

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Karena karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional. Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui percampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Matriks adalah bagian komposit yang secara kontiniu melingkupi penguat dan berfungsi mengikat penguat yang satu dengan yang lain serta meneruskan beban yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit (Mehta, 1986).

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Material komposit serat (*fibricus composite*), yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diprosuksi secara fabrikasi, misalnya serat + resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforce Plastic*) plastik diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yang sering disebut *fiber glass*.
2. Komposit lapis (*laminated composite*), yaitu komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.
3. Komposit partikel (*particulate composite*), yaitu komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

Berdasarkan matriksnya, komposit dibagi menjadi:

1. *Metal matrix composites* (MMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks logam.
2. *Ceramic matrix composites* (CMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks keramik.
3. *Polymer matrix composites* (PMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks polimer (Mileiko, 1997).

B. *Styrofoam*

Plester dinding penyerap suara dibuat dari campuran air, semen, pasir dan *styrofoam*. *Styrofoam* merupakan jenis polisterin yang berbentuk plastik *foam*, ringan, dan terdiri dari sel-sel yang berukuran kecil yang tidak saling terhubung. Polisterin sendiri dihasilkan dari $C_6H_5CH_9CH_2$, yang mempunyai enam cincin karbon yang tersusun secara teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzene mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya polisterin mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. Polisterin merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu di bawah $100^{\circ}C$ (Billmeyer, 1984). Polisterin memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99\text{ GN/m}^2$, angka poisson 0,33 (Crawford, 1998). Contoh *styrofoam* yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gambar *styrofoam*.

Jika dibentuk *granular styrofoam* maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antara $13\text{-}16\text{ kg/m}^3$. Penggunaan *styrofoam* dalam plester

dinding penyerap suara dapat dianggap sebagai udara yang terjebak. Namun keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam plester dinding adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain akan membuat dinding menjadi ringan, dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya dalam hal daya serap suara. Kerapatan komposit atau berat jenis dinding dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol campuran *styrofoam*. Semakin banyak *styrofoam* yang digunakan dalam plester dinding maka akan dihasilkan berat jenis yang lebih kecil. Namun kuat tekan yang diperoleh tentunya akan lebih rendah dan dalam hal tersebut harus disesuaikan dengan kegunaannya seperti untuk struktur, struktur ringan hanya untuk dinding pemisah yang secara umum disebut non struktur (Satyarno, 2004).

Secara umum dibandingkan dengan bahan plester dinding yang biasa dipakai, penggunaan campuran *styrofoam* ringan mempunyai keunggulan dan keuntungan sebagai berikut.

1. Lebih mudah dalam hal pengangkutan dan pemasangan.
2. Karena berat jenis yang ringan, proses pemasangan plester dinding akan lebih cepat sehingga dapat dilakukan efisiensi waktu pengerjaan.
3. Selain proses pemasangan yang cepat juga dapat menghemat biaya struktur pemikul beban seperti fondasi, kolom serta balok.
4. Sangat sesuai untuk perumahan di daerah tanah lunak, daerah rawan gempa dan bangunan tinggi.

5. Sifatnya yang lebih daktil karena *styrofoam* adalah bahan yang *compressible* dan mempunyai kuat tarik.
6. Bahan *styrofoam* mempunyai sifat isolasi dan akustik yang baik.

Spesifikasi karakteristik *styrofoam* ditunjukkan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi *styrofoam*

Spesifikasi	
Ukuran butiran <i>Styrofoam</i>	3mm - 5mm
Berat jenis <i>Styrofoam</i>	13-22 kg/m ³
Modulus young (E)	3000-36000 Mpa
Kuat tarik <i>styrofoam</i> (<i>tensile strength</i>)	46-60 Mpa
<i>Specific heat styrofoam</i> (c)	1.3 KJ/(kg.K)
<i>Thermal conductivity styrofoam</i> (k)	0.08 W(m.K)

(Ahmad, 2008)

C. Semen

Semen merupakan bahan perekat organik yang banyak digunakan dalam bidang bangunan. Banyak sekali tipe-tipe semen dan yang paling banyak digunakan adalah semen tipe I atau disebut dengan *portland cement*. Bahan baku semen *portlant* adalah kapur sebagai sumber CaO, tanah liat sebagai sumber silica (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), dan besi oksida. Mineral ini bereaksi di dalam suatu dapur atau tungku membentuk klinker, kemudian melalui penghalusan dengan *ball mill* dan dicampurkan bahan gypsum dan terbentuklah semen (Barron, 2008). Contoh semen *portland* yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.2.



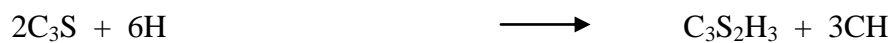
Gambar 2.2 Gambar semen *portland*.

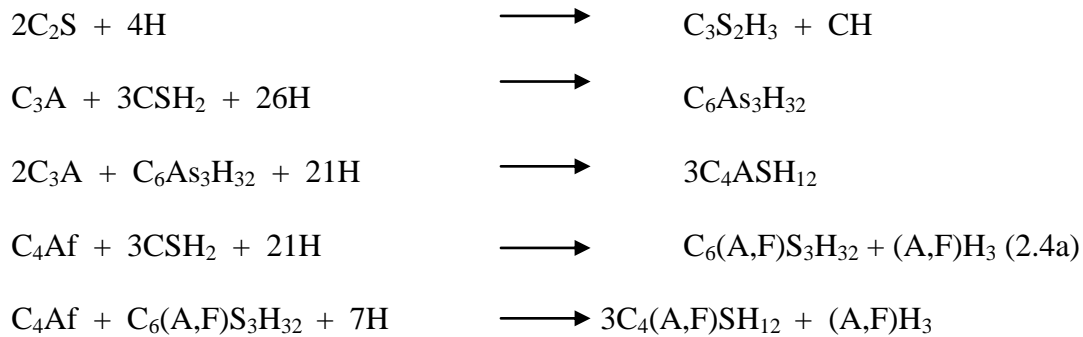
Kandungan senyawa-senyawa di dalam semen antara lain: C_3S (*Tricalcium Silicate*), C_2S (*Dicalcium silicate*), C_3A (*Tricalcium aluminate*), dan C_4AF (*Tetracalcium aluminoferrite*), dimana $C = CaO$, $S = SiO_2$, $A = Al_2O_3$, dan $F = Fe_2O_3$, dan bahan ikutan lainnya antara lain: MgO , TiO_2 , MnO_2 , K_2O dan Na_2O (Diefenderf, 1998). Semen dapat berfungsi sebagai perekat bila terjadi pengerasan, proses pengerasan pada semen akibat adanya reaksi antara komponen-komponen didalam semen dan air yang disebut reaksi hidratisasi, semen, dengan komposisi seperti pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Komposisi dari semen (*portland cement*)

Komponen	Formula	Simbol	% berat
<i>Tricalcium Silicate</i>	$3CaO.SiO_2$	C_3S	50
<i>Dicalcium silicate</i>	$2CaO.SiO_2$	C_2S	25
<i>Tricalcium aluminate</i>	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	12
<i>Tetracalcium aluminoferrite</i>	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	8
<i>Gypsum</i>	$CaSO_4.2H_2O$	CSH_2	3,5

Lamanya proses pengerasan berlangsung cukup lama dan umumnya berlangsung maksimum selama 28 hari (Haque, 1999). Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses pengerasan antara lain:





Dimana:

H = Air (H₂O)
 C₃S₂H₃ = Zat kapur silikat hidrat (C - S - H)
 CH = Zat kapur hidroksida (Ca[OH]₂)
 CSH₂ = Gypsum (CaSO₄ hidrat)
 C₆As₃H₃₂ = 6-calcium aluminat trisulfate-32-hydrate (Ettringite)
 3C₄ASH₁₂ = Tetracalcium aluminat monosulfate-12-hydrate

Karakteristik semen ditinjau dari sifat fisis dan mekanik pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.3 Karakteristik dari semen Portland Tipe I

Parameter	Nilai
Spesifik gravitasi	3,15
Waktu pengerasn awal	> 30 menit
Waktu pengerasan ahir	< 600 menit
Kehalusan	10 %
Kuat tekan umur 3 hari	22 N/mm ²
Kuat tekan umur 7 hari	35,8 N/mm ²

(Aggarwal, 2007)

D. Pasir

Agregat yang digunakan untuk pembuatan plester dinding peredam suara ini adalah pasir yang lolos ayakan (Standard ASTM E 11-70) yang diameternya lebih kecil 5 mm. Adapun kegunaan pasir ini adalah untuk mencegah keretakan pada beton apabila sudah menegering. Karena dengan adanya pasir akan mengurangi penyusutan

yang terjadi mulai dari percetakan hingga pengeringan. Contoh pasir silika yang akan digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Gambar pasir silika.

Pasir ini memang sangat penting dalam pembuatan plester dinding peredam suara, tapi apabila kadarnya terlalu besar akan mengakibatkan kepunahan jika sudah mengering. Ini disebabkan daya rekat antara partikel-partikel berkurang dengan adanya pasir dalam jumlah yang besar, sebab pasir tidak bersifat merekat tetapi hanya sebagai pengisi (*filler*).

Pasir yang baik digunakan untuk pembuatan plester dinding predam suara bersal dari sungai dan untuk pasir dari laut harus dihindarkan karena dapat mengakibatkan perkaratan dan masih mengandung tanah lempung yang dapat membuat plester retak-retak (Murdock, 1991).

E. Air

Air juga sangat berperan penting dalam pembuatan komposit plester dinding semen-styrofoam yang kegunaannya untuk melunakkan campuran agar bersifat plastis. Air yang digunakan adalah air yang terhindar dari asam dan limbah. Air

minum yang di kota relatif bebas dari bahan-bahan kimia atau bahan-bahan yang lainnya yang dapat merugikan. Namun tidak semua air yang dapat diminum itu baik digunakan untuk dipakai pada saat pencampuran.

Di beberapa daerah tertentu air minum mengandung banyak unsur-unsur kimia. Salah satu contoh air yang mengandung sedikit gula dan nitrat dapat digunakan untuk air minum. Demikian juga halnya air hujan yang turun banyak mengandung gas-gas serta uap dari udara, karena udara terdiri dari komponen-komponen utama yaitu zat asam, oksigen, nitrogen dan karbondioksida. Jadi air harus dipilih agar tidak mengandung kotoran-kotoran yang dapat mempengaruhi mutu dari komposit (Ritonga, 2004).

F. Agregat

Pembagian agregat sangat menolong dalam memperbaiki keawetan serta stabilitas volume dari plester dinding. Karakteristik fisik dari agregat dalam beberapa hal komposisi kimianya dapat mempengaruhi sifat-sifat plester dinding dalam keadaan plastis maupun keadaan telah mengeras dengan hasil-hasil yang berbeda. Berikut ini merupakan jenis-jenis agregat.

1. Agregat Biasa

Jenis ini dapat digunakan untuk tujuan umum dan menghasilkan dinding dengan massa jenis yang berkisar antara $2,3 \text{ gram/cm}^3 - 2,5 \text{ gram/cm}^3$. Agregat seperti ini seperti pasir dan kerikil yang diperoleh dengan cara ekstraksi dari batuan alluvial dan glasial. Pasir dan kerikil dapat diperoleh dengan cara menggali dari dasar sungai dan laut. Dalam penggunaan untuk dinding ringan, pasir yang digunakan

berasal dari sungai dan harus dicuci untuk menghilangkan sifat kimia yang dapat mengakibatkan terjadinya pelapukan.

2. Agregat Berat

Jenis ini dapat digunakan secara efektif dan ekonomis untuk jenis beton yang harus menahan radiasi, sehingga dapat memberikan perlindungan terhadap sinar-X, gamma dan neutron. Efektifitas beton berat dengan massa jenis antara $4 \text{ gr/cm}^3 - 5 \text{ gr/cm}^3$ bergantung pada jenis agregatnya.

3. Agregat Ringan

Jenis ini dipakai untuk menghasilkan plester dinding ringan dalam sebuah bangunan yang beratnya sendiri sangat menentukan. Agregat ringan digunakan dalam bermacam-macam pembuatan plester dinding. Plester dinding dengan agregat ringan mempunyai sifat tahan api yang baik. Agregat ini mempunyai pori yang sangat banyak, sehingga daya serapnya jauh lebih besar dibandingkan dengan daya serap agregat lainnya. Oleh karena itu penakarannya harus dilakukan secara volumetrik. Massa jenis agregat ringan berkisar antara $0,35 \text{ gr/cm}^3 - 0,85 \text{ gr/cm}^3$. Dalam penelitian ini menggunakan 2 jenis agregat yaitu agregat biasa (pasir) dan agregat ringan (*styrofoam*)

G. Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap

bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Sama halnya dengan besar energi suara yang sangat kecil bila dilihat dalam satuan Watt, energi panas yang dihasilkan juga sangat kecil sehingga secara makroskopis tidak akan terlalu terasa perubahan temperatur pada bahan tersebut. Peredam suara merupakan suatu hal penting didalam desain akustik, dan dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu : (1) Material berpori (*porous materials*), (2) Membran penyerap (*panel absorbers*), (3) Rongga penyerap (*cavity resonators*),

1. Material berpori (*porous material*), seperti bahan akustik yang umum digunakan, yaitu mineral wool, plester akustik, sama seperti karpet dan bahan gorden, yang dikarakterisasi dengan cara membuat rajutan yang saling mengait sehingga membentuk pori yang berpola. Pada saluran dan rongga yang sempit dan saling merekat inilah terjadi perubahan energi, dari energi suara menjadi energi vibrasi, kalor atau perubahan momentum. Daya penyerapan atau peredaman dari suatu jenis material adalah fungsi dari frekuensi. Penyerapan relatif rendah pada frekuensi rendah dan meningkat terhadap ketebalan material. *Absorpsivitas* frekuensi rendah dapat ditingkatkan dengan cara melapisi material sehingga menambah ketebalannya. Mengecat plaster dan tile, secara variatif akan menghasilkan efektivitas reduksi yang cukup besar.
2. Membran penyerap (*panel absorber*), lembar bahan solid (tidak porus) yang dipasang dengan lapisan udara dibagian belakangnya (*air space backing*). Bergetarnya panel ketika menerima energi suara serta transfer energi getaran

tersebut ke lapisan udara menyebabkan terjadinya efek penyerapan suara. Sama halnya seperti material berpori, yang berfungsi sebagai peredam suara, yaitu merubah energi suara menjadi energi vibrasi dan kalor. Penambahan porous absorber pada bagian ruang kosong antara ruang panil dan dinding akan lebih jauh meningkatkan efisiensi dari penyerapan frekuensi rendah

3. Rongga penyerap (*cavity resonator*), rongga udara dengan volume tertentu dapat dirancang berdasarkan efek resonator Helmholtz. Efek osilasi udara pada bagian leher (*neck*) yang terhubung dengan volume udara dalam rongga ketika menerima energi suara menghasilkan efek penyerapan suara, menyerap energi suara paling efisien pada pita frekuensi yang sempit di dekat sumber gaungnya. Peredam jenis ini biasanya dalam bentuk elemen tunggal, seperti blok beton standar dengan rongga yang ditempatkan didalamnya; bentuk lain terdiri dari panel yang berlubang-lubang dan kisi-kisi kayu dengan selimut absorpsi diantaranya. Selain memberikan nilai estetika arsitektur, sistem yang baru saja dijelaskan (bentuk kedua) memberikan absorpsi yang berguna untuk rentang frekuensi yang lebih lebar daripada kemungkinan yang diberikan oleh elemen tunggal berongga (*struktur sandwich*).

1. Gejala Penyerapan Suara Dalam Material

Energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai

struktur berpori atau berserat. Nilai *absorpsivitas* suara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

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

Dimana W_a dan W_i masing-masing adalah daya suara yang diserap dan daya suara yang tiba pada permukaan bahan. Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain adalah *glaswol*, *rockwool*, *soft board*, *carpet*, *kain*, *busa*, *acoustic tiles*, *resonator*, dan lain-lain (Sudipta, 2009).

2. Koefisien Serap Bunyi

Konsep dari penyerapan bunyi (*Acoustic Absorption*) merujuk kepada kehilangan energi yang terjadi ketika sebuah gelombang bunyi menabrak dan dipantulkan dari suatu permukaan benda. Penyerap jenis berserat adalah penyerap yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut menggunakan bahan *rockwool* atau *glaswol*. Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian. Pada umumnya bahan yang berpori (*porous material*) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya, karena dengan adanya pori-pori tersebut maka gelombang suara dapat masuk kedalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah menjadi energi kalor. Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan

sehingga yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009). Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Koefisien penyerapan bunyi dari material akustik.

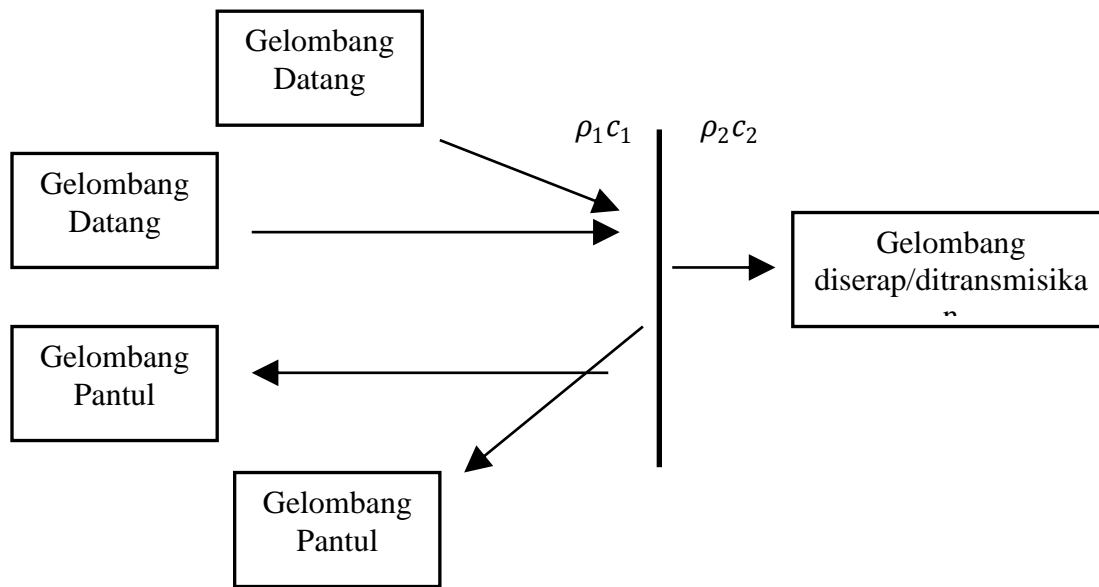
Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.1	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata yang dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.4

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serapan bunyi dari material. Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti Gambar 2.4),

maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan (R) dan diserap/ditransmisikan (α) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ($R = 1$), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi $R = 1$ atau koefisien pantul (R) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ($\alpha = 1$), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi $\alpha = 1$ atau koefisien serap (α) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ($0 < \alpha < 1$).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi $\rho_1 c_1$ dan $\rho_2 c_2$ seperti pada Gambar 2.4, dimana ρ adalah massa jenis material dan c adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika $\rho_1 c_1$ lebih kecil dari $\rho_2 c_2$ kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika $\rho_1 c_1$ lebih besar dari $\rho_2 c_2$ dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika $\rho_1 c_1$ sama besar dengan $\rho_2 c_2$ dan energi yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.



Gambar 2.4 Pemantulaan dan penyerapan bunyi dari media akustik.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$ akan dipantulkan
2. $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$ akan diserap
3. $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$ akan diserap dan dipantulkan

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien *absorpsi* (α) (Ainie, 2006).

H. Karakterisasi Komposit Plester Dinding Semen-*Styrofoam*

Komposit yang telah dibuat dari campuran semen, *styrofoam* dan pasir dilakukan karakterisasi. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik

dari bahan komposit yang telah dibuat. Adapaun karakteristik yang diukur meliputi porositas, kuat tekan, sifat termal dan daya redam suara.

1. Porositas

Perbandingan antara volume pori dengan volume suatu benda disebut dengan porositas. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Timings, 1998).

$$WA = \frac{M_j - M_k}{M_k} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana:

WA = *Water absorption* (%)

M_k = Massa benda di udara (gram)

M_j = Massa benda dalam kondisi saturasi/jenuh (gram)

2. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kekuatan (*strength*) adalah ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan. Nilai kuat tekan bahan adalah besar gaya pada bahan dibagi luas penampang (Vlack, 1985). Pengukuran kuat tekan (*compressive Strength*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Timings, 1998).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

Dimana:

σ = Kuat tekan (N/m²)

F = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang yang terkena penekanan gaya (m²).

3. Kemampuan Redam Suara

Besarnya penyerapan suara dari bahan komposit campuran semen dan *styrofoam* perlu diukur untuk mengetahui sejauh mana aplikasi material tersebut dapat diterapkan pada plester dinding bangunan. Level intensitas suara atau tingkat kenyaringan suatu material diukur dalam desibel (dB).

Uji penyerapan suara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{I_a}{I_i} \quad (2.6)$$

Dimana:

α = Koefisien penyerapan

I_a = Intensitas suara yang diserap (dB)

I_i = Intensitas sumber suara yang datang (dB)

4. Konduktivitas Termal

Perpindahan panas melalui benda padat disebut konduksi. Panas tersebut bergerak dari partikel yang lebih panas (memiliki energi lebih tinggi) ke molekul yang lebih dingin (memiliki energi yang lebih rendah). Perpindahan panas ini tidak menyebabkan perpindahan molekul benda. Kecepatan aliran panas pada suatu benda padat ditunjukkan dari nilai konduktivitas termal material tersebut. Semakin besar nilai konduktivitas termal suatu material maka material tersebut semakin baik dalam memindahkan panas, dan sebaliknya (Badrawada dan Agung, 2009). Konduktivitas termal adalah laju aliran panas (dalam Watt) melalui suatu luasan material yang homogen dengan ketebalan 1 m yang menyebabkan perbedaan suhu 1 K.

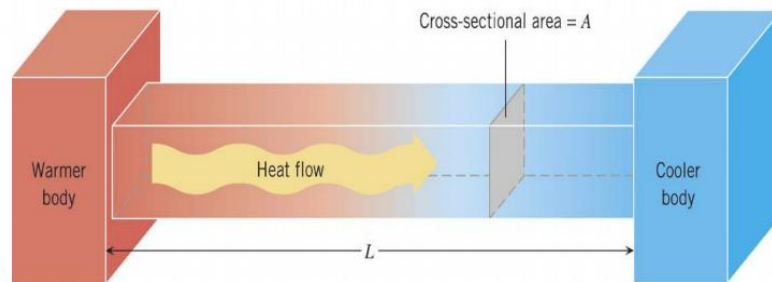
Konduktivitas termal memiliki satuan W/m.K. Konduktivitas merupakan ukuran keefektifan suatu material dalam menghantarkan panas. Konduktivitas termal beton dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jenis agregat, porositas beton (tipe pori, volume pori, jarak pori, arah pori) dan kadar kelembapan (Eka *dkk*, 2009). Besar konduktivitas termal suatu bahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7 dan proses aliran panas ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5.

$$k = \frac{Q}{A \frac{\Delta T}{m}} \quad (2.7)$$

Dimana: Q = kecepatan aliran panas (W)

A = Luas daerah hantaran panas (m^2)

$\frac{\Delta T}{m}$ = Gradien temperatur disepanjang material ($^{\circ}C/m$)



Gambar 2.5 Aliran panas pada saat terjadi konduksi.

Material insulasi panas memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga dapat menahan aliran kalor. Aliran kalor ditahan oleh udara yang terjebak dalam material insulasi. Udara yang terjebak dalam ukuran mikroskopik dan dalam jumlah

banyak sehingga dapat disebut sel mikroskopis. Sel mikroskopis ini juga mampu mengurangi efek penyaluran panas secara radiasi. Efek radiasi tersebut dipatahkan sehingga gelombang radiasi yang panjang menjadi pendek. Pendeknya gelombang radiasi panas dapat diserap udara yang terjebak dalam material insulasi (Betha *dkk*, 2000).