasilkan satu medan bunyi yang kompleks di dalam ruang berkenaan, di mana

tenaga bunyinya akan naik dan pupus secara berturutan. Ini akan menimbulkan banyak masalah kepada pengguna ruang tersebut. Kajian fenomena bunyi dan juga ciri-ciri ruang merupakan perkara yang dimasukkan dalam bidang Akustik Ruang.

### 3.2 Penyerapan

Penyerapan merupakan salah satu parameter yang penting dan sentiasa dijadikan sebagai rujukan apabila kita membicarakan tentang akustik ruang. Penyerapan selalu dijadikan sebagai keadah utama apabila kita merawat atau merekabentuk sesuatu bangunan. Kadar penyerapan bergantung kepada jenis bahan sempadan atau dinding yang digunakan dalam bangunan tersebut. Hasil kombinasi yang baik di antara penyerapan, pantulan dan penerusan akan menjadikan sesuatu ruang itu cukup selasa dan sesuai digunakan.

Tujuan penyerapan diperlukan ialah :

- Bagi menurunkan aras tekanan bunyi dalam sesuatu ruang akustik.
- Bagi membuang komponen bunyi yang tidak diperlukan.

Permukaan penyerap dapat mengelakkan dari berlakunya pantulan pada permukaan tertentu dan mengawal kadar gema-getaran. Pemilihan bahan binaan sempadan dan corak rekabentuknya dalam sesuatu ruang adalah amat penting bagi memastikan ruang

tersebut mempunyai kualiti akustik yang tinggi serta menjadikan ruang itu cukup selesa untuk digunakan.

### 3.2.1 Bahan Penyerap

Bahan akustik ialah bahan yang dapat menyerap, memantul atau memancarkan semua jenis frekuensi bunyi serta dapat mengawal kadar gema-getaran. Peranan bahan akustik ialah mengubah tenaga bunyi kepada tenaga haba. Bahan penyerapan yang baik ialah bahan yang mempunyai kadar penyerapan yang seragam pada ke semua jalur frekuensi audio. Bagi memastikan keadaan ini dicapai, kebiasaannya bahan penyerap frekuensi tinggi dan bahan penyerap frekuensi rendah diletakkan berselang seli secara seragam. Bahan penyerap yang biasa kita temui ialah seperti *penyerap berliang*, *penyerap panel*, *penyerap salin* dan *penyerap lengkap*.

#### **Penyerap Berliang**

Bahan ini terdiri daripada bahan yang berliang atau berserabut. Bahan berliang ini mempunyai struktur dalaman yang memudahkan penyerapan tenaga akustik. Bahagian dalam bahan ini terdiri daripada lubang atau rongga yang bersambungan antara satu sama lain. Bunyi akan masuk jauh ke dalam bahan ini melalui rongga yang bersambungan dan akhirnya terperangkap di dalamnya. Bahan penyerap berliang ini terbahagi kepada dua jenis menurut ketebalannya, iaitu jenis *keping* dan *pukal*.

### *Jenis Keping*

Apabila ketebalan bahan penyerap lebih pendek daripada panjang gelombang bunyi, bahan penyerap itu dianggap sebagai penyerap keping. Keupayaan atau prestasi penyerap keping amat bergantung kepada kesan likat serta ketumpatan luasnya. Contoh penyerap jenis ini ialah, lapisan nipis gentian benang kaca yang dibaluti oleh anyaman kain kaca dan gentian kapas.

### *Jenis Pukul*

Apabila ketebalan bahan penyerap berliang lebih besar atau sama dengan panjang gelombang bunyi, maka penyerap itu dikenali sebagai penyerap pukul. Ketumpatan bahan dan kesan haba merupakan dua elemen penting bagi menentukan prestasi penyerapan bahan penyerap ini. Penyerap pukul terdiri daripada bahan gentian dan busa. Prestasi bahan penyerap bunyi ini akan bertambah baik bila ketebalan dan jarak kedudukan bahan ini dengan dinding keras dipertingkatkan. Contoh bahan penyerap ini ialah langsir, permaidani, tirai, selimut akustik dan lepa akustik.

### **Penyerap Panel ( Diafragma )**

Sebaik sahaja tenaga bunyi mengenai panel, panel itu akan bergetar, pada frekuensi yang sama dengan frekuensi bunyi tadi. Getaran panel tadi juga akan menghasilkan haba. Tenaga haba ini merupakan tenaga akustik yang berubah bentuk.

Frekuensi getaran panel ditunjukkan oleh persamaan berikut [ 7 ] ;

$$f = \frac{60}{\sqrt{md}}$$

di mana ;

$f$  = Frekuensi asli getaran panel ( Hz )

$m$  = Ketumpatan luas bahan panel (  $\text{Kgm}^{-2}$  )

$d$  = Jarak panel dari dinding ( m )

Penyerap panel ini kurang berkesan menyerap bunyi pada frekuensi sederhana dan rendah. Namun ianya cukup berkesan pada frekuensi tinggi. Masalah keberkesanan penyerapan pada frekuensi yang berbeza ini dapat kita atasi dengan menggunakan penyerap panel dan penyerap selimut secara serentak. Gabungan penyerap-penyerap ini akan menghasilkan penyerap yang berkesan pada ke semua peringkat frekuensi.

### **Penyerap Salun**

Penyerap ini amat sesuai digunakan di tempat-tempat yang bising seperti gimnasium, bilik jentera, kilang dan sebagainya. Penyerap ini terdiri daripada dua jenis iaitu, *penyalun rongga* dan *penyalun blok*. Penyerap salunan ini akan menyerap bunyi apabila frekuensi bunyi adalah sama dengan frekuensi salun penyerap salunan.

Formula penyerapan salun yang digunakan ialah [ 2 ] :

$$f = \frac{CA}{2\pi\sqrt{vV}}$$

di mana;

$f$  = Frekuensi salun ( Hz )

$C$  = Halaju bunyi (  $\text{ms}^{-1}$  )

$v$  = Isipadu leher penyalun (  $\text{m}^3$  )

$V$  = Isipadu dalaman penyalun (  $\text{m}^3$  )

### ***Penyalun Rongga***

Ia merupakan sebuah ruang ber dinding keras, hampir tertutup dan mempunyai lubang kecil atau satu mulut.

### ***Penyalun Blok Konkrit***

Penyalun blok konkrit terdiri daripada penyalun rongga, dan kekuatan kadar penyerapannya berkadar terus dengan frekuensi. Bahagian terdedah penyalun ini boleh dicat tanpa menjejaskan keupayaan penyerapannya. Blok-blok konkrit ini disusun hingga menjadikan sebagai dinding binaan. Ia sesuai digunakan sebagai penyerap di bangunan seperti terminal bas dan terminal keretapi.

### **Penyerap Lengkap**

Apabila tenaga akustik dari dalam bilik sampai kepada sebuah dinding yang mempunyai tingkap yang menghadap ke padang atau kawasan lapang, tenaga akustik tersebut tidak dipantulkan kembali ke dalam bilik. Tingkap itu dinamakan penyerap lengkap, dan pekali penyerapan bagi penyerap lengkap ialah bersamaan dengan 1.

### **3.2.2 Menilai Tahap Keberkesanan Bahan Penyerap**

#### ***Pekali Penyerapan***

Diukur berdasarkan kepada kadar tenaga akustik yang diserap, iaitu tenaga akustik yang dipindahkan menjadi tenaga haba. Kadar ini akan dibandingkan dengan tenaga akustik yang sampai ke penyerap tersebut, ianya dipanggil 'pekali penyerapan'. Pekali penyerapan adalah berbeza bagi bahan-bahan penyerap yang berlainan.



Jadual 3.1 di bawah menunjukkan senarai pekali penyerapan bagi beberapa bahan penyerap.

Bahan	Frekuensi ( Hz )					
	125	250	500	1000	2000	4000
Blok konkrit tidak dicat.	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Blok konkrit dicat.	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Batu bata tidak digilap.	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Batu bata di lepa.	0.13	0.15	0.02	0.03	0.04	0.05
Panel papan lapis	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Panel papan gipsum	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kaca tingkap	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04

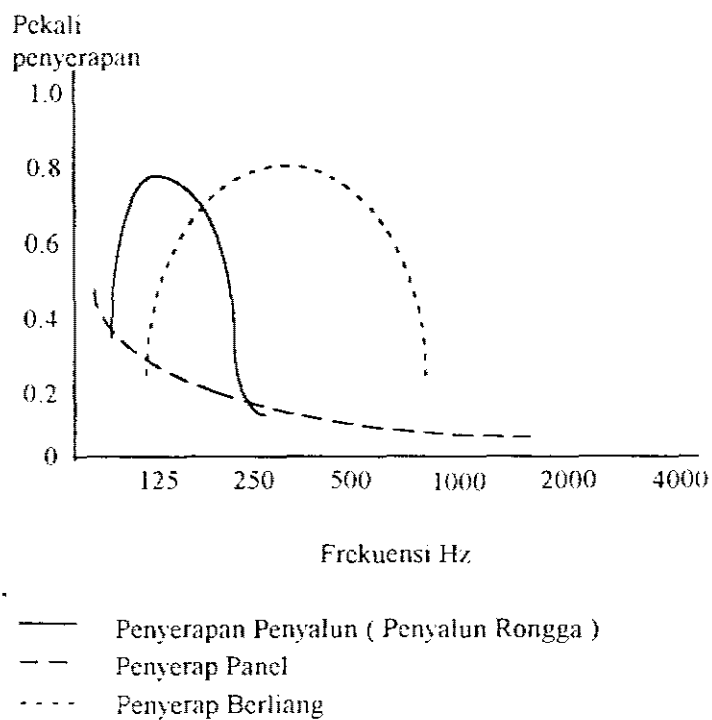
**Jadual 3.1** : Senarai pekali penyerapan. [ 3 ]

### *Kadar Penyerapan*

Jumlah penyerapan menunjukkan keberkesanan sesuatu bahan penyerap akustik menyerap tenaga akustik. Jumlah penyerapan ini diperolehi dengan mendarabkan pekali penyerapan dengan keluasan bahan penyerap. Sebagai contoh, jika sekeping panel berukuran 2.5 m × 4.0 m yang diperbuat daripada papan lapis dan pekali penyerapannya adalah 0.17, maka jumlah penyerapannya ialah 1.7 sabin matrik.

### 3.2.3 Kriteria Pemilihan Bahan Penyerap

Kebiasaannya jenis bahan penyerap itu memainkan peranan penting dalam menentukan tahap keberkesanan penyerapan dan aras julat frekuensi bunyi yang boleh yang diserap. Daripada penjelasan sebelum ini, diketahui bahawa penyerap panel amat berkesan kepada bunyi yang berfrekuensi rendah, penyerap berliang pula berkesan pada frekuensi tinggi. Fenomena ini ditunjukkan oleh rajah 3.1 disebelah.



**Rajah 3.1** : Kadar keberkesanan bahan penyerap. [ 2 ]

Kesimpulan dari graf tersebut :

- 1) Penyerap panel adalah sesuai pada frekuensi rendah.
- 2) Penyerap berliang sesuai pada frekuensi tinggi dan julatnya lebar.
- 3) Penyerap penyalun adalah baik pada frekuensi tertentu manakala julatnya agak sempit.

Julat frekuensi yang boleh diserap oleh penyalun rongga lebih kecil dan frekuensinya ditentukan oleh saiz rongga tersebut.

#### **3.2.4 Faktor-faktor Pemilihan bahan akustik**

Terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan semasa membuat pemilihan bahan yang hendak digunakan sebagai bahan akustik. Faktor-faktor tersebut ialah;

- 1) Keberkesanan penyerapan dan julat frekuensi yang dapat diserap.
- 2) Kos yang adalah rendah.
- 3) Ketahanan terhadap api dan persekitaran.
- 4) Ketumpatan.
- 5) Ketahanan terhadap kelembapan.
- 6) Kekerasan atau kekuatan fizikal.
- 7) Kebersihan.
- 8) Senang di selenggarakan.
- 9) Menarik di pandang.

### 3.3 Pantulan

Menurut hukum asas fizik, sudut tuju adalah sama dengan sudut pantulan. Bunyi yang dipantulkan oleh permukaan cekung akan menumpu, manakala bunyi yang dipantulkan oleh permukaan cembung akan terselerak. Bagi permukaan rata pula pantulan akan terjadi secara selari. Dalam kajian akustik, permukaan yang cekung selalu menimbulkan masalah. Bagi kawasan yang mempunyai kekuatan bunyi menumpu, kekuatan bunyi di kawasan tersebut adalah lebih kuat berbanding dengan kekuatan bunyi di bahagian lain di sekitarnya. Ini menyebabkan terjadinya agihan bunyi yang tidak seragam. Kesimpulannya permukaan cembung merupakan permukaan yang paling baik bagi pantulan dan penyebaran bunyi di dalam ruang yang tertutup.

#### 3.3.1 Bahan Pantulan

Berdasarkan hukum pantulan, bahan pantulan dapat dibahagikan kepada dua jenis, iaitu *pemantul teratur* dan *pemantul berselerak*. Bahan yang keras, tidak berliang serta rata, seperti panel kayu dan dinding lepa, akan memantul bunyi secara teratur. Bahan ini dikelaskan sebagai bahan yang mempunyai permukaan licin. Bahan yang keras, tidak berliang dan permukaannya tidak rata, seperti permukaan siling lekuk berlepa dan plat konkrit berlipat, ia akan memantulkan bunyi secara berselerak. Berdasarkan kepada

perkara tersebut ianya boleh disamakan dengan pantulan bunyi pada permukaan kertas putih. Secara akustiknya bahan ini boleh dianggap kasar.

Julat suara yang biasa ditemui dalam akustik ruang, berada pada frekuensi sekitar 300-5000 Hz. Komposisi suara yang penting untuk kejelasan percakapan pula berada pada frekuensi 600-4800 Hz. Kelicinan atau kekasaran bahan pemantul dalam perhubungan berkait rapat dengan jarak gelombang. Jarak gelombang yang biasa kita temui dalam bangunan ialah antara 1.7 cm hingga 17 cm. Manakala jarak gelombang suara pula antara 7 cm hingga 57 cm.

#### **3.4 Permasalahan Akustik Di dalam Ruang Tertutup**

Masalah bunyi yang biasanya dihadapi di dalam kebanyakan ruang tertutup ialah wujudnya komponen seperti gema, gema, gema-getaran dan salunan. Jika pantulan bunyi yang tiba di telinga pendengar kurang dari 50 ms selepas bunyi asal, maka bunyi itu dikenali sebagai komponen gema. Manakala jika bunyi yang sampai ke telinga pendengar itu lewat daripada 50 ms dari bunyi asal, maka bunyi itu akan dikenali sebagai komponen gema. Kebiasaan gema wujud akibat dari pantulan bunyi dari permukaan belakang dewan yang mungkin dikuatkan lagi dengan kesan pemfokusan jika permukaan itu mencekung. Masalah gema boleh diatasi dengan memperbetulkan permukaan-permukaan tersebut. Ia boleh juga dikurangkan dengan menggunakan masa gema yang panjang, di mana ianya boleh menoping elemen gema berkenaan.

Gema-getaran berlaku pada frekuensi pertengahan dan frekuensi tinggi. Gema-getaran wujud akibat dari hasil bunyi yang melantun berulang alik antara dua permukaan selari. Salunan berlaku pada frekuensi rendah, iaitu apabila wujud mod-mod yang jelas dalam dewan berkenaan. Akibatnya not-not yang bersamaan dengan mod-mod ini akan kedengaran lebih kuat dari not-not lain. Salunan dan juga gema-getaran wujud akibat dari permukaan yang selari dan ianya tidak akan wujud jika permukaan itu dibuat mencapah lebih dari 5°. Masalah ini boleh dikurangkan jika salah satu permukaannya dibuat menyerap bunyi. Pastikan penyerapan itu berkesan pada frekuensi yang mempunyai masalah sahaja. Masalah kebisingan juga selalu dihadapi di dalam ruang-ruang yang biasanya digunakan untuk syarahan, di mana ada sesetengah ruang seperti dewan syarahan dibina di kawasan yang mempunyai tahap kebisingan yang tinggi. Keupayaan dinding dewan tersebut adalah penting untuk menghalang kebisingan persekitaran mengganggu suasana di dalam dewan.

## BAB IV

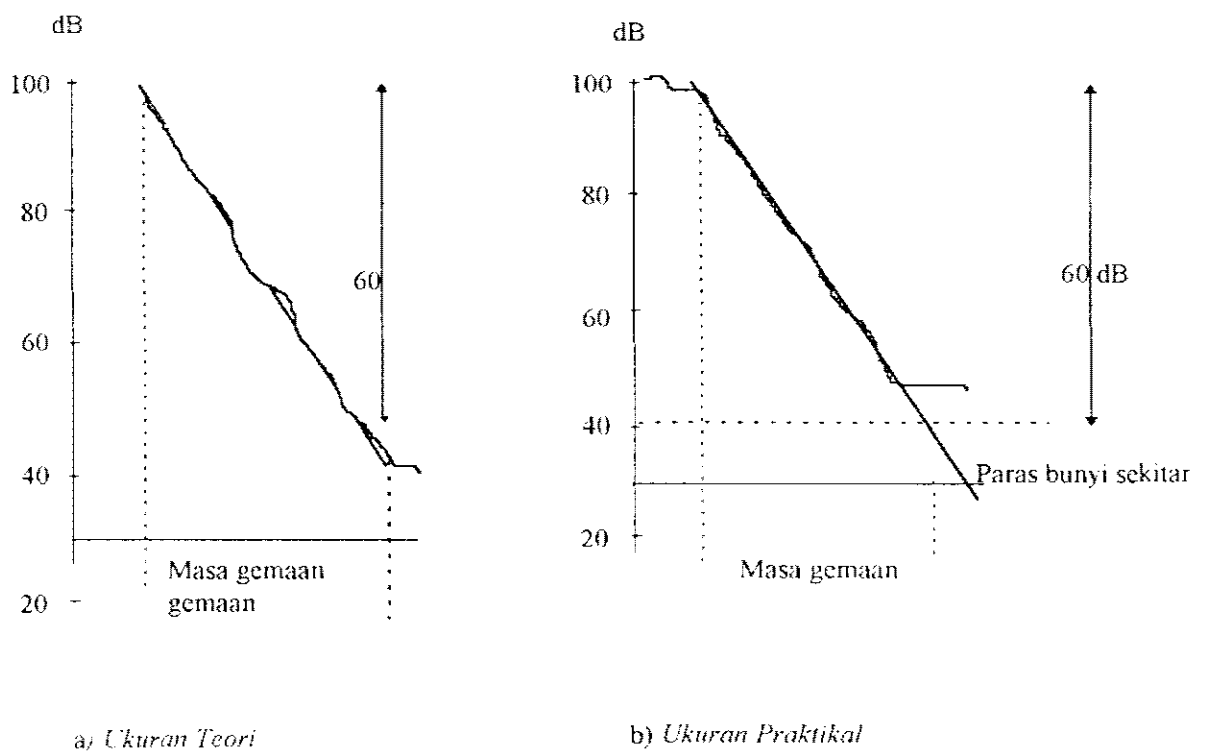
### CIRI-CIRI AKUSTIK

#### 4.1 RT60

RT60 ditakrifkan sebagai *masa gemaan*, di mana masa gemaan merupakan masa kekuatan bunyi menyusut sebanyak 60 dB daripada kekuatan bunyi asal. Masa gemaan ini ditemui oleh Mr. W.C Sabine; Sabine membuat ukuran menggunakan paip-paip organ yang dibunyikan dengan mesin peniup mudah alih sebagai sumber bunyi. Beliau mengukur kepupusan bunyi paip-paip organ tersebut dengan menggunakan telinga dan jam randik.

Secara praktiknya mengukur kejatuhan bunyi dengan menggunakan telinga agak sukar untuk dilakukan, kerana penurunan 60 dB adalah agak sukar untuk dicapai oleh telinga manusia normal. Kebiasaannya bagi mencapai penurunan bunyi sebanyak 30 dB pun sudah agak sukar. Bagi mendapatkan penyusutan bunyi sebanyak 60 dB kita memerlukan bunyi yang mempunyai kekuatan sebanyak 90 dB supaya ia dapat susut kepada aras 30 dB. Namun bagi bunyi yang mempunyai kekuatan 90 dB ianya tentu boleh menyakitkan telinga.

Dalam mengukur RT60 saya akan menggunakan alat RION NA-29E dan juga satu sumber bunyi. Dengan menggunakan alat ini kita tidak perlu mendapatkan kejatuhan bunyi sebanyak 60 dB secara terus. Ini adalah kerana kita boleh mendarapkan nilai kejatuhan yang berjaya dicatat dengan nilai pemalar kejatuhan yang tertentu supaya ianya menghasilkan kejatuhan sebanyak 60 dB.



**Rajah 4.1 :** Graf pengukuran RT60. [ 3 ]



#### 4.1.1 RT60 Optimum

Nilai RT60 dalam sesuatu ruang tertutup atau dewan akan dapat menentukan corak bunyi serta aktiviti yang sesuai dilakukan dalam dewan tersebut. Nilai RT60 bagi dewan syarahan dan dewan untuk kegunaan muzik adalah berbeza. Secara praktiknya tiada nilai RT60 yang tepat bagi sesuatu menunjukkan aktiviti bunyi yang tertentu. Ini adalah kerana kesesuaian bunyi itu bergantung kepada keadaan persekitaran dewan tersebut, dan jenis bahan yang digunakan bagi membina dewan. Namun secara teorinya nilai RT60 ditetapkan tinggi sedikit bagi dewan yang mempunyai ruang yang besar berbanding dengan dewan yang sempit. Bagi bilik syarahan yang sempit dan tidak menggunakan sistem PA RT60nya adalah antara 0.7 dan 1 saat. Ini adalah julat yang diukur pada ruang kosong, tetapi apabila kita melakukan pengukuran, kita perlu mengambil kira resapan tambahan yang wujud apabila bilik itu dipenuhi oleh pengguna.

#### 4.1.2 Kiraan RT60 Secara Matematik

Di sini ditunjukkan cara mengira RT60 mengikut keadah matematik. Di mana masa menyusut dan pupus kekuatan sesuatu bunyi bergantung kepada dua faktor:

1. Jumlah tenaga bunyi yang diserap oleh permukaan sempadan dewan berkenaan.  
Jumlah penyerapan ialah kebolehan tiap-tiap permukaan menyerap tenaga bunyi.

Nilai masa gema atau RT60 adalah kecil bila kadar penyerapan permukaan sempadan dewan adalah tinggi.

2. Saiz dewan yang besar akan mengurangkan pertembungan gelombang bunyi dengan permukaan dewan. Persamaan masa gema mengikut Sabine [ 1 ] ialah :

$$RT60 = 0.16 V / A \text{ Saat}$$

dengan,

$$V = \text{Isipadu dalam ruang ( m}^3 \text{ )}$$

$$A = \text{Jumlah resapan dalam sabin ( m}^2 \text{ )}$$

di mana,

$$A = S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n$$

$$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n - \text{Luas permukaan ( m}^2 \text{ )}$$

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n - \text{Pekali Penyerapan}$$

Bagi ruang yang luas :

$$RT60 = 0.16 V / ( A + xV ) \text{ Saat}$$

dengan,

x - Penyerapan Udara

V - Isipadu ruang ( m<sup>3</sup> )

A - Jumlah penyerapan permukaan

Ungkapan sabine ini tidak sesuai digunakan untuk ruang-ruang tanpa gema. Ungkapan ini tidak mungkin bersamaan kosong dan bagi ruang tanpa gema, nilai RT60nya adalah menghampiri kosong. Bagi mengatasi perkara ini, ungkapan *Eyring* [ 2 ] digunakan :

$$RT60 = 0.16 V / [ S(- \log_e (1-a) + CxV) ]$$

dengan,

$$a = [ S_1a_1 + S_2a_2 + S_3a_3 \dots + S_n a_n ] / S$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$$

Ungkapan ini hanya sesuai digunakan untuk nilai  $a > 0.25$ , manakala bagi ruang yang besar  $xV$  diabaikan.

## 4.2 Kebisingan

Terdapat dua keadah yang popular bagi mengukur tahap kebisingan iaitu *kriteria kebisingan ( Noise Criteria-NC )* dan *kadar kebisingan ( Noise Rating-NR )*. Di mana

dalam keadaan ini kita akan menganalisa aras kebisingan dengan menggunakan jalur oktaf pertengahan sebagai rujukan. Bacaan nilai aras frekuensi yang diperolehi akan diplotkan diatas kertas graf kebisingan. ( noise contours ). Di Amerika Syarikat graf NC digunakan sebagai rujukan manakala masyarakat di Eropah menggunakan graf NR sebagai rujukan. Namun kedua-dua graf ini masih mempunyai ciri-ciri serta fungsi yang sama. Setiap aras jalur oktaf pertengahan pada kertas graf tersebut mewakili satu nilai kadar kebisingan. Manakala nilai aras kebisingan secara keseluruhannya ditunjukkan oleh jalur yang tertinggi yang mampu dicapai oleh lengkungan kebisingan yang diplot.

#### 4.2.1 Kriteria Kebisingan ( NC )

Lengkuk graf *Noise Criteria* ( NC ) pada permulaannya digunakan di Amerika Syarikat bagi mengukur dan menganalisa aras kebisingan yang sesuai untuk persekitaran pejabat. Rangkaian lengkungan ini terdiri daripada lengkungan spektrum frekuensi ( oktaf ) yang mempunyai angka kadar yang terperinci. Spektrum jalur oktaf kebisingan berkenaan diplotkan di atas kertas graf kriteria kebisingan ( NC ) dan lengkungan tertinggi yang terkena jalur frekuensi kebisingan itu adalah merupakan nilai kadar NC.

Secara amnya lengkungan NC memberikan gambaran tentang aras kelantangan bunyi dan juga menunjukkan tahap gangguan kepada kadar pemahaman percakapan.

Lengkungan ini dibentuk berdasarkan kepada hasil tinjauan kepada ruang-ruang pejabat di mana perhubungan percakapan adalah penting. Ukuran kesesuaian persekitaran untuk perhubungan percakapan disebut sebagai aras gangguan percakapan ( Speech Interference Level - SIL ) dan ditakrifkan sebagai aras tekanan bunyi purata bagi tiga jalur oktaf di antara 500 Hz dan 2000 Hz - di mana dua jalur ini sangatlah penting bagi mengukur kadar pemahaman percakapan. Jika spektrum jalur oktaf yang diukur di persekitaran itu melebihi kadar NC maksimum pada jalur yang tertentu, maka kita akan tahu jalur frekuensi mana yang mesti dikawal. Lengkungan-lengkungan NC ini sesuai untuk menilai persekitaran pejabat kerana inilah tujuan asal ia dicipta dan sekarang ianya digunakan dengan meluas dalam kerja-kerja pemasangan alat hawa dingin dan rangkaian pengedaran udara dalam bangunan.

#### **4.2.2 Kriteria Kebisingan Optimum**

Sebagai contoh, walaupun sesuatu persekitaran itu memerlukan NC 40, kita mungkin masih mendapati ramai orang yang boleh menerima kebisingan pada tahap NC 45 dan juga ada orang yang akan merungut walaupun aras kebisingan yang sebenar hanya berada pada tahap NC 35. Apa yang penting ialah kita hanya menganggap nilai NC 45 sebagai nilai panduan sahaja dan nilai ini juga mempunyai ralat had terima sebanyak  $\pm 5$  dB. Soal had terima ini adalah untuk penilaian subjektif sahaja. Aras kebisingan ini akan mencapai atau hampir mencapai lengkungan bahaya bergantung kepada masa

pendedahan, dan tindakan hendaklah diambil bagi mengurangkan risiko tersebut dengan mengurangkan arasnya atau mengurangkan masa pendedahannya.

Walaupun bagaimanapun lengkungan NC tidak terhad untuk mengukur aras kebisingan di kawasan pejabat sahaja. Pada masa sekarang ianya digunakan dengan meluas untuk mengukur tahap kebisingan di bangunan-bangunan seperti dewan syarahan, bilik kuliah, hospital dan sebagainya.

#### **4.2.3 Kesan NC terhadap manusia**

Tahap tanggapan atau purata had terima manusia terhadap aras NC ditunjukkan dalam jadual 4.1 di sebelah. Seperti yang telah dijelaskan bahawa nilai piawai tersebut hanyalah sebagai nilai panduan sahaja, maka nilai NC yang sebenarnya bergantung kepada individu itu sendiri, dimana nilainya adalah berbeza bagi setiap individu. Persekitaran yang senyap yang biasa kita temui dalam kehidupan seharian adalah berada diantara NC 20 hingga NC 30. Paras NC yang lebih rendah daripada aras tersebut hanya terdapat dalam ruang-ruang khas seperti studio televisyen, studio rakaman dan audio atau bilik makmal yang tak bergema seperti di Bilik Penyerapan dalam makmal akustik, FKE, UTM Skudai. Paras nilai NC minima yang mampu dicapai oleh telinga manusia bukanlah berada pada aras NC 0, kerana bunyi paling minima yang

mampu telinga kita dengar ialah bunyi degupan jantung dan hembusan paru-paru kita sendiri

NC Persekitaran	Tanggapan Persekitaran
NC 25 kebawah	sunyi untuk berehat dan bertafakur
NC 25 - NC 35	senyap ( julat maksimum bagi suara 3 - 10 m )
NC 35 - NC 45	sederhana senyap ( julat maksimum bagi suara biasa 2 - 4 m. jika ditinggikan ia mencapai 3 - 10 m )
NC 45 - NC 50	sederhana bising ( julat maksimum suara biasa 1 - 2 m, suara tinggi 2 - 4 m, perbualan telefon adalah sukar )
NC 50 - NC 55	Bising ( julat maksimum suara biasa 0.5 m, suara tinggi 1 - 2 m, perbualan telefon amat sukar )
NC 55 - NC 70	Terlalu bising ( julat maksimum bagi suara tinggi 0.5m)

**Jadual 4.1 :** Nilai NC yang sesuai untuk persekitaran. [ 2 ]

#### 4.2.4 Fungsi NC dalam persekitaran

NC digunakan dengan meluas bagi menilai gangguan kebisingan dalam alam bina dan bidang akustik, sama ada di dalam atau di luar bangunan. Dalam persekitaran akustik, gangguan kebisingan dianggap seragam dan berterusan. Indeks NC ini mengambil kira kesemua faktor yang menyebabkan kebisingan dalam bangunan seperti percakapan, sistem hawa dingin, pengagihan udara dan sebagainya.

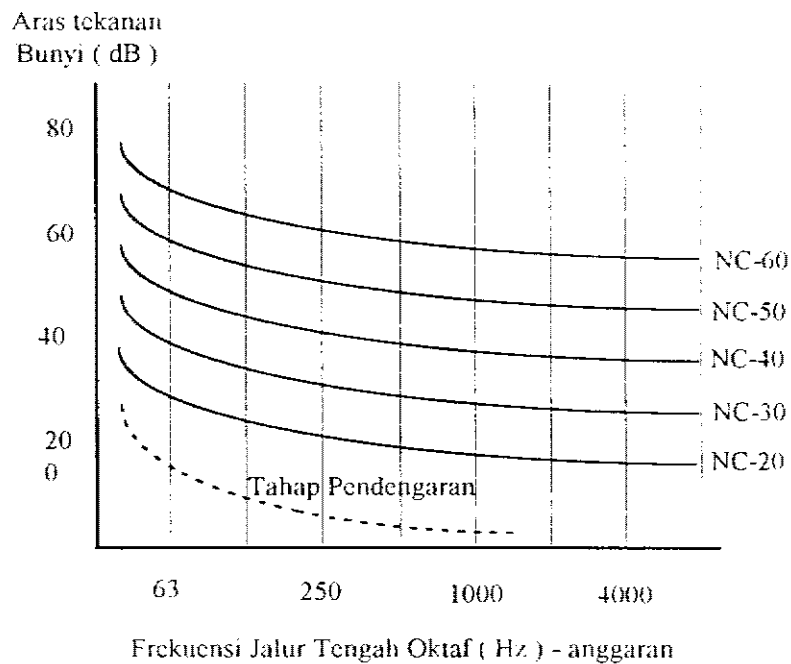
#### 4.2.5 Hubungan Indeks NC dengan Aras Tekanan Bunyi

Pada asasnya indeks NC adalah mewakili sekumpulan nilai tekanan bunyi. Bila bacaan tekanan bunyi itu tadi diplotkan pada graf Tekanan Bunyi melawan Jalur Oktaf, lakaran itu akan membentuk satu lengkungan dan setiap lengkungan ini dilebelkan dengan nilai NC. Oleh itu hubungan nilai NC dan tekanan bunyi dapat kita lihat pada kertas graf tersebut. Jadual 4.2 di sebelah menunjukkan nilai aras bunyi pada setiap jalur oktaf yang diwakili oleh sesuatu nilai NC. Rajah 4.2 di sebelah pula menunjukkan graf yang memberikan lengkungan NC. Lengkungan NC ini mewakili nilai aras bunyi pada setiap jalur frekuensi tengah oktaf.



Nilai NC	Frekuensi Tengah Oktaf ( Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	51	40	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	35	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	56	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62

**Jadual 4.2** :Aras Bunyi bagi indeks NC pada pelbagai oktaf. [ 2 ]



Rajah 4.2 : Lengkungan NC. [ 1 ]

#### 4.2.6 Indeks NC dalam spesifikasi Undang-Undang

Di Amerika Syarikat telah ditetapkan bahawa tahap persekitaran akustik di bandar-bandar utama pada waktu malam, iaitu dari pukul 2200 hingga 0700, berada pada paras NC 35 hingga NC 50. Manakala pada waktu siang pula, aras gangguan dibenarkan berada pada paras yang lebih tinggi, iaitu antara 5 - 10 dB melebihi aras NC pada waktu malam. Paras tersebut hanya dipakai dan sesuai digunakan di Amerika Syarikat, manakala bagi negara Malaysia, piawaiannya mungkin berbeza kerana penentuan paras

kebisingan piawai adalah bergantung kepada keadaan persekitaran dan sosio budaya di suatu tempat.

#### 4.2.7 Matlamat Reka Bentuk dan Kemampuan Akustik Dinding

Di Amerika Syarikat, tahap serta matlamat reka bentuk akustik telah ditetapkan seperti dalam jadual 4.3 dibawah. Misalnya spesifikasi persekitaran akustik bagi ruang sebuah dewan kuliah ialah NC 25 dan untuk ruang legar dewan kuliah tersebut ialah NC 40.

Jenis Ruang Dalaman	NC
Bilik tidur	30
Perpustakaan	30
Bilik Perbicaraan Mahkamah	30
Restoran	45
Masjid	30
Studio Muzik	20 - 25
Studio Radio	20- 30
Panggung Pementasan	25
Panggung Wayang	30
Dewan Perhimpunan	30
Bilik Seminar	30
Bilik Persidangan ( 20 orang )	30
Bilik Persidangan ( 50 orang )	25

Dewan kuliah	25
Bilik Darjah	30
Bilik Belajar	35
Makmal	35 - 40
Bilik Studio	45 - 50
Bilik Pegawai Kanan	30
Bilik Pegawai	35
Pejabat Am ( Pegawai )	35 - 45
Pejabat Am ( Kerani )	45 - 50
Pejabat Am ( ada mesin fotostat )	50 - 55
Ruang Laluan	40
Ruang Legar	40
Tandas	40

**Jadual 4.3 :** Nilai NC persekitaran bagi ruang dalaman bangunan. [ 2 ]

Tahap aras gangguan kebisingan di luar bangunan pula ditunjukkan seperti dalam jadual 4.4 di sebelah. Sebagai contoh, bagi persekitaran akustik di pusat membeli-belah ialah NC 65

Matlamat utama spesifikasi akustik di dalam dan di luar bangunan ialah bagi memudahkan kita mengira tahap kemampuan akustik dinding yang diperlukan bagi jenis bangunan yang tertentu. Misalnya bagi sebuah dewan kuliah sekolah memerlukan dinding yang mampu menurunkan kebisingan persekitaran dari NC 65 kepada NC 45.

Jenis Kawasan	Nilai NC
Luar Bandar	30 - 35
Perumahan	30 - 35
Projek Perumahan	40
Jalan Raya	50
Pusat Membeli-belah	65
Sekolah	65
Stadium	70
Perindustrian	70 - 80
Lebuhraya	75
Lapangan Terbang	80

**Jadual 4.4 :** Nilai NC Persekitaran Akustik Di kawasan Luar bangunan. [ 2 ]

## BAB V

### PENGUKURAN AKUSTIK

#### 5.1 Alat RION NA-29E

Ciri-ciri pengukuran yang terdapat pada alat RION NA 29E ialah seperti berikut:

1. Nilai siri piawai yang digunakan ialah IEC 651 Jenis 1, JIS C 1505.
2. Julat paras pengukuran ( merujuk kepada IEC 651 ) 25 ke 130 dB (A), 32 ke 130 dB (B) dan 35 ke 130 dB ( FLAT).
3. Paras kebisingan dalaman ialah 5 dB di bawah had pengukuran.
4. Julat frekuensi yang digunakan ialah dari 20 ke 12500 Hz.
5. Rangkaian nilai ciri-ciri frekuensi yang digunakan ialah FLAT, A, C.
6. Pembesar suara yang digunakan ialah Electret Condenser Microphone UC-53
7. Angkatap masa yang digunakan ialah Fast, Slow dan 10 ms.
8. Litar pengesan yang digunakan ialah True RMS, mempunyai ketepatan 0.1 dB pada faktor puncak 2 dan ketepatan 0.5 dB pada faktor puncak 3.
9. Julat Dinamik : 50 dB
10. Aras julat yang boleh disetkan ialah : 20 ke 70, 30 ke 80, 40 ke 90, 50 ke 100, 60 ke 110, 70 ke 120, 80 ke 130, 90 ke 140 dB.
11. Frekuensi yang di analisis ialah dari 31.5 ke 8000 Hz, di mana ianya mempunyai 9 frekuensi oktaf jalur pertengahan.

12. Pengukuran dilakukan terhadap aras bunyi  $L_p$ , aras bunyi maksima  $L_{max}$ , aras bunyi purata  $L_{eq}$  dan aras bunyi pendedahan berterusan  $L_{ae}$ .
13. Memaparkan perubahan aras dengan masa bagi setiap jalur frekuensi membolehkan masa gema diukur.

Penentuan boleh dilakukan yang mana alat ini mempunyai pengayun dalaman yang menghasilkan 1000 Hz dan 1.5 V<sub>rms</sub> pada aras tekanan 94 dB.

## 5.2 Pengukuran RT60

*Masa Gema ( RT60 - Reverberation Time )* ditakrifkan sebagai masa yang diperlukan untuk aras bunyi di dalam sebuah bilik yang tertutup jatuh sebanyak 60 dB selepas sumber bunyi itu dimatikan secara tiba-tiba. Namun begitu dengan menggunakan alat RION NA-29E kita tidak dapat mencatat kejatuhan aras bunyi 60 dB secara terus, kejatuhan aras bunyi yang maksima yang boleh dicatat oleh alat ini ialah sebanyak 30 dB. Oleh itu untuk mendapatkan kejatuhan bunyi sebanyak 60 dB kita perlu mendarap nilai kejatuhan yang diperolehi dengan nilai faktor kejatuhan yang tertentu. Sebagai contoh, jika kejatuhan bunyi yang berjaya dicatat oleh alat RION NA-29E ialah 30 dB, maka 30 dB ini perlu didarapkan dengan faktor kejatuhan 2. Di mana nilai faktor ini akan berubah mengikut nilai kejatuhan yang berjaya dicatatkan. Proses kiraan RT60 ini ditunjukkan oleh persamaan di bawah.

$$RT60 = ( B - A ) \times T \times C$$

Di mana,

A - Alamat Akhir

B - Alamat Awal

C- Faktor Kejatuhan

T - Tempoh

### 5.2.1 Keadah Mengukur RT60

Bagi mengukur nilai RT60 di Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai dengan menggunakan alat RION NA-29E, kita perlu mengikuti beberapa langkah yang telah ditetapkan. Langkah bagi mengukur RT60 ialah :

1. Pasang satu sumber bunyi dengan meghadapkan pembesar suaranya ke arah dinding.
2. Pasangkan mikrofon di tengah-tengah dewan tersebut.
3. Terlebih dahulu tentukan paras bunyi persekitaran di dalam dewan tersebut. Langkah ini dilakukan bagi menentukan nilai kekuatan bunyi yang sepatutnya dikeluarkan oleh sumber bunyi bagi mendapatkan kejatuhan 30 dB.
4. Setkan paras bunyi yang mesti dikeluarkan oleh sumber bunyi lebih tinggi daripada paras bunyi sekitar yang telah ditentukan tadi, iaitu sekurang-kurangnya sebanyak 30 dB melebihi paras bunyi sekitar.



5. Pastikan tiada anasir-anasir bunyi di dalam dewan tersebut, yang akan mencatatkan bacaan pengukuran.

Setelah segala langkah di atas dipenuhi, maka kita bolehlah menggunakan alat RION NA-29E bagi mengukur RT60. Seterusnya ditunjukkan langkah-langkah yang mesti dilakukan bagi mengukur RT60 iaitu :

1. Setkan MENU 1 seperti berikut;

Store Type : Auto

Period : 2ms

Ope Type : Lx

SAMP\_N : 200

Setiap parameter diatas boleh dipilih dengan menggunakan kekunci penanda M dan S. Tekan ENTER apabila setiap parameter di atas hendak dipilhkan. Tekan EXIT sebaik sahaja semua parameter di atas selesai disetkan.

2. Hidupkan sumber bunyi.
3. Pilih julat antara -5 ke -10 dB dari aras penuh skil dalam jalur lurus keseluruhan.
4. Setkan ' Frequency Weighting ' kepada ' F '.
5. Setkan angkatap masa kepada 10ms.
6. Tekan STORE pada RION NA-29E dan matikan suis sumber bunyi secara serentak. Alamat Penstoran adalah dari 1 hingga 1500. Oleh kerana tempoh penstoran telah disetkan kepada 2ms maka masa penstoran maksima ialah 3 saat (  $1500 \times 2ms$  ). Sebelum langkah ini dilakukan, pastikan bahawa kekuatan bunyi

yang telah dikeluarkan oleh sumber bunyi telah memenuhi semua ruang di dalam dewan tersebut.

7. Tekan EXIT.
8. Tekan RCL untuk memanggil data yang telah distorkan tadi.
9. Tekan L\_F/L\_T bagi mendapatkan skrin lengkungan kejatuhan.
10. Tekan UP/DOWN untuk melaraskan alamat kepada 1.
11. Pilih anjakan alamat yang dikehendaki, contoh : 1/1, 1/2, 1/5, 1/10 dan 1/20.
12. Pilih jalur frekuensi yang dikehendaki, contoh : 250 Hz, 500 Hz dan sebagainya.
13. Gunakan kekunci penanda untuk mengerakkan ke hujung kiri lengkungan kejatuhan tersebut. Baca nombor alamat awal dan nilai aras dB pada titik ini.
14. Gerakkan kekunci penanda ke kanan, iaitu ke tempat nilai kejatuhan yang dikehendaki serta dapatkan bacaan nombor alamat akhir dan nilai aras dB.

Masukkan bacaan data yang telah diperolehi ke dalam formula kiraan tadi, contoh kiraannya ialah :

$$A = 1$$

$$B = 564$$

$$C = 3 \text{ ( bagi kejatuhan 20 dB )}$$

$$T = 0.002$$

Oleh itu,

$$\begin{aligned} RT60 &= ( B - A ) \times T \times C \\ &= ( 564 - 1 ) \times 0.002 \times 3 \\ &= 2.38 \text{ saat} \end{aligned}$$

### 5.3 Pengukuran Aras Tekanan Bunyi ( SPL )

#### 5.3.1 Keadah Pengukuran Lp

Aras tekanan bunyi atau SPL ( Sound Pressure Level ) adalah merupakan satu kuantiti fizik yang boleh diukur. Tekanan bunyi yang boleh dikesan oleh telinga manusia pada aras pendengaran biasa ialah  $2 \times 10^{-5}$  Pa ( Pascal ). Tekanan bunyi 0 dB diambil sebagai rujukan. Tekanan bunyi lebih praktikal diukur daripada dikira. Bacaan SPL ini digunakan untuk melakar lengkungan kebisingan di atas kertas graf NC.

Langkah bagi mengukur aras tekanan bunyi Lp dengan menggunakan alat RION NA-29E adalah seperti berikut :

1. Pilih skrin pengukuran aras tekanan bunyi dengan menggunakan mod pengukuran aras tekanan bunyi.
2. Pilih mod pengukuran Lp ( aras bunyi ).
3. Pilih julat aras yang dikehendaki. Di mana julat aras boleh dilaras diantara 70 hingga 140 dB dengan setiap langkah sebanyak 10 dB. Manakala jika arahan " UNDER " atau " OVER " dipaparkan, maka ubahkan julat aras ini mengikut keperluan.
4. Setkan " Frequency Weighting " kepada " A " dengan menekan butang A/C/F.
5. Setkan angkatap masa kepada " FAST " dengan menekan butang TIME CONST.

6. Tekan butang STORE untuk menyimpan bacaan.

Semua bacaan nilai aras tekanan bunyi ini diambil setiap masa dan ditunjukkan dalam dua skrin iaitu skrin grafik dan numerik. Di mana bacaan tekanan bunyi pada skrin numerik diambil pada setiap 1 saat manakala bacaan tekanan bunyi pada skrin grafik diambil pada setiap 0.1 saat.

### 5.3.2 Keadah Pengukuran $L_{max}$ , $L_{eq}$ dan $L_{ae}$

$L_{max}$ ,  $L_{eq}$  dan  $L_{ae}$  ditakrifkan seperti berikut :

$L_{max}$  : aras tekanan bunyi maksima yang berlaku di dalam tempoh masa pengukuran.

$L_{eq}$  : aras purata tekanan bunyi yang dikira dalam tempoh pengukuran.

$L_{ae}$  : pendedahan aras tekanan bunyi dalam tempoh 1 saat.

Bagi mengukur parameter-parameter di atas, tempoh persampelan dilaras secara automatik kepada 10ms. Tempoh pengukuran bagi parameter  $L_{max}$ ,  $L_{eq}$  dan  $L_{ae}$  itu bergantung kepada jumlah masa yang dilaraskan. Langkah bagi mengukur aras bunyi maksima (  $L_{max}$  ), aras bunyi purata (  $L_{eq}$  ) dan aras bunyi Pendedahan (  $L_{ae}$  ) adalah seperti berikut :

1. Tekan butang OCT/SLM bagi memilih skrin mod pengukuran aras tekanan bunyi.
2. Setkan skrin MENU II seperti berikut :

REF\_LEVEL : 180 dB OFF

RECALL & Lp : OFF

TRG\_TYPE : INT

LEVEL : -10 dB

Leq\_TIME : 3 sec

RS232C : 4800 BPS

POWER\_SAVE : OFF

Setelah semua parameter di atas telah dipenuhi maka tekan EXIT.

4. Pilih julat aras dengan menekan UP atau DOWN. Di mana julat aras berada diantara 70 dan 140 dB dengan setiap langkah sebanyak 10 dB. Jika arahan UNDER dan OVER di paparkan, maka kita perlu mengubah julat aras mengikut keperluan
5. Laraskan " Frequency Weighting " kepada " A " dengan menekan A/F/C.
6. Laraskan angkatap masa kepada " FAST " dengan menekan TIME CONST.
7. Mulakan pengukuran dengan menekan STRT/STP. Arahan EXEC di paparkan bagi menunjukkan pengukuran sedang berjalan. Tempoh pengukuran akan tamat apabila arahan EXEC tidak dipaparkan.
8. Simpan bacaan yang telah diukur dengan menekan STORE bagi setiap parameter Lmax, Leq dan Lae secara berulang.

Nilai aras tekanan bunyi yang diperolehi ini digunakan untuk mendapatkan tahap nilai NC. Hanya nilai-nilai aras tekanan bunyi pada frekuensi jalur pertengahan dari 31.5 Hz ke 8 Hz sahaja di ambil kira. Di sini saya menggunakan nilai aras tekanan bunyi yang dicatatkan dalam parameter Leq bagi untuk melakar graf lengkungan kebisingan di atas kertas graf NC. Ini adalah kerana bacaan Leq lebih

mengambarkan keadaan sebenar aras tekanan bunyi yang berlaku di dalam dewan tersebut. Diketahui bahawa keadaan bunyi yang wujud di persekitaran Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai adalah tidak stabil, kerana aras bunyinya sentiasa berubah-ubah mengikut keadaan. Oleh itu untuk mendapatkan bacaan yang tepat, maka bacaan purata aras tekanan bunyi seperti bacaan Leq dijadikan sebagai rujukan.

## **5.4 Proses Pengukuran**

### **5.4.1 Proses Pengukuran RT60**

Bagi mendapatkan gambaran nilai RT60 yang sebenar di dalam Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai, kita perlu mengambil bacaan RT60 di pelbagai sudut dalam dewan tersebut. Di mana dalam projek ini saya telah mengambil bacaan RT60 di tengah-tengah dewan tersebut dan juga di kawasan tepi dewan. Saya hanya mengambil bacaan RT60 pada julat pendengaran manusia sahaja iaitu pada frekuensi 250 hingga 4 KHz. Di mana julat pendengaran manusia normal ialah berada diantara 300 hingga 3000 KHz.

### **5.4.2 Proses Pengukuran SPL**

Untuk mendapatkan situasi sebenar aras nilai NC yang dialami oleh dewan serbaguna kampong pelajar, saya mengambil bacaan NC di dalam dan di luar dewan. Kedua-dua lokasi bacaan ini perlu diambil bagi menilai tahap keberkesanan dinding dewan dalam menghalang faktor bunyi luar dewan dari mengganggu aras

bunyi di dalam dewan. Di mana bagi dinding dewan serbaguna, sepatutnya mampu menurunkan aras bunyi sebanyak 15 hingga 20 dB. Di sini saya telah mengambil bacaan NC pada julat 31.5 hingga 8 KHz di dalam dewan dan empat bacaan NC di sekeliling dewan. Bagi mendapatkan bacaan yang lebih tepat, saya telah mengambil set bacaan sebanyak dua kali iaitu pada waktu yang berbeza. Bacaan aras tekanan bunyi ini diambil pada masa puncak dan pada masa senyap. Di mana masa puncak berlaku pada masa 11.30 pagi hingga 2.00 petang. Masa puncak ialah ketika keadaan persekitaran dewan berada dalam keadaan yang paling bising, di mana pada masa ini banyak aktiviti pelajar dijalankan seperti menonton tv, pelajar melintasi dewan untuk ke kafeteria dan pada masa ini juga terdapat banyak kenderaan yang melintasi bangunan dewan. Ini memandangkan kebanyakan bangunan Dewan Serbaguna Kampong Pelajar berada berhampiran dengan jalan raya utama. Masa senyap pula berlaku pada waktu pagi iaitu sebelum pukul 9.30 pagi di mana pada waktu tersebut hampir tiada aktiviti kebisingan dilakukan serta jalanraya berhampiran juga tidak sibuk dengan kenderaan serta pada waktu tersebut juga kebanyakan pelajar sedang berada di bilik kuliah.

## BAB VI

### KEPUTUSAN PENGUKURAN

#### 6.1 Pengenalan

Pengukuran ciri-ciri akustik dilakukan di empat buah Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai. Kampong Pelajar yang terbabit ialah Kampong Pelajar Kempas, Cengal, Meranti dan Resak. Sejak kebelakangan ini kita banyak mendengar tentang rungutan orang ramai terhadap mutu akustik di dewan-dewan tersebut terutamanya apabila dewan tersebut digunakan untuk seminar ataupun ceramah. Oleh itu tujuan pengukuran akustik di dewan-dewan tersebut ialah untuk membuktikan secara ilmiah tentang tahap masalah akustik yang dihadapinya.

#### 6.2 Dewan Serbaguna ( DSG ) Kampong Pelajar Kempas

Lokasi :

1. Bersebelahan dengan kafeteria dan dewan makan.
2. Berhampiran pejabat asrama.
3. Berhampiran jalanraya utama.



### Bacaan RT60 Di DSG Kempas

Tarikh pengukuran : 7 Januari 1996

Masa pengukuran : 8.00 pagi.

Sumber bunyi dipasang di tengah dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	591	20	3	3.54
500	1	611	20	3	3.66
1K	1	601	20	3	3.60
2K	1	660	30	2	2.64
4K	1	552	30	2	2.20

Sumber bunyi dipasang di tepi dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	591	20	3	3.54
500	1	581	20	3	3.48
1K	1	571	20	3	3.42
2K	1	411	20	3	2.46
4K	1	521	30	2	2.08

### Bacaan NC

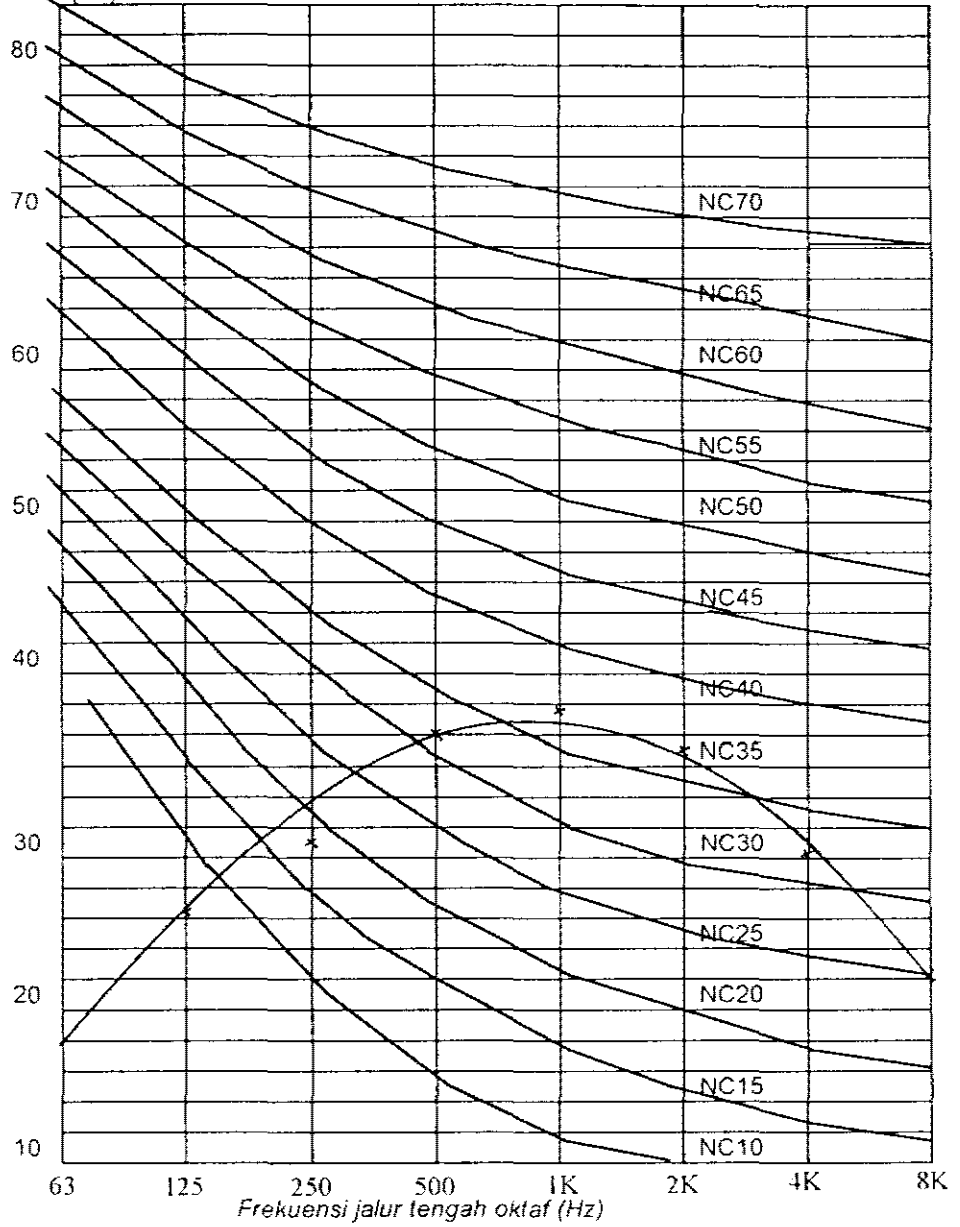
Tarikh pengukuran : 7 Januari 1996

( setiap lokasi pengukuran perlu dirujuk pada lampiran A.)

1. Masa pengukuran : 9.00 pagi.

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Kempas

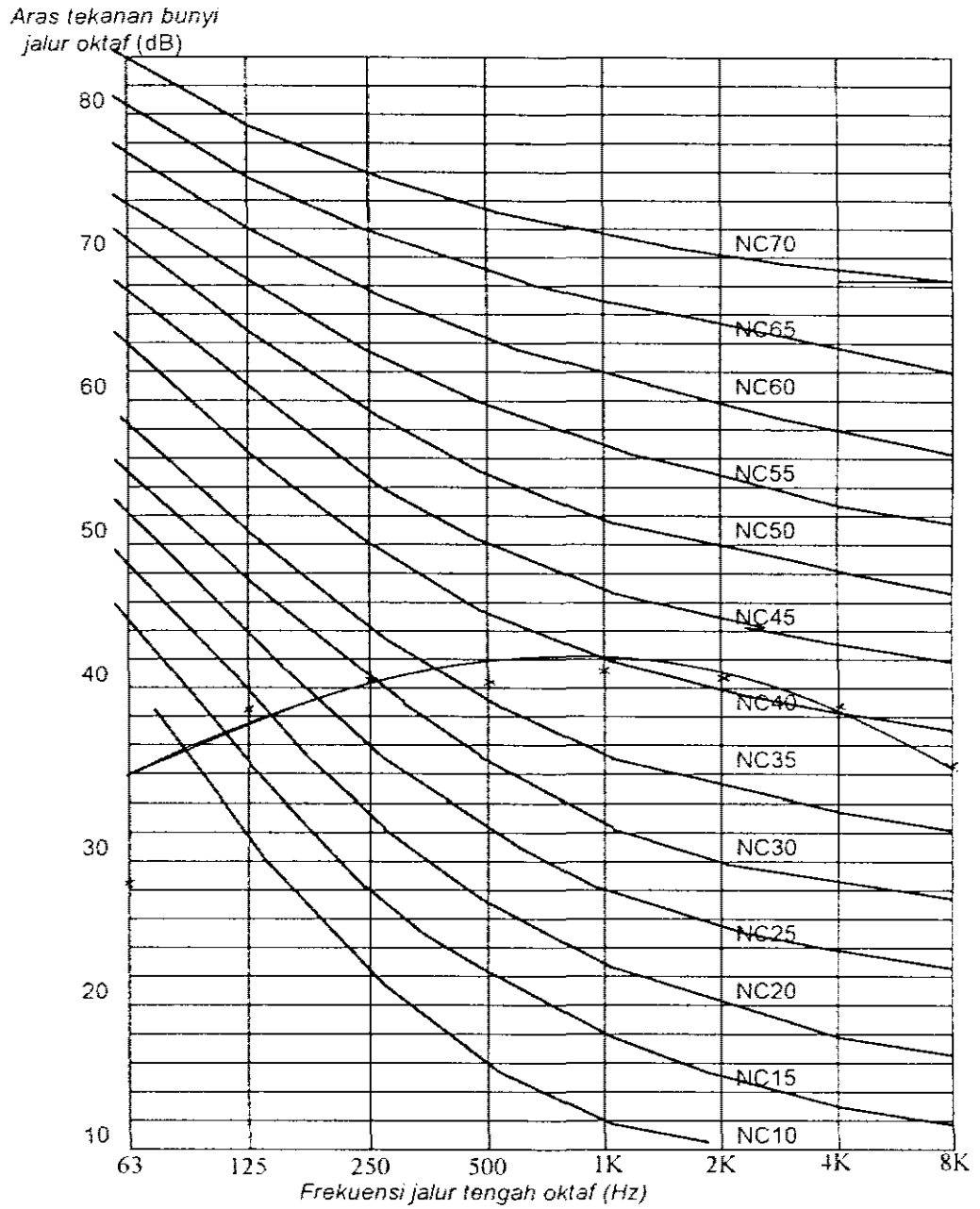
Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 37

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.3	25.6	30.1	36.0	36.9	37.6	35.3	29.6	21.6

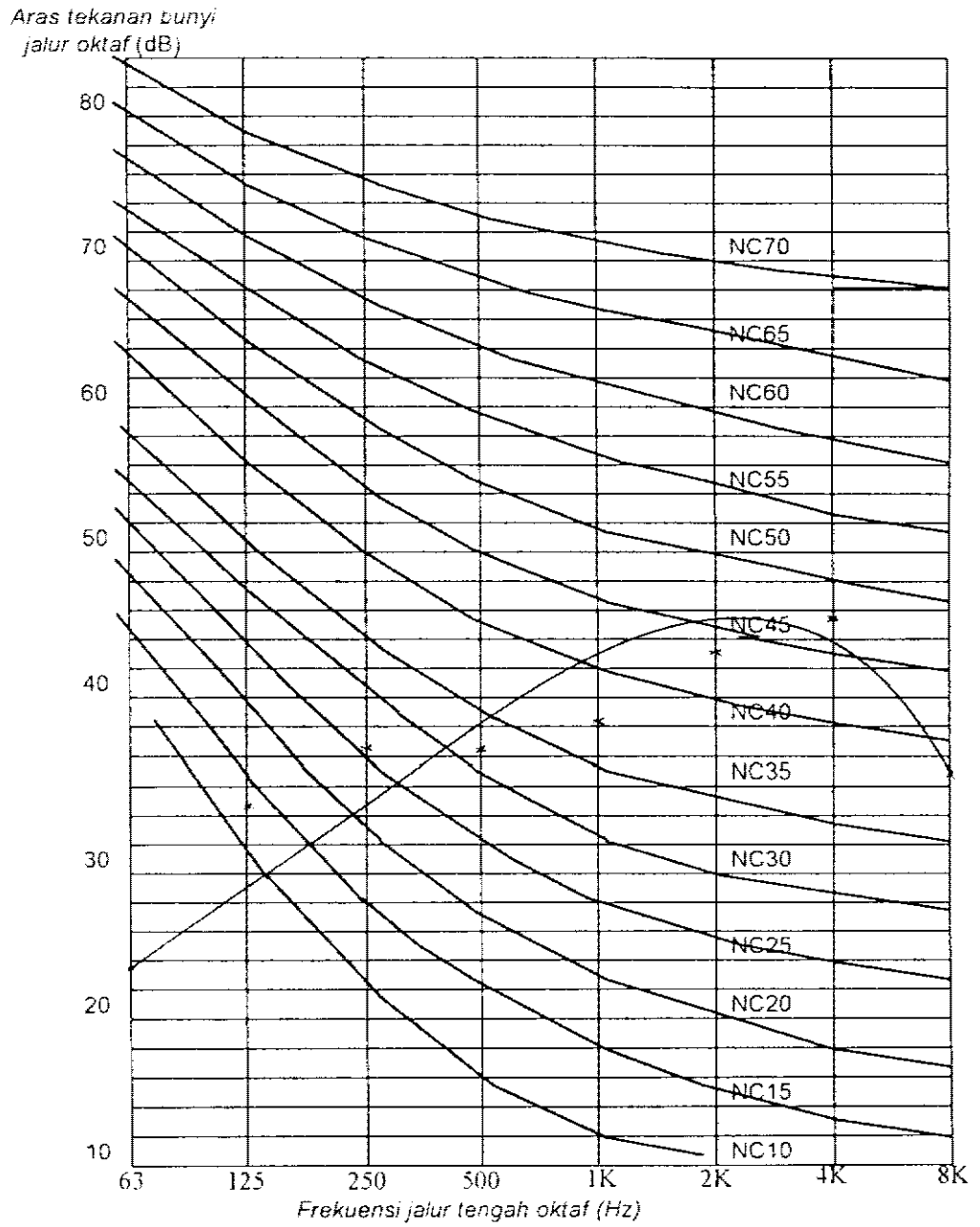
SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Kempas.



Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	19.8	27.7	37.5	39.5	39.5	40.6	40.3	37.9	33.36

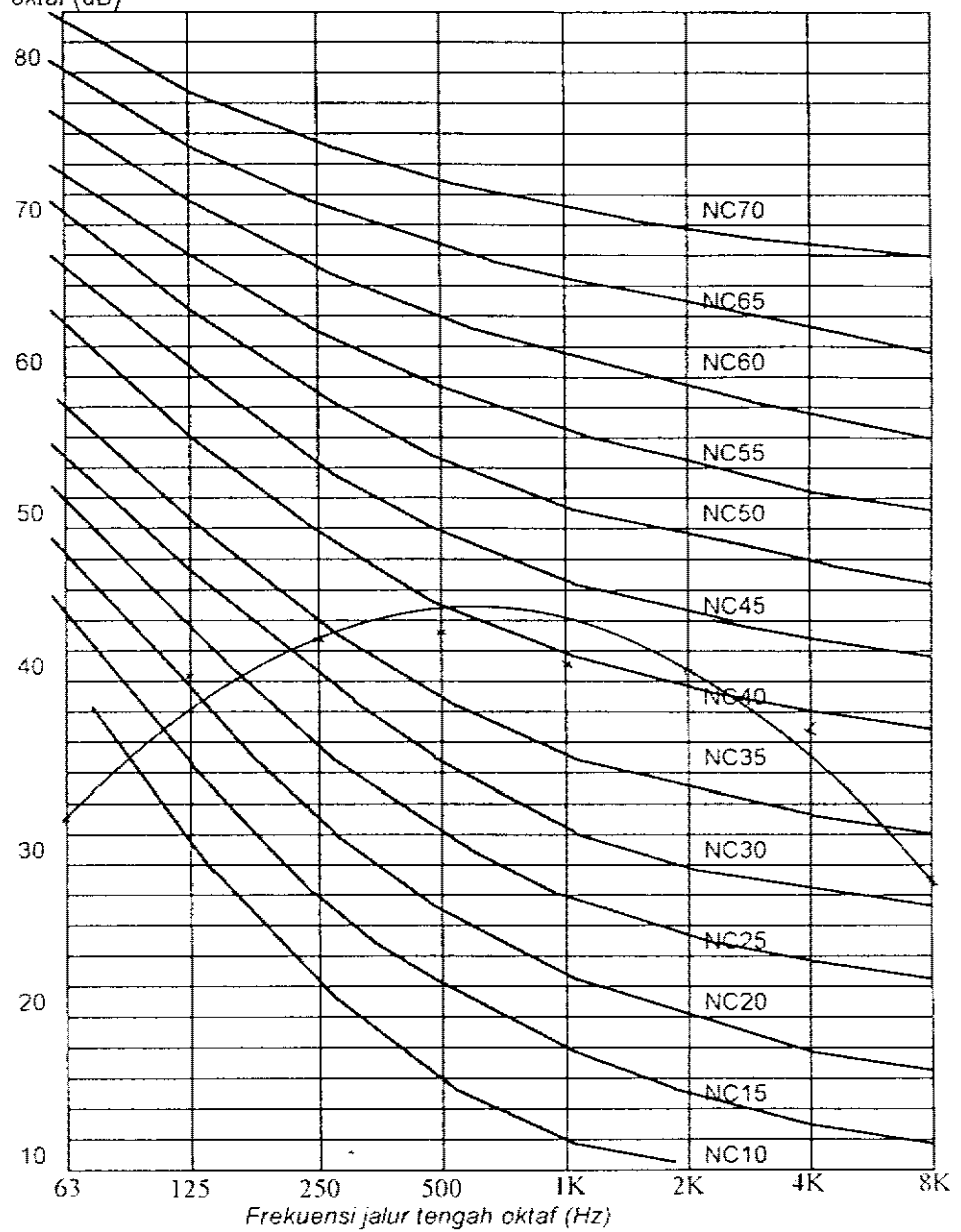
SPL diukur di luar (lokasi C ) DSG Kempas



Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	11.2	22.8	32.9	36.6	36.6	37.1	42.5	44.5	34.3

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Kempas.

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.1	31.1	39.5	41.9	42.0	40.7	39.5	36.1	28.8

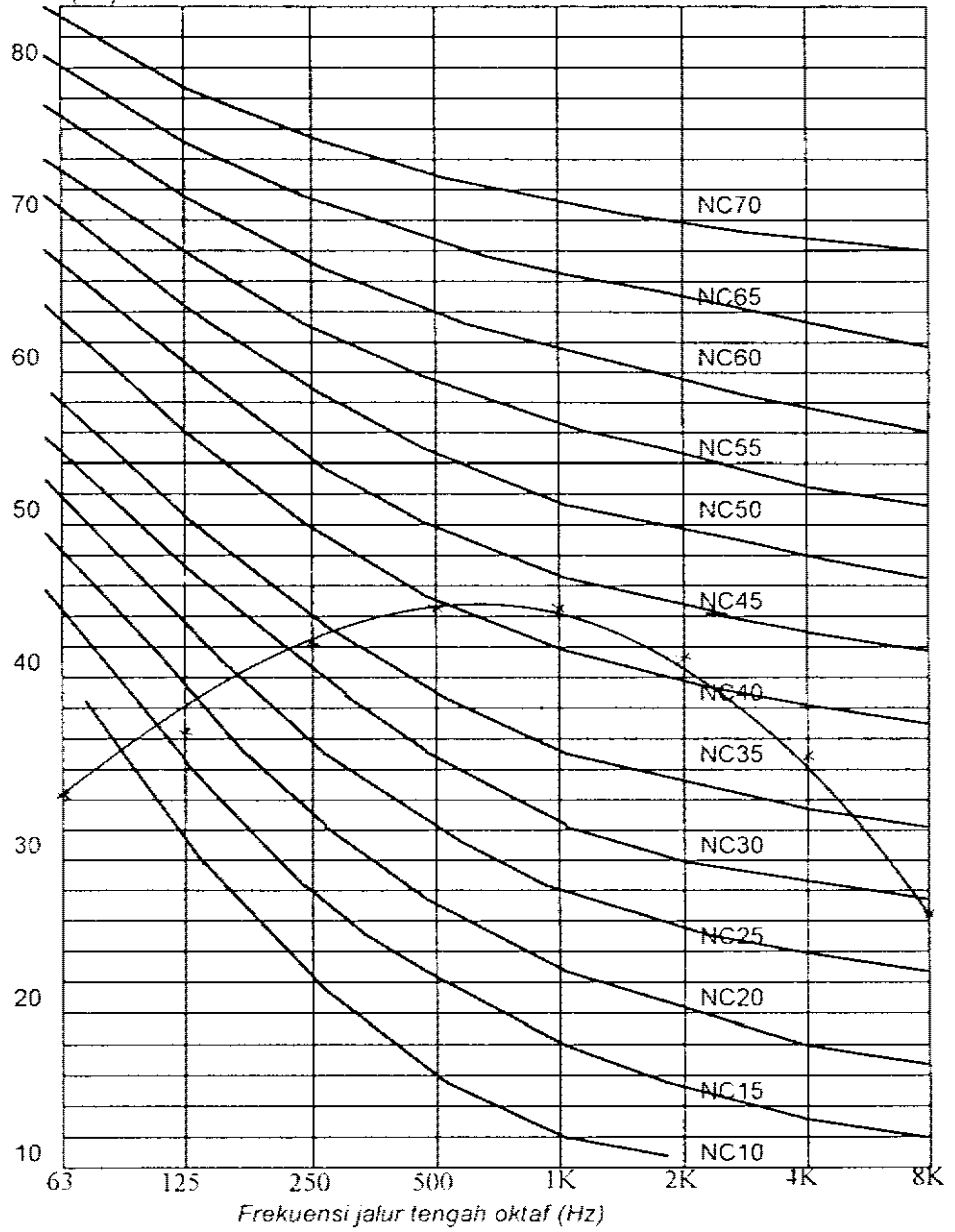
Keadaan semasa pengukuran :

1. Keadaan di dalam dewan adalah sunyi.
2. Keadaan persekitaran dewan juga senyap cuma sekali sekala kedengaran bunyi kenderaan dari jalan raya.
3. Terdapat juga bunyi generator dari kafeteria.
4. Tiada pelajar lalu lalang berhampiran dengan kawasan dewan.

2. Masa pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Kempas.

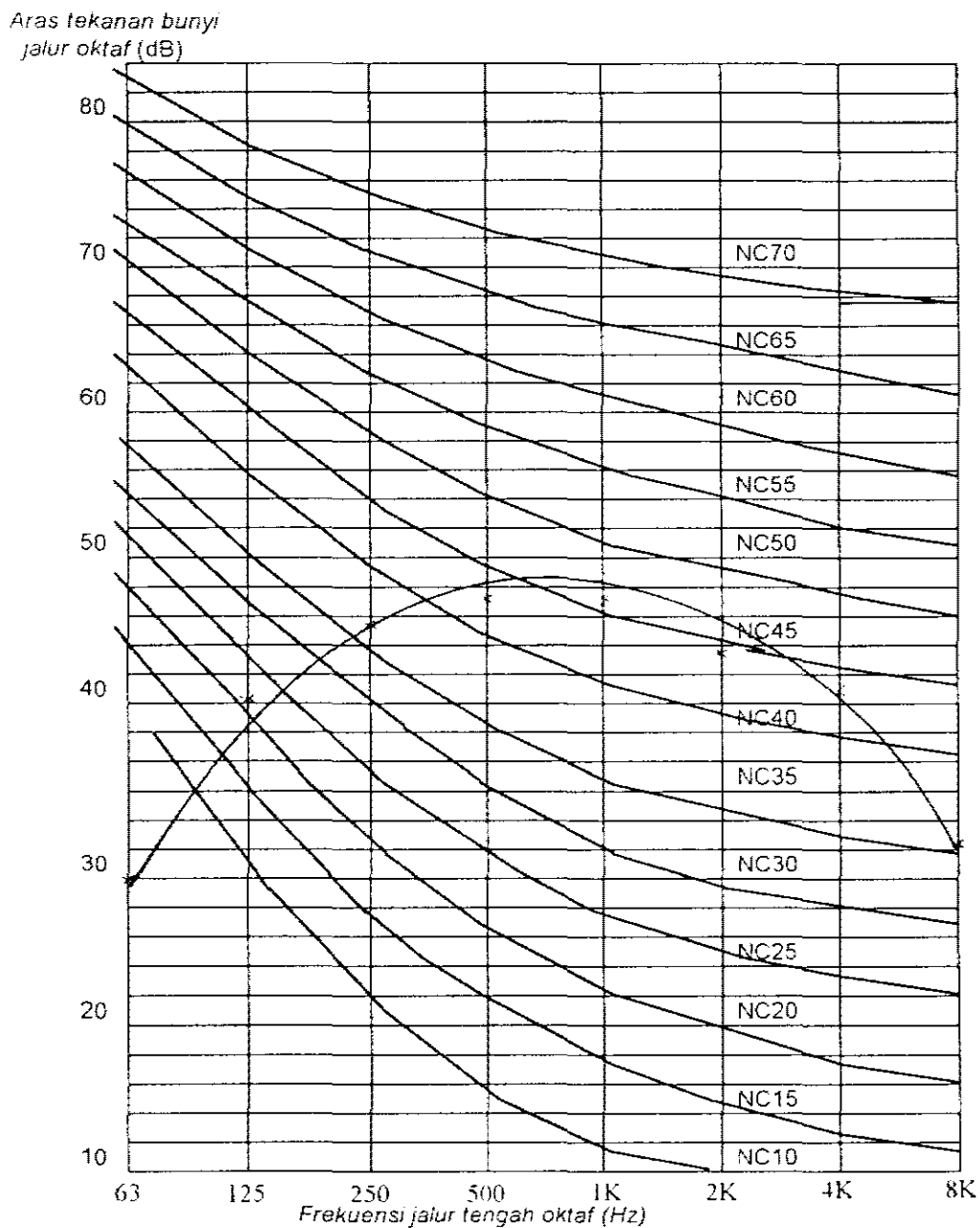
Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 44

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	20.3	32.3	36.9	41.8	43.6	43.4	40.8	34.6	25.3

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Kempas



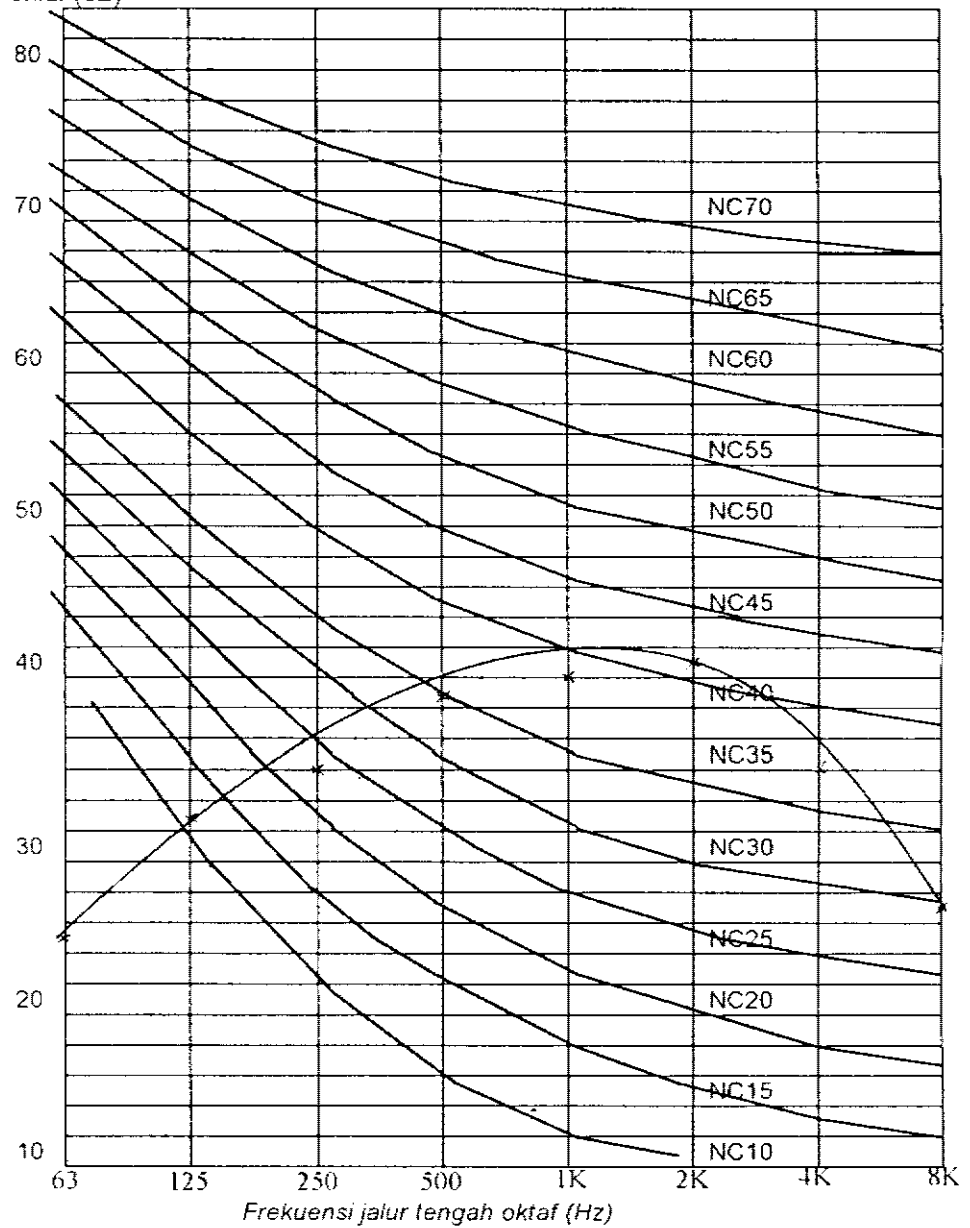
Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	21.0	28.9	39.6	44.4	46.7	46.1	42.6	40.1	31.6



## SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Kempas

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

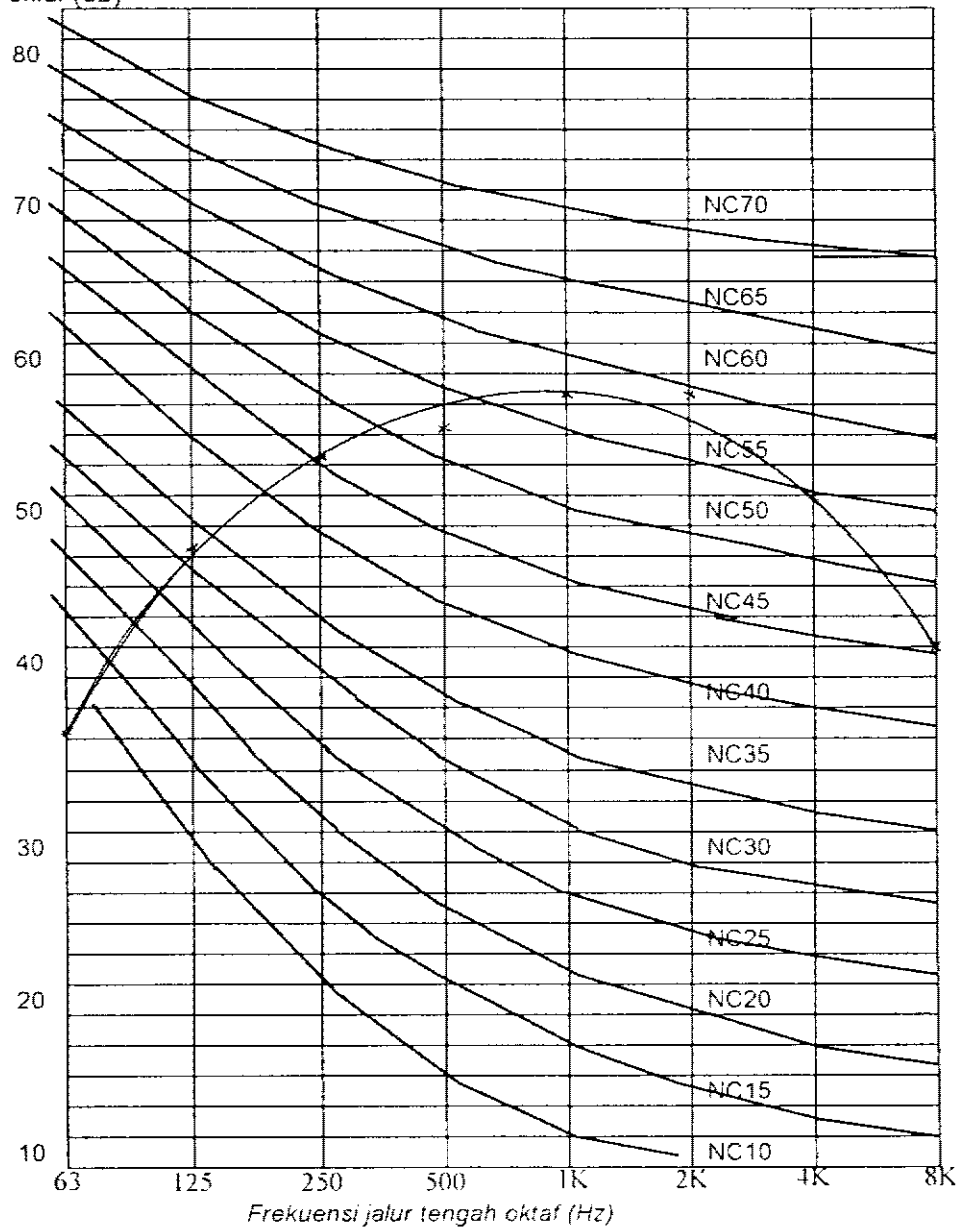


Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	20.5	24.2	31.3	35.1	38.4	39.5	40.2	35.7	26.5

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Kempas

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 57

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	24.2	36.5	47.9	53.0	55.8	57.3	57.3	51.2	41.9

Keadaan semasa pengukuran :

1. Keadaan di dalam dewan adalah agak bising disebabkan oleh kebisingan dari luar.
2. Keadaan persekitaran dewan agak bising.
3. Terdapat juga bunyi generator dan suara bising dari kafeteria.
4. Agak banyak kenderaan melalui jalanraya berhampiran.

### **6.3 Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti**

Lokasi :

1. Terletak agak jauh dari jalanraya utama.
2. Berdekatan dengan Kafeteria dan Pejabat Asrama.
3. Agak berdekatan dengan pejabat pengarah kerja.

#### **Bacaan RT60 Di DSG Meranti**

Tarikh Pengukuran : 10 Januari 1996

Masa Pengukuran : 8.00 pagi.

Sumber bunyi dipasang di tengah dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	541	30	2	2.16
500	1	561	30	2	2.24
1K	1	581	30	2	2.32
2K	1	530	30	2	2.12
4K	1	501	30	2	2.00

Sumber bunyi dipasang di tepi dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	501	30	2	2.00
500	1	521	30	2	2.08
1K	1	551	30	2	2.20
2K	1	561	30	2	2.24
4K	1	581	30	2	2.32

Bacaan NC

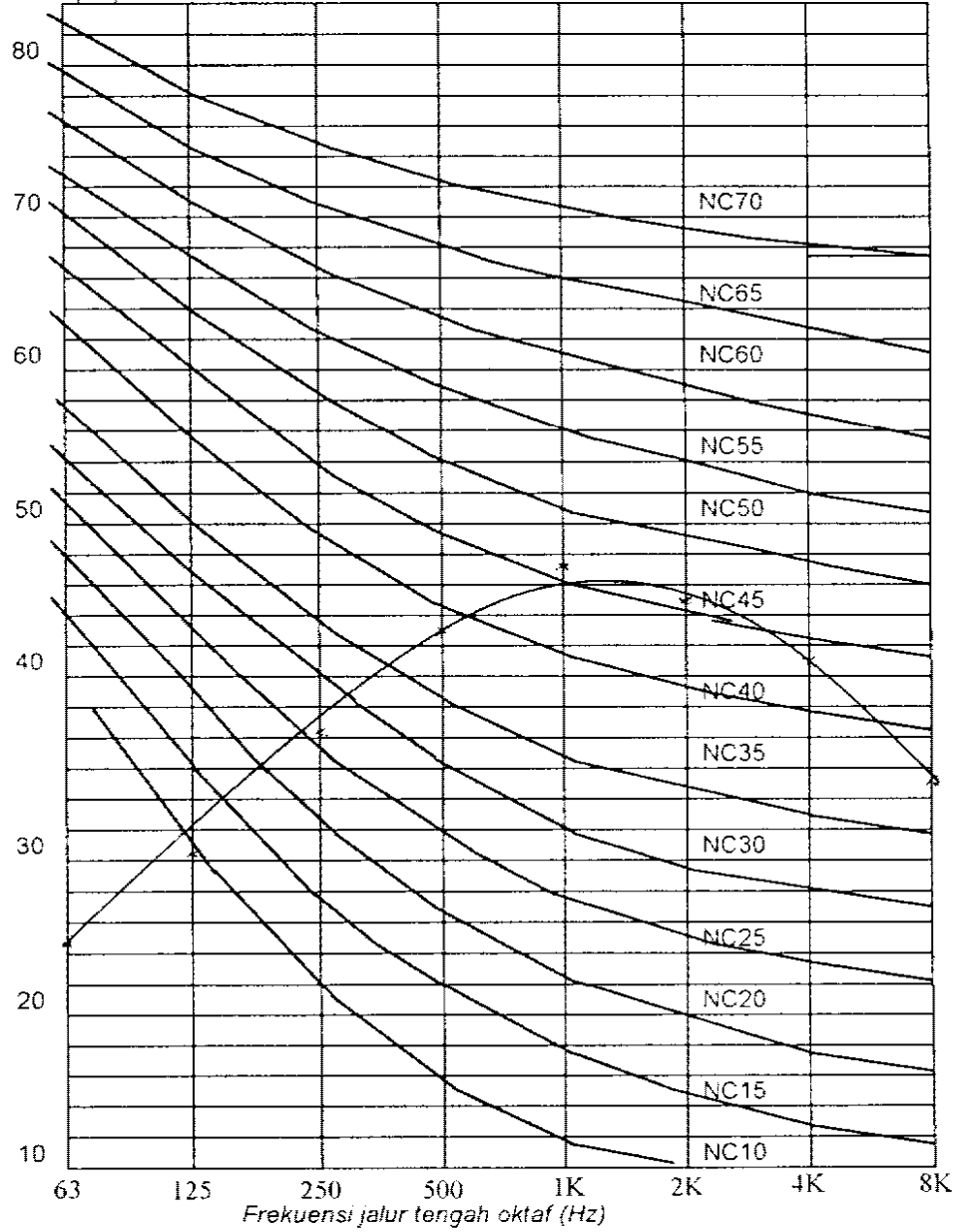
Tarikh Pengukuran : 11 Januari 1996

( setiap lokasi pengukuran boleh dirujuk pada lampiran A )

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi.

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

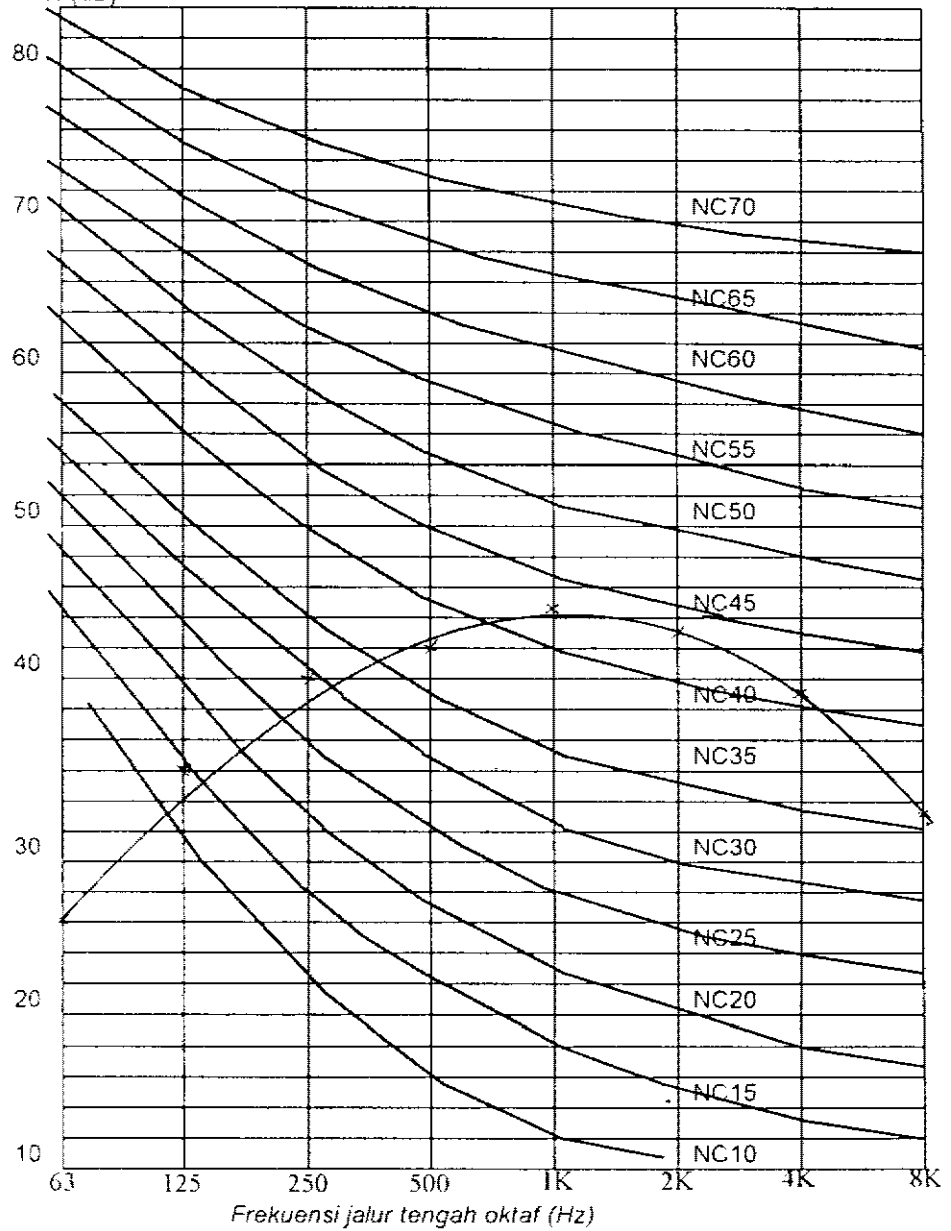


Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	15.6	23.7	29.5	35.4	41.8	46.8	44.5	40.7	32.5

## SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

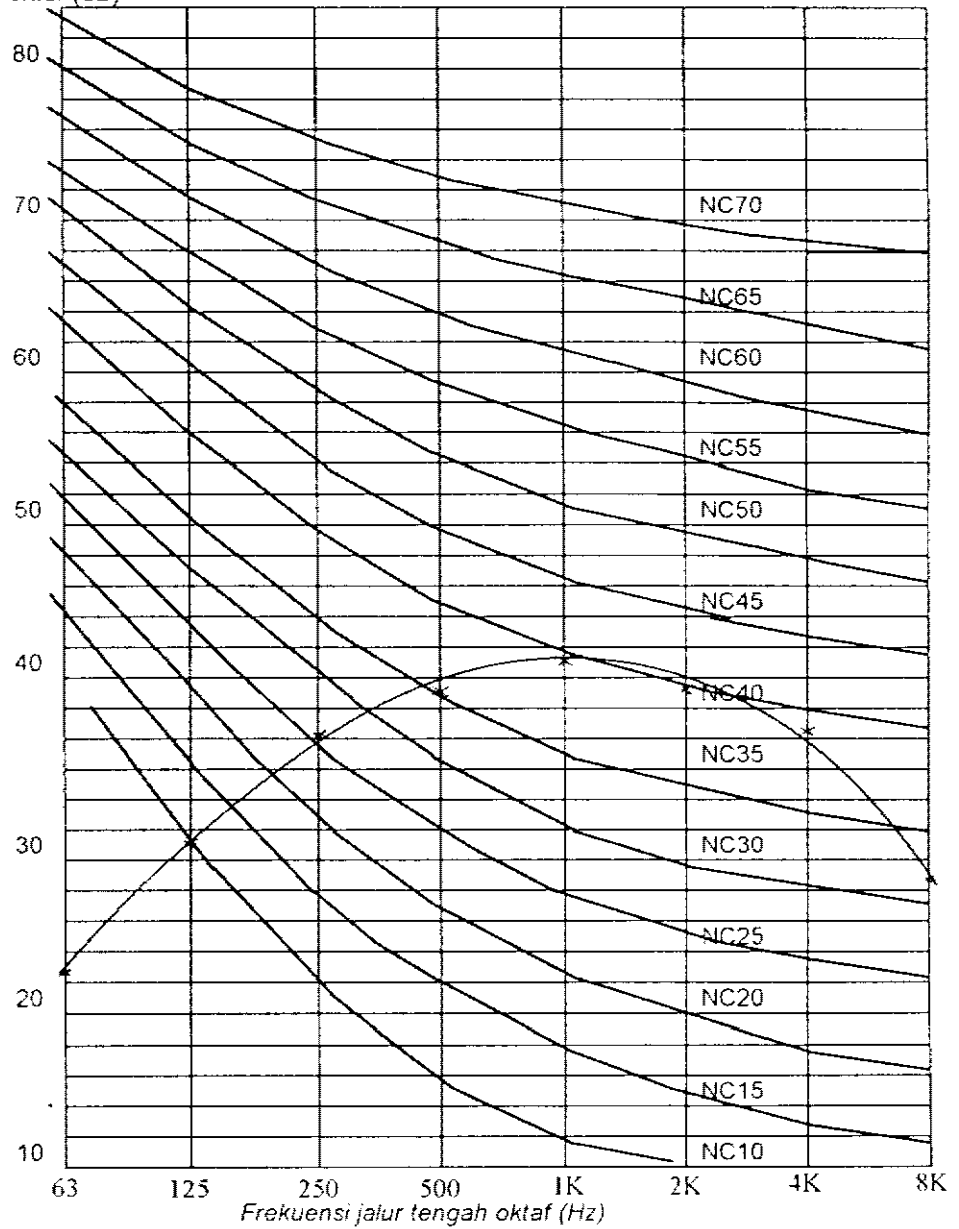


Bacaan NC : NC 43

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.5	24.8	33.0	39.1	41.3	43.6	41.9	38.6	32.8

## SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 42

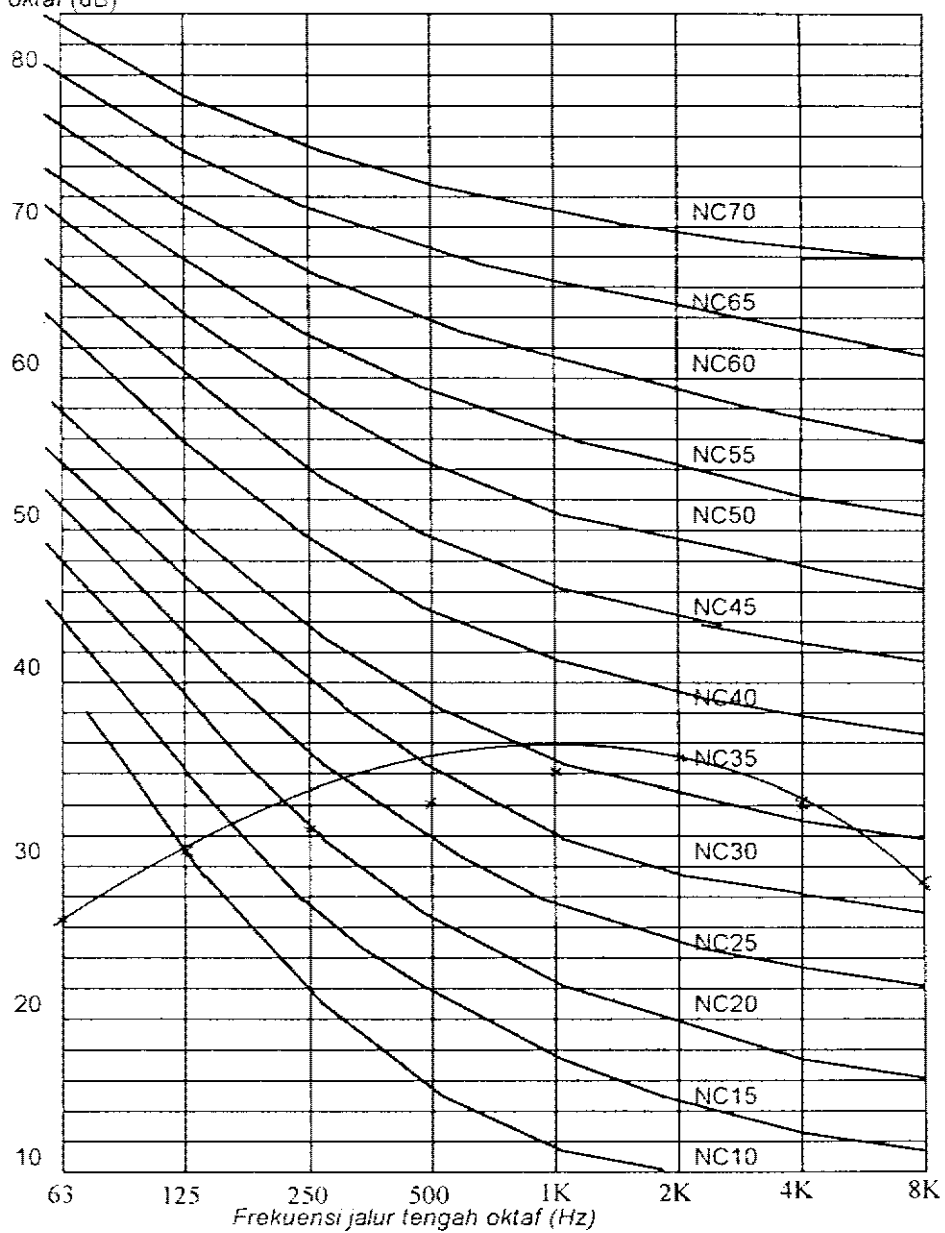
Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	12.0	21.5	30.3	35.1	38.1	40.1	38.6	35.1	27.8



SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi

jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 37

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	19.6	25.5	30.0	31.6	33.0	34.3	35.2	33.2	28.8

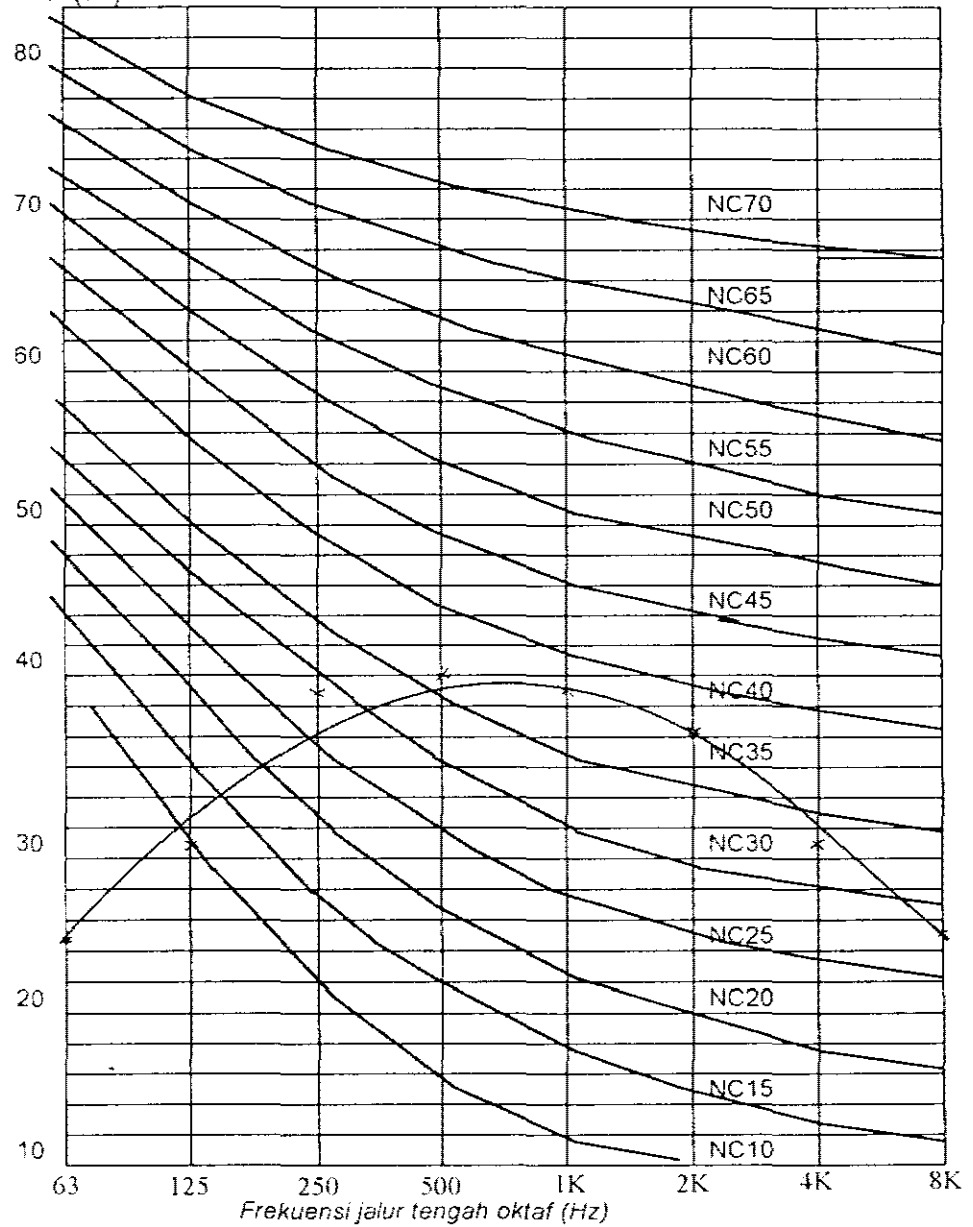
Keadaan semasa pengukuran :

1. Tiada bunyi bising wujud di dalam dewan.
2. Terdengar bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Tiada apa-apa bunyi bising dari pejabat pengarah kerja.
4. Keadaan persekitaran dewan agak sunyi.

2. Masa Pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

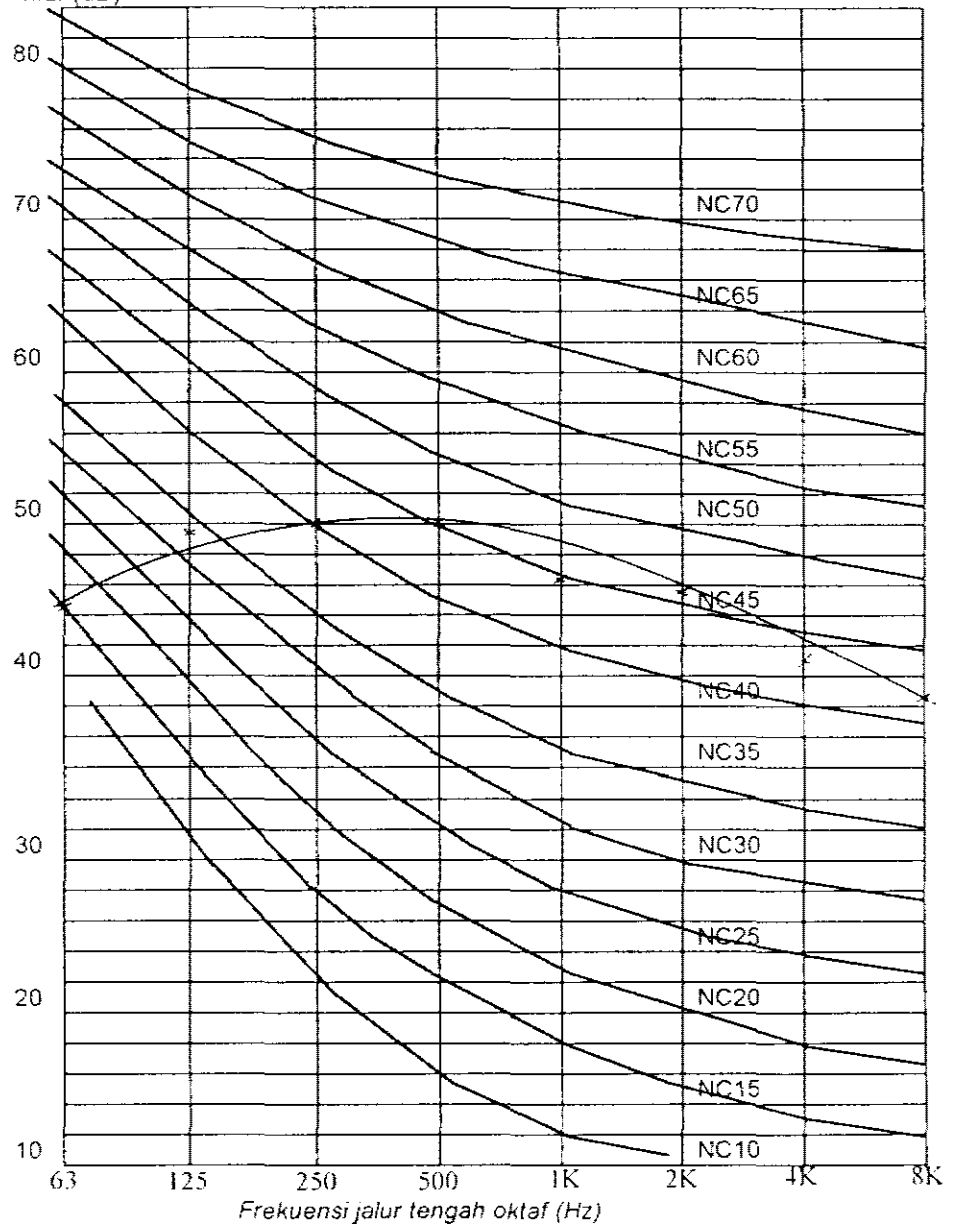


Bacaan NC : NC 37

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
L <sub>eq</sub> ( dB )	14.9	23.6	30.7	38.9	39.0	38.2	35.7	30.7	26.1

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)

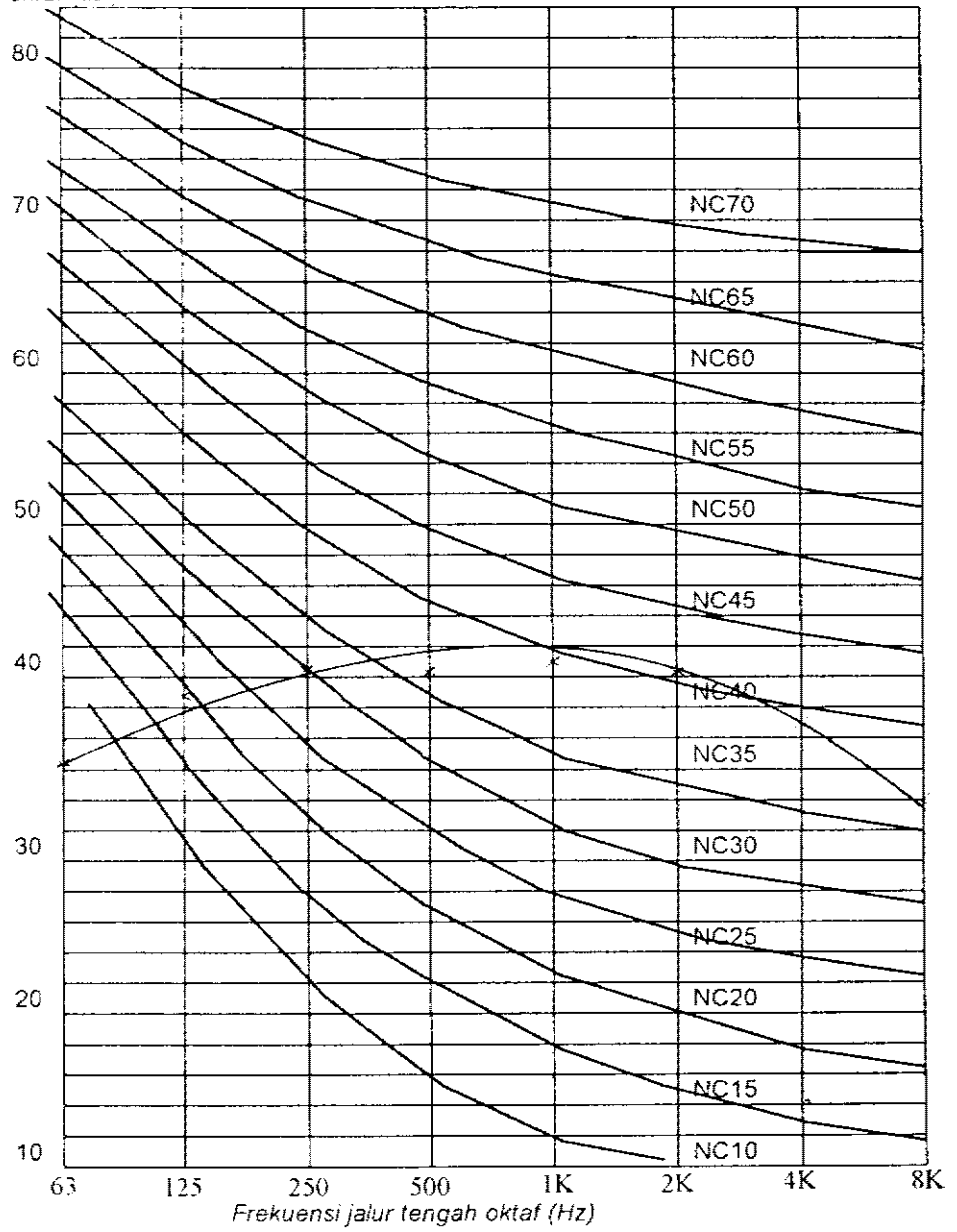


Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	34.7	43.2	48.9	49.2	49.0	45.4	44.6	40.6	37.5

SPL diukur di luar kelas. C ) DSG Meranti

Aras tekanan buny:  
jalur oktaf (dB)

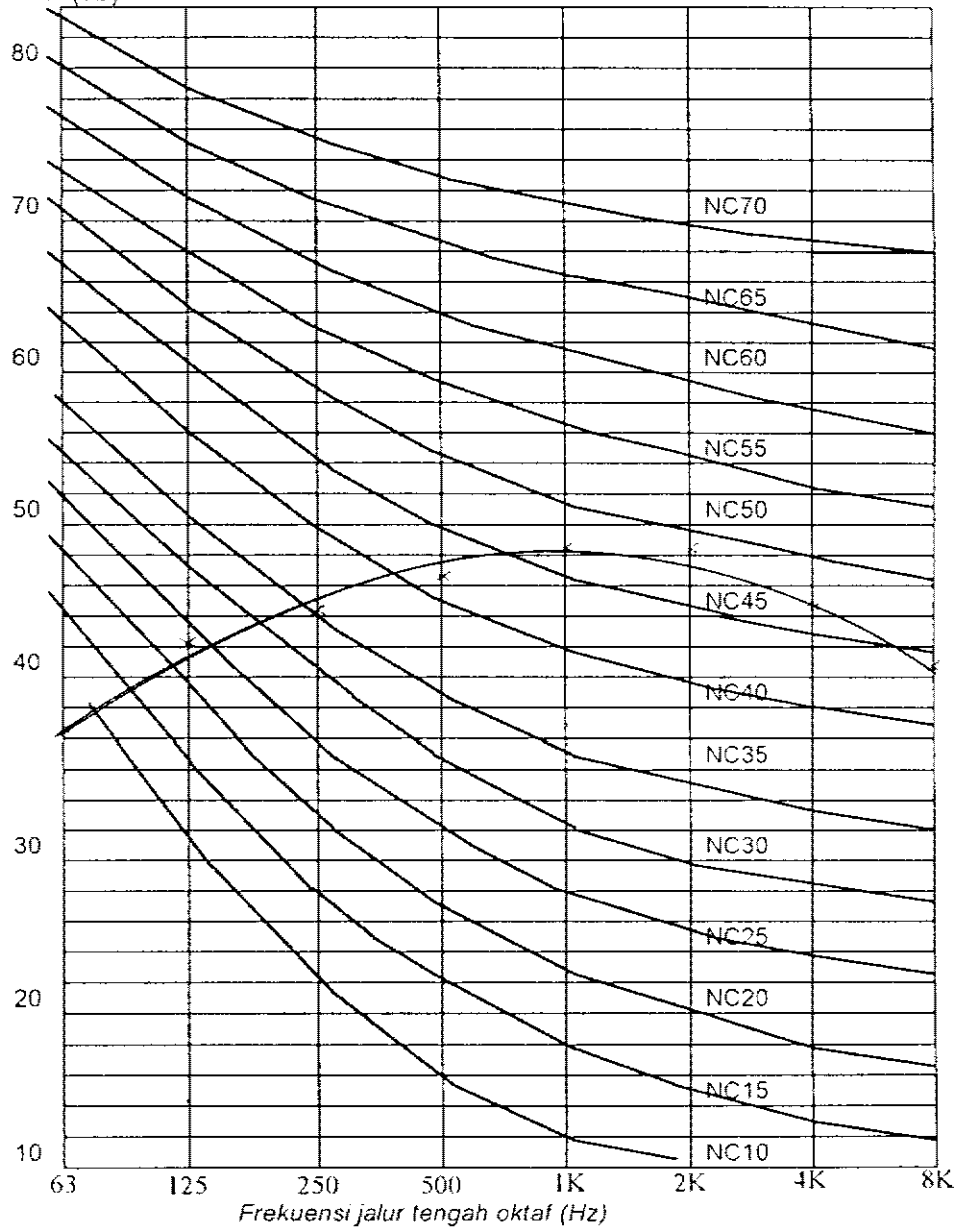


Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	26.2	33.5	38.1	39.6	39.2	40.4	39.4	36.0	31.1

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Meranti

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 48

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	28.4	36.7	41.6	43.1	46.1	47.1	47.3	43.8	39.4

Keadaan semasa pengukuran .

1. Terdapat bunyi bising dari dewan makan dan kafeteria.
2. Terdapat bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Bunyi kenderaan dari jalanraya berdekatan.
4. Ada beberapa orang pelajar sedang menonton tv di dalam dewan.

#### **6.4 Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Cengal**

Lokasi :

1. Terletak berhampiran dengan jalanraya utama.
2. Berdekatan dengan Kafeteria dan Pejabat Asrama.

**Bacaan RT60 Di DSG Cengal**

Tarikh Pengukuran : 8 Januari 1996

Masa Pengukuran : 8.00 pagi



Sumber bunyi dipasang di tengah dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	124	634	20	3	3.06
500	24	714	20	3	4.02
1K	14	644	20	3	3.78
2K	24	524	20	3	3.00
4K	84	394	20	3	1.86

Sumber bunyi dipasang di tepi dewan

Jalur Frek. ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	21	561	20	3	3.24
500	21	583	20	3	3.37
1K	1	541	20	3	3.24
2K	1	461	20	3	3.76
4K	1	331	20	3	1.98

Bacaan NC

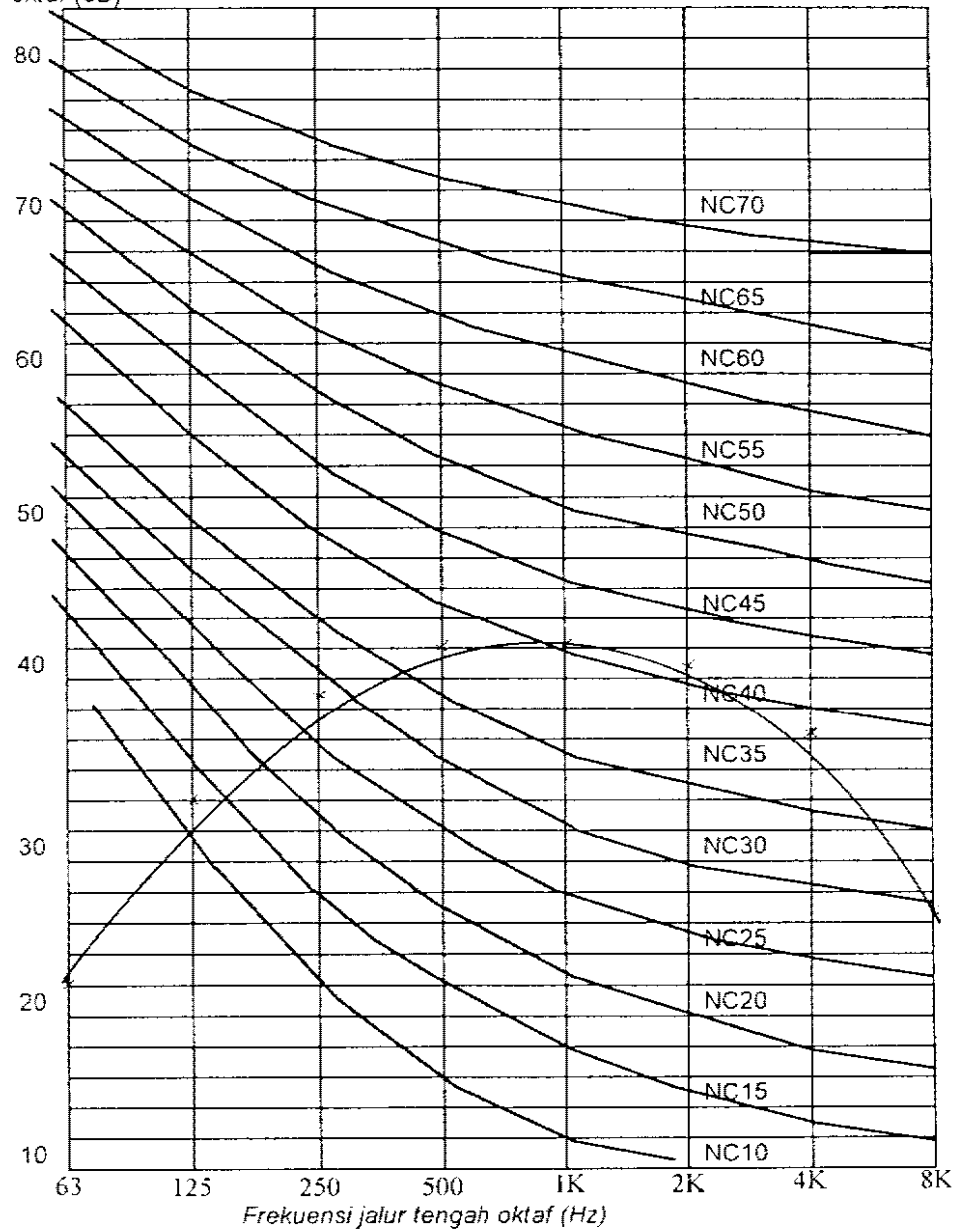
Tarikh Pengukuran : 9 Januari 1996

( Lokasi pengukuran boleh dirujuk pada lampiran A )

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi.

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

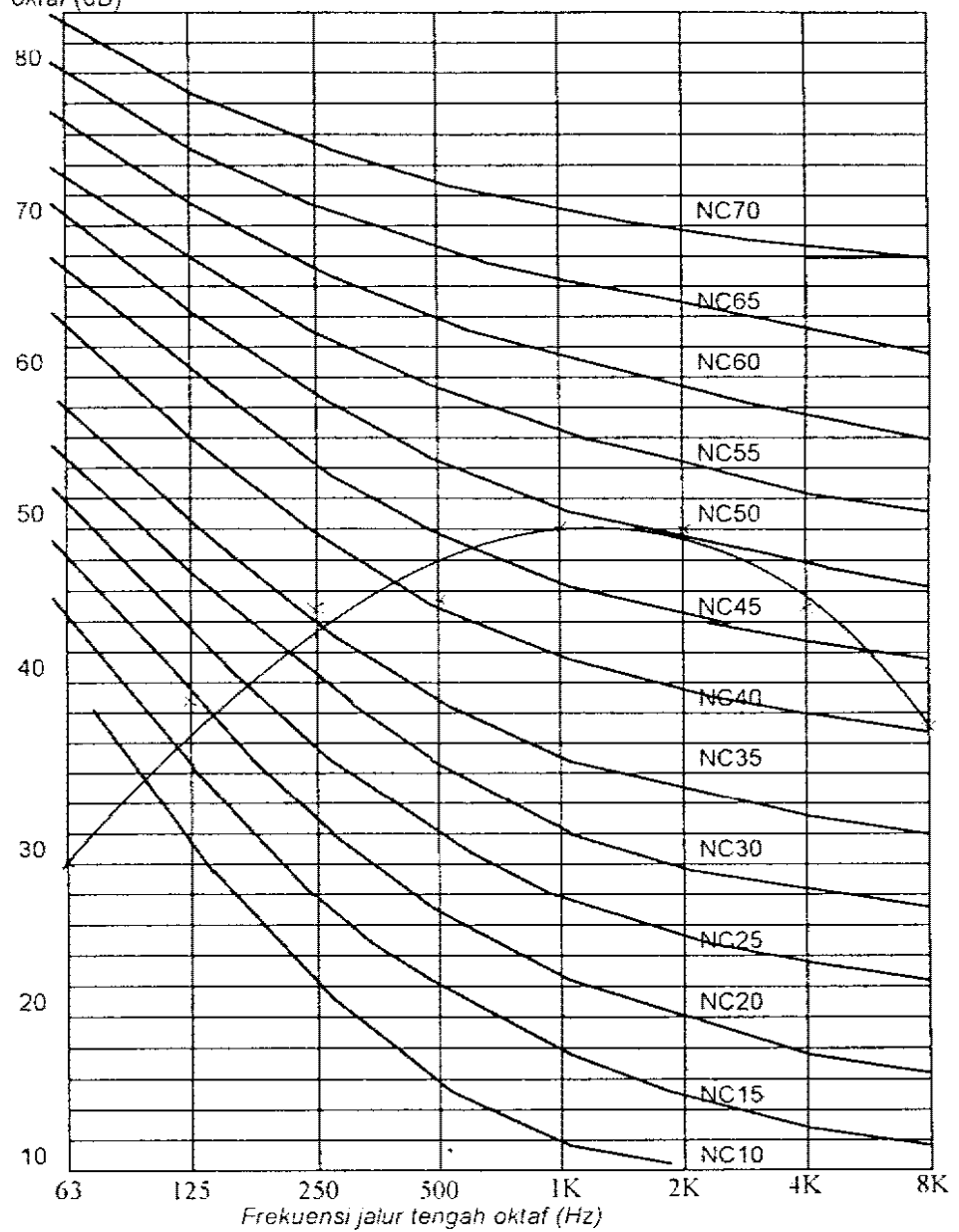


Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	12.5	21.3	31.0	38.0	41.9	41.4	40.3	35.6	26.2

## SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

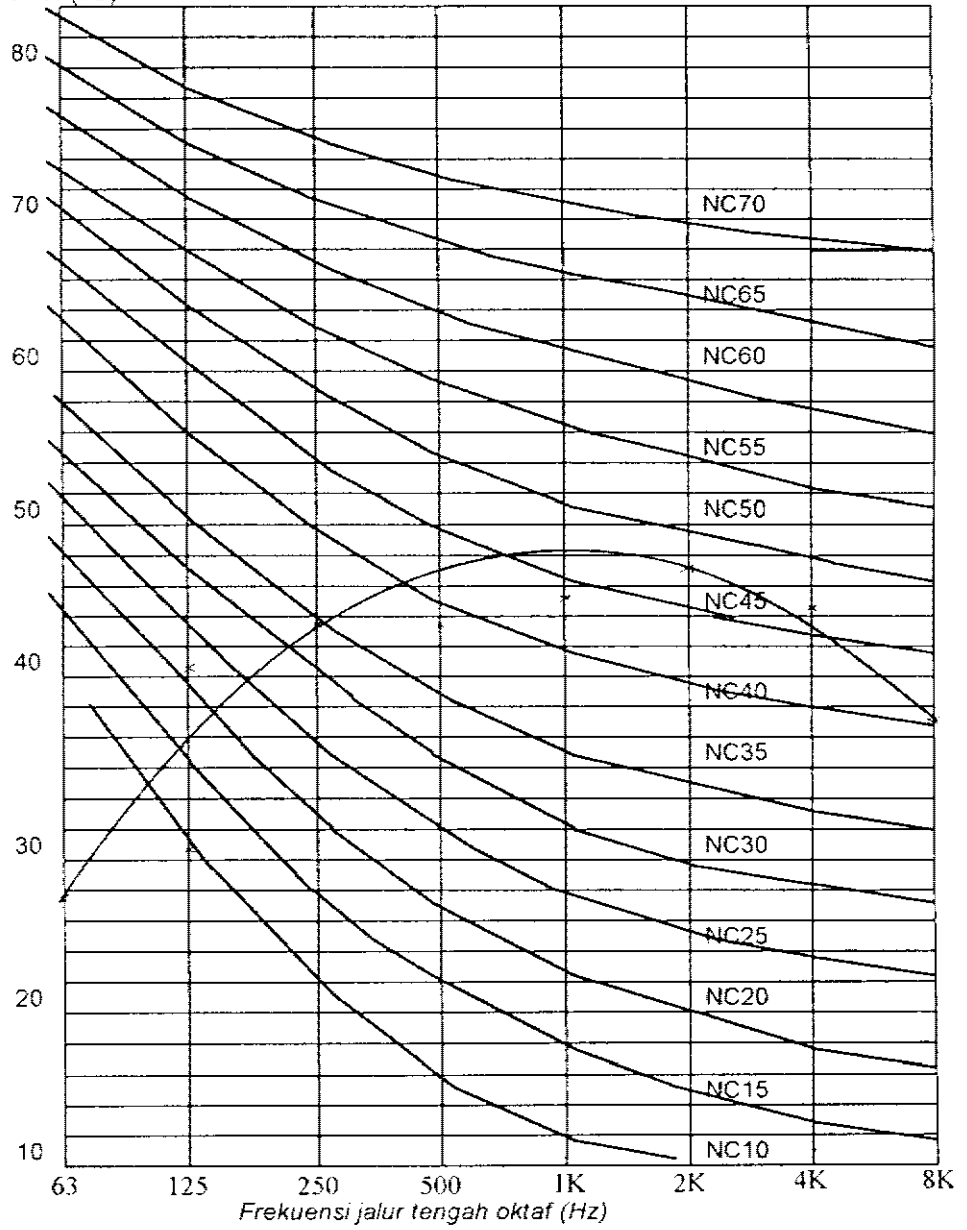


Bacaan NC : NC 50

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.6	29.1	38.6	44.0	44.8	49.2	49.2	44.0	36.4

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

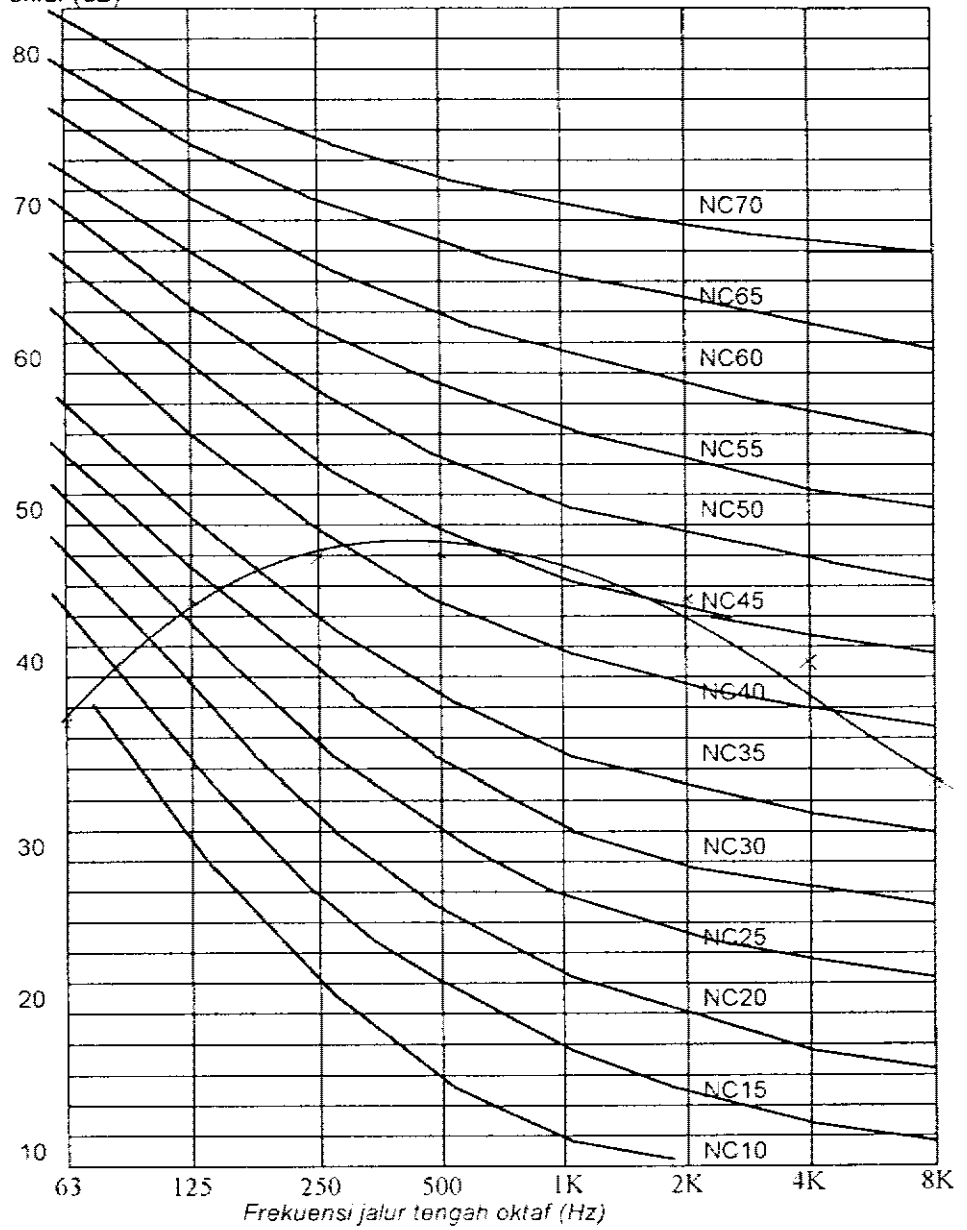


Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.7	26.7	39.9	42.7	42.3	44.3	46.0	43.5	33.3

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	21.6	36.2	44.2	47.2	47.1	46.4	44.5	40.4	32.8

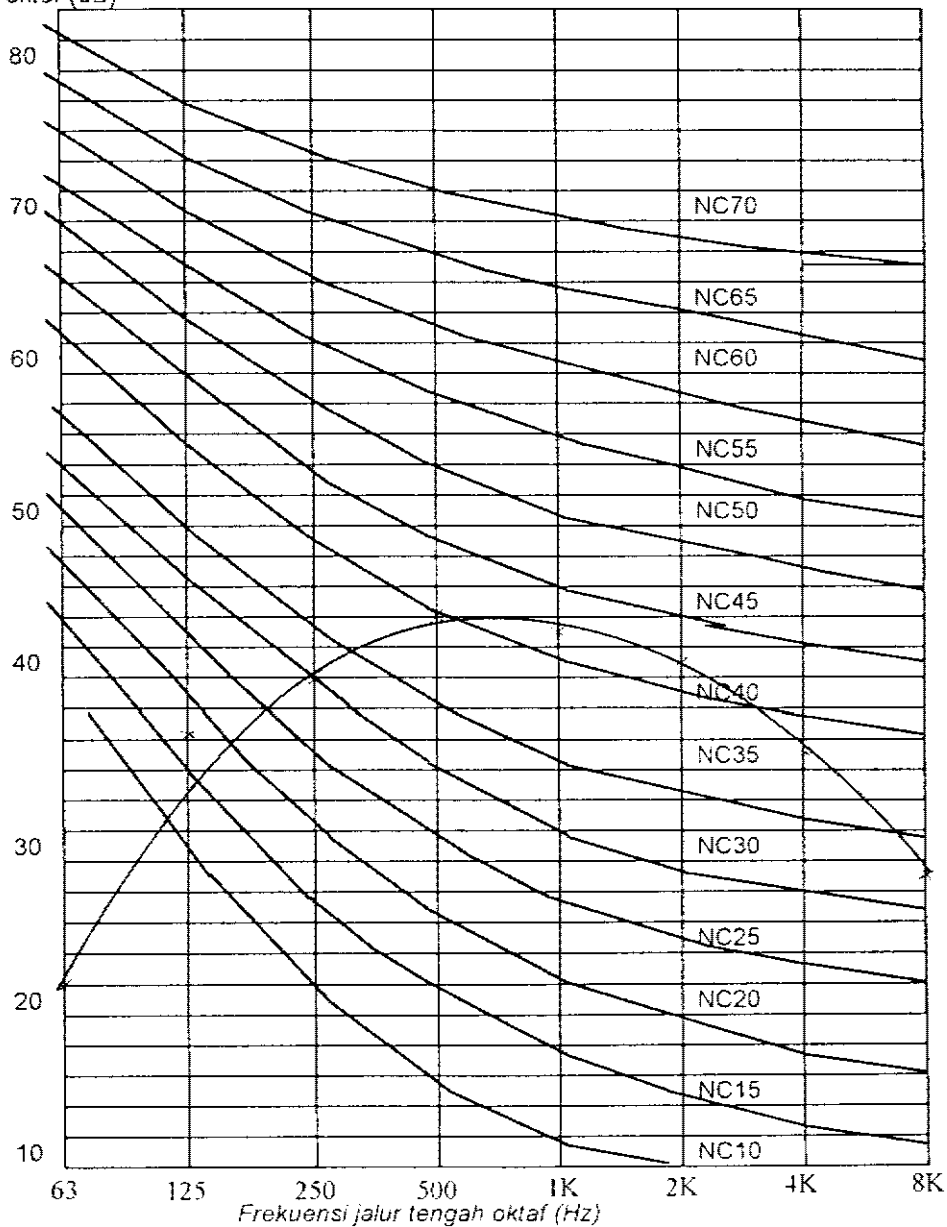
Keadaan semasa pengukuran :

1. Tiada bunyi bising wujud di dalam dewan.
2. Terdengar bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Tidak banyak kenderaan yang melalui jalanraya.
4. Keadaan persekitaran dewan agak sunyi.

2. Masa Pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)



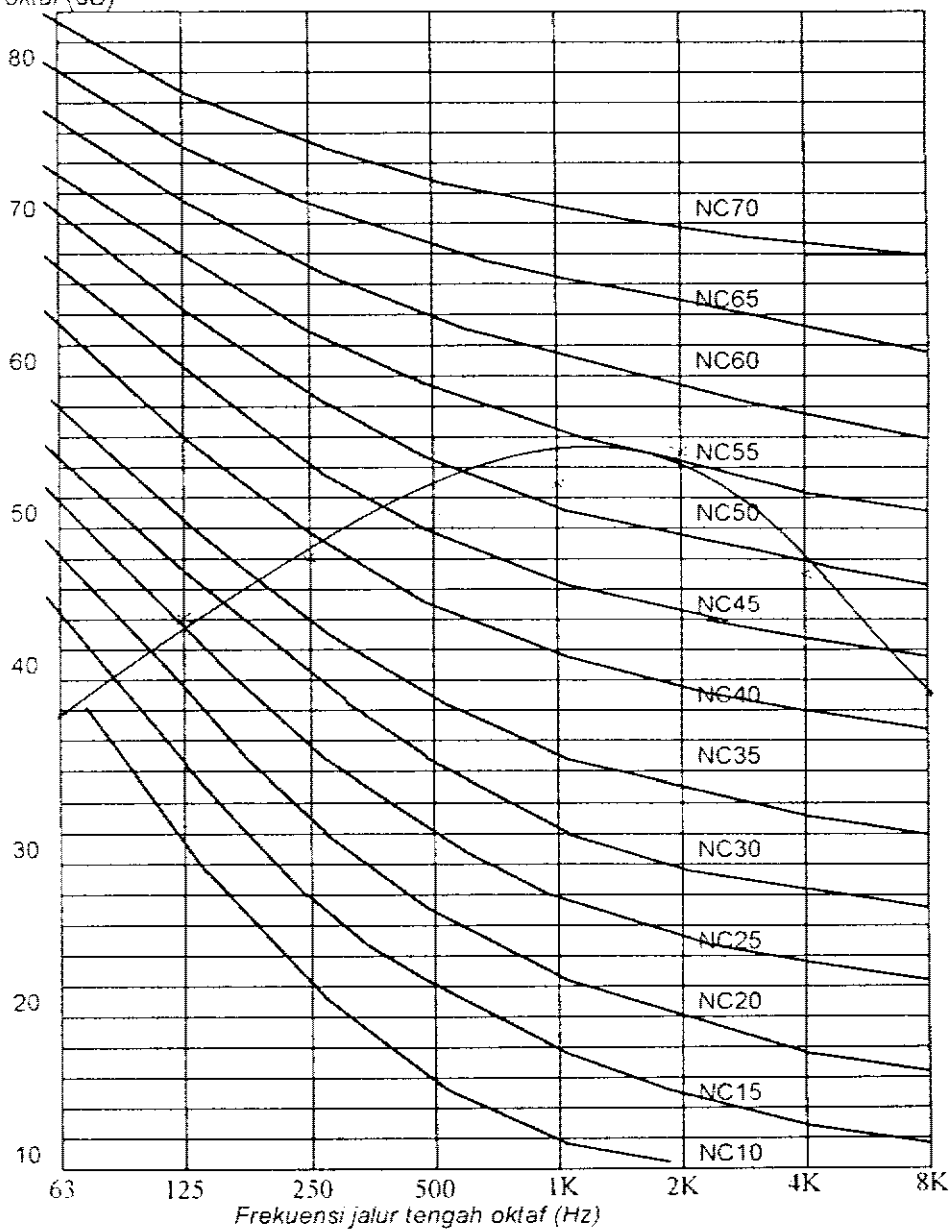
Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	12.1	20.9	34.6	39.6	43.1	42.4	40.1	34.4	28.5

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi

jalur oktaf (dB)



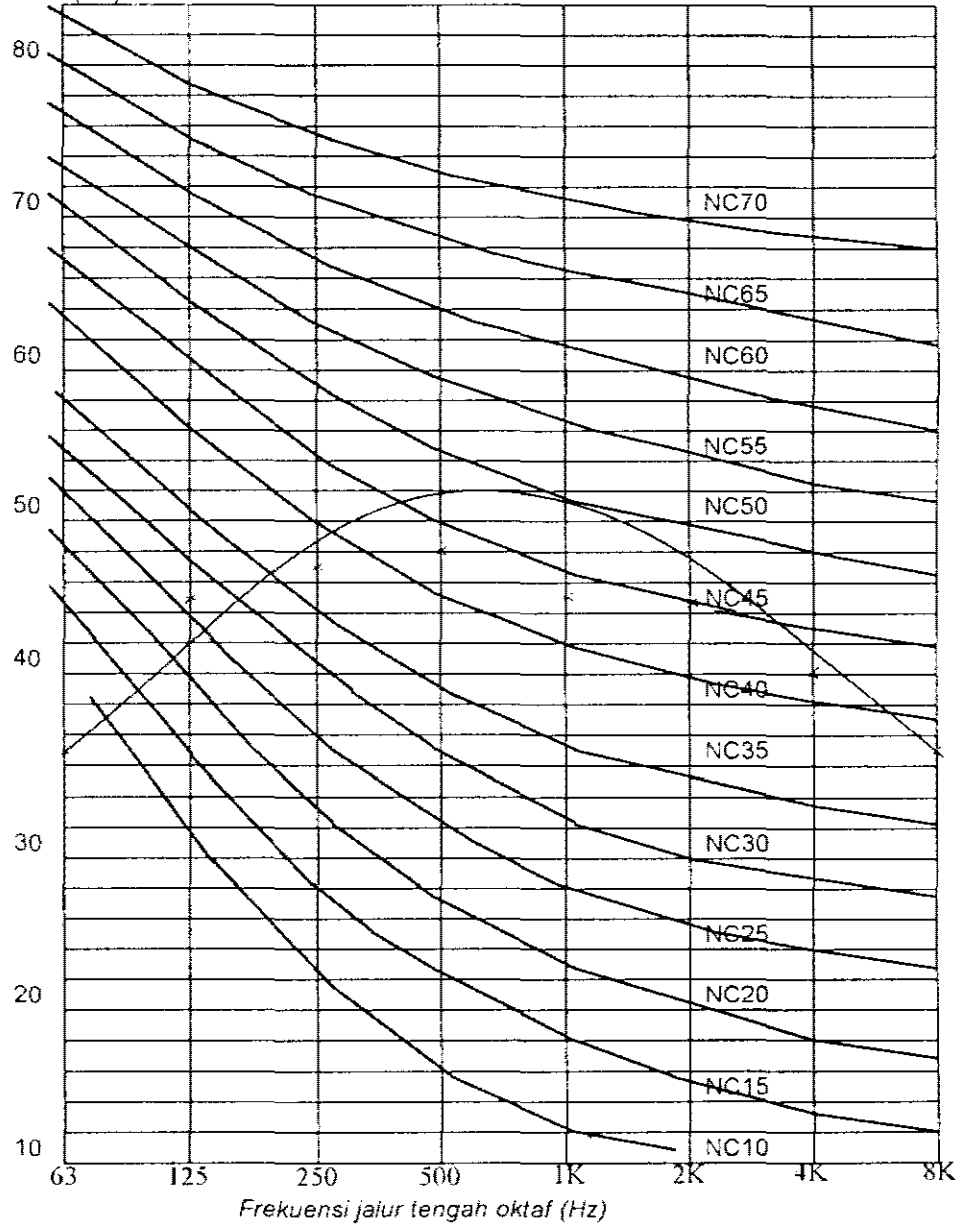
Bacaan NC : NC 55

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	29.8	36.9	43.2	47.4	50.0	52.2	54.2	46.2	38.2



SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



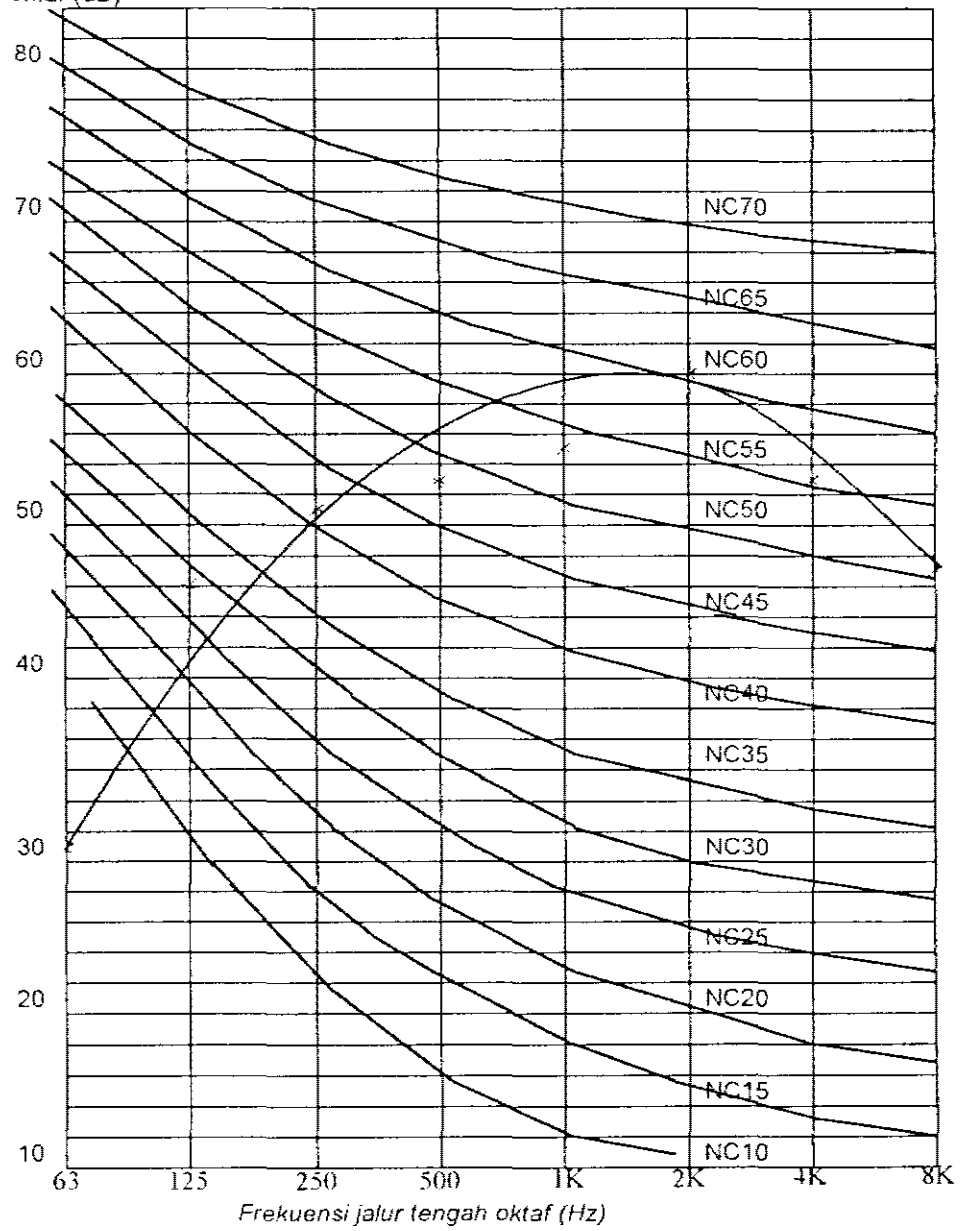
Bacaan NC : NC 50

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	21.5	34.2	44.4	46.4	47.5	44.9	44.3	39.6	33.8

## SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Cengal

Aras tekanan bunyi

jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 60

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	21.8	30.0	45.0	50.2	52.3	54.4	59.3	52.4	44.3

Keadaan semasa pengukuran :

1. Terdapat bunyi bising dari dewan makan dan kafeteria.
2. Terdapat bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Bunyi kenderaan dari jalanraya berdekatan.
4. Ada beberapa orang pelajar sedang menonton tv di dalam dewan.

## **6.5 Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Resak**

Lokasi :

1. Terletak berdekatan dengan jalanraya utama.
2. Bersebelahan dengan Kafeteria dan dewan makan.
3. Bersebelahan dengan Pejabat Asrama.

### **Bacaan RT60 Di DSG Resak**

Tarikh Pengukuran : 13 Januari 1996

Masa Pengukuran : 8.00 pagi.

Sumber bunyi dipasang di tengah dewan

Jalur Frek ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	431	10	6	3.44
500	1	428	15	4	3.42
1K	1	449	15	4	3.58
2K	1	701	30	2	2.80
4K	1	541	30	2	2.16

Sumber bunyi dipasang di tepi dewan

Jalur Frek ( Hz )	Alamat Awal	Alamat Akhir	Kejatuhan dicatat ( dB )	Pemalar Kejatuhan	RT60 ( saat )
250	1	531	20	3	3.18
500	1	578	20	3	3.46
1K	1	491	20	3	2.74
2K	1	421	20	3	2.52
4K	1	309	20	3	1.85

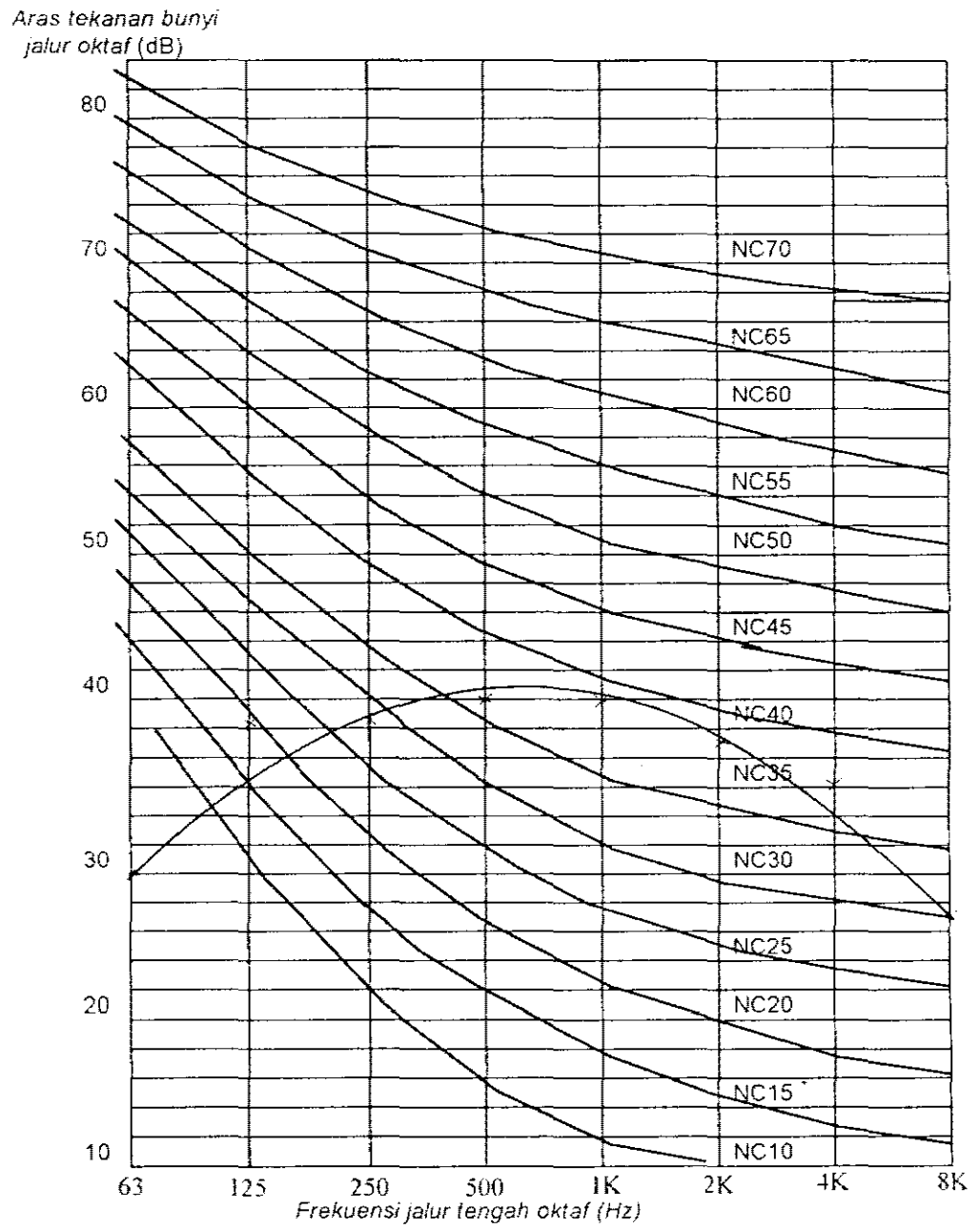
**Bacaan NC**

Tarikh Pengukuran : 14 Januari 1996

( setiap lokasi pengukuran boleh dirujuk pada lampiran A )

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi.

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Resak

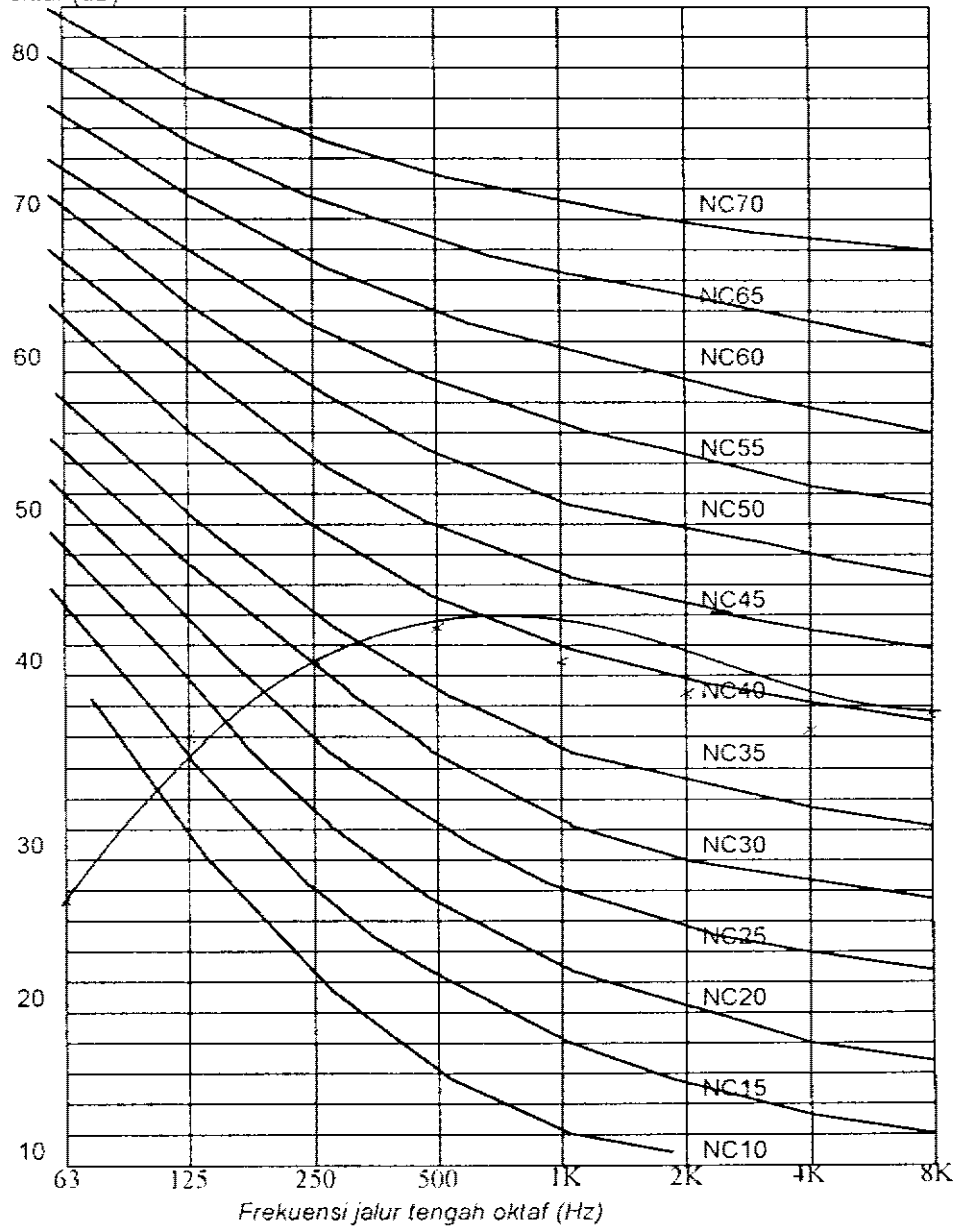


Bacaan NC : NC 38

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	22.1	29.0	37.5	37.3	39.1	39.1	36.5	33.5	26.6

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi  
jalur oktaf (dB)

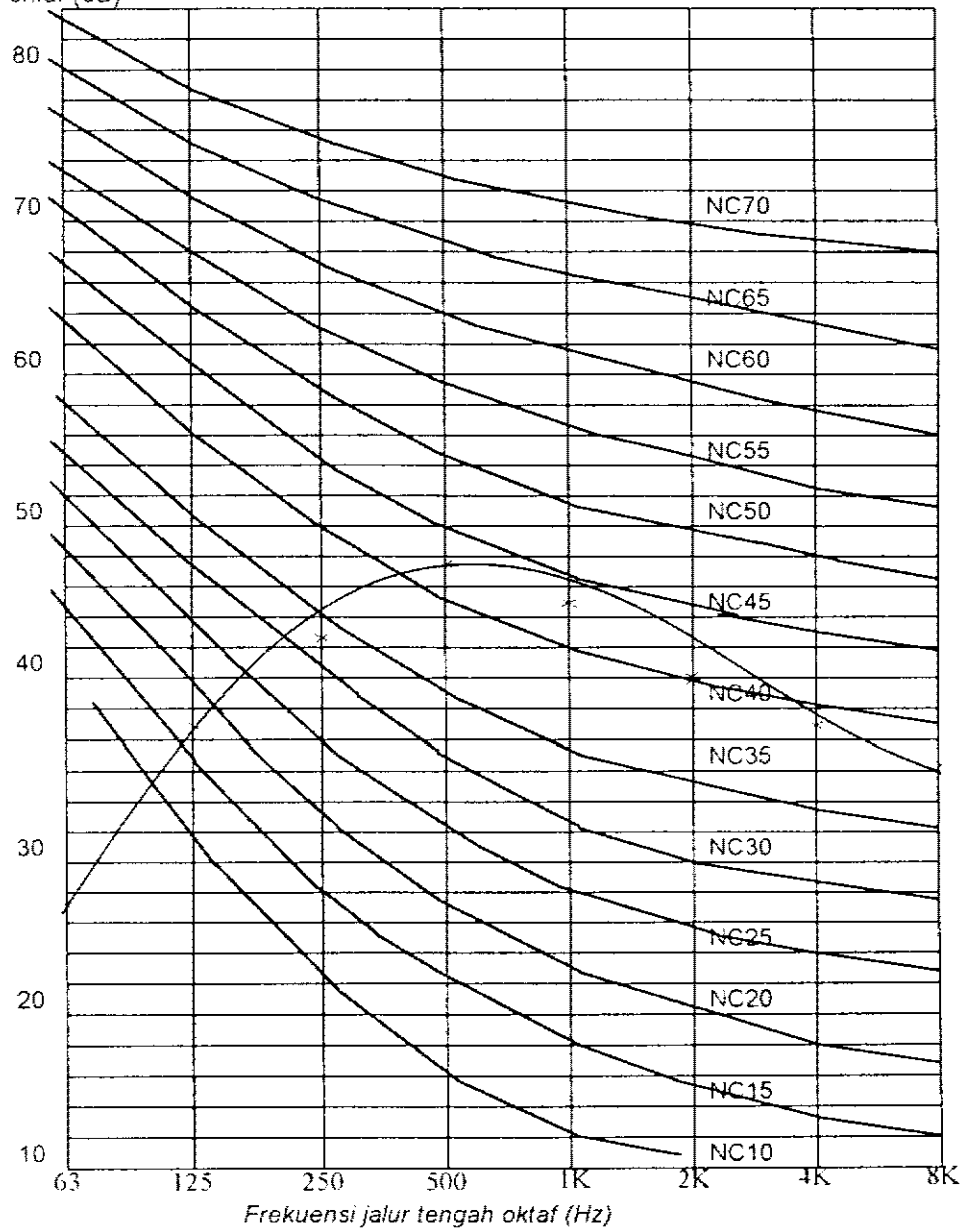


Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	13.1	26.6	35.2	40.5	42.9	40.3	38.0	35.8	36.6

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



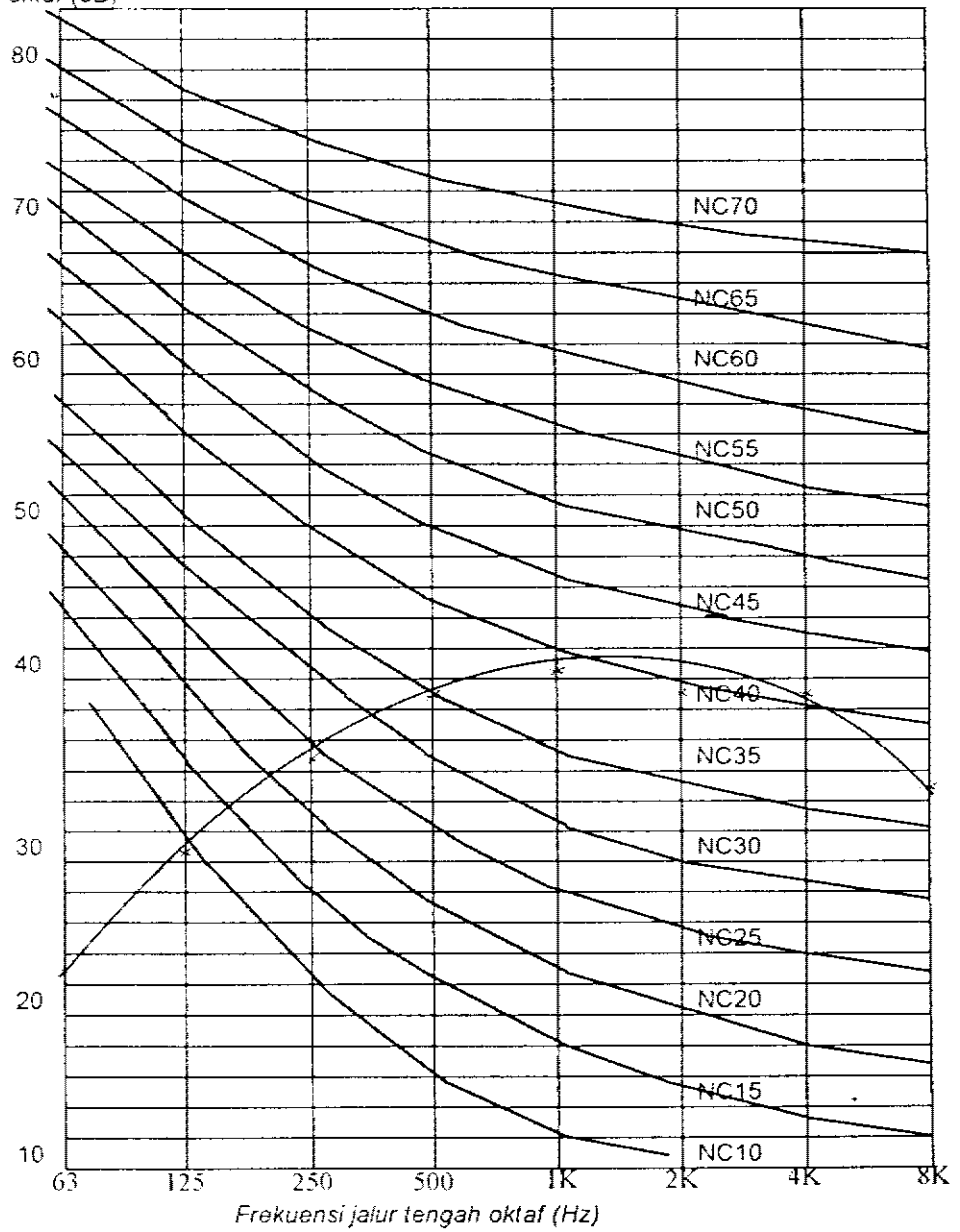
Bacaan NC : NC 44

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	14.4	26.5	35.7	41.8	46.9	44.1	39.3	36.0	33.2



SPL diukur di luar (10-45: D) DSG Resak

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 42

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	11.8	21.8	29.8	34.2	38.3	39.8	38.4	38.5	32.6

Keadaan semasa pengukuran :

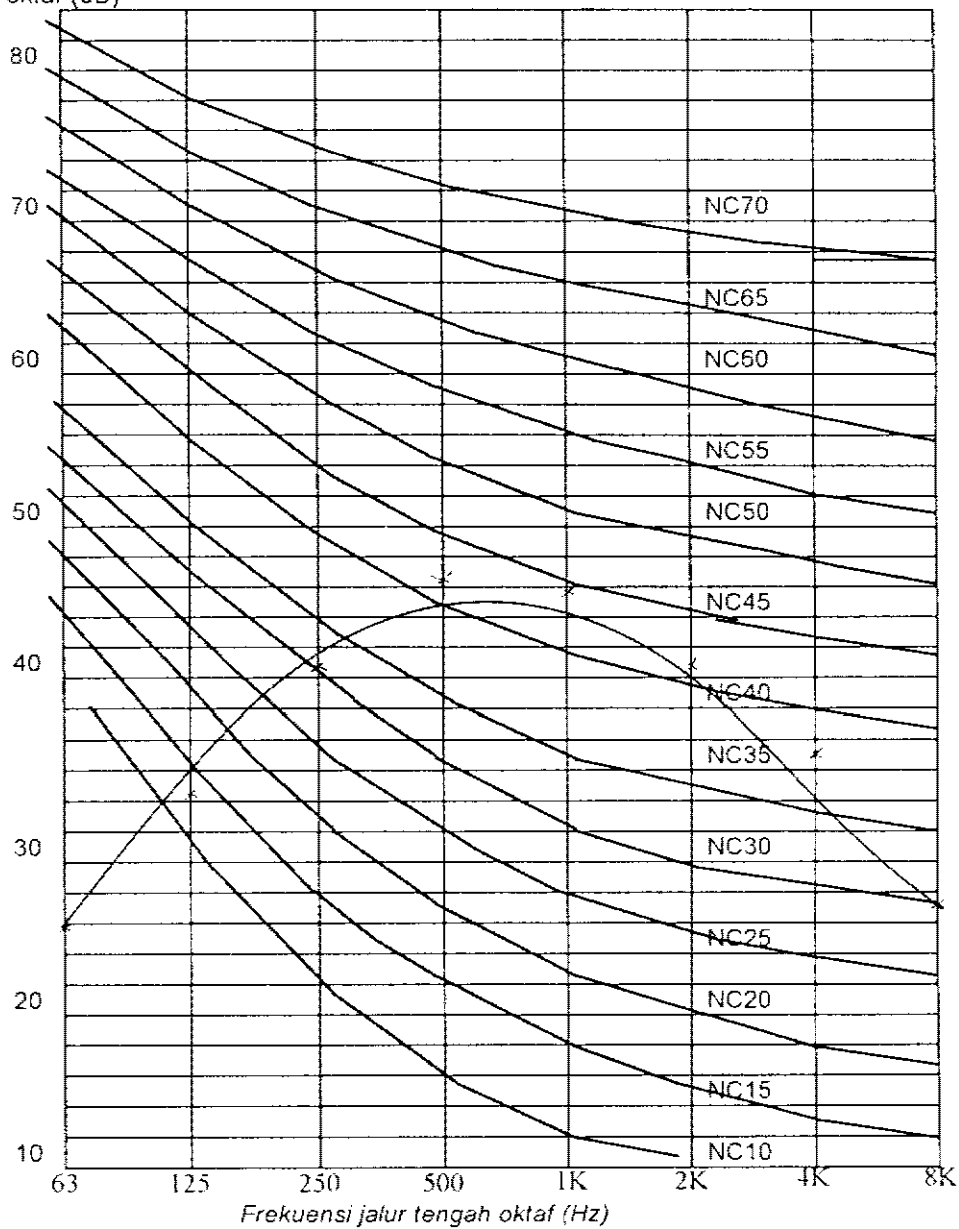
1. Tiada bunyi bising wujud di dalam dewan.
2. Terdengar bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Keadaan persekitaran dewan agak sunyi.

2. Masa Pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi

jalur oktaf (dB)

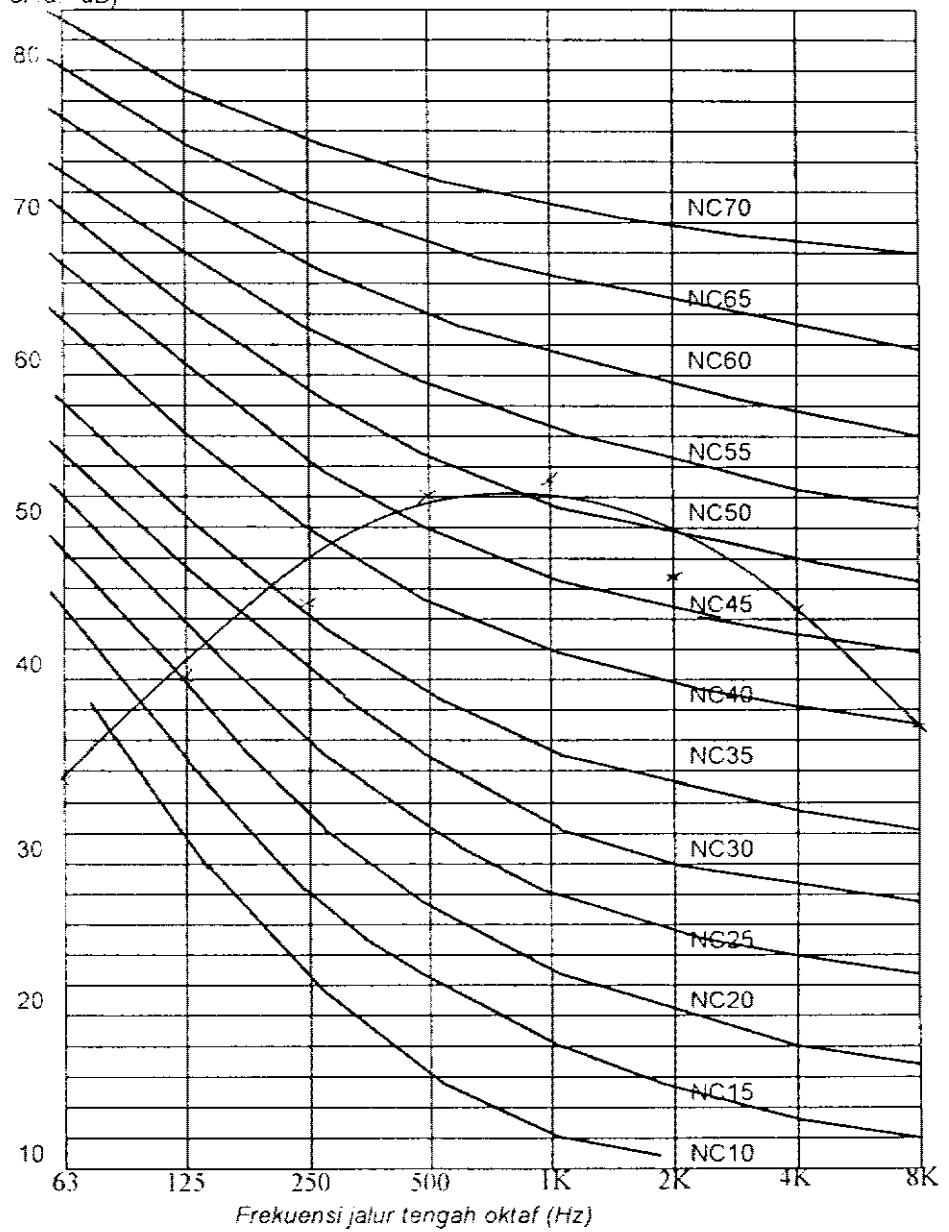


Bacaan NC : NC 44

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	20.2	24.9	33.3	39.9	45.5	44.8	40.6	34.4	26.0

SPL diukur di ... ( lokasi B ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi:  
jalur oktaf (dB)

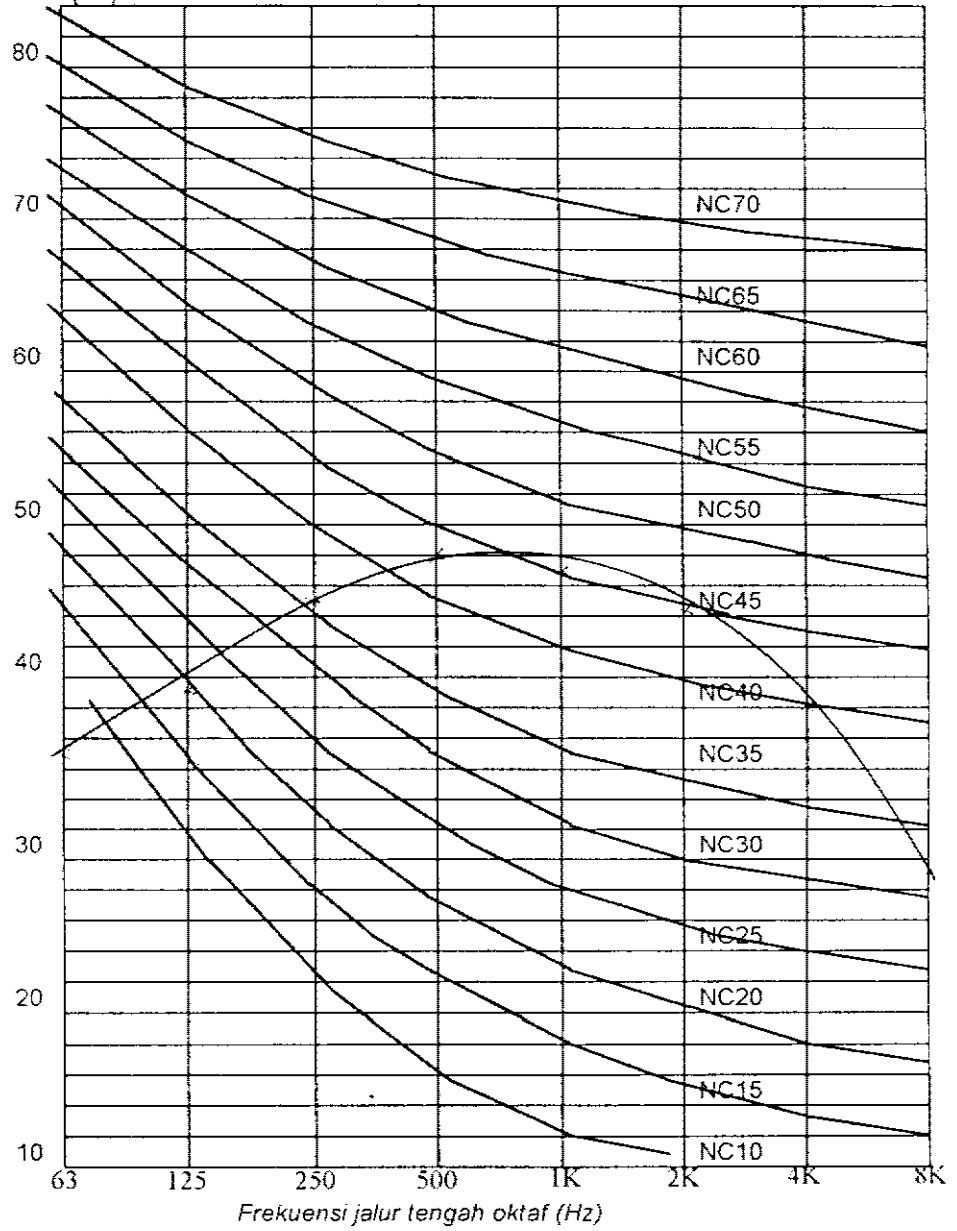


Bacaan NC : NC 52

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	21.3	32.5	39.4	44.4	51.2	52.1	45.9	43.4	36.1

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)

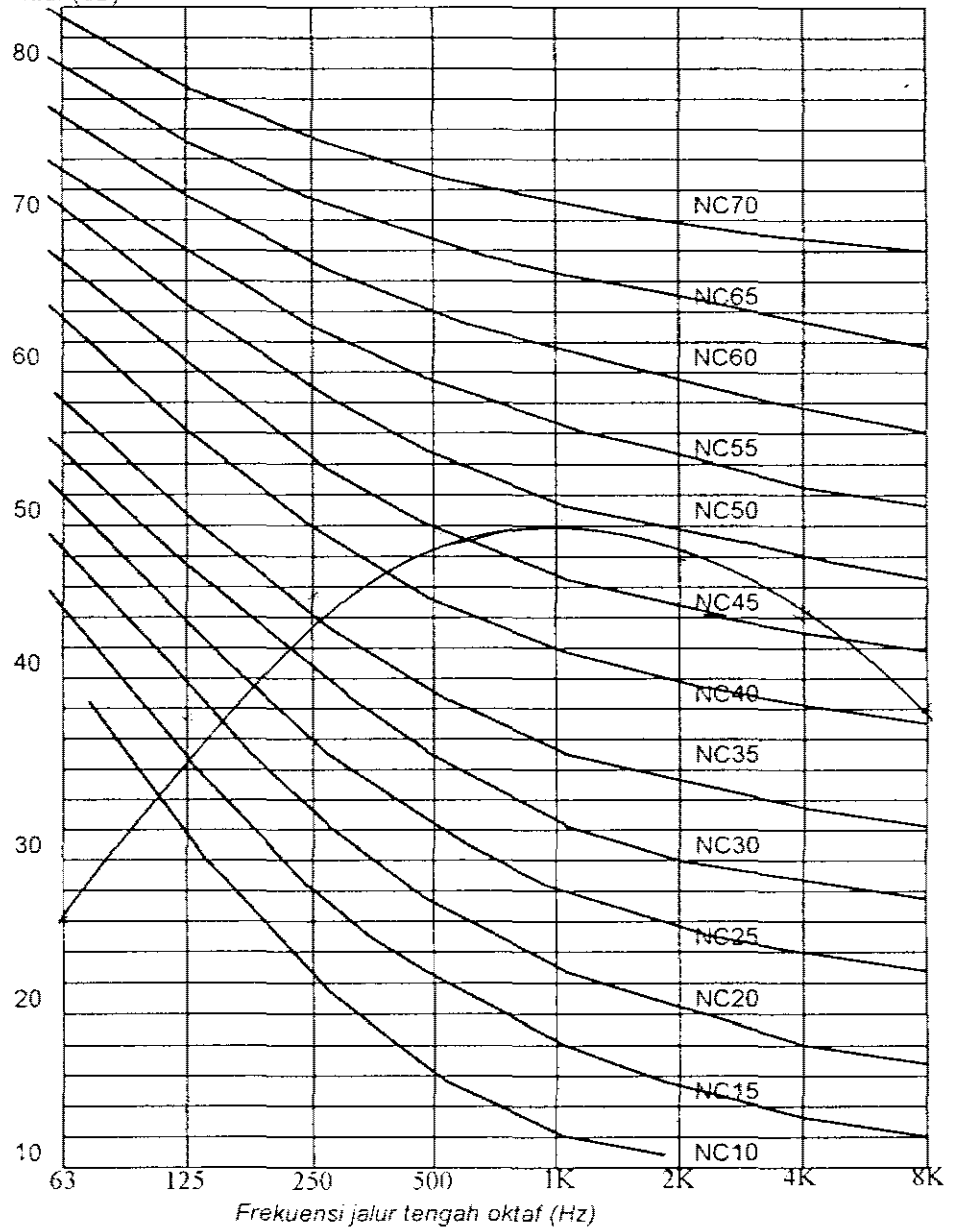


Bacaan NC : NC 47

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	22.0	34.8	38.3	44.0	47.0	46.6	43.3	37.5	28.6

SPL diukur luar ( lokasi D ) DSG Resak

Aras tekanan bunyi jalur oktaf (dB)



Bacaan NC : NC 48

Jalur Frek. ( Hz )	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Leq ( dB )	20.1	25.0	36.8	44.5	48.8	49.0	47.2	43.5	37.3

Keadaan semasa pengukuran :

1. Terdapat bunyi bising datang dari dewan makan dan kafeteria.
2. Terdapat bunyi generator dari bangunan kafeteria.
3. Bunyi kenderaan dari jalanraya berdekatan.
4. Ada beberapa orang pelajar sedang menonton tv di dalam dewan.

## BAB VII

### PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

#### 7.1 Perbincangan Am

Masa gema merupakan satu kriteria yang penting dalam bidang akustik ruang bagi penentuan kesesuaian sesuatu rekabentuk. Setiap bangunan tidak akan dianggap sempurna jika tidak mempunyai kualiti ciri-ciri akustik yang baik. Dalam hal ini ramai arkitek atau pemaju bangunan sengaja mengabaikan kepentingan ciri-ciri akustik semasa proses pembinaan dijalankan. Hanya apabila sesuatu bangunan yang dibina itu menghadapi masalah, barulah mereka merujuk kepada pakar-pakar akustik untuk diambil tindakan baik pulih. Contoh masalah akustik yang biasanya dihadapi ialah seperti keadaan dalam bangunan terlalu bising atau masa gema yang terlalu panjang, di mana faktor-faktor ini pasti akan mencacatkan fungsi bangunan tersebut. Sekiranya kita ingin membuat rawatan ke atas bangunan yang menghadapi masalah akustik maka sudah tentu ianya akan mewartakan kos yang tinggi serta kecantikan bangunan itu mungkin akan terjejas. Pada ketika itu pemilik bangunan terpaksa berfikir samada untuk mengubah kecantikan bangunan atau mendapatkan kualiti akustik yang baik. Sedangkan rawatan akustik tidak akan mampu mengubah kecacatan akustik 100%.



Dengan itu keperluan untuk menentukan masa gema dan tahap kebisingan bagi sesuatu ruang mestilah ditegaskan akan kepentingannya supaya tidak akan berlaku penyesalan dan kekecewaan di kemudian hari. Dalam hal ini jurutera dalam bidang akustik memainkan peranan yang penting dalam membantu mengatasi masalah audio yang sentiasa dihadapi dalam bangunan seperti menentukan bagaimana sistem bunyi hendak dipasang ataupun menentukan jenis bahan binaan yang akan digunakan.

Masa gema dan aras kebisingan yang optimum merupakan satu penilaian yang subjektif, di mana ianya bergantung kepada tahap penerimaan masyarakat di sesuatu tempat. Oleh itu tidak ada satu nilai piawai masa gema atau aras kebisingan yang boleh ditetapkan untuk kegunaan sesuatu ruang di tempat yang berbeza. Namun begitu kita masih boleh mengambil satu nilai aras kebisingan serta nilai masa gema di tempat tertentu dan dijadikan sebagai rujukan di tempat yang lain.

## **7.2 Kesimpulan Analisa Pengukuran**

Dalam kepesatan kemajuan teknologi pada masa sekarang alat-alat pengukuran telah banyak dicipta untuk menghasilkan bacaan pengukuran yang tepat dan memuaskan. Dengan menggunakan alat RION NA-29E saya telah berjaya menyiapkan kajian pengukuran terhadap ciri-ciri akustik di beberapa buah Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai.

Berdasarkan keputusan pengukuran yang telah didapati di empat buah dewan serbaguna terbabit maka dapat dibuat kesimpulan bahawa sungutan orang ramai terhadap kelemahan mutu akustik di Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai merupakan suatu perkara yang benar. Berdasarkan nilai-nilai bacaan pengukuran yang telah diperolehi, didapati kesemua nilai ciri-ciri akustik seperti RT60 dan NC di semua dewan terbabit tidak memenuhi piawai yang disediakan. Bacaan RT60 yang telah didapati bagi Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Kempas, Cengal dan Resak berada pada julat 2.00 hingga 3.80 saat sedangkan bacaan piawai RT60 yang sepatutnya digunakan untuk Dewan Serbaguna ialah mesti berada pada julat 0.7 hingga 1.2 saat. Manakala bacaan RT60 yang telah didapati bagi Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti agak rendah sedikit iaitu berada pada julat 2.00 hingga 2.32 saat. Namun begitu nilai julat ini masih lagi tidak memenuhi tuntutan nilai piawai. Semua bacaan RT60 di empat buah Dewan Serbaguna diambil pada julat pendengaran yang utama iaitu pada frekuensi 250 hingga 4 KHz. Di sini dapat kita lihat perbezaan nilai julat bacaan RT60 bagi Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Kempas, Cengal dan Resak dengan Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti. Ini adalah kerana walaupun keempat-empat buah dewan serbaguna tersebut dibina menggunakan plan yang sama, namun Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti telah banyak diubahsuai. Di Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti, dinding kayu yang berkilat telah digunakan sedangkan di dewan serbaguna lain masih lagi menggunakan dinding konkrit yang bercat. Diketahui dinding kayu yang berkilat mempunyai pekali penyerapan yang lebih besar berbanding nilai pekali penyerapan dinding konkrit bercat. Dengan ini ianya

dapat menurunkan sedikit kadar masa gema di Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti walaupun nilainya masih lagi tinggi berbanding nilai piawai. Berdasarkan pengubahsuaian yang telah dilakukan di Dewan Serbaguna Kampong Pelajar Meranti didapati julat masa gema di ke empat-empat buah dewan serbaguna tersebut masih boleh direndahkan dengan melakukan banyak pengubahsuaian ke atas rekabentuk dalamnya, namun begitu proses ini tentunya akan memerlukan kos yang tinggi.

Daripada nilai bacaan NC yang telah diperolehi untuk keempat-empat buah dewan tersebut didapati keadaan persekitaran di luar dewan amat mempengaruhi aras kebisingan di dalam dewan. Dinding bagi ke empat-empat buah dewan serbaguna terbabit hanya mampu menurunkan sebanyak 3 hingga 7 dB sahaja. Sedangkan bagi sebuah dewan yang baik, dinding dewan sepatutnya boleh menurunkan aras kebisingan sebanyak 15 hingga 25 dB. Situasi ini berlaku kerana terdapat terlalu banyak pintu dan tingkap bercermin yang tentunya tidak mampu menghalang aras kebisingan sekitar daripada mengganggu aras kebisingan di dalam dewan. Bacaan SPL yang diambil bagi setiap tempat di bahagian luar dewan adalah berbeza di antara satu sama lain, kerana untuk tempat yang berbeza maka sudah tentu ia mempunyai faktor pengaruh kebisingan yang berbeza. Kesimpulan yang dapat dibuat ialah selagi perubahan drastik tidak dilakukan ke atas rekabentuk Dewan Serbaguna Kampong Pelajar terbabit, maka dewan tersebut amat tidak sesuai digunakan untuk majlis ceramah, seminar, kegiatan sukan dan sebagainya.

### 7.3 Penutup

Berdasarkan keputusan hasil kajian ke atas Dewan Serbaguna Kampong Pelajar UTM Skudai, maka diharapkan ianya dapat dijadikan sebagai satu bahan rujukan asas untuk kegunaan pihak pentadbiran Kampong Pelajar untuk menilai serta memperbaiki tahap akustik di dewan-dewan yang terbabit.

## RUJUKAN

1. PM Ir. Hj. Ahmad Khan bin Hj. Said, “ Pengenalan Akustik ”,  
Unit Penerbitan Akademik, UTM Skudai Johor ( 1990 ).
2. Mohd Najib bin Ibrahim , “ Akustik Seni Bina ”,  
Dewan Bahasa dan Pustaka, ( 1991 ).
3. F. Alton Everest, “ The Master Hand Book of Acoustics 2nd Edition ”,  
TAB BOOK Inc. Blue Summit, PA ( 1989 ).
4. Donald E. Hall, “ Basic Acoustics ”,  
John Wily & Sons ( 1987 ).
5. F.B. Stumpf, “ Analytical Acoustics ”,  
ANN ARBOR SCIENCE, Publishers Inc. ( 1980 ).
6. R.D. Ford, “ Introduction to Acoustics ”,  
Elsevier Publishing Company Limited, ( 1970 ).
7. P.H.Parkin and H.R. Humphreys, “ Acoustics Noise and Building ”,  
Faber & Faber LTD, ( 1969 ).

# LAMPIRAN A

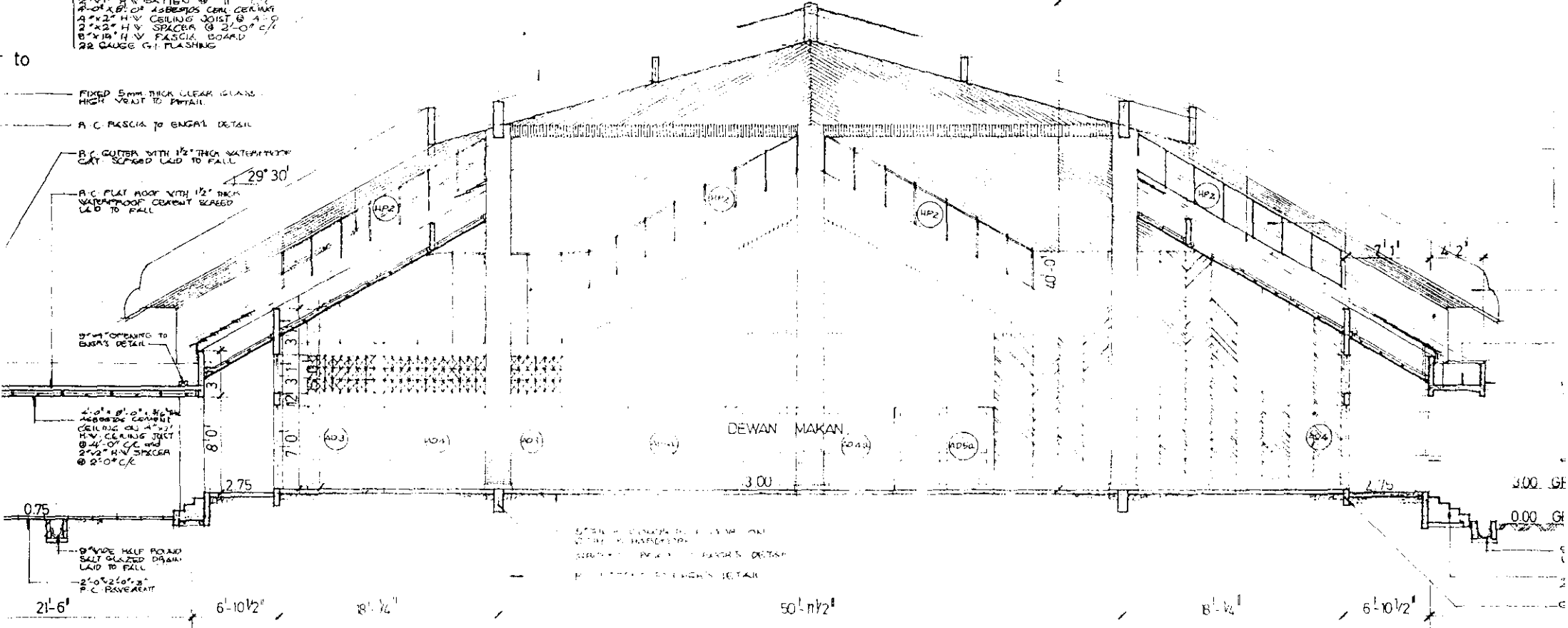
Plan DSG

**ROOF CONSTRUCTION**

- CONCRETE TILES ROOFING BRANCON
- EQUIVALENT ROOFING TILES
- ONE SIDED (S.S.C. MAX) ALUM. FACED INSULATING PAPER
- 1/2" H.V. SOFFIT @ 24" SPACING
- 2" H.V. RAFTER @ 24" C/C
- 2" H.V. BATTEN @ 24" C/C
- 4" X 6" OF ASBESTOS CEMENT CEILING
- 4" X 2" H.V. CEILING JOIST @ 4'-0"
- 2" X 2" H.V. SPACER @ 3'-0" C/C
- 8" X 18" H.V. FASCIA BOARD
- 22 GAUGE G.I. FLASHING

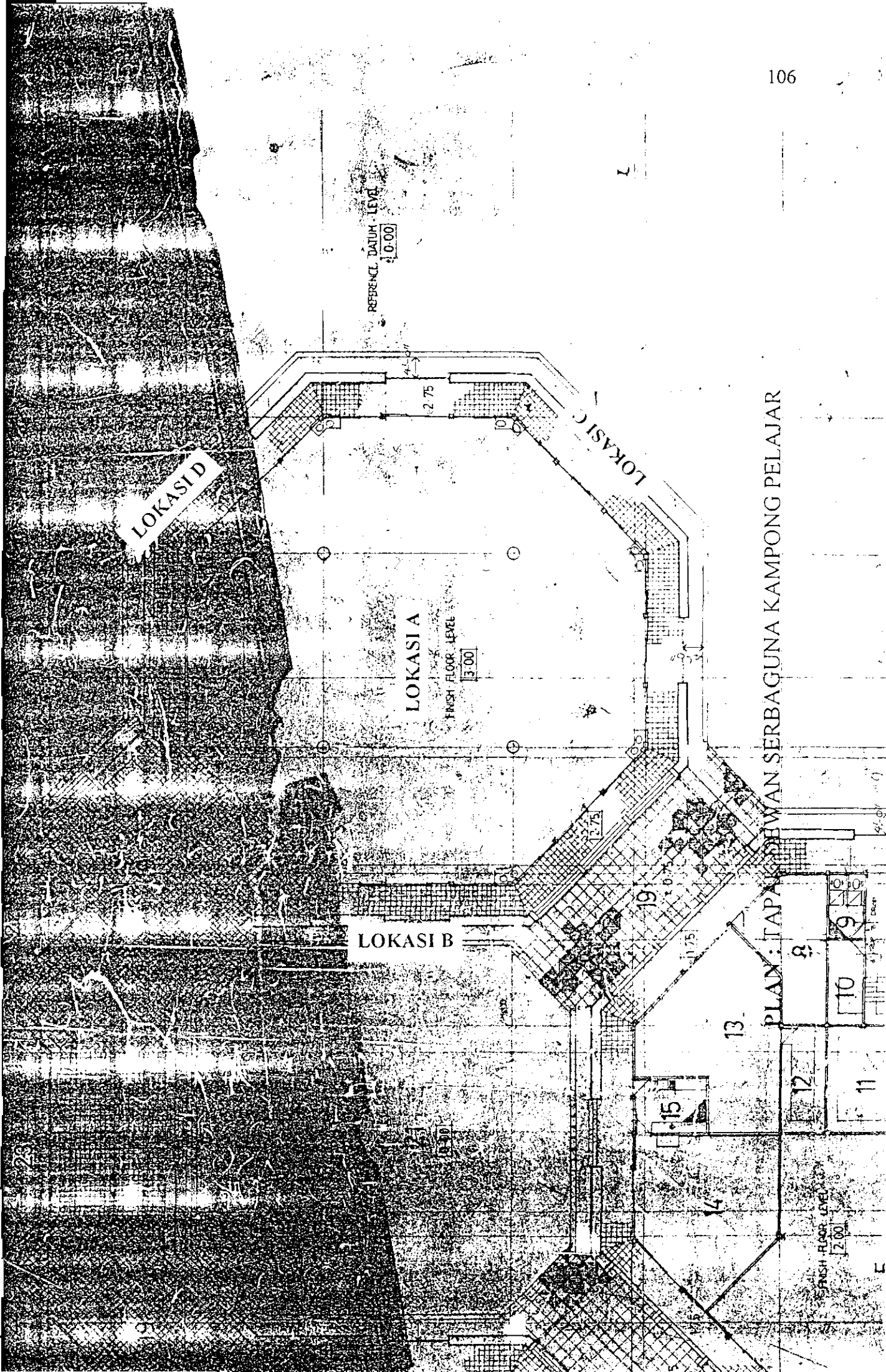
**ROOF CONSTRUCTION**

- CONCRETE TILES ROOFING OF APPROVED
- EQUIVALENT ROOFING TILES
- ONE SIDED (S.S.C. MAX) ALUM. FACED INSULATING PAPER
- 1/2" H.V. RAFTER @ 24" C/C
- 2" H.V. BATTEN @ 24" C/C
- 4" X 6" OF ASBESTOS CEMENT CEILING
- 4" X 2" H.V. CEILING JOIST @ 4'-0"
- 2" X 2" H.V. SPACER @ 3'-0" C/C
- 8" X 18" H.V. FASCIA BOARD
- 22 GAUGE G.I. FLASHING



AN B-B

PLAN : DEWAN SERBAGUNA KAMPONG PELAJAR



LOKASI D

LOKASI A

LOKASI B

LOKASI C

PLAN : TAPAK BANGUNAN SERBAGUNA KAMPONG PELAJAR

REFERENCE DATUM LEVEL  
2.00

FINISH FLOOR LEVEL  
3.00

FINISH FLOOR LEVEL  
2.00

E



## **LAMPIRAN B**

Keputusan penuh

### Bacaan SPL di DSG Kampong Pelajar Kempas

Tarikh Pengukuran : 7 Januari 1996

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	37.8	14.3	36.8
63	12.2	48.1	25.6	48.1
125	22.8	62.4	30.1	52.6
250	22.6	72.2	36.0	58.5
500	32.1	71.2	36.9	59.5
1K	30.5	67.2	37.6	60.1
2K	28.7	65.5	35.3	57.9
4K	24.1	55.4	29.6	52.1
8K	16.7	48.6	21.6	44.2

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	40.7	19.8	42.3
63	16.0	52.3	27.7	52.3
125	24.1	60.7	37.5	60.0
250	28.5	69.3	39.5	62.0
500	30.6	64.8	39.5	62.1
1K	27.6	64.2	40.6	63.1
2K	24.5	68.3	40.3	62.8
4K	27.1	68.1	37.9	60.4
8K	27.3	66.0	33.6	54.1

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Kempas

Jalur Frek ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	14.0	30.6	11.2	33.7
63	26.4	43.4	22.8	45.4
125	39.4	51.1	32.9	55.4
250	39.4	55.6	36.6	59.1
500	39.7	56.9	36.6	59.1
1K	37.3	63.1	37.1	59.6
2K	39.0	72.2	42.5	65.0
4K	36.4	77.0	44.5	67.0
8K	36.2	56.9	34.3	56.8

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Kempas

Jalur Frek ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	11.5	28.5	14.1	36.6
63	17.5	52.7	31.1	53.6
125	30.0	59.3	39.5	62.1
250	33.5	61.9	41.9	64.4
500	35.3	61.8	42.0	64.5
1K	34.9	62.3	40.7	63.2
2K	37.4	64.8	39.5	62.0
4K	28.3	59.9	36.1	58.6
8K	19.4	51.9	28.6	51.1

2. Masa Pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	29.8	20.3	42.8
63	25.5	50.3	32.3	54.8
125	30.9	49.6	36.9	59.4
250	33.4	57.0	41.8	64.3
500	38.9	58.5	43.6	66.2
1K	38.1	57.9	43.4	65.9
2K	33.5	60.5	40.8	63.4
4K	27.7	53.7	34.6	57.1
8K	20.0	48.1	25.3	47.9

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	34.5	21.0	43.5
63	25.0	45.8	28.9	51.4
125	42.3	53.8	39.6	62.2
250	45.0	60.8	44.4	66.9
500	49.3	70.4	46.7	69.2
1K	51.3	73.8	46.1	68.7
2K	48.2	63.5	42.6	65.2
4K	41.2	64.1	40.1	62.6
8K	28.7	53.2	31.6	54.1

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	31.3	20.5	43.0
63	20.0	43.3	24.2	46.8
125	21.2	49.4	31.3	53.8
250	30.5	58.0	35.1	57.7
500	33.5	68.4	38.4	60.9
1K	35.4	68.9	39.5	62.1
2K	34.3	71.1	40.2	62.8
4K	31.2	64.4	35.7	58.2
8K	25.7	58.8	26.5	49.0

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Kempas

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	43.0	24.2	46.8
63	34.4	55.5	36.5	59.0
125	47.1	61.3	47.9	70.5
250	46.6	68.0	53.0	75.5
500	44.3	74.2	55.8	78.4
1K	43.9	73.0	57.3	79.8
2K	40.6	78.5	57.3	79.8
4K	35.9	74.3	51.2	73.8
8K	27.0	64.4	41.9	64.4

### Bacaan SPL di DSG Kampong Pelajar Meranti

Tarikh Pengukuran : 8 Januari 1996

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	12.3	43.0	15.6	38.2
63	20.2	54.9	23.7	46.3
125	26.6	58.3	29.5	52.1
250	26.5	65.7	35.4	58.0
500	31.9	68.4	41.8	64.3
1K	35.2	74.6	46.8	69.3
2K	38.5	72.9	44.5	67.1
4K	35.8	70.5	40.7	63.2
8K	19.4	63.8	32.5	53.0

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	14.0	30.2	14.5	37.1
63	29.3	36.4	24.8	47.3
125	39.0	46.2	33.0	55.5
250	39.8	59.6	39.1	61.6
500	36.0	56.9	41.3	63.9
1K	36.2	68.6	43.6	66.1
2K	32.8	61.9	41.9	64.4
4K	30.8	60.4	38.6	61.1
8K	25.9	53.3	32.8	55.3

SPL diukur di luar lokasi C ) DSG Meranti

Jalur Frek ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	35.2	12.0	34.6
63	17.6	41.3	21.5	44.0
125	25.9	52.8	30.3	52.9
250	32.5	58.7	35.1	57.6
500	33.9	56.8	38.1	60.6
1K	35.9	57.2	40.1	62.6
2K	34.6	59.3	38.6	61.1
4K	28.8	52.9	35.1	57.6
8K	21.4	52.1	27.8	50.4

SPL diukur di luar lokasi D ) DSG Meranti

Jalur Frek ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	18.9	35.0	19.6	42.1
63	23.9	39.8	25.5	48.1
125	29.7	49.8	30.0	52.6
250	30.8	45.4	31.6	54.2
500	29.3	47.9	33.0	55.5
1K	33.5	53.8	34.3	56.8
2K	35.1	51.4	35.2	57.7
4K	32.4	51.8	33.2	55.7
8K	26.3	49.2	28.8	51.4

## 2. Masa Pengukuran 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	17.5	30.5	14.9	37.4
63	19.4	42.2	23.6	46.1
125	24.0	53.3	30.7	53.3
250	25.9	56.3	38.9	61.4
500	32.6	54.4	39.0	61.5
1K	34.0	53.9	38.2	60.7
2K	31.5	51.3	35.7	58.3
4K	27.5	58.1	30.7	53.3
8K	14.7	59.6	26.1	48.6

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	32.1	56.9	34.7	57.2
63	41.2	66.1	43.2	65.8
125	38.7	72.2	48.9	71.4
250	38.1	70.9	49.2	71.7
500	39.6	69.1	49.0	71.5
1K	34.4	69.4	45.4	67.9
2K	28.8	63.4	44.6	67.1
4K	25.8	60.2	40.6	63.2
8K	22.8	58.8	37.5	60.0



SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	13.0	53.5	26.2	48.7
63	17.7	62.9	33.5	56.1
125	26.4	63.9	38.1	60.7
250	37.6	64.7	39.6	62.1
500	31.6	65.4	39.2	61.7
1K	33.7	57.7	40.4	62.9
2K	30.9	55.8	39.4	61.9
4K	26.1	55.6	36.0	58.5
8K	20.4	52.4	31.1	53.7

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Meranti

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	35.8	51.9	28.4	51.0
63	47.9	58.6	36.7	59.2
125	45.4	65.7	41.6	64.2
250	48.8	66.0	43.1	65.7
500	44.7	66.6	46.1	68.6
1K	47.6	64.7	47.1	69.6
2K	46.9	72.7	47.3	69.8
4K	43.3	61.9	43.8	66.4
8K	29.2	56.3	39.4	61.9

## Bacaan SPL di DSG Kampong Pelajar Cengal

Tarikh Pengukuran : 9 Januari 1996

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	36.5	12.5	35.1
63	18.1	46.9	21.3	43.9
125	26.4	50.3	31.0	53.5
250	33.4	62.2	38.0	60.5
500	38.2	65.5	41.9	64.4
1K	38.7	66.4	41.4	63.9
2K	40.0	61.5	40.3	62.8
4K	34.6	65.1	35.6	58.2
8K	23.7	55.7	26.2	48.7

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	13.6	28.8	14.6	37.1
63	23.1	47.3	29.1	51.7
125	31.9	53.5	38.6	61.2
250	36.3	57.8	44.0	66.6
500	38.1	61.8	44.8	67.3
1K	37.6	67.4	49.2	71.8
2K	41.3	67.6	49.2	71.7
4K	35.0	60.2	44.0	66.6
8K	24.0	55.9	36.4	58.9

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	34.3	14.7	37.2
63	22.4	42.8	26.7	49.3
125	34.9	55.8	39.9	62.4
250	37.1	65.3	42.7	65.2
500	33.8	61.0	42.3	64.9
1K	31.7	60.8	44.3	66.9
2K	33.1	63.6	46.0	68.5
4K	33.4	68.9	43.5	66.0
8K	36.9	54.1	33.3	55.8

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	14.6	42.2	21.6	44.1
63	25.2	54.7	36.2	58.7
125	39.4	64.2	44.2	66.7
250	46.1	68.9	47.2	69.7
500	49.9	66.7	47.1	69.6
1K	54.7	68.1	46.4	68.9
2K	56.0	61.0	44.5	67.0
4K	47.5	57.8	40.4	63.0
8K	38.5	53.1	32.8	55.3

2. Masa Pengukuran : 1.00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	14.6	25.3	12.1	34.6
63	23.2	34.8	20.9	43.4
125	43.2	50.2	34.6	57.2
250	43.3	54.6	39.6	62.1
500	44.0	59.4	43.1	65.6
1K	44.5	59.0	42.4	64.9
2K	40.0	56.9	40.1	62.7
4K	31.1	52.0	34.4	56.9
8K	21.1	50.4	28.5	51.0

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	17.9	59.4	29.8	52.4
63	25.6	62.6	36.9	59.4
125	32.8	65.6	43.2	65.8
250	39.1	75.6	47.4	70.0
500	43.1	73.4	50.0	72.5
1K	42.7	78.3	52.2	74.8
2K	43.5	75.8	54.2	76.8
4K	34.4	68.7	46.2	68.8
8K	20.6	62.5	38.2	60.7

## SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.7	38.5	21.5	44.0
63	32.3	50.4	34.2	56.7
125	37.7	59.2	44.4	67.0
250	39.6	60.2	46.4	68.9
500	39.2	59.6	47.5	70.0
1K	45.9	57.7	44.9	67.4
2K	47.9	58.5	44.3	66.8
4K	42.4	56.0	39.6	62.2
8K	32.1	52.2	33.8	56.4

## SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Cengal

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	24.4	36.0	21.8	44.3
63	24.1	50.6	30.0	52.5
125	31.0	64.2	45.0	67.5
250	42.5	68.8	50.2	72.5
500	51.5	77.5	52.3	74.8
1K	54.2	73.5	54.4	77.0
2K	58.7	71.8	59.3	81.8
4K	51.9	68.6	52.4	75.0
8K	57.8	70.4	44.3	66.8

## Bacaan SPL di DSG Kampong Pelajar Resak

Tarikh Pengukuran : 14 Januari 1996

1. Masa Pengukuran : 8.00 pagi

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	40.1	22.1	44.6
63	16.0	47.0	29.0	51.5
125	24.8	60.4	37.5	60.1
250	26.1	60.9	37.3	59.8
500	28.1	59.5	39.1	61.6
1K	30.3	59.6	39.1	61.6
2K	30.2	58.2	36.5	59.0
4K	30.2	59.9	33.5	56.1
8K	21.2	55.1	26.6	49.2

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	18.5	25.5	13.1	35.6
63	28.8	44.0	26.6	49.2
125	44.0	50.2	35.2	57.7
250	37.7	59.3	40.5	63.0
500	37.3	60.8	42.9	65.4
1K	33.7	61.0	40.3	62.9
2K	29.3	56.8	38.0	60.5
4K	26.6	61.9	35.8	58.3
8K	26.5	50.8	36.6	53.1

SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.9	40.3	14.4	36.9
63	28.0	50.2	26.5	49.1
125	35.5	59.5	35.7	58.2
250	38.1	73.4	41.8	64.4
500	44.0	65.2	46.9	69.4
1K	42.5	64.8	44.1	66.6
2K	41.0	57.6	39.3	61.9
4K	35.9	56.1	36.0	58.5
8K	33.4	47.6	33.2	55.8

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	10.0	36.5	11.8	34.4
63	19.0	41.7	21.8	44.3
125	21.4	48.2	29.8	52.3
250	23.9	54.6	34.2	56.7
500	32.6	66.0	38.3	60.9
1K	34.4	73.2	39.8	62.3
2K	33.8	66.0	38.4	61.0
4K	33.7	70.1	38.5	61.0
8K	30.9	63.2	32.6	55.2

7. Masa Pengukuran : 1 00 tengahari

SPL diukur di dalam ( lokasi A ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lac ( dB )
31.5	20.0	35.5	20.2	42.7
63	22.0	47.8	24.9	47.4
125	28.9	62.1	33.3	55.8
250	35.2	61.3	39.9	62.4
500	42.9	61.9	45.5	68.1
1K	37.9	63.2	44.8	67.3
2K	36.2	59.9	40.6	63.1
4K	29.4	57.9	34.4	56.9
8K	21.6	54.0	26.0	48.5

SPL diukur di luar ( lokasi B ) DSG Resak

Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lac ( dB )
31.5	22.2	38.9	21.3	43.8
63	32.2	47.7	32.5	55.1
125	37.5	52.8	39.4	61.9
250	41.2	60.1	44.4	66.9
500	50.8	66.4	51.2	73.8
1K	51.5	75.0	52.1	74.6
2K	41.3	76.0	45.9	68.5
4K	34.3	75.2	43.4	65.9
8K	22.2	58.6	36.1	58.9



SPL diukur di luar ( lokasi C ) DSG Resak

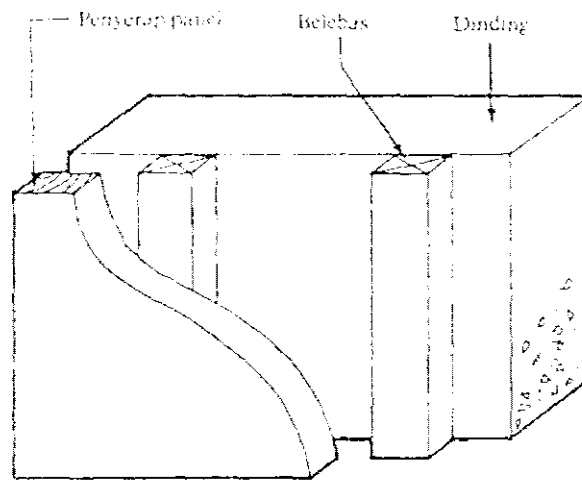
Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	38.3	22.0	44.6
63	28.7	53.0	34.8	57.3
125	41.9	61.8	38.3	60.8
250	41.8	62.6	44.0	66.6
500	41.5	72.4	47.0	69.5
1K	40.4	73.6	46.6	69.2
2K	39.5	64.7	43.3	65.8
4K	33.8	59.5	37.5	60.0
8K	24.1	54.1	28.6	51.1

SPL diukur di luar ( lokasi D ) DSG Resak

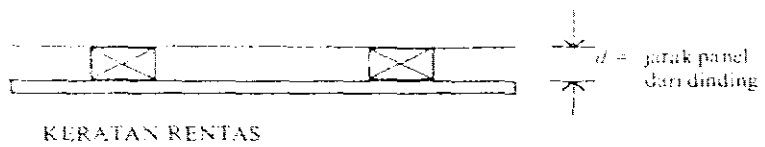
Jalur Frek. ( Hz )	LP ( dB )	Lmax ( dB )	Leq ( dB )	Lae ( dB )
31.5	20.0	31.1	20.1	42.7
63	24.2	45.7	25.0	47.5
125	37.4	52.1	36.8	59.3
250	37.8	62.9	44.5	66.7
500	46.6	65.1	48.8	71.3
1K	49.9	63.8	49.0	71.5
2K	51.1	64.1	47.2	69.7
4K	43.9	64.6	43.5	66.0
8K	36.4	53.6	37.3	59.8

## **LAMPIRAN C**

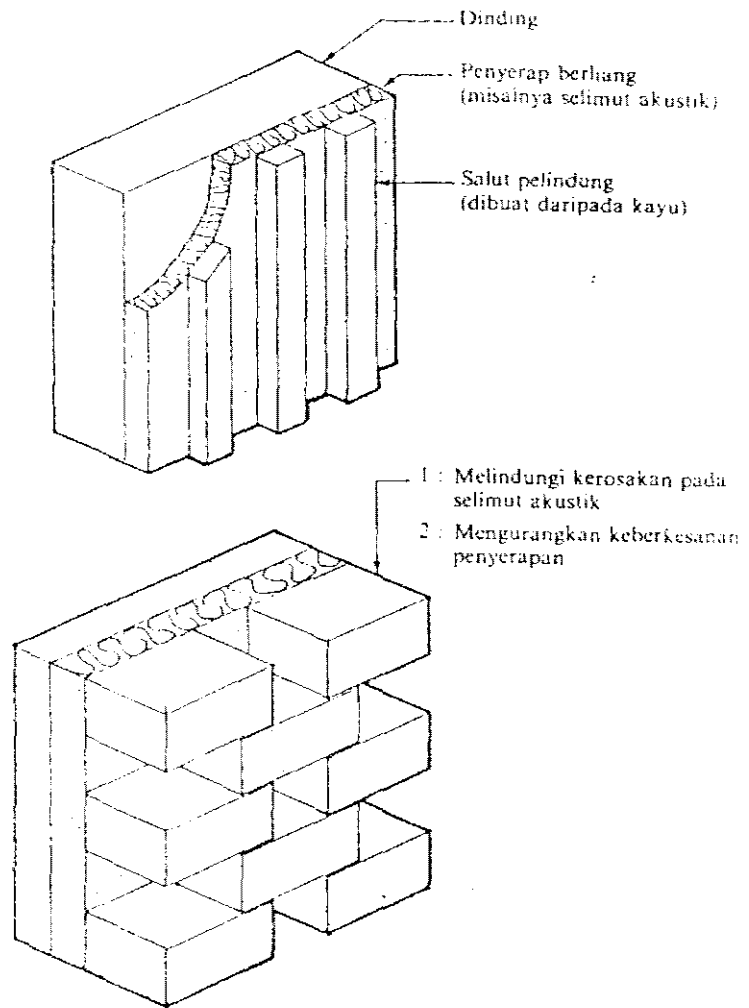
Bahan akustik ruang



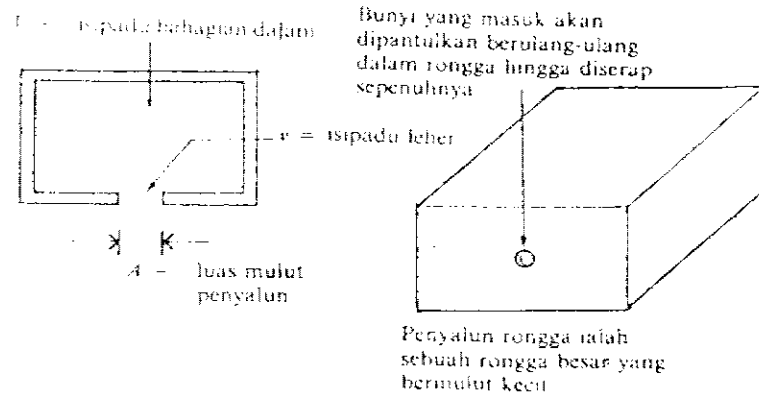
Apabila menerima gelombang bunyi, panel akan bergetar dan menukar bunyi kepada haba



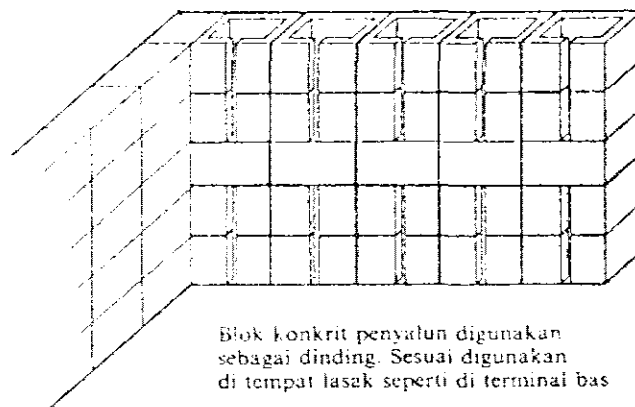
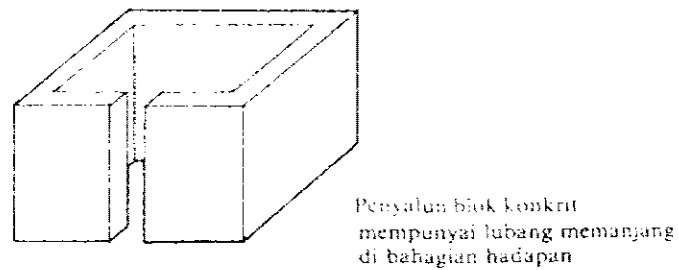
*Wajah 1. Penyerap panel (Dipaparkan)*



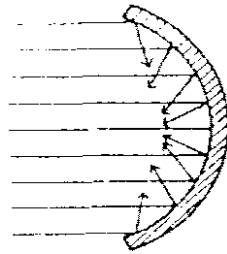
*Rajah : Salut pelindung*



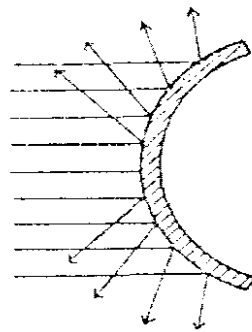
Rajah : Penyalun rongga



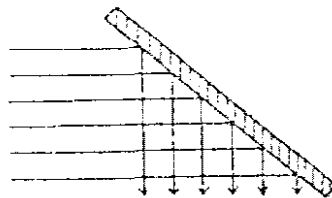
Rajah : Penyalun blok konkrit



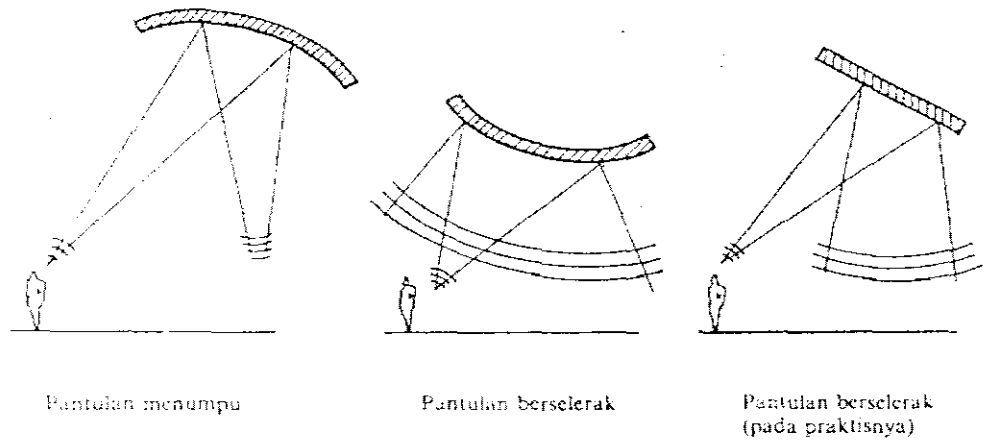
*Permukaan Cekung*



*Permukaan Cembung*



*Permukaan Rata*



*Kayah : Hukum pantulan pada permukaan lengkung*

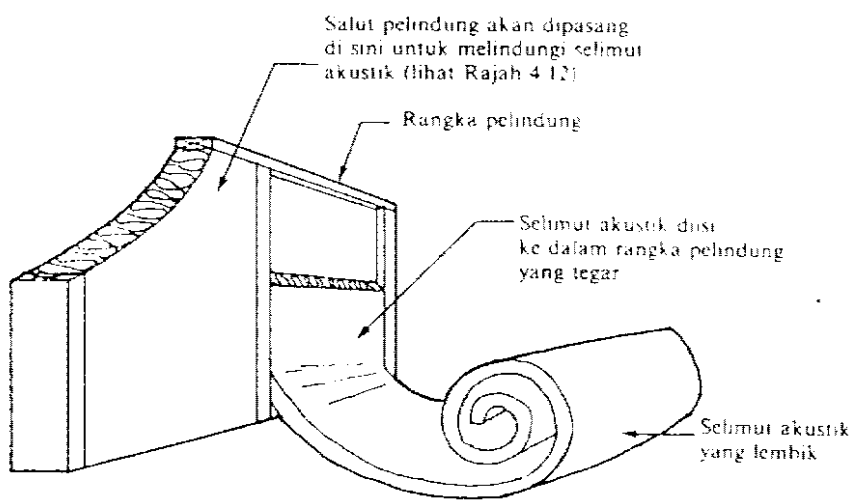


*Benang bersimpul*



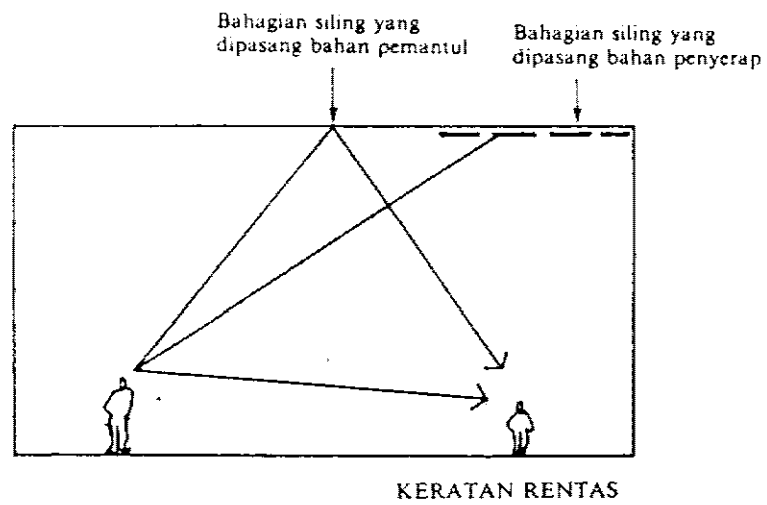
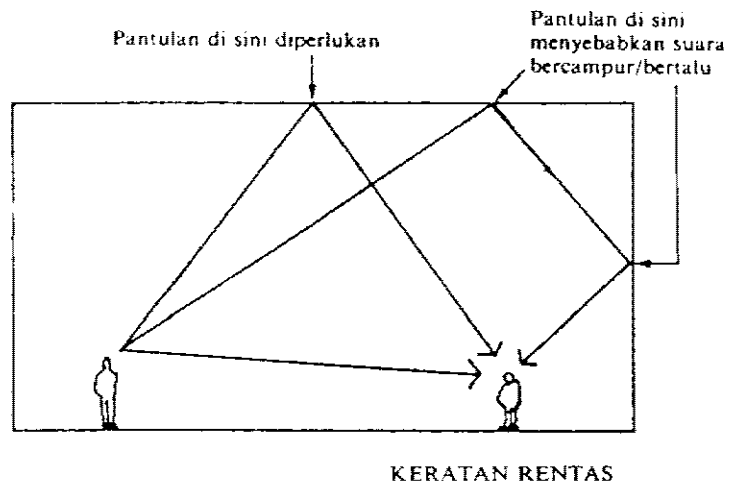
*Benang berpotong*

*Rajah Benang permadama*

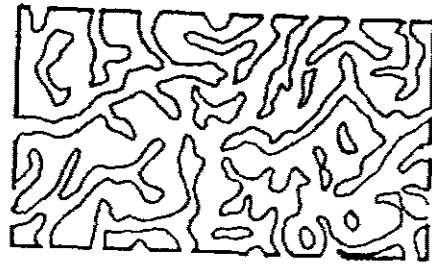


*Rajah Rangka dan salut pelindung bagi selimut akustik*



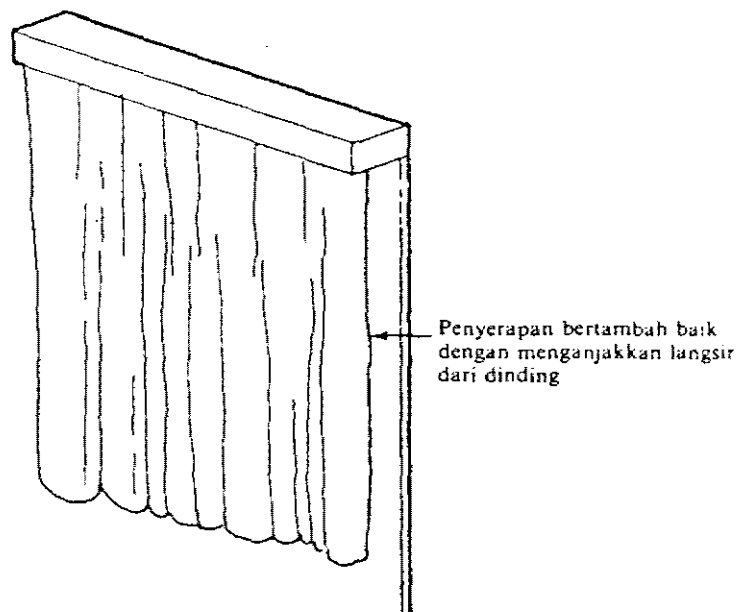


*Kajah Bahagian pemantul dan penyerap pada siling*



- 1: mempunyai beberapa banyak lubang dan rongga dalam yang bersambung-sambung
- 2: bunyi akan masuk menerusi lubang ke rongga dalam, dipantulkan dan akan diserap beberapa kali hingga diserap kesemuanya

*Rajah Struktur dalaman penyerap berliang*



*Rajah . Pemasangan langsir penyerap yang berkesan*