

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai referensi yang berkaitan dengan penelitian ini. Bab 2 meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya : Material Komposit, Bambu, Suara, Peredam Suara Compression Molding, Pengujian Tarik, Pengujian SEM, Pengujian Akustik, dan Penelitian Terdahulu.

2.1 Komposit

Munculnya material komposit sebagai klasifikasi material yang berbeda dimulai sejak pertengahan abad ke-20 dengan pembuatan material berlapis yang sengaja dirancang dan direkayasa, seperti misalnya polimer dengan serat gelas. Meskipun material dengan bentuk tersusun seperti kayu, batu bata yang terbuat dari tanah liat yang diperkuat jerami, kerang laut dan bahkan paduan seperti baja telah dikenal selama ribuan tahun, namun pengakuan atas konsep penggabungan material menjadi material baru menyebabkan komposit diidentifikasi menjadi sebuah material baru yang terpisah dari logam, keramik dan polimer. Konsep material komposit memberikan kesempatan yang menarik untuk dikembangkan karena dirancang secara luar biasa untuk berbagai macam material dengan kombinasi kemampuan yang tidak dapat dipenuhi hanya dari satu material.

Komposit dalam konteks sekarang adalah material yang sengaja disusun dan berbanding terbalik dengan material yang terbentuk secara alami. Selain itu kedua material penyusun harus berbeda secara kimiawi dan dipisahkan oleh antarmuka yang berbeda. Dalam mendesain material komposit, para peneliti dan ilmuwan akan menggabungkan secara proporsional berbagai logam, keramik dan polimer untuk menghasilkan material baru yang luar biasa. Kebanyakan komposit telah dibuat untuk meningkatkan kombinasi mekanis karakteristik seperti kekakuan, ketangguhan dan ketahanan terhadap temperatur tinggi (Callister, 2014).

Kombinasi dan rentang dari kemampuan material komposit sejalan dengan

perkembangan material komposit itu sendiri. Secara umum, komposit adalah material baru yang terdiri dari susunan material lainnya yang menunjukkan proporsi yang signifikan dari kedua material penyusun sedemikian rupa hingga didapatkan kombinasi properti yang lebih baik. Pada material sendiri secara umum terdiri dari dua jenis penyusun, yaitu *matrix* sebagai pengikat dan *reinforcement* sebagai penguat (Martin, 2006).

1. *Reinforcement* (Penguat)

Reinforcement atau penguat merupakan salah satu penyusun utama dalam material komposit yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari suatu komposit. Penambahan penguat yang biasanya berupa serat (*fiber*) ke dalam material komposit juga berguna untuk mengurangi biaya produksi karena secara tidak langsung mengurangi penggunaan *matrix* (pengikat). Serat (*fiber*) biasa diperoleh dengan dua cara, baik yang diambil dari alam maupun yang diproduksi secara sintetis. Material penguat biasanya memiliki sifat kekuatan dan kekakuan yang tinggi, serta memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi.

2. *Matrix* (Pengikat)

Matrix atau pengikat merupakan salah satu penyusun utama dalam material komposit yang bertujuan untuk mengikat penguat berbentuk serat (*fiber*) dan mengisi kekosongan ruang pada material komposit, selain itu juga bertujuan untuk melindungi penguat serat (*fiber*) dari kontak langsung dengan lingkungan luar. Memiliki fraksi volume paling besar, matriks dituntut untuk bisa mempertahankan penguat serat pada posisinya dan mendistribusikan tegangan ke semua serat saat dikenai pembebanan. Umumnya material matriks memiliki perpanjangan putus yang lebih besar dari serat, yang artinya matriks harus lebih dulu berubah bentuk sebelum komposit rusak. Material matriks yang dapat digunakan adalah logam, keramik, maupun polimer. Pertimbangan sebuah material dapat digunakan sebagai matriks adalah ketahanannya terhadap temperatur tinggi dan juga terhadap oksidasi atau korosi sehingga penguat serat

(fiber) dapat terlindungi dengan baik.

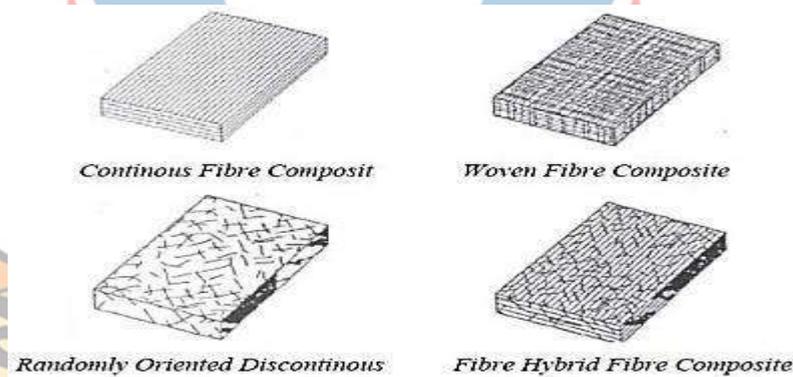
www.itk.ac.id

2.2 Jenis Komposit

Komposit berdasarkan jenis penguatnya terbagi atas dua kelompok yaitu :

1. Komposit Serat

Menurut Harsi (2015), untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat menempatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit ditunjukkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Tipe Komposit Serat (Harsi, 2015)

a. *Continuous fiber composite*

Komposit jenis ini susunan seratnya panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Namun, Komposit jenis ini memiliki kelemahan pada pemisahan antar lapisannya. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

b. *Woven fiber composite*

Komposit jenis ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena memiliki susunan serat yang mengikat antar lapisan berbentuk anyaman. Namun, susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus tersebut mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

c. *Discontinuous fiber composite*

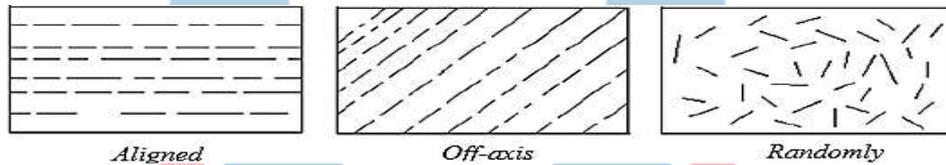
Komposit jenis ini memiliki tipe serat pendek ditunjukkan pada Gambar 2.2 terbagi menjadi :

www.itk.ac.id

1. *Aligned discontinuous fiber*

2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat berukuran pendek tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe ini umumnya digunakan untuk memproduksi pada volume yang besar karena faktor biaya manufakturnya lebih murah. Namun, kekurangan tipe ini adalah sifat mekanik masih dibawah penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama



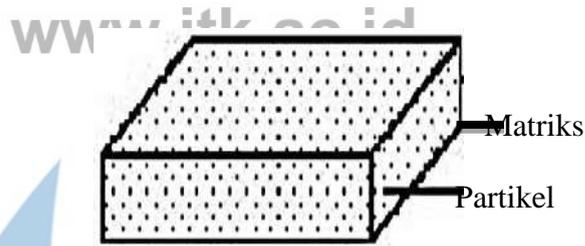
Gambar 2.2 Tipe Discontinuous Fiber (Harsi, 2015)

d. *Hybrid fiber composite*

Komposit ini merupakan gabungan antara jenis serat lurus dengan serat acak. Tipe gabungan digunakan agar dapat memperbaiki kekurangan sifat dari keduanya dan menggabungkan kelebihan keduanya.

2. Komposit Partikel

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya ditunjukkan pada Gambar 2.3 partikel dalam matriks akan membagi beban agar terdistribusi secara merata dalam material dan menghambat terjadinya deformasi plastis. Partikel juga berperan sangat baik dalam meningkatkan kekakuan komposit jika diaplikasikan pada matriks yang relatif ulet (*ductile*). Partikel digunakan sebagai penguat dalam matriks pada komposit untuk mengurangi biaya manufaktur komposit dengan menggunakan serat alam. Komposit penguat partikel dapat didesain agar memiliki ketahanan aus, abrasi, korosi, kekerasan permukaan yang tinggi, sifat magnet yang tergantung kemampuan/jenis dari penguat tersebut (Sulistijono, 2012).

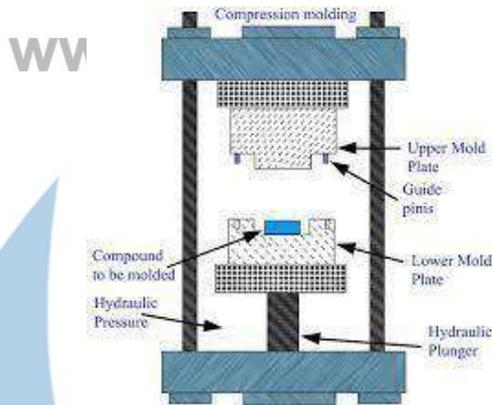


Gambar 2.3 Komposit Partikel (Sulistijono, 2012)

2.3 *Compression Molding*

Compression molding merupakan teknik yang digunakan untuk membuat produk komposit dengan metode molding tertutup. Prinsipnya adalah menerapkan tekanan ke cetakan (mold), lalu mesin mengendalikan panas dari heater agar dapat membentuk bahan sesuai dengan cetakan permanen setelah ditekan. Proses tersebut umumnya digunakan di industri dengan jumlah produksi yang banyak dengan harga mesin yang mahal (Kutz, 2011). Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. Fiber yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoksi, dan fenolat (Basyarahil, 2017)

Keuntungan dari metode ini adalah kontrol dimensi yang sangat baik; permukaan akhir berkualitas tinggi, diproduksi pada kedua permukaan, tingkat produksi yang tinggi, dan konsolidasi yang baik dan kandungan serat yang tinggi. Namun, biaya cetakan (dengan permukaan yang diperkeras) sangat tinggi, dan ukuran pengepres hidrolis yang tersedia yang digunakan untuk menerapkan tekanan penutupan membatasi ukuran bagian yang dapat diproduksi. Prosedur laminasi basah dapat digunakan, dalam hal ini serat kering diletakkan dalam cetakan dan resin ditambahkan. Komponen komposit serat berkualitas tinggi umumnya didasarkan pada penggunaan pre-pregs atau dengan menggunakan film resin padat, tetapi tidak diawetkan, yang diletakkan di atas permukaan cetakan, diikuti oleh lapisan serat kering atau bentuk awal serat (Baker, 2004).



Gambar 2.4 Mesin *Compression Molding* (Junaidi,2011)

2.4 Bambu

Bambu adalah sejenis tanaman yang memiliki rongga dan ruas di batangnya, bambu merupakan salah satu tanaman yang unik karena mampu tumbuh dengan cepat. Bambu merupakan salah satu jenis rumput-rumputan yang termasuk ke dalam famili Gramineae dan merupakan bagian dari komoditas hasil hutan bukan kayu. Di beberapa daerah di Indonesia, telah menggunakan bambu sebagai salah satu bahan untuk keperluan sehari-hari seperti membuat bakul (tempat nasi), tampah, tenggok (wadah tradisional), caping (topi bambu), kerajinan tangan, alat musik, dan alat penangkap ikan.

Dalam Arsad, E (2014) mengemukakan bahwa bambu sangat potensial sebagai bahan substitusi kayu karena rumpunan bambu dapat terus berproduksi selama pemanenannya terkendali dan terencana. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu yaitu memiliki rasio penyusutan yang kecil, dapat dilengkungkan atau memiliki elastisitas dan nilai dekoratif yang tinggi. Bambu sendiri merupakan tanaman cepat tumbuh dan mempunyai masa panen yang relatif pendek yaitu 3 – 4 tahun. Bambu sebagai salah satu bahan baku yang mudah dibelah, dibentuk dan mudah pengerjaannya, disamping itu harganya relatif murah dibandingkan bahan baku kayu. Bambu merupakan tumbuhan yang mengandung lignoselulosa dan bisa dimanfaatkan untuk banyak keperluan (Sulastingsih et-al,2005).



Gambar 2.5 Potongan Bambu (Arsad, 2014)

2.4.1 Bambu Apus

Bambu tali atau bambu apus (*Gigantochloa apus*) merupakan jenis bambu yang tersebar luas di Indonesia dan Asia tropis. Bambu ini banyak diusahakan untuk bahan baku pembuatan kerajinan tangan. Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (Dransfield dan Widjaja, 1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.



Gambar 2.6 Serat Bambu Apus (Richy, 2009)

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Bambu Apus (Richy, 2009)

Sifat Mekanik	Mpa
Kekuatan tarik	53.53
Kekuatan luluh	32.06
Modulus elastisitas	9901.96

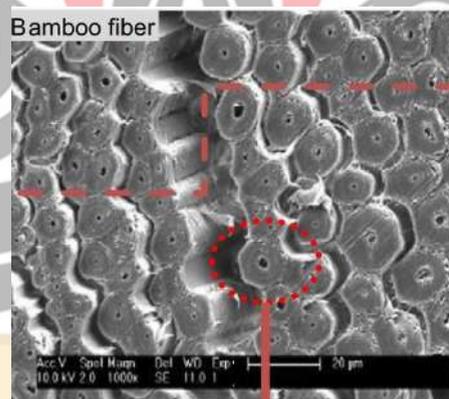
Kekuatan tekan	49.41
Kekuatan geser	3.872
Kekuatan tarik tegak lurus serat	2.77

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Bambu Apus (Siregar dkk,2018)

Selulosa	60,8%
Lignin	32,2%
Massa Jenis	600-800 gr/cm ³
Sudut Migro Fibrilla	2-10 derajat

2.4.2 Selulosa Bambu

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Adapun pada serat bambu juga terdapat selulosa. Dimana pada selulosa terdapat lubang-lubang porositas, selulosa pada serat bambu dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.7 Selulosa Pada Serat Bambu (Wang,2017)

Berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutan dalam senyawa NaOH 17,5% selulosa dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- 2.4.2.1 Selulosa α (Alpha Cellulose) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 600 – 15000. α selulosa dipakai sebagai penduga dan atau tingkat kemurnian selulosa. Selulosa dengan derajat kemurnian $\alpha > 92\%$ memenuhi syarat untuk bahan baku utama pembuatan propelan atau

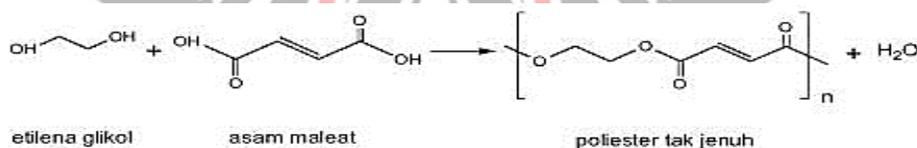
bahan peledak. Sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain (serat rayon). Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.

2.4.2.2 Selulosa β (Betha Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 15 – 90, dapat mengendap bila dinetralkan.

2.4.2.3 Selulosa γ (Gamma Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa (Alqani,2011)

2.5 Poliester Tak Jenuh

Poliester tak jenuh merupakan resin sintetik yang tersusun dari rantai lurus, yang dihasilkan dari reaksi glikol dengan asam difungsional seperti asam maleat, asam adipat, dll. Salah satu contohnya dapat dilihat Gambar 2.8 sebagai berikut :



Gambar 2.8 Struktur Kimia *Unsaturated Polyester* (Adryani, 2014)

Polyester tak jenuh merupakan polimer jenis termoset banyak digunakan sebagai matriks komposit dengan penguat dari serat alam selulosa. Resin ini banyak digunakan untuk aplikasi komposit di dunia industri dengan pertimbangan harga murah, waktu yang dibutuhkan untuk *curing* 3-5 jam untuk mengering namun untuk benar-benar mengering dan mendapat sifat mekanik yang lebih baik adalah selama 24 jam (Hestiawan, 2017).

Resin *polyester* terbagi menjadi dua jenis menurut Rosyadi (2016), yaitu :

- Polyester* tipe jenuh (*saturated polyester*), tipe jenis ini tidak dapat mengalami proses pengerasan atau *curing*.
- Polyester* tidak jenuh (*unsaturated polyester*), tipe jenis ini dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat. Resin

unsaturated polyester merupakan resin cair memiliki viskositas yang rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin *polyester* memiliki sifat mekanik yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Adapun kelebihan dan kekurangan menurut Hestiawan (2017), yaitu :

1. Gaya adhesi yang cukup baik
2. Ketahanan yang baik terhadap panas, bahan kimia, asam, maupun basa
3. Membentuk komposit yang baik dengan kayu, logam, serat gelas, plastik, dan serat alam

Di samping kelebihan yang dimilikinya, *polyester* juga memiliki kelemahan, antara lain :

1. Nilai regangan lebih rendah dibandingkan resin epoksi
2. Sifat ketahanan nyala api dan ketahanan panas lebih rendah dibandingkan resin *phenolyc*

Tabel 2.2 Nilai Sifat Mekanik *Unsaturated Polyester* (Azwar, 2009)

No.	Sifat Mekanik	Nilai	Satuan
1.	Kekuatan Tarik	65	Mpa
2.	Modulus Elastisitas	2.941,9	Mpa
3.	Kekuatan Lentur	53,9	Mpa
4.	Densitas	1,2	gr / cm ³
5.	<i>Elongation</i>	1,6	%

2.6 Suara

Suara adalah sebuah gelombang longitudinal yang merambat melalui medium tertentu, bunyi terjadi karena adanya getaran sehingga tercipta sebuah sistem suara yang pada akhirnya bunyi tersebut bisa terdengar oleh indera pendengaran manusia (Kustaman, 2017). Medium yang dapat menghantarkan bunyi dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Dalam ilmu fisika, bunyi dapat diukur, seperti frekuensi yang memiliki pengertian adalah satuan kecepatan pada bunyi yang diukur dalam satuan getaran yang disebut Hertz (Hz), sedangkan amplitudo

atau tingkat kenyaringan bunyi diukur dengan satuan desibel (dB) (Christina,2002). Gelombang bunyi sendiri dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Infrasonik

Gelombang infrasonik adalah gelombang yang frekuensinya paling rendah dalam hitungan desibel, yaitu dibawah 20 Hz. Gelombang suara ini tidak dapat ditangkap oleh pendengaran manusia. Gelombang infrasonik hanya bisa didengar oleh binatang tertentu seperti anjing, laba-laba, dan jangkrik.

2. Audiosonik

Adapun gelombang yang berkisar antara 20 Hz-20.000 Hz disebut gelombang audiosonik. Gelombang ini adalah gelombang umum yang bisa didengar langsung oleh telinga manusia, akan tetapi tingkat kepekaan pendengaran manusia akan menurun, semakin tua usia manusia semakin turun pula tingkat pendengarannya, gelombang audiosonik tidak akan terdengar normal setelah manusia berada pada usia lanjut.

3. Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah jenis gelombang yang frekuensinya paling tinggi dalam hitungan desibel, yakni gelombang yang berada diatas 20.000 Hz. Gelombang ini tidak dapat didengar oleh manusia karena tingkat tekanan desibel (dB) yang sangat tinggi, gelombang ini merambat melalui zat padat, gas dan cair. Dalam kehidupan manusia, gelombang ultrasonik banyak digunakan sebagai alat bantu dalam ilmu kedokteran, misalnya pada alat USG (ultrasonografi) dimanfaatkan untuk melihat organ manusia bagian dalam seperti hati, tumor, jantung dan lain sebagainya (Kustaman, 2017).

2.7 Akustik

Akustik adalah ilmu yang mempelajari mengenai bunyi serta hal-hal berkaitan dengan tentang kualitas bunyi dalam ruang dan pengaturannya, pengendalian cacat akustik, dan bising. Material akustik adalah material yang digunakan untuk mengendalikan kualitas akustik (*reflector*, *absorption*, dan *insulator*). Bunyi berasal adanya gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang dapat terdengar oleh telinga normal manusia (*audio sound*). Dibawah rentang tersebut disebut bunyi infra (*infra sound*), sedang di atas rentang

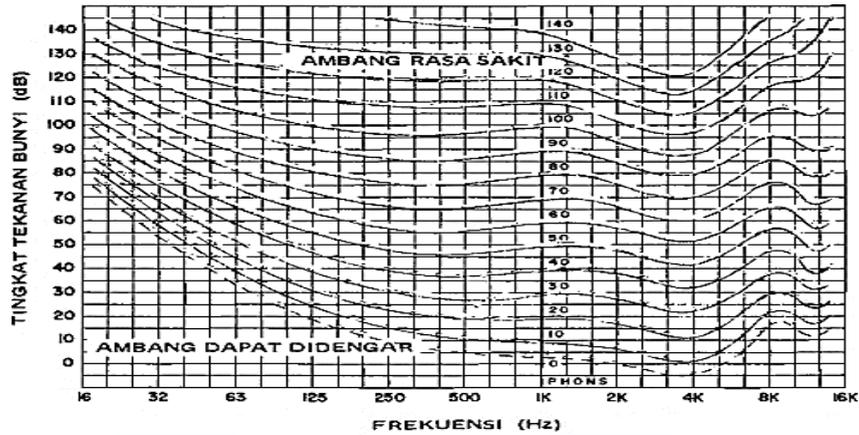
tersebut disebut bunyi ultra (*ultra sound*), bunyi udara (*airborne sound*) adalah bunyi yang merambat lewat udara, sedangkan bunyi struktur (*structural sound*) adalah bunyi yang merambat melalui struktur bangunan. Alat untuk mengukur besarnya bunyi atau tekanan suara yang keluar dari sumbernya adalah *sound level meter* dengan satuan bunyi adalah desible (dB) (Suharyani, 2013).

Jangkauan frekuensi berbeda dari bermacam-macam sumber bunyi, jangkauan frekuensi audio orang yang berbeda umurnya juga berbeda dengan bertambahnya umur batas pendengaran atas akan menurun. Kebanyakan bunyi terdiri dari banyak frekuensi yaitu komponen-komponen frekuensi rendah, tengah, dan medium karena itu amatlah penting memeriksa masalah-masalah akustik meliputi spektrum frekuensi yang dapat didengar. Frekuensi standar yang dipilih secara bebas sebagai wakil yang penting dalam akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, dan 2000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048 dan 4096 Hz (Eriningsih, 2014).

2.8 Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang kehadirannya dapat mengganggu dan keberadaannya tidak diinginkan berasal dari suara manusia, aktivitas lalu lintas darat, lalu lintas udara, mesin industri, dan refleksi suara speaker. Berdasarkan lingkungannya kebisingan terbagi menjadi beberapa kawasan ditunjukkan pada Tabel 2.3. Suara merupakan suatu sensasi yang dihasilkan yang dapat dinikmati organ pendengaran manusia ketika gelombang-gelombang suara dibentuk di udara sekeliling manusia melalui getaran yang diterimanya. Bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia berada pada frekuensi 20 – 20.000 Hz (Djalante, 2010).

Bunyi akan terdengar dari sumbernya apabila bunyi melebihi *background noise* minimal 6 dB sampai 10 dB (Suharyani, 2013). Manusia dapat mendengar suara desibel (intensitas kebisingan) dari 0 (pelan sekali) hingga 140 dB (suara tinggi dan menyakitkan). Pada gambar 2.9 menunjukkan tekanan bunyi berdasarkan frekuensinya (Lintong, 2009).



Gambar 2.9 Tingkat Tekanan Bunyi Berdasarkan Frekuensi
(Adnan, 2006)

Skala intensitas kebisingan ditunjukkan pada Tabel 2.4. Jika intensitas kebisingan lebih dari 140 dB maka akan terjadi kerusakan pada gendang telinga yang bersifat sementara bahkan merusak organ-organ dalam gendang telinga secara permanen. Ambang batas maksimum aman bagi manusia adalah 80 dB, namun pendengaran manusia dapat mentolerir lebih dari 80 dB, asalkan waktu paparan dari kebisingan diperhatikan.

Tabel 2.3 Tingkat Kebisingan Peruntukan Lingkungan Kegiatan (Djalante, 2010)

No.	Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dB)
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
	Khusus :	
	- Bandar udara	70
8.	- Stasiun	70
	- Pelabuhan laut	70
	- Cagar budaya	60
9.	Rumah sakit	55

10. Sekolah	55
11. Tempat ibadah	55

Tabel 2.4 Daftar Skala Intensitas Bunyi (Lintong, 2009)

No.	Tingkat Kebisingan	Intensitas (dB)	Batas Dengar Tertinggi
1.	Menulikan	100-120	Mesin uap, meriam, halilintar
2.	Sangat kuat	80-100	Pluit polisi, perusahaan sangat gaduh, jalan hiruk pikuk
3.	Kuat	60-80	Perusahaan, radio, jalan pada umumnya, kantor gaduh
4.	Sedang	40-60	Percakapan kuat, kantor umumnya, rumah gaduh
5.	Tenang	20-40	Percakapan, auditorium, rumah tenang
6.	Sangat	0-20	Berbisik dan bunyi daun tenang

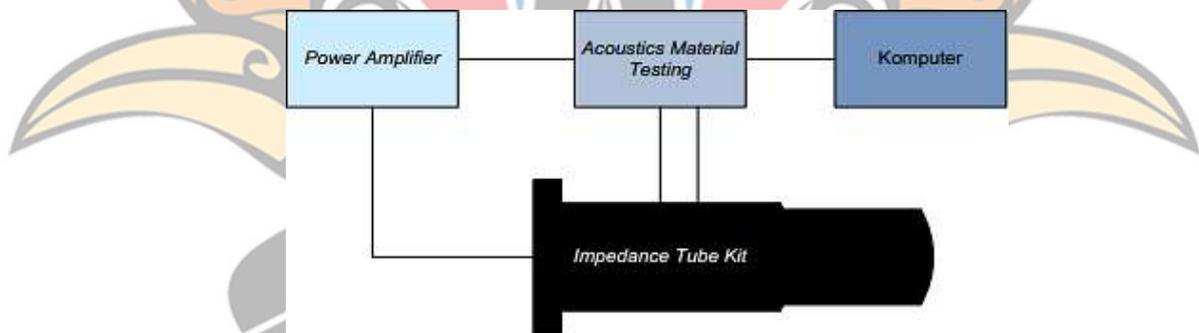
2.9 Absorpsi Suara

Serapan (*absorption*) adalah perbandingan antara energi yang tidak dipantulkan kembali dan energi keseluruhan yang datang, diukur dalam Sabine (1 m² Sabine = serapan bunyi setara 1 m² jendela terbuka). Penyerapan bunyi, kemampuan suatu bahan untuk meredam bunyi yang datang, dihitung dalam persen, atau pecahan bernilai $0 \leq \alpha \leq 1$. Koefisien penyerapan digunakan untuk menilai keefektifan bahan dalam menyerap suara. Koefisien absorpsi bervariasi dengan sudut di mana suara menimpa material. Dalam bidang suara di suatu ruangan, suara bergerak dalam setiap arah yang dapat dibayangkan. Dalam banyak perhitungan, kita perlu koefisien penyerapan suara yang dirata-rata atas semua sudut kemungkinan kejadian (Everest, 2009).

Koefisien absorpsi kejadian acak adalah koefisien yang dirata-ratakan atas semua sudut insiden. Ini biasanya disebut sebagai koefisien absorpsi suatu material, ditetapkan sebagai α . Jika 55% dari insiden energi bunyi diserap pada

beberapa frekuensi, koefisien absorpsi α adalah dikatakan 0,55 pada frekuensi itu. Penyerap suara yang sempurna akan menyerap 100% insiden suara jadi α adalah 1, permukaan yang memantulkan sempurna akan memiliki α 0 (Everest, 2009).

Penyerapan energi bunyi oleh material berarti perubahan energi bunyi menjadi energi kinetik dan energi kalor. Energi bunyi yang diterima berubah menjadi energi kinetik dari pergerakan getaran tersebut, sehingga memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap bunyi. Energi kalor terbentuk karena adanya gesekan antar molekul saat bergetar. Sesuai Hukum Termodinamika II maka energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya energi getar (*vibrasi*) atau energi panas. Oleh karena itu bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserap. Untuk menghitung serapan bising dari material perlu adanya pengujian, alat uji yang digunakan adalah *Tube Impedance* ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Jumadin, 2016).



Gambar 2.10 Rangkaian Alat Uji Koefisien Absorpsi Suara (Suban, 2015)

Koefisien absorpsi suara suatu bahan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara energi suara yang diserap oleh bahan tersebut dengan energi suara datang atau :

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \quad (2.1)$$

Dimana :

α = Koefisien absorpsi suara

W_a = Daya suara yang diserap (dB)

W_i = Daya suara yang tiba pada permukaan bahan (dB)

Sering kali suatu permukaan terdiri dari berbagai macam bahan atau mempunyai

berbagai macam koefisien penyerap suara $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ dan seterusnya. Menurut Jumadin (2016), dalam hal ini koefisien absorpsi permukaan tersebut dinyatakan dengan harga rata-ratanya yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n} \quad (2.2)$$

Dimana :

α = Koefisien absorpsi suara

$\bar{\alpha}$ = Rata-rata koefisien absorpsi suara

S = Luas permukaan bidang (mm²)

Menurut ISO 11654 bahwa nilai α (koefisien absorpsi) minimum bahan untuk dapat dikategorikan sebagai peredam suara adalah 0,15. Adapun klasifikasi kelas absorpsi suara ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Absorpsi Suara (ISO 11654, 1997)

Kelas Absorpsi Suara	α
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Tidak tergolong	0,10; 0,05; 0,00

2.10 Transmisi Suara

Rugi transmisi bunyi (*sound transmission loss*, STL) merupakan salah satu besaran yang menyatakan kinerja akustik bahan. Nilainya dinyatakan oleh energi yang ditransmisikan dengan energi yang diterima atau mengenai bahan. Selain nilai koefisien absorpsi bunyi, faktor yang dinilai pada karakteristik suatu bahan akustik adalah nilai *transmission loss* (TL) material akustik, yaitu kemampuan bahan untuk tidak meneruskan bunyi atau menginsulasi bunyi dari suatu ruang sumber bunyi ke ruang penerima di sebelahnya. *Transmission Loss* (TL) atau rugi transmisi bunyi menyatakan besarnya sebagian energi yang hilang karena

gelombang bunyi melewati suatu penghalang (Siregar, 2017).

Menurut Wibowo (2013), berdasarkan hukum kekekalan energi :

$$R + T = 1 \quad (2.3)$$

Selain reflektansi dan transmisi bunyi, terdapat juga absorpsi bunyi karena gelombang melewati medium yang berpori dan berserat, sehingga persamaannya menjadi :

$$R + (T + A) = 1 \quad (2.4)$$

Nilai R dianggap nol karena sampel peredam suara berimpitan dengan sumber bunyi (speaker) sehingga tidak ada bunyi yang terpantulkan, dengan nilai $R = 0$ maka persamaan menjadi :

$$R + (T + A) = 0 + (T + A) = 1$$
$$A = 1 - T \quad (2.5)$$

Koefisien transmisi diperoleh dari :

$$T = I / I_0 \quad (2.6)$$

Dimana :

R = Koefisien reflektansi

T = Koefisien transmisi

A = Koefisien absorpsi

I = Intensitas suara awal

I_0 = Intensitas suara akhir

2.11 Peredam Suara

Peredam suara atau peredam bunyi adalah alat yang berfungsi untuk meredam atau mengurangi jumlah intensitas suara atau bunyi kebisingan yang terjadi. Peredam suara berhubungan dengan organ pendengar, suara, atau ilmu bunyi. Sistem peredam suara dalam sebuah ruangan merupakan keadaan sebuah ruang yang mempengaruhi mutu bunyi yang terjadi di dalamnya. Peredam suara pada ruang ini sendiri banyak dikaitkan dengan hal yang mendasar seperti perubahan suara karena pantulan dan juga gangguan suara ketembusan suara dari ruang lain.

Banyak material penyerap yang sangat efektif untuk digunakan. Dimana material peredam suara memiliki kemampuan yang berubah-ubah sesuai frekuensi

yang ada, material penyerap suara umumnya berpori berfungsi sebagai penyerap energi suara yang akan diubah menjadi energi panas, dan hal ini mengakibatkan suara yang dipantulkan menjadi berkurang. Karakteristik material untuk Absorpsi pada frekuensi rendah maka α kecil, sedangkan semakin tinggi frekuensi maka α makin besar, atau semakin tebal bahan maka α makin besar, namun jika melakukan pengecatan akan mengurangi nilai α (Kho, 2014).

Material peredam suara yang biasa dikomersilkan bisa dibagi menjadi :

a. Unit akustik yang siap pasang (*Prefabricated acoustical unit*)

Di pasaran tersedia berbagai macam material akustik siap terpasang atau siap rakit, material tersebut berupa panel yang berlubang atau tekstur atau yang lainnya. dipasang dengan beberapa cara, salah satunya dengan menyemen pada dinding, menempelkan dengan baut ke dinding kayu atau cara lainnya. Contohnya seperti *acoustic space units* (dari U.S. Gypsum Co.), dan *ubin Geocoustic* (oleh Pittsburgh Corning) digunakan pada dinding dan permukaan langit-langit.

b. Karpas dan serat

Pemasangan karpas dan serat ikut berperan untuk menyerap energi suara. Di Indonesia sedang dikembangkan untuk bahan alternatif seperti misalnya serabut kelapa.

c. Selimut akustik (*Isolation blanket*)

Selimut akustik biasanya dibentuk dari *glasswool* dan *rockwool* dipakai dengan memvariasikan ketebalan material akustik di antara (25 sampai 125 mm). Kemampuan absorpsi meningkat seiring dengan ketebalan yang dimiliki oleh selimut.

d. Penyerap panel

Penyerap panel akan bergetar bila tertumbuk oleh gelombang bunyi. Getaran lentur (*flexural*) dari panel akan menyerap sejumlah energi bunyi datang dengan mengubahnya menjadi energi panas. Panel jenis ini merupakan penyerap frekuensi rendah yang efisien di antara lapisan-lapisan dan konstruksi auditorium penyerap-penyerap panel berikut ini berperan pada penyerapan frekuensi rendah : panel kayu, *hardboard*, dan *gypsum boards*

2.12 Rockwool

Dalam instrumentasi peredam suara, telah dikenal material komersil yaitu *rockwool* karena kemampuannya yang baik dalam mengurangi tingkat kebisingan atau polusi suara. Pada dasarnya seperti wol, terdiri dari kawat pijar. Secara umum *rockwool* dapat disebut juga bahan organik berserabut, kapas mineral, atau kapas silikat dapat dilihat pada Gambar 2.9. *Rockwool* dibuat dari bahan organik berserabut yang terdiri dari batu vulkanis yang dipanaskan pada suhu 1350-1400°C dengan batu gamping dan tambahan *coke*. Fungsi *rockwool* sendiri adalah untuk mengurangi intensitas suara dari resonansi panel yang sampai ke telinga. Adapun nilai koefisien absorpsi suara dari *rockwool* ditunjukkan pada Tabel 2.7 yang prinsip kerjanya mengubah energi gerak menjadi energi panas akibat tumbukan molekul-molekul dalam bidang peredam suara. Kelebihan *rockwool* cocok untuk aneka kebutuhan industri, memiliki daya konduksi termal yang rendah tidak mudah terbakar, kedap suara, tidak berkarat/berjamur *rockwool* dapat diproduksi dalam bentuk seperti kasur, papan, pipa, atau sesuai kebutuhan (Katherina, 2016).



Gambar 2.11 Peredam Suara *Rockwool* (Hering, 2010)

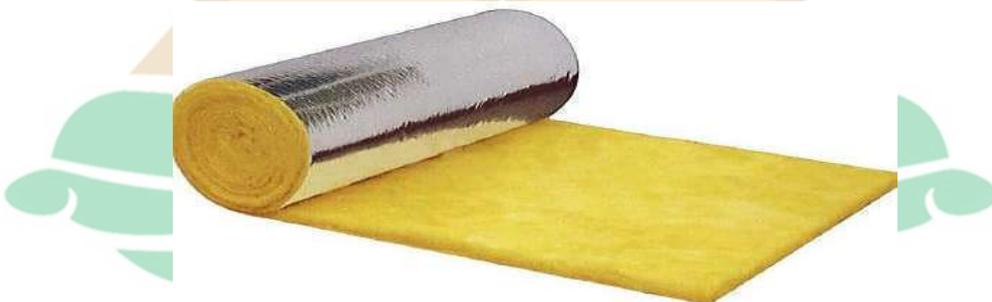
Tabel 2.6 Nilai Koefisien Absorpsi Suara *Rockwool* (Islam, 2018)

Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi Suara (α)
125	0,1
250	0,19
500	0,51
1000	0,78

2.13 Glasswool

Glasswool adalah material peredam suara yang terbuat dari *fiber glass* yang disusun menyerupai bentuk *wool* memiliki nilai koefisien absorpsi suara yang ditunjukkan pada Tabel 2.7. *Glasswool* diproduksi dalam bentuk gulungan atau dalam bentuk lembaran dapat dilihat pada Gambar 2.11. Pembuatan *glasswool* dimulai dari pencampuran dari pasir alam dan kaca daur ulang pada suhu 1450 °C, kaca yang dihasilkan tersebut dirubah (dikonversikan) menjadi *fiber*. Kohesi dan kekuatan mekanis dari produk diperoleh dari adanya ikatan “semen” dan *fiber* secara bersamaan. Idealnya, ikatan kimia harus terjadi diantara perpotongan *fiber*. Lembaran *fiber* ini kemudian dipanaskan disekitar 200 °C untuk menyatukan dengan resin tambahan dan setelah itu disimpan sampai dengan batas waktu tertentu agar didapat kekuatan dan stabilitasnya. Bagian akhir adalah pemotongan dari lembaran-lembaran *wool* ini dan pengepakan dalam bentuk gulungan atau dalam bentuk lembaran dibawah tekanan yang sangat tinggi (Kristanto, 2015).

Produk *glasswool* bervariasi tergantung pada manufaktur persyaratan dan penggunaan akhir, tetapi hampir semua *glasswool* mengandung serat silika. Serat *glasswool* cukup berbahaya bagi manusia jika dihirup akan menetap di paru-paru sehingga bersifat karsinogenik dan dapat memicu terjadinya kanker (U.S. Department of Health and Human Services, 2016).



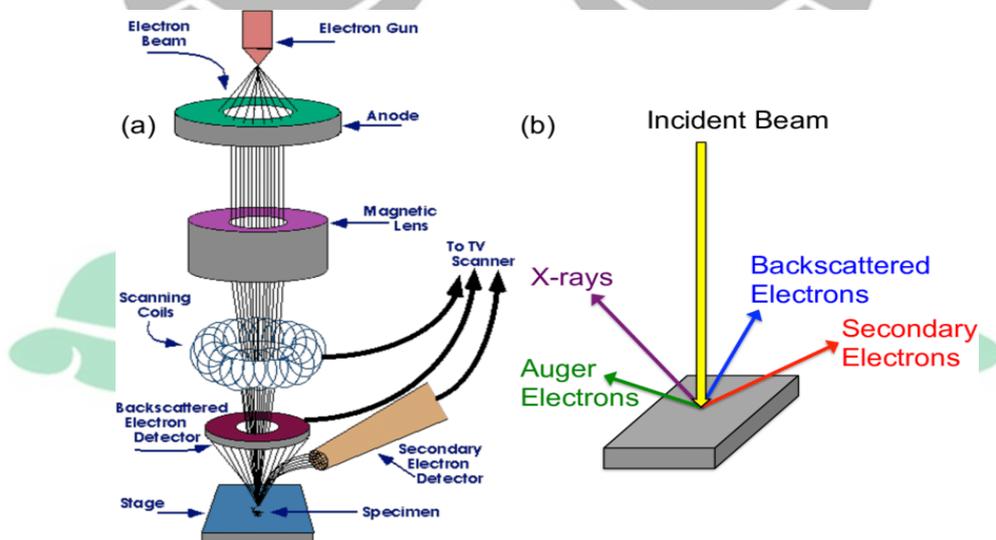
Gambar 2.12 Peredam Suara *Glasswool* (Ulfayanti, 2016)

Tabel 2.7 Nilai Koefisien Absorpsi Suara *Glasswool* (Islam, 2018)

Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi (α)
125	0,08
250	0,15
500	0,21
1000	0,38
2000	0,44

2.14 Pengujian SEM

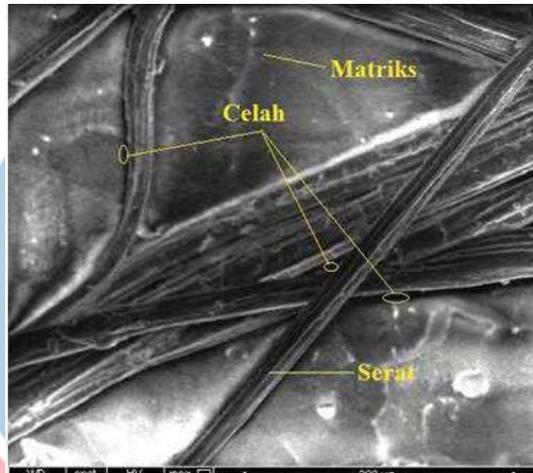
Pengujian SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisa morfologi. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari bentuk morfologi atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan morfologi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan (Chandramohan, 2017). Gambar morfologi diperoleh dari penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan ditangkap oleh detektor dan diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar yang khas yang menggambarkan struktur permukaan spesimen. Selanjutnya gambar dimonitor dapat dipotret dengan menggunakan film hitam putih



Gambar 2.13 Skema Pengujian SEM (Walock,2012)

Adapun contoh hasil dari pengujian SEM dari serat bambu adalah sebagai berikut:

www.itk.ac.id



Gambar 2.14 Pengujian SEM pada Serat Bambu (Haezer,2016)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat celah berwarna hitam diantara resin dan serat . Celah tersebut berperan dalam mekanisme absorpsi suara, dimana pada saat suara memasuki material berpori maka molekul udara akan berosilasi diantara pori-pori tersebut. Dari osilasi inilah dapat menimbulkan energi panas karena adanya gesekan secara terus menerus. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pori atau celah dalam suatu material dapat berperan besar dalam absorpsi suara.

2.15 Pengujian Akustik

Untuk mengetahui kemampuan suatu material dalam menyerap suara, tentunya diperlukan adanya suatu pengujian. Salah satu pengujian yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan tabung impedansi. Adapun pengertiannya dari tabung impedansi adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur parameter akustik suatu bahan dengan arah datang suara pada arah standar permukaan bahan uji. Pada alat tersebut koefisien absorpsi suara dihitung dengan cara mengukur tekanan suara yang datang pada permukaan bahan dan yang dipantulkan (Marlina,2014).

Material yang dibuat sebagai benda uji akustik ini diletakkan diantara sumber bunyi dengan penangkap bunyi sekaligus pengukur bunyi yang mampu melewati benda uji akustik. Sumber bunyi yang dipancarkan harus dapat mewakili

berbagai frekuensi yang sering timbul di lingkungan sekitar sesuai dari tujuan pengujian peredaman suara.



Gambar 2.15 Sketsa Alat Uji Peredam Suara Sederhana (Merve dkk., 2010)

2.16 Pengujian Porositas

Pengujian porositas merupakan salah satu pengujian yang sering digunakan pada material komposit. Pengujian porositas sendiri dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara volume ruang kosong pada suatu material padat terhadap material itu sendiri (Perdana,2018). Adapun untuk persamaan dari uji porositas sesuai dengan standar ASTM C 20-92 adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{m_b - m}{V} \cdot \frac{1}{\rho_a} 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Ket:

P :porositas

m_b :massa sampel setelah direndam dalam air

m :massa sampel kering

V :volume sampel (cm³)

ρ_a :massa jenis air (1 g/cm³)

Porositas sendiri merupakan syarat yang harus dimiliki oleh material peredam suara. Keberadaan porositas menyebabkan suara yang datang dan mengenai permukaan spesimen akan diserap dengan baik. Penyerapan energi bunyi oleh material berarti perubahan energi bunyi menjadi energi kinetik dan energi kalor. Energi kalor terbentuk karena adanya gesekan antar molekul saat

bergetar (Saputra,2017).

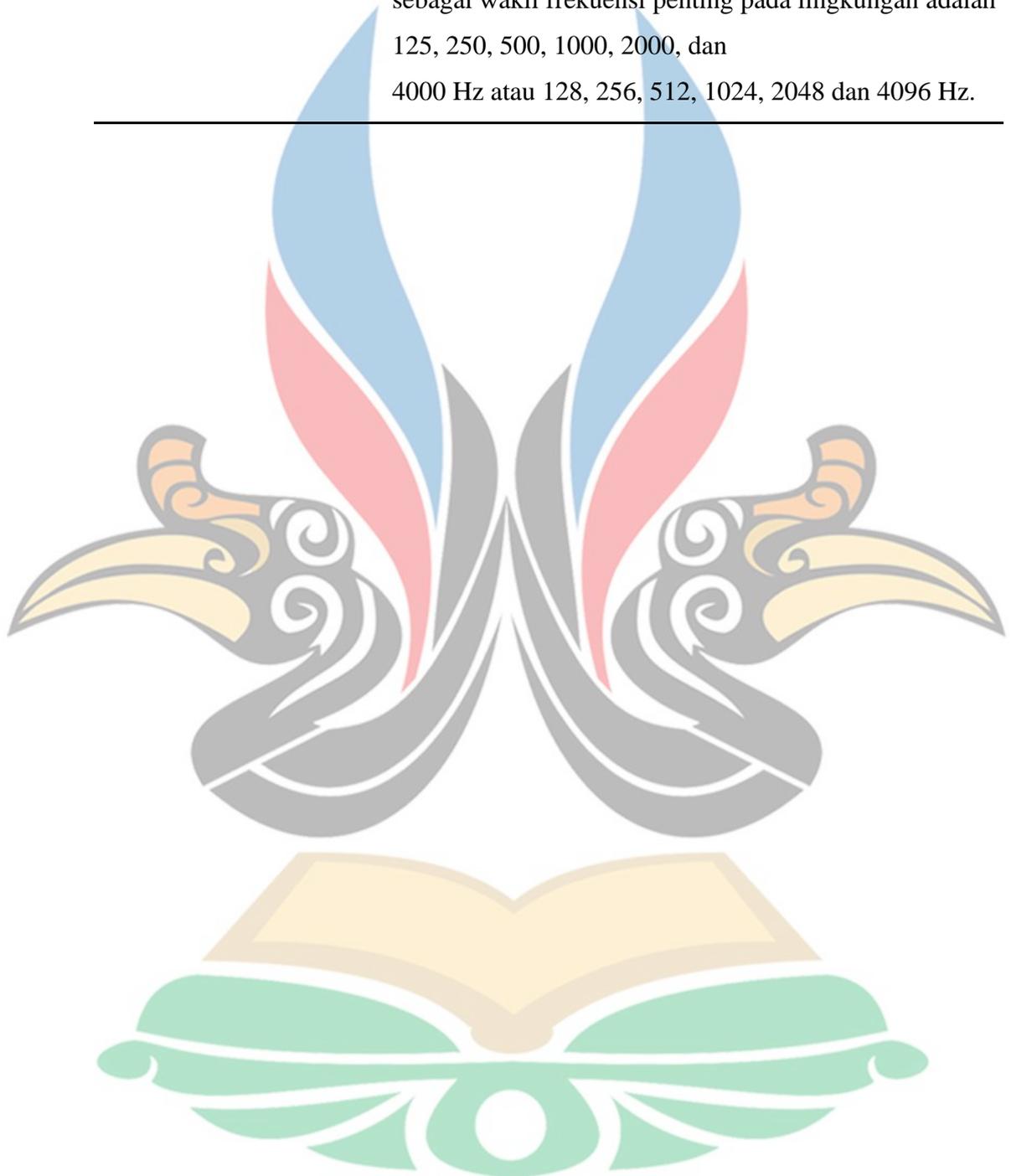
2.17 Penelitian Terdahulu

Adapun rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan, yaitu:

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Risdianto ,2017	Metode: Pembuatan peredam suara menggunakan serat bambu dan pulp bambu, dengan perbandingan 1:1,5 antara pulp dan serat bambu dengan matriks epoksi. Hasil: Dari pengujian akustik berdasarkan ISO 11654:1997 didapatkan koefisien absorpsi sebesar $\alpha = 0,97$, dimana telah memenuhi standar minimal yaitu $\alpha = 0,25$ pada frekuensi 2500Hz.
2	Ricky, 2018	Metode : Pengujian akustik komposit serat bambu dengan tiga jenis matriks yang berbeda yaitu Poliester SHCP merah 2668 WNC, UPCAST SHCP bening 3126 CMX, dan epoxy lunak adhesive . Diredam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam. Fraksi volume serat 25% dengan dimensi cetakan kaca sebesar 30cm x 30cm x 0,2cm. Resin epoxy dan hardener dicampur dengan rasio 1:1 dan diaduk. Metode yang digunakan yaitu hands lay up. Hasil : Nilai koefisien absorpsi terbesar adalah dengan menggunakan epoxy lunak adhesive dengan koefisien absorpsi sebesar $\alpha = 0,48$ dimana telah melewati standar minimal yaitu $\alpha = 0,25$ sesuai dengan standar ISO 11654:1997

3 Merve,2010 Pendengaran telinga manusia mampu
mendengarkan sumber bunyi pada jangkauan frekuensi
20 Hz sampai 20.000 Hz. Frekuensi standar bunyi
sebagai wakil frekuensi penting pada lingkungan adalah
125, 250, 500, 1000, 2000, dan
4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048 dan 4096 Hz.



www.itk.ac.id

www.itk.ac.id

Halaman ini sengaja dikosongkan



www.itk.ac.id