

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 BUNYI

Bunyi atau suara adalah sensasi atau rasa yang dihasilkan oleh organ pendengaran manusia ketika gelombang-gelombang bunyi terbentuk di udara sekeliling manusia melalui getaran yang diterimanya. Bunyi memiliki tiga sifat umum yaitu dapat dipantulkan, dibiaskan dan memerlukan media. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terdengar bila masuk ke telinga berada pada frekuensi 20-20.000 Hz atau disebut jangkauan suara yang dapat didengar. Tingkat intensitas bunyi dinyatakan dalam satuan dB atau decibel (Djalante, 2010) .

Bunyi dengan intensitas berkisar antara 50-55 dB(A) disebut sebagai bunyi keributan yang dapat mengakibatkan gangguan pada tidur sehingga ketika bangun badan menjadi lelah dan letih, sedangkan bunyi dengan intensitas 90 dB(A) dapat mengganggu sistem saraf otonom. Bising dengan intensitas 140 dB(A) Bunyi disebut sebagai getaran di udara yang dapat didengar dan gelombang di udara selaku mediumnya. Frekuensi getaran digunakan untuk menetapkan pitch dan intensitas bunyi diatur oleh laju energi yang ditransmisikan sepanjang gelombang.

2.1.1. Tekanan Intensitas Bunyi

Gelombang longitudinal khususnya gelombang yang terdengar sebagai bunyi apabila masuk kedalam telinga dalam daerah frekuensi 20-20.000 Hz disebut sebagai gelombang bunyi. Gelombang bunyi yang masuk ke telinga, mengakibatkan partikel- partikel udara yang berada pada selaput gendang bergetar dan amplitude tertentu, dan dapat pula dikatakan bahwa getaran tersebut merupakan variasi tekanan udara pada selaput gendang telinga.

. Bunyi terlemah mempunyai variasi tekanan maksimum sebesar 1000 Hz, untuk amplitude perpindahan yang sama dengan amplitude

tekanan kira-kira sebesar 10 cm, sehingga jika dilihat dari variasi ini telinga manusia merupakan organ yang sangat peka (Zeamansky & Sears, 1999).

2.1.2 Sumber Bunyi

Sumber bunyi adalah sumber getaran yang dihasilkan dari suatu gelombang bunyi. Sumber bunyi pada dasarnya memancarkan gelombang bunyi ke segala arah. Sumber bunyi adalah sumber getaran yang dihasilkan dari suatu gelombang bunyi. Sumber getaran tersebut menggetarkan semua medium yang ada di sekelilingnya. Adapun wujud-wujud dari sumber bunyi dibedakan menjadi sumber bunyi sebagai senar atau disebut juga dawai, pita dan permukaan. Satwiko (2005) juga menyatakan bahwa sumber bunyi dapat berupa benda-benda yang mampu bergetar, seperti senar gitar, tali suara manusia atau disebut juga dengan pita suara, serta bunyi tepuk tangan. Gelombang bunyi mampu merambat secara langsung melalui udara dari sumber bunyi ke pendengar. Sebelum sampai ke telinga pendengar, biasanya gelombang bunyi dapat terpantul beberapa kali dahulu pada permukaan-permukaan bangunan atau yang lainnya, yang akhirnya akan menentukan karakter dari bunyi yang diterima oleh telinga pendengar (satwiko, 2005).

2.2 KEBISINGAN

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan dinyatakan dalam satuan Desibel disingkat dB. Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KMNLH, 1996). Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak

menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Rahman, 2021).

Kebisingan merupakan salah satu jenis rangsang lingkungan yang dapat direspon berbeda oleh setiap individu. Dimana individu yang dapat melakukan perubahan respon terhadap rangsang lingkungan yaitu kebisingan, maka dapat dikatakan bahwa ia memiliki kemampuan adaptasi terhadap kebisingan (Ruly Asmarani, 2017). Seorang cenderung mengabaikan bising yang dihasilkannya sendiri apabila bising itu wajar menyertai pekerjaan. Kebisingan dapat menjadi sesuatu yang dapat mengganggu atau tidak, tergantung dari individu yang mendengarnya.

Polusi kebisingan atau suara dapat diartikan sebagai suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu manusia, sehingga seberapa kecil atau lembut suara yang terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka akan disebut kebisingan. Alat standar yang digunakan untuk mengukur kebisingan adalah Sound Level Meter (Wijayanto J 2024).

Tingkat kebisingan menurun terhadap jarak, penurunan tingkat kebisingan disebabkan oleh adanya penyerapan udara dan lingkungan sekitar. Tingkat kebisingan juga dipengaruhi oleh lokasi. Lokasi yang ramai, banyak kendaraan, atau angkutan umum menyebabkan tingkat kebisingan semakin tinggi. Meningkatnya tingkat kebisingan disebabkan oleh kendaraan bermotor, berbanding lurus dengan jumlah dan kecepatan kendaraan bermotor yang melewati jalan, semakin banyak dan cepat kendaraan bermotor, maka dengan sendirinya kebisingan jalan raya akan semakin meningkat.

2.2.1. Jenis Kebisingan

Diklasifikasikan ke dalam dua jenis golongan besar yaitu kebisingan tetap, dan kebisingan tidak tetap, yang diuraikan adalah sebagai berikut (Syariafuddin and Muzir 2015):

1. Kebisingan tetap (steady noise) terbagi menjadi dua bagian yaitu sebagai berikut:

- a. Kebisingan dengan frekuensi terputus, berupa nada nada murni pada frekuensi yang beragam.
 - b. Broadband noise,kebisingan yang terjadi pada frekuensi terputus yang lebih bervariasi(bukan nada murni).
2. Kebisingan tidak tetap (unsteady noise) yang terbagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut:
- a. Kebisingan fluktuatif (fluctuating noise), kebisingan yang selalu berubah-ubah selama rentang waktu yang tertentu.
 - b. Intermittent noise,kebisingan yang terputus-putus dan besarnya dapat berubah-ubah contohnya adalah kebisingan terhadap lalu lintas.
 - c. Impulsive noise, dihasilkan oleh suara-suara berintensitas tinggi dalam waktu relatif singkat misalnya suara ledakan senjata api.

2.2.2. Sumber Kebisingan

Sumber kebisingan dibagi menjadi dua yaitu sumber bising bergerak dan sumber bising diam, contoh dari sumber bising yang diam adalah industri pabrik dan mesin-mesin konstruksi, sedangkan contoh dari sumber kebisingan bergerak adalah kendaraan bermotor, kereta api, dan juga pesawat terbang. Pada kereta api dikategorikan sebagai sumber kebisingan karena gesekan pada roda kereta api dengan rel kereta api yang dibuat dari bahan keras sehingga menimbulkan decitan yaitu kebisingan. Sumber kebisingan bisa dari suara-suara yang klakson kendaraan bermotor dan suara mesin dari kendaraan. Sumber kebisingan yang terjadi pada perusahaan biasanya berasal dari mesin - mesin, untuk proses produksi dan alat-alat lain yang dipakai untuk melakukan suatu pekerjaan

Demikian penilaian tingkat intensitas pada kebisingan di perusahaan secara umum dimaksudkan untuk beberapa tujuan. Kebisingan terdiri dari dua macam sumber utama yaitu sebagai berikut:

1. Kebisingan dalam(interior)

Kebisingan dalam adalah sumber bising yang berasal dari manusia, alat rumah tangga, bengkel dan pada mesin.

2. Kebisingan Luar (outdoor)

Kebisingan luar merupakan sumber bising yang berasal dari industri, lalu lintas, dan tempat pembangunan gedung. Sumber kebisingan luar ini kemudian dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu, kategori sumber yang bergerak terdiri dari, kendaraan bermotor, pesawat terbang, dan kereta api. Sedangkan kategori sumber yang tidak bergerak seperti industri perkantoran dan pabrik. Kepmen LH No.48 Tahun 1996 juga menjelaskan bahwa sumber dari kebisingan yang sangat mengganggu aktivitas pada manusia adalah bisa berasal dari arus lalu lintas. 14 Kebisingan yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan Kesehatan manusia dan kenyamanan di sekitar lingkungan tersebut.

Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 718/Menkes/Per/XI/1987, sumber kebisingan yang dapat diartikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan sehingga mengganggu atau dapat membahayakan kesehatan, sumber bunyi bisa berasal dari peristiwa-peristiwa alam, ledakan, dan tembakan. Sumber bising adalah sumber yang sangat tidak dikehendaki karena sangat mengganggu pendengaran baik dari sumber bising yang bergerak maupun sumber bising yang tidak bergerak. Umumnya sumber kebisingan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti sumber kebisingan industri perdagangan, sumber bising dari pembangunan, alat pembangkit tenaga, sumber bising pada alat pengangkut dan sumber bising dari kegiatan rumah tangga.

Tabel 2.1 Jenis Kegiatan Dan Contoh Sumber Kebisingannya

Kegiatan	Contoh
Transportasi	Kendaraan bermotor, kereta api, pesawat terbang
Perdagangan	Pasar tradisional dan pasar modern
Konstruksi	Peralatan penambangan, dan penggalian, truk diesel dan penghancur material
Perindustrian	Mesin dan bunyi alat-alat produksi

Sumber: (Julianto 2010)

2.2.3. Kendaraan Bermotor

Salah satu sumber bising lalu lintas jalan antara lain berasal dari kendaraan bermotor baik roda dua, roda tiga, maupun roda empat, dengan sumber penyebab bising antara lain bunyi klakson, bunyi mesin saat kendaraan sedang berjalan. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997, kendaraan yang berpotensi di jalan raya dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori (Bina Marga, 1997):

- a. Kendaraan ringan (LV), kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truck kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- b. Kendaraan Berat (HV), kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi: bis, truck 2 as, truck 3 as, dan truck kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- c. Kendaraan Bermotor (MC), kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3 kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- d. Kendaraan tak bermotor (UM), kendaraan yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2.2.4. Arus Lalu Lintas

Terdapat 2 (dua) karakteristik utama dari lalu lintas yang berkaitan dengan analisa tingkat kebisingan adalah volume dan kecepatan:

- a. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai, jumlah kendaraan yang melewati suatu jalan raya selama interval waktu tertentu.
- b. Kecepatan adalah jarak dibagi dengan waktu. Dalam kecepatan waktu diukur dalam detik dan jarak diukur dalam meter maka untuk mendapatkan hasil kecepatan yang lazimnya dinyatakan dalam km/jam dengan mengubah hasil survei dari meter/detik menjadi km/jam.

Parameter tersebut harus dapat didefinisikan dan diukur oleh insinyur lalu lintas dalam menganalisis, mengevaluasi, dan melakukan perbaikan fasilitas lalu lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya (Oglesby et al., 1998)

Volume kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q \text{ Tot Kendaraan} = nLV + nHV + nMC \dots\dots\dots(2.1)$$

Presentasi % (P) jenis kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(LV, HV, MC) = \frac{\text{Jenis Kendaraan}}{Q_{\text{total Kend/Jam}}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Kecepatan kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{(VLV \cdot nLV) + (VHV \cdot nHV) + (VMC \cdot nMC)}{nLV + nHV + nMC} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

Q = Volume lalu lintas

P = Presentasi (%)

V = Kecepatan ruang tiap jenis kendaraan (km/jam)

N = Jumlah kendaraan (kend/jam)

s = Jarak (km)

t = Waktu tempuh (jam)

V = Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

2.2.5. Kebisingan Lalu Lintas

Lalu Lintas adalah gerak atau pindah kendaraan, manusia, hewan dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan alat gerak. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, pada pasal 1 ayat(2) dijelaskan bahwa lalu lintas adalah gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Komponen yang membuat terjadinya lalu lintas adalah manusia sebagai pengguna, kendaraan dan jalan yang saling berinteraksi dalam pergerakan kendaraan yang memenuhi persyaratan kelayakan dan di kemudikan oleh pengemudi yang mengikuti peraturan lalu lintas yang telah ditetapkan oleh pemerintah

Kebisingan lalu lintas berasal dari suara yang dihasilkan dari kendaraan bermotor, terutama dari mesin kendaraan, knalpot, serta akibat interaksi antara roda dengan jalan. Secara garis besar strategi pengendalian terhadap sumber bising dibagi tiga elemen yaitu, pengendalian terhadap sumber bising, pengendalian terhadap jalur bising dan pengendalian terhadap penerima bising (Djalante, 2010). Getaran yang diakibatkan oleh transportasi darat, menurut di UK (United Kingdom), Lalu lintas jalan merupakan sumber utama kebisingan yang dianggap mengganggu sebagian besar masyarakat. Kebisingan sering terjadi di jalan-jalan yang sebagian besar aktivitas masyarakat juga terjadi di lingkungan yang berdekatan dengan jalan raya, seperti misalnya sekolah, masjid dan kantor-kantor. Ada pula parameter dari jalan yang dilalui oleh kendaraan yaitu kondisi yang membentuk fisik dari jalan, contohnya bentuk jalan, kemiringan jalan, kelengkungan jalan atau tikungan jalan, permukaan jalan yang berbeda-beda dan lebar dari jalan yang dilewati banyaknya kendaraan bermotor (Suroto, 2010)

Disebabkan oleh berbagai hal seperti yang di tunjukkan pada 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Kendaraan Penyebab Getaran (UK)

No.	Kendaraan	%
1	Kendaraan berat	73
2	Bus kota	51
3	Bus antar kota	42
4	Kendaraan berat	36
5	Sepeda motor	21
6	Mobil	12

Sumber: *United Kingdom (1997)*

Adapun penyebab getaran selain kendaraan ditunjukkan pada tabel

2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Penyebab Getaran Selain Kendaraan (UK)

No.	Lainnya	%
1	Beban berat	73
2	Kecepatan tinggi	51
3	Percepatan tinggi	42
4	permukaan jalan	36
5	Pengereman	21
6	Gerakan mulai jalan	12

Sumber: *United Kingdom (1997)*

2.2.6. Standar Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Standar baku mutu tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sekitar baik dari perusahaan atau kegiatan lainnya. Batas kebisingan ditetapkan agar tidak terjadi gangguan kesehatan kepada manusia dan kenyamanan lingkungan yang ada di kawasan terjadinya bising. Standar baku mutu tingkat kebisingan nilainya harus disesuaikan dengan kegunaan dan lingkungan kegiatan.

Standar baku tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam bentuk decibel (dB), berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan No 718/Menkes/XI/1987 tingkat kebisingan dibagi menjadi beberapa zona antara lain sebagai berikut:

1. Pada zona A: intensitas 55 dB, zona yang di peruntukan pada tempat penelitian adalah rumah sakit, tempat perawatan Kesehatan, sosial dan sejenisnya.
2. Pada zona B: intensitas 55 dB, zona yang di peruntukan untuk perumahan, tempat Pendidikan dan tempat rekreasi.
3. Pada zona C: intensitas 50-60 dB, zona yang di peruntukan untuk perkantoran, perdagangan dan pasar.
4. Pada zona D: intensitas 60-70 dB, zona yang di peruntukan untuk industri, pabrik, stasiun kereta api, terminal bis dan sejenisnya.

Tabel Baku tingkat Kebisingan yang diperuntukkan kawasan/ lingkungan kegiatan sesuai dengan KMNLH No. 48 tahun 1996 ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 2.4 Baku Tingkat Kebisingan

Peruntukkan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan Db (A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industry	70
6. Pemerintah dan Fasilitas umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
• Bandar udara")	

• Stasiun kereta api")	
• Pelabuhan laut	70
• Cagar budaya	60
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55
keterangan: ") disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan	

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH, 1996)

Sementara itu menurut, dalam buku Akustika Arsitektural karya Prasasto Satwiko (2019) tentang kriteria kebisingan (Noise Criteria) yang diperbolehkan suatu ruangan

Tabel 2.5 Kriteria Kebisingan (NC) Yang Diperbolehkan Pada Suatu Ruangan

Bagunan	Ruangan	(dBA)
Rumah tinggal	Ruang tidur, rumah pribadi	25
	Ruang tidur, flat	30
	Ruang tidur, hotel	35
	Ruang keluarga	40
Komersial	Kantor pribadi	35-45
	Bank	40-45
	Ruang konferensi	40-50
	Kantor umum, toko	40-55
	Restoran	40-60
	Kafetaria	50-60
Industry	Bengkel presisi	40-60
	Bengkel berat	60-90
	Labolatorium	40-50

pendidikan	Ruang kuliah, ruang kelas	30-40
	Ruang belajar privat	20-35
	Perpustakaan	35-45
Kesehatan	Rumah sakit, ruang inap umum	25-35
	Rumah sakit, ruang inap privat	20-25
	Ruang operasi	25-30
Auditorium	Hall konser	25-35
	Gereja	35-40
	Ruang siding, ruang kkonferensi	40-45
	Studio rekaman	20-25
	Studio radio	20-30
	Teater drama	30-40

Sumber: Buku Akustika Arsitektural (Prasasto Satwiko, 2019)

Berikut kriteria bisng (KRB)

1. Daerah Aman Bising (DAB)
 - a. Daerah dengan lebar 21 s/d 30 m dari tepi perkerasan jalan.
 - b. Tingkat kebisingannya kurang dari 65 dBA (Leg).
 - c. Lama waktu paparan (60-65 dBA) maksimum 12 jam per hari.
2. Daerah Moderat Bisingg (DMB)
 - a. Daerah dengan lebar 11 s/d 20 m dari tepi perkerasan jalan.
 - b. Tingkat kebisingan Antara (65-75 dBA) (Leg).
 - c. Lama waktu paparan)65-75 dBA) maksimum 10 jam per hari.
3. Daerah Resiko Bising (DRB)
 - a. Daerah dengan lebar 0 s/d 10 m dari tepi perkerasan jalan.
 - b. Tingkat kebisingan lrbih 75 dBA (Leg)
 - c. Lama waktu paparan) 75-90 dBA) maksimum 10 jam per hari.

Sumber kebisingan lalu lintas termasuk dalam kriteria kebisingan garis, kebisingan tersebut ditimbulkan oleh suara-suara dari kendaraan bermotor yang melewati jalanan dan semakin padatnya lalu lintas yang ada di jalan tersebut. Adapun penyebab kebisingan dari kendaraan bermotor

adalah mesin dari kendaraan, bagian sistem pembuangan kendaraan berbeda-beda dan model kendaraan.

Penyebab kebisingan dari kendaraan tersebut, ada pula parameter dari kendaraan itu sendiri yaitu kecepatan dan kepadatan kendaraan di jalan raya, komposisi kendaraan tersebut, sifat dari pengemudi kendaraan itu sendiri, dan kestabilan atau ketidakstabilan lalu lintas kendaraan bermotor. Selain parameter lalulintas, ada pula parameter dari jalan yang dilalui kendaraan, yaitu kondisi yang membentuk fisik dari jalan, contohnya bentuk jalan, kemiringan jalan, kelengkungan jalan, atau tikungan jalan, permukaan jalan yang berbeda dan lebar jalan yang dilewati banyaknya kendaraan bermotor (Suroto, 2010).

Kebisingan lalu lintas sebagai suatu besaran atau harga yang dibatasi oleh batasan tertentu. Batasan tersebut seperti: Tingkat bising sinambung equivalen. Menurut Suroto (2010) Tingkat bising sinambung equivalen adalah suatu tingkat kebisingan tunggal dalam beban A, yang menunjukkan energi bunyi yang sama dengan energi yang berubah-ubah dalam selang waktu tertentu. Secara matematis:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

L_{eq} = Nilai kebisingan equivalen

N = Banyaknya pencatatan data

L_i = Nilai hasil pembacaan ke- i

L_{eq} adalah tingkat kebisingan equivalen untuk menunjukan suatu nilai yang memperhitungkan intensitas suara total selama periode waktu tertentu dari tingkat suara yang berbeda-beda dari waktu ke waktu, L_{eq} merupakan skala logaritmik yang memiliki nilai dalam satuan desibel (dB) yang tidak dapat ditambahkan langsung.

Dalam Pedoman Kontruksi dan Bangunan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004), perhitungan tingkat kebisingan dapat dilakukan dengan model perhitungan Calculation Of Road Traffic Noise (CORTN).

Perhitungan tingkat bising dasar dengan metode CoRTN ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{10} = 4,2 + 10 \log Q \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Log = Tingkat kebisingan dasar untuk tiap 1 jam (dBA)

Q = Volume lalu lintas (kend/jam)

Ada pun beberapa Koreksi koreksi yang dilakukan terhadap tingkat kebisingan dasar ada 5 jenis koreksi sebagai berikut:

- Koreksi terhadap kecepatan rata-rata dan presentase kendaraan berat dalam arus lalu lintas yang melintas:

$$C1 = 33 \log(V+40+500/V) + 10 \log(1+5P/V) - 68,8 \text{ dBA} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Koreksi terhadap gradien atau kelandaian jalan, ditunjukkan pada tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Klasifikasi Medan Jalan

No	Jenis Jalan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	Mar-25
3	Pengunungan	G	>25

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

$$C2 = 0,3 G \text{ dBA} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Koreksi terhadap permukaan jalan atau perkerasan (C3) di tunjukkan pada tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7 Koreksi Permukaan Perkerasan

No.	Uraian		Koreksi dBa
1	Chip Seal		3
2	Beton Semen Potland		1
3		Beton Aspal Gradasi Padat	-1
4		Beton Aspal Gradasi Terbuka	-5

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

- Koreksi terhadap kondisi sumber bunyi dengan penerima dapat dipengaruhi oleh material yang akan digunakan sebagai halaman yang terletak antara bangunan dan jalan. Dapat dibedakan menjadi dua jenis halaman yaitu yang tidak diperkeras dan yang diperkeras. Untuk yang lebih dari 50% diperkeras dan tidak bisa menyerap bunyi koreksi dihitung dengan rumus:

$$C4 = 10 \log (d' / 13.5) \text{ dBA} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$d' = ([h^2 + d + 3,5)^2]^{1/2} \text{ dBA} \dots \dots \dots (2.9)$$

- Koreksi terhadap efek pemantulan (C5) ditunjukkan pada tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Faktor Koreksi Efek Pemantulan

No.	Uraian	Koreksi dBa
1	Lapangan Terbang	0
2	1 meter di depan gedung	2,5
3	Terdapat dinding menerus di samping kiri dan kanan	1

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

Prediksi tingkat bising (PTB) yaitu:

$$PTB = L_{10} + C1 + C2 + C3 + C4 + C5 \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan untuk rumus-rumus tersebut diatas adalah sebagai berikut

Dimana:

Q = Jumlah kendaraan yang melintasi pengamat (kend/jam)

v = Kecepatan Rata-rata (km/jam)

P = Persentase kendaraan berat (%)

G = Persentase gradien (%)

d' = Panjang garis pandangan dari sumber bunyi ke penerima (m)

d = Jarak sumber bunyi ke penerima sejajar dengan tanah (m)

h = Ketinggian titik penerima dari muka tanah (m)

Ø = Sudut pandang (°)

2.2.6 Dampak Kebisingan

Dari segi kesehatan, tingkat kebisingan yang dapat diterima tergantung pada lamanya kebisingan tersebut diterima. Tingkat kebisingan yang dapat ditolerir oleh seseorang tergantung pada kegiatan apa yang dilakukan, Gangguan dari kebisingan atau dari bunyi pada tingkat tertentu masih dapat diadaptasi oleh fisik manusia namun pada syaraf pada manusia dapat terganggu kinerjanya, akibatnya dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan yang parah (Suryan, 2010). Anggota tubuh manusia juga memiliki frekuensi alami dimana apabila frekuensi ini beresonansi dengan frekuensi getaran akan menimbulkan gangguan-gangguan antara lain mempengaruhi konsentrasi kerja, mempercepat datangnya kelelahan, gangguan-gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, otot-otot dan lain-lain (Anugra Setiawan, 2014).

Kebisingan yang terpapar secara terus menerus dan berlebihan pada manusia biasanya memberikan dampak mengganggu, gangguan kardiovaskular gangguan tidur dan gangguan hormonal misalnya gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran, merupakan perubahan yang terjadi pada tingkat pendengaran yang mengakibatkan kesulitan dalam menjalani kehidupan normal. Gangguan pendengaran biasanya terjadi saat memahami suatu pembicaraan (Buchari, 2007).

Secara kasar gradasi gangguan pendengaran yang diakibatkan oleh bising itu sendiri dapat ditentukan menggunakan parameter pada percakapan sehari-hari (Buchari, 2007), seperti berikut:

- a. Gradasi normal: parameter kesulitan dalam percakapan biasa (6m);
- b. Gradasi sedang: parameter kesulitan dalam percakapan sehari-hari mulai jarak $> 1,5m$
- c. Gradasi menengah: parameter kesulitan dalam percakapan keras sehari-hari mulai jarak $>1,5m$;
- d. Gradasi berat: parameter kesulitan dalam percakapan keras atau berteriak pada jarak $>1,5m$;

- e. Gradasi sangat berat: parameter kesulitan dalam percakapan atau berteriak pada jarak $<1,5\text{m}$;
- f. Gradasi tuli total: parameter kehilangan kemampuan pendengaran dalam berkomunikasi.

Apabila kebisingan terpapar pada seseorang yang sedang belajar, maka kebisingan yang sangat rendah sekalipun dianggap mengganggu, sumber kebisingan yang berdampak pada seseorang yang sedang belajar bukan berdasar dari dalam ruangan saja akan tetapi juga berasal dari sekeliling dan luar ruangan belajar tersebut. Kebisingan juga dapat menyebabkan pelemahan saat mendengarkan, gangguan komunikasi, gangguan tidur, penyebab terhadap efek jantung, atau urat-urat darah dan efek psiko-fisiologi, menurunkan performansi fisik, serta menimbulkan perubahan dalam perilaku sosial. Sebagian besar konsekuensi sosial dari gangguan pelemahan pendengaran adalah kemampuan untuk memahami pembicaraan dalam kondisi normal.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KMNLH 1996) jenis dari dampak kebisingan ada dua tipe yang diuraikan sebagai berikut:

a. Akibat badaniah.

Kehilangan pendengaran: terjadi perubahan ambang batas sementara akibat kebisingan dan perubahan ambang batas permanen akibat kebisingan.

b. Akibat-akibat psikologis

1. Gangguan emosional:

- Kejengkelan
- Kebingungan

2. Gangguan gaya hidup:

- Gangguan tidur atau istirahat
- Hilang konsentrasi waktu bekerja dan belajar

3. Gangguan pendengaran:

Mengganggu kemampuan mendengarkan bunyi seperti; bunyi TV, radio, percakapan, telepon dan sebagainya.

2.2.7 Sumber Bising pada Kendaraan yang Melaju

Kendaraan bermotor menjadi sumber dari kebisingan lalu lintas. Kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor yang melaju di jalan raya dipengaruhi oleh beberapa komponen di bawah ini:

- a. Mesin.
- b. Kipas pendingin mesin.
- c. Sistem pembuangan sisa pembakaran.
- d. Sistem pemasukan.
- e. Gesekan ban mobil (pada permukaan jalan).
 - jenis ban.
 - kecepatan kendaraan.
 - kondisi permukaan jalan.
 - kemiringan jalan.
- g. Peralatan transportasi dan roda gigi.

2.2.8 Pengendalian Kebisingan

Permasalahan kebisingan adalah suatu dampak negatif yang dihasilkan dari polusi lingkungan yang sangat mengganggu kenyamanan dan kesehatan indera pendengaran. Dalam penelitian yang akan dilakukan, terlihat bahwa lokasi Jalan Nusantara Kota Makale yang sangat rentan mengalami efek kebisingan yang disebabkan oleh aktifitas lalu lintas oleh karena itu dibutuhkan upaya pengendalian kebisingan. Pengendalian kebisingan di lingkungan sekolah dapat dilakukan dengan cara mengendalikan kebisingan dari sumber bising, jalur bising dan penerima bising. Pengendalian dari sumber bising dapat dilakukan dengan cara membatasi kebisingan yang terjadi dari knalpot atau suara mesin kendaraan bermotor yang melintasi jalan raya tersebut berdasarkan aturan tingkat Saku kebisingan yang di izinkan.

Pengendalian dari jalur bising dapat dilakukan dengan cara memberikan penghalang kebisingan pada jalur bising baik menggunakan penghalang alami seperti menanam pohon atau tanaman sebagai pembatas lingkungan sekolah dan jalan raya, atau dengan menggunakan penghalang buatan seperti tembok, pagar, kaca, kayu, aluminium yang dapat berguna untuk menghalangi kebisingan yang disebabkan oleh aktifitas lalu lintas. Pengendalian kebisingan dari penerima bising dapat dilakukan dengan penataan ruang kelas, ruang guru, ruang perpustakaan yang di bangun menjauh dari jalan raya sehingga mengurangi efek kebisingan yang terjadi akibat aktifitas lalu lintas.

Menurut Hobbs (1995) beberapa cara dapat dilakukan dalam pengendalian kebisingan lalu lintas yaitu:

1. Desain jalan dan lokasi

- a. Lokasi jalan

Pembangunan jalan di suatu lokasi dapat disesuaikan sehingga diharapkan mampu mengurangi tingkat kebisingan yang terjadi sehingga memberikan dampak positif yang berupa terbebasnya lingkungan dari polusi suara.

- b. Peredam kebisingan

Peredam kebisingan, yang dapat digunakan untuk meredam adalah

untuk melakukan ataupun menempatkan batasan disuatu tempat yang terhubung langsung dengan sumber bunyi. Seperti contoh, membuat batas dengan menggunakan tanaman yang mampu memberikan pengurangan bunyi tidak lebih dari 5 dB.

- c. Membuat terowongan

Pembuatan terowongan juga dapat digunakan untuk meredam bunyi

karena bunyi yang dikeluarkan akan diredam oleh dinding-dinding pada terowongan tersebut sehingga dapat mengurangi kebisingan yang terjadi.

d. Elevasi

Pembangunan jalan ditempat yang lebih tinggi ataupun di tempat yang lebih rendah dari sumber kebisingan yang dapat mengurangi tingkat kebisingan yang diterima.

e. Gradien

Pembangunan tanjakan yang lebih tinggi dapat meningkatkan kebisingan, tanjakan sebesar 5% dapat meningkatkan kebisingan (khusus yang ditimbulkan oleh truk) sebesar 3 dB, dan tanjakan sebesar 7% (curam) dapat meningkatkan kebisingan sebesar 5 dB.

f. Desain perkerasan

Pemakaian agregat halus pada campuran perkerasan dapat mengurangi kebisingan sebesar 5-10 dB.

2. Merencanakan penggunaan lahan

Lokasi gedung yang dibangun dekat dengan jalan dapat memperkuat kebisingan yang terjadi, karena sedikitnya jarak dari sumber bunyi dan penerima. Setiap pengurangan jarak antara sumber bunyi dapat mengurangi kebisingan sekitar 4,5 dB sehingga ruas jalan ke suatu titik harus dibatasi agar dapat mengurangi kebisingan. Selain kondisi jalan penggunaan material gedung juga harus diperhatikan, seperti misalnya menggunakan material kaca untuk pembuatan jendela pada gedung dapat mengurangi tingkat kebisingan akibat aktifitas lalu lintas di luar gedung tersebut. Jarak yang digunakan dalam penataan bangunan pada masing-masing ruas jalan berdasarkan fungsi jalan yang ada, yaitu:

- a. Jalan arteri: 32 m
- b. Jalan arteri sekunder: 29 m
- c. Jalan kolektor sekunder: 23 m
- d. Jalan lokal sekunder: 17 m

3. Mengurangi kebisingan pada sumbernya

Mengurangi kebisingan pada sumbernya juga dapat dilakukan dengan perancangan kendaraan yang lebih baik dan peraturan yang lebih kuat untuk menjamin bahwa kendaraan dioperasikan dan dipelihara sesuai standar

Mitigasi kebisingan harus mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Keselamatan pengguna jalan yang berkaitan dengan jarak pandang dan ketahanan konstruksi terhadap benturan
- b. Kemudahan pemeliharaan, termasuk bangunan yang ada di sekitarnya, seperti saluran drainase
- c. Stabilitas konstruksi dan usia layan mencapai 15 s.d. 20 tahun
- d. Biaya konstruksi yang tergantung pada jenis pondasi yang dibutuhkan dan metoda konstruksi yang digunakan
- e. Keindahan atau estetika lingkungan di sekitarnya

Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan tentang Mitigasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005 (Suhartina et al., 2020) ada beberapa cara penanganan kebisingan pada jalur perambatan yaitu sebagai berikut:

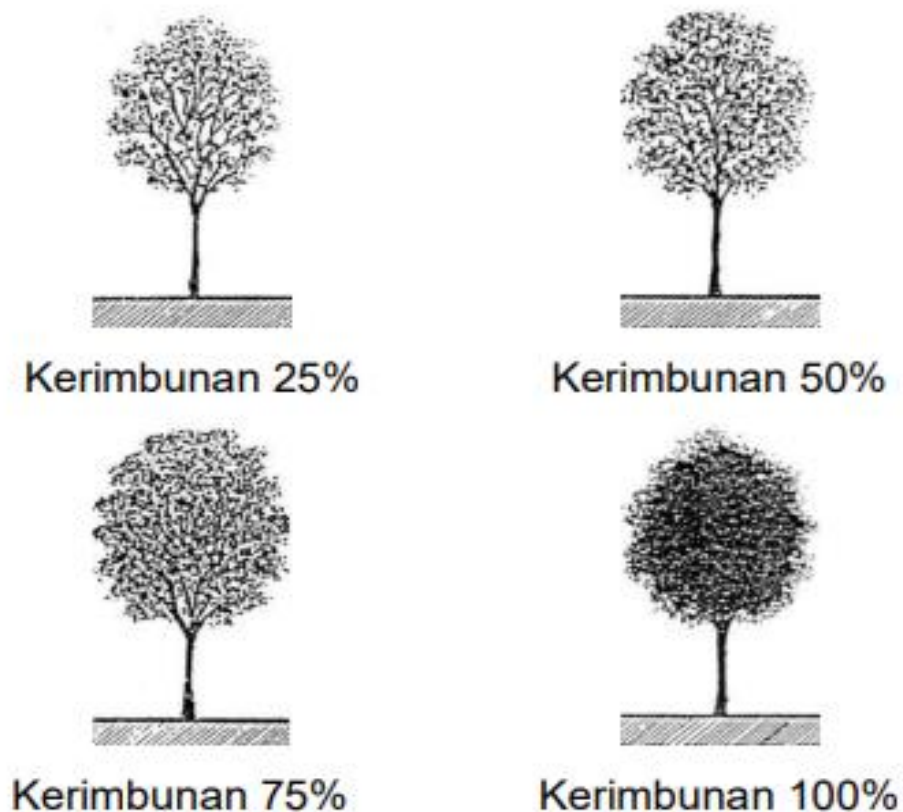
1. Penghalang dengan Tanaman

Tanaman yang digunakan untuk penghalang kebisingan harus memiliki kerimbunan dan kerapatan daun yang cukup dan merata mulai dari permukaan tanah hingga ketinggian yang diharapkan. Untuk itu, perlu diatur suatu kombinasi antara tanaman penutup tanah, perdu, dan pohon atau kombinasi dengan bahan lainnya sehingga efek penghalang menjadi optimum.

Ada pun penempatan tanaman ini yaitu:

- a. Penghalang dengan tanaman sangat direkomendasikan untuk ditempatkan pada ruang milik jalan tol, arteri, dan kolektor yang memiliki sisa lahan lebar

- b. Penghalang dengan tanaman dapat digunakan pada ruang milik jalan jalan-jalan lokal, sepanjang ruang yang ada mencukupi untuk menempatkan penghalang secara efektif
- c. Kawasan yang diharapkan menggunakan penghalang tipe ini adalah kawasan permukiman, perkantoran, dan kawasan-kawasan dimana interaksi orang terjadi pada intensitas tinggi, dan daerah-daerah dengan kebutuhan estetika tinggi
- d. Penghalang kebisingan dengan tanaman ditempatkan pada posisi sekurang-kurangnya 3 meter dari tepi perkerasan tapi diluar ruang manfaat jalan.
- e. ruang manfaat jalan.



Gambar 2.1 Persen Kerimbunan Daun

Sumber: Pedoman Konstruksi Bangunan Tentang Migitasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan Departemen Pekerjaan Umum (2005).

Tabel 2.9 Efisiensi Pengurangan Kebisingan Oleh Berbagai Macam Tanaman

Jenis tanaman	volume kerimbunan daun (m ³)	Jarak dari sumbu bising ke tanaman (d) (m)	Tinggi pengukur an (m)	Rata-rata reduksi kebisingan ; IL (dBA)
Akasia (Acacia mangium)	114,39	18,20 30,20	1,20 4,00	2,5 4,1
	118,23	18,20 24,60	1,20 4,00	2,7 4,4
Bambu pringgodani (<i>Bambusa Sp</i>)	122,03	7,0 16,40	1,20 2,50	1,1 4,9
	366,08	35,4	1,20	14,7
Johar (<i>Casia siamea</i>)	60,74	9,8 17,0	1,20 3,60	0,3 3,2
	83,24	9,6	1,20	0,20
Likuan – Yu (<i>Vernonia obtusifolia</i>)	2,464	8,20	1,20	2,3
Anak Nakal (<i>Durant repens</i>)	1,680	9,80	1,20	0,8
Soka	1,350	11,20	1,20	0,9
Kekaretan	1,105	4,60	1,20	0,9
Sebe (<i>Heliconia Sp</i>)	1,792	3,2	1,20	3,4
T e h - tehan	11,10	6	1,20	2,1
Disisipkan :				
a. T e h – tehan	13,88	6	1,20	2,7
<i>b. Heliconia sp</i>	2,75	9	1,20	3,8
	16,65	6	1,20	4,2
	33,3	9	1,20	5,0

Sumber: : Pedoman Konstruksi Bangunan Tentang Migitasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan Departemen Pekerjaan Umum (2005).

2. Penghalang Buatan Luar Ruangan

Jenis-jenis penghalang buatan merupakan pilihan yang sesuai untuk lokasi-lokasi jalan tol, arteri atau yang memiliki alinyemen sempit, jembatan jembatan dan jalan di atas embankment. bangunan peredam bising dapat bekerja dengan baik, maka bangunan itu harus cukup tinggi dan panjang untuk mengurangi propagasi bising ke pendengar, misalnya untuk rumah yang ada di permukaan yang jauh lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan maka pembangunan peredam bising perlu dibangun lebih tinggi. Peredam bising menjadi tidak efektif apabila gedung atau bangunan yang dilindungi berada diatas bukit yang lebih tinggi dari dinding peredam itu sendiri.

Tinggi dan lokasi bangunan peredam bising relatif terhadap jalan raya adalah penting dalam pertimbangan desain, pada jarak yang tetap terhadap sumber bising pertambahan tinggi bangunan akan meningkatkan kemampuan redamannya. Untuk tinggi bangunan bising yang konstan, pemindahan bangunan peredam bising mendekat pada sumber atau pada pendengar akan meningkatkan kemampuan redamannya.

Pada prakteknya pembangunan peredam bising adalah penting untuk memanfaatkan kondisi di lapangan, misalnya dengan membangun peredam bising pada permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan. Efektifitas bangunan peredam kebisingan sangat dipengaruhi oleh bahan dan dimensi bangunan. Efektifitas bangunan rata-rata berdasarkan uji laboratorium untuk zona bayang - bayang ditunjukkan oleh Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Efektifitas Pengurangan Tingkat Kebisingan dari Penghalang buatan

Tipe	Bahan	Dimensi L = Lebar minimum H =Tinggi minimum	Efektifitas IL=dB(A)
Penghalang menerus	1. Penghalang dari susunan bata	L = 0,5 m H = 2,5 m	Baik IL = 15 – 16
	2. Beton bertulang	L = 0,30 m H = 2 -3 m	Baik optimum IL = 18 -19
	3. Kayu dengan atau tanpa bahan menyerap	L = 0,30 m	Baik IL = 18 -19
	4. Aluminium atau baja dengan bahan penyerap	H = 4 -5 m	Optimum IL = 20 -22
	5. Fiber, kaca	L = 0,5 m H = 3 -4 m	Baik IL = 16 -17
Penghalang tidak menerus	1. Beton bertulang	L = 0,5 m H = 3 -4 m	Optimum IL = 17 -18
	2. Aluminium atau baja dengan bahan menyerap	L = 1,0 m H = 3 – 4 m	Optimum IL = 18 – 19
	3. Kombinasi bahan 1 dan 2 dengan fiber	L = 2,0 m H = 3 – 4 m	Optimum IL = 20 – 22
	1. Penghalang dari susunan bata	L = 0,5 m H = 2,5 m	Baik IL = 15 – 16

Kombinasi Penghalang menerus & tidak menerus	2. Beton Bertulang	L = 0,35 m H = 3 -4 m	Baik optimum IL = 17-19
	3. Kayu dengan atau tanpa bahan penyerap	L = 0,30 m H = 2 – 3 m	Baik IL = 18 -19
	4. Aluminium atau baja dengan bahan penyerap	L = 0,30 m H = 4 – 5 m	Optimum IL = 20 – 22
	5. Fiber	L = 0,5 m H = 3 – 4 m	Optimum IL = 16 – 17
	6. Berton Bertulang	L = 1 – 2 m H = 3 – 4 m	Optimum IL = 17 – 18
	8. Aluminium atau baja dengan bahan penyerap	L = 1,0 m H = 3 - 4 m	Optimum IL = 18 – 19
	9. Kombinasi bahan 1 dan 2 dengan fiber	L = 2,0 m H = 3 – 4 m	Optimum IL = 20 – 22
Penghalang arsitektur	1. Gabungan dari design bentuk dan warna yang artistik	L = variable dari 0,5 m H = variable	Baik IL = 14 - 16

Sumber: Pedoman Konstruksi Bangunan Tentang Migitasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan Departemen Pekerjaan Umum (2005)

Pagar aluminium atau baja dengan bahan menyerap dengan istilah pagar sound barrier adalah pagar yang terbuat dari baja atau material logam lainnya, yang dilengkapi dengan bahan khusus yang mampu

menyerap atau memblokir kebisingan dari luar seperti suara lalu lintas. pagar ini dapat meredam sekitar 20 hingga 22 dB. Pagar sound barrier yang efektif sering menggunakan kombinasi material. Misalnya, rangka pagar dari logam atau kayu, dengan lapisan MLV atau busa akustik, dan diisi dengan wol mineral atau rockwool.

2. Pengendalian Buatan Dalam Ruangan

Apabila kebisingan lalu lintas masuk ke dalam ruangan dan mampu menembus ke dalam ruangan yaitu dengan mengombinasikan atau mengganti material bangunan dengan panel akustik seperti lantai, dinding dan plafon, panel akustik adalah panel yang terbuat dari busa poliuretan yang memiliki permukaan yang berpori atau bahan sejenis yang dirancang khusus untuk menyerap suara. Mereka sering memiliki bentuk berbentuk gelombang atau prisma yang membantu meningkatkan kemampuan dalam menyerap gelombang suara. Adapun jenis panel akustik sebagai berikut.

- a. Glasswool adalah bahan isolasi termal dan akustik yang terbuat dari serat kaca halus hasil daur ulang, dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan bangunan. Strukturnya yang berpori menyerap udara, menghambat pergerakan panas serta meredam suara sebesar 30-60 dB, menjadikannya ideal untuk aplikasi pada atap, dinding, plafon, dan sistem HVAC. Glasswool cocok untuk berbagai proyek konstruksi, mulai dari rumah tinggal hingga bangunan komersial.
- b. Rockwool adalah bahan isolasi berbasis serat mineral yang efektif meredam panas dan suara sebesar 50-70 dB. Tahan api, kelembapan, dan jamur, rockwool ideal untuk aplikasi konstruksi, industri, serta sistem HVAC, membantu menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan hemat energi.
- c. Busa telur atau sering disebut sebagai busa akustik berbentuk egg crate, terbuat dari bahan busa poliuretan (polyurethane

foam) yang dapat meredam suara 45-50 dB yang dirancang dengan pola berbentuk cekungan dan tonjolan menyerupai nampan telur. Pola ini berfungsi untuk meningkatkan kemampuan penyerapan suara dengan cara memecah gelombang suara dan meredam suara di ruangan. Bentuk lain biasanya berupa piramid sehingga sering disebut busa pyramid.

Panel akustik dapat digunakan sebagai pelapis plafon dan dinding ruangan, Panel busa akustik yang umum dengan ketebalan satu hingga empat inci dapat menyerap antara 20 dB hingga 60 dB, tergantung pada ketebalannya.