

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bunyi

Benda yang bergetar dan menimbulkan gesekan terhadap zat lain disekitarnya menghasilkan bunyi. Bunyi berasal dari objek yang bergetar yang kemudian merambat melalui zat di sekitarnya. Zat-zat tersebut dapat berupa cairan, padatan, maupun gas yang terus menerus merambat melalui zat-zat lain disekitarnya sehingga membentuk rapatan dan renggangan yang digambarkan sebagai gelombang yang merambat. Keberadaan zat-zat di sekitar objek yang bergetar disebut medium perambatan gelombang bunyi. Objek yang bergetar disebut sumber bunyi, perambatan gelombangnya yang melalui medium perantara tersebut akan ditangkap oleh telinga dan elemen pendengaran didalamnya yang selanjutnya saraf pendengaran mengirimnya ke otak. Hal tersebut adalah proses manusia dapat mendengar atau menangkap bunyi (Mediastika, 2005).

2.2. Perilaku Bunyi dalam Ruang

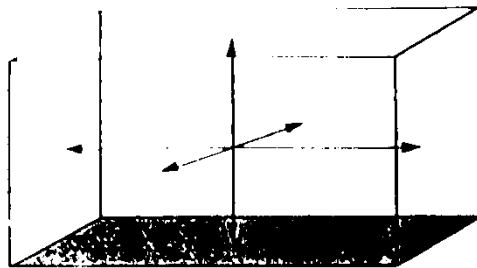
Perilaku bunyi dalam ruang berarti perambatan gelombang bunyi yang terjadi di dalam ruang tertutup yang berbeda dengan yang terjadi pada ruang terbuka. Bidang-bidang pembatas ruangan tertutup seperti lantai, dinding, dan plafon, menciptakan batas dalam perambatan gelombang bunyi ke segala arah. Bunyi yang merambat di dalam ruang tertutup tersebut akan mengalami berbagai peristiwa tergantung pada karakteristik bidang pembatas dan jenis frekuensi bunyi, seperti refleksi, difusi, absorbs, difraksi, dan refraksi (Mediastika, 2009).

1. Perambatan gelombang bunyi

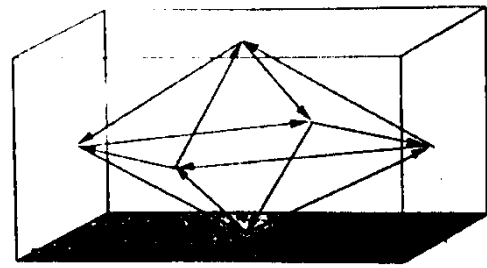
Medium perambatan bunyi yang paling umum adalah udara. Perambatan bunyi melalui udara ini disebut *airborne*. Pada ruangan tertutup yang memiliki bidang-bidang pembatas yang merupakan zat padat akan terkena getaran dari udara tersebut sehingga bidang pembatas ikut bergetar. Getaran bunyi yang terjadi pada bidang pembatas ini merupakan perambatan bunyi secara *structureborne*.

2. Pemantulan

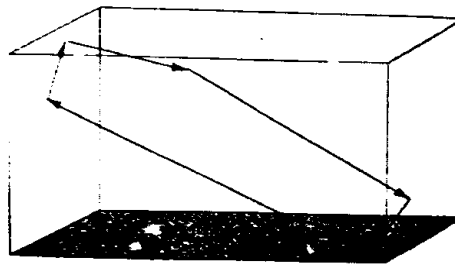
Pemantulan bunyi merupakan salah satu cara untuk menyebarkan gelombang bunyi secara merata dan menambah tingkat keras bunyi jika diolah sedemikian rupa sehingga mendapatkan hasil optimal. Pemantulan bunyi dibedakan menjadi tiga, yaitu bersifat aksial, tangensial, dan obliq. Pemantulan aksial merupakan pemantulan bolak-balik antara dua bidang batas sejajar yang akan mengganggu sehingga sebaiknya dihindari. Pemantulan tangensial terjadi secara horizontal dan menyentuh keempat sisi elemen pembatas ruang. Sedangkan pemantulan obliq terjadi secara meruang dengan menyentuh keenam sisi elemen bidang pembatas ruang.



Gambar 2.1 Pemantulan aksial
Sumber: Mediastika, 2009



Gambar 2.2 Pemantulan tangensial
Sumber: Mediastika, 2009



Gambar 2.3 Pemantulan obliq
Sumber: Mediastika, 2009

3. Penyerapan

Penyerapan bunyi adalah perubahan energy bunyi menjadi bentuk lain ketika melewati suatu permukaan lain. Penyerapan bunyi bergantung pada frekuensi bunyi yang datang dan keadaan permukaan bidang batas. Kemampuan serap material ditentukan oleh koefisien absorpsi yaitu satuan Sabine yang berbeda-beda yang dinyatakan dalam angka 0 sampai 1.

4. Defraksi

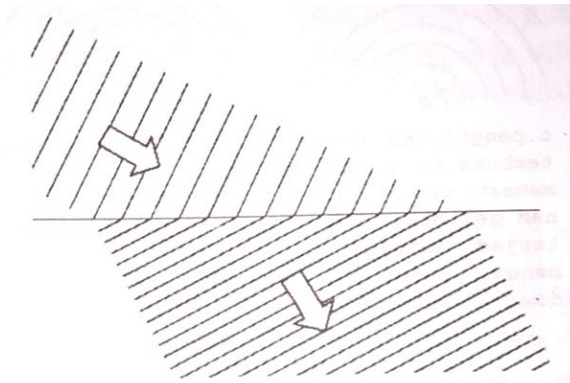
Defraksi adalah rambatan gelombang bunyi yang mengenai ujung bidang pembatas yang kemudian membelok melewati ujung pembatas menuju ruangan yang berada di balik pembatas. Peristiwa ini menyebabkan dimensi bidang batas dan sisa celah yang terbentuk dari bidang pembatas menjadi pertimbangan strategi akustik untuk menahan perambatan gelombang bunyi.



Gambar 2.4 Defraksi gelombang bunyi
Sumber: Mediastika, 2009

5. Refraksi

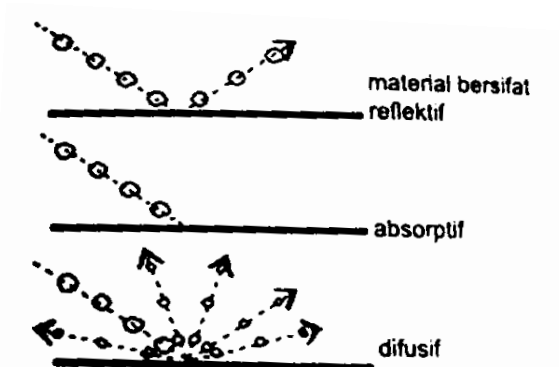
Refraksi adalah pembiasan/pembelokan arah rambatan gelombang bunyi karena melewati media yang kerapatannya berbeda. Hal ini terjadi ketika bunyi yang diteruskan melewati bidang pembatas. Sebagai contoh, bunyi yang awalnya merambat melalui udara, kemudian melewati medium padat bidang pembatas ke ruang di balik bidang pembatas. Pembiasan ke bawah akan terjadi pada gelombang bunyi saat berpindah dari medium molekul renggang ke molekul yang lebih padat. Sebaliknya gelombang bunyi akan mengalami pembiasan ke atas saat berpindah dari medium molekul rapat ke molekul yang lebih renggang.



Gambar 2.5 Refraksi gelombang bunyi
Sumber: Mediastika, 2009

6. Difusi

Difusi adalah gelombang bunyi yang membentur bidang pembatas padat dan keras, namun memiliki permukaan yang tidak halus yang memiliki kecenderungan memantul. Ketidak-halusan material bidang batas dapat berupa permukaan kasar, bergelombang, atau bergerigi. Pemantulan tersebut disebut *diffuser*. Pemantulan yang tidak dikehendaki dalam suatu ruang dapat diperbaiki salah satunya dengan memanfaatkan peristiwa difusi ini. Difuser yang bekerja mencegah pengelompokan bunyi menyebabkan bunyi tersebar merata sehingga tidak ada area di dalam ruang yang akan mendengar pantulan terlalu kuat atau sama sekali.



Gambar 2.6 Perbedaan perlakuan gelombang bunyi pada permukaan reflektif, absorbtif, dan difusif
Sumber: Mediastika, 2009

2.3. Waktu Dengung

Waktu dengung terjadi pada suatu ruang yang mengalami penumpukan suara yang dihasilkan oleh pantulan gelombang bunyi dari seluruh permukaan ruang yang terjadi secara berulang-ulang. Waktu dengung ini dapat dipengaruhi oleh volume ruang,

perbedaan permukaan material, dan koefisien serap dari material permukaan ruang. Waktu dengung dapat dikurangi dengan meningkatkan penyerapan suara atau menurunkan volume. Waktu dengung dapat dihitung dengan menggunakan rumus Sabine (Doelle, 1972):

$$RT = \frac{0.16 V}{A + xV} \quad (1)$$

Dengan: RT = waktu dengung (detik)
 V = volume ruang (m³)
 A = penyerapan ruang total (sabin m²)
 x = koefisien penyerapan udara

Nilai suatu waktu dengung berubah berdasarkan frekuensi juga, sehingga penting untuk menghitung waktu dengung untuk sejumlah frekuensi. Frekuensi paling sedikit yang bisa digunakan sebagai wakil pada 125, 500, dan 2000 Hz. Suatu waktu dengung (RT) biasanya disebutkan tanpa mencantumkan suatu frekuensi, maka biasanya RT tersebut dimisalkan pada frekuensi 500 Hz.

Di ruang di mana komunikasi suara (listening to speech) penting, batas kebisingan dapat diatur dalam hal tingkat gangguan bicara (SIL). Sedangkan untuk ucapan manusia, frekuensi yang paling penting adalah 500, 1000 dan 2000 Hz. Frekuensi di bawah 500 dan di atas 2000 Hz kurang penting untuk kejelasan ucapan (Szokolay, 2004).

2.4. Kebisingan

Definisi kebisingan dalam istilah objektif adalah ‘getaran acak, tidak menunjukkan pola umum’. Namun, kebisingan sebenarnya adalah fenomena subjektif, dimana suara yang dinikmati seseorang bisa menjadi kebisingan bagi orang lain. Satu-satunya definisi kebisingan yang berarti adalah ‘suara yang tidak diinginkan’. Secara umum, efek kebisingan berikut dapat dibedakan:

1. 65 dBA: sampai tingkat ini, suara bising atau suara yang tidak diinginkan bisa menimbulkan gangguan, namun hasilnya hanya bersifat psikologis (*nervous effects*). Di atas tingkat ini, efek fisiologis, seperti kelelahan mental dan tubuh dapat terjadi.
2. 90 dBA: bertahun-tahun terpapar tingkat kebisingan semacam ini dapat menyebabkan beberapa gangguan pendengaran yang permanen.
3. 100 dBA: dengan periode paparan kebisingan yang pendek, tingkat ketajaman aural mungkin akan terganggu sementara sedangkan pemaparan

yang terlalu lama cenderung menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki pada indera pendengaran.

4. 120 dBA: sangat menyakitkan.
5. 150 dBA: menyebabkan hilangnya pendengaran sesaat.

Tingkat kebisingan yang dapat diterima tidak hanya bergantung pada faktor fisik objektif, tetapi juga pada faktor subjektif dan psikologis. Itu tergantung pada keadaan pikiran dan ekspektasi pendengar. Saat tidur di kereta, kebisingan monoton 65 – 70 dBA tidak mengganggu, tetapi di rumah yang sepi bagi seseorang yang menyetel jam alarm dengan suara 25 dBA bisa membuat terjaga dan jengkel.

2.5. Faktor-faktor Pereduksi Kebisingan

Kebisingan yang melebihi standar baku kebisingan yang dianjurkan dapat mengganggu kegiatan, bahkan kebisingan yang ekstrim dapat mengganggu kesehatan seseorang. Berikut faktor-faktor yang dapat digunakan dalam mereduksi kebisingan (Mediastika, 2005):

1. Reduksi kebisingan secara alamiah

Fenomena alam sebenarnya dapat mereduksi kebisingan tanpa harus menempatkan elemen-elemen buatan. Namun nilai reduksi yang dihasilkan tidak terlampau signifikan. Berikut faktor-faktor alami yang mampu mereduksi kebisingan:

a. Jarak

Bunyi yang diterima telinga akan semakin lemah jika jarak telinga semakin jauh terhadap sumber kebisingan. Nilai reduksi kebisingan akan berbeda tergantung dengan sumber kebisingannya, tunggal atau majemuk.

b. Serapan udara

Udara sebagai medium perambatan gelombang bunyi mampu menyerap sebagian kecil gelombang bunyi yang melewatinya. Suhu dan kelembapan yang mempengaruhi serapan udara. Semakin rendah suhu udara dan kelembapan udara maka serapan yang terjadi semakin baik.

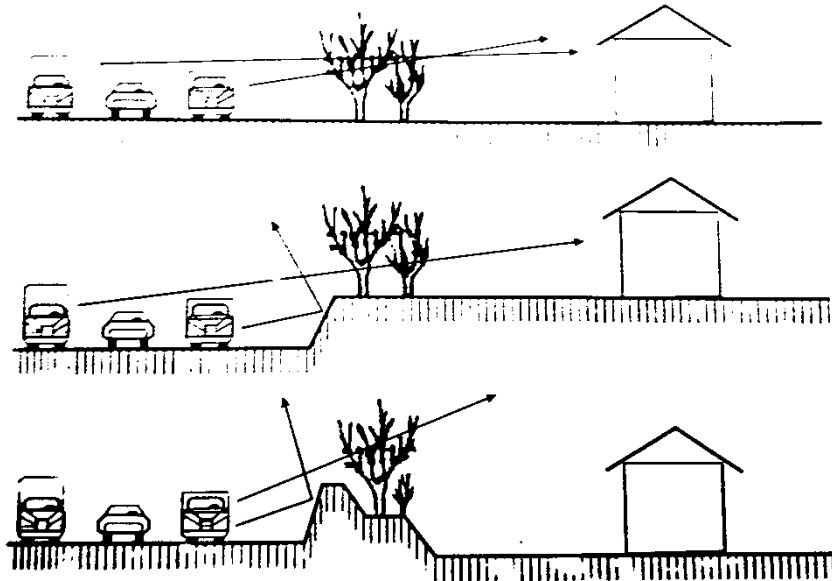
c. Angin

Angin dapat mereduksi suara dari arah angin terhadap sumber bunyi. Saat angin berhembus dari sumber bunyi suatu titik, maka titik tersebut akan menerima angin kekuatan besar yang juga membawa bunyi yang besar juga.

Sebaliknya, jika angin berhembus dari suatu titik ke sumber bunyi, maka titik tersebut hanya akan menerima bunyi yang lemah.

d. Permukaan tanah

Permukaan lunak seperti tanah atau rerumputan yang dibiarkan tanpa perkerasan dapat mereduksi kebisingan. Reduksi tersebut terjadi karena permukaan lunak dapat menyerap bunyi yang merambat sehingga bunyi yang diterima akan melemah kekuatannya.



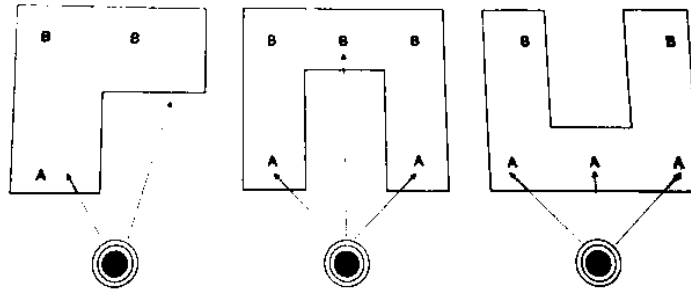
Gambar 2.7 Reduksi oleh penghalang alamiah
Sumber: Mediastika, 2005

e. Halangan

Penghalang yang dapat digunakan sebagai pereduksi kebisingan dapat dibedakan menjadi dua yaitu halangan yang terjadi secara alamiah dan buatan. Halangan alamiah adalah penghalang yang terjadi secara tidak sengaja seperti kontur yang membentuk bukit dan lembah.

2. Menata *layout* bangunan

Penataan *layout* pada lahan luas dapat dilakukan dengan meletakkan bangunan di area yang paling jauh dari sumber bising. Sedangkan pada lahan terbatas dapat dilakukan dengan penataan *layout* ruang dalam yaitu dengan meletakkan ruang privat jauh dari sumber bising dan ruang publik pada area yang lebih dekat dengan sumber bising.



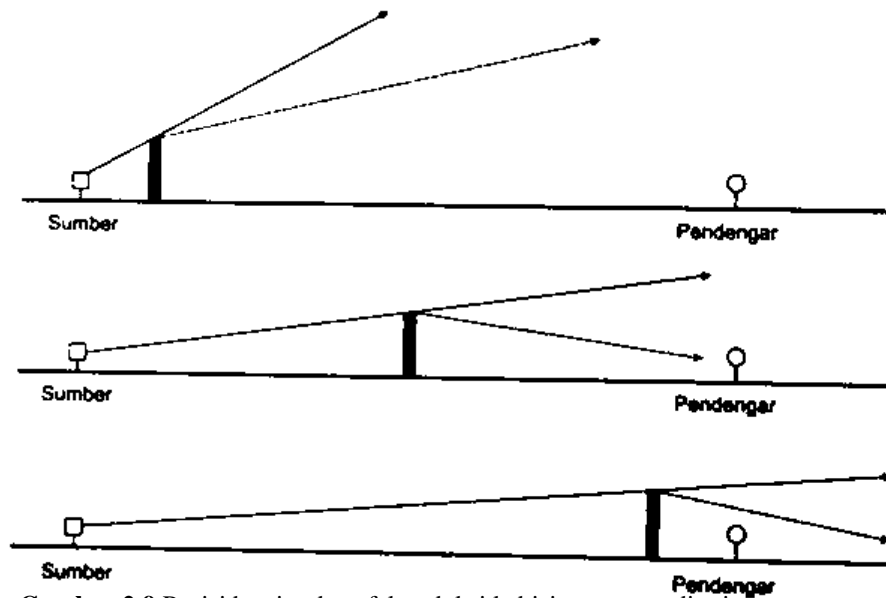
Gambar 2.8 Penataan layout bangunan
Sumber: Mediastika, 2005

3. Penghalang buatan

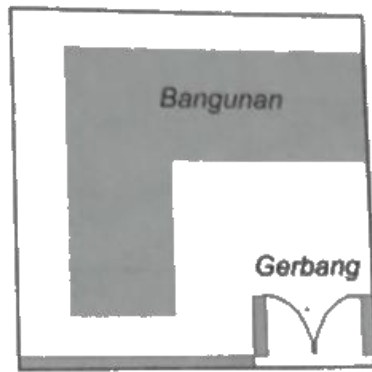
Penghalang buatan yang biasa disebut *sound barrier* atau *barrier* juga dapat digunakan sebagai pereduksi kebisingan. Sebagai pereduksi optimal, penghalang buatan dapat dibuat dengan memperhatikan beberapa faktor sebagai berikut

a. Posisi atau peletakan

Ketinggian *barrier* menjadi faktor penting ketika bangunan berada lebih tinggi dari jalan. Saat ketinggian lahan bangunan dan permukaan jalan hamper sama maka peletakan *barrier* yang maksimal adalah sejauh mungkin dari bangunan.



Gambar 2.9 Posisi barrier dan efek reduksi kebisingan yang diterima oleh pendengar (Sumber: Mediastika, 2005)



Gambar 2.10 Peletakan gerbang jauh dari dinding bangunan
Sumber: Mediastika, 2005

b. Dimensi

Dimensi terdiri dari panjang atau lebar dan tinggi dari *barrier*. Nilai reduksi maksimal diperoleh dengan membangun *barrier* sepanjang lahan yang berhadapan atau berhubungan langsung dengan jalan. Akses masuk pada *barrier* dapat diletakkan berhadapan dengan ruang yang tidak secara signifikan membutuhkan ketenangan. Selain panjang, ketinggian *barrier* juga perlu diperhitungkan untuk memperoleh nilai reduksi yang efektif. Perhitungan tinggi *barrier* dapat dihitung menggunakan formula dari Lawrence dan formula dari Egan. Namun perhitungan dengan kedua formula tersebut membutuhkan detail frekuensi bunyi yang dalam praktek sehari-hari cukup menyulitkan untuk diketahui. Formula ketiga yang dapat digunakan dengan mudah dikeluarkan oleh department transportasi *United Kingdom*.

1) Formula Lawrence

Lawrence mengungkapkan dalam bukunya *Architectural Acoustics* (1967) bahwa untuk mendapat reduksi yang maksimal dari *barrier*, ukurannya harus cukup besar mengimbangi panjang gelombang bunyi berfrekuensi rendah.

$$N = 10 \log_{10} 20X \quad (2)$$

Dengan:

$$N = \text{reduksi dalam dB re}(2 \times 10 \text{ N/m}^2)$$

X diperoleh dari

$$X = \frac{2 [R \left(\sqrt{1 + \left(\frac{H}{R}\right)^2} - 1 \right) + D \left(\sqrt{1 + \left(\frac{H}{R}\right)^2} - 1 \right)]}{\lambda [1 + \left(\frac{H}{R}\right)^2]} \quad (3)$$

Dengan (lihat gambar 2.11):

H = ketinggian sumber terhadap ujung atas *barrier* (m)

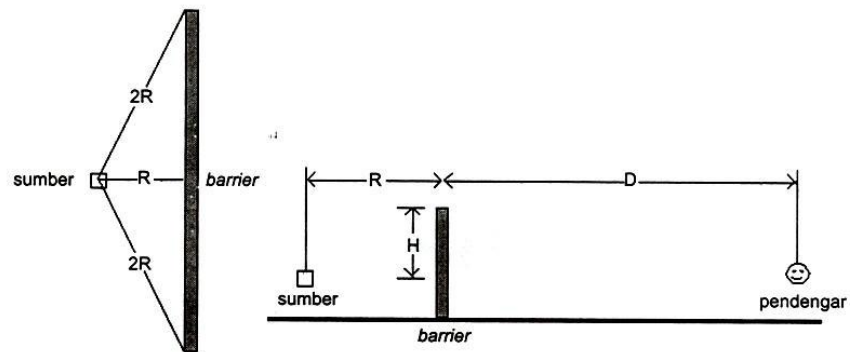
R = jarak sumber terhadap *barrier* (m)

D = jarak *barrier* terhadap pendengar (m)

λ = panjang gelombang bunyi (m)

Bila $D \geq R \geq H$, maka persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi:

$$X = \frac{H^2}{\lambda} R \quad (4)$$



Gambar 2.11 Skematik perhitungan kemampuan reduksi barrier menurut Formula Lawrence (Sumber: Mediastika, 2005)

2) Formula Egan

Formula yang dikemukakan di buku *Concept in Architectural Acoustic* (1976) ini merupakan pengembangan dari formula Lawrence. Saran dalam pemakaian *barrier* pun sama dengan yang dikemukakan Lawrence. Langkah-langkah perhitungan formula Egan sebagai berikut:

- Hitung dalam satuan feet, rasio antara tinggi *barrier* (H) dengan jarak sumber terhadap *barrier* (R).
- Hitung besar reduksi oleh *barrier* menggunakan persamaan:

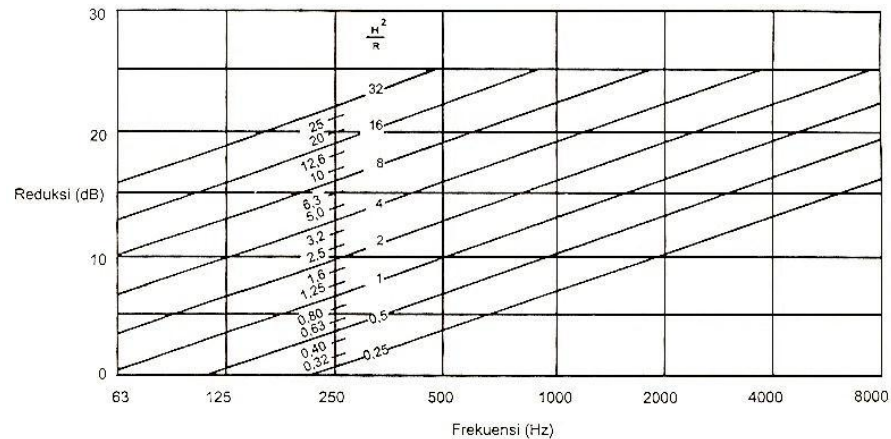
$$A = 10 \log \frac{H^2}{R} + 10 \log f - 17 \quad (5)$$

Dengan:

A = reduksi yang diperoleh (dB)

f = frekuensi bunyi yang muncul (Hz)

- Ketika frekuensi dan rasio telah ditemukan, reduksi oleh *barrier* dapat diketahui melalui diagram pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Bagan reduksi barrier menurut Formula Egan
(Sumber: Mediastika, 2005)

3) *Formula Department of Transport United Kingdom (UK)*

Formula yang dibangun oleh *Department of Transport, UK* ini jauh lebih mudah dibandingkan dengan dua formula di atas. Hal ini dikarenakan faktor frekuensi sudah dinormalkan dengan mengambil frekuensi yang umum. Reduksi oleh *barrier* didapatkan menggunakan bagan pada Gambar 2.14. Sebelum itu perlu ditentukan terlebih dahulu selisih jarak (*path difference*).

$$\delta = a + b - c \quad (6)$$

Dengan:

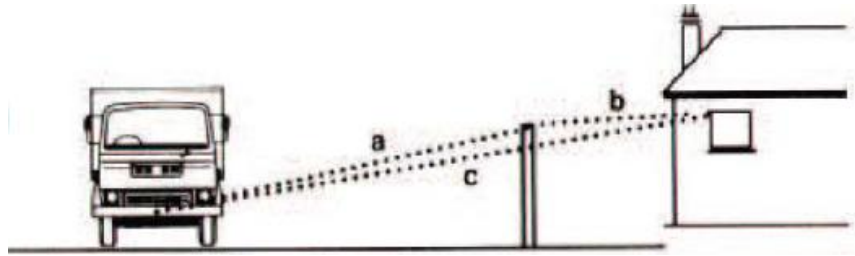
δ = selisih jarak

a = jarak sumber bising dengan tinggi *barrier* (m)

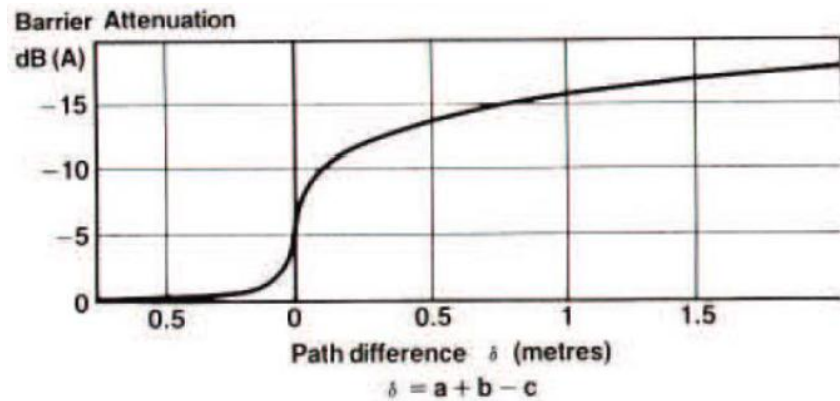
b = jarak tinggi *barrier* dengan ambang batas bukaan (m)

c = jarak ambang batas bukaan dengan sumber bising (m)

Persamaan tersebut dapat mudah dipergunakan dengan membuat bantuan gambar seperti contoh Gambar 2.13. Ketinggian sumber bising umumnya 0,5 meter dari atas permukaan jalan dengan titik yang diambil yaitu garis tengah jalan raya. Hasil dari selisih jarak (δ) kemudian diletakkan ke dalam bagan pada Gambar 2.14 untuk menemukan nilai reduksi kebisingan yang dihasilkan oleh *barrier* tersebut.



Gambar 2.13 Contoh kondisi perhitungan reduksi barrier
(Sumber: Mediastika, 2005)



Gambar 2.14 Bagan reduksi barrier Formula Department of Transport,UK
(Sumber: Mediastika, 2005)

c. Material

Bunyi dapat melalui celah pada material sehingga berat dari material penghalang menentukan peredam bising. Penghalang dengan material tanpa celah, berat, tebal, kokoh, dan permanen disarankan untuk peredam bising yang optimal. Pertimbangan berat material penghalang yaitu:

- 1) untuk meredam 0 – 10 dBA, berat minimal 5 kg/m²
- 2) untuk meredam 11 – 15 dBA, berat minimal 10 kg/m²
- 3) untuk meredam 16 – 20 dBA, berat minimal 15 kg/m².

d. Estetika

Estetika dalam arsitektur adalah faktor penting yang diperhatikan dalam membangun *barrier* agar tidak menutupi muka bangunan secara berlebihan. Persyaratan tebal-berat-masif suatu *barrier* harus diperhatikan agar dapat mereduksi kebisingan dengan efektif tetapi tetap menjaga estetika dengan tidak mengganggu bangunan dan menutupi muka bangunan.

4. Pemakaian material dengan insulasi kombinasi

Prinsip insulasi digunakan untuk menanggulangi penyebaran kebisingan dengan prinsip penggabungan dari refleksi, absorbs, dan peredam getaran. Insulasi dapat menanggulangi kebisingan yang merambat secara *structurborne* maupun *airborne*. Objek insulasi atau disebut *insulator* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Berat

Semakin berat material *insulator* maka akan lebih baik dalam meredam getaran berkat berat material itu sendiri.

b. Keutuhan material

Keutuhan material bergantung pada homogenitas material (keseragaman) dan kerapatan material (tidak ada celah atau retak). Penggunaan material homogen dan utuh tanpa cacat akan memiliki tingkat insulasi yang stabil.

c. Elastisitas

Timbulnya resonansi akan berkurang karena elastisitas, sehingga material yang elastis akan menjadi *insulator* lebih baik dari material yang kaku.

d. Prinsip isolasi

Tingkat insulasi akan meningkat dengan menggunakan prinsip isolasi yaitu dengan menggunakan diskontinuitas struktur dan elemen ganda. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan plafon gantung, dinding dan lantai ganda serta memasang *sealant* pada celah antar dua material yang berbeda.

2.6. Dinding Bangunan untuk Mengatasi Kebisingan

Meredam kebisingan selain dengan pagar, juga dapat melalui dinding depan yang melingkupi bagian bangunan. Dinding tersebut termasuk ke dalam elemen tegak yang dapat dimaksimalkan sebagai peredam. Terdapat tiga hal yang akan terjadi pada dinding sebagai bidang pembatas saat dikenai gelombang bunyi yaitu dipantulkan, diserap, dan diteruskan. Proporsi tiga kemungkinan tersebut tergantung pada keadaan permukaan, ketebalan material, berat material, dan dimensi material.

1. Faktor Peletakan

Peletakan dinding dapat maksimal dalam mereduksi jika dinding jauh dari pagar. Jika tidak memungkinkan, dinding dekat dengan pagar dengan syarat

ketinggian pagar melampau ambang atas bukaan pada dinding. Hal selanjutnya, reduksi bunyi dapat maksimal dengan mencegah terjadinya resonansi oleh dinding. Resonansi dapat dicegah dengan menggunakan dinding permanen dengan fondasi. Jika dinding saling terikat kuat akan memperkuat dinding untuk menerima getaran sehingga tersegah dari terjadinya resonansi.

2. Faktor Berat dan Kerapatan Material

Fungsi dinding sebagai peredam akan maksimal jika material dinding semakin tebal, berat, rapat, pampat tanpa celah dan cacat. Material seperti batu bata merah dan batako yang umum digunakan di Indonesia mencukupi bagi fungsi redaman yang akan dicapai. Dinding tersebut menghasilkan permukaan yang keras dan halus sehingga cenderung memantulkan kembali gelombang bunyi yang datang.

Jika perlakuan di atas belum mampu memenuhi kebutuhan redaman, dapat menggunakan dinding yang lebih tebal. Umumnya di Indonesia menggunakan dinding $\frac{1}{2}$ bata, hal ini dapat diganti menggunakan dinding 1 bata/batu seperti rumah kolonial. Selain menambah ketebalan, kemampuan redam dapat ditingkatkan kembali dengan menambah rongga udara di dalam dinding tersebut. Tebal rongga yang efektif untuk bangunan tanpa fungsi khusus akustik berkisar pada 25 cm. Hal lain yang dapat dilakukan yaitu menambahkan material pengisi rongga udara seperti selimut akustik terbuat dari serat kaca.

Dinding berlapis yang digunakan disebut juga dinding ganda adalah penerapan prinsip refraksi. Refraksi akan mengurangi kekuatan rambatan gelombang bunyi walaupun tidak signifikan. Semakin banyak macam material yang digunakan akan menambah kemampuan refraksi sehingga perambatan bunyi yang terjadi akan semakin lemah.

3. Faktor Material Bangunan

Material bangunan yang menghasilkan nilai redam yang tinggi adalah material tebal, berat, dan masif (non-transparan, tana cacat/celah/retak). Hal ini berbanding terbalik dengan material yang tipis, ringan, dan transparan. Material tebal, berat, dan masif akan memiliki nilai redam yang mencukupi, tetapi dinding muka bangunan pada kenyataannya tidak dapat dibuat tebal, berat, masif seluruhnya. Adanya faktor penghawaan, pencahayaan, dan estetika yang diterapkan di bangunan mengharuskan menggunakan material kaca baik permanen maupun dapat dibuka-tutup. Oleh sebab itu, perlu dilakukan

perhitungan kemampuan redam pada kombinasi dinding material tebal, berat, dan masif dengan material tipis ringan, dan transparan yang akan digunakan.

4. Faktor Keadaan Permukaan

Material yang umum digunakan untuk dinding seperti batu bata merah, batako, kayu lapis ataupun kaca merupakan material pemantul yang baik. Secara teoritis, material-material tersebut sudah cukup mampu melakukan tugas ini. Daya pantul tiap material tidak ditunjukkan dengan koefisien pantul, tetapi dapat dilihat atau diwakili oleh koefisien serap. Kemampuan pantul yang baik diwakili dengan memiliki koefisien serap yang rendah.

5. Redaman Kombinasi pada Dinding

Penggunaan kombinasi material berat-tebal-masif dengan material ringan-tipis-transparan yang menjadi kebutuhan seperti yang dijelaskan sebelumnya perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui kemampuan insulasi dinding yang sesuai dengan kebutuhan bangunan tersebut. Nilai besar tingkat kemampuan suatu material sebagai *insulator* dapat menggunakan *Sound Reduction Index* (SRI). Setiap material memiliki kemampuan redam atau nilai SRI yang berbeda tiap frekuensi. Oleh karena itu, frekuensi 500 Hz yang umumnya muncul ditetapkan sebagai model penentuan SRI. Adapun nilai SRI dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$R = - 10 \log_{10} (\tau) \quad (7)$$

Dengan:

$$R = \text{Sound Reduction Index/SRI (dB)}$$

$$\tau = \text{koefisien transmisi suatu material}$$

Apabila dinding merupakan kombinasi dari beberapa material, maka koefisien (τ) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tau_{average} = \frac{A_1 \times \tau_1 + A_2 \times \tau_2}{A_1 + A_2} \quad (8)$$

Dengan:

$$A = \text{luasan material (m}^2\text{)}$$

Untuk mengetahui koefisien transmisi masing-masing material, dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\tau = 10^{-\frac{R}{10}} \quad (9)$$

Penggunaan SRI dapat diganti dan diukur juga menggunakan *Sound Transmission Class* (STC). SRI digunakan untuk mengukur kemampuan satu jenis

material saja, sedangkan STC digunakan untuk mengukur beberapa material yang dikomposisikan menjadi satu kesatuan dan digunakan bersama-sama dalam suatu konstruksi. Nilai dari STC yaitu 0 sampai 100 tanpa satuan. Semakin besar nilai STC, maka semakin besar pula kemampuan meredam bunyi material tersebut.

Selain itu terdapat pula *Transmission Loss* (TL) yang sama dengan SRI dan diukur dalam satuan dB menunjukkan kemampuan material untuk mengurangi terjadinya transmisi karena diserap oleh material tersebut. Nilai TL dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$TL = NR + 10 \log \frac{S}{A} \quad (10)$$

Dengan:

$$TL = \text{Transmission Loss (dB)}$$

$$NR = \text{Noise Reduction (dB)}$$

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk dinding yang terdiri dari dua material yang dipisahkan oleh rongga udara (*cavity*) yaitu:

$$R = R_{M1+M2}, \text{ jika } f < f_0$$

$$R = R_1 + R_2 + 20 \log(f.d) - 29, \text{ jika } f_0 < f < f_d \quad (11)$$

$$R = R_1 + R_2 + 6, \text{ jika } f > f_d$$

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1+m_2}{m_1 \cdot m_2 \cdot d}} \quad (12)$$

$$f_d = \frac{55}{d} \quad (13)$$

Dengan:

$$f = \text{frekuensi (Hz)}$$

$$d = \text{jarak antar panel (m)}$$

$$m_1 \text{ dan } m_2 = \text{massa per luasan panel (kg/m}^2\text{)}$$

$$f_0 = \text{frekuensi resonansi dari rongga udara (Hz)}$$

$$f_d = \text{frekuensi resonansi structural (Hz)}$$

$$R_1 \text{ dan } R_2 = \text{transmission loss pada masing-masing material}$$

$$M1+M2 = \text{menandakan jika } \text{transmission loss} \text{ harus dihitung dari total Massa kedua panel}$$

2.7. Pengendalian Kualitas Bunyi dalam Ruang

Kualitas bunyi di dalam ruang sering disebut dengan istilah “akustik”. Akustik yang dimaksud adalah usaha-usaha yang dilakukan dengan tujuan meningkatkan

kualitas bunyi agar penyebaran bunyi jelas, merata, dan bulat. Bangunan dengan fungsi audio maupun visual membutuhkan kualitas bunyi yang sesuai untuk mendukung kegiatan didalamnya. Kualitas bunyi yang dibutuhkan dapat dicapai dengan mempertimbangkan material bangunan yang digunakan beserta faktor-faktor lainnya sebagai berikut (Mediastika, 2009):

- a. tingkat kebisingan latar belakang yang sesuai baku,
- b. penyebaran bunyi merata dalam tingkat keras dan kejelasan yang cukup,
- c. waktu dengung yang sesuai,
- d. ketiadaan gema atau gaung,

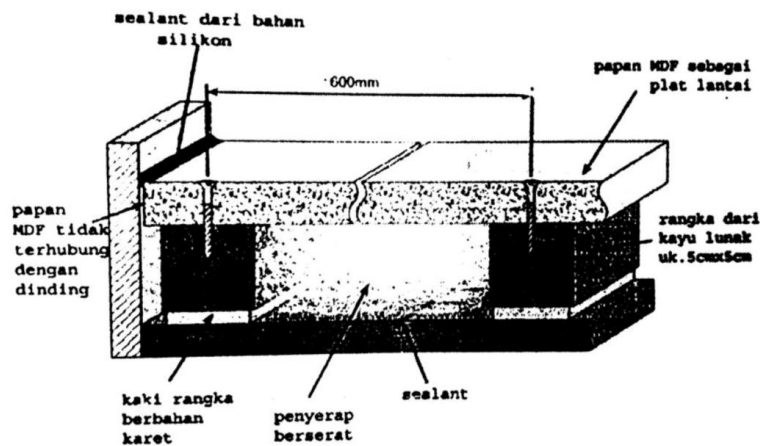
Keempat faktor tersebut akan dibahas lebih lanjut beserta material akustik dan langkah-langkah perancangannya untuk menghasilkan kualitas akustik yang sesuai.

1. Tingkat kebisingan sesuai baku

Langkah pertama dalam pengendalian kualitas bunyi di dalam ruang yaitu dengan mengetahui tingkat kebisingan yang sesuai dengan jenis dan fungsi ruangan. Kebisingan harus dikendalikan agar tidak mengganggu atau menutup bunyi yang dikehendaki dalam ruang.

2. Lantai ruangan

Lantai ruangan bukanlah elemen pelingkup ruang yang menerima perambatan gelombang bunyi secara langsung, tetapi pada bangunan bertingkat, lantai ruangan dapat menjadi penerima gelombang bunyi secara langsung. Material lantai yang ringan dapat merambatkan bunyi dengan mudah, sedangkan material yang lebih berat dan permanen mampu menahan rambatan bunyi. Redaman bunyi yang lebih baik ditemukan pada penggunaan lantai berlapis sebagaimana digunakan pada lantai ganda.



Gambar 2.15 Skema lantai raised floor
Sumber: Mediastika, 2009

Raised floor adalah lantai yang ditambahkan setelah bangunan diselesaikan, atau sebagai lantai tambahan. Selain itu, kebutuhan ini muncul saat fungsi ruang berubah. *Raised floor* bersifat lokal sehingga material yang digunakan bersifat semipermanen dan ringan, seperti papan kayu olahan. Penggunaan *raised floor* terdiri dari rangka, penutup, dan lapisan akhir. Dengan adanya rangka diatas plat lantai permanen, akan menciptakan rongga udara, baik yang dibiarkan kosong atau diisi bahan penyerap akan menghambat perambatan gelombang bunyi karena adanya refraksi bunyi. Hal ini akan memberiakan redaman yang lebih baik.



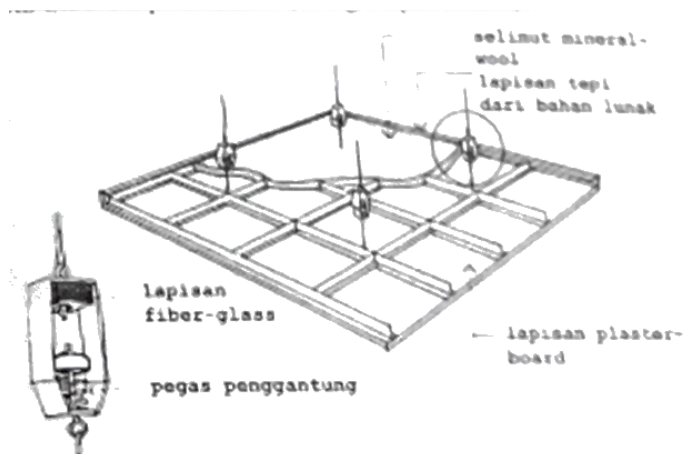
Gambar 2.16 Rangka lantai raised floor dari kayu
Sumber: Mediastika, 2009



Gambar 2.17 Rangka lantai raised floor diisi selimut akustik dan ditutup papan
Sumber: Mediastika, 2009

3. Plafon ruangan

Plafon yang tidak langsung menempel pada struktur bangunan atau plafon gantung dapat meredam rambatan gelombang bunyi lebih efektif. Hal ini dikarenakan adanya rongga/jarak yang merupakan elemen peredam. Selain itu, dengan adanya rongga/jarak menyebabkan plafon tidak mengalami resonansi karena getaran pada struktur bangunan. Plafon gantung membutuhkan penempatan rangka penggantung dengan material yang tipis namun kuat seperti kawat baja dan batang kayu. Setelah itu dipasang rangka plafond an penutup plafon. Material penutup plafon dengan kebutuhan akustik dapat menggunakan bahan dasar *softboard*, baik dengan permukaan cenderung rata atau berpori besar.



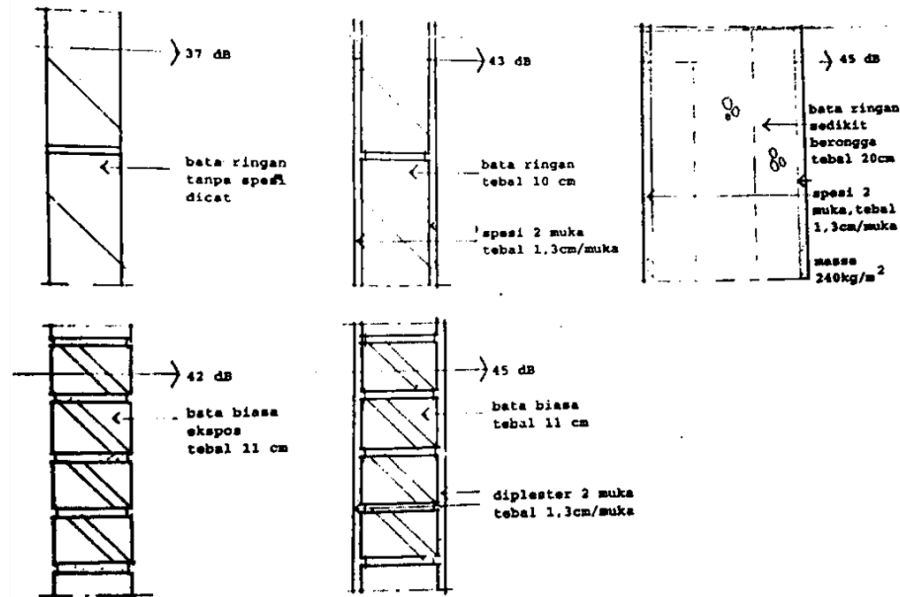
Gambar 2.18 Penggunaan plafon gantung dengan kuncian pegas
 Sumber: Mediastika, 2009

4. Dinding ruangan

Dinding ruangan merupakan elemen yang dapat mencegah perambatan bunyi antar ruang karena merupakan bidang pembatas antar-ruang. Dinding pembatas yang bersebelahan langsung antar ruang ini umumnya dibuat utuh dari material berat-tebal-masif tanpa bukaan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya resonansi yang dialami dinding pembatas ruang dan meneruskan resonansinya ke ruang disebelahnya. Penggunaan dinding pembatas dengan material berlapis akan menjadi peredam yang baik. Terdapat dua pembatas berlapis yang dapat diaplikasikan yaitu:

a. Partisi tunggal atau berlapis tanpa rongga antara

Partisi atau dinding ini memiliki satu lapis sehingga kemampuan redamannya bergantung pada frekuensi bunyi yang mengenai partisi dan massa partisi (kg/m^2). Semakin besar massa bidang partisi maka semakin baik kualitas redamnya. Selain itu juga dapat dilihat dari ketebalan partisi, ketika ketebalannya meningkat hingga dua kali lipat maka kemampuan redamnya naik 5 dB. Pada frekuensi rendah, dibutuhkan partisi atau dinding yang tebal dan modulus elastisitas tinggi.



Gambar 2.19 Contoh penggunaan dinding tunggal sebagai peredam
Sumber: Mediastika, 2009

b. Partisi atau dinding ganda dengan rongga antara

Kemampuan redam yang lebih besar dari partisi atau dinding tunggal ialah dengan menggunakan dua bidang pembatas dan menempatkan rongga udara diantaranya. Besar kemampuan redam akan semakin besar dengan mempertebal rongga yang ada atau dengan member material penyerap di dalam rongga, misalnya *glasswood*. Selain itu juga dapat dilakukan pemisahan dengan struktur bangunan dengan menempatkan *sealant* di bidang pembatas sebelum bertemu dengan konstruksi di sekelilingnya. Penggunaan partisi dengan rongga diantaranya akan memiliki kemampuan redam lebih baik jika menggunakan material dengan massa yang lebih ringan.

Tabel 2.1 Kemampuan redam partisi atau dinding

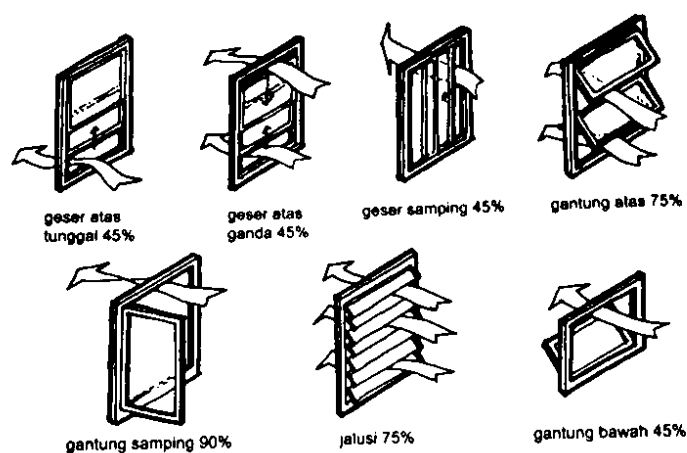
| No. | Konstruksi | Massa (kg/m ²) | Kemampuan redam (STC 500 Hz dalam dB) |
|-----|---|-------------------------------|---|
| 1. | Batu bata diplester kedua sisinya (tebal konstruksi 15 cm) | 300- 400 | 45-50 |
| 2. | Batu kali tebal konstruksi 60 cm | 1370 | 56 |
| 3. | Gypsum board tebal 1cm | 8 | 26 |
| 4. | Gypsum board tebal 1,25cm | 10 | 28 |
| 5. | Gypsum board tebal 1,6cm | 13 | 29 |
| 6. | Dua lapis gipsium board tebal 1cm direkatkan tanpa rongga udara | 22 | 31 |
| 7. | Dua lapis gipsium board tebal 1,6cm | 37 | 57 |

| | | | |
|----|---|----|----|
| | dipisahkan rongga udara 5cm | | |
| 8. | Dua lapis gipsu board tebal 1,6x2cm dipisahkan rongga udara 5cm | 60 | 58 |
| 9. | Dua lapis gipsu board tebal 1,6x2cm dipisahkan rongga udara 5cm, rongga diisi serat akustik | 60 | 62 |

Sumber: Mediastika, 2009

5. Pintu dan jendela

Pintu sebagai peredam bising dapat diaplikasikan pada pemasangan pintu dengan material dan ketebalan yang mendekati spesifikasi dinding serta penggunaan *sealant* pada sambungan dan celah. Hal lain yang dapat dilakukan adalah dengan meletakkan lubang ventilasi tidak langsung menghadap sumber kebisingan, serta menggunakan jendela yang memiliki model jendela yang dapat meminimalisir masuknya kebisingan ke dalam bangunan. Model jendela tersebut adalah model gantung atas yaitu jendela yang mampu memantulkan gelombang bunyi yang jatuh padanya, model jalusi yang menggunakan bahan yang mampu menyerap bunyi yang jatuh pada permukaannya.



Gambar 2.20 Model jendela dengan prosentase udara yang mampu dialirkan
Sumber: Mediastika, 2005

Strategi untuk meredam kebisingan lainnya yaitu dengan peletakan *inlet* tidak langsung menghadap jalan dan menggunakan *inlet* yang lebih kecil daripada *outlet* untuk meningkatkan kecepatan udara yang masuk ke dalam bangunan. Sehingga persyaratan ventilasi udara dan akustik pada bangunan terpenuhi.

2.8. Material Akustik

Material arsitektural perlu dirancang antara dapat memantulkan suara, menyerap suara, atau menyebarkan suara. Setiap macam permukaan material mempunyai kriteria dan aplikasi yang khusus untuk digunakan ke dalam ruang.

1. Material pemantul suara (reflektor)

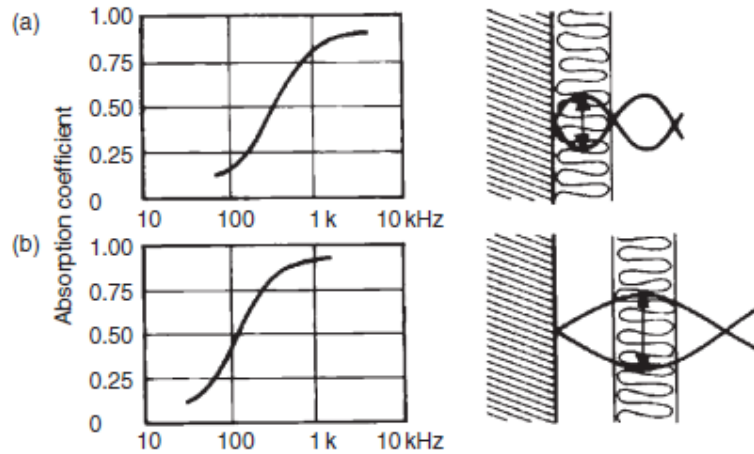
Permukaan yang reflektif pada dasarnya dianggap datar atau terdiri dari material keras bangunan seperti papan gypsum, kayu, *plywood*, plester, logam berat, kaca, batu, dan beton. Pemilihan material reflektor harus memiliki cukup massa, ketebalan, dan kekakuan agar material tersebut tidak berubah menjadi material absorber berfrekuensi rendah yang dimana hal ini tidak diinginkan. Reflektor dapat membawa masalah jika diletakkan di jarak tertentu yang dapat memantulkan kembali bunyi ke sumber bunyi dalam waktu yang tertunda sehingga menyebabkan *echo* yang merepotkan.

2. Material penyerap suara (absorber)

Permukaan yang menyerap suara dapat digunakan untuk mengontrol waktu dengung, tingkat suara, gema dan pantulan, serta penyebaran suara. Terdapat empat macam tipe absorber yang umum digunakan, yaitu:

a. Bahan berpori

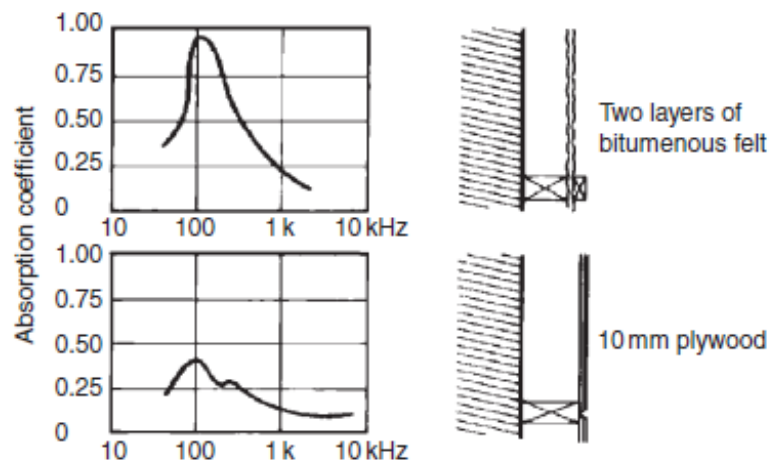
Karakteristik dasar dari bahan berpori adalah suatu jaringan selular dengan pori-pori yang berhubungan. Bahan berpori lebih efisien menyerap bunyi pada frekuensi tinggi daripada pada frekuensi rendah. Penyerapan bunyi dapat efektif pada frekuensi rendah jika menambahkan tebal lapisan dan dengan bertambahnya jarak dari lapisan penahan ini. Bahan berpori diantaranya *mineral wool*, *glass wool*, *fibreboard* dan *plastic foams*. Pada gambar 2.17 dapat dilihat bagaimana bahan berpori (a) yang menempel permanen di dinding keras memiliki kurva nilai koefisien serap yang berbeda dengan bahan berpori (b) yang memiliki jarak atau rongga menggunakan rangka.



Gambar 2.21 Koefisien serap bahan berpori dengan perlakuan berbeda
Sumber: Szokolay, 2004

b. Panel penyerap

Panel penyerap atau bisa juga disebut selaput yang tidak dilubangi merupakan penyerap frekuensi rendah yang efisien. Panel penyerap merupakan bahan atau material kedap yang dipasang pada lapisan penunjang yang padat (*solid backing*) dan terpisah oleh ruang udara. Panel penyerap ini berupa panel kayu, papan gypsum, langit-langit plesteran yang digantung, jendela, kaca, pintu, panggung, dan pelat logam.

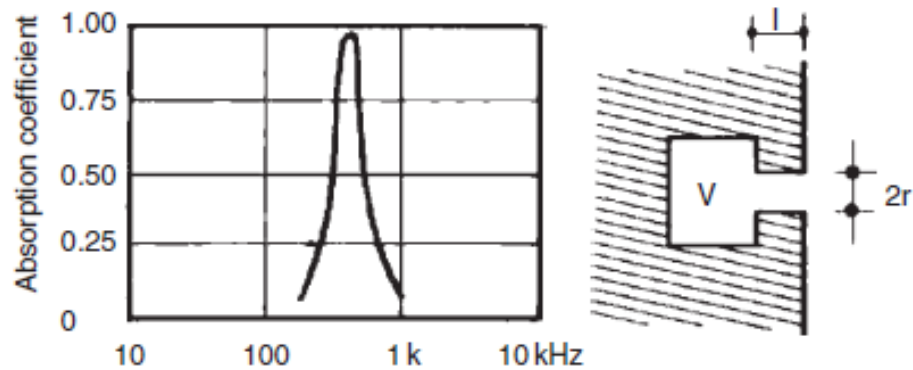


Gambar 2.22 Kurva koefisien serap panel penyerap
Sumber: Szokolay, 2004

c. Resonator rongga (*Helmholtz*)

Resonator rongga atau *Helmholtz* merupakan sejumlah udara yang tertutup dan dibatasi oleh dinding tegar yang dihubungkan dengan lubang atau celah sempit (disebut leher) ke ruang sekitarnya di mana gelombang

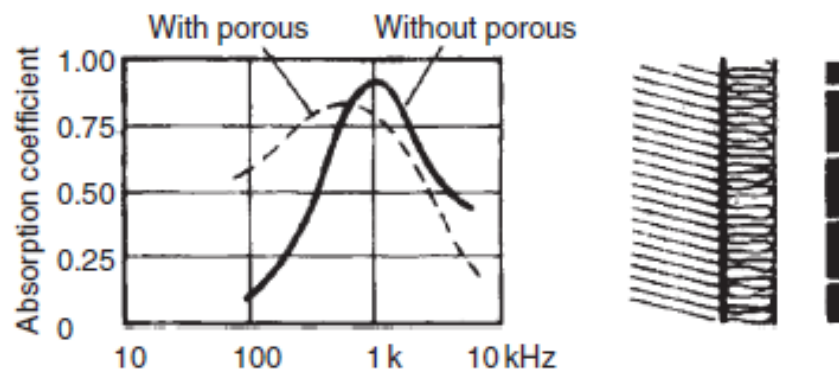
bunyi merambat. Resonator rongga dapat menyerap secara maksimum pada frekuensi tengah dengan penurunan yang jelas di atas 1000 Hz seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.23 Kurva koefisien serap resonator rongga
Sumber: Szokolay, 2004

d. Panel penyerap berlubang

Panel penyerap berlubang merupakan gabungan dari mekanisme ketiga material absorber yang disebutkan sebelumnya. Perforasi, lubang atau slot dengan ruang udara di belakangnya bertindak sebagai resonansi rongga ganda, diperbaiki oleh beberapa penyerap bahan berpori. Sebagian besar material akustik yang tersedia secara komersil, misalnya ubin langit-langit termasuk dalam kategori ini. Panel ini dapat berupa *plywood*, *hardboard*, *plasterboard*, atau metal dan sebagainya.



Gambar 2.24 Kurva koefisien serap panel penyerap berlubang
Sumber: Szokolay, 2004

2.9. Koefisien Serap Bunyi Material Bangunan

Koefisien penyerap bunyi material pelingkup dan isi ruang menunjukkan perbandingan antara bunyi yang diserap (tidak dipantulkan) oleh material pelingkup

berbanding besar bunyi yang mengenai bidang pembatas. Bidang pembatas yang memantulkan sempurna nilainya mendekati 0, sedangkan penyerap sempurna memiliki nilai koefisien serap 1. Penggunaan material pelingkup dengan koefisien serap tinggi dapat memperbaiki RT yang belum sesuai atau terlampau tinggi dari persyaratan.

Tabel 2.2 Koefisien serap material

| Bahan | Frekuensi, Hz | | | | | |
|--|---------------|-----------|------|------|------|------|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Bata telanjang, tidak dihaluskan, tidak dicat | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| Karpet, berat pada beton | 0,02 | 0,06 | 0,14 | 0,37 | 0,60 | 0,65 |
| Berat, pada 40 oz (0,48 kg per m ²) bulu atau karet busa | 0,08 | 0,24 | 0,57 | 0,69 | 0,71 | 0,73 |
| Balok beton, tidak dicat | 0,36 | 0,44 | 0,31 | 0,29 | 0,39 | 0,25 |
| Dicat | 0,10 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,08 |
| Beton yang dituang, tanpa dicat | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Kain, velour medium, 14 oz (0,48 kg per m ²), digantung sampai setengah luas | 0,07 | 0,31 | 0,49 | 0,75 | 0,70 | 0,60 |
| Lantai, beton atau teraso | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Linoleum, vinyl, karet, atau lantai gabus | | | | | | |
| pada beton | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| pada sub lantai | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,05 |
| Kayu | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Panggung kayu, dengan ruang udara di bawahnya | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,10 |
| Tegel geocoustic, 32-in (81cm) OC, per unit | 0,13 | 0,74 | 2,35 | 2,53 | 2,03 | 1,73 |
| Gelas, pelat berat | 0,18 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Jendela biasa | 0,35 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,04 |
| Gypsum board ½ in (32mm), pada tiang 2x4-in (50x100mm), 16 in (41 cm) OC | 0,29 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,09 |
| Plaster, gypsum atau lime, permukaan halus, | | | | | | |
| pada bata | 0,01 3 | 0,01 5 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| pada balok beton | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| pada papan | 0,14 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| pada papan, diatas ruang udara, atau pada tiang | 0,03 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,05 |
| Polywood, ¼ in (6mm) di atas 3-in (75mm) ruang udara, 1-in (25mm) latar belakang fiber glass | 0,60 | 0,30 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Sound box unit, tipe B, 8-in (20cm), dicat | 0,74 | 0,57 | 0,45 | 0,35 | 0,36 | 0,34 |
| Panel kayu, 3/8 sampai ½ in (10 sampai 13 mm) diatas ruang udara 2 sampai 4-in (50 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,10 |

| sampai 100 mm) ruang udara | | | | | | |
|--|---------------|------|------|------|------|------|
| Bahan | Frekuensi, Hz | | | | | |
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Penonton, dalam tempat duduk empuk, per luas lantai | 0,39 | 0,57 | 0,90 | 0,94 | 0,92 | 0,87 |
| Tempat duduk empuk, kosong, per luas lantai | 0,19 | 0,37 | 0,56 | 0,67 | 0,61 | 0,59 |
| Tempat duduk bertutup kulit, kosong, per luas lantai | 0,15 | 0,25 | 0,36 | 0,40 | 0,37 | 0,35 |
| Bangku kayu, kosong, per luas lantai | 0,37 | 0,44 | 0,67 | 0,70 | 0,80 | 0,72 |
| Pemusik, dengan tempat duduk dan alat musik, per orang | 4,0 | 8,5 | 11,5 | 14,0 | 13,0 | 12,0 |

Sumber: Doelle, 1972:242

2.10. Tinjauan Sekolah

Sekolah adalah suatu lembaga atau tempat menerima dan memberi pelajaran atau sebagai tempat belajar (Daryanto, 1997). Selain sebagai tempat belajar, sekolah menurut Zanti Arbi juga sebagai tempat untuk menumbuhkan kepribadian yang baik sehingga sekolah merupakan bagian integral dari masyarakat untuk menghadapi kondisi nyata di masyarakat (Pidarta, 1997). Sekolah memiliki fungsi dan manfaat sebagai pengembangan pribadi peserta didik untuk mendidik, mempersiapkan, dan membentuk kepribadian baik di dalam kehidupan bermasyarakat.

Sekolah dasar merupakan lembaga atau tempat terselenggaranya kegiatan belajar mengajar atau program pendidikan enam tahun dengan peserta didik terdiri dari anak-anak usia 6-12 tahun (Ihsan, 2008). Sekolah dasar memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan dasar yang bermanfaat bagi perkembangan peserta didik serta mempersiapkan peserta didik untuk menempuh kehidupan bermasyarakat dan pendidikan tingkat selanjutnya (Ihsanudin, 2010).

2.11. Tinjauan Ruang Kelas

Pengertian kelas menurut Arikunto yaitu sekelompok peserta didik yang dalam waktu bersamaan menerima pelajaran dari guru yang sama. Sehingga, jika pada waktu yang bersamaan terdapat sekelompok peserta didik yang menerima pelajaran dari guru yang berbeda, tidak dapat dinyatakan sebagai kelas. Sedangkan pengertian kelas menurut Nawawi adalah masyarakat kecil dari masyarakat sekolah sebagai kesatuan menyelenggarakan kegiatan belajar mengajar untuk mencapai tujuan (Rohmad, 2009). Sehingga dapat disimpulkan pengertian dari kelas adalah

suatu kelompok kecil di sekolah yang melakukan kegiatan belajar mengajar bersama-sama dalam waktu yang bersamaan.

Pengertian dari kelas tersebut akan berbeda dengan pengertian dari ruang kelas. Penambahan kata ruang ini berarti ruang yang digunakan sebagai tempat belajar mengajar yang ada di dalam atau luar bangunan. Ruang kelas berarti sebuah ruang dalam kelas yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar dari kelompok peserta didik (Priansa, 2014).

2.12. Akustik dalam Fasilitas Pendidikan

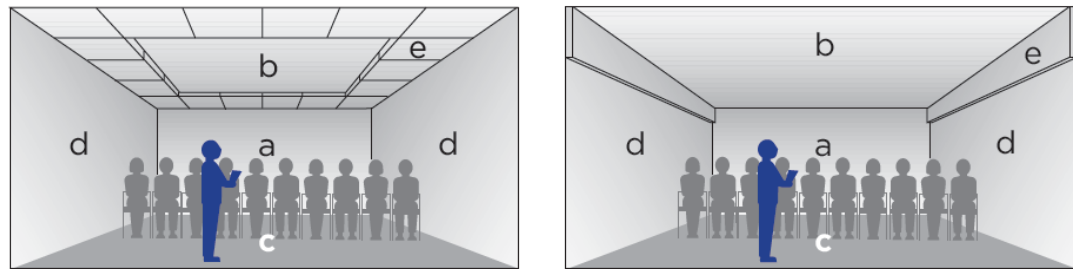
Kontrol suara yang tepat dalam fasilitas belajar mengajar sangatlah penting untuk memungkinkan komunikasi yang baik antara guru dan siswa. Saat memilih material untuk ruang belajar mengajar, diperlukan keseimbangan yang tepat antara bahan penyerap suara dan bahan pemantul suara agar tidak menghasilkan ruang yang bergema atau terlalu kering. Petunjuk berikut dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut (Haas dan Jaffe, 1999):

1. Dinding biasanya berupa material pemantul suara yang keras seperti papan gypsum atau batu bata. Peletakan dan penyebaran suara harus diperhatikan untuk memperbaiki pemantulan untuk menghilangkan *flutter echoes*.
2. Karpet di lantai akan menyerap suara yang dipertimbangkan terutama karena dapat mengendalikan suara atau kebisingan dari langkah kaki.
3. Koridor dapat dipertimbangkan jika memungkinkan untuk menggunakan karpet yang sangat efektif untuk mengurangi suara langkah kaki di koridor. Koridor dengan lalu lintas yang tinggi akan mengganggu pada ruang yang berdekatan jika semua menggunakan material keras seperti papan gypsum.

Pada dinding samping dapat dirancang bervariasi untuk dapat memantulkan dan menyebarkan bunyi. Berbeda dengan dinding, bagian plafon merupakan bidang pemantul suara dengan lingkup area yang paling luas. Pada plafon yang terlalu tinggi dalam suatu ruangan sebaiknya plafon digantung (*suspended ceiling*) agar tidak memakan waktu lama dan panjang dalam pemantulannya dari sumber bunyi menuju pendengar.

Penyelesaian lanjutan untuk ruang kelas dan ruang lain untuk fungsi *speech* yaitu dengan tetap menggunakan material pemantul suara seperti *plasterboard*. Selain itu juga diperlukan penambahan material penyerap suara pada dinding belakang yang menghadap sumber suara atau guru. Lebih baik digunakan material dengan tingkat

serap tinggi pada bagian dinding belakang untuk menghindari terjadinya *slap echo*. (Canning et al, 2015)



- (a) Surface finishes in classroom or lecture theatre:
- a. Rear wall - sound absorbing or diffusing
 - b. Ceiling - sound reflective (eg plasterboard)
 - c. Floor - sound absorbing (eg carpet)
 - d. Walls - sound reflective
 - e. Ceiling - sound absorbing
- (b) Surface finishes in classroom or lecture theatre:
- a. Rear wall - sound absorbing or diffusing
 - b. Ceiling - sound reflective (eg plasterboard)
 - c. Floor - sound absorbing (eg carpet)
 - d. Walls - sound reflective
 - e. Top of walls - sound absorbing or diffusing

Gambar 2.25 Gambar ilustrasi permukaan material di ruang kelas

Sumber: Canning et al, 2015

Secara keseluruhan, material yang baik digunakan untuk memperbaiki kualitas suara dalam ruang seperti pada Gambar 2.20. Penggunaan material reflektif atau pemantul suara pada dinding kecuali pada dinding bagian belakang. Dinding bagian belakang menggunakan material penyerap suara untuk menghindari pantulan suara dari dinding belakang yang akan mengganggu karena suara yang dipantulkan akan datang terlambat pada pendengar. Plafon menggunakan material pemantul suara seperti *plasterboard* atau *gypsum*. Pada bagian lantai sebaiknya menggunakan material penyerap suara seperti karpet.

2.13. Penelitian Terdahulu

Terdapat penelitian terdahulu mengenai akustik ruang pada sekolah antara lain *Assesment of Acoustic Quality in Classroom Based on Measurements, Perception, and Noise Control* dan *Desain Akustik Ruang Kelas Mengacu pada Konsep Bangunan Hijau*.

1. *Assesment of Acoustic Quality in Classrooms Based on Measurements, Perception and Noise Control* (Zannin, 2012)

Pada penelitian ini mengangkat isu tingkat kebisingan di dalam kelas yang mengganggu komunikasi lisan, menyebabkan berkurangnya konsentrasi siswa dalam belajar. Masalah akustik ruang kelas dimulai di tahap desain dan meluas sampai ke kualitas akhir pendidikan yang disediakan sekolah. Penelitian ini menggunakan standar akustik ISO 3382-1

dengan tahapan penelitian dari pengukuran eksisting hingga simulasi komputer parameter akustik seperti *Reverberation time*, *speech transmission index*, *sound insulation of facades*, dan *sound pressure levels*.

Pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa ruang kelas yang dievaluasi belum menawarkan kenyamanan akustik yang memadai untuk kegiatan pembelajaran. Masalah yang ditemukan bahwa kejelasan pengucapan dalam ruang kelas kurang. Hasil tersebut disimulasi dan dianalisis hingga menemukan hasil pemecahan masalah yaitu dengan meningkatkan isolasi fasad dan perubahan material dapat menghasilkan nilai akustik sesuai dengan standar yang digunakan.

2. Desain Akustik Ruang Kelas Mengacu pada Konsep Bangunan Hijau (Darmawan,2012)

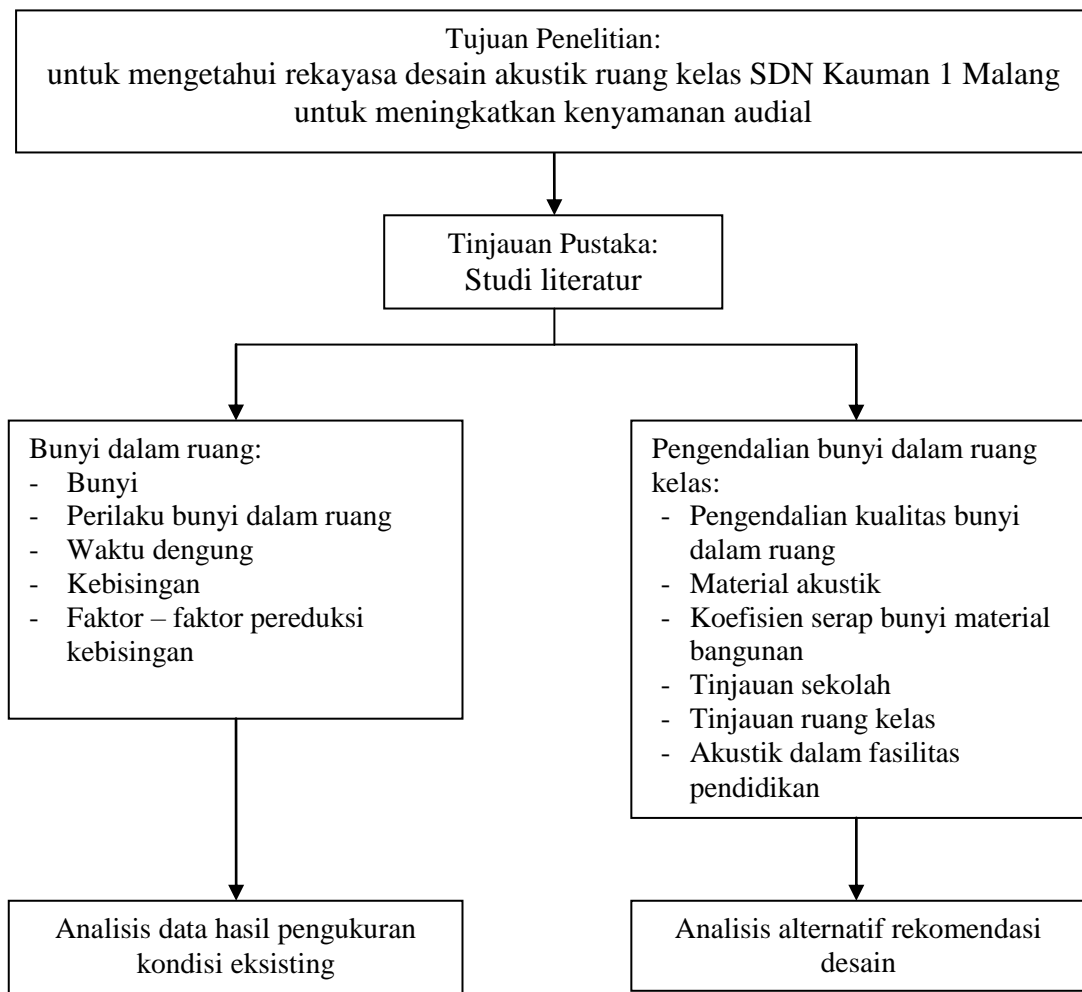
Pada penelitian ini menggunakan isu mengenai kebutuhan kenyamanan akustik ruang kelas namun terganggu oleh kebisingan lingkungan yang mengganggu kegiatan kelas. Selain itu, semakin majunya teknologi, bangunan-bangunan menggunakan konsep bangunan hijau termasuk bangunan pendidikan. Hal ini menyebabkan dibutuhkan jalan keluar dalam memenuhi kebutuhan akustik ruang kelas dengan konsep bangunan hijau. Teori yang digunakan yaitu mengenai akustik ruangan, *reverberation time*, *transmission loss*, dan material akustik ramah lingkungan.

Pengukuran dan perhitungan pada ruang kelas yang dievaluasi menunjukkan bahwa besar waktu dengung kelas tersebut belum sesuai dengan standar akustik ruang kelas. Permasalahan tersebut diselesaikan dengan pemilihan material pelingkup ruang dengan koefisien serap tinggi dan harus merupakan material ramah lingkungan untuk memenuhi konsep bangunan hijau. Hasil dari pergantian material kemudian disimulasikan untuk mengetahui nilai akustik waktu dengung yang dihasilkan dan dipilih yang sesuai dengan kriteria yaitu sesuai dengan standar waktu dengung ruang kelas dan merupakan bahan ramah lingkungan.

Pada kedua penelitian ini dilakukan pada ruang kelas dengan meninjau tingkat bising dan waktu dengung bangunan eksisting yang kemudian disesuaikan dengan standar yang digunakan. Hasilnya berupa rekomendasi material pelingkup ruang

dengan bukaan pada ruang kelas yang dapat memenuhi persyaratan akustik oleh standar yang digunakan masing-masing peneliti. Namun pada penelitian kedua oleh Darmawan, hasil rekomendasi desain juga mempertimbangan aspek ramah lingkungan untuk memenuhi konsep bangunan hijau.

2.14. Kerangka Teori



Gambar 2.26 Gambar diagram kerangka teori