

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Komposit

Komposit atau materi komposit merupakan suatu materi yang tersusun atas lebih dari dua elemen penyusun. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda, dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru, yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Ashby dan Jones (2005) menunjukkan bahwa komposit dibagi menjadi lima berdasarkan konstituennya yaitu:

- a. Komposit serat yang terdiri dari serat dengan atau tanpa matriks.
- b. Komposit flake yang terdiri dari flake dengan matriks.
- c. Komposit partikel yang terdiri dari partikel dengan matriks.
- d. Komposit rangka (komposit terisi) yang terdiri dari matriks rangka selang yang terisi dengan bahan kedua.
- e. Komposit laminat yang terdiri dari konstituen lapisan atau laminat.

Ada dua kriteria yang harus dipenuhi bagi material untuk dikatakan sebagai komposit. Pertama, material penyusun komposit harus mempunyai proporsi jumlah yang jelas, misalnya lebih besar dari 5%. Kedua, material penyusunan

memiliki sifat yang berbeda, dan juga sifat dari komposit yang terbentuk berbeda dari sifat-sifat material penyusunan. Dalam komposit terdapat dua atau lebih fase yang dipisahkan oleh lapisan pembatas. Lapisan ini penting untuk membedakan material penyusunnya. Material penyusun yang mempunyai sifat kontinu dan sering memiliki jumlah yang lebih besar pada komposit disebut matriks. Sifat-sifat matriks inilah yang biasanya meningkat ketika digabungkan dengan material penyusun lain untuk membentuk komposit. Sebuah komposit bisa memiliki matriks dalam bentuk keramik, logam, maupun polimer, sedangkan material penyusun lainnya adalah material penguat (*reinforcement*) yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik dari matriks tersebut. Geometri material penguat merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan efektivitas penguatan. Dengan kata lain sifat-sifat mekanik dari komposit sangat bergantung kepada bentuk dan dimensi dari material penguatnya. Geometri tersebut meliputi konsentrasi penguat, ukuran, tebal lapisan penguat, jarak penyusunan dan orientasinya (Matthew, 1994). Pertimbangan pemilihan komposit berdasarkan sifat, material dan aplikasinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertimbangan Pemilihan Komposit.

Alasan Digunakan	Material yang Dipilih	Aplikasi
Ringan, kaku, kuat	Boron, semua karbon/grafit, dan beberapa jenis aramid	Peralatan militer
Tidak mempunyai nilai ekspansi termal	Karbon/grafit, yang mempunyai nilai modulus yang sangat tinggi	Untuk peralatan luar angkasa, contohnya sensor optik pada satelit.
Tahan terhadap perubahan lingkungan	Fiber glass, vinyl ester, bisphenol A.	Untuk tangki dan sistem perpipaan, tahan korosi dalam industri kimia.

Sumber: Harper, 2002. Handbook of Plastic Elastomers and Composites.

1. Agregat

Agregat merupakan butiran bahan mineral yang berasal dari alam atau buatan yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (bahan konstruksi) (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001). Di tinjau dari asalnya, agregat terdiri dari agregat alam dan buatan. Agregat alam terbagi atas: batu pecah, pasir dan kerikil. Pasir merupakan bahan adukan yang berasal dari batu-batuan dengan ukuran kecil (0,15 mm - 5 mm). Butir-butir pasir berukuran antara 0,15 mm – 5 mm, keras berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur oleh pengaruh perubahan iklim (Daryanto, 1994). Agregat buatan merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075mm), di peroleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu (Anonimus C, 2012)

Umumnya penggunaan agregat dalam adukan mencapai jumlah 70% - 75% dari seluruh volume massa padatan. Untuk mencapai kekutan yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durrability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca (Dipohusodo, 1994). Sebelum digunakan sebagai bahan campuran, agregat harus dibersihkan terlebih dahulu. Dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi struktural, agregat yang berasal dari sungai atau laut kadar kloridnya harus kurang dari 1%.

Perbedaan antara agregat kasar dan halus adalah ayakan 5 mm atau 3/16". Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm dan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm (Jumiati, 2008). Mengingat agregat memiliki harga yang lebih murah dari pada matriksnya, maka akan lebih

sangat ekonomis bila agregat digunakan sebanyak mungkin, selama secara teknis masih memungkinkan dan kandungan matriksnya minimum.

2. Abu Sekam Padi

Sekam padi merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dimana, keberadaannya sangat melimpah di Indonesia yang merupakan negara agraris. Pada tahun 2002 industri penggilingan padi menghasilkan sekam sebanyak 1.602.577 kg atau 13.878 m³ (Biro Pusat Statistik, 2002). Sekam padi merupakan bagian terluar atau lapisan kerak pembungkus kariopsis dari butir padi yang terdiri dari dua belahan yang saling bertautan yang disebut *lemma* dan *palea*. Komponen zat anorganik yang terkandung pada sekam padi yang paling dominan adalah unsur silikon (Si), yakni sebesar 56,81% berat (Harsono, 2000). Komposisi dari sekam padi dan persentasenya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Sekam Padi.

Air	9%
Protein	3,5%
Lemak	0,5%
Selulosa	30 - 42%
Pentosan	12 - 18%
Abu	14 – 30%

Sumber: Tutsek, 1977. Method of producing lowcarbon,white husk ash.

Selama ini pemanfaatan sekam padi sangat terbatas, bahkan hanya menjadi limbah pertanian yang tidak diinginkan. Pemanfaatan sekam padi masih terbatas secara tradisional, yaitu digunakan untuk pembakaran batu bata dan selebihnya

ditimbun lalu dibakar menjadi abu. Abunya digunakan sebagai abu gosok untuk keperluan rumah tangga saja. Selain itu abu sekam padi juga telah dicoba sebagai penukar ion/kation (Seleng dkk, 1994 dan Supriyanto, 2001).

Dari hasil penelitian sebelumnya telah didapatkan bahwa sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi, dan bervariasi dari 13 sampai 29% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar (Hara, 1986; Krishnarao dkk, 2000). Nilai paling umum kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi adalah 94 – 96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah (Houston, 1972; Prasad dkk., 2001). Untuk mengetahui komposisi dari abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Abu Sekam Padi

SiO_2	92 – 97%
Al_2O_3	0,754 – 3%
Fe_2O_3	0,17 – 2%
CaO	0,36 – 3%
MgO	0,32 – 1,5%

Sumber: Tutsek, 1977. Method of producing lowcarbon,white husk ash.

3. Pasir Sungai

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai. Oleh karena itu pasir dapat digolongkan dalam tiga macam yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan kekerasan <math><2,2</math>.
2. Bersifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
5. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
7. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui (Anonymus B, 2012).

4. Matriks

Matriks adalah bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit. Matriks berfungsi sebagai bahan pengikat partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Matriks bergabung bersama bahan penyusun lainnya. Oleh karena itu secara tidak langsung mempengaruhi sifat-sifat fisis dari komposit yang dihasilkan. Beberapa sifat dan kelebihan yang dimiliki oleh resin sebagai matriks dalam komposit antara lain: tahan terhadap pelarut organik, tahan terhadap panas, oksidasi, dan kelembapan, ringan, serta mudah dalam modifikasi

dan pembuatannya. Selain itu, terdapat beberapa kelebihan sifat mekanik yang dimiliki oleh resin antara lain: modulus elastisitas, kekuatan *tensile*, tekan dan *shear*. Penggunaan jenis resin tertentu dalam pembuatan suatu komposit banyak ditentukan oleh tujuan pembuatan komposit tersebut (Arnold, 1992).

Material matrik yang paling banyak digunakan adalah dari jenis polimer dan plastik yang lebih dikenal dengan istilah *reinforced plastics*. Kelebihan matrik polimer atau plastik jika dibandingkan dengan logam adalah plastik mempunyai densitas yang jauh lebih kecil. Keuntungan ini semakin terlihat ketika modulus young per unit massa E/ρ (modulus spesifik) maupun tegangan tarik per unit massa σ/ρ (tegangan spesifik) mempunyai nilai yang tinggi. Hal ini berarti berat komponen dapat dikurangi. Pengurangan berat ini akan mengakibatkan pengurangan kebutuhan energi dan biaya. Pada *reinforced plastics* dapat dipilih matriks dari jenis *thermoplastic* atau *thermosetting* (Gibson, 1994).

Matriks pada material komposit antara lain berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat penguat. Oleh karena itu, adanya cacat seperti *void*, retak pada matrik akan mempengaruhi fungsi matrik sebagai pendistribusi beban, misalnya terjadi pada konsentrasi tegangan disekitar cacat yang menurunkan sifat mekanik baik statis maupun dinamis dari material komposit (Panggabean, 1996).

Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau dapat pula berupa material padatan yang akan meleleh pada suhu di atas 200°C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks. Resin dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu :

a. Resin Termoset

Resin termoset adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak, atau dengan kata lain proses pengerasannya *irreversible*.

b. Resin Termoplastik

Resin termoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible* (Hull,1981).

5. Resin Epoksi

Resin Epoksi merupakan polimer termoset yang banyak digunakan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan komposit. Keunggulan yang dimiliki resin epoksi ini adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembaban, sifat mekanik yang baik, tahan terhadap bahan-bahan kimia, sifat insulator, sifat perekatnya yang baik terhadap berbagai bahan, dan resin ini mudah diproses (Fred, 1994).

Epoksi secara umum mempunyai karakteristik yang baik yaitu:

1. Kemampuan mengikat paduan metalik yang baik

Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidrolis yang memiliki kemampuan membentuk ikatan melalui ikatan hidrogen. Gugusan hidrosil ini dimiliki oleh oksida metal, dimana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada epoksi dengan atom yang berada pada material metal.

2. Ketangguhan

Kegunaan epoksi sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu, saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matrik atau epoksi.

Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Gamert dkk., 2004). Perbandingan serat karbon antara epoksi dan polyester dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Serat Karbon.

	Epoksi	Polyester
<i>Density (mg/m^3)</i>	1,1- 1,4	1,1 – 1,5
<i>Young's modulus (GNm^{-2})</i>	3 – 6	2 – 4, 5
<i>Tensile strength (MNm^{-2})</i>	35 – 100	40 – 90
<i>Poisson's ratio</i>	0,38 – 0,4	0,37 – 0, 39
<i>Compressive strength (MNm^{-2})</i>	100 – 200	90 – 250
<i>Shrinkage on curing (%)</i>	1 – 2	4 – 8
<i>Water absorpation 24 h to 20°C (%)</i>	0,1 – 0,4	0,1 – 0,3

Sumber: Hull, D. 1981. An Introduction to Composite Material.

B. Beban dan Kuat Tekan

1. Beban

Menurut Smith (1980) beban adalah sembarang gaya luar yang bekerja pada suatu bahan. Pada setiap struktur semua gaya yang bekerja pada suatu struktur tersebut harus setimbang. Setiap bahan akan mengalami perubahan bentuk bila mendapat

beban dan mengakibatkan gaya internal dalam bahan akan menahannya dalam bentuk tegangan.

2. Kuat Tekan

Kekuatan (*strength*) adalah ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan. Nilai kuat tekan bahan adalah besar gaya pada bahan di bagi luas penampang (Vlack, 1985).

Kuat tekan dapat diperoleh menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kuat Tekan } (f_c) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan f_c adalah kuat tekan (kg/cm^2), P adalah beban tekan hancur (kg), dan A adalah luas penampang benda uji atau sampel (cm^2).

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan matriks, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran (Wang dan Salmon, 1993).

C. Temperatur dan Konduktivitas Termal

1. Temperatur

Temperatur merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya benda. Banyak sifat zat yang berubah terhadap temperatur. Perubahan sifat tersebut dapat berupa memuai, hambatan listrik yang berubah dan perubahan warna yang dipancarkan oleh benda (Giancoli, 2001).

Dalam melihat karakteristik termal bahan akan banyak berhubungan dengan nilai temperatur dan kandungan kalor bahan. Temperatur adalah level aktivitas termal sedangkan kalor adalah energi termal (Vlack,1985).

2. Konduktivitas Termal

Kalor berpindah dari suatu tempat atau benda ke yang lainnya dengan tiga cara: konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi kalor pada banyak materi dapat digambarkan sebagai hasil tumbukan molekul-molekul. Konduksi kalor hanya terjadi jika ada perbedaan temperatur. Kecepatan aliran kalor melalui benda sebanding dengan perbedaan temperatur antara ujung-ujungnya (Giancoli, 2001).

Pengujian konduktivitas termal pada sampel dapat dihitung menggunakan persamaan 2 (Maryam, 2006).

$$k = \frac{\left(m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} \cdot X\right)}{\left(A \cdot (T_1 - T_2)\right)} \quad (2)$$

Di mana:

k = Konduktivitas termal (kal/cm °C detik)

m = Massa pelat alas (kuningan) (gr)

c = Panas jenis pelat alas kuningan (kal/g°C)

X = Tebal sampel (cm)

A = Luas permukaan kontak (cm²)

T_1 = Temperatur pelat alat katel air panas pada *steady state* (°C)

T_2 = Temperatur pelat alas kuningan pada *steady state* (°C)

D. Bunyi dan Kuat Redam

1. Bunyi

Bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal. Dasarnya bunyi adalah suatu getaran yang dihasilkan oleh sumber bunyi. Gelombang bunyi dapat di jalarkan melalui benda padat, cair dan gas. Udara atau zat-zat lain yang berfungsi sebagai media getaran bunyi meneruskan getaran-getaran ini hingga sampai pada selaput gendang pendengaran manusia. Pada waktu udara atau zat lain melakukan getaran, bagian-bagian kecil tidak berpindah tempat, melainkan bergerak dua arah hingga mencapai keseimbangan. Kemudian saling bersentuhan yang pada gilirannya akan membuat gerakan-gerakan serupa dan menyentuh pula bagian-bagian kecil lainnya (Meijs,1982).

Jangkauan bunyi yang dapat didengar oleh manusia berada pada frekuensi 20 Hz hingga 20 KHz. Gelombang bunyi yang berada di bawah jangkauan pendengaran manusia (frekuensi lebih kecil dari 20 Hz) disebut gelombang infrasonik dan gelombang bunyi yang melebihi jangkauan pendengaran manusia (frekuensi lebih besar dari 20 KHz) dinamakan gelombang ultrasonik (Halliday dan Resnick, 1978).

2. Kuat Redam

Gelombang bunyi atau suara di udara merupakan akibat adanya tekanan yang sangat kecil dan cepat. Seperti tekanan pada umumnya, tekanan bunyi diukur dalam satuan N/m^2 . Manusia sangat sensitif karena dapat mendeteksi perubahan tekanan

yang paling kecil yaitu $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, yang kemudian disebut sebagai ambang pendengaran yang besarnya sekitar satu per milyar tekanan udara normal (10^5 N/m^2). Untuk memperoleh harga tekanan bunyi yang terjadi pada suatu bahan dapat digunakan persamaan 3 (Simbolon, 2009).

$$\alpha = \frac{I_a}{I_i} \quad (3)$$

dengan:

α = Koefisien penyerapan suara.

I_a = Intensitas suara yang diserap (dB).

I_i = Intensitas sumber suara yang datang (dB).

E. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume pori-pori (volume yang dapat ditempati oleh fluida) terhadap volume total beton (Sutapa, 2011). Untuk mengetahui besarnya nilai penyerapan air sampel dapat dihitung menggunakan persamaan 4 (Maryam, 2006).

$$\varepsilon = \left(\frac{m_j - m_k}{m_k} \right) \times 100\% \quad (4)$$

dengan:

ε = Porositas

m_j = Massa sampel setelah direndam (gr)

m_k = Massa sampel kering (gr)

F. Densitas

Densitas (ρ) suatu bahan merupakan massa perunit volume (Bolton, 1998). Terdapat dua jenis densitas yaitu *bulk density* (densitas total) dan *true density* (densitas teoritis). Pengukuran *bulk density* dapat ditentukan menggunakan persamaan 5 (Sari, 2011).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

dengan :

$$\rho = \text{Bulk density (gr/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{Massa sampel kering (gr)}$$

$$v = \text{Volume sampel (cm}^3\text{)}$$