

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

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 api sebesar 60 – 80 %. Disamping itu, karakteristik mekanik – dinamikanya juga meningkat pesat dibandingkan sebelum menambahkan lempung. Material organik lainnya seperti oksida boron (B_2O_3) dan oksida zirconium (ZrO_2) yang dikompositkan dengan *nylon*, PE dan PP menunjukkan hasil yang sama.

Peningkatan sifat mekanis komposit tersebut dapat ditingkatkan dengan dengan memberikan penambahan penguatan serat gelas acak maupun anyam. Menurut diharjo dkk. (HB X, 2002 – 2003) komposit GFRF (*Glass Fiber Reinforce Plastic*) yang dipertkuat kombinasi serat acak dan anyam pada $V_f = 25\%$ memiliki kuat tarik dan kekuatan impak masing – masing sebesar 82,75 MPa dan 0,1 joule/mm².

Diharjo dan firdaus (2006) juga telah mencoba menganalisis ketahanan nyala api komposit partikel *fly ash* 40% (w/w), komposit tersebut sudah tidak dapat terbakar. Uji kandungan toksid pada asap pembakaran komposit tersebut juga masih aman terhadap kelangsungan hidup tikus putih (mencit), yang digunakan sebagai hewan percobaan.

Kajian tersebut di atas menunjukkan bahwa ada titik temu peningkatan sifat mekanis komposit dan peningkatan ketahanan nyala api (*flame retardant/FR*) dengan penambahan bahan silikat dari bahan lempung (Diharjo dan Firdaus, 2006)

2.2. Pengertian Bahan 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. Material suatu struktur dapat dikelompokkan dalam empat katagori dasar, yaitu : logam, *polymer*, keramik dan komposit. Menurut Kaw (1997) komposit adalah struktur material yang terdiri dari kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Walaupun banyak material yang mempunyai dua atau lebih bahan dasar, material tersebut bukan disebut komposit jika kesatuan tersebut bukan dibentuk pada tingkat mikroskopik. Penggabungan material yang berbeda ini bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*), material penyusunnya tidak dapat diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat-sifat yang dapat diperoleh antara lain : kekuatan, kekakuan, ketahanan leleh, ketahanan *bending*, ketahanan korosi, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, isolasi konduktifitas (Jones,1975).

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

2.3. Klarifikasi Bahan Komposit

Klarifikasi komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklarifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klarifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti : (Schwartz,1984)

1. Klarifikasi menurut kombinasi material utama seperti *matal-*

2. Klarifikasi menurut karakteristik *bulk-form*, seperti system matrik atau *laminare*.
3. Klarifikasi menurut distribusi, seperti *continous* dan *discontinuous*.
4. Klarifikasi menurut fungsinya, unsur pokok, seperti elektrik atau structural

Sedangkan klarifikasi untuk komposit serat (*fiber-matrik composites*) dibedakan dalam beberapa macam antara lain:
(Schwartz, 1984 :16)

1. *Fiber composites* (komposit serat) adalah gabungan antara serat dengan matrik.
2. *Flake composites* adalah gabungan serpih rata dengan matrik.
3. *Particulate composites* adalah gabungan partikel dengan matrik.
4. *Filled composites* adalah gabungan *matrik continous skeletal* dengan matrik yang kedua
5. *Laminar composites* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina

Secara umum bahan komposit partikel (*particulate composite*) terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak

2.3.1. Bahan Komposit Partikel

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*). Menurut definisinya partikelnya berbentuk-beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik

(*ceramic matrik composites*). Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Katalis

Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. 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 *curingnya*. 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).

b. Polimer

Polimer merupakan jenis resin termoset. Polimer mempunyai kegunaan yang luas dalam industri kimia teknik, listrik, mekanik, dan sipil sebagai bahan perekat, cat pelapis, dan benda-benda cetakan. Selain itu mempunyai kekuatan yang tinggi dan polimer juga mempunyai ketahanan kimia yang baik. Bahan polimer didapat dari PT. Justus Kimia Raya, Semarang. Polimer berbentuk cair dengan 2 campuran, satu epoksi hardener tipe general *porpose* (*polyaminoamida*), kedua epoksi resin tipe general *porpose* (*bispenola epichlorohidrin*), dengan perbandingan 1 : 1. Spesifikasi polimer yang digunakan dalam penelitian ini dicantumkan

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. Polimer juga banyak dipakai untuk pengecoran, pelapisan, dan perlindungan bagian-bagian listrik, campuran cat dan perekat. Polimer yang telah diawetkan mempunyai sifat-sifat daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik bahan ini dapat juga digunakan untuk membuat panel sirkuit cetak, tangki, dan cetakan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Polimer

Sifat-sifat	Satuan	Massa Tipikal
Massa jenis	Gram/cm ³	1,17
Penyerapan air (suhu ruang)	°C	0,2
Kekuatan tarik	Kgf/mm ²	5,95
Kekuatan tekan	Kgf/mm ²	14
Kekuatan lentur	Kgf/mm ²	12
Temperatur pencetakan	°C	90

Sumber : Pengetahuan Bahan Teknik 1982

c. Lumpur Lapindo Sidoarjo

Lumpur Lapindo berasal dari banjir lumpur panas yang keluar dari perut bumi dan mengandung bahan-bahan mineral yang biasa terdapat di alam. Berdasarkan hasil pemeriksaan pendahuluan lumpur panas Lapindo Sidoarjo diperoleh bermacam-macam kandungan kimia yang

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Lumpur Lapindo

Nama Material	Kandungan kimia (%)
SiO ₂	53.08
CaO	2.07
Fe ₂ O ₃	5.60
Al ₂ O ₃	18.27
TiO ₂	0.57
MgO	2.89
Na ₂ O	2.97
K ₂ O	1.44
SO ₂	2.96

2.4. Karakteristik Material Komposit

Sifat komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Chawla, 1987):

a. Massa komposit

$$m_c = m_f + m_l \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- m_c = massa komposit (gr)
- m_l = massa lumpur (gr)
- m_m = massa resin (gr)

b. Massa jenis komposit

$$\dots\dots\dots m_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

c. Volume komposit

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

Dimana:

- p = panjang material (cm)
- l = lebar material (cm)
- t = tebal material (cm)

d. Volume komposit

$$V_c = \left(\frac{m_f}{\rho_f} \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

2.5. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Pengujian tarik yang dilakukan mengacu pada ASTM D-638. Dari pengujian ini dapat diperoleh data kurva hubungan antara beban dan perpanjangan.

Besarnya tegangan tarik dan modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \text{ dan } E_c = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \dots\dots\dots (5)$$

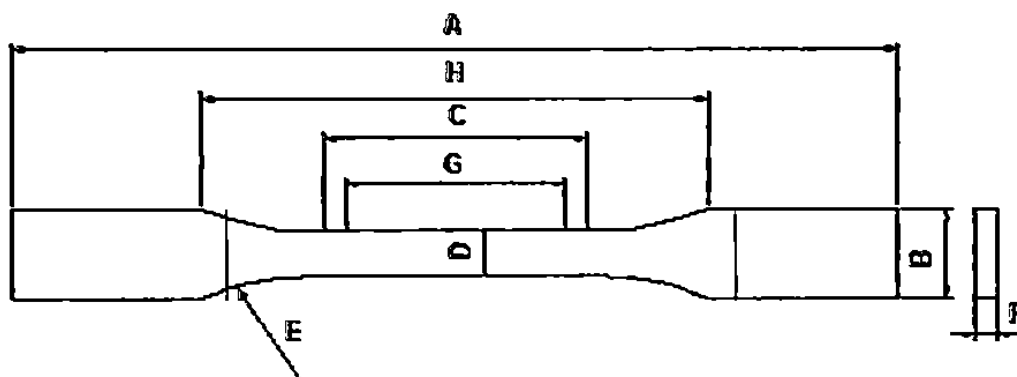
Dimana :

P = Beban yang diberikan tegak lurus terhadap spesimen (kg)

A = Luas Penampang (mm^2)

σ_c = Tegangan/*stress* (kg/mm^2)

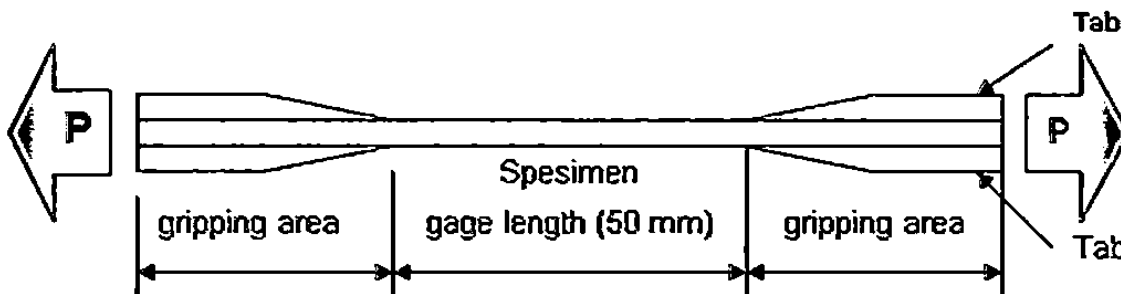
Besarnya *Strain*



Gambar 2.1. Spesimen uji tarik komposit (ASTM D 638)

Keterangan gambar :

A. Overall length	165 mm
B. Width at ends	$19 \pm 0,5$ mm
C. Length of narrow parallel portion	$57 \pm 0,5$ mm
D. Width of narrow parallel portion	$13 \pm 0,5$ mm
E. Radius of fillets	76 mm
F. Thickness	1-10 mm
G. Gauge length	$50 \pm 0,5$ mm
H. Distance between grips	115 ± 5 mm



Gambar 2.2. Metode pengujian tarik komposit (ASTM D-638)

2.6. 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.

Akibat Pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. 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*.

Pengujian *bending* komposit yang dilakukan mengacu pada standar ASTM D790. Kekuatan *bending* komposit dapat ditentukan dengan persamaan :

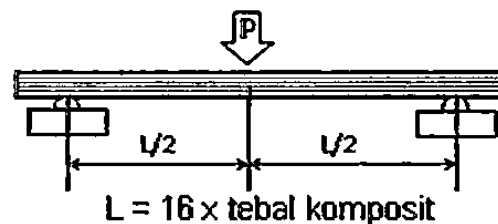
$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (6)$$

Jika defleksi maksimum yang terjadi lebih dari 10% dari jarak antar penumpu (L), kekuatan *bending*nya dapat dihitung dengan persamaan

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[1 + 4 \left(\frac{\delta}{L} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (7)$$



Gambar 2.3. Spesimen uji *bending* ASM D790



Gambar 2.4. Metode pengujian *bending* komposit ASTM D790

2.7. Pengujian Impak

Energi kejut/tumbukan (impak) yang disebabkan pada suatu bahan dapat dianalogikan dengan keuletan (*toughness*) dari bahan tersebut. Pengukuran yang dilakukan di laboratorium biasanya menggunakan uji *Charpy*. Prinsip dasar pengujian ini adalah ayunan beban yang dikenakan pada benda uji (spesimen). Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dihitung

langsung dari perbedaan energi potensial pendulum pada awal

(dijatuhkan) dan akhir (setelah menabrak spesimen). Untuk memastikan bagian spesimen yang patah, perlu dibuat takikan pada spesimen tersebut.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Tenaga Patah} = G \cdot R (\cos \alpha - \cos \beta) \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Harga Keuletan} = \frac{\text{Tenaga Patah}}{\text{Luas Penampang patahan}} \text{ Joule/mm}^2$$

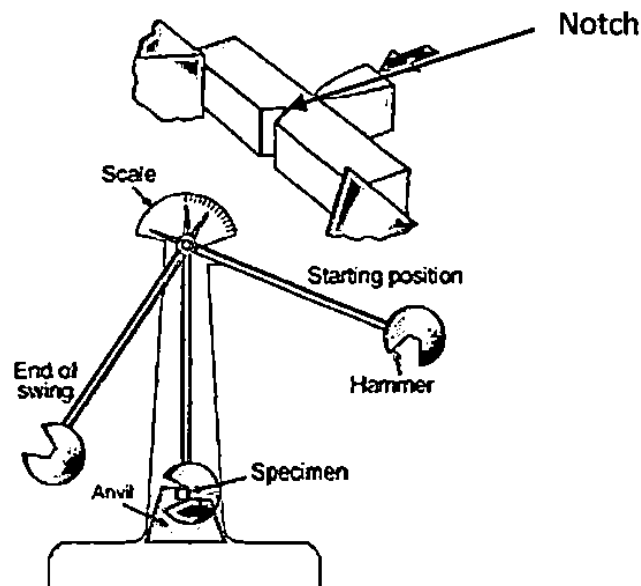
Dimana :

G = Berat pendulum (massa x g)

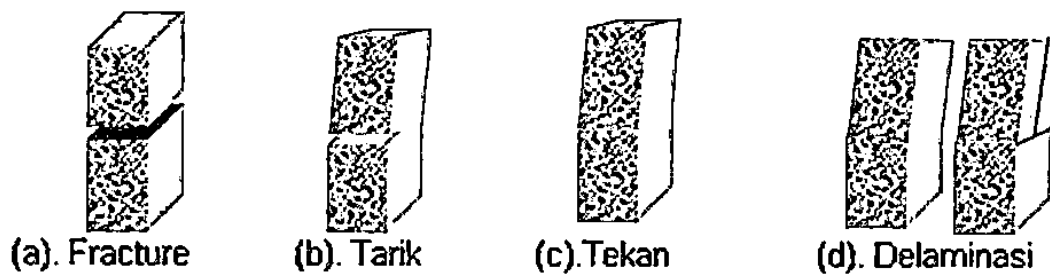
R = Radius pendulum (m)

α = sudut ayunan awal / sudut yang dibentuk pendulum tanpa beban
(benda uji)

β = sudut ayun akhir / sudut yang dibentuk pendulum mematahkan benda uji



Gambar 2.5. Metode pengujian impact Charpy ASTM D 605



Gambar 2.6. Karakteristik kegagalan akibat beban impact

Faktor yang mempengaruhi kegagalan material pada pengujian impact adalah :

1. *Notch*

Notch pada material akan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah yang lancip sehingga material lebih mudah patah. Selain itu *notch* juga akan menimbulkan *triaxial stress*. *Triaxial stress* ini sangat berbahaya karena tidak akan terjadi deformasi plastis dan menyebabkan material menjadi getas. Sehingga tidak ada tanda-tanda bahwa material akan mengalami kegagalan.

2. Temperatur

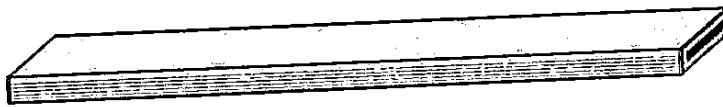
Pada temperatur tinggi material akan getas karena pengaruh vibrasi elektronnya yang semakin rendah, begitupun sebaliknya.

3. *Strainrate*

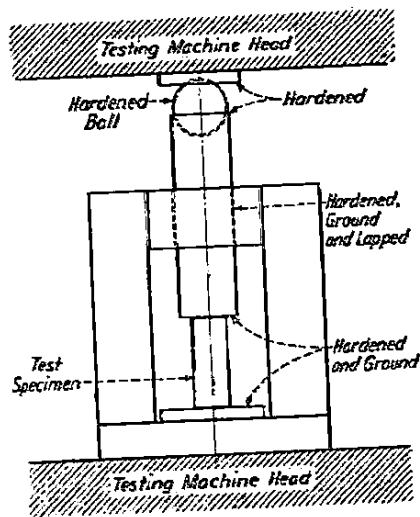
Jika pembebanan diberikan pada strain rate yang biasa-biasa saja, maka material akan sempat mengalami deformasi plastis, karena pergerakan atomnya (dislokasi). Dislokasi akan bergerak menuju ke batas butir lalu kemudian patah. Namun pada uji impact, strain rate yang diberikan sangat tinggi sehingga dislokasi tidak sempat bergerak, apalagi terjadi deformasi plastis, sehingga material akan mengalami patah transgranular, patahnya ditengah-tengah atom, bukan di batas

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 ketidakstabilan elastis.



Gambar 2.7. spesimen uji *buckling* komposit ASTM D 695



Gambar 2.8. Prosedur pengujian *buckling* komposit ASTM D 695