

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kenyamanan sebuah ruang kelas dipengaruhi oleh kondisi kenyamanan akustik. Kenyamanan akustik selain dipengaruhi oleh lingkungan fisik juga dipengaruhi oleh kondisi desain bangunan. Bentuk elemen dari bangunan memberikan dampak pada banyaknya bunyi pantul yang muncul. Sedangkan sifat menyerap maupun memantulkan bunyi pada elemen arsitektur dipengaruhi oleh jenis material bangunan.

2.1 Belajar

Belajar merupakan suatu proses perubahan tingkah laku individu oleh dorongan yang timbul dari dalam. Dorongan tersebut merupakan motivasi yang timbul karena adanya kebutuhan. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut timbul interaksi individu terhadap lingkungan. Tingkat kenyamanan belajar merupakan perasaan nyaman yang dirasakan seseorang ketika mengalami proses perubahan tingkah laku individu yang relatif pasif sebagai interaksi terhadap lingkungan.

2.2 Ruang Kelas *Amphiteater*

Ruang kelas *amphiteater* atau auditorium adalah sebuah ruang kelas yang berbentuk panggung yang berada di tengah dengan *audiance* berada lebih tinggi berada di tribun sehingga memudahkan *audiance* untuk melihat sesuatu yang ada di panggung pertunjukannya.

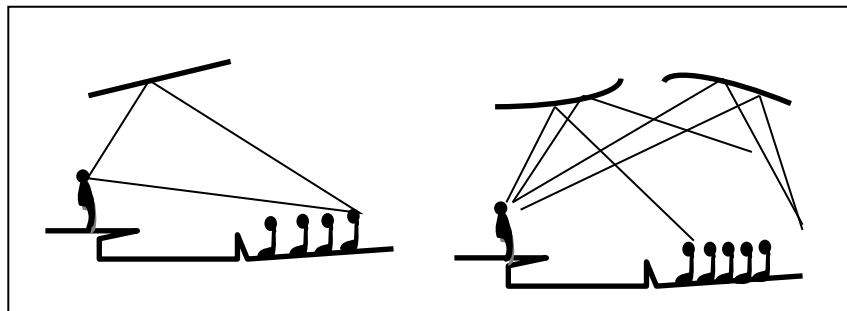
2.3 Elemen Bangunan yang Mempengaruhi Kebisingan

Menurut Dolle (1972) dalam bukunya *Enviromental Acustic* bahan penutup bidang permukaan interior ruang yang mempunyai angka koefisien absorpsi (penyerapan) dan *refleksi* (pantul) sangat mempengaruhi waktu dengung yang dihasilkan suatu auditorium. Saat ruang auditorium digunakan elemen yang dikenai suara sangat berpengaruh terhadap kenyamanan akustik yang ada didalam auditorium, elemen-elemen ini meliputi lantai, dinding dan plafon. Elemen-elemen ini berpengaruh terhadap waktu dengung yang terdapat pada ruang. Waktu dengung yang disarankan

untuk *speech* auditorium berada pada 0,85-1,30 detik (Arau, 1999 dalam Ribeiro,2002).

2.3.1 Plafon

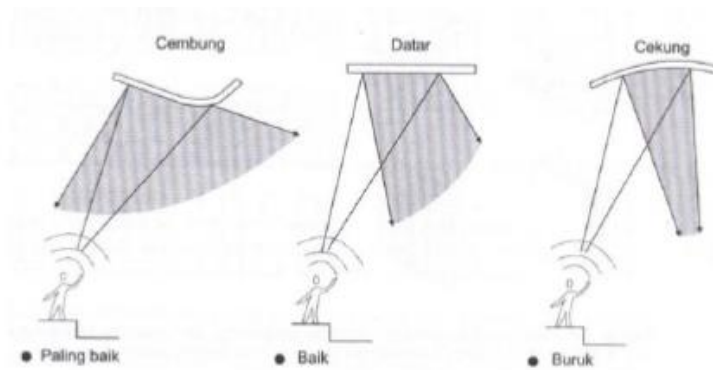
Fungsi dari plafon biasanya menjadi media pantul atau penerus suara. Bentuk dari pemerataan suara yang di desain dalam ruangan berpengaruh terhadap bentuk plafon serta material plafon. Dalam buku Fisika Bangunan menjelaskan tugas dari plafon adalah sebagai pembelok suara sesuai dengan sudut perletakan plafon, sehingga bentuk langit-langit atau plafon dapat digunakan untuk mendistribusikan suara secara merata ke seluruh ruangan.



Gambar 2. 1 Jenis Pemantul

(sumber : Mediastika, 2005)

Untuk menentukan ketinggian langit-langit pada umumnya ketinggian langit rasio $1/3$ sampai $2/3$ dari lebar ruangan. Untuk ruangan besar menggunakan rasio paling rendah, sedangkan untuk ruangan kecil menggunakan rasio yang paling besar. Langit-langit juga menyebarkan bunyi atau suara utama. Maka dari itu, langit-langit dibuat dalam beberapa segmen dengan masing-masing ukuran serta sudut yang dibuat memantulkan bunyi ke segala arah. (Everest dan Pohlmann,2009)

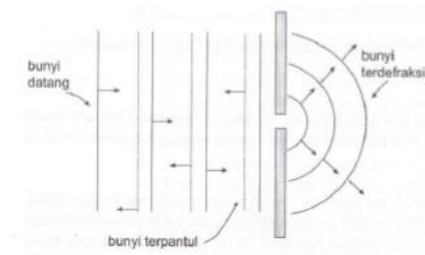


Gambar 2. 2 Pemantulan Yang Terjadi Pada Bidang Batas

(sumber : Mediastika, 2005)

2.3.2 Dinding

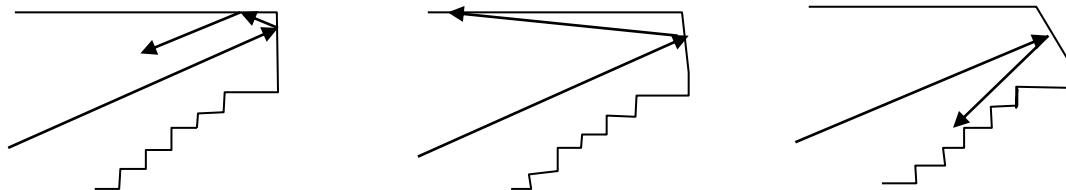
Dinding juga memiliki peran terhadap kenyamanan akustik didalam ruangan. Desain pada dinding disesuaikan pada kebutuhan suara yang ingin dihasilkan. Dinding juga dapat mengontrol atau meredam pantulan suara agar suara asli lebih jelas. Hal ini menjadikan fungsi dari dinding sebagai pengontrol suara. Dinding juga mampu untuk memantulkan suara sehingga suara lebih terarah. Karakteristik ini tergantung pada bentuk dan kualitas dari permukaan dinding.



Gambar 2. 3 Sifat Bunyi yang Mengenai Bidang Bercela

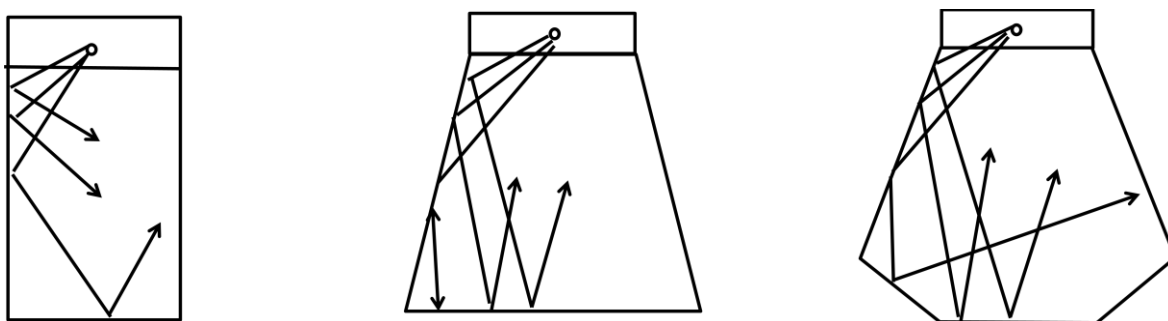
(sumber: Mediastika, 2005)

Karakteristik dari dinding belakang dan langit-langit sangat berpengaruh terhadap adanya *echo* atau gaung. Bentuk dinding belakang yang lebih lebar akan memantulkan gaung kearah penonton terdekat.



Gambar 2. 4 Bentuk Dinding Belakang dan Langit-Langit Auditorium

(sumber: BORRON, 2009)

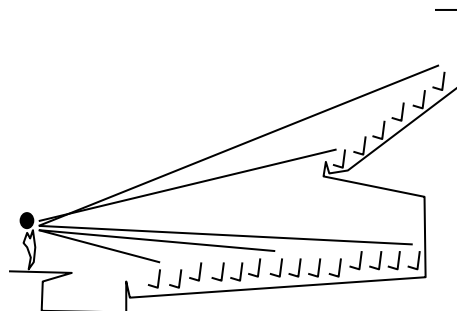


Gambar 2. 5 Macam-Macam Pantulan Dalam Ruangan

(sumber: Everest and Pohlman,2009)

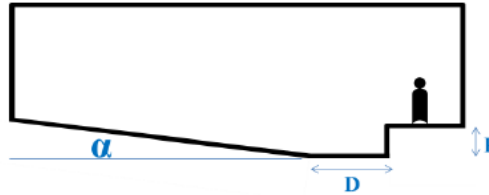
2.3.3 Lantai

Lantai juga harus di olah sesuai kebutuhan aktivitas dann kenyamanan audio. Lantai pada ruang pertemuan ini dibagi menjadi dua yaitu lantai pemberi materi, atau sumber bunyi. Dan Lantai bagi pendengar. Untuk lantai sumber suara dibuat panggung dengan ketinggian 60-12 centimeter agar penonton nyaman ketika melihat pembicara (everest and Pohlman,2009)



Gambar 2. 6 Garis Pandangan Yang Baik untuk Menghasilkan Suara Langsung

(sumber: Long, 2006)



Gambar 2. 7 Penentuan Kondisi Lantai yang Digunakan

(sumber: Everest and Pohlman, 2009)

- $\alpha \geq 8^\circ$ untuk auditorium musik
- $\alpha \geq 15^\circ$ untuk *lecture theatre*
- $D \geq 10$ meter untuk auditorium musik jika $P = 1,5$ meter
- $D \geq 15$ meter jika $P = 2,25$ meter

2.3.4 Material

Selain mengolah elemen interior dan bentuk ruangan dalam menghasilkan kualitas suara yang optimal, maa perlu adanya pertimbangan dalam pemilihan jenis material penutup permukaan. Terutama material yang digunakan untuk meredam suara (Doelle,1990:33). Adapun karakteristik bahan-bahan penyerap bunyi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Karakteristik Material

Material Berpori	Material penyerap bunyi yang efisien. Mampu mengubah energi bunyi yang datang menjadi energi panas dalam pori-pori yang saling berhubungan. Contohnya : papan serat, plester lembut, <i>minerals wools</i> dan selimut isolasi
Panel Penyerap	Material yang dapat menyerap frekuensi rendah dengan efisien. Digunakan pada lapisan penunjang tetapi dipisah oleh satu rongg yang terletak pada bagian bawah

	dinding (Doello,1990:39). Bahan ini mempunyai ciri bergetas jika ditabrak gelombang bunyi. Contoh bahan : Panel kayu, Hardboard, Gypsum Board, Panel Kayu yang diletakan dilangit-langit.
Lubang Resonansi	Sangat efektif dalam menyerap suara karena terdiri dari sejumlah udara tertutup yang dibatasi oleh dinding yang berfungsi untuk beresonansi dengan bunyi dan dihubungkan oleh lubang sempit ke ruang di sekitarnya yang menjadi media rambat bunyi
Karpet	Mampu mereduksi dan meniadakan kebisingan, seperti suara seretan kaki, langkah kaki dan sebagainya. Selain sebagai penutupn lantai, karpet juga berfungsi sebagai penutup dinding yang bertujuan untuk meredam bunyi secara maksimal.

(Sumber: Doelle 1990:33).

2.4 Kenyamanan Akustik

Pengaruh kebisingan terhadap manusia secara fisik tidak saja mengganggu organ pendengaran, tetapi juga dapat menimbulkan gangguanpada organ-organ tubuh yang lain, seperti penyempitan pembuluh darah dan sistem jantung (Sasongko et al., 2000).

Akustik (*acoustics*) adalah ilmu tentang bunyi. Akustika dibagi menjadi dua bagian yaitu akustik ruang (*room accustics*) yang menangani bunyi-bunyi yang di kehendaki dan kontrol kebisingan (*noise control*) yang menangani bunyi-bunyi yang tak dikehendaki. Bunyi sendiri merupakan gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frukensi antara 20-20.000 Hz. Suara merupakan bunyi manusia. Bunyi udara adalah bunyi yang merambat melalui udara. Dan bunyi struktur merupakan bunyi yang merambat melalui struktur bangunan. Terdapat empat elemen bunyi yang berpengaruh terhadap penataan bunyi yaitu sumber bunyi (*sound source*), penerimaan bunyi (*receiver*), media dan gelombang bunyi (*soundwave*). Sumber bunyi bisa berupa benda

yang bergetar, seperti pita suara manusia, gitar ataupun soundsystem. Penerima bunyi merupakan telinga manusia. Sedangkan media rambat bunyi merupakan zat gas, padat maupun cair.

2.4.1 Defisi Kebisingan

Berdasarkan SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep.Men-48/MEN.LH/11/1996, kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan, termasuk ternak, satwa dan sistem alam.

2.4.2 Jenis –jenis kebisingan

Jenis-jenis kebisingan yang sering ditentukan adalah:

1. Kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi luas (*steady state, wide band noise*).
Misalnya suara yang timbul oleh kipas angin
2. Kebisingan kontinyu dengan spektrum frekuensi sempit (*steady state narrow band noise*).
Misalnya suara yang ditimbulkan oleh gergaji sirkuler dan katup gas.
3. Kebisingan terputus-putus (*intermitten*).
Misalnya suara lalu lintas, suara kapal terbang dilapangan udara.
4. Kebisingan implusif (*impact or impulsive noise*).
Misalnya suara tembakan atau meriam.
5. Kebisingan impulsif berulang.
Misalnya suara yang ditimbulkan mesin tempa.

2.4.3 Sumber Kebisingan

Kebisingan adalah bentuk yang tidak diinginkan dari bunyi. Bunyi dan kebisingan sama berasal dari benda yang bergetar. bunyi berasal dari bergetarnya molekul-molekul udara di sekitar sumber sunyi yang bergetar.

Berbagai macam sumber kebisingan adalah akibat dari mekanisme aktivitas proyek pembangunan. Yaitu :

1. Sumber kebisingan dari tipe pembangunan pemukiman

2. Sumber kebisingan dari tipe pembangunan gedung publik
Misalnya untuk perkantoran, sekolah dan rumah sakit
3. Sumber kebisingan dari tipe pembangunan industri
4. Sumber kebisingan dari tipe pembangunan infrastruktur berupa pekerjaan umum. Misalnya jalan, saluran induk air, selokan induk dan lainnya.

Dilihat dari sifat kebisingan dibagi menjadi dua yaitu:

1. Sumber kebisingan statis misalnya pabrik, mesin, tape dan lainnya
2. Sumber kebisingan dinamis, misalnya mobil, pesawat terbang, kapal laut dan lainnya.

Dilihat dari sumber suaranya, kebisingan dibagi menjadi dua yaitu:

1. Bising Interior

Merupakan bising yang berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga atau mesin-mesin gedung yang antara lain disebabkan oleh radio, televisi, alat musik dan juga bising yang ditimbulkan oleh mesin-mesin yang ada di gedung tersebut seperti kipas angin, motor kompresor pendingin, pencuci piring dan lain-lain.

2. Bising Eksterior

Bising yang dihasilkan oleh kendaraan transportasi darat, laut, maupun udara, dan alat-alat konstruksi.

2.4.4 Intesitas kebisingan

Intesitas kebisingan adalah arus energi persatuan luas yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB), dengan membandingkannya dengan kekuatan dasar $0,0002 \text{ dyne/cm}^2$ yaitu kekuatan dari bunyi dengan frekuensi 1000hz yang tepat tepat dapat didengar oleh manusia normal desibel adalah satuan per sepuluh bel, sebuah satuan yang dinamakan untuk menghormati Alexander Graham Bell. Satuan bel terlalu besar untuk digunakan dalam keperluan, maka digunakan satuan desibel yang disingkat dB. Tabel berikut adalah skala intensitas kebisingan yang dikelompokan berdasarkan sumber kebisingan:

Tabel 2. 2 Skala Intensitas Kebisingan dan Sumbernya

Akibat yang terjadi	Intensitas (dB)	Keterangan
Kerusakan alat pendengaran	120	Sumber Kebisingan Batas dengar tertinggi
Menyebabkan tuli	100 – 110	Halilintar, meriam, mesin uap
Sangat hiruk	80 – 90	Hiruk pikuk jalan raya, perusahaan sangat gaduh, peluit polisi
Kuat	60 – 70	Kantor bising, jalanan pada umumnya, radio, perusahaan
Sedang	40 – 50	Rumah gaduh, kantor pada umumnya, percakapan kuat, radio perlahan
Tenang	20 – 30	Rumah tenang, kantor perorangan, Auditorium, percakapan
Sangat tenang	10 – 20	Suara daun berbisik (batas pendengaran terendah)

2.4.5 Kebisingan di Jalan Raya

Perkembangan sistem transportasi di setiap negara menimbulkan penambahan tingkat kebisingan disepanjang jalan raya. Lalu lintas di jalan raya merupakan sumber utama kebisingan yang mengganggu sebagian besar masyarakat perkotaan. Bukti yang ada menunjukkan bahwa kebisingan lalu lintas adalah sumber utama ketergangguan lingkungan. Penelitian membuktikan adanya korelasi positif antara kebisingan dan tingkat ketergantungan.

Bunyi yang ditimbulkan oleh lalu lintas adalah bunyi dengan tingkat suara yang tidak konstan. Tingkat gangguan kebisingan yang berasal dari bunyi lalu lintas dipengaruhi oleh tingkat suaranya, seberapa sering terjadi dalam satu-satuan waktu, serta frekuensi bunyi yang dihasilkannya.

A. Nilai Ambang Batas Kebisingan

Nilai ambang batas (NAB) atau baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

B. Baku Tingkat Kebisingan

Satuan tingkat intensitas bunyi adalah decibel (dB). *Sound level meter* (SLM) adalah alat standar untuk mengukur intensitas kebisingan. Prinsip kerja alat tersebut adalah dengan mengukur tiga jenis karakter respon frekuensi. Skala A merupakan skala yang paling mewakili batasan pendengaran manusia dan respons telinga terhadap kebisingan. Jadi dB (A) adalah satuan tingkat kebisingan dalam kelas A, yaitu kelas yang sesuai dengan respon telinga manusia normal. Kebisingan akibat lalu lintas dan kebisingan yang dapat mengganggu pendengaran manusia termasuk dalam skala A yang dinyatakan dalam satuan dB (A).

Tabel 2. 3 Baku Tingkat Kebisingan

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dB (A)
a. Perumahan dan Pemukiman	55
b. Perdagangan dan Jasa	70
c. Perkantoran dan Perdagangan	65
d. Ruang Terbuka Hijau	50
e. Industri	70
f. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
g. Rekreasi	70

(Sumber : Kep.Men-48/MEN.LH/11/1996)

2.5 Parameter Akustik Ruangan

Kriteria yang biasa dipakai untuk mengukur kualitas akustik ruang auditorium adalah menggunakan parameter subjektif dan obyektif. Parameter subjektif lebih banyak ditentukan terhadap persepsi individu, berupa penilaian terhadap seorang pembicara oleh pendengar dengan nilai indeks antara 0-10. Parameter subjektif meliputi *intimacy*, *spaciousness*, *atau envelopment*, *fullness* dan *overall impressions* yang biasanya dipakai untuk akustik teater dan *concert hall* (Legoh, 1993). Dalam

skala kecil seperti ruang kelas parameter ini bisa di gunakan dalam bentuk kuisioner yang menampilkan persepsi pengguna ruang. Parameter ini memiliki banyak kelemahan karena persepsi antar individu memiliki indeks yang berbeda-beda satu sama lain. Sehingga perlu dilakukan metode secara kuantitatif dengan cara pengukuran yang lebih obyektif dan bersifat analitis seperti pengukuran kebisingan latar belakang (*background noise*), distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), D_{50} (*deutlichkeit*), C_{50} , C_{80} (*Clarity*), dan TS (*Centre Time*).

2.5.1 Tingkat Kebisingan Latar Belakang (*Background Noise Level*)

Dirasa atau tidak dalam setiap ruangan akan selalu ada suara. Kebisingan ini biasa terjadi karena aktivitas didalam lingkungan ruang. Bising latar belakang bisa diartikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber utama atau sumber yang diinginkan.

Dalam suatu ruangan tertutup seperti pada ruang auditorium kebisingan latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal elektrikl didalam. Ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin dan seterusnya. Demikian pula kebisingan yang datang dari luar ruangan, seperti kebisingan lalu lintas di jalan raya, bising di area parkir dan seterusnya. Hal ini juga dapat terjadi didalam ruang kelas yang berada didalam lingkup fasilitas umum.

Permasalahan bising pada latarbelakang tidak dapat dihilangkan secara sepenuhnya namun masih bisa dikurangi atau di redam dengan perlakuan akustik terhadap ruangan. Besaran bising yang terjadi dilatar belakang ruang dapat diketahui dengan pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63 Hz sampai dengan 8kHz, dimana hasil dari pengukuran digunakan sebagai penentuan kriteria kebisingan ruang dengan cara memetakan pada kurva kebisingan (*Noise Criteria- NC*)

2.5.2 Respon Terhadap Impuls Ruang

A. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatujuuta dari energi awal, yaitu 60 dB. Dalam geometri akustik menjelaskan bahwa bunyi juga mengalami pantulan jika mengenai permukaan yang keras, tegar dan rata. Seperti pada plesteran, batu bata, beton atau kaca. Bunyi yang terjadi secara berulang ulang karena pantulan ini disebut dengung. Sabine (1993) mendefinisikan waktu dengung yaitu waktu lamanya terjadinya dengung didalam ruangan yang masih dapat didengar. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60dB saja. Tetapi juga pada pengaruh suara langsung atau pantulan awal (EDT).

Waktu dengung (*reverberation Time*) sangat menentukan tingkat kejelasan *speech*. Ruang yang memiliki waktu dengung yang panjang akan mengakibatkan penurunan *speech intelligibility*, karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantul sehingga suara langsung tidak begitu jelas. Sedangkan waktu dengung yang terlalu pendek akan mengakibatkan ruang berkesan “mati”.

EDT(*Early Decay Time*)

EDT (*Early Decay Time*) yang di perkenalkan V. Jordan yaitu perhitungan waktu dengung (RT) yang didasarkan pada pengaruh bunyi awal yaitubunyi langsung dan pantulan-pantulan awal yaituwaktu yang diperlukan Tingkat Tekanan Bunyi (TTB). Pengukuran EDT disarankan untuk mengitung parameter subjektif seperti *reverberance*, *clarity* dan *impression*.

B. *Definition* atau *Deutlichkeit* (*A Time Window Of 50 Ms*), D_{50}

Definition merupakan kemampuan pendengaran membedakan suara dari masing-masing sumber bunyi. *Definition* juga merupakan kriteria dalam penentuan kejelasan pembicara dalam suatu ruangan dengan cara memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan oleh energi suara total dalam ruangan.

D_{50} merupakan rasio antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima. Durasi 50ms disebut sebagai batas kejelasan *speech* yang dapat diterima. Semakin besar nilai D_{50} maka semakin baik pula tingkat keelasan pembicaraan, karena semakin banyak energi suara yang dimanfaatkan dalam waktu 50ms. Intelligibilitas atau kejelasan yang baik didapatkan untuk harga $D_{50} > 0\%$ adapun kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D_{50} dapat diukur seperti pada

Tabel 2. 4 Kategori Kebisingan

D_{50}	sI (%)	Kategori
0-20	0-60	Sangat buruk
20-30	60-80	Buruk
30-45	80-90	Cukup/sedang
45-70	90-97,5	Bagus
70-80	97,5-100	Sangat bagus

C. Clarity atau Klarheitsmass ($C_{50}; C_{80}$)

Clarity diukur dengan membandingkan antara energi suara yang dimanfaatkan (yang datang sekitar 0.05-0.08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantul yang datang setelahnya, dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam percakapan adalah 50-80 ms dan suara yang datang sesudahnya dianggap merusak.

Sehingga semakin tinggi nilai C_{50} , maka semakin pendek waktu dengung dan semakin sebaliknya. Tingkat kejelasan pembicaraan akan bernilai baik jika C_{50} lebih kecil atau sama dengan -2 dB. C_{80} merupakan rasio dalam dB antara energi yang diterima pada ms pertama dari signal yang diterima dan energi yang diterima sesudahnya. Batas ini menunjukkan kejelasan pada musik. Nilai dari C_{80} adalah

parameter yang terukur dari 80 ms, semakin tinggi nilai C_{80} maka suara akan semakin tidak jelas.

D. TS (*center time*)

TS merupakan waktu tengah antara suara datang (*direct*) dan suara pantul (*early to late*), semakin tinggi nilai TS maka kejernihan suara akan semakin buruk.

TS adalah titik dari energi yang diterima sebelum titik ini seimbang dengan yang diterima sesudah titik tersebut. TS berfungsi untuke mengukur sejauh mana kejelasan sebuah suara yangditerima oleh pada pendengar. Semakin renah nilai TS maka semakin jelas suara yang di terima.

Menurut Riberio (2002), parameter obyektif berupa respon impuls ruangan yang meliputi waktu dengung (*reverboration time*), waktu dengung peluruhan (*Early Decay Time*), D_{50} (*definition*), C_{50} , C_{80} (*Clarity*) dan TS (*center Time*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan.

Tabel 2. 5 Parameter Akustik

<i>Accoustical Parameters</i>	<i>Conference</i>	<i>Music</i>
<i>Reverberation Time</i> (R_{tmid} ,s)	0.85< r_{tmid} <1.30	1.30< R_{tmid} <1.83
<i>Early Decay Time</i> (EDT,s)	0.648<EDT $_{mid}$ <_0,81	1.04<EDT $_{mid}$ <-1.76
<i>Definition</i> (D,%)	>_65	-
<i>Clarity</i> (C_{50} , C_{80} ,dB)	C_{50} >6	-2< C_{80} <4
<i>Centre Time</i> (TS,ms)	<80	<80

2.6 Pemecahan Masalah pada Ruang Akustik

2.6.1 Reduksi Kebisingan Secara Alami (*Natural Solution*)

Kondisi ruangan yang memiliki volume kecil sesuai dengan penggunaan suara langsung pada sistem akustiknya. Sedangkan dalam menanggulangi masalah kebisingan, fenomena alam yang terjadi disekita kita mampu untuk membantu mengurangi tingkat kebisingan, hal ini di lakukan dengan cara perletakan elemen-elemen buatan. Sehingga kebisingan dapat berkurang meskipun tidak secara signifikan. Faktor-faktor yang memungkinkan mereduksi kebisingan adalah:

a. Jarak

Semakin jauh jarak obyek terhadap sumber bunyi maka semakin lemah suara yang diterima. Reduksi kebisingan akibat jarak akan berbeda besarnya antara sumber kebisingan tunggal dan majemuk. Penelitian menunjukkan bahwa pada sumber bunyi tunggal. Setiap kali jarak telinga dari sumber bertambah dua kalilipat dari jarak semula, kekuatan bunyiakan turun sebesar 6dB. Sedangkan pada sumber majemuk, setiap kali jarak telinga dari sumber bertambah dua kali lipat dari jarak semula, kekuatannya akan turun sebesar 3 dB (BRE/CIRIA, 1983)

b. Serapan Udara

Udara sebagai medium rambat gelombang bunyi, memiliki kemampuan untuk menyerap sebagian kecil kekuatan gelombang bunyi. Kemampuan udara dalam menyerap kekuatan gelombang bunyi tergantung terhadap kondisi suhu dan kelembabanya. Serapa yang lebih besar akan terjadi pada suhu rendah dibandingkan pada udara yang bersuhu tinggi. Serapan terjadi lebih baik didalam udara yang memeiliki kelembababan relatif rendah, dibandingkan pada udara dengan kelembaban yang relatif tinggi. Hal tersebut terjadi karena molekul udara pada suhu rendah lebih stabil dan rapat sehinggal gesekan yang terjadi ketika ada gelombang bunyi yang merambat menjadi lebih besar sehingga kekuatan gelombang bunyi berkurang. Bunyi erambat lebih cepat pada suhu udara yang lebih

tinggi, karena molekul udara lebih renggang sehingga gelombang bunyi melintas dengan hambatan yang minim. Sementara itu kondisi kelembaban relatif tinggi mengakibatkan titik-titik air yang terkandung didalam udara akan mengurangi terjadinya gesekan saat gelombang bunyi merambat sehingga reduksi kekuatan gelombang bunyi tidak terlalu besar.

c. Angin

Pada saat angin berbunyi menuju satu titik, maka titik tersebut akan menerima rambatan gelombang bunyi lebih cepat, namun pada saat angin bertiup berlawanan dari sumber bunyi maka bunyi tersebut akan di terima dengan kekuatan yang lemah.

d. Permukaan Tanah

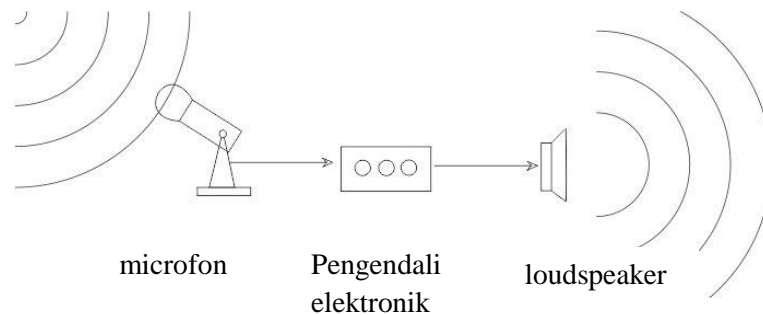
Permukaan bumi yang lunak mengakibatkan gelombang bunyi yang merambat di permukaan akan diserap oleh permukaan tersebut. Namun jika bunyi merambat pada permukaan yang lebih padat dan keras maka akan memberikan dampak yang sebaliknya yaitu bunyi yang dihasilkan menjadi lebih kuat.

e. Halangan

Halangan bisa terjadi secara alami oleh alam atau diciptakan manusia, seperti tembok, pagar dan sebagainya.

2.6.2 Reduksi Kebisingan Secara Buatan (*Artifisial*)

Sistem bunyi elektronik (*electronic sound system*) yang berfungsi untuk memperkuat bunyi asli. Komponen sistem ini terdiri dari mikrofon (*microphone*) yang bertugas untuk merubah gelombang bunyi (energi bunyi) menjadi sinyal listrik, penguat (amplifier yang bertugas untuk memperkuat sinyal listrik dari mikrofon. Dan terdapat pula loudspeaker (pengeras suara/ pelantang) yang mengubah sinyal listrik yang telah diperkuat menjadi gelombang bunyi yang lebih keras dari pada bunyi asli.



Gambar 2.1. Dasar Sistem Bunyi Elektronik

Tipe-Tipe Akustik Buatan

Ada beberapa tipe penempatan loudspeaker pada sistem bunyi elektronik, namun pada dasarnya ada 4 tipe:

- **Terpusat**

Sekelompok speaker yang diletakan di atas sumber bunyi asli, setinggi 7-13 m, dan agak ke depan sedikit (manusia tidak terlalu peka terhadap pergeseran bunyi secara vertikal, dan terlalu peka terhadap pergeseran bunyi secara horisontal, kanan-kiri). Kelebihan dari sistem ini bunyi dari speaker sama arahnya dari bunyi asli sehingga terasa alami.

- **Tersebar**

Meletakan rangkaian speaker di atas audiensi. Tipe ini digunakan untuk ruangan yang langit-langitnya relatif pendek sehingga tidak memungkinkan memakai tipe terpusat. Tipe ini di utamakan untuk aktivitas yang mementingkan kejelasan bunyi dan tidak mementingkan sumber bunyi. Misalnya di bandara dan ruang kelas.

- **Terpadu dengan kursi**

Meletakan speaker secara terpadu dibelakang kursi. Tipe ini biasa diterapkan di gereja. Ketika bunyi yang pelan tapi jelas dan merata diperlukan. Biasanya speaker diletakan di sandaran kursi, dan bunyinya akan didengar oleh orang yang duduk di belakang kursi tersebut.

- **Kombinasi**

Untuk kombinasi tipe terpusat dan tersebar diperlukan alat penunda bunyi (Initial Time Delay) agar bunyi dari speaker di deretan belakang menunggu datangnya bunyi dari speaker terpusat didepan. Jika tidak, maka audiensi yang duduk ideretan kursi belakang akan mendengar bunyi dari speaker di deretan belakang terlebih dahulu (karena dian lebih dekat) baru bunyi dari speaker di depan. Ini tentu sangat mengganggu dan tidak alami.

Bunyi dari loudspeaker tidak boleh tertangkap oleh mike karena akan menyebabkan feedback (suara mendenging). Untuk menghindari hal tersebut dapat menggunakan *anti-feedback*. *Delay* diperlukan pada *loudspeaker* belakang agar pendengaran dibelakang menerima bunyi dari loudspeaker depan dan belakang secara bersamaan.

Tabel 2. 6 Perbandingan Sistem Penempatan *Loudspeaker*

Sistem	Kerealistisan bunyi	Keterlihatan loudspeaker	Penunda sinyal elektronik	Biaya peralatan relatifnya
Sentral	Sangat baik	Sangat terlihat	Tidak dibutuhkan	Rendah
Tersebar	Jelek	Tidak terlalu terlihat bila di tanam dalam ceruk tetapi sangat terlihat jika di gantung	Kadang-kadang diperlukan	Rendah hingga sedang
Tersebar pada kolom	Sedang	Agak terlihat	Diperlukan	Sedang hingga tinggi
Terpadu dengan kursi	Jelek	Tidak terlalu menonjol	Diperlukan	Tinggi
Kombinasi	Tergantung dari ruangan dan desain sistem			

2.7 Kerangka Teori

