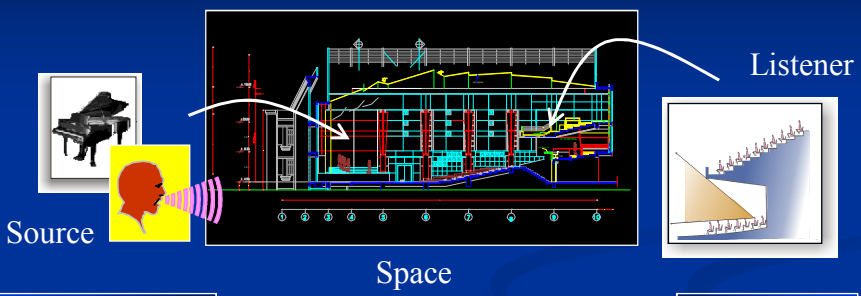
Fisika Bangunan 2:
Bab 3 . Parameter akustik ruang

Dr. Yeffry Handoko Putra, S.T, M.T
yeffry@unikom.ac.id

25

Physical Attributes of Sound in Room



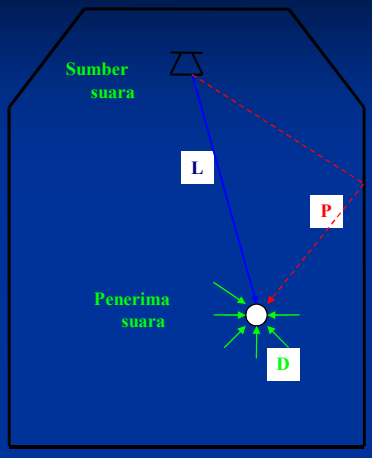
- loudness → level
- pitch → frequency
- time
  - spatial
  - spectral
  - temporal

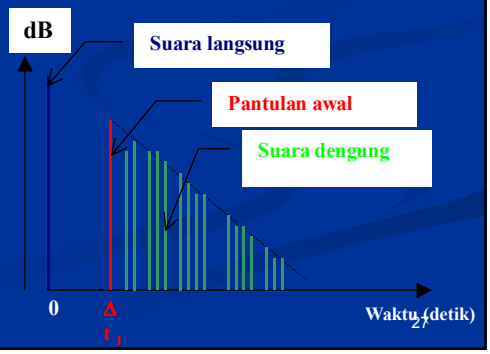
- absorption
- diffraction
- reflection
- diffusion

- time delay
- reverberation
- interference
- acoustic defects

- audibility
- quality (hi-fi)
- clarity
- auralization
- noisiness

Medan suara dalam ruangan



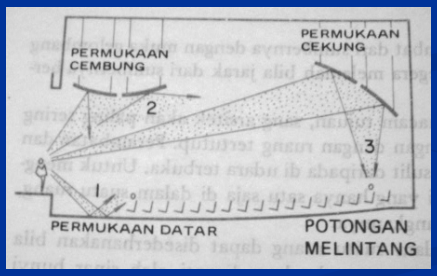


Parameter objektif

- Tingkat pendengaran (LL=Loudness Level)
- Waktu tunda pantulan awal (Δt_1)
- Waktu dengung (Reverberation time)
- Korelasi silang antar telinga (IACC)

Parameter akustik ruang

- **Pemantulan Bunyi**
  Permukaan yang keras, tegar dan rata seperti beton, bata, batu, plester atau gelas memantulkan hampir semua energi bunyi yang jatuh padanya. Permukaan pemantul cembung cenderung menyebarkan bunyi dan permukaan cekung mengumpulkan bunyi



29

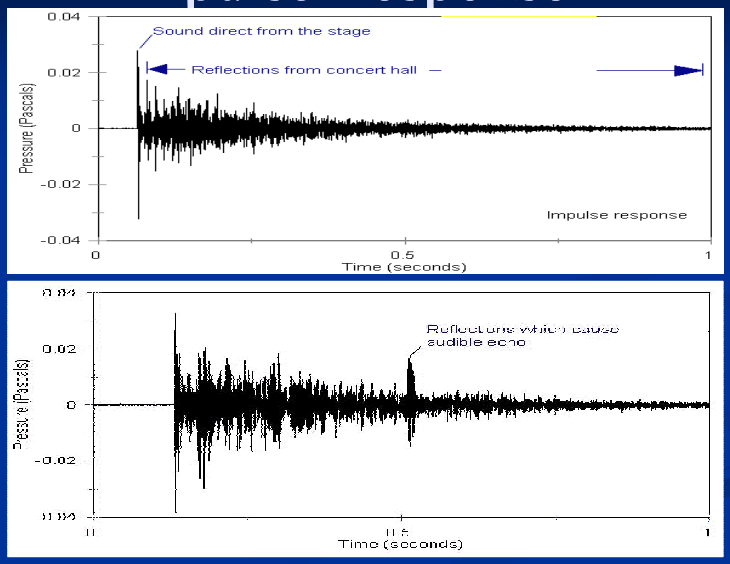
Parameter akustik ruang

- **Bunyi dengung (reverberation sound)**
  Bunyi yang terjadi akibat pantulan Adanya bunyi dengung mempengaruhi kondisi akustik ruangan, ruangan dengan bunyi dengung yang lama akan memberikan kesan seperti di dalam gua sedangkan bunyi dengung yang sebentar akan memberikan kesan seperti di alam terbuka

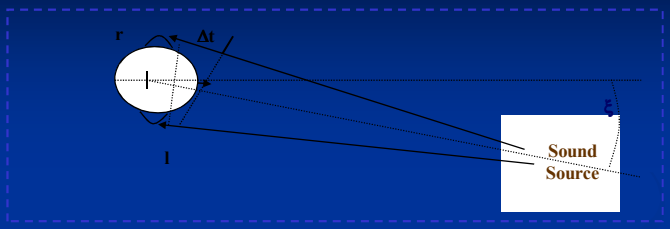
- **Waktu dengung (Reverberation Time, RT)** adalah waktu yang diperlukan bunyi untuk berkurang 60 dB.

30

Impulse Response



InterAural Cross Correlation (IACC)



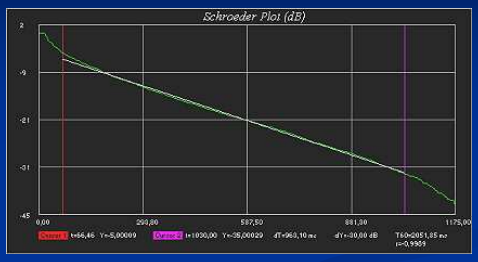
$$\phi_{lr}^{(N)}(\tau) = \frac{\sum_{n=0}^{N} A_n^2 \Phi_{lr}^{(n)}(\tau)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N} A_n^2 \Phi_{ll}^{(n)}(0) \sum_{n=0}^{N} A_n^2 \Phi_{rr}^{(n)}(0)}}$$

$$IACC = |\phi_{lr}(\tau)|_{Max}$$

where $|\tau| \leq 1$ ms

From Ando, 1985

Reverberation Time





Wallace Clement Sabine [1868-1919], 'father of architectural acoustics'; merumuskan tentang perhitungan **Reverberation Time**

$$T = \frac{0.161\ V}{A}$$

Schroeder M.R. *Integrated-Impulse method measuring sound decay without using impulses* J. Acoust. Soc. Am. Vol. 66(2) 1979

33

- **Penyerapan (Absorption)**

  Perbandingan antara energi bunyi yang diteruskan oleh suatu bahan terhadap energi bunyi yang datang pada bahan tersebut.

  Sabine menyatakan hubungan RT dengan volume dan jumlah penyerapan :

$$RT = \frac{0{,}16V}{A + xV}$$

  V = Volume ruang, meter kubik

  A = penyerapan ruang total, sabin meter persegi

  x = koefisien penyerapan udara

  $A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \ldots. + S_n\alpha_n$; S = luas penyerapan

34

Untuk ruangan yang mempunyai koefisien absorpsi suara rata-rata $\bar{\alpha} < 0.1$

→ $\ln(1-\bar{\alpha}) \cong \bar{\alpha}$

$S\ln(1-\bar{\alpha}) = S\bar{\alpha}$

sehingga $T = 0.161 \dfrac{V}{S\bar{\alpha}}$ detik

Rumus Waktu Dengung SABINE

dimana :

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + ... + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + ... + S_n}$$

$$S = S_1 + S_2 + ... + S_n$$

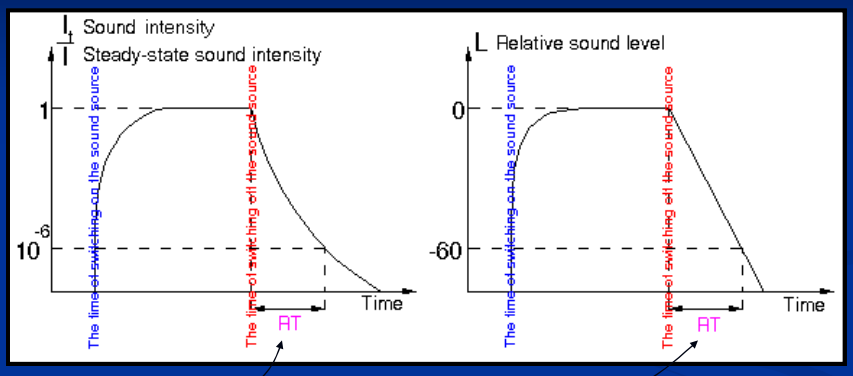
Rumus Waktu Dengung menunjukkan :

- Untuk $V >$ maka $T >$ → dalam ruangan dengan waktu dengung tinggi kejelasan suara (intelligibility) berkurang
- Untuk $\alpha >$ maka $T <$ → dalam ruang dengan absorpsi suara tinggi kekerasan suara tergantung jarak terhadap sumber

Jenis ruangan dengan $T >>$ disebut Ruang Dengung atau Reverberation Chamber sedangkan ruangan dengan $\alpha >>$ disebut Anechoic Chamber.
Jenis ruangan pada umumnya disebut Semi-Reverberant Room

35

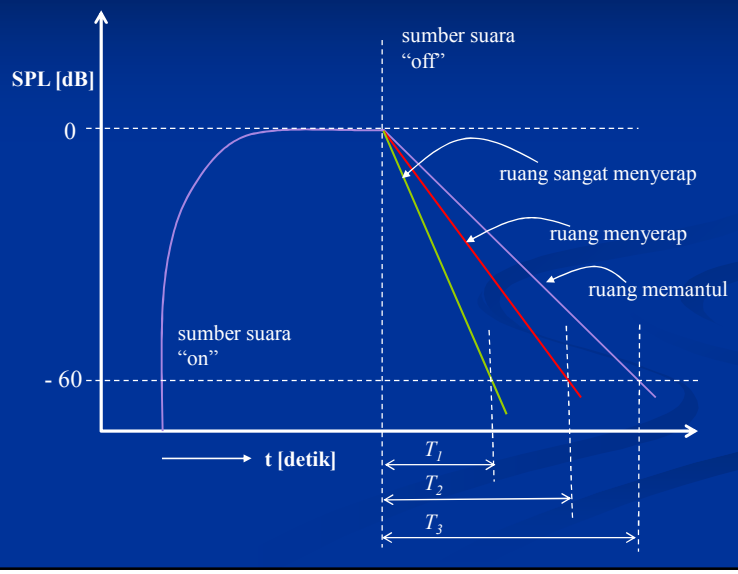
Grafik Waktu Dengung



WAKTU DENGUNG : waktu yang dibutuhkan oleh suatu ruangan untuk meluruhkan tingkat tekanan suara sebesar 60 dB dari kondisi tunaknya

36

Waktu Dengung Ruangan



37

The Room Response (1)

Should consider the room response → blending the elctroacoustics and the room acoustics phenomena

Indoor surrounding



Outdoor surrounding

Entirely relies on quality of the source and capability of electronic sound processor



The Room Response (2)

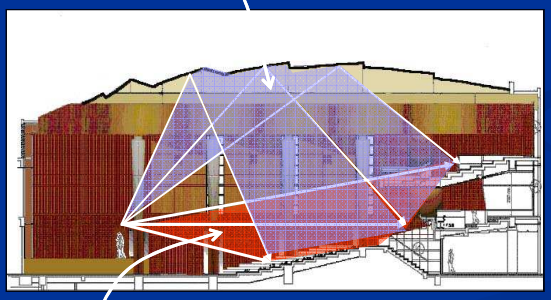
Reflected sound
(vertical & lateral)

unintentionally created →

acoustic defects : focusing, shadow zone, flatter echo, resonance, grazing incidence

intentionally created →

improve and enrich direct sound and control room response



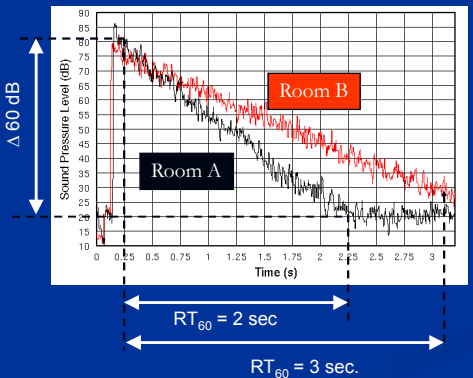
"Quality"

- Optimum Reverberation Time
- Optimum Diffusivity Levels
- Equal distributed loudness level
- Improve perceptual & binaural effects (auralization) → spatial, temporal

Direct sound : *carries the most complete information as well as character of sound source*

Reverberation Time (1)

Reverberation time *is the time required for the sound level in the room to decay 60 dB, or it is the time needed for a loud sound to be inaudible after turning off the sound source.*



$$T_{60} = 0.161 \frac{V}{\alpha S}$$ *second*

Most important :

At 500 Hz and 100 Hz

Recent approach :

- *Initial Time Delay → first 30 ms decay*
- *Different RT for different room functions*
- *More Accurate calculation models*
- *Introduction of EDT (10 dB down)*

Reverberation Time (2)

To control RT using acoustic materials :

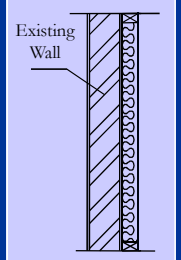
$$T_{60} = 0.161\frac{V}{\bar{\alpha} S}$$

V = room volume in m^3

$\bar{\alpha}$ = average absorption coefficient of room enclosure

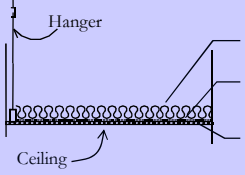
S = surface area of room enclosure in m^2

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \ldots\ldots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\alpha_i S_i}{S_i}$$



Wall treatment

Ceiling Treatment



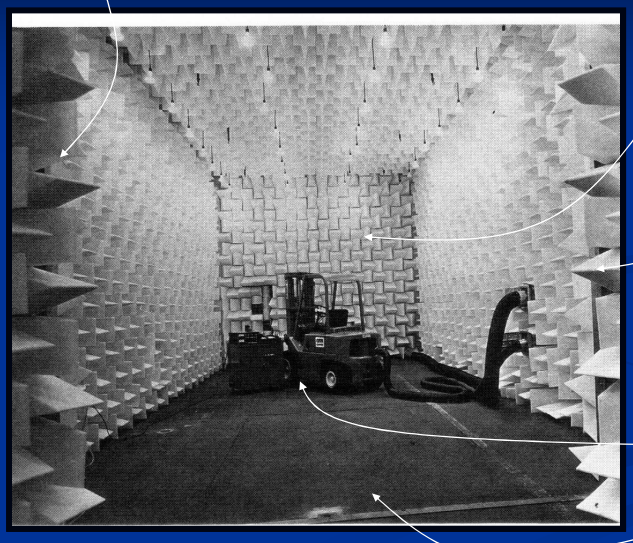
Glasswool
Thickness = 10 cm, density 16 kg/m^3
Rockwool/Glaswoolcloth

Gypsum perforated ,
Holes 20%, thickness 12 mm

Anechoic Chamber

Bagian pintu

Jenis : Full dan Half-Full



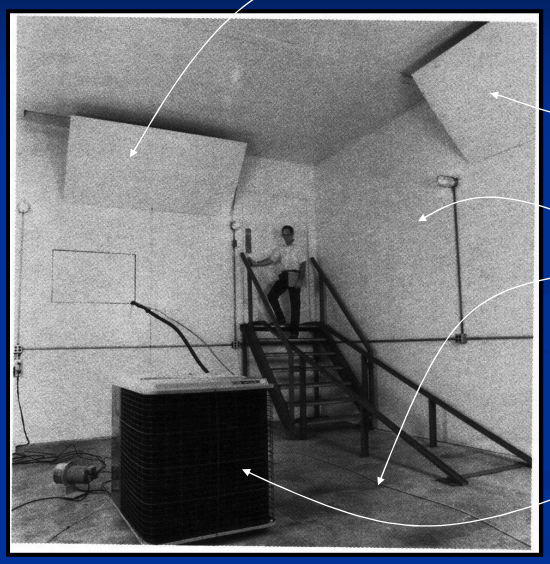
Baji-baji bahan penyerap suara : glass wool

Sumber Bising yang sedang diukur

Bagian Lantai dari bahan penyerap suara

42

Reverberation Chamber



Diffusor tambahan

Dinding dan lantai
Pemantul Suara

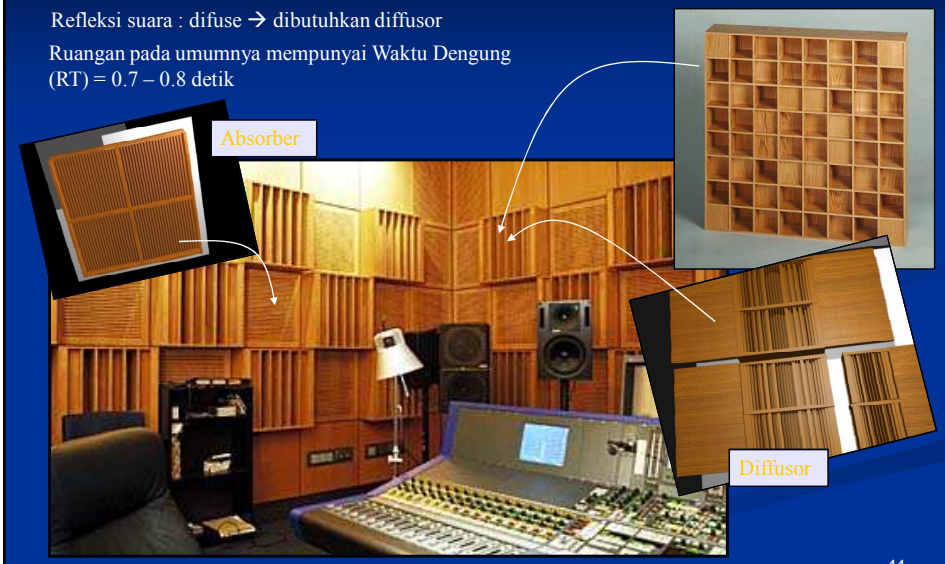
Obyek Pengukuran

43

Ruang Semi-Reverberant
Contoh : Ruang Monitoring Studio Rekaman

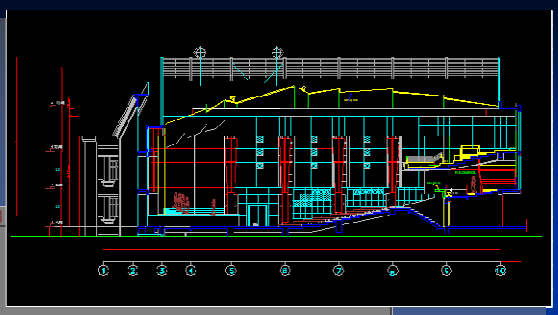
Refleksi suara : difuse → dibutuhkan diffusor

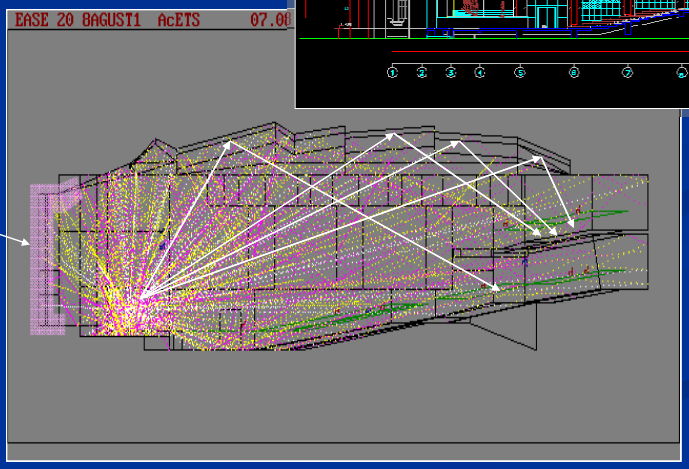
Ruangan pada umumnya mempunyai Waktu Dengung (RT) = 0.7 – 0.8 detik



44

Analisa Refleksi Suara dan
Waktu Dengung Ruang Auditorium
menggunakan EASE-20
MODEL GEREJA GSJA - Bogor





Penyerap
suara

45

Contoh soal

Dalam sebuah ruangan berukuran 5m x 10m x 3m, diletakkan sebuah sumber suara berkekuatan 10 μwatt pada posisi seperti pada gambar. α(dinding) = 0.02; α(lantai) = 0.1 dan α(langit-langit) = 0.26

Tentukan :

1. L_p dititik P ditengah ruangan
2. Berpa reduksi L_p dititik P jika ceiling ditambah dengan bahan yang mempunyai α = 0.3

46