

## Pengaruh Jenis Penguat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Bermatrik Keramik Pada Beberapa Fraksi Volume

Diah Kusuma Pratiwi

Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI  
Jl. Raya Palembang Prabumulih km 32  
Inderalaya – OI  
E-mail : 08128246593

### Abstrak

Kemajuan teknologi saat ini menyebabkan kebutuhan yang lebih tinggi terhadap material yang mempunyai sifat yang lebih unggul pada kondisi tertentu, misalnya : temperatur tinggi dan lingkungan yang korosif. Salah satu pemecahannya adalah dengan menggunakan gabungan beberapa material untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik yang lebih unggul. Material ini adalah jenis komposit dengan campuran penguat tertentu.

Pada penelitian ini, digunakan komposit bermatrik keramik dari tanah liat dengan beberapa jenis penguat, yaitu : pasir, sekam padi, abu sekam padi, serbuk batu bara, dan abu terbang (fly ash). Penelitian dilakukan pada fraksi volume yang bervariasi dan dilakukan pengujian porositas, pengujian densitas, pengujian tekan, dan pengamatan struktur mikro.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa : porositas, terendah, yaitu pada: keramik dengan campuran abu sekam, sebanyak 14,05 %. Dan porositas tertinggi yaitu pada campuran batu bara, yaitu sebanyak : 25,548 %, densitas terendah adalah pada keramik dengan campuran sekam, yaitu :  $1,7 \text{ gr/cm}^3$ , dan tertinggi pada campuran abu, yaitu  $2,70 \text{ gr/cm}^3$ . Sedangkan tegangan tekan terendah ada pada , yaitu : campuran sekam, yaitu :  $0,16 \text{ kgf/mm}^2$ , dan tertinggi pada campuran abu terbang (fly ash), yaitu  $1,04 \text{ kgf/mm}^2$ . Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa : formasi abu lebih banyak dan tidak merata pada campuran sekam, sedangkan pada campuran abu, formasi abu lebih merata.

Kata Kunci : komposit, tanah liat, pasir, sekam padi, abu sekam padi, serbuk batu bara, dan abu terbang (fly ash)

### 1. Pendahuluan

Material komposit adalah gabungan dari beberapa material. Tujuan dari penggabungan material ini adalah untuk mendapatkan sifat yang lebih unggul, terutama pada kondisi yang khusus, misalnya pada temperatur tinggi. Terdapat beberapa kelompok material komposit, salah satunya adalah komposit dengan matriks keramik.

Komposit bermatrik keramik biasanya dipakai karena mempunyai sifat yang tahan beroperasi pada temperatur tinggi, bersifat sebagai isolator, dan mempunyai titik cair yang tinggi. Namun sifat material ini bersifat getas, mudah pecah, dan tidak kuat menahan beban tarik, namun kuat terhadap beban tekan. Oleh karena itu material ini dipadu dengan bahan lain yang akan memperbaiki sifatnya ini sesuai dengan kondisi operasinya nanti

Pada penelitian ini diteliti keramik dari bahan tanah liat yang dibuat sebagai matrik dan diberi penguat dari bahan komposit alam yaitu : pasir, sekam padi, abu sekam padi, dan abu terbang. Komposit ini akan digunakan sebagai tungku untuk peleburan aluminium.

### 2. Dasar Teori

Pada material komposit, matriks yang sering digunakan adalah keramik, logam, dan resin. Fungsi matriks adalah :

1. Memroteksi penguat dari abrasi dan impak
2. Mendistribusikan bahan penguat
3. Menentukan proses fabrikasi dan kekuatan tekan
4. Memberikan kekakuan pada struktur

Komposit bermatriks keramik atau Ceramic Matrix Composites (CMCs) merupakan kombinasi antara kristal metallic dan non metallic contohnya : tanah liat, glass, batuan mineral, dan refraktori. Sifat utama material komposit adalah :

1. Memiliki kekuatan tekan yang tinggi
2. Memiliki modulus elastisitas yang tinggi
3. Tahan terhadap temperature tinggi
4. Tahan terhadap lingkungan yang korosif
5. Konduktifitas thermal rendah
6. Konduktifitas listrik rendah

Matriks yang digunakan adalah tanah liat dan Penguat yang digunakan adalah : pasir, sekam padi, abu sekam padi, batu bara, dan abu terbang (Fly ash). Pasir yang digunakan adalah pasir yang mengandung silica.

## 2.a. Tanah liat

Tanah liat atau *clay* [4] adalah bahan baku yang murah, banyak terdapat dialam, dan mudah dibentuk. Tanah liat adalah alumina silikat, yaitu campuran  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  dengan air. Selain itu terdapat juga campuran barium, kalsium, natrium, barium, besi, dan zat-zat organic. Mineral yang paling banyak dalam tanah adalah kaolit ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ). Proses sinter pada temperature  $900 - 1484^\circ\text{C}$  akan menurunkan kadar air dan menyebabkan pengkerutan sebanyak 10 – 25 %. Namun sifat mekanik akan meningkat. Kekerasan setelah di sinter [3] adalah 6,5 sampai dengan 7 skala Mohs. Warna tanah liat sangat tergantung pada komposisi oksida yang dikandungnya.

## 2.b. Sekam Padi

Abu sekam padi [5] terbentuk setelah proses sinter. Abu ini berasal dari kulit atau sekam padi yang dihasilkan oleh proses penggilingan padi. Pada satu proses penggilingan dihasilkan 18-35 % sekam padi. Sekam padi mengandung silica sehingga sulit menyerap air, bersifat keras dan abrasive. Kandungan utama sekam padi adalah serat lignin dan abu. Sedangkan senyawa karbohidrat yang terdapat dalam sekam padi selulosa dan hemiselulosa dengan pentosan sebagai senyawa yang paling dominant.

Tabel 2.b.1 Komposisi kimia sekam padi

Senyawa	Komposisi (%)
Air	7,6-10,23
Protein	1,75-6,38
Lemak	0,5-3,5
Nitrogen	25-38
Serat	31-45
Abu	14,5-44
Pentosan	19,8-26
Selulosa	35-42

Akibat proses sinter sekam padi akan terbakar dan meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran. Kandungan sekam padi ditampilkan pada Tabel 5.2.2

## 2.c. Pasir

Senyawa yang paling banyak dikandung oleh pasir [3] adalah silica karena proses pembentukannya berasal dari batuan yang mengandung  $\text{SiO}_2$ . Pada umumnya pasir bercampur dengan lempung , feldspar (K, Na, Ca, Al, Silikat), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), ilmenit ( $\text{FeO}, \text{TiO}_2$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), mika, zircon ( $\text{ZrSiO}_4$ ) dan bahan-bahan organic. Ukuran butir pasir bervariasi dari 0,06 s/d 2 mm.

Tabel 2.b.2 Komposisi kimia abu sekam padi

Senyawa	Komposisi (%)
SiO <sub>2</sub>	87-97
K <sub>2</sub> O	0,58-2,5
Ka <sub>2</sub> O	0,0-1,8
CaO	0,2-1,5
MgO	0,12-2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0-0,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2-2,9
SO <sub>3</sub>	0,1-1,13
Cl	0,0-0,42

Tabel 2.c.1. Komposisi kimia pasir

Komposisi kimia	Nilai Minimum
SiO <sub>2</sub>	95 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 %
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,30 %
K <sub>2</sub> O	0,30 %
TiO <sub>2</sub>	0,30 %
kategori butir pasir	Ukuran (mm)
Kasar	3,35 – 0,50
Sedang	0,50 – 0,18
Halus	< 0,18

#### 2.d. Abu terbang (*fly ash*)

Abu terbang atau *fly ash* [6] merupakan limbah padat sisa pembakaran batubara dari PLTU dengan suhu pembakaran 1500 °C. Distribusi besar abu terbang adalah 0,002 – 0,3 mm.

Tabel 2.d.1. Komposisi kimia abu terbang

Senyawa	Komposisi (%)
SiO <sub>2</sub>	59,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,7
MgO	1,7
CaO	3,1
K <sub>2</sub> O	0,5
Na <sub>2</sub> O	2,5
TiO <sub>2</sub>	0,8
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4
SO <sub>3</sub>	-

Pembuatan komposit bermatriks keramik dengan penguat dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu :

1. Pengadukan (mixer)
2. Kompaksi
3. Sinter

Pengujian yang dilakukan adalah : tegangan tekan, densitas, porositas, dan analisa struktur mikro.

Standar yang digunakan untuk pengujian tekan adalah : ASTM D 2166-85. Tegangan tekan dihitung berdasarkan beban axial yang diberikan pada specimen pada luasan penampang tertentu. Regangan axial yang terjadi adalah :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Luas penampang dengan koreksi akibat perpendekan adalah :

$$A = \frac{Ao}{1 - \varepsilon}$$

Tegangan tekan yang terjadi pada benda akibat beban axial adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Standar pengujian untuk densitas dan porositas adalah ASTM C 373-88. Pengujian densitas diukur dengan menggunakan rumus sbb :

$$Densitas = \frac{BeratKering}{BeratKering - BeratDalamAir} \times \rho_{air}$$

$$Porositas = \frac{BeratBasah - BeratKering}{BeratKering} \times 100\%$$

Pengujian densitas adalah untuk mengetahui kerapatan komposit, dan sebaliknya pengujian porositas adalah untuk mengetahui persentase porositas yang terdapat dalam komposit. Porositas yang baik adalah 20 %, yang berguna untuk menghindari terjadinya shock thermal.

### 3. Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literature dan menyiapkan bahan untuk membuat specimen. Kemudian melakukan persiapan terhadap bahan-bahan yang dibutuhkan. Proses pembuatan specimen dilakukan secara manual hingga benar-benar rata. Lalu dilakukan kompaksi dengan menggunakan mesin uji tekan Universal Torsee Machine, yang dibuat di Tokyo tahun 1990. Spesimen di cetak dengan menggunakan cetakan logam sesuai dengan ukuran standard specimen uji tekan. Lalu dilakukan proses sinter dengan memasukan kedalam oven pada temperatur diatas 850 °C.

Pengujian tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan komposit terhadap beban tekan arah axial. Sedangkan dilakukan untuk mengetahui kerapatan material. Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui jumlah porositas prsatuan volume. Sedangkan pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui distribusi campuran secara mikro.

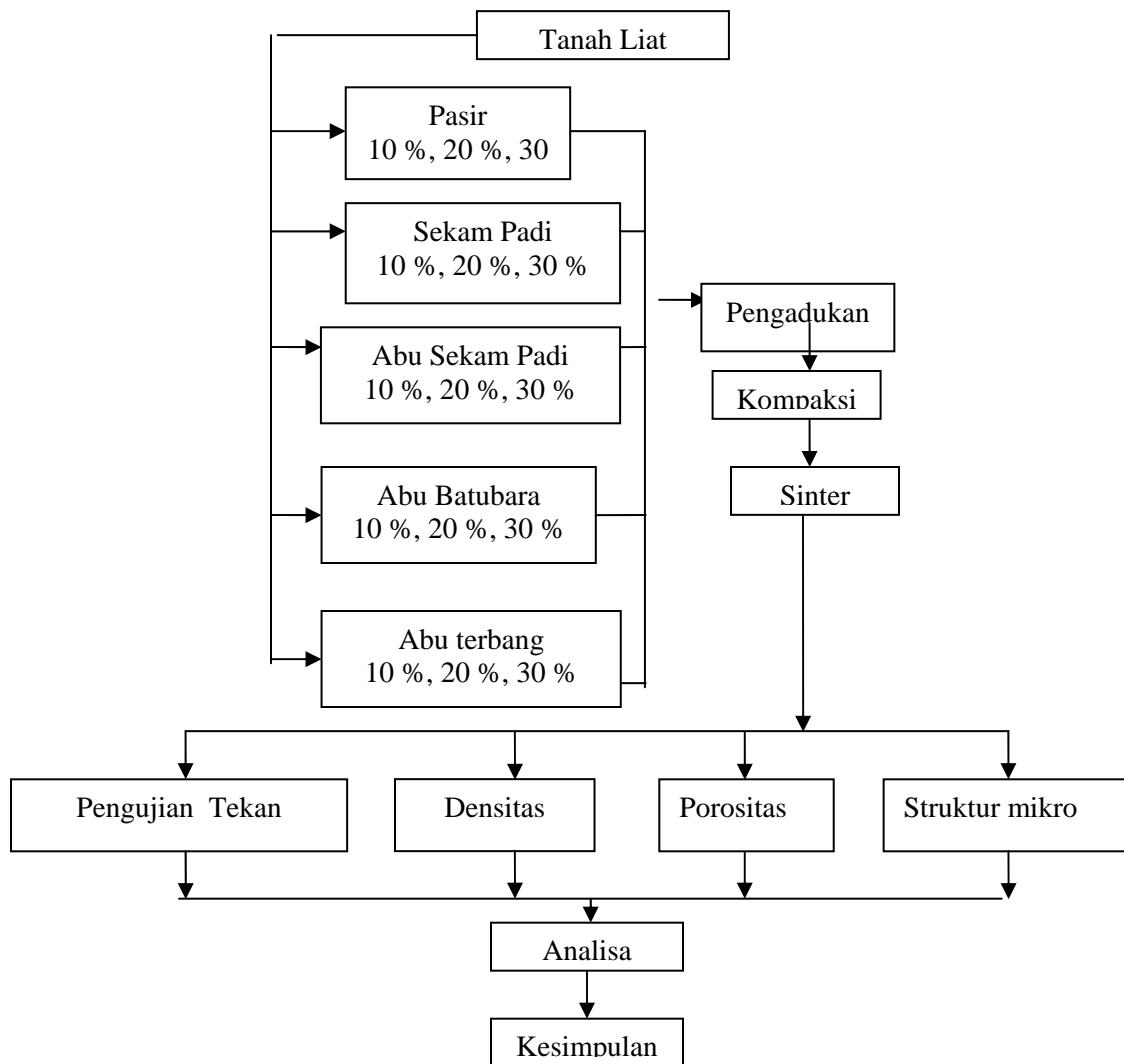
### 4. Analisa Data Dan Pembahasan

#### A. Analisa data

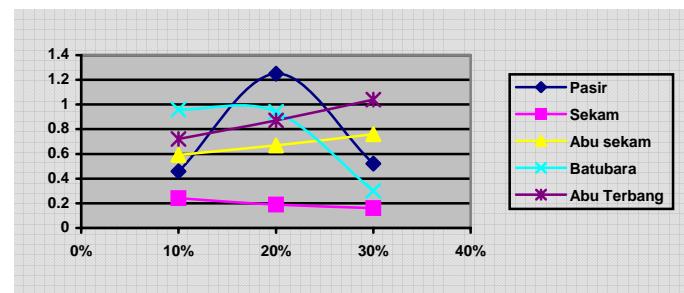
Hasil pengujian terhadap komposit bermatriks keramik dengan penguat pasir, sekam padi, abu sekam padi, serbuk batu bara, dan abu terbang dengan masing-masing komposisi 10 %, 20 %, dan 30 % dibandingkan dalam bentuk Grafik 4.1, 4.2, 4.3

#### A.1. Pengujian Tekan

Hasil pengujian tekan terhadap semua specimen ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



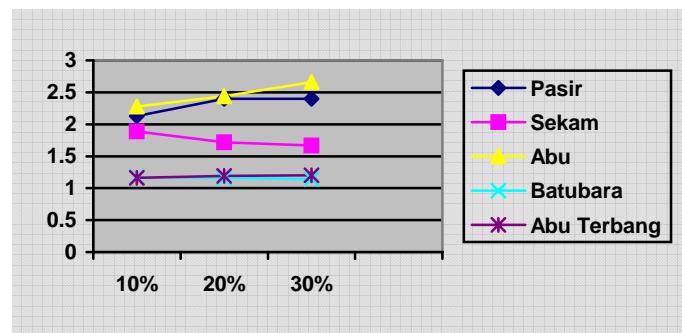
Gambar. 3.1. Diagram alir prosedur penelitian



Gambar 4.1. Grafik pengujian tekan

## A.2. Densitas

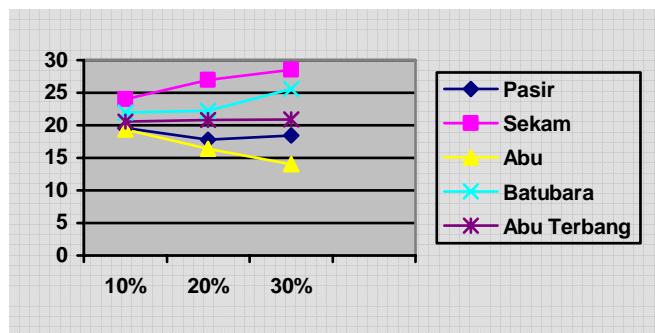
Hasil pengujian densitas terhadap semua specimen ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.2. Grafik pengujian densitas

### A.3. Porositas

Hasil pengujian porositas terhadap semua specimen ditunjukkan pada Gambar 4.3. berikut ini.



Gambar 4.3. Grafik pengujian porositas

### A.4. Struktur Mikro

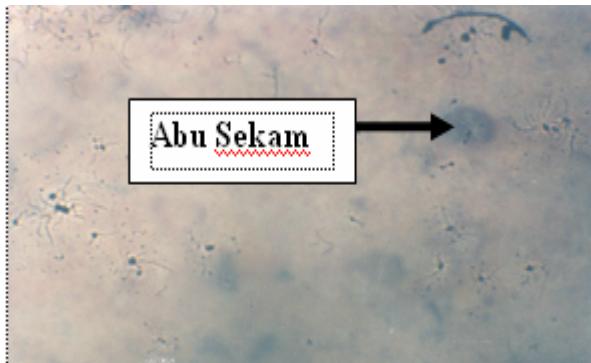
Hasil pengamatan struktur mikro terhadap semua spesimen ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.4. Struktur mikro Campuran tanah liat dan pasir (200x)



Gambar 4.5. Struktur mikro Campuran tanah liat dan sekam (200x)



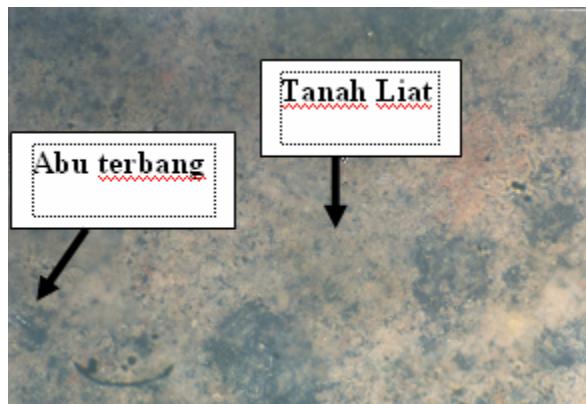
Gambar 4.6. Struktur mikro Campuran tanah liat dan abu sekam (200x)



Gambar 4.7. Struktur mikro Campuran tanah liat dan serbuk batubara (200x)

## B. Pembahasan

Data hasil pengujian tekan menunjukkan bahwa terjadi kenaikan dan penurunan yang significant pada campuran tanah liat dengan sekam, abu sekam, dan abu terbang. Semakin tinggi komposisi abu sekam dan abu terbang, kekuatan tekan cendrung naik, sedangkan semakin besar komposisi sekam, maka kekuatan tekan semakin turun. Sedangkan semakin tinggi komposisi pasir dan serbuk batu bara, maka cendrung untuk menurunkan kekuatan tekan.



Gambar 4.8. Struktur mikro Campuran tanah liat dan abu terbang (fly ash) (200x)

Data hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi abu sekam dengan pasir, maka densitas cendrung untuk naik, sebaliknya pada sekam yang semakin tinggi, densitas cendrung untuk turun. Pada campuran serbuk batu bara dan abu terbang, densitas cendrung konstan.

Data hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa porositas cendrung naik dengan meningkatnya komposisi pasir, sekam, dan serbuk batu bara. Sedangkan pada abu terbang, naiknya komposisi tidak begitu berpengaruh terhadap porositas. Semakin tinggi komposisi abu sekam maka porositas akan semakin rendah.

## **5. Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Kekuatan tekan yang paling tinggi adalah campuran antara tanah liat dan pasir, sedangkan yang paling rendah adalah campuran antara tanah liat dan sekam.
2. Kekuatan tekan pada campuran antara tanah liat dengan abu terbang, dan dengan abu sekam cendrung berbentuk linier dan menunjukkan bahwa semakin banyak campuran abu terbang atau abu sekam, maka bahan akan semakin kuat.
3. Sedangkan kekuatan campuran tanah liat dengan batu bara menurun pada jumlah komposisi batubara tertentu.
4. Kerapatan atau densitas yang tertinggi dicapai pada campuran antara tanah liat dengan abu sekam dan dengan pasir cendrung untuk menjadi yang tertinggi, sedangkan campuran dengan batu bara dan abu terbang berhimpit pada posisi yang terendah.
5. Campuran tanah liat dengan sekam padi menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi sekam, maka kerapatan campuran menjadi menurun.
6. Porositas tertinggi dicapai pada campuran antara tanah liat dengan sekam, sedangkan yang terendah adalah antara tanah liat dengan abu sekam.

Pengamatan struktur mikro menunjukkan distribusi dari masng-masing campuran. Pada campuran dengan sekam menunjukkan sekam menjadi butir-butir arang dalam matriks tanah liat. Sedangkan pada campuran dengan abu terbang menunjukkan butir butir silica dan abu yang terdistribusi dalam tanah liat.

## **7. Daftar Pustaka**

1. Mattehw, F.L., Rawlinj, R.d. 1994,"**Composite Material Engineering & Science**", Chapman & Hall, London
2. Chandrawan, David, Myrna Ariayati, 1999 "**Metallurgy Serbuk**", Depok
3. Sapoetra Karta,A.G. 1989 "**Terbentuknya tanah dan tanah pertanian**"
4. Ramadhan Adong, 2000 "**Pengujian Tanah Liat Untuk Tungku**", Yoyakarta
5. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 1988 "**Padi Buku 3**", Bogor
6. German, Randal, M, 1996"**Sintering Teory and Practice**", John Willey & Son, New York