

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Akustik

Pengamatan tentang interferensi dan gema pada suatu ruangan sudah mulai dilakukan pada abad ke-I oleh seorang arsitek Romawi yang bernama Marcus Pollio. Namun Fisikawan dari Amerika yang bernama Joseph Henry baru mulai menjadikan akustik sebagai suatu ilmu pada tahun 1856 dan akhirnya dikembangkan secara penuh pada tahun 1900 oleh Fisikawan Amerika yang bernama Wallace Sabine.

Akustik didefinisikan sebagai sistem yang memiliki tiga komponen yang tidak dapat dipisahkan, yakni : bunyi sumber, medium penghantar bunyi, dan penerima bunyi. Tanpa salah satu dari ketiga komponen tersebut maka sistem tersebut tidak dapat disebut sebagai akustik (Sarwono, 2013).

Akustik merupakan ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang berkaitan dengan suara dan cara mengatasinya (Suharyani, 2013). Akustik berasal dari bahasa Yunani kuno yaitu *akoustikos* yang berasal dari kata (*akouo*, “to hear”) artinya mendengar. Akustik dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang berkaitan dengan bunyi yang diterima oleh pendengaran. Secara umum akustik dapat dilihat sebagai gelombang yang dihasilkan benda bergetar yang merambat melalui medium seperti udara. Bunyi juga dapat dilihat sebagai sensasi yang diterima indera pendengaran manusia (Everest, 2009).

Akustik bertujuan untuk mencapai kondisi pendengaran suara yang sama seperti aslinya, bebas dari cacat kebisingan dan sempurna yaitu murni, jelas, merata dan tidak berdengung.

Menurut Kencanawati (2016), Adapun hal-hal yang menyebabkan permasalahan akustik, yaitu :

1. Sumber bunyi
2. Intensitas bunyi
3. Frekuensi bunyi
4. Perambatan bunyi

5. Penerimaan suara

Selain hal-hal di atas, hal lain juga ikut mempengaruhi tata suara di dalam ruangan, yaitu :

1. Kondisi lingkungan
2. Konstruksi bangunan
3. Kualitas dan sifat bahan

2.1.1 Akustik Ruangan

Akustik ruangan adalah salah satu faktor dasar akustik dalam arsitektur. Faktor dasar akustik dalam arsitektur merupakan pertimbangan guna perancangan akustik dalam bangunan secara umum. Faktor dasar akustik tersebut dibagi menjadi empat, yaitu : akustik ruangan, insulasi suara, sistem penguat suara dan kontrol kebisingan mekanik. Faktor dasar tersebut memiliki fungsi yang berbeda dalam pengendalian kualitas bunyi dalam sebuah bangunan, yaitu :

- a. Akustik ruangan bertujuan agar bunyi yang dikehendaki dapat diterima dengan jelas di dalam ruangan tersebut.
- b. Insulasi suara berfungsi untuk mengurangi intrusi bunyi ke dalam bangunan. Pada prinsipnya semakin tebal dan berat bahan yang digunakan maka redaman bunyi semakin besar.
- c. Sistem penguat suara dibutuhkan jika di dalam sebuah ruangan bunyi yang dikehendaki tidak dapat diterima dengan jelas.
- d. Kontrol kebisingan sistem mekanik bertujuan untuk mengurangi bunyi yang tidak dikehendaki dari sistem mekanik yang terdapat dalam bangunan (Egan, 1972).

Kualitas suara ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti volume suara (*loudness*), kejernihan suara (*clarity*) dan keaktifan suara (*liveness*). Ketiga elemen ini disesuaikan dengan penggunaan ruangan yang dirancang secara akustik (Cowan, 2000).

2.1.2 Material Akustik

Material akustik adalah bahan yang berfungsi untuk menyerap suara atau bising. Penambahan bahan akustik pada elemen ruangan ditujukan sebagai upaya mengolah atau memperbaiki tekstur ruangan untuk mendapatkan kualitas akustik yang optimal dengan cara mengurangi intrusi bising di dalam ruangan. Jenis atau

karakter material akustik dapat dibedakan berdasarkan nilai koefisien serapnya atau yang dikenal dengan nilai alpha (α). Nilai koefisien serap akustik berkisar antara 0 (tidak menyerap) hingga 1.0 (menyerap). Bahan yang memiliki koefisien serap tinggi atau α lebih besar dari 0,2 disebut “*sound absorbing*” dan bahan yang mempunyai koefisien rendah atau α lebih kecil dari 0,2 disebut “*sound reflecting*” (Egan, 1972).

Bahan akustik dapat dikatakan sebagai bahan penyerap bunyi yang baik jika bahan tersebut mempunyai nilai koefisien serap diatas 0,3. Serap bunyi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu intensitas dan frekuensi suara, kerapatan material, modulus elastisitas, dan tebal papan komposit (Doelle, 1985).

2.1.3 Sifat Dan Tipe Material Akustik

Adapun sifat-sifat material akustik yang dapat dijadikan sebagai bahan panel akustik adalah :

- a. Bahan berpori adalah bahan yang dapat menyerap bunyi dengan baik. Bahan yang memiliki pori dapat mengubah energi suara menjadi energi panas.. Contoh : papan partikel, plesteran fleksibel, *minerals wools* dan langit-langit isolasi.
- b. Penyerap panel adalah bahan yang mampu menyerap frekuensi rendah dengan baik. Digunakan untuk lapisan tambahan tetapi dipisahkan oleh suatu rongga yang terletak di dinding bawah. Ciri-ciri bahan ini adalah bergetar jika bersentuhan dengan gelombang bunyi. Contoh : panel kayu yang diletakkan di langit-langit, *hardboard*, dan *gypsum board*.
- c. Lubang resonansi adalah bahan yang sangat efektif karena pada saat gelombang bunyi merambat maka akan menyebabkan beberapa udara dapat terisolasi yang dibatasi dengan dinding dan dihubungkan dengan lubang sempit ke ruang disekitarnya.
- d. Karpet adalah bahan yang dapat mengurangi dan menghilangkan kebisingan karena pantulan seperti bunyi benda jatuh, suara langkah kaki dan sebagainya. Selain sebagai alas lantai, karpet dapat digunakan sebagai peredam suara agar suara yang dihasilkan lebih optimal.

Tipe-tipe bahan yang biasa digunakan sebagai penyerap bunyi secara khusus adalah :

- a. Mineral *wool* adalah bahan yang terbuat dari bahan pasir, batu basal, dan kaca daur ulang yang dilelehkan pada suhu yang tinggi.
- b. *Foam* (busa) adalah bahan dengan struktur sel yang tertutup atau terbuka. Gelombang-gelombang tersebut saling berhubungan, menghasilkan penyerapan yang lebih besar ketika sel-sel terbuka dan sebaliknya.
- c. Material daur ulang adalah bahan yang digunakan kembali dari bahan yang sudah tidak digunakan lagi.
- d. Gordena (tirai) adalah bahan yang dapat menyerap gelombang bunyi. Semakin dalam lipatnya, semakin baik penyerapannya.
- e. Karpet adalah bahan penyerap yang memiliki pori-pori, bahan penyerap yang biasanya menyerap berbagai frekuensi tinggi pada sebuah ruangan.
- f. Aerogels adalah bahan yang memiliki pori-pori yang sangat padat. Bahan ini terbuat dari gel yang meleleh menjadi gas.
- g. Karbon aktif merupakan bahan yang semakin banyak dicari di bidang akustik untuk meningkatkan daya serap material akustik. Beberapa produsen speaker menggunakan karbon aktif untuk meningkatkan kinerja frekuensi rendah pada speakernya (Russell, Daniel A. 1985).

2.1.4 Fungsi Material Akustik

Material akustik dengan “*sound absorbing*” atau penyerap bunyi atau mengurangi energi bunyi di dalam ruangan sehingga dapat mengurangi pantulan suara di dalam ruangan. Sedangkan “*sound reflecting*” atau pemantul bunyi dapat menyebarkan bunyi di dalam ruangan, selain itu juga dapat berfungsi sebagai peredam atau insulasi bunyi karena kemampuannya memantulkan bunyi yang datang dari sumber di luar ruangan.

2.1.4.1 Penyerap bunyi (*Sound Absorbing*)

Material penyerap bunyi secara umum berfungsi untuk mereduksi pantulan yang terjadi akibat gema pada sebuah ruangan. Bahan penyerap bunyi menggunakan bahan yang mampu menyerap energi bunyi. Agar dapat menyerap suara bahan penyerap suara dapat ditentukan dengan nilai *Noise Reduction Coefficient* (NRC) atau *sound absorbing coefficient*. Nilai NRC adalah perhitungan rata-rata dari koefisien serap dari frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.

$$NRC = \frac{\alpha_{125 \text{ Hz}} + \alpha_{250 \text{ Hz}} + \alpha_{500 \text{ Hz}} + \alpha_{1000 \text{ Hz}} + \alpha_{2000 \text{ Hz}} + \alpha_{4000 \text{ Hz}}}{6} \dots\dots\dots (2.1)$$

Pada umumnya material penyerap memiliki karakter berserat (*fibrous*), berpori (*porous*). Jenis dan sifat bahan material akustik tergantung dengan besarnya nilai energi suara yang diserap, diterukan, atau dipantulkan. Bahan berpori dapat menyerap energi bunyi yang lebih besar dari pada jenis bahan lainnya (Egan, 1972).

2.1.4.2 Peredam suara atau Insulasi bunyi (*Sound Insulation*)

Material peredam bunyi berfungsi untuk mengisolasi perpindahan bunyi yang dikenal dengan istilah Rugi Transmisi suara (TL). Karakteristik material insulasi bunyi adalah semakin berat material semakin baik nilai redamnya. Penggunaan sistem dinding ganda dan penambahan panel akustik pada dinding dan langit-langit ruangan merupakan salah satu metode yang biasa digunakan. Penggunaan dinding ganda tersebut ditujukan untuk memperoleh ketebalan dinding yang melebihi ketebalan normal sehingga dapat menambah kemampuan untuk mengurangi intrusi bising ke dalam ruangan. Agar dapat meredam suara bahan peredam suara dapat ditentukan dengan mengisolasi suara yang ditentukan dengan nilai TL dan *Sound Transmission Class* (STC). STC adalah nilai yang dinyatakan dalam besaran decibel (dB).

Nilai TL yang dibutuhkan dalam sebuah ruangan ditentukan dengan rumus melalui perhitungan nilai NR (*Noise Reduction*). Adapun rumus-rumus untuk menentukan nilai NR adalah sebagai berikut :

a. Rumus *composite TL*

$$Composite TL = 10 \log (S / \Sigma \tau s) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

S : Area permukaan dinding

$\Sigma \tau$: Total TL permukaan dinding

b. Rumus *Noise Reduction*

$$NR = TL + \text{Log} \frac{a_2}{S} \qquad NR = IL_1 - IL_2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

TL : *Transmission Loss*

a_2 : Total absorpsi dinding (Sabine)

S : Area permukaan dinding

IL1 : Intensitas bunyi sumber

IL2 : Intensitas bunyi yang diterima

c. Rumus mencari koefisien serap (α)

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

I : Intensitas bunyi akhir setelah melewati material penyerap (dB)

I_0 : Intensitas bunyi sumber (dB)

α : Koefisien serap bunyi

x : Ketebalan material akustik (cm)

2.2 Gelombang Bunyi

Kata bunyi memiliki dua pengertian, yaitu pengertian secara fisis dan pengertian secara fisiologis.

1. Secara fisis, bunyi merupakan simpangan tekanan, perpindahan partikel dalam medium elastik seperti udara.
2. Secara fisiologis, bunyi merupakan sensasi pendengaran yang disebabkan oleh kelainan fisis (Doelle, 1993).

Gelombang suara adalah gelombang longitudinal yang dihasilkan oleh kompresi dan ekspansi media cair, padat, atau gas. Gelombang-gelombang ini tercipta saat sebuah benda bergetar yang mengakibatkan gangguan pada kerapatan suatu medium. Suatu gangguan merambat pada suatu medium melalui interaksi molekul-molekulnya. Arah gerak medium yang lewat sama dengan arah rambat gelombang (Tipler, 1998).

Gelombang suara adalah gelombang longitudinal karena bergetar dalam arah gerakan gelombang, menciptakan daerah bertekanan tinggi dan rendah (kerapatan dan regangan). Gelombang bertekanan tinggi dihasilkan ketika partikel bertabrakan, dan gelombang bertekanan rendah dihasilkan oleh molekul yang diregangkan. Jenis gelombang tersebut merambat dari sumbernya dan bergerak secara bergantian melalui medium.

Gelombang suara merupakan getaran pada cairan, benda padat dan udara yang diakibatkan oleh regangan, tekanan, posisi partikel, dan perubahan kecepatan partikel dari suatu medium. Getaran ini berasal dari sumber suara

seperti senar gitar dan juga badan gitar. Gelombang suara tersebut merambat melalui kombinasi 2 jenis medium yang berbeda. Adanya sensasi yang didengar oleh telinga manusia disebabkan karena adanya gelombang suara yang terjadi, gerakan gelombang terjadi dengan cara mentrasfer energi yang terkandung dalam gelombang dari satu partikel ke partikel lainnya yang berdekatan pada medium. Kerapatan medium suara dipengaruhi oleh kecepatan rambat gelombang. Gelombang suara merambat melalui udara dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Kecepatan rambat gelombang suara meningkat pada medium rambat zat padat dan cair yaitu mencapai 1500 m/s pada air dan 5000 m/s pada besi (Kencanawati, 2016).

Di dalam Al-Qur'an terdapat ayat yang menjelaskan tentang bunyi yaitu terdapat pada Q.S Yasin ayat 39.

مَا يَنْظُرُونَ إِلَّا صَيْحَةً وَاحِدَةً تَأْخُذُهُمْ وَهُمْ تَخِصِّمُونَ

Artinya : *“Mereka tidak menunggu melainkan satu teriakan (bunyi) saja yang akan membinasakan mereka ketika mereka sedang bertengkar”*
(Q.S. Yasin : 49).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Al-Qur'an mengilustrasikan bunyi dengan kata shoiyah yang berarti bunyi keras yang berasal dari kerongkongan. Bunyi yang disebutkan dalam Al-Qur'an mempunyai hubungan dengan ilmu Fisika. Ada 2 kategori bunyi yang dirasakan oleh telinga manusia adalah ketinggian dan kekuatan suara. Kekuatan suara adalah sesuatu yang berhubungan dengan energi gelombang bunyi. Sedangkan ketinggian suara adalah tinggi atau rendahnya suara yang dihasilkan. Dalam besaran fisika, ketinggian dinyatakan dalam frekuensi. Semakin rendah ketinggian maka akan semakin rendah frekuensi dan sebaliknya. Frekuensi yang mampu ditangkap oleh pendengaran manusia adalah antara 20 Hz sampai 20 KHz. Frekuensi pendengaran ini disebut dengan rentang nilai frekuensi yang nilainya terkadang berbeda antara manusia satu dengan yang lainnya.

2.2.1 Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi adalah tingkatan tinggi rendahnya suatu bunyi. Intensitas bunyi memiliki nilai yang berbeda-beda. Skala yang digunakan untuk mengukur intensitas bunyi adalah *decibel* (dB). Alat yang digunakan untuk mengukur

intensitas bunyi adalah *Sound Level Meter* (SLM) yang dapat mengukur intensitas kebisingan antara 30 – 130 dB dan frekuensi 20 – 20.000 Hz (Diana, 2003).

Terdapat 3 jenis Intensitas bunyi berdasarkan frekuensinya yaitu bunyi infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik.

- a. Bunyi infrasonik (frekuensi 0 – 16 Hz) telinga manusia tidak dapat menangkap suara pada frekuensi ini, seperti getaran tanah longsor, gempa, getaran truk, dan sebagainya.
- b. Bunyi audiosonik (frekuensi 20 Hz – 20 kHz) telinga pendengaran manusia bisa mendengar pada frekuensi ini. Yang termasuk kedalam rekuensi bunyi audiosonik yaitu suara pembicaraan, suara bel, dan lainnya.
- c. Bunyi ultrasonik (frekuensi > 20 kHz) mampu didengar oleh telinga manusia, seperti getaran yang disebabkan oleh elektomagnetik, ultrasonografi (USG) dan lainnya. Hal ini disebabkan karena bunyi pada frekuensi ini sudah memiliki permeabilitas yang cukup tinggi (Halliday, 2012).

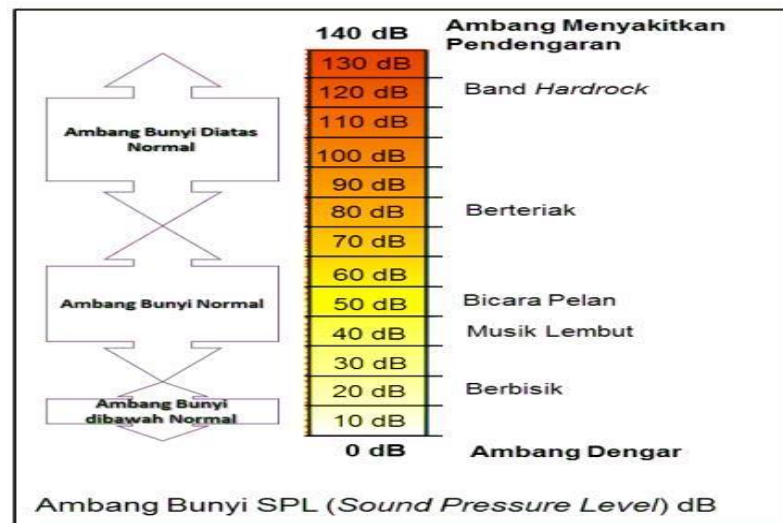
2.3 Kebisingan

Menurut Keputusan Menteri Ketenagakerjaan No. 51 Tahun 1999, Kebisingan adalah semua suara yang dihasilkan oleh semua sumber bunyi sehingga dapat menyebabkan gangguan pada pendengaran.

Kebisingan dan aktivitas manusia saling berkaitan karena setiap aktivitas manusia termasuk aktivitas didalam ruangan kelas berpotensi menjadi sumber bising. Bising dianggap sebagai bunyi yang mengganggu pendengaran, pada dasarnya kebisingan merupakan bunyi yang tidak diinginkan. Batas atau baku tingkat kebisingan maksimal untuk lingkungan kegiatan sekolah dimana ruang kelas berada adalah 55 dB (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP-48/MENLH/11/1996).

Ada beberapa kebisingan yang dapat mengganggu pendengaran manusia, yaitu kebisingan yang mengganggu yaitu kebisingan yang suara yang memiliki intensitas suara yang tidak terlalu keras seperti mendengkur, kebisingan yang menutupi adalah kebisingan yang memiliki suara yang dapat mengurangi kejelasan pendengaran seperti suara teriakan dan serine, dan kebisingan yang merusak adalah kebisingan yang memiliki intensitas suara yang tinggi sehingga dapat merusak fungsi pendengaran manusia (Buchari, 2007).

Adapun tingkat nilai ambang bunyi *Sound Pressure Level* terdapat pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1 : Ambang Bunyi SPL

2.3.1 Jenis-Jenis Kebisingan

Ada beberapa jenis kebisingan berdasarkan sifat dan spektrumnya, yaitu kebisingan kontinu, kebisingan terputus, kebisingan implusif dan kebisingan implusif berulang.

- Ada 2 jenis kebisingan yaitu kebisingan kontinu yaitu kebisingan dengan frekuensi besar dan kebisingan dengan frekuensi kecil. Kebisingan kontinu dengan frekuensi besar adalah kebisingan yang memiliki frekuensi tetap dengan batas nilai 5 dB. Misalnya mesin dan kipas angin. Sedangkan kebisingan kontinu dengan frekuensi kecil adalah kebisingan yang memiliki frekuensi relatif tetap, yaitu frekuensi 500 Hz, 1000 Hz dan 4000 Hz, misalnya gergaji dan ketup gas.
- Kebisingan terputus-putus adalah bising yang memiliki suara dengan yang cukup tenang. Misalnya suara lalu lintas dan kebisingan di bandara.
- Kebisingan implusif adalah kebisingan yang mempunyai perubahan tekanan suara lebih dari 40 dB yang terjadi dengan cepat dan dapat mengejutkan pendengarnya. Misalnya suara tembakan dan ledakan.
- Kebisingan implusif berulang adalah kebisingan yang ditimbulkan karena perubahan intensitas bunyi diatas 40 dB yang terjadi secara berulang-ulang dengan cepat (Suma'mur, 1996).

Faktor penting yang mempengaruhi kualitas akustik lingkungan belajar di dalam kelas adalah tingkat kebisingan, waktu dengung RT_{60} , dan *Signal Noise Ratio* (SNR) (Sarwono, 2014). Standar kualitas akustik ruang kelas menurut Badan Standarisasi Nasional yang tertera pada SNI 03-6386-2000 adalah sebagai berikut :

Bising yang dianjurkan : 35 – 45 dB

Waktu dengung RT_{60} : 0,5 – 0,7 detik

Metode pengukuran yang objektif dan analitis diperlukan untuk mengukur kualitas akustik pada sebuah ruangan, seperti bising latar belakang (*Background Noise*), tingkat tekanan bunyi (*Sound Pressure Level*), dan waktu dengung (*Reverberation Time*).

2.3.2 Skala Kebisingan

Untuk menentukan tingkat kebisingan maka perlu dilakukan pengukuran kebisingan untuk memenuhi kriteria pada peraturan menteri kesehatan pada nilai ambang batas kebisingan yang terjadi di beberapa kawasan seperti perumahan dan sekolah 55 dBA, rumah sakit 45 dBA, industri 70 dBA, perkantoran dan perdagangan 60 dB A. Berikut ini beberapa skala dan parameter kebisingan pada SLM adalah :

- a. Skala dBA : Untuk kebisingan yang rendah pada lingkungan umum
- b. Skala dBB : Untuk kebisingan tingkat lebih tinggi pada lingkungan industri
- c. Skala dBC : Untuk tingkat kebisingan lebih tinggi dari mesin industri
- d. Skala dBD : Untuk tingkat kebisingan pada pesawat udara
- e. L_{max} : Tingkat kebisingan maksimum
- f. L_{90} : Tingkat bising latar belakang (*Background noise*)
- g. L_{50} : Tingkat kebisingan lalu lintas

Berikut adalah batas tingkat kebisingan yang diizinkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 48/MEN.LH/11/1996 yang terdapat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Intensitas Kebisingan

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dB)
Pemukiman	55
Perdagangan dan jasa	70
Perkantoran	65
Ruang terbuka dan hijau	50
Industri	70
Pemerintahan dan fasilitas umum	60
Tempat rekreasi	70
Bandar udara	70
Stasiun kereta api	70
Pelabuhan	70
Cagar budaya	60
Rumah sakit dan sejenisnya	55
Sekolah dan sejenisnya	55
Tempat ibadah dan sejenisnya	55

Tabel 2.1 di atas menjelaskan tentang nilai ambang batas kebisingan pada lingkungan agar suatu kawasan dapat dikatakan nyaman sesuai dengan nilai kebisingan yang dianjurkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 48/MEN.LH/11/1996. Pada Tabel 2.1 nilai intensitas kebisingan yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini adalah 55 dB untuk kawasan sekolah dan sejenisnya.

2.4 Bising Latar Belakang (*Background Noise*)

Bising latar belakang adalah kebisingan yang ditimbulkan oleh bunyi yang berasal dari seluruh bunyi dari dalam dan luar ruangan yang ada pada kawasan tersebut, contohnya suara kipas dan kulkas di dalam ruangan dan suara bising lalu lintas di jalan raya pada luar ruangan. Bising latar belakang tidak bisa dihilangkan seluruhnya, tetapi dapat diminimalisir dengan perawatan akustik pada ruangan. Besarnya nilai bising latar belakang pada suatu ruangan dapat ditentukan dengan mengukur tingkat tekanan bunyi (TTB) di dalam ruangan dengan kriteria kebisingan ruangan ditentukan oleh hasil pengukuran yang dilakukan.

2.5 Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

.Waktu dengung adalah metode pengukuran penyerapan suara yang sangat penting dalam mengukur kejernihan suara. Geometri akustik menjelaskan bahwa suara dipantulkan ketika mengenai permukaan yang keras, padat, dan datar seperti plester, bata, beton dan kaca. Selain suara langsung, ada juga suara yang

disebabkan oleh pantulan. Dengung merupakan bunyi yang dihasilkan karena pantulan permukaan yang berulang.

Waktu dengung adalah waktu yang diperlukan energi bunyi untuk meluruh dari energi bunyi awal menjadi sepersejuta bunyi aslinya, yaitu 60 dB. Pada tahun 1993, Wallace Sabine mengartikan bahwa waktu dengung adalah berapa lamanya dengung yang terjadi di dalam ruangan yang masih bisa didengar. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya berdasarkan pada waktu peluruhan 60 dB, tetapi juga efek dari suara langsung dan refleksi awal atau peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT 15), 20 dB (RT20), dan 30 dB (RT30) (Kencanawati, 2006)

$$RT = 0,161 \frac{V}{\Sigma S\alpha} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

RT : Waktu dengung (s)

V : Volume ruangan (m³)

$\Sigma S\alpha$: Total penyerapan (m³/s)

Berikut adalah rumus untuk menghitung jarak kritis waktu dengung pada ruangan.

$$D_C = 2 \sqrt{\frac{V}{cT}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

D_C : Jarak kritis (m)

V : Volume ruangan (m³)

c : Kecepatan suara (m/s)

T : Nilai RT₆₀ pada ruangan (s)

Rumus jarak kritis ini digunakan untuk menghitung jarak ideal antara sumber suara dan alat ukur kebisingan *Sound Level Meter* (SLM) pada saat perhitungan waktu dengung di dalam ruangan.

Nilai waktu dengung yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah 0,7 detik untuk jenis bangunan ruangan kelas sesuai dengan standar SNI 03-6386-2000 terdapat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Nilai Waktu Dengung

Jenis Hunian	Tingkat Bunyi yang Dianjurkan		Waktu Dengung yang Dianjurkan
	Baik (dBA)	Maksimum (dBA)	
Bangunan pendidikan			-
Studio seni dan kerajinan	40	45	Kurva I
Ruang sidang s/d 250 kursi	30	35	0,6 – 0,8
Ruang sidang diatas 250 kursi	25	30	0,6 – 0,8
Ruang audio visual	40	45	0,6 – 0,8
Kantin dan pertokoan	40	50	
Ruang kelas			0,6 – 0,7
Kelas tersendiri	35	40	0,5 – 0,6
Kelas terbuka	40	45	
Ruang komputer			0,4 – 0,6
Kelas	40	50	0,4 – 0,6
Praktek	45	55	0,6 – 0,7
Ruang sidang	30	35	-
Koridor dan lobi	45	50	Kurva I
Studio drama	30	35	-
Ruang fotokopi/gudang	45	50	-
Bengkel mesin	45	55	Kurva I
Gedung olahraga	45	55	-
Ruang konsultasi/wawancara	40	45	
Laboratorium			0,5 – 0,7
Kelas	35	40	0,6 – 0,8
Kerja	40	50	Kurva I

Berdasarkan pada Tabel 2.2 di atas rentang nilai waktu dengung yang dianjurkan menurut standar SNI 03-6386-2000 pada ruangan kelas adalah 0,6 – 0,7 detik.

2.6 Kotak Karton Gelombang

Kotak Karton Gelombang (KKG) adalah jenis kemasan yang mempunyai kertas linear (*kraft*) yang didalamnya terdapat lapisan berbentuk gelombang (*flute*) sehingga kemasan tersebut menjadi lebih kuat. Kotak karton gelombang tersebut dicetak melalui teknik cetak flexografi yang disebut dengan cetak *corrugated*. Tujuan utama dari pembuatan Kotak karton gelombang adalah untuk melindungi bagian isi dalam sekaligus sebagai peredam.

Kotak karton gelombang pertama kali digunakan pada tahun 1871. Ketika Albert Jones berhasil mendapatkan penghargaan hak paten di Amerika Serikat. Pada saat itu Amerika sedang terjadi revolusi industri besar-besaran dan mulai saat itu dikenal dengan istilah produksi massal. Dan mulai pada saat itu hingga

sekarang kotak karton gelombang banyak digunakan sebagai kemasan untuk menjaga isi barang yang akan dikirim terutama barang elektronik seperti komputer, radio, televisi dan barang pecah belah lainnya.

Kotak karton gelombang dikenal dengan beberapa istilah yang sering digunakan seperti kardus, dus, karton box, dan lainnya. Istilah standard yang digunakan Perhimpunan Industri *Corrugated Cardboard* Indonesia (PICCI) yaitu kotak karton gelombang atau disingkat dengan KKG. Kotak karton gelombang adalah jenis kertas karton yang digunakan sebagai kardus wadah atau pengepakan suatu produk. Wadah pengemasan sangat penting di dalam dunia industri terutama pada proses distribusi. Karena fungsinya tersebut daur guna KKG sangat singkat, sehingga sering digunakan sampah KKG yang sudah tidak terpakai sebagai sampah yang dibuang begitu saja meski masih dalam kondisi yang cukup baik. Kotak karton gelombang memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan kotak kemasan lain seperti kotak kayu atau kotak plastik. Keunggulan kotak karton gelombang, yaitu : Kuat, ringan, praktis, harganya murah, dan ramah lingkungan (bisa didaur ulang).

Di dalam Al-Qur'an terdapat ayat yang menjelaskan tentang penciptaan di muka bumi tidak ada yang sia-sia yang terdapat pada Q.S. Al-Imran : 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA MEDAN  النَّارِ

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata) “Ya Tuhan kami, tidakkah Engkau menciptakan ini sia-sia. Maha suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” (Q.S. Al-Imran : 191).

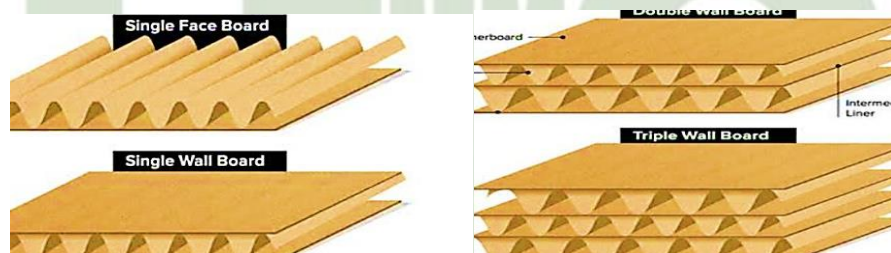
Dari ayat tersebut dijelaskan bahwa penciptaan di muka bumi ini tidak ada yang sia-sia, seperti dalam hal ini barang – barang yang sudah di anggap tidak layak terpakai dan di anggap sebagai sampah , namun dapat dijadikan barang yang berguna melalui metode daur ulang dengan bentuk kreativitas sendiri, dan mampu memberikan nilai tersendiri untuk barang tersebut. Dalam penelitian ini

digunakan kardus bekas sebagai bahan untuk menyerap suara yang dibuat sebagai panel akustik agar tingkat akustik di dalam suatu ruangan dapat di katakan nyaman sesuai standar. Berikut adalah tipe model kotak karton gelombang yang paling sering digunakan sesuai dengan standar ISO (Prambudi, 2013).

Ada beberapa macam tipe kotak karton gelombang (KKG) yang umum dipergunakan yaitu : *single face*, *single wall*, dan *double wall*.

1. *Single face* adalah lembaran kotak karton yang terdiri dari 1 lembar linier dan 1 lembar gelombang.
2. *Single wall* adalah lembar karton yang terdiri dari 3 lembar linier dan 1 lembar gelombang, secara keseluruhan berukuran 7 mm.
3. *Double wall* adalah lembar karton yang terdiri dari 3 lembar linier dan 2 lembar gelombang, secara keseluruhan berukuran 10 mm.
4. *Triple wall* adalah lembar karton yang terdiri dari 4 lembar linier dan 3 lembar gelombang.

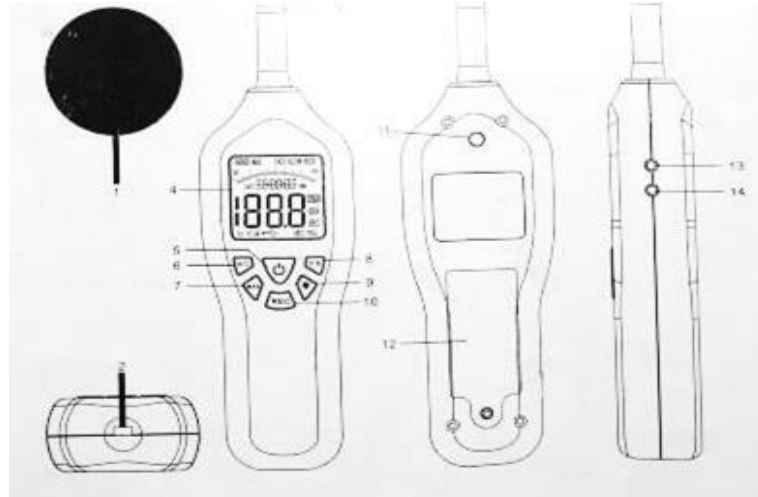
Berikut adalah tipe kotak karton gelombang yang terdapat pada Gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 Tipe Kotak Karton Gelombang

2.7 Sound Level Meter

Sound Level Meter (SLM) adalah alat untuk mengukur tingkat kebisingan suara. Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan antara 30 – 130 dBA dari frekuensi 20 Hz hingga 20 KHz. SLM juga disebut dengan *decibel meter* diciptakan untuk mengukur sebuah tekanan suara dari peristiwa tertentu. Berikut adalah komponen alat *Sound Level Meter* yang terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komponen Alat *Sound Level Meter*

Keterangan :

1. Bola spons (untuk mencegah suara angin mengganggu pembacaan nilai)
2. Soket USB.
3. Mikrofon kapasitansi.
4. Layar LCD dengan lampu latar.
5. Tombol ON/OFF.
6. Tombol pemilihan pembobotan frekuensi A/C.
7. MAX tombol baca.
8. Tombol Cepat / Lambat.
9. Tombol lampu latar.
10. Tombol REC.
11. Pemasangan tripod.
12. Penutup baterai.
13. Soket keluaran AC (untuk keluaran analog)
14. Soket keluaran DC (untuk keluaran analog)

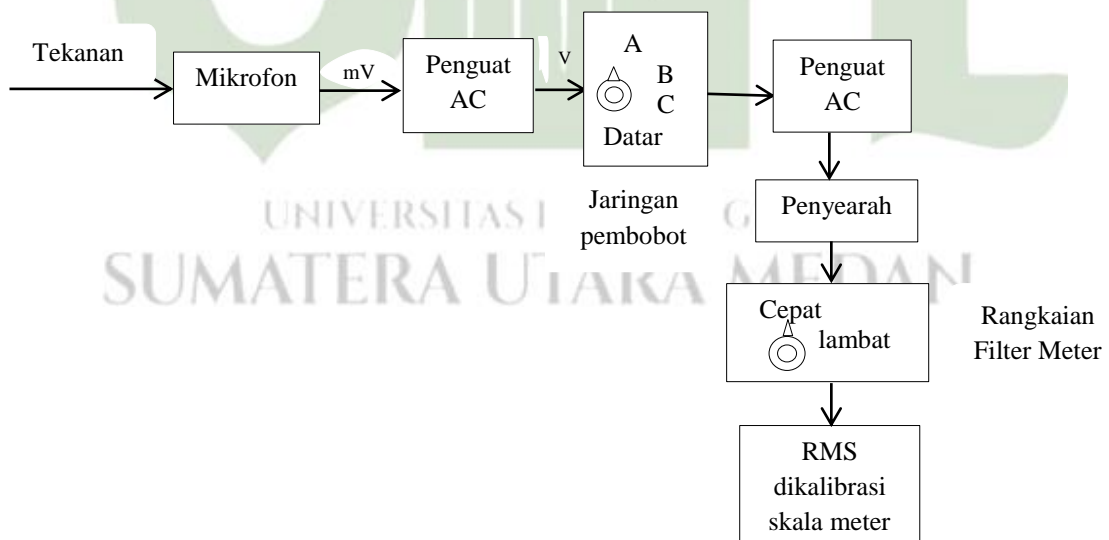
Adapun spesifikasi alat SLM yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Standar yang diterapkan | : IEC651 tipe 2, ANSI SI, 4 tipe 2. |
| 2. Kalibrasi sumber Suara | : 94 dB @ 1 KHz |
| 3. Rentang pengukuran | : 30 - 130 dB |
| 4. Akurasi | : $\pm 1,5$ dB |
| 5. Frekuensi | : 31,5 – 8,5 KHz |

6. Resolusi : 0,1 dB
7. Frekuensi pembobotan : A/C
8. Tingkat pengambilan sampel : 2 kali/detik (cepat), 1 kali/detik (lambat)
9. Output sinyal AC : 4 Vrms/Barograf, impedansi output kira-kira 600 ohm
10. Output sinyal DC : 33 mV/dB
11. Karakteristik dinamis : Cepat/Lambat
12. Kualitas penyimpanan data : 32000 bacaan
13. Catu daya : 6 V (4 pcs AA ukuran 1,5 V baterai).
14. Dimensi : 245*70*45 mm
15. Berat : \pm 240 gram (termasuk baterai).

SLM terdiri dari beberapa bagian, yaitu mikrofon, sirkuit elektronika dan monitor untuk membaca hasil pengukuran. Mikrofon digunakan untuk mendeteksi perubahan tekanan udara dan bunyi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut selanjutnya akan diproses oleh sirkuit elektronik dari instrumen dan kemudian hasilnya akan terlihat di monitor alat tersebut.

Adapun proses pengukuran *Sound Level Meter* terdapat pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Pengukuran *Sound Pressure Level*

Pada proses pengukuran alat SLM ini udara sebagai tekanan akan direspon oleh mikrofon. Tegangan output mikrofon umumnya cukup kecil pada tingkat impedansi tinggi, sehingga amplifier impedansi dan gain input tinggi digunakan

pada output mikrofon dan bisa menjadi penguat AC yang relatif sederhana. Kemudian pada jaringan pembobotan terjadi proses filter listrik yang respons frekuensinya disesuaikan untuk memperkirakan respons frekuensi telinga manusia rata-rata. Jaringan pembobotan adalah filter listrik yang dirancang untuk memperkirakan respon telinga manusia pada tiga tingkat kenyaringan yang berbeda, yaitu filter A (kira-kira 40 phon), filter B (70 phon) dan filter C (100 phon), sehingga pembacaan instrumen akan mencerminkan kenyaringan yang dirasakan. Kemudian nilai rata-rata ditentukan dengan memperbaiki dan memfilter, dan kemudian skala meter dikalibrasi untuk membaca nilai RMS.

2.8 Penelitian yang Relevan

Wahyudin Siregar (2018) dalam penelitiannya dalam menentukan koefisien serap bunyi dari kertas kardus. Pada penelitian ini digunakan bahan serbuk kertas kardus, lem kanji konsentrasi 0,25 % (250 gr dalam 1000 ml air), dan acrylic 3 mm (ukuran 23 x 42,5 cm dan 23 x 49,5 cm) dengan ketebalan bahan 0,5, 1, 1,5, dan 2 cm. Metode uji yang digunakan adalah dengan menggunakan tabung impedansi dengan frekuensi uji 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, dan 4 KHz. Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil bahan dari kertas kardus dapat menyerap bunyi dari ketebalan 0,5 cm sampai 1 cm dan dari ketebalan 1,5 cm sampai ketebalan yang lebih besar.

Selvi Fidia (2017) dalam penelitiannya saat membuat material akustik dari kardus untuk menambah insulasi bunyi. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah kalsiboard dan kardus dengan metode uji ruang *reverberation*. Variabel yang diuji adalah koefisien absorpsi dan *transmission loss* dengan frekuensi uji 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, dan 4 KHz. Berdasarkan hasil penelitiannya pengaruh dari penambahan lapisan bahan kardus dapat menambah nilai koefisien serap disemua frekuensi, kardus dapat menyerap bunyi hingga 90 % pada frekuensi 125 Hz.

Oki Kurniawan (2014) dalam penelitiannya pada penanganan kebisingan menggunakan bahan kardus. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah kotak karton gelombang dan lem pasta dari tepung tapioka dengan ketebalan 20 mm dan 40 mm. Metode uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan tabung impedansi BSWA. Hasil koefisien serap rata-rata adalah

0,34 dan 0,45. Waktu dengung pada ruang kelas sebelum pemasangan panel adalah 1,2 detik, namun setelah adanya penambahan panel akustik pada ruang tersebut diperoleh hasil perbaikan RT_{60} yang sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI yaitu 0,7 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0,5 detik pada frekuensi 1 KHz.

2.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah mengukur nilai akustik pada ruangan dan melakukan *treatment* dengan menggunakan kotak karton gelombang sebagai bahan penyerap akustik pada Ruang Kuliah FST-08 UINSU Medan agar menghasilkan nilai akustik yang sesuai dengan KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 tentang tingkat kebisingan.





UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA MEDAN