

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kajian Pustaka

Konsep dasar pembuatan komposit geopolimer adalah polimer dengan lempung atau batuan alam. Matrik yang digunakan dalam pembuatan komposit geopolimer pada umumnya adalah polimer/plastik, sedangkan *filler* yang dikompositkan adalah lempung /batuan alam yang banyak mengandung oksida silica ( $\text{SiO}_2$ ) dan oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dalam jumlah besar, serta oksida lainnya dalam jumlah kecil. Fakta yang terjadi bahwa polimer/plastik merupakan material yang mudah terbakar karena bahan baku pembuatannya berasal dari minyak bumi. Hal ini berlawanan dengan lempung/batuan alam yang tidak mudah terbakar oleh api karena memiliki daya tahan tinggi terhadap panas (Diharjo, 2006).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Cornell University/National Institute Of Standards and Technology (NIST) menunjukkan bahwa komposit plastik-lempung dengan komposit 90% : 10% berat bahan, dapat mempertahankan diri dari kerusakan akibat pembakaran api sebesar 60%-80%. Disamping itu, karakteristik mekanik-dinamikanya juga meningkat pesat dibandingkan sebelum penambahan lempung.

Peningkatan sifat mekanis komposit tersebut dapat ditingkatkan dengan memberikan penambahan penguatan serat gelas acak maupun anyam. Menurut Diharjo dkk. (HB X, 2002-2003) komposit GFRF (*Glass Fiber Reinforce Plastic*) yang diperkuat kombinasi serat acak dan anyam pada  $V_f = 25\%$  memiliki kuat tarik dan kekuatan impak masing-masing sebesar 82.75 Kg/mm<sup>2</sup> dan 0.1 joule/mm<sup>2</sup>. Diharjo dan Firdaus (2006) juga telah mencoba menganalisis ketahanan nyala api komposit partikel *fly ash*-poliester. Pada kandungan *fly ash* 40% (w/w), komposit tersebut sudah tidak dapat terbakar.

Kajian tersebut diatas menunjukkan bahwa ada titik temu peningkatan sifat mekanis komposit dengan serat (sintetis, alam, dan kombinasi) dan peningkatan ketahanan nyala api (*flame retardant/FR*) dengan menambahkan bahan silikat dari

bahan lempung. Oleh karena itu, rancangan rekayasa bahan komposit *hybrid* geopolimer (serat gelas-serbuk lumpur Lapindo-poliester) dapat menjadi jawabannya (Diharjo dan Firdaus, 2006).

## 2.2. Pengertian Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dua atau lebih bahan penyusun yang berbeda secara makroskopik (Schawrtz, 1984).

Menurut Triyono dan Diharjo (1999) mengemukakan bahwa kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* berasal dari kata kerja "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan.

Salah satu material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatan dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki, hal ini di namakan "*tailoring properties*" dan inilah salah satu sifat istimewanya komposit yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya (Hadi, 2000).

## 2.3. Klarifikasi Bahan Komposit

Klarifikasi komposit dapat di bentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklarifikasi menjadi beberapa jenis. Menurut bentuk material dan penyusunnya, komposit dapat dibedakan dalam lima jenis, yaitu (Schawrtz, 1984 : 16) :

1. Komposit serat (*Fiber composites*) adalah gabungan antara serat dengan matrik.
2. Komposit serpih (*Flake composites*) adalah gabungan serpih rata dengan matrik.

3. Komposit partikel (*Particulate composites*) adalah gabungan partikel dengan matrik.
4. Komposit sketal (*Filled composites*) adalah gabungan matrik *continues skeletal* dengan matrik yang kedua.
5. Komposit laminat (*Laminar composite*) adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina.

Komposit serat merupakan komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena komposit serat lebih kuat daripada bentuk butiran, mempunyai kekuatan serat yang solid dan matriknya lebih fleksibel (Schawrtz, 1984). Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat. Pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat. Ketika serat terputus karena beban, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus tersebut ke ujung serat yang lain.

Persamaan yang digunakan adalah (Chawla, 1987):

a. Massa komposit

$$M_c = m_f + m_m \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $m_c$  = massa komposit (gr)
- $m_m$  = massa matrik (gr)
- $m_f$  = massa serat (gr)

b. Massa jenis komposit

Massa jenis komposit dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \dots\dots\dots (2)$$

- $\rho_c$  = massa jenis komposit ( gr/cm<sup>3</sup>)
- $m_c$  = massa komposit (gr)
- $V_c$  = volume komposit

Dengan :

$$V_c = p \times l \times t \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

P = panjang spesimen (cm)

l = lebar spesimen (cm)

t = tinggi spesimen (cm)

## 2.4. Serat

Serat merupakan material penguat pada komposit serat dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan factor yang paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat (Schawrtz, 1984).

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat alami dan serat sintetis. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan organik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis memiliki kelebihan sifat dan ukuran relative seragam, kekuatan dapat diupayakan sama disepanjang serat. Serat alami adalah serat yang dapat diperoleh langsung dari alam dan berupa serat organik berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang seperti kapas, wol, sutera, dan sebagainya. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat dipengaruhi usia (Lerner, 2001).

Berdasarkan bentuknya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu (Schawrtz, 1984):

### a. *Continuous Fiber Composite*

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

### a. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat

memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah (Courtney, 1999).

**b. *Discontinuous Fiber Composite***

*Discontinuous Fiber Composite* adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994 : 157) :

a) *Aligned discontinuous fiber*

b) *Off-axis aligned discontinuous fiber*

c) *Randomly oriented discontinuous fiber*

Pada penelitian ini menggunakan *Randomly oriented discontinuous fiber* merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriknya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama (Gibson, 1994).

**c. *Hybrid Fiber Composite***

*Hybrid fiber composite* merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya (Courtney, 1999).

Dari hasil dan pembahasan tentang serat sesuai karekteristiknya, ditampilkan pada table 2.1 sifat mekanik dari beberapa jenis serat (Mueller, 2003).

## **2.5. Matrik**

Pada komposit serat, matrik mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengikat serat dan meneruskan beban diantara serat-serat (Schawrtz, 1984). Elongasi matrik lebih besar dibandingkan serat. Matrik yang sering digunakan dalam memproduksi komposit FRP (*Fiber Remforceed Plastic*) adalah berwujud resin.

Salah satu jenis resin yang banyak digunakan adalah resin termoset. Termoset tersusun atas molekul yang berbentuk jala yang besar. Bila dipanaskan molekul-molekul bergerak disekitar kedudukan seimbang, tetapi tidak dapat bergerak keluar dari kedudukan seimbang dan tidak berpindah tempat satu

sama lain, karena rangkaian tersebut bersenyawa satu dengan lain secara langsung. Jadi termoset adalah bahan yang tidak menjadi plastik karena pemanasan dan tidak mencair. Resin termoset bila dipanaskan akan mengurangi sifat kekakuannya pada temperatur distorsi (temperatur batas efektif untuk penggunaan komponen struktur). Resin yang paling digunakan pada komposit serat gelas dan serat alam adalah resin poliester dan resin *epoxy* (Gibson, 1994).

Resin termoset atau polimer yang digunakan pada penelitian ini didapat dari PT. Justus Kimia Raya, Semarang. Polimer berbentuk cair dengan 2 campuran, satu epoksi *hardener* tipe *general purpose (polyaminoamida)*, kedua epoksi resin tipe *general purpose (bisphenol epichlorohidrin)*, dengan perbandingan 1 : 1. Produk polimer kebanyakan merupakan kondensat dari isfenol dan epiklorhidrin. Resin yang paling digunakan pada komposit serat gelas dan serat alam adalah resin poliester dan resin *epoxy* (Gibson, 1994).

Produk polimer kebanyakan merupakan kondensat dari isfenol dan epiklorhidrin. Polimer dengan pengeras dan menjadi unggul dalam kekuatan mekanis dan ketahanan kimia. Sifatnya bervariasi bergantung pada jenis, kondisi dan pencampuran dengan pengerasnya. Kecepatan proses pembekuan (*curing*) ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan (Schawrtz, 1984).

## 2.6. Katalis

Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat waktu *curing* (mengeraskan cairan resin) pada temperatur terelevasi tanpa ikut bereaksi. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Dalam penelitian ini menggunakan katalis *metil ethyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair, berwarna bening. Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka makin cepat pula proses *curing*nya. tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60°C– 90°C. Panas ini cukup untuk

mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan (Justus Sakti Raya,2001).

Tabel 2.1. Sifat Mekanik dari Beberapa Jenis Serat (Mueller, 2003)

		Cotton	Flax	Jute	Knaf	E-Glass	Ramie	Sisal
Diameter	mm	-	11-23	200	200	5-25	40-80	50-200
Panjang	mm	10-60	10-40	1-5	2-6	-	60-260	1-5
Kekuatan Tarik	Mpa	330-585	345-1045	393-773	930	1800	400-1050	511-635
Modulus Elestisitas	Gpa	4.5-12.6	27.6-45	26.5	53	69-73	61.5	9.4-15.8
Massa Jenis	g/cm <sup>3</sup>	1.5-1.54	1.43-1.52	1.44-150	1.5	2.5	1.5-1.6	1.16-1.5
Regangan Maksimum	%	7-8	2.7-3.2	1.5-1.8	1.6	2.5-3.0	3.6-3.8	2.0-2.5
Spesifik Kekuatan Tarik	km	39.2	7.38	52.5	63.2	73.4	71.4	43.2
Spesifik Kekakuan	km	0.85	3.21	1.80	3.60	2.98	4.18	1.07

## 2.7. Pengujian *Bending*

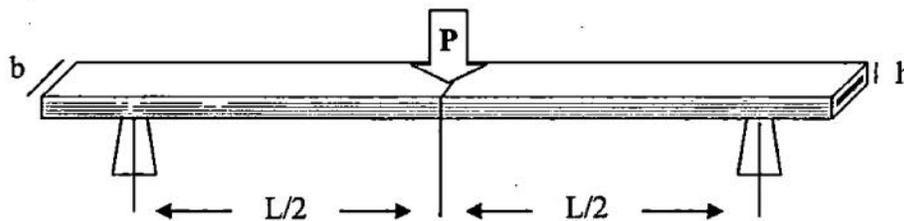
Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan (Herakovich,1997).

Akibat Pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material

komposit kekuatannya lebih tinggi dari pada kekuatannya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan *three point bending* (ASTM D 790 - 02), untuk lebih jelasnya ditampilkan pada gambar 2.1 spesimen uji *bending* dan gambar 2.2 metode pengujian *bending* komposit.



Gambar 2.1 spesimen uji *bending* (ASTM D 790 - 02)



$$L = 16 \times \text{Tebal Komposit}$$

Gambar 2.2. Metode pengujian *bending* komposit (ASTM D 790 - 02)

Keterangan gambar :

- P = Beban yang diberikan (kg)
- L = Panjang Spesimen (mm)
- b = Lebar Spesimen (mm)
- h = Tebal Spesimen (mm)

Pengujian *bending* komposit yang dilakukan mengacu pada standar ASTM D 790 - 02. Ketentuan *bending* komposit dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :  $\sigma_f$  = Kekuatan *bending* (kg/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum yang diberikan pada spesimen (kg)

L = Panjang Spesimen (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

Modulus elastisitas

$$E_B = L^3 m / 4bh^3 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

$E_B$  = Modulus elastisitas *bending* (kg/mm<sup>2</sup>)

L = Panjang Spesimen (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

### 2.8. Pengujian *Buckling*

*Buckling* / tekuk merupakan modus kegagalan yang ditandai oleh kegagalan tiba-tiba bagian struktur / spesimen yang terkena tekanan tinggi yaitu tekanan kompresi, dimana kompresi sebenarnya terjadi stress pada titik kegagalan / titik yang mengalami tekuk / *buckling* . Modus kegagalan ini juga digambarkan sebagai kegagalan yang disebabkan karena ketidak stabilan elastis.

Bahan uji dan prosedur pengujian *buckling* bisa dilihat pada gambar 2.3 dan 2.4

Ketentuan *buckling* komposit dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

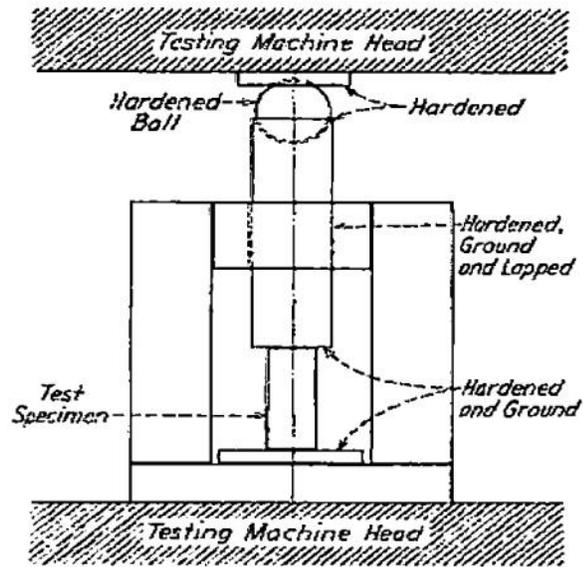
$\sigma_b$  = Kekuatan *buckling* (kg/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum yang diberikan pada spesimen (kg)

A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2.3. spesimen uji *buckling* (ASTM D 695 – 02a)



Gambar 2.4. Prosedur pengujian *buckling* komposit (ASTM D 695 – 02a).