

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

2.1.1. Definisi Komposit

Pada dasarnya, komposit dapat diartikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda sifat dan perbedaannya itu dapat dilihat secara mikroskopik yang tersusun dari dua komponen yakni matrik (*resin*) dan penguat (*reinforcement*) atau sering disebut dengan *filler* (Yudhanto, 2007; Sahari, dkk, 2009). *Filler* ini dapat berupa partikel atau serat. Suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang, yang berfungsi memperkuat matrik disebut serat (Yudhanto, 2007). Serat dapat diperoleh secara alami maupun sintesis. Serat alami yang diperoleh dari tumbuhan-tumbuhan, hewan dan proses geologis. Sedangkan serat sintesis adalah serat buatan manusia yang berasal dari bahan petrokimia seperti polimida, polyester, fenol-formaldehid, polivinyl, alkohol (PVOH), polvinyl klorida (PVC) dan polyolefin (Sembiring, 2010). Komposit memiliki definisi dasar yaitu submikro (nano), mikrostruktur, makrostruktur. Submikro (nano) adalah material matrik dapat didefinisikan sebagai fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar disusun dari dua atom atau lebih yang terletak pada

molekul tunggal dan kisi Kristal, contohnya senyawa, paduan (*alloy*) polimer, keramik. Mikrostruktur merupakan material yang disusun dari dua fase atau senyawa. Makrostruktur merupakan material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan komposisi yang tidak larut satu sama lain atau definisi secara makro ini yang biasa dipakai dalam mendefinisikan komposit.

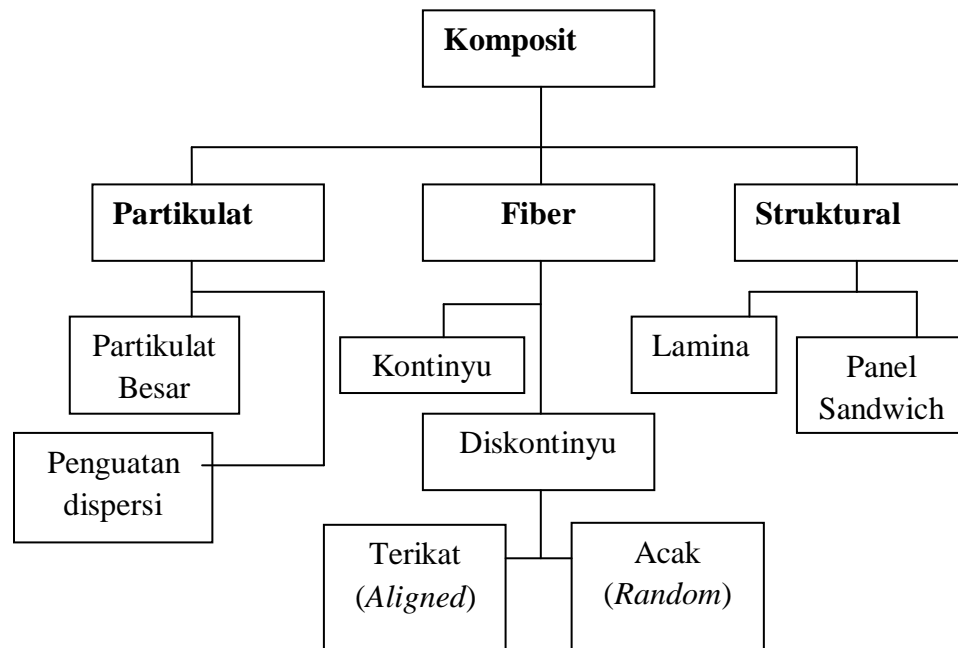
Secara umum, penyusun komposit terdiri dari dua material yang menimbulkan beberapa istilah yaitu komposit, seperti matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *interphase* (dominan) (Pramono, 2011). Matriks berfungsi melindungi serat dari pengaruh lingkungan (Temperatur, kelembaman, reaksi kimia) dan kerusakan akibat benturan (*impact*) (Puboputro, 2006; yudhanto, 2007; Sembiring, 2010), pedukung dan menginfiltrasi, transfer beban antar sekat, dan perekat yang serat yang stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur (Purboputro, 2006). Keramik terbuat dari polimer (misal: epoksi), keramik dan logam (aluminium) (Yudhanto, 2007).

2.1.2. Sifat dan Karakteristik Komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun dan dapat ditentukan secara teoritis dengan pendekatan metode *rule of mixture* (*ROM*), sehingga akan berbanding secara proporsional. Bentuk (dimensi) dan struktur (ikatan) penyusun komposit juga akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit (Pramono, 2008).

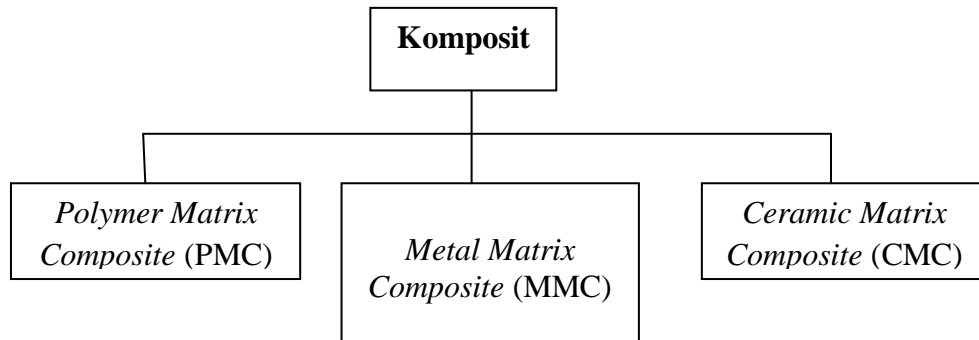
2.1.3. Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu *particulate composite* (komposit partikulat), *fiber composite*, dan *structural composite*. *Particulate composite* (komposit partikulat) merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya, terdiri dari partikel besar dan penguat dispersi atau *fiber composite* (komposit serat) adalah komposit yang terdiri dari kontinyu dan diskontinyu (terikat dan acak). Sedangkan *structural composite* adalah komposit yang terdiri dari *lamina* dan panel *sandwich* (Lestari, 2008) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1 (Widyastuti, 2009) berikut :



Gambar 2.1. Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat.

Sedangkan berdasarkan matriknya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu *Polymer Matrix Composite* (PMC), *Metal matrix Composite* (MMC) dan *Ceramic Matrix Composite* (CMC) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2.2. Klasifikasi komposit berdasarkan matrik.

Polymer Matrix Composite (PMC) adalah salah satu jenis komposit yang merupakan kombinasi antara dua material atau lebih dengan matrik berupa polimer, yang memiliki kekakuan dan kekuatan spesifik yang tinggi serta lebih ringan dari material konvensional. *Metal Matrix Composite* (MMC) adalah salah satu jenis komposit dengan matrik berupa logam, yang memiliki kuat tekan dan geser yang baik, tidak mudah terbakar dan tidak menyerap kelembaban, tahan terhadap temperatur tinggi, memiliki ketahanan arus dan muai termal yang baik serta transfer tegangan dan regangan yang baik dibandingkan dengan *Polymer Matrix Composite* (PMC). Sedangkan jenis komposit dengan matrik yang terbuat dari bahan keramik disebut dengan *Ceramic Matrix Composite* (CMC). Keuntungan dari CMC adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil dari pada logam, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan arus, daya tahan terhadap kimia yang tinggi dan tahan terhadap korosi (Lestari, 2008)

2.2. Bunyi

2.2.1. Definisi Bunyi

Bunyi mempunyai dua definisi, yaitu secara fisis dan secara fisiologis. Secara fisis bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Secara fisiologis bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan secara fisis. Penyimpangan ini biasanya disebabkan oleh beberapa benda yang bergetar, misalnya dawai gitar yang dipetik, atau garputala yang dipukul. Dari uraian diatas maka untuk mendengar bunyi dibutuhkan tiga hal berikut, yaitu: sumber atau obyek yang bergetar, medium perambatan, dan indera pendengaran. Medium perambatan harus ada antara obyek dan telinga agar perambatan dapat terjadi. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan perenggangan partikel-partikel udara yang bergerak ke arah luar, yaitu karena penyimpangan tekanan. Penyimpangan tekanan ditambahkan pada tekanan atmosfer yang kira-kira tunak (*steady*) dan ditangkap oleh telinga. Partikel-partikel udara yang meneruskan gelombang bunyi tidak berubah posisi normalnya, mereka hanya bergetar sekitar posisi kesetimbangannya, yaitu posisi partikel jika tidak ada gelombang bunyi yang diteruskan.

Gelombang suara adalah gangguan yang dirambatkan pada medium elastik, yang berupa gas, cair, atau padat. Seseorang menerima suara berupa getaran pada gendang telinga dalam arah frekuensi pendengaran manusia. Getaran tersebut dihasilkan dari sejumlah variasi tekanan yang dihasilkan oleh sumber bunyi dan dirambatkan ke medium sekitarnya, yang dikenal sebagai medan akustik. Ketika suara menumbuk suatu batas dari medium yang dilewatinya, maka energi dalam

2.2.3. Pengukuran Bunyi

Telinga normal tanggap terhadap bunyi diantara jangkauan (*range*) frekuensi audio sekitar 20 Hz-20.000 Hz. Bunyi pada frekuensi dibawah 20 Hz disebut bunyi infrasonic dan diatas 20.000Hz disebut bunyi ultrasonic. Bunyi masih dibedakan lagi menjadi bunyi-bunyi dengan frekuensi rendah (<1000 Hz), frekuensi sedang (1000Hz - 4000 Hz) dan frekuensi tinggi (>4000 Hz). Menurut penelitian telinga manusia lebih nyaman mendengarkan bunyi-bunyi dalam frekuensi rendah. Kekuatan bunyi secara umum dapat diukur melalui tingkat bunyi (*sound levels*). Cara pengukuran kekuatan bunyi berdasarkan jumlah energi yang diproduksi oleh sumber bunyi disebut *sound power*, yang dilambangkan dengan (*P*) dalam satuan Watt (*W*). Pengukuran kekerasan bunyi juga dapat dilakukan dengan *sound intensity* (*I*), satuan dalam Watt/m². Intensitas bunyi (*I*) adalah jumlah energi bunyi yang menembus tegak lurus bidang per detik. Ketika sebuah objek sumber bunyi bergetar dan getarannya menyebar kesegala arah, sebaran ini akan menghasilkan ruang berbentuk seperti bola. Pada titik tertentu dalam bola tersebut, intensitas bunyinya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

Dengan : *I* = intensitas bunyi pada jarak *r* dari sumber bunyi (Watt/m²)

P = daya atau kekuatan sumber bunyi (Watt).

2.3. Akustik

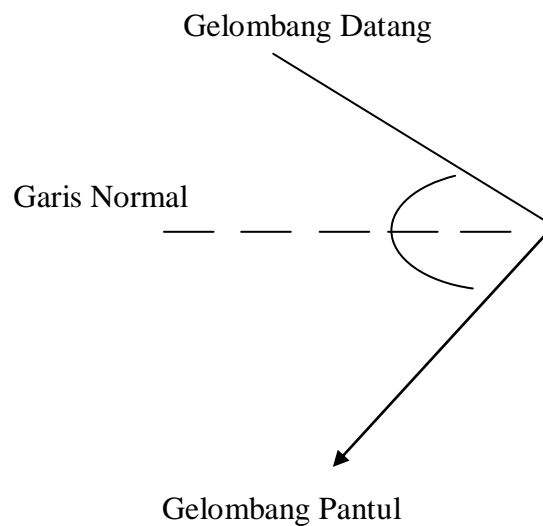
2.3.1. Definisi Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani *akoustikos*, artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi dan suara (Suptandar, 2004). Akustik sekam padi berhubungan langsung dengan segala aspek yang berkaitan dengan suara dari dinding suara yang diproduksi oleh pohon dan hutan, penggunaan sekam sebagai panel akustik, karakteristik emisi akustik dari jenis sekam padi yang berbeda, pengaruh pertumbuhan, kelembaban, modulus elastik sekam padi, dan kandungan bahan kimia pada sekam yang mempengaruhi sifat akustik (Bucur, 2006). Sifat akustik sekam padi berhubungan dengan produksi suara yang diakibatkan oleh benturan langsung, dan bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang dipancarkan melalui udara dan mempengaruhi sekam padi dalam bentuk gelombang suara (Tsoumis, 1991). Medium gelombang bunyi dapat berupa zat padat, cair, ataupun gas. Frekuensi gelombang bunyi dapat diterima manusia berkisar antara 20Hz sampai 20kHz, atau dinamakan sebagai jangkauan yang dapat didengar (Young & Freedman, 2003).

2.3.2. Pemantulan (*Reflection*) Bunyi

Permukaan yang keras, licin dan rata memantulkan hampir semua energi bunyi yang jatuh padanya. Gejala pemantulan bunyi ini hampir sama dengan pemantulan cahaya yang terkenal, karena sinar bunyi datang dan pantul terletak

dalam satu bidang datar yang sama dan sudut gelombang bunyi datang sama dengan sudut gelombang bunyi pantul.



Gambar 2.5. Pemantulan gelombang bunyi pada permukaan datar.

2.3.3. Penyerapan (*Absorption*) Bunyi

Bahan lembut, berpori, kain dan juga manusia, menyerap sebagian besar gelombang bunyi yang menumbuk mereka, dengan kata lain mereka adalah penyerap bunyi. Hal yang menunjang penyerapan bunyi antara lain, lapisan permukaan dinding, lantai, atap, isi ruangan dan udara dalam ruang. Akan tetapi lebih efektif penyerapan jika panel ditambahkan pada dinding seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 besarnya penyerapan bunyi sangat dipengaruhi berapa besar nilai kerapatan dari material penyerap bunyi yang digunakan. Besar nilai kerapatan adalah perbandingan berat dan volume dari material peredam bunyi.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Dengan: ρ = densitas ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

m = berat material (kg)

v = volume (m^3).

Sound Absorbtion atau penyerapan suara merupakan perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas. Pada umumnya, sekam padi menyerap suara yang diarahkan kepadanya. Kecepatan suara di sekam lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan suara di besi ataupun kaca, hal ini dikarenakan sekam padi memiliki pori-pori (Jailani *et al.* 2004). Menurut Tsoumis (1991), bagian dari energi akustik yang masuk kedalam sekam padi diserap oleh massanya. Massa mengubah energi akustik menjadi energi termal atau lebih tepat disebut *absorp sound*. Kemampuan dari sekam untuk menyerap suara biasa diukur dengan *coefficient of sound absorbtion*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *sound absorption* adalah kerapatan sekam, *modulus of elasticity*, kadar air, temperatur, intensitas dan frekuensi dari suara, serta kondisi pada sekam padi. Sekam dengan kerapatan dan *modulus of elasticity* yang rendah, serta kadar air dan temperatur yang tinggi lebih banyak menyerap suara. Material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrie material*), material peredam (*damping material*). Pada umumnya material penyerap secara alami bersifat resitif, berserat (*fibrous*), berpori (*porous*) atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. 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 ke energi kalor (Wirajaya, 2007). Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi (α).

$$(\alpha) = \frac{\text{Energi yang diserap}}{\text{Energi Suara yang datang pada permukaan bahan}} \quad (3)$$

Bila permukaan bahan tersebut tidak seragam, maka koefisien absorpsi lokal (α) pada suatu tempat dipermukaan bahan tersebut dengan luas permukaan (S). Sedangkan (S_i) merupakan bagian luasan yang diambil datanya untuk memperoleh tingkat perataan suatu bahan peredam suara. Koefisien serap (α_i) pada nilai tertentu pada setiap tempat dipermukaan bahan tersebut. Maka koefisien absorpsi rata-rata dari bahan tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1}{S} \sum \alpha_i S_i \quad (4)$$

Berdasarkan arah datangnya gelombang suara, koefisien absorpsi suara ini dibedakan menjadi dua macam, yaitu koefisien absorpsi suara normal (α_n) dan koefisien absorpsi suara *sabine* atau acak (α). Koefisien absorpsi suara normal untuk gelombang suara yang datang tegak lurus terhadap permukaan bahan, sedangkan koefisien absorpsi suara *sabine* untuk gelombang suara yang datang dari berbagai arah.

2.4. Sekam Padi

2.4.1. Definisi Sekam Padi

Sekam padi adalah bagian kulit terluar atau lapisan keras pembungkus kariopsis dari butir padi yang terdiri dari dua belahan saling bertautan yaitu yang disebut *lemna* atau *palea* (Nugraha dan Setiawati, 2001).



Gambar 2.6. kulit sekam padi.

Gambar 2.6 menjelaskan kulit sekam padi atau lapisan pembungkus terlepas dan terpisah ketika proses penggilingan dilakukan yang menghasilkan produksi utama yaitu berupa beras sebagai sumber pangan dan sekam padi sebagai produk sisa atau bahan limbah yang keberadaannya saat ini berlimpah, diperkirakan 20% dari berat padi adalah sekam padi (Hara, 1986) dan hingga saat ini, keberadaan sekam padi belum dimanfaatkan secara optimal (Harsono, 2002).

Penumpukan sekam padi secara berlebihan yang dampak negatif terhadap lingkungan dan apabila dilakukan pembakaran secara langsung akan mengakibatkan polusi udara yang berpengaruh terhadap kesehatan (Nugraha dan Setiawati, 2001).

2.4.2. Komposisi Kimiawi Sekam Padi

Sekam padi merupakan bahan berserat tinggi dengan komposisi kimia yang terdiri atas kandungan utama yaitu 33-34% berat selulosa, 19-47% berat lignin, 17-26% berat hemiselulosa. Sekam padi juga memiliki beberapa kandungan komposisi zat organik dan zat organik. Komposisi zat organik terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Komposisi kimia zat organik yang terkandung pada sekam padi (Nugraha dan Setiawati, 2001).

Komposisi Kimiawi	Kandungan (% berat)
Kadar air	9.02
Protein Kasar	3.03
Lemak	1.18
Serat Kasar	35.68
Abu	17.71
Karbohidrat Kasar	33.71
Karbon	1.33

Berdasarkan Tabel 2.1 menunjukkan bahwa kandungan yang terdapat dalam sekam padi memiliki komposisi kimia zat organik paling dominan adalah serat kasar sebesar 33.68% berat dan korbohidrat kasar sebesar 33.71% berat dan selebihnya terbagi atas kadar air, protein, lemak dan zat arang. Selain komposisi sekam padi yang terdapat dalam tersebut, ternyata sekam padi juga mengandung komponen lain yang ditunjang pada Tabel 2.2 yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.2. Komponen zat anorganik yang terkandung pada sekam padi (Harsono, 2002).

Komponen Unsur Logam	Sekam padi Dioven (% berat)	Sekam padi Dijemur (% berat)
Na	0.0065	0.0070
Fe	0.0043	0.0054
Ca	0.0006	0.0007
K	0.0924	0.0727
Mg	0.0010	0.0011
Si	56.8081	74.6304
P	0.0041	0.0050
Cl	0.0559	0.0669

Berdasarkan tabel Tabel 2.2, bahwa komponen yang paing dominan dalam sekam padi adalah unsur silikon (Si), yaitu sebanyak 56.81% menurunnya laju pengeringan menyebabkan difusi air ke permukaan berjalan lamban dan mengakibatkan air dalam sekam tidak seluruhnya diuapkan. Sedangkan kandungan yang paling rendah adalah karbon yaitu sebanyak 0.0006%. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka faktor-faktor diatas merupakan hal yang berpengaruh dalam kegunaan sekam padi sebagai bahan beton redam suara. Kandungan-kandungan pada tabel tersebut dapat berpengaruh dalam pengikatan saat dicampur dengan bahan-bahan lain (Bragman dan Goncalves, Della, dkk, 2006).

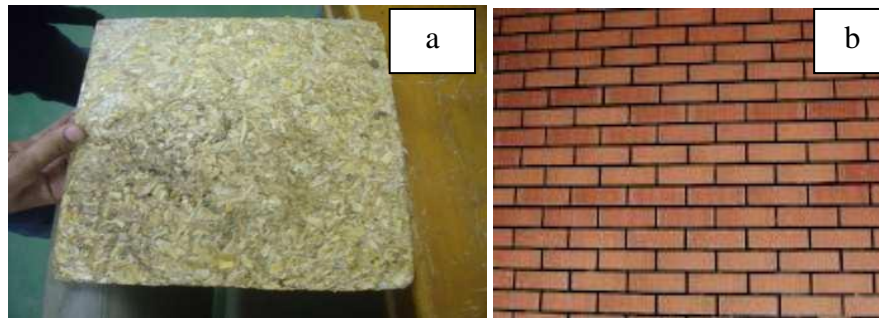
2.4.3. Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Batako Redam Suara

Adapun beberapa aplikasi pemanfaatan batako sekam padi adalah sebagai berikut:

2.4.3.1. Dinding Rumah Redam Suara

Untuk mencegah perambatan bunyi antar ruang (kebisingan), elemen lain yang perlu mendapat perhatian adalah dinding pembatas yang memisahkan antar ruang dalam bangunan. Transmisi bunyi dari suatu ruang ke ruang lain sangat tergantung oleh ada tidaknya resonansi yang dialami dinding pembatas kedua ruangan, yaitu bahwa sumber bunyi yang ada pada suatu ruang menyebabkan pembatas ruang beresonansi dan meneruskan resonansi ke ruang di sebelahnya. Bila resonansi yang menimpa pembatas dapat ditekan maka transmisi bunyi dapat diminimalkan.

Penggunaan material pembatas yang berlapis-lapis akan memaksimalkan refraksi sehingga bidang pembatas menjadi peredam yang semakin baik. Mediastika (2008) melakukan penelitian pada sekam padi sebagai bahan panel akustik peredam bunyi dengan matrik semen. Penelitian dilakukan dengan mengambil sekam padi yang sudah dibersihkan dari kotoran yang melekat. Memanfaatkan sekam padi menggunakan semen cair tiap lapisannya, maka diharapkan dapat mengurangi kebisingan di suatu ruang. Gambar 2.7 berikut ini merupakan pemanfaatan sekam padi sebagai dinding redam suara.



Gambar 2.7.(a). Batako sekam padi, (b). Dinding batako sekam padi (Mediastika, 2008).

2.4.3.2. Peredam Suara Pada Tempat Musik

Musik adalah ilmu atau seni menyusun nada atau suara yang diutarakan, kombinasi dan hubungan temporal untuk menghasilkan komposisi (suara) yang mempunyai keseimbangan dan kesatuan, nada atau suara yang disusun sedemikian rupa sehingga mengandung irama, lagu dan keharmonisan (terutama yang dapat menghasilkan bunyi-bunyi itu). Namun suara yang menggunakan frekuensi yang tinggi akan membuat kebisingan jika tidak ditanggulangi dengan batako sekam padi suara yang dihasilkan dari dalam sebagian besar akan dipantulkan dan sebagian kecil akan diteruskan keluar (meminimalisir kebisingan). Dalam pembuatannyapun tidak terlalu memakan biaya yang terlalu mahal.



Gambar 2.8. Dinding redam suara pada ruangan bermusik.

2.4.3.3. Sekam Padi Sebagai Peredam Suara Ruang Meting Perkantoran

Kantor merupakan tempat yang tingkat konsentrasi cukup tinggi, sehingga membutuhkan ketenangan dan tidak terganggu dari suara-suara dari luar ruangan. Oleh karena itu, batako sekam padi dapat difungsikan sebagai peredam ruangan tersebut. Dikarenakan dengan adanya peredam suara maka saat jalannya meeting konsentrasipun tidak terpecah karena pengaruh suara dari luar ruangan.



Gambar 2.9. Dinding redam suara pada ruang meeting perkantoran.

2.5. Batako

2.5.1. Definisi Batako

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen *Portland* dan air dengan perbandingan 1 semen, 4 pasir.

Karakteristik bata beton yang umum ada dipasaran adalah memiliki densitas rata-rata $>2000\text{kg/m}^3$, dengan kuat tekan bervariasi 3-5 Mpa. Ditinjau dari densitasnya batako tergolong cukup berat sehingga untuk proses pemasangan sebagai konstruksi dinding memerlukan tenaga yang cukup kuat dan waktu yang lama.

Faktor yang mempengaruhi mutu batako tergantung pada :

1. Faktor air semen
2. Umur batako
3. Kepadatan batako
4. Bentuk dan struktur batuan
5. Ukuran agregat, dan lain-lain.

Salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, semen, air dan dalam pembuatannya dapat ditambahkan dengan bahan tambah lainnya (*additive*). Kemudian dicetak melalui proses pemadatan sehingga menjadi bentuk balok balok dengan ukuran tertentu dan dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran serta dalam pemeliharaannya ditempatkan pada tempat yang lembab, tetapi dalam pembuatannya dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding (Susilorini, Rr. M.I. Retno, dkk, 2009).

2.5.2. Klasifikasi Batako

Berdasarkan PUBI 1982, sesuai dengan pemakaiannya batako diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut :

1. Batako dengan mutu A1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindungi dari cuaca luar.
2. Batako dengan mutu A2, adalah batako yang hanya digunakan untuk hal-hal seperti dalam jenis A1, tetapi hanya permukaan konstruksi dari batako tersebut boleh tidak diplester.

3. Batako dengan mutu B1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindungi dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap).
4. Batako dengan mutu B2, adalah batako untuk konstruksi yang memikul beban dan dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi.

2.5.3. Beton Ringan (*Lighweight Concrete*)

Pembuatan beton ringan pada prinsipnya membutuhkan rongga didalam beton. Keuntungan lain dari beton ringan antara lain yaitu memiliki nilai tahan panas yang baik, memiliki tahanan suara (peredam) yang baik, tahan api. Sedangkan kelemahan beton ringan adalah nilai kuat tekannya lebih kecil dibandingkan dengan beton normal sehingga tidak dianjurkan penggunaannya untuk struktural. Secara garis besar pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga yaitu :

1. Untuk non struktur dengan nilai densitas antara $240-800\text{kg/m}^3$ dan kuat tekan dengan nilai $0.35-7\text{MPa}$ digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Untuk struktur ringan dengan nilai densitas antara $800-1400\text{kg/m}^3$ dan kuat tekan dengan nilai $7-17\text{MPa}$ digunakan dengan dinding memikul beban.
3. Untuk struktur dengan nilai densitas antara $1400-1800\text{kg/m}^3$ dan kuat tekan $>17\text{MPa}$ digunakan sebagai beton normal.

Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya dibagi atas (Newmann, John dan Choo, dkk, 2003).

1. Beton dengan berat jenis rendah (*Low Density Concrete*) dengan nilai densitas $240-800\text{ kg/m}^3$ dan nilai kuat tekan $03.5-6.9\text{ MPa}$.

2. Beton dengan menengah (*Moderate Trencht Lighweight Concrete*) dengan nilai densitas 800-1440 kg/m³ dan nilai kuat tekan 6.9-17.3 MPa.
3. Beton ringan struktur (*Structural Lighweight Concrete*) dengan nilai densitas 1440-1900 kg/m³ dan nilai kuat tekan >17.3 MPa.

2.5.4. Bahan Penyusun Batako

Dalam pembuatan batako pada umumnya bahan yang digunakan adalah pasir, semen dan air. Berikut ini akan dijelaskan sekilas mengenai bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan batako adalah sebagai berikut :

2.5.4.1. Portland Cement (PC)

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesif* dan sifat *kohesif* yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) yang dipakai bersama dengan batu kerikil, pasir dan air. *Portland* semen merupakan bahan utama atau komponen beton terpenting yang berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik dengan bantuan air dan mengeras secara hidrolis.

Semen *Portland* adalah material yang mengandung paling tidak 75% kalsium silikat (3CaO dan 2CaO , sisanya tidak berkurang dari 5% berupa Al silikat, Al ferit silikat, dan MgO). Pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling terpenting dari *Portland Cement* adalah : $2\text{SiO}_2\text{SiO}$).

1. *Trikalsium Silikat* (C3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
2. *Dikalsium Silikat* (C2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
3. *Trikalsium Aluminat* (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$
4. *Tetrakalsium Aluminoforit* (CAAF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}_3$.

Semen *portland* yang digunakan sebagai bahan struktur harus mempunyai kualitas yang sesuai dengan ketepatan agar berfungsi secara efektif. Pemeriksaan dilakukan terhadap yang masih berbentuk kering, pasta semen yang masih keras dan beton yang dibuat darinya.

Sifat kimia yang perlu mendapat perhatian adalah kesegaran semen itu sendiri. Semakin sedikit kehilangan berat berarti semakin sedikit kesegaran semen. Dalam keadaan normal kehilangan berat sebesar 2% dan maksimum kehilangan yang diijinkan 3%. Kehilangan berat terjadi karena adanya kelembaban dan karbon dioksida dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap.

2.5.4.2. Pasir

Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada. Pada pembuatan batako ringan ini digunakan pasir yang lolos ayakan kurang dari 5 mm dan harus bermutu baik yaitu pasir yang bebas dari lumpur, tanah liat, zat organik, garam florida dan garam sulfat. Selain itu juga pasir harus bersifat keras, kekal dan mempunyai susunan butir (*gradasi*) yang baik. Menurut persyaratan bangunan Indonesia agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan beton bertulang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir kasar, tajam dan keras.
2. Pasir harus mempunyai kekerasan yang sama.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila lebih dari 5% maka agregat tersebut harus dicuci dulu sebelum digunakan. Adapun yang dimaksud lumpur adalah bagian butir yang melewati ayakan 0.063 mm.

4. Pasir harus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
5. Pasir harus tidak mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca.
6. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk beton (Mehta, P Kumar, dkk,1993).

2.5.4.3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas batako. Menurut PBI 1971 persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak dari pada beton.
- b. Apabila dipandang perlu maka contoh air dapat dibawa ke Laboratorium Penyelidikan Bahan untuk mendapatkan pengujian sebagaimana yang dipersyaratkan.
- c. Jumlah air yang digunakan adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi syarat air minum. Jika dipergunakan air yang tidak baik maka kekuatan beton akan berkurang. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton

akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras (Neville AM, 1999).

2.6. Karakterisasi

Untuk mengetahui sifat-sifat dan kemampuan suatu material maka perlu dilakukan pengujian, yaitu: pengujian sifat fisis (densitas, porositas), pengujian sifat mekanis (kuat tekan, konduktivitas termal dan kuat redam bunyi).

2.6.1. Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya.

Densitas didefinisikan sebagai kepadatan suatu zat yang dirumuskan secara matematika berupa perbandingan massa benda dengan volumenya. Namun jika pengukuran volume benda sulit dilakukan, karena bentuk benda tidak teratur, pengukuran densitas dapat pula menggunakan prinsip Archimedes, dengan persamaan (ASTM C 134-95) sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m_k}{m_j - (m_B + mkwt)} \times (\rho_{H_2O}) \quad (5)$$

Dengan:

ρ = densitas (gr/cm³)

m_k = massa kering sampel (gr)

m_j = massa jenuh setelah direndam selama 24 jam (gr)

m_B = massa basah sampel yang digantung di dalam air setelah sebelumnya direndam dalam air (gr)

$mkwt$ = massa kawat (gr)

$\rho_{H_2O} = 1 \text{ gr/cm}^3$.

2.6.2. Porositas

Porositas merupakan persentase perbandingan volume kosong (rongga) dengan volume benda padatnya. Ada dua jenis porositas, yakni porositas terbuka dan porositas tertutup. Pada porositas tertutup, rongga di dalam suatu benda tidak dapat ditembus oleh air, sehingga pengukuran porositas tertutup sulit dilakukan. Sedangkan porositas terbuka mempunyai akses dengan permukaan luar meskipun rongga berada di tengah-tengah benda. Sehingga yang biasanya diukur adalah porositas terbuka yang dinyatakan dalam persamaan (ASTM C 20-00):

$$P = \frac{m_j - m_k}{m_j - (m_B + mkwt)} \times 100\% \quad (6)$$

Dengan :

P = porositas (%)

m_j = massa jenuh setelah direndam selama 24 jam (gr)

m_k = massa kering sampel (gr)

m_B = massa basah sampel yang digantung di dalam air (gr)

$mkwt$ = massa kawat (gr).

2.6.3. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan dari

alat *Universal Testing Machine* (UTM). Bentuk sampel uji biasanya berbentuk silinder dengan perbandingan panjang dan diameter (L/d) adalah 1:3. Pengujian sampel untuk menentukan modulus elastisitas (Rosalina, 2012). Pengukuran kuat tekan sampel dapat dihitung mengacu terhadap (ASTM C 39/C 39M-01) persamaannya sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Dimana:

F = gaya penekan (kg)

A = Luas penampang yang terkena penekanan gaya (cm^2).

2.6.4. Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas termal adalah untuk mengetahui peristiwa perpindahan panas secara konduksi, sehingga dengan mengetahui besarnya konduktivitas termal dari suatu bahan (material) maka dapat diperkirakan aplikasi material tersebut untuk selanjutnya pengujian konduktivitas termal dari sampel dapat diukur dengan menggunakan standar (ASTM C 177-97) yang memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$k = \frac{(\Delta W)}{\Delta t} \frac{L}{A \Delta T} \quad (8)$$

Dimana:

k = konduktivitas termal ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$) ; L = ketebalan plat (m)

$\Delta W/\Delta t$ = laju aliran energy (J/s) ΔT = selisih temperatur plat (K)

A = luas permukaan bahan (m^2)

2.6.5. Kemampuan Redam Suara

Besarnya penyerapan suara atau daya redam suara dari suatu material perlu diukur, guna mengetahui sejauh mana aplikasi material tersebut dapat diterapkan. Level intensitas suara atau tingkat kenyaringan dari suatu material diukur dalam *desible (dB)*.



Gambar 2.11. Sound Level Meter.

Pengujian kuat redam suara dapat dihitung dengan mengacu pada (Wirajaya, 2007) persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{I}{I_0} \quad (9)$$

Dimana :

α = koefisien absorpsi

I_0 = Intensitas suara datang (dB)

I = Intensitas suara disesap (dB).

Koefisien absorpsi suara yaitu perbandingan antara energi suara yang diserap oleh bahan terhadap energi suara yang menuju permukaan bahan dengan asumsi tidak ada energi suara yang ditransmisikan. Nilai penyerapan (α) berkisar dari 0-1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap. Sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan (Lee, 2003). Menurut Sarwono (2008) bahwa suatu bahan absorber baik dalam menyerap suara jika nilai

koefisien absorpsinya lebih dari 0.2. Level dan intensitas suara atau tingkat kenyaringan dari suatu material diukur dalam besaran desible (*dB*). Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah keenergi kalor (Wirajaya, 2007).