

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka sebagai elemen penting dari penelitian karena membantu peneliti mengetahui apa arti data. Perlu dikaji teori-teori penting bagi penelitian ini, terutama yang berkaitan dengan: [i] teori tentang kebisingan untuk memahami objek penelitian, [ii] teori sumber bunyi [iii] teori terkait akustik dalam ruang untuk memahami tentang dasar-dasar penerapan desain akustik pada sebuah ruangan [iv] teori tentang material akustik untuk mengkaji tentang seberapa jauh sebuah material memiliki pengaruh terhadap kualitas akustik sebuah ruang.

2.1. Pengertian Kebisingan

Dalam urutan No. KEP48/MENLH/11/1996 dari Menteri LH, kebisingan ialah bunyi yang tidak dikehendaki dari suatu usaha atau aktivitas pada tingkat dan waktu tertentu yang bisa mengakibatkan gangguan kesehatan atau menimbulkan ketidaknyamanan pada lingkungan sekitar. Tingkat kebisingan ialah jumlah energi bunyi, dan dinyatakan dalam desibel (dB). dBA merupakan ukuran tingkat kebisingan pada kelas A, yakni kelas yang dapat didengar oleh telinga manusia. Manusia dipengaruhi oleh kebisingan dalam dua cara: secara fisik dan psikis. Tingkat kebisingan >40 dBA berdampak buruk bagi kesehatan. Pada 50 dBA, kebanyakan orang merasa terganggu dan sangat terganggu pada 55 dBA. Tingkat kebisingan >65 dBA berdampak buruk bagi kesehatan. Khan (2011) Secara umum, kebisingan dapat dikelompokkan ke dalam kategori berikut:

- Kebisingan yang tidak berhenti. Misalnya kebisingan dari AC, kipas angin, dan peralatan lainnya
- Kebisingan yang terputus-putus. Misalnya kebisingan kereta api, pesawat, lalu lintas, dan lainnya

- Kebisingan berubah seiring waktu.
- Kebisingan impulsive. Misalnya shunting kereta, holding, stop, start, dan lainnya.

2.1.1 Teori tentang Sumber Kebisingan

Suroto (2010) mengatakan bahwa sumber titik, bidang, dan garis merupakan tiga macam dasar. Untuk kebisingan lalu lintas, bahkan pada sumber garis. Kebisingan dapat bersumber dari:

1. Bising Interior (dalam): Kebisingan dalam ialah kebisingan yang bersumber dari manusia, peralatan rumah tangga, atau mesin konstruksi.
2. Bising Outdoor (Luar): Kebisingan luar berasal dari hal-hal seperti lalu lintas, transportasi, pabrik, dan tempat lain di luar gedung atau ruangan.

Klasifikasi sumber kebisingan diantaranya:

1. Lalu lintas: kebisingan lalu lintas bersumber dari kendaraan bermotor. Suara bising tersebut berasal dari mesin yang melakukan pembakaran pada ruang piston sehingga menimbulkan gesekan antara dinding mesin dengan piston sehingga menimbulkan bunyi pada pembuangan. Kebisingan juga berasal dari roda yang bergesekan dengan jalan. Ini memberi beberapa frekuensi kebisingan yang paling mengganggu.
2. Industri: Kebisingan industri berasal dari peralatan yang dipergunakan untuk membuat sesuatu.
3. Pesawat terbang: Suara bising pesawat terdengar saat lepas landas atau mendarat di bandara. Kebisingan dari pesawat umumnya mengganggu awak pesawat, pelanggan, staf lapangan, serta orang-orang yang tinggal di dekat bandara.
4. Kereta api: Biasanya, kebisingan kereta api bersumber dari pengoperasian kereta, mesin, suara peringatan di pelintasan kereta dan stasiun kereta, serta penjagaan dan perbaikan rel. Namun sebagian besar kebisingan kereta

diakibatkan oleh gesekan antara roda dengan rel dan proses pembakaran di dalam kereta. Berada di sekitar jalur kereta api dan mendengar kebisingan membuat masinis kereta, awak kereta, pelanggan, dan masyarakat sekitar terdampak.

5. Kebisingan konstruksi bangunan: Banyak sekali suara-suara yang muncul dari konstruksi bangunan, seperti suara memalu, penggilingan semen, serta pengoperasian alat dan mesin lainnya.

6. Kebisingan dalam ruangan: Kebisingan di dalam bersumber dari berbagai sumber, seperti pendingin ruangan (AC), pemanas, tempat sampah, serta lainnya. Selain berasal dari luar, kebisingan dari dalam juga bisa membuat ruangan menjadi bising (Suroto, 2010).

2.1.2 Kebisingan Kereta Api

Kebisingan ialah suara apa pun yang bisa berdampak buruk bagi kesehatan pada tingkat tertentu serta dalam jangka waktu tertentu. Bunyi yang dihasilkan oleh getaran cukup keras sehingga disebut kebisingan. Kebisingan ialah bunyi yang tidak ingin didengar oleh orang yang mendengarkannya. Kebisingan ialah setiap suara yang tidak ingin didengar yang berasal dari beberapa kegiatan manusia seperti berbicara atau dari orang yang melakukan sesuatu seperti menggunakan mesin (Marisdayana et al., 2016). Orang biasanya tidak memperhatikan kebisingan yang mereka keluarkan jika itu adalah bagian dari pekerjaan mereka. Keputusan Menteri LH No. 48 Tahun 1996 menyatakan bahwa kebisingan ialah setiap bunyi yang tidak menyenangkan yang berasal dari suatu usaha atau aktivitas pada tingkat serta waktu tertentu yang bisa menimbulkan rasa tidak nyaman atau merugikan kesehatan manusia. Kebisingan berasal dari pabrik, pesawat, kereta api, mobil, tempat kerja, dan bahkan benda-benda di dalam rumah. Kereta api sebagai salah satu sumber kebisingan.

Banyak sekali orang yang menggunakan kereta api untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain, baik jarak jauh maupun jarak pendek.

Kebisingan kereta api timbul ketika roda-rodanya saling bergesekan, sinyal di perlintasan kereta api, dan ketika pembakaran bahan bakar (Dwi, 2015). Kebisingan kereta api yang lebih keras dari kebisingan normal pada waktu dan tempat tertentu dapat disebut “kebisingan kereta api”. Kebisingan ini dapat berdampak buruk bagi kesehatan dan kenyamanan makhluk hidup serta lingkungan.

Kebisingan kereta api yang normal berasal dari mesin kereta atau rel yang dilaluinya. Kebisingan dari kereta api dipengaruhi oleh kecepatannya, jenis mesinnya, jumlah gerbongnya, rodanya, dan rel yang dilaluinya (Putra, 2017). Paparan kebisingan dengan tingkat kebisingan di atas Nilai Ambang Batas (NAB) dalam jangka waktu lama akan mengakibatkan gangguan pendengaran ringan. Jika hal ini terus terjadi maka akan menciptakan ketulian permanen. Selain itu, kebisingan diduga bisa mempengaruhi emosi seseorang sehingga dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah di organ tubuh (Utami, 2014).

Penelitian Wati (2020) menemukan tingkat kebisingan kereta listrik pada jarak 40 m sebesar 73,8 dBA, dan penelitian Yumni (2019) menemukan nilai LSM kereta diesel pada jarak 48 m sebesar 76,6 dBA. Kedua nomor LSM tersebut tidak jauh berbeda satu sama lain, artinya kebisingan dari kereta diesel dan listrik hampir sama.

2.1.3 Sumber Kebisingan Kereta Api

Kebisingan kereta api bersumber dari pengoperasian kereta api, mesin, rambu-rambu bunyi pada persimpangan dan stasiun kereta api, penjagaan, dan pemeliharaan konstruksi rel. Hal utama yang menimbulkan kebisingan kereta api adalah roda yang bergesekan, suara sinyal perlintasan, dan pembakaran bahan bakar (Dwi, 2015).

Sri (2012) mengatakan kebisingan kereta api memiliki 4 sumber:

- a. Kebisingan Traksi: knalpot, mesin diesel, mesin dan transmisi getaran.
- b. Kebisingan Rel/Roda: rel dan roda yang menghasilkan getaran sehingga menimbulkan kebisingan internal dan eksternal.

- c. Kebisingan Alat Bantu: komposer, ventilasi, dan sistem rem.
- d. Kebisingan Aerodinamis: perjalanan kereta api melalui udara.

Sri (2012) mengatakan kebisingan kereta api berasal dari beberapa sumber, antara lain:

- a. Klakson berbunyi ketika kereta memasuki stasiun, melewati perlintasan, atau melewati suatu tempat yang banyak penduduk.
- b. Gesekan mekanis antara roda kereta dengan rel, terutama pada saat kereta mulai melambat atau berhenti.
- c. Sistem pengapian kereta api ini unik karena menggunakan bahan bakar diesel, yang menghasilkan lebih banyak kebisingan dibandingkan kereta bertenaga listrik.
- d. Seberapa sering kereta api berpindah, baik dari segi jumlah kereta maupun kecepatannya.

Kebisingan kereta api diakibatkan oleh sejumlah faktor yang berbeda yakni (Simanjuntak, 2014):

1. Berbagai cara pergerakan kereta api, mesin diesel dan mesin listrik dipergunakan untuk menggerakkan kereta. Kilowatt hingga megawatt adalah berbagai jenis tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kereta. Sebagian besar kebisingan yang diciptakan tenaga listrik bersumber dari kipas pendingin yang dipergunakan.
2. Kecepatan kereta api, kecepatan mempunyai pengaruh besar terhadap tingkat kebisingan; semakin cepat melaju, semakin keras suaranya. Pasalnya, saat melaju kencang bisa membuat mesin melaju kencang sehingga menimbulkan suara nyaring.
3. Frekuensi kereta/pengoperasian kereta api, tempat yang banyak keretanya akan lebih bising pada saat itu. Jika kendaraan yang melaju mempengaruhi tingkat kebisingan, maka semakin banyak kendaraan, maka semakin keras pula kebisingannya bagi orang yang mendengarkan. Juga dapat

menggunakannya di kereta; semakin banyak kereta, semakin banyak kebisingan yang diciptakan.

4. Panjang rangkaian kereta api, secara umum satu mesin menarik setiap rangkaian kereta. Jumlah kereta penumpang dan kereta kargo mengalami perubahan setiap saat.

2.1.4 Jenis- jenis Kebisingan

Kebisingan mempunyai kriteria, seperti tingkat kebisingan terendah yang diperlukan di suatu tempat berdasarkan fungsi utamanya. Kita dapat mengetahui cara mengurangi kebisingan di suatu area jika kita mengetahui kriteria kebisingannya. Pengurangan kebisingan dilakukan dengan cara melemahkan suara yang didengar guna menurunkan kebisingan yang ditimbulkan.

Leksono (2009) memisahkan kebisingan menjadi beberapa tipe:

1. Kebisingan yang tidak berhenti dan mempunyai jangkauan frekuensi yang luas
2. kebisingan spektrum sempit adalah kebisingan yang tidak berhenti dan mempunyai rentang frekuensi yang kecil. Seperti katup gas, gergaji silinder, dan peralatan lainnya.
3. Kebisingan yang terputus-putus, seperti lalu lintas, pesawat yang lepas landas dan mendarat, dan sebagainya.
4. Kebisingan impulsif, seperti suara tembakan, ledakan, dan meriam.
5. Kebisingan yang terjadi berulang kali, seperti mesin tempa dalam suatu bisnis.

2.2 Baku Tingkat Kebisingan

Keputusan Menteri LH No. 48 Tahun 1996 menyebutkan bahwa pedoman tingkat kebisingan menetapkan tingkat kebisingan tertinggi yang dapat berasal dari perusahaan atau kegiatan di lingkungan hidup tanpa mengganggu kesehatan masyarakat atau kenyamanan lingkungan. Diperkirakan bahwa kebisingan dari tindakan masyarakat dapat dikendalikan dengan mengikuti tingkat minimum yang ditetapkan oleh standar tingkat kebisingan. Sebagaimana terlihat pada tabel di bawah ini, Keputusan Menteri LH No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan mencantumkan baku tingkat kebisingan di beberapa tempat:

Tabel 2. 1 : Baku tingkat kebisingan

Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan db(A)
a. Peruntukan Kawasan.	
1. Perumahan dan Permukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus:	
- Bandara	
- Stasiun Kereta Api	60
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit dan sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat Ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: KepMenLH No 48 Tahun 1996

2.3 Teori Sumber Bunyi

Istilah "bunyi" memiliki dua arti berbeda. Pertama, dalam pengertian fisik, bunyi mengacu pada perubahan tekanan dan pergerakan partikel dalam media elastis seperti udara. Kedua, dari sudut pandang fisiologis, suara adalah persepsi pendengaran yang dihasilkan dari perubahan fisik yang disebutkan di atas (Doelle, 1993). Ketika suara bertemu dengan penghalang medium yang dilaluinya, energi yang dibawa oleh gelombang suara bisa ditransmisikan, diserap, atau dipantulkan oleh penghalang tersebut. Biasanya, ketiga fenomena tersebut bermanifestasi pada tingkat yang berbeda-beda, bergantung pada batasan spesifik yang mereka lintasi (Lord, 1980).

Berlandaskan Sears & Zemansky (2004: 58), bunyi bisa didefinisikan sebagai gelombang longitudinal yang merambat melalui suatu material, seperti benda padat, cair, atau gas. Bentuk dan produksi gelombang suara dapat ditunjukkan dengan osilasi membran atau diafragma loudspeaker. Kebisingan mengacu pada suara yang dianggap tidak diinginkan karena intensitas dan waktunya, serta bisa menimbulkan ketidaknyamanan bagi manusia dan gangguan lingkungan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996).

2.4 Teori Akustik dalam Ruang

Akustik ialah studi tentang suara atau ilmu tentang suara, seperti yang dikemukakan Shadily (1987:8). Istilah "akustik" berasal dari kata bahasa Inggris "*acoustics*", yang berkaitan dengan kebisingan atau studi tentang suara. Berlandaskan Halme (1990:12), akustik ialah disiplin ilmu yang sangat penting untuk menciptakan lingkungan suara yang menyenangkan. Ia menegaskan bahwa akustik harus menjadi perhatian utama dalam mencapai pengalaman pendengaran yang baik. Akustik ialah disiplin ilmu yang menyelidiki sifat suara, termasuk pembangkitan, transmisi, dan efeknya. Hal ini juga mengkaji bagaimana suara berinteraksi dengan lingkungan yang berbeda dan kualitas suara tertentu yang dirasakan oleh telinga manusia.

Berlandaskan Prasetio (1993:3) dalam Akustik Lingkungan, sumber kebisingan bisa dikategorikan menjadi dua tipe utama, yakni:

1. Bising dalam

Bising dalam ialah kebisingan yang dihasilkan oleh manusia, tempat kerja mesin, dan peralatan perumahan.

2. Bising luar

Ialah sumber kebisingan yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi, operasi industri, lokasi konstruksi, dan sumber serupa. Sumber kebisingan eksternal ini diklasifikasikan menjadi dua kategori: sumber kebisingan bergerak, yang meliputi kendaraan bermotor, kereta api, dan pesawat terbang. Di sisi lain, sumber kebisingan stasioner mencakup industri, perkantoran, dan pabrik.

2.4.1 Pengertian Akustik

Istilah "akustik" berasal dari kata Yunani "akoustikos", yang mencakup semua aspek yang berkaitan dengan pengalaman pendengaran di dalam ruang tertentu yang bisa memengaruhi kualitas suara secara keseluruhan. (J. Pamudji Suptandar, 2004).

Leslie L. Doelle (1993) mengatakan bahwa:

a. Akustik lingkungan ialah penggunaan manajemen suara arsitektural untuk menciptakan suasana yang menawarkan kondisi pendengaran optimal baik di tempat tertutup maupun terbuka. Individu yang berada di dalam ruang arsitektur akan terlindungi secara efektif dari kebisingan dan getaran yang berlebihan.

b. Akustik ruang ialah pengelolaan kebisingan untuk memberikan kondisi optimal untuk pembangkitan, transmisi, dan penerimaan suara di ruang yang dirancang untuk aktivitas mendengarkan yang berbeda.

c. Pengendalian kebisingan sangat penting dalam desain akustik amfiteater. Selain itu, masalah akustik ruangan diatasi sambil mengatur tingkat suara di dalam area tertentu.

Berlandaskan James Cowan (2000), akustik ialah studi ilmiah tentang suara. Suara yang dimaksud tidak hanya mencakup musik dan kebisingan, tetapi juga berkaitan dengan komunikasi di ruang angkasa. Akustik arsitektur berkaitan dengan studi tentang suara dalam ruang yang dibangun.

Masalah umum dalam akustik ruangan akibat pantulan suara adalah gema dan resonansi ruangan. Gema diakibatkan oleh kendala mekanisme sistem pendengaran manusia saat memproses suara. Jika jarak waktu tiba antara dua suara lebih kecil dari 60 ms, kita akan menganggap kombinasi kedua suara tersebut sebagai satu suara. Namun, jika perbedaannya melebihi 60 ms, kita akan merasakan dua rangsangan pendengaran yang berbeda. Jika sumber yang sama menghasilkan kedua suara, akan sulit untuk mendengarkan seminar, terutama jika interval waktu antara kedatangan suara tersebut melebihi 100 ms. Fenomena ini terjadi ketika seseorang mempersepsikan baik suara yang berasal langsung dari suatu sumber maupun suara yang dipantulkan oleh suatu permukaan.

2.4.2. Bentuk-bentuk Akustik

Bentuk akustik ialah komponen yang membantu perlakuan akustik suatu ruang, berfungsi sebagai elemen nonstruktural yang juga dapat berfungsi sebagai elemen struktural. (J. Pamudji Suptandar, 2004)

a. Masa bentuk cekung

Dimanfaatkan sebagai hamparan ruang pantulan yang luas dalam bentuk konfigurasi tingkat. Bentuk cekung ini juga berfungsi sebagai pemusat suara, mencegah penyebaran suara, dan berfungsi sebagai kebalikan dari reflektor. Jika dianalisis berdasarkan perambatan suara, maka akan meningkatkan

dukungan terhadap kondisi akustik. Bagian cekung, khususnya pada panggung dan langit-langit, berfungsi sebagai reflektor dan tidak dimanfaatkan.

b. Masa bentuk cembung

Karena kemampuannya untuk membubarkan gelombang suara dan meningkatkan difusi akustik ruangan, ia berfungsi secara efektif sebagai reflektor suara.

2.4.3. Perancangan Akustik Luar Ruangan

Berlandaskan Christina E. Mediastika (2005), terdapat variabel alam yang mempunyai kemampuan meredam kebisingan:

a Jarak

Ketika jarak antara telinga dan sumber kebisingan bertambah, intensitas suara yang dirasakan menurun. Redaman suara akibat variasi jarak akan bervariasi antara suara individu dan gabungan. Jika jarak antara sumber dan pendengar digandakan, intensitas suatu bunyi akan turun sebesar 6 desibel (dB), sementara intensitas bunyi gabungan akan berkurang sebesar 3 dB.

b. Serapan udara

Udara berfungsi sebagai media transmisi gelombang bunyi dan mempunyai kemampuan menyerap sebagian energi gelombang bunyi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu dan kelembaban. Temperatur yang lebih rendah menghasilkan peningkatan penyerapan suara karena peningkatan stabilitas dan kepadatan molekul yang lebih tinggi. Kelembapan udara yang tinggi menyebabkan penurunan serapan bunyi akibat adanya air sehingga mengurangi gesekan yang terjadi pada saat rambat gelombang bunyi. Selain itu, serapan bunyi oleh udara juga dipengaruhi oleh frekuensi bunyi.

c Angin

Kecepatan dan arah angin berdampak pada kemampuan angin dalam menurunkan kekuatan bunyi. Angin yang bertiup berlawanan arah dengan sumber bunyi akan mengurangi intensitas bunyi yang sampai ke penerimanya.

d. Permukaan Tanah

Ketika bunyi melewati permukaan lunak seperti tanah atau rumput, maka akan mengalami penurunan intensitas. Sebaliknya, bila permukaan tanah dilapisi aspal atau jenis perkerasan lain, maka daya rambat bunyi akan semakin besar akibat pantulan dari permukaan padat tersebut.

e. Halangan

Pengurangan suara yang disebabkan oleh benda-benda yang menghalangi bisa dikategorikan menjadi dua jenis: hambatan alami (seperti manusia, bentang alam seperti bukit dan lembah) dan hambatan buatan (seperti pagar, dinding, dll.). Efektivitas penghalang terletak pada kemampuannya dalam menghalangi kebisingan frekuensi tinggi karena intensitasnya lebih rendah dibandingkan suara frekuensi rendah. Suara frekuensi tinggi tidak memiliki kemampuan untuk menembus atau melintasi batas. Dengan demikian, wilayah tanpa suara (bayangan suara) tercipta di belakang penghalang. Dalam risetnya, Christina E. Mediastika (2005) mengidentifikasi beberapa elemen yang berpotensi menurunkan tingkat kebisingan. Faktor-faktor ini meliputi:

1. Penataan layout bangunan

Jika lahannya luas, pengaruh denahnya akan minimal karena bangunan bisa diposisikan secara bebas di kawasan terpencil, misalnya di bagian belakang tanah, untuk menghindari kebisingan. Dalam hal keterbatasan lahan, penataan ruang memegang peranan penting. Misalnya, disarankan untuk menempatkan

ruang publik di dekat tempat bising, sedangkan area pribadi yang membutuhkan ketenangan sebaiknya ditempatkan di belakang atau terpisah dari area publik.

2. Posisi atau peletakan

Jika kondisi medan memiliki ciri lereng yang curam, bangunan terletak pada ketinggian yang lebih rendah dari jalan raya, atau terletak di belakang bukit, penempatan penghalang di lokasi mana pun akan memberikan hasil yang optimal. Apabila ketinggian lahan bangunan melebihi tinggi jalan, maka ketinggian pembatas menjadi penentu yang krusial. Ketika ketinggian jalan dan tanah hampir sama, menempatkan penghalang pada jarak terjauh dari bangunan akan memberikan hasil yang optimal. Namun demikian, jika lahan yang tersedia terbatas, penghalang harus ditempatkan di dekat bangunan dan pada ketinggian yang lebih tinggi dari bangunan.

3. Dimensi

Dimensi suatu penghalang ditentukan oleh panjang, lebar, dan tingginya. Untuk mencapai hasil yang optimal, upayakan untuk membangun pembatas yang membentang di seluruh lebar bagian depan properti yang berbatasan langsung dengan jalan. Gerbang bisa diposisikan di lokasi yang tidak memerlukan tindakan pengamanan tinggi. Rumus Lawrence dan Egan bisa dipakai untuk menghitung ketinggian.

4. Material

Hasil reduksi yang diperoleh terutama ditentukan oleh berat material, karena suara memiliki kemampuan untuk memasuki celah dan celah mikroskopis serta menimbulkan getaran pada benda. Sangat disarankan untuk menciptakan hambatan yang kuat, substansial, tidak fleksibel, tahan lama, dan bertahan lama. Perenungan terhadap pemanfaatan massa material ialah:

- a. untuk mereduksi 0-10 dBA, berat minimal 5 kg/m²
- b. untuk mereduksi 11-15 dBA, berat minimal 10 kg/m²
- c. untuk mereduksi 16-20 dBA, berat minimal 15 kg/m²

5. Estetika

Aspek estetika menjadi pertimbangan penting dalam arsitektur untuk memastikan bahwa pembatas yang dibangun tidak terlalu mengaburkan bagian depan atau depan bangunan. Masalah ini memerlukan pertimbangan yang signifikan, terutama karena penghalang yang berhasil harus memenuhi standar ketebalan, berat, dan kebesaran, yang merupakan faktor kunci yang bisa mengganggu fasad.

6. Material dengan insulasi kombinasi

Penting untuk mempertimbangkan gagasan penggunaan banyak lapisan insulasi pada dinding bangunan yang terletak di lokasi dengan tingkat kebisingan yang signifikan. Dengan menggabungkan material padat dengan material ringan dan transparan, kapasitas insulasi termal material padat akan berkurang sedangkan kapasitas insulasi termal material ringan akan meningkat. Di Indonesia, karena iklim tropis-lembabnya, penggunaan bahan tipis dan tembus cahaya sangat penting untuk memfasilitasi sirkulasi udara yang efisien. Namun demikian, pada lingkungan yang bising, penggunaan material yang tipis, ringan, dan transparan hanya terbatas pada tempat yang tidak memerlukan suasana tenang.

2.4.4 Akustik dalam Ruang Tertutup

Suara yang dipancarkan dari satu atau lebih sumber dalam area tertutup akan menyebar ke seluruh ruangan, sehingga menunjukkan ciri-ciri penyebaran suara yang berbeda dibandingkan dengan lingkungan terbuka, seperti bidang datar. Gelombang akustik yang merambat dalam suatu area tertutup pada akhirnya akan menemui suatu penghalang atau pemisah, seperti lantai, dinding, atau langit-langit. Sebagian energi suara yang mencapai

penghalang atau partisi ini dipantulkan, sedangkan sisanya diserap atau ditransmisikan.

A. Pemantulan Bunyi

Permukaan yang keras, tidak fleksibel, dan rata seperti beton, batu bata, batu, plester, atau kaca menunjukkan pantulan suara tingkat tinggi, sehingga secara efektif memantulkan kembali sebagian besar energi suara yang mengenai permukaan tersebut. Gejala pantulan bunyi sangat mirip dengan gejala pantulan cahaya. Bunyi datang dan bunyi pantul keduanya berada pada bidang yang sama, dan sudut gelombang bunyi datang sama dengan sudut gelombang bunyi pantul (Doelle, 1993).

B. Penyerapan Bunyi

Penyerapan mengacu pada proporsi energi yang tidak dipantulkan melainkan diserap oleh suatu material. Diukur dalam Sabine, dimana 1 m² Sabine ialah penyerapan suara yang sama dengan 1 m² jendela yang terbuka. Penyerapan suara, juga dikenal sebagai peredam suara, mengacu pada kapasitas suatu material untuk mengurangi suara yang masuk. Dikuantifikasi dalam persentase atau pecahan dengan nilai antara $0 \leq a \leq 1$ (Satwiko, 2009).

Kehadiran material akustik mempunyai efek signifikan dalam mengurangi kebisingan pada suatu ruang. Nilai reduksi kebisingan bergantung pada koefisien penyerapan suara dan luas permukaan material akustik yang dipakai.

Penyerapan suara ialah konversi energi suara menjadi bentuk lain, biasanya energi panas. Kontrol akustik bangunan yang efektif memerlukan penggunaan material yang memiliki tingkat penyerapan suara yang tinggi.

Penyerapan bunyi, sering disebut sebagai sound-absorbing, mengacu pada kapasitas suatu bahan untuk mengurangi intensitas suara yang masuk.

Biasanya diukur sebagai persentase atau pecahan antara $0 < a < 1$. Nilai 0 menunjukkan tidak adanya peredam suara, sehingga menghasilkan pantulan sempurna dari semua kebisingan yang masuk. Sebaliknya, nilai 1 menunjukkan suara yang masuk terserap seluruhnya, tanpa refleksi. Jendela yang terbuka dianggap mempunyai $a=1$ karena tidak memantulkan seluruh suara. Derajat serapan, disebut juga koefisien serapan, adalah perbandingan energi yang tidak dipantulkan kembali terhadap total energi bunyi yang masuk. Satu meter persegi Sabine ialah ukuran penyerapan suara yang mewakili jumlah suara yang diserap pada area seluas 1 meter persegi, dengan asumsi tidak ada suara yang dipantulkan dan semuanya diserap. Sementara, 1 ft^2 Sabine setara dengan serapan 1 ft^2 jendela terbuka.

1. Penyerapan Bahan

Koefisien serapan bunyi suatu bahan ialah perbandingan antara energi yang tidak dipantulkan kembali dengan total energi bunyi yang diterima. Bahan penyerap yang ideal memiliki impedansi akustik yang mirip dengan udara, biasanya memuat bahan ringan dan fleksibel dengan banyak rongga udara.

Tabel 2. 2 Koefisien Penyerapan bahan bangunan dan bahan akustik

Description	Frequency, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Acoustical plaster, average	0.07	0.17	0.50	0.80	0.88	0.66
Acoustic steel deck, 6-in. (150-mm) ribs	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40
Acoustone space tile, 32 in. (81 cm) OC, per unit	0.22	0.81	1.88	2.28	2.16	1.83
Air, per 1,000 cu ft volume, relative humidity 50%				0.9	2.9	7.4
Per 100 cu m volume, relative humidity 50%				0.3	0.9	2.4
Audience, in upholstered seats, per unit floor area	0.39	0.57	0.80	0.94	0.92	0.87
Unoccupied, well-upholstered seating, per unit floor area	0.19	0.37	0.56	0.67	0.61	0.59
Unoccupied, leather-covered upholstered seating, per unit floor area	0.15	0.25	0.36	0.40	0.37	0.35
Wooden pews, occupied, per unit floor area	0.37	0.44	0.67	0.70	0.80	0.72
Musician, with seat and instrument, per person	4.0	8.5	11.5	14.0	13.0	12.0
Brick, exposed, unglazed, unpainted	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Carpet, heavy, on concrete	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
Heavy, on 40-oz (1.35 kg per sq m) hair felt or foam rubber	0.08	0.24	0.57	0.89	0.71	0.73
Concrete block, unpainted	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Painted	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08

Concrete, poured, unpainted	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Fabrics, medium velour, 14 oz (0.48 kg per sq m), draped to half area	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Floors, concrete or terrazzo	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02
Linoleum, vinyl, rubber, or cork tile on concrete	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
On subfloor	0.02	0.04	0.05	0.05	0.10	0.05
Wooden	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Wooden platform, with air space beneath	0.40	0.30	0.20	0.17	0.15	0.10
Geocoustic tile, 32 in. (81 cm) OC, per unit	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Glass, heavy plate	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Ordinary window	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Gypsum board 1/2 in. (13 mm), on 2- by 4-in. (50- by 100-mm) stud, 16 in. (41 cm) OC	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Plaster, gypsum or lime, smooth finish, on brick	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05
On concrete block	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04
On lath	0.14	0.10	0.06	0.04	0.04	0.03
On lath, over air space, or on studs	0.30	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
Plywood, 1/4 in. (6 mm) over 3-in. (75-mm) air space, 1-in. (25-mm) glass-fiber backing	0.60	0.30	0.10	0.09	0.09	0.09
Soundblox unit, type B, 8-in. (20-cm) thick, painted	0.74	0.57	0.45	0.35	0.36	0.34
Wood panel, 3/8 to 1/2 in. (10 to 13 mm), over 2- to 4-in. (50- to 100-mm) air space	0.30	0.25	0.20	0.17	0.15	0.10

Sumber: Acoustical and Insulating Materials Association; 2. L. L. Beranek; 3. P. H. Parkin and H. R. Humphreys; 4. P. G. Geiger and R.N. Hamme; 5. National Research Council of Canada; 6. C. M. Hariss; 7. Pernyataan Pabrik; 8. Perkiraan. Akustik Lingkungan, 1990).

2. Penyerapan Udara

Udara ialah salah satu penyerapan suara, koefisien penyerapan suara oleh udara.

Tabel 2. 3 Koefisien penyerapan suara oleh udara pada suhu 20 °C

Frekuensi (Hz)	Kelembapan relatif			
	30%	40%	50%	60%
2000	0.012	0.010	0.010	0.009
4000	0.038	0.029	0.024	0.022
6300	0.084	0.062	0.050	0.043

Sumber: Harris Lawrence, 1970

3. Kecedapan Bunyi

dB mengukur seberapa baik suatu material dapat memblokir bunyi atau meminimalkan intensitas suara yang berpindah dari satu sisi ke sisi lain.

Papan akustik ialah jenis bahan yang mampu menyerap suara pada frekuensi tertentu.

Pada titik tertentu di ruang, bunyi terdiri dari bunyi langsung dari sumbernya serta bunyi yang dipantulkan oleh benda-benda yang menghalanginya. "Diffuse" mengacu pada medan yang terjadi di ruang ketika tingkat suara tersebar merata di seluruh ruang karena gelombang suara yang memantul kembali. Dimungkinkan untuk menemukan tempat-tempat yang tidak memiliki medan difusi sama sekali. Sebaliknya, mereka memiliki "bidang dekat" (near field) yang dekat dengan sumber, "medan bebas" (free field) yang lebih jauh, serta "medan dengung" (reverberant field) di dekat dinding.

Ketiga jenis bidang di atas diciptakan oleh suara sinambung pada suatu area tertutup. Berikut ialah informasi lebih lanjut:

a. Medan "dekat" (near field)

Seringkali, medan dekat terjadi dalam panjang gelombang frekuensi suara terendah dari sumbernya. Bila direkam dalam jarak yang jauh, tingkat tekanan suara berubah drastis sehingga sulit dilihat.

b. Medan "dengung" (reverberant field)

Medan dengung hampir tersebar luas serta terjadi di dekat dinding besar dan dominan. Dalam situasi seperti ini, tingkat tekanan suara tetap stabil.

c. Medan "bebas" (free field)

Medan bunyi yang berada di antara medan dekat serta medan dengung disebut medan bebas. Setiap peningkatan dua kali lipat jarak dari sumber, tingkat tekanan suara turun 6 dB dalam medan bebas. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yang dirasakan oleh manusia terdiri dari

temperatur udara, radiasi, kelembapan, dan pergerakan udara atau kecepatan angin (Lippsmeier, 1994).

2.5 Material Akustik

Ada beberapa bahan yang bisa diterapkan sebagai pelapis dinding ruang akustik, yakni kerang dilapisi beton, serbuk gergaji dan panel waffle akustik serat kelapa. (Erni Setyowati, 2014). Pemilihan material yang digunakan dalam desain akustik juga mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kualitas akustik ruangan Menurut Massikki & Najib (2010). Bahan yang digunakan dalam perancangan akustik dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bahan penyerap bunyi (absorber), bahan pemantul bunyi (reflektor), dan bahan penebar bunyi (diffuser).

2.5.1 Elemen Material

Beberapa contoh material yang dapat digunakan sebagai elemen penutup lantai, dinding dan plafon menurut J. Pamudji Suptandar (2004) :

- Batu bata ialah unit konstruksi standar yang dibuat dari tanah liat. Berfungsi dengan baik sebagai pereduksi udara, khususnya pada dua sistem paralel yang tidak disambung dengan mortar semen atau dilapisi.
- Beton ialah bahan kuat yang dibuat dengan mencampurkan semen dengan air. Ini dipakai guna membangun pelat atau dinding dengan struktur. Beton ialah cara yang bagus untuk menghalangi kebisingan udara, tapi itu bukan penyerap. Kebisingan yang lebih besar pun dapat dihalangi oleh beton yang memiliki ruang untuk udara. Bangunan modular terbuat dari potongan balok beton, yang sangat baik dalam menghalangi kebisingan karena beratnya serta bukan kepadatannya.
- Kaca ialah bahan transparan yang terbuat dari silikat yang sangat ringan. Ini ialah material pereduksi yang bagus, terutama pada frekuensi menengah. Dengan sistem berlapis, kualitasnya bisa lebih baik dan bisa mengurangi kebisingan, namun bisa berbahaya pada frekuensi rendah.

2.5.2 Bahan Berpori

Bahan berpori: Bahan penyerap suara apa pun dapat dipasang di dinding atau digantung sebagai bahan penyerap suara di dalam ruangan. Jenis pemasangan sangat mempengaruhi sifat serapan bunyi pada bahan penyerap bunyi. (Leslie L. Doell, 1993). Ciri dasar bahan berpori seperti papan serat, salep, wol mineral, serta papan insulasi ialah jaringan seluler dengan pori-pori yang saling berkaitan.

2.5.3 Penyerapan Panel (Selaput)

Panel ini ialah penyerap gelombang suara frekuensi rendah yang sangat efektif. Pemilihan penyerapan panel yang tepat akan mengimbangi peningkatan penyerapan frekuensi menengah serta tinggi yang diakibatkan oleh penyerap berpori. Oleh karena itu, panel penyerap menghasilkan karakteristik gema yang sama di seluruh rentang frekuensi audio. Dari lapisan dan struktur auditorium, peredam pelat berikut antara lain kayu dan papan keras, eternit, plafon plester gantung, plester fiber, panel plastik, jendela, kaca, pintu, lantai kayu, panggung, logam, dll menyerap frekuensi rendah.

2.6 Software iSimpa

Software iSimpa adalah *software* perangkat lunak untuk melakukan mensimulasikan suatu ruangan dengan adanya suatu suara yang mempengaruhi ruangan yang ada di dalamnya, isimpa adalah salah satu *software* yang bisa digunakan dalam simulasi ruang akustik. Langkah-langkah untuk mensimulasikan suatu ruang dengan cara penggambaran ruang dengan tiga dimensi, lalu Penentuan bahan material yang di pakai saat ini, sertakan data yang sudah didapatkan lalu masukan koefisien dari bahan material yang di pakai pada ruangan tersebut, selanjutnya menentukan titik kebisingan dari data yang diperoleh lalu masukan data waktu dengung pada *software* isimpa dan tunjukkan bagian sumber suara yang terjadi ketika pengukuran di lapangan