

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bunyi atau Suara

Bunyi (Sound) di definisikan dalam KKBI sebagai sesuatu yang terdengar (didengar) atau ditangkap oleh telinga manusia. Dalam pengertian lain, bunyi merupakan bentuk gelombang longitudinal yang dapat merambat secara perapatan dan peregangan yang dibentuk oleh partikel zat perantara sehingga menimbulkan dari sumber bunyi yang mengalami getaran. Bunyi tidak dapat terdengar pada ruang hampa udara, karena bunyi membutuhkan zat perantara untuk menghantarkan bunyi, baik zat padat, cair maupun gas.

Menurut (Satwiko, 2019), bunyi merupakan gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga normal manusia dengan rentang frekuensi 20 – 20.000 Hz (Sound). Gelombang 1 Hertz adalah gelombang dengan satu getar per detik. Jumlah getaran pada bunyi disebut frekuensi bunyi. Frekuensi merupakan suara yang sampai di telinga pendengar setiap detik-nya melalui Jumlah gelombang-gelombang suara dan dinyatakan dalam Jumlah getaran per Hertz (Hz) Makin tinggi frekuensi bunyi, makin tinggi pula bunyi yang didengar oleh telinga manusia. Sebaliknya, makin rendah frekuensi bunyi semakin rendah bunyi yang kita dengar. Gelombang bunyi tersebut berada dibawah ambang batas pendengaran manusia yaitu dibawah frekuensi 20 Hz disebut dengan infrasound atau bunyi infra. Sedangkan gelombang bunyi dengan diatas frekuensi bunyi 20.000 Hz disebut dengan ultrasound atau bunyi ultra. Infrasound maupun ultrasound tidak dapat didengar oleh manusia.

Hanya beberapa hewan, seperti kelelawar, lumba-lumba dan anjing yang dapat mendengar ultrasound.

Telinga manusia paling peka terhadap rentang frekuensi antara 100-3200 Hz (panjang gelombang antara 10 cm – 3 m) dan frekuensi percakapan manusia berada pada 600-4000 Hz. Kepekaan telinga manusia berada di frekuensi yang berbeda-beda. Namun, kepekaan manusia terhadap bunyi dapat dipengaruhi oleh faktor umur. Semakin bertambah umur, makin berkurang kepekaan-nya. Laki-laki lebih banyak mengalami penurunan kepekaan dengan bertambahnya umur dibandingkan Perempuan. Penurunan kepekaan makin besar seiring kenaikan frekuensi bunyi.

2.2. Kebisingan

Menurut (Satwiko, 2019) akustika dibagi menjadi dua yaitu akustika ruang (room acoustics-bunyi yang dihendaki) dan kebisingan (noise-bunyi yang tidak dihendaki). Kebisingan (noise) adalah bunyi yang mengganggu. Pada umumnya, orang menganggap bahwa kebisingan berhubungan dengan kekerasan bunyi. Paparan kebisingan berlebihan dapat menyebabkan ketidaknyamanan psikologis dan masalah fisiologis. Prinsip akustik ruang perlu diterapkan dalam desain bangunan untuk menciptakan kenyamanan dan ketenangan di dalamnya. Pada dasarnya, setiap aktivitas memerlukan batas kebisingan tertentu, agar aktivitas tersebut dapat berlangsung dengan nyaman. Pengurangan kebisingan (Noise Reduction (NR)) adalah pengurangan intensitas bunyi yang diukur dengan dB. Kriteria pengurangan kebisingan adalah perhitungan rata-rata NC untuk frekuensi 250-2000 Hz dibulatkan ke bulat terdekat 0.05. Beberapa institusi menetapkan Standar kebisingan, tetapi ada yang cukup signifikan pada negara tertentu. Menurut World Health Organization (WHO) standar

batas kebisingan siang dan malam hari sebesar 55 dBA dan 45 dBA. Kemudian menyarankan bahwa standar kebisingan ruang untuk aktivitas yang nyaman adalah 40-45 dBA.

2.3. Jenis – Jenis Kebisingan

Tingkat kebisingan yang dibutuhkan dalam sebuah ruangan tergantung pada tujuan utama ruangan yang digunakan. Untuk mengurangi tingkat kebisingan, langkah yang diambil dapat melibatkan pengurangan intensitas suara yang diterima, gunanya untuk mengurangi tingkat kebisingan yang dihasilkan (Satwiko, 2005).

Kebisingan memiliki beberapa jenis kriteria yang sering ditemukan di lingkungan kerja, yang dikelompokkan berdasar sifatnya menurut (Roestam, 2004) yaitu:

- a. Kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi yang luas (*wide band noise*), kebisingan ini merupakan kebisingan relatif tetap dalam batas amplitudo kurang lebih 5dB untuk periode 0,5 detik berturut-turut. Contohnya bunyi kipas angin dan suara di dalam kokpit pesawat dan helikopter.
- b. Kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi sempit (*narrow band noise*), kebisingan ini relatif tetap, namun mempunyai frekuensi tertentu seperti frekuensi 500,1000, dan 4000 Hz). Contohnya suara gergaji sirkuler dan suara katup gas.
- c. Kebisingan terputus-putus (*intermittent*), kebisingan ini terjadi secara terus menerus, yang memiliki periode relatif tenang. Contohnya suara lalu lintas, dan kebisingan di lapangan pesawat terbang
- d. Kebisingan impulsif (*impact or impulsive noise*), kebisingan ini memiliki perubahan tekanan suara melebihi 40 dB dalam waktu yang sangat cepat dan

biasanya dapat membuat kaget pendengarnya. contohnya tembakan meriam dan ledakan bom.

- e. Kebisingan impulsif berulang, kebisingan ini sama dengan kebisingan impulsif namun terjadi secara berulang-ulang. Contohnya mesin tempa di perusahaan.

Sementara itu, menurut (Buchari, 2008) mengelompokkan kebisingan menurut pengaruhnya terhadap manusia, antara lain :

- (1) Bising yang mengganggu (*irritating noise*)

Bising jenis ini tidak terlalu keras. Contohnya adalah suara orang mendengkur

- (2) Bising yang menutupi (*masking noise*)

Bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas disebut *Masking noise*. Bunyi ini dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan karyawan secara langsung karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tertutup oleh suara dari sumber lain.

- (3) Bising yang merusak (*damaging/injurious noise*)

Bunyi yang intensitas nya melampaui nilai ambang batas. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

2.3.1. Faktor yang mempengaruhi Tingkat Kebisingan

Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kebisingan dibagi menjadi dua faktor yaitu (Mediastika, 2005) :

- a. Faktor Akustikal terdiri dari : Tingkat kekerasan bunyi, frekuensi, durasi, dan perubahan kekerasan, perubahan frekuensi, dan waktu muncul bunyi.
- b. Faktor non-akustikal meliputi pengalaman, aktivitas, asumsi tentang kemungkinan muncul kebisingan, manfaat objek yang menghasilkan kebisingan, kepribadian, lingkungan dan kondisi.

2.3.2. Baku Tingkat Kebisingan

Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga menjamin kenyamanan dan kesehatan manusia (MNL Hidup, 1996). Dengan adanya baku tingkat kebisingan diharapkan kebisingan yang dihasilkan dari aktivitas kegiatan manusia dapat dikendalikan dalam batas tertentu.

Nilai ambang batas adalah standar faktor tempat yang dapat diterima untuk bekerja tanpa menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan selama 8 jam sehari atau 40 jam seminggu (Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-51.MEN/1999 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Di Tempat Kerja, 1999, Jakarta: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI.). Nilai ambang batas adalah intensitas suara tertinggi, sehingga nilai ambang batas yang diperbolehkan untuk kebisingan ialah 85 dBA, selama waktu 8 jam berturut-turut. Dapat dilihat dari nilai ambang batas kebisingan yang akan dijelaskan dibawah ini:

Tabel 2. 1 Nilai Ambang Batas Kebisingan

Waktu Pemaparan Per-hari	Intensitas kebisingan dalam dB
8 Jam	85
4	88
2	91
1	94
30 Menit	97
15	100
7,5	103
3,75	106
0,94	112
28,12 Detik	115
14,06	118
1,88	109
7,03	121
3,52	124
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139

Sumber: KMNLH Nomor 48 Tahun 1996

Berdasarkan Keputusan menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tanggal 25 November 1966 tentang baku tingkat kebisingan yang menjelaskan tentang peruntukan kawasan atau lingkungan kegiatan sebagai berikut:

Peruntukan 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. Industri	70
6. Pemerintahan 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

Gambar 2. 1 Baku Mutu Tingkat Kebisingan berdasarkan alokasi

Sumber: KMNLH Nomor 48 Tahun 1996

Tabel 2. 2 Skala intensitas kebisingan

Intensitas	dB	Bata dengar tertinggi
Menulikan	120	Halilintar
	110	Meriam
	100	Mesin uap
Sangat Hiruk	100	Jalan hiruk pikuk
	90	Perusahaan sangat gaduh
	80	Pluit polisi
Kuat	80	Kantor gaduh
	70	Jalan pada Umumnya
	60	Radio
		Perusahaan
Sedang	60	Rumah gaduh
	50	Kantor umumnya
	40	Radio perlahan
Tenang	40	Rumah tenang
	30	Kantor perorang
	20	Auditorium
Sangat Tenang	20	Suara daun-daun
	10	Berbisik
	0	Batas dengar terendah

Sumber: Sumber: KMNLH Nomor 48 Tahun 1996

2.4. Akustik Ruang

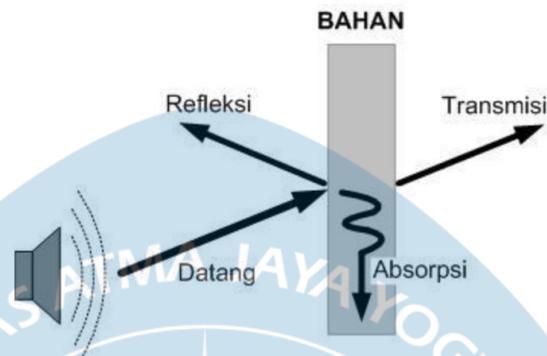
Akustik adalah suatu bidang ilmu pengetahuan yang secara khusus mempelajari karakteristik suara, pengaturan dan pengondisian tata suara, serta bagaimana suara memengaruhi terhadap para penikmat. Akustik ruang adalah ilmu yang mempelajari tentang pengaruh bunyi terhadap manusia dalam suatu ruang (Satwiko, 2009). Permasalahan akustik pada sebuah ruang selalu berkaitan dengan bentuk fisik dari suatu bangunan, yang terdiri dari bentukan ruang secara eksterior dan interior. Pada bagian interior ruangan memiliki pengaruh yang sangat kuat bagi kondisi sebuah ruang, karena berhubungan dengan segi kelayakan serta kualitas akustik-nya.

Sebagai dasar akustik suatu mekanisme perambatan bunyi adalah hal yang paling mendasar, di mana suara yang berasal dari sumber bunyi asli akan merambat ke segala arah ketika berada pada ruang terbuka, sedangkan dalam ruangan yang tertutup akan mengenai pembatas ruangan, yang memungkinkan beberapa mekanisme perambat bunyi, diantaranya pemantulan (*reflection*), penyerapan (*absorption*), difraksi (*diffraction*). Hal ini bergantung pada material yang digunakan di dalam ruangan (Mediastika, 2005). Seperti dinding, langit-langit atau lantai. Sehingga bahan akustik ruang adalah bahan yang dapat mempengaruhi sifat dan perilaku bunyi di dalam ruang (Budi et al., 2015)

2.4.1. Fenomena atau sifat perilaku Akustik

Karakter sebuah ruangan juga mempengaruhi seberapa besar energi suara yang sampai kepada pendengar. Bentuk ukuran, dan panel material yang digunakan menentukan karakter ruang. Segala sesuatu yang berhubungan dengan pendengaran di ruang yang dapat mempengaruhi kualitas bunyi. Fenomena

absorpsi suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan.



Gambar 2. 2 Fenomena atau Sifat perilaku Akustika

Sumber: FTI ITB 2009. Diakses 10 April 2024

Secara umum jika suatu bunyi atau suara jatuh pada permukaan sebuah benda akan mengalami 3 peristiwa, yaitu:

a. Penyerapan bunyi (*absorption*)

Peristiwa ini terjadi karena adanya penyerapan suara oleh suatu bidang permukaan. Besarnya nilai absorpsi ini akan sangat tergantung kepada kepadatan benda. Makin berpori, maka akan makin besar pula nilai absorpsi-nya, dapat mengubah menjadi energi panas melalui akurasi molekul udara. Material absorpsi-nya suara selalu bermanfaat dan diperlukan mengaplikasikannya dalam upaya pengatur kondisi kelayakan suara dalam sebuah ruangan akustik.

Penyerap bunyi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan gelombang bunyi dimana sebagai energinya terserap oleh suatu permukaan. Kemampuan penyerapan suara dari suatu material diukur dengan koefisien serapan suara (α), yang berkisar dari 0 sampai 1. Angka 0 menunjukkan bahwa

permukaan tidak memantulkan sama sekali. Nilai α yang mendekati 1 menunjukkan bahwa memiliki kemampuan penyerapan suara yang tinggi atau sempurna. Frekuensi standar yang diperoleh 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz. Nilai α yang semakin mendekati 1 maka material tersebut mampu menyerap suara (Hayat et al., 2013). Dalam kaitannya dengan karakteristik nada, bahan penyerap bunyi dapat dikategorikan menjadi dua kelompok utama, yaitu : (a) Bahan Penyerap nada rendah yang biasanya lebih tebal dan lebih padat sehingga menyerap gelombang suara dengan frekuensi rendah. (b) Bahan penyerap nada tinggi biasanya lebih ringan dan dapat memiliki struktur yang lebih terbuka sehingga dapat menyerap frekuensi tinggi. Berikut merupakan koefisien penyerapan suara:

No	Koefisien Penyerapan	Kelas	Kualitas absorber
1	0,90 - 1,00	A	Sangat Bagus
2	0,80 - 0,85	B	Sangat Bagus
3	0,60 - 0,75	C	Tinggi
4	0,30 - 0,55	D	Signifikan
5	0,15 - 0,25	E	Rendah
6	0,05 - 0,10	Tidak diklasifikasikan	Reflector

Tabel 2. 3 Kriteria Koefisien Penyerapan Suara Berdasarkan BS EN ISO 11654

Misalnya, pada 500 Hz bahan akustik menyerap 65% energi suara yang datang dan memantulkan 35%. Sehingga koefisien penyerapan suara bahan ini adalah 0.65 dan nilai koefisien tergantung pada frekuensi. Dengan kata lain, kemungkinan besar nilai koefisien penyebaran suatu bahan berbeda pada setiap frekuensi (Egan, 1972).

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai serap bunyi pada material, yaitu (Suardana et al., 2015): (a) Ukuran serat, secara umum semakin kecil diameter serat, semakin tinggi nilai koefisien. (b) Resistensi Aliran Udara (*Airflow Resistance*), berfokus pada kemampuan material untuk menghambat aliran udara. Salah satu karakteristik utama yang mempengaruhi bahan berpori penyerap suara adalah hambatan aliran tertentu per unit ketebalan material. (c) Porositas (*Porosity*), jumlah, ukuran dan jenis faktor penting yang diperhatikan saat mempelajari mekanisme penyerapan suara pada material berpori. Semakin tinggi porositas material, semakin banyak rongga udara yang terdapat di dalamnya. Rongga udara ini membantu menjebak dan menyerap energi gelombang suara. (d) Ketebalan (*Thickness*), semakin tebal material, semakin tinggi pula nilai serap bunyinya. Penyerapan suara pada frekuensi rendah berhubungan langsung dengan ketebalan. Material yang lebih tebal memiliki lebih banyak ruang untuk menyerap energi gelombang suara. (e) Kerapatan Massa (*Density*), kerapatan massa suatu material sering dianggap sebagai faktor penting yang mempengaruhi perilaku penyerapan suara dari material. Material dengan densitas yang lebih rendah umumnya memiliki koefisien absorpsi yang lebih tinggi. Hal ini karena material dengan densitas rendah lebih mudah menyerap energi gelombang suara. (f) Impedansi Permukaan (*Surface Impedance*), bahan yang lebih tahan terhadap getaran lebih baik dalam menyerap energi suara pada lapisan tertentu. Namun, peningkatan resistensi pada lapisan permukaan impedansi juga menyebabkan refleksi energi yang lebih tinggi, sehingga kemampuan serap suara material keseluruhan menjadi rendah.

b. Pemantulan Bunyi (reflection)

Peristiwa pemantulan berkas suara akan dipantulkan kembali ke-arah yang berlawanan dari berkas suara yang akan datang, seperti berkas suara yang jatuh pada suatu bidang permukaan benda. Pemantulan tersebut dapat terjadi dengan pola pemantulan langsung atau terjadi secara tersebar atau acak, tergantung pada jenis material atau bahan pelapisan. Peristiwa pemantulan suara secara langsung menganut Hukum Snellius, yaitu bahwa sudut jatuh (sudut datang) dari bunyi refleksi pada bidang permukaan suatu benda (yang menjadi reflector) akan dipantulkan kembali ke arah yang berlawanan dengan sudut pergi (sudut pantul) yang sama besar.

Dalam ruang tertentu, pemantulan ini berperan dalam penyebaran gelombang suara dan meningkatkan kekuatannya. Pemantulan suara sangat penting untuk akustika di dalam ruangan, terutama ketika waktu pemantulan sangat singkat dibandingkan dengan gelombang suara langsung. Sebaliknya, jika waktu pemantulan relatif panjang, hal ini dapat menghasilkan fenomena gema atau "echo."

c. Transmission Loss

Transmission loss adalah kemampuan suatu bahan untuk mereduksi suara atau kehilangan transmisi. Istilah yang sering digunakan untuk mengukur penurunan kekuatan sinyal saat sinyal tersebut merambat melalui suatu media atau melewati komponen. Nilainya biasa disebut dengan decibel (dB). Dalam dunia akustik, Transmission Loss digunakan untuk mengukur kemampuan suatu material atau struktur dalam menghalangi atau meredam suara. Semakin tinggi

nilai transmission loss (TL) semakin bagus bahan tersebut karena dapat mereduksi suara yang dilakukan. Contohnya: dinding bata dengan TL 50 dB akan meredam suara lebih baik daripada dinding kayu TL 30 dB.

Faktor yang dapat mempengaruhi TL terdiri dari, frekuensi suara yang umumnya material lebih efektif meredam suara dengan frekuensi tinggi dibandingkan frekuensi rendah, jenis dan ketebalan material mempengaruhi dalam material yang lebih berat dan padat biasanya memiliki TL yang lebih tinggi, dan konstruksi yaitu struktur berlapis (multi-layer) umumnya memiliki nilai TL yang lebih baik dibandingkan struktur lapisan tunggal.

Sound Transmission Class (STC) adalah kemampuan rata-rata transmission loss suatu bahan dalam mereduksi suara dari berbagai frekuensi. Nilai STC ditetapkan berdasarkan *sound transmission class is defined in the ISO-140 standar series. sound reduction index is defined in ISO 140.*

TABLE 5-15 STC Ratings and Noise Reduction

STC Rating	Speech Heard Through Wall or Floor	Noise Control Level
25	Normal speech understandable	Poor
30	Loud speech understandable	Marginal
40	Loud speech audible as murmur but unintelligible	Good
50	Loud speech barely audible	Very Good
55 and up	Loud speech not heard	Excellent

NOTE: Assumes background noise of 30dB on the listening side.

Gambar 2. 3 Sound Transmission Class

Sumber: ISO-140

2.4.2. Jenis-jenis Material Akustik

Material akustik berfungsi menunjang pengkondisian akustik ruang yang ideal. Namun material akustik pada umumnya merupakan material yang berfungsi menyerap bunyi yang bersifat absorpsi. Material bahan insulasi bunyi efektif akan menjadi suatu bahan yang berfungsi sebagai peredam/penghalang/penyekat terhadap transmisi bunyi dari satu sisi ke sisi lain dari ruangan. Material-material akustik diklasifikasi menjadi (Sitompul, 2014):

a. Material berpori-pori (Porous)

Semua material yang bersifat berpori dengan karakteristik akustik yang baik, umumnya memiliki pori-pori yang terbuka dan berhubungan dengan satu sama lain. Jika material berpori dengan pori-pori tertutup (buntu) dan lubang pori-porinya tidak saling bersambung akan merupakan penyerapan bunyi yang buruk. Material penyerap berpori memiliki karakteristik yaitu, penyerap bunyi akan lebih efisien pada rentang frekuensi yang tinggi, dibandingkan dengan frekuensi rendah, efisiensi dalam segi tambahannya ketebalan dari lapisan (baik dari material, maupun dari segi jarak atau separasi antar lapisan), material

b. Material Penyerap Panel, material yang dirancang khusus untuk menyerap energi gelombang suara dan mengurangi gema atau kebisingan di suatu ruangan. Penambahan material ini pada bagian ruang kosong panel dan dinding akan lebih jauh meningkatkan efisien dari penyerapan frekuensi rendah.

c. Resonator Rongga

Resonator rongga disebut juga dengan Cavity resonator atau cavity absorber atau volume resonator/volume absorber. Prinsip kerjanya adalah dengan membuat komponen struktur yang berbentuk box dengan rongga udara di dalamnya dan berlubang di salah satu sisinya. Sehingga membentuk suatu perangkap udara. Lubang atau celah sempit akan berfungsi sebagai penangkap gelombang bunyi dari sebuah sumber suara.

2.5. Rockwool

Rockwool memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi tingkat kebisingan atau polusi suara. Rockwool memiliki kekuatan tekanan yang besar dan dapat menahan suhu hingga 1000°C . Rockwool pada umumnya digunakan untuk meredam suara yang memiliki bentuk dasarnya seperti wol, terdiri dari kawat pijar yang dijalin secara cermat. Rockwool dapat dikatakan merupakan bahan organik berserabut. Fungsi rockwool adalah mengurangi intensitas suara dari resonansi panel yang sampai ke telinga. Sehingga memiliki prinsip kerja yang mengubah energi gerak menjadi energi panas dengan akibat tumbukan molekul-molekul dalam bidang peredam suara. Rockwool juga memiliki sifat tahan air.

Rockwool dapat diproduksi dalam bentuk seperti kasur, papan, atau sesuai kebutuhan. Namun pada penelitian ini menggunakan rockwool jenis kasur, sehingga Panel akustik rockwool yang digunakan memiliki density 100 kg/m^3 dan memiliki ketebalan 5 cm. sehingga memiliki *absorption coefficient and weighed sound absorption coefficient*:

Tabel 2. 4 Sound Absorption Coefficient Rockwool 5 cm Density 100 kg/m³

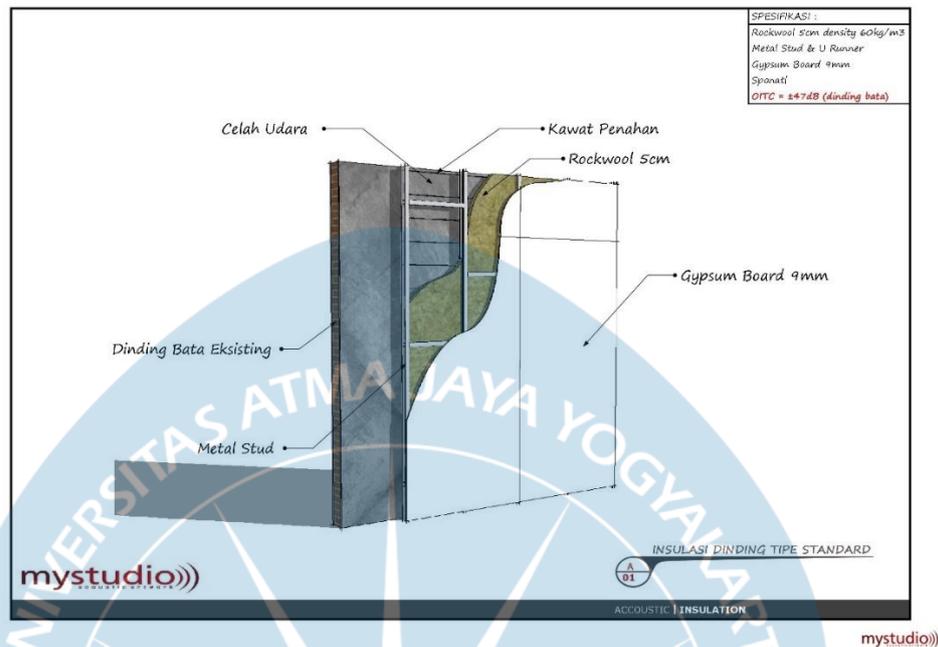
Product	Freq. Hz							
	100	125	160	200	250	315	400	500
RW 5 - Density 100	0.14	0.14	0.36	0.58	0.74	0.94	1.02	1.12

Freq. Hz									α_w
630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	3.15k	4k	5k	
1.14	1.1	1.04	1.02	1.02	1.03	1.01	1.04	1.05	1

Sumber: mystudio,2024

Pemasangan rockwool yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan manfaatnya dan memastikan ketahanan jangka panjang. Biasanya rockwool diaplikasikan di dinding. Metode cara pemasangan rockwool dengan benar, antara lain:

- (1) Dinding bata eksisting yang sudah ada merupakan struktur utama bangunan
- (2) Cella udara di antara dinding bata dan rangka metal stud untuk meningkatkan efektivitas peredam suara. fungsinya untuk meningkatkan efektivitas peredam suara dengan meredam getaran suara
- (3) Kawat penahan digunakan untuk menahan rockwool agar tidak mudah tergeser
- (4) Material rockwool dengan kepadatan yang diinginkan untuk meredam suara
- (5) Rangka metal stud & U runner yang digunakan untuk menopang gypsum board atau lapisan yang akan menutupi rockwool.



Gambar 2. 4 Lapisan insulasi dinding

Sumber: mystudio, 2024

2.6. Jenis-jenis Sampah Plastik

Plastik memiliki jenis yang berbeda-beda yang memiliki karakter dan penggunaan yang berbeda pula. Berikut merupakan jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. *PET (Polyethylene Terephthalate)* yang terdiri dari tutup botol plastik. Daur Ulang PET menunjukkan insulasi termal dan sifat penyerapan akustik yang unggul, menjadikan alternatif yang menjanjikan selain wol mineral dan polistiren untuk aplikasi insulasi (Koh et al., 2018). Botol plastik dapat digunakan sebagai material bangunan yang berkelanjutan, karena berpotensi sebagai dinding partisi dan dinding penahan pelat atap (Mansour & Ali, 2015). Karakteristik PET dapat di Daur ulang menjadi bahan yang memiliki

penyerapan suara yang baik, terutama pada frekuensi tinggi (Iannace & Ciaburro, 2021)

2. PP (*Polypropylene*) yaitu mesin cuci rusak, tempat minum. Campuran butiran plastik daur ulang, seperti PS/PP menunjukkan penyerapan suara paling efektif diseluruh rentang frekuensi suara dengan dua puncak bergeser seiring perubahan ketebalan (Biskupičová et al., 2021)
3. HDPE (*High-Density Polyethylene*) adalah jenis plastik yang populer karena memiliki kekuatan, ketahanan dan fleksibilitas. Jenis sampah HDPE yaitu Wadah Shampoo, wadah deterjen dan Pipa. Mendaur ulang HDPE dapat dilakukan dan penting untuk membentuk melindungi dunia, seperti meningkatkan efisien energi dan melestarikan lingkungan.
4. PVC (*Poly Vinyl Chloride*) terdiri dari mainan anak. Daur ulang PVC merupakan bahan isolasi dalam AC. PVC menunjukkan dapat digunakan sebagai isolasi akustik dan spektrum pengurangan kebisingan, secara efektif PVC dapat mengurangi suara frekuensi tinggi dan insulasi akustik PVC meningkat dengan kepadatan permukaan(Zhang, 2016)

2.7. Karakteristik Limbah Sampah Plastik

Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah sampah plastik dengan mendaur ulang menjadi produk baru, plastik memiliki sifat hidrofobik membuatnya tahan terhadap air dan kelembaban. Selain itu bahan plastik juga tidak disukai oleh rayap, sehingga tidak memerlukan untuk pengawetan khusus.

Penggunaan material alternatif plastik memiliki sifat akustik tertentu yang membuatnya efektif sebagai material memantulkan suara dan penyerap suara, sehingga

memiliki beberapa pertimbangan yaitu: (a) memilih jenis plastik yang sesuai dan struktur, (b) tekstur permukaan material plastik dapat memainkan peran penting dalam kemampuan penyerapan suara. Permukaan yang berpori atau bergelombang cenderung lebih efektif dalam menangkap dan meredam gelombang suara. (c) Ketebalan material mempengaruhi kinerja akustika, (d) Desain panel akustika yang optimal dapat membantu meningkatkan kinerja material plastik. Penggunaan sampah plastik sebagai material akustik perlu diuji dan diverifikasi secara akustik untuk memastikan bahwa memenuhi kebutuhan dan standar yang ditetapkan.

Limbah sampah plastik mampu menjadi alternatif material yang mampu mengurangi suara yang berlebihan masuk ke dalam ruang. Semakin besar kandungan material anorganik (plastik) pada sampel, koefisien absorpsi-nya juga semakin meningkat pada frekuensi rendah (Aries Himawanto, 2007). Limbah plastik jenis LDPE dengan ketebalan tertentu mampu mengurangi suara pada berbagai frekuensi, dengan ketebalan 2,21 mm dapat mengurangi suara pada frekuensi 500 Hz sebesar 26,1 dB, frekuensi 1000 Hz sebesar 17,9 dB sedangkan 5000 Hz mampu mengurangi kebisingan sebesar 32,1 dB. Sehingga dalam penelitian ini menunjukkan bahwa LDPE dapat diolah menjadi penyerap suara yang efektif (Evita Kurniasari et al., 2019). Dengan menggabungkan daur ulang mikro-plastik bahan berkelanjutan baru, dapat menawarkan isolasi akustik dan termal yang sangat baik untuk aplikasi industri, sipil dan maritim (Caniato et al., 2021)

Dalam pengembangan bahan bangunan yang dapat menyerap suara, membutuhkan bahan bangunan yang dapat menyerap suara dengan baik. Bahan bangunan tersebut yang terbuat dari limbah plastik dan serat kayu (Mulyani et al.,

2021). Penggunaan bahan plastik dalam konteks akustik memunculkan sejumlah karakteristik yang memerlukan pertimbangan. Plastik cenderung memiliki sifat keras dan padat yang dapat menyebabkan refleksi bunyi, meningkatkan tingkat pantulan dan potensial lingkungan berisik. Meskipun demikian, kemampuan akustika pada plastik dapat di tingkatkan dengan modifikasi khusus. Dengan penambahan struktur poros atau berongga pada papan plastik, seperti melalui teknik perforasi atau penggunaan panel berpola, dapat meningkatkan kemampuannya dalam menyerap suara dan mengurangi pantulan bunyi. Pengguna daur ulang plastik dapat mendukung praktik keberlanjutan lingkungan.

2.8. Pengertian dan Komponen *Impedance Tube* secara Umum

Impedance tube adalah alat yang digunakan untuk mengukur sifat akustik material, terutama kemampuan material tersebut dalam menyerap suara (*absorption*) dan kehilangan transmisi (*Transmission Loss*). Secara umum, *impedance tube* berbentuk tabung panjang dengan mikrofon dan sumber suara yang ditempatkan di sepanjang tabung. Pengukuran *impedance tube* memperoleh koefisien serapan kejadian normal pada material. Hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk membandingkan kinerja penyerapan dasar material dan untuk simulasi akustik.

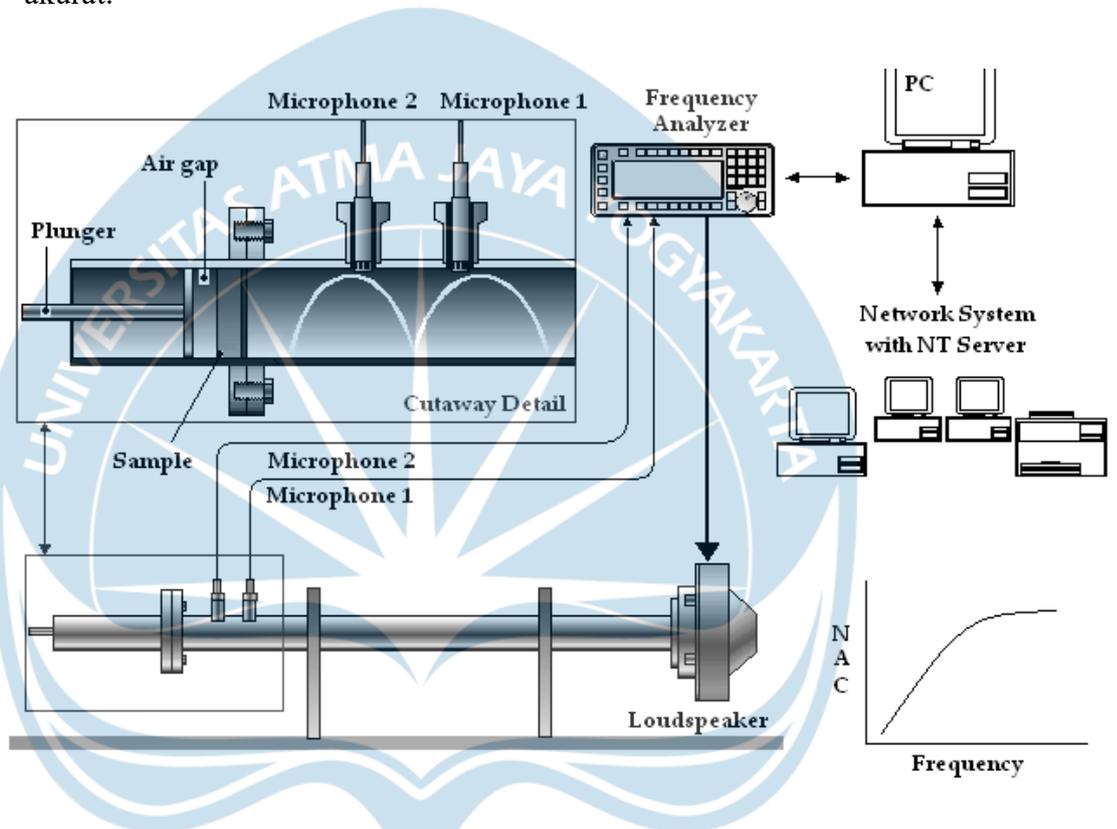
Impedance Tube memiliki perangkat yang kompleks, komponen-komponennya bervariasi tergantung pada desain alatnya. Namun secara umum, komponen yang dimiliki *Impedance Tube* meliputi:

- (1) Perangkat lunak, digunakan untuk menghitung impedansi akustik material data yang diukur dari alat tabung. Perangkat lunak tabung impedansi biasanya menyediakan fitur seperti perhitungan impedansi berbagai frekuensi,

menampilkan hasil pengukuran data dalam bentuk visualisasi data, dan ekspor data pengukuran.

- (2) Tabung merupakan bagian utama dari perangkat *Impedance Tube*, panjang serta diameter tabung yang bervariasi, material yang digunakan biasanya terbuat dari logam atau plastik. Tabung dalam penelitian ini menggunakan diameter 10cm dan 6cm. Tabung ini berfungsi mengukur impedansi akustik material.
- (3) Sound source merupakan komponen penting dalam tabung impedansi yang berfungsi untuk menghasilkan gelombang bunyi yang digunakan untuk mengukur impedansi akustik material, mengontrol frekuensi dan level suara, memastikan keseragaman gelombang bunyi. Power amplifier, komponen penting dalam tabung impedansi yang berfungsi untuk memperkuat sinyal suara dari sound source sebelum dialirkan ke speaker. Fungsi power amplifier yaitu meningkatkan daya sinyal suara dari sound source, mencocokkan impedansi *out-pot* sound source dengan impedansi input speaker, dan menyaring sinyal suara untuk menghilangkan noise dan distorsi.
- (4) *Digital frequency analysis system*, berfungsi untuk menganalisis sinyal yang diukur oleh mikrofon. Fungsi yang dimiliki yaitu, mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital, menganalisis sinyal digital dan menampilkan hasil analisis.
- (5) Mikrofon di tabung impedansi, dirancang untuk mengukur impedansi akustik material. Fungsi mikrofon ini mendeteksi gelombang bunyi yang dipantulkan dan ditransmisikan oleh material yang diuji, mengubah getaran akustik menjadi sinyal listrik dan menyediakan data yang diperlukan untuk menghitung

impedansi akustik material. Mikrofon ini harus memiliki sensitivitas yang tinggi dalam merespon frekuensi yang luas, linearity yang baik dan ketahanan terhadap jebisingan untuk memastikan pengukuran impedansi akustik yang akurat.



Gambar 2. 5 Komponen *Impedance Tube*

Sumber: Jurnal Nonwoven Sound Absorption material.

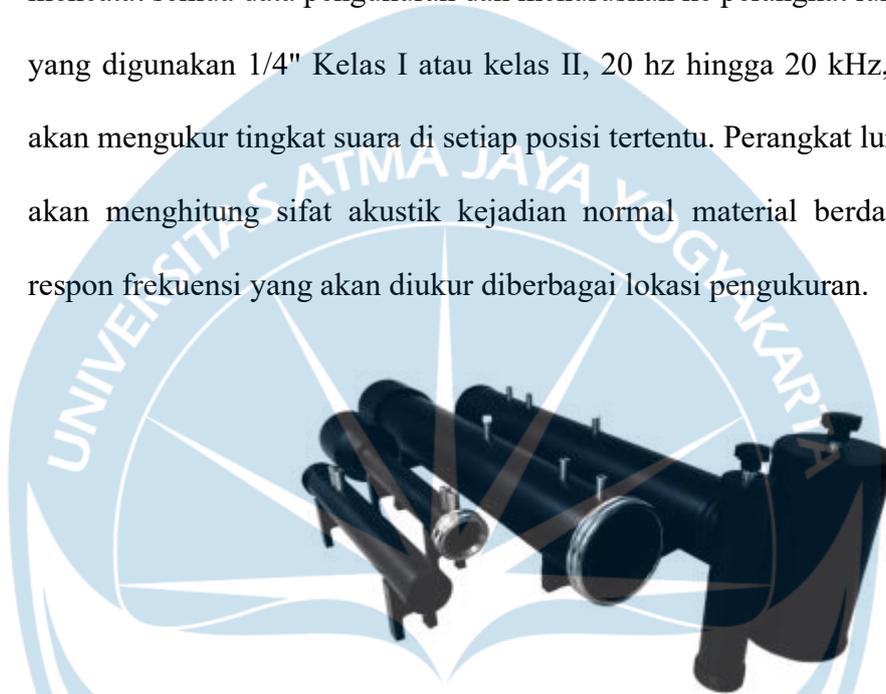
(https://www.researchgate.net/publication/292971756_Vinay_Mida_and_Md_Vaseem_Chavhan_2012_%27Nonwoven_Sound_Absorption_Textiles%27_International_Journal_of_Textile_and_Fashion_Vol2_Issue_2_June_2012_pp_45-55). Diakses 10 Juni 2024

2.8.1. Pengukuran *Sound Absorption* dan *Sound Transmission Loss*

Menggunakan Tabung Impedansi

Impedance tube yang digunakan yaitu PALCID. Cara kerja impedance tube pada penelitian ini menggunakan diameter 30 dan 100 mm untuk mencakup seluruh rentang frekuensi. Pada impedance tube dengan diameter 100 mm

memiliki rentang frekuensi 50 Hz – 1600 Hz, sedangkan diameter 30 mm memiliki rentang frekuensi 800 – 6300 Hz (PLACID Measurement Microphones, n.d.). Sistem Akuisisi Data terdapat 4 saluran yang dapat mengumpulkan dan mencatat semua data pengukuran dan menuruskan ke perangkat lunak. Mikrofon yang digunakan 1/4" Kelas I atau kelas II, 20 hz hingga 20 kHz, mikrofon ini akan mengukur tingkat suara di setiap posisi tertentu. Perangkat lunak kemudian akan menghitung sifat akustik kejadian normal material berdasarkan fungsi respon frekuensi yang akan diukur diberbagai lokasi pengukuran.

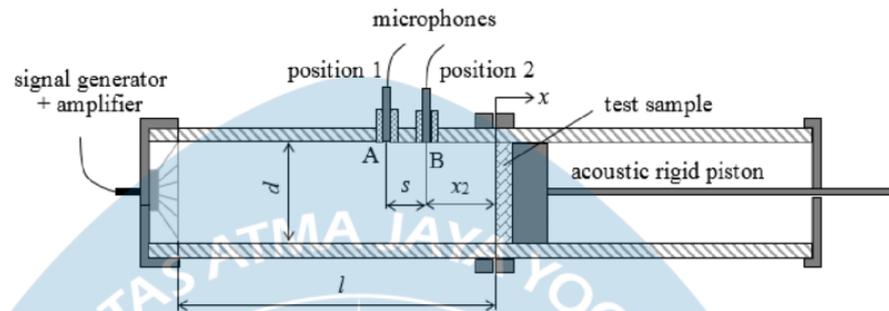


Gambar 2. 6 Impedance Tube placid

Sumber: Placid Instruments (<https://placidinstruments.com/product/impedance-tube/>).
Diakses pada 1 Juni 2024

Pengukuran Sound Absorption atau koefisien penyerapan mengacu pada prosedur ISO 10534-2 dan ASTM E1050-10. Standar Impedansi pada prosedur ISO 10534-2, dalam penyerapan suara bahan akustik menggunakan dua lokasi mikrofon dan sistem analisis frekuensi untuk menentukan koefisien penyerapan suara untuk kejadian suara normal (International Standard ISO, 2023). Hal ini

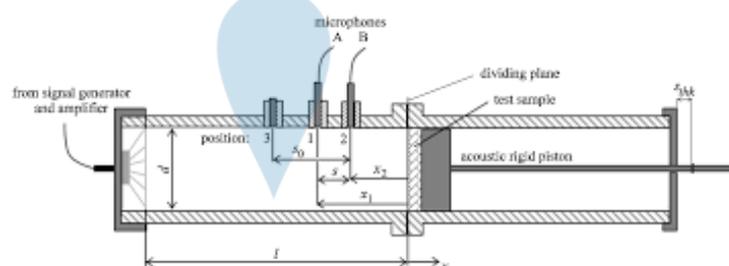
diterapkan untuk penentuan impedansi permukaan akustik atau penerimaan permukaan bahan penyerap suara.



Gambar 2. 7 Standar mesin ISO 10534-2

Sumber: ISO 10534-2, diakses 10 Juni 2024

Sedangkan standar ASTM E1050-10, dalam pengukuran pengujian ini gelombang bidang dihasilkan dalam tabung dengan menggunakan sinyal pita lebar dari sumber kebisingan. Fungsi frekuensi dengan resolusi dapat ditentukan oleh laju pengambilan sampel sistem analisis frekuensi digital (ASTM INTERNASIONAL E1050-10, n.d.)

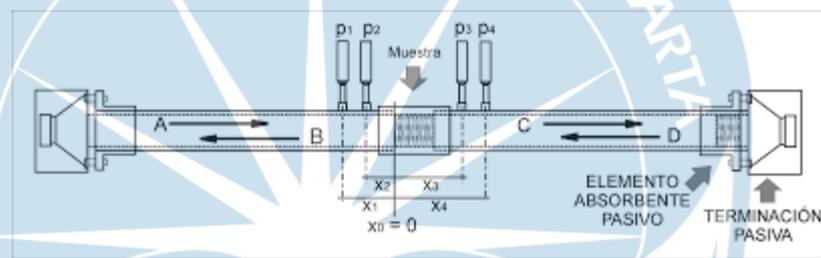


Gambar 2. 8 Standar Mesin ASTM E1050-10

Sumber: ASTM E1050-10, diakses 10 Juni 2024

Untuk pengukuran *Sound Transmission* mengacu standar ASTM E2611-09 (ASTM 32611-09, n.d.), standar ini menggunakan tabung untuk menguji material

akustika. sumber suara dihubungkan pada salah satu ujung tabung dan sampel material yang diuji. Untuk kehilangan transmisi, standar ini diukur menggunakan empat mikrofon, dua di setiap sisi sampel. Di salah satu ujung tabung terdapat sumber suara loudspeaker. Mikrofon dipasang di dua lokasi di sepasang dinding setiap tabung. Sistem ini dapat menganalisis frekuensi digital di dua atau empat saluran atau komputer yang dapat melakukan perhitungan yang sama secara efektif. Pada standar ini dapat disebut dengan 4 mikrofon dan 2 beban (4M2L) yang dapat diterapkan untuk mengukur matrik transfer dan Nstl (Doutres, 2012).



Gambar 2. 9 Standar ASTM E2611-09

Sumber: ASTM E2611-09, diakses 10 Juni 2024