

## ANALISA KEKUATAN MEKANIK DAN KETAHANAN FISIK KOMPOSIT GEOPOLIMER AKIBAT FRAKSI BERAT *CLAY-RIPOXY* SEBAGAI BAHAN INTERIOR OTOMOTIF

**Achmad Nurhidayat**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta (UNSA)

Jl. Raya Palur Km. 5, Surakarta - 57772

E-mail: achkunujang@gmail.com atau achmad\_nurhidayat@unsa.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan mekanik dan ketahanan fisik komposit geopolimer akibat fraksi berat *clay-ripoxy*, sehingga dapat mewujudkan material yang aplikasinya dapat diterapkan sebagai bahan interior otomotif. Metode penelitian ini diawali dengan menyiapkan bahan penelitian *clay* lokal, resin *ripoxy* R-802, katalis MEKPO dan promotor P-EX. Pembuatan spesimen dilakukan dengan metode cetak tekan. Variasi campuran *clay* dan *ripoxy* 10:90; 20:80 ; 30:70; 40:60 (w/w). Sebelum melakukan pencampuran dengan resin, *clay* dikalsinasi di dalam furnace selama 30 menit pada suhu 800 °C. Selanjutnya *clay* dicampur dengan resin *ripoxy* R-802 selama 3 menit. Komposit yang telah jadi di-postcure pada suhu 80 °C selama 2 jam. Sampel uji dilakukan pengujian bending dengan metode four point bending yang mengacu pada ASTM D 6272 dan pengujian bakar komposit dilakukan berdasarkan standard ASTM D-635. Indikator ketahanan bakar ditentukan dari data time of burning (TOB) dan rate of burning (ROB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kandungan *clay* menyebabkan peningkatan kekuatan bending dan menyebabkan peningkatan nilai TOB, tetapi menurunkan nilai ROB. Kesimpulannya penambahan *clay* mampu meningkatkan kekuatan bending optimal pada kandungan *clay* 20% (w/w) dan ketahanan bakar terbaik pada kandungan *clay* 40% (w/w). Komposit geopolimer *clay-ripoxy* terhadap kekuatan mekanik dan ketahanan fisik akibat fraksi berat berpotensi layak dipakai sebagai bahan interior otomotif.

**Kata kunci:** komposit, geopolimer *clay-ripoxy*, mekanik, fisik

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi komposit berkembang sangat pesat seiring meningkatnya kebutuhan dunia industri terhadap material dengan karakteristik sepadan dengan logam. Komposit telah dipakai di industri pesawat terbang lebih dari 40 tahun dan kini. Aplikasi komposit telah merambah ke industri lain seperti otomotif (misal: bodi mobil balap F1), olah raga (misal: raket tenis), perkapalan, industri minyak dan gas juga telah memakai komposit untuk membangun infrastrukturnya. Komposit memiliki kekuatan yang bisa diatur (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) yang tinggi dan tahan korosi, sehingga hanya komponen tertentu saja yang dibuat dari komposit (Gunawan dan Bambang, 2011).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh *Cornell University/National Institute of Standards and Technology* (NIST) menunjukkan bahwa komposit plastik-lempung dengan komposisi 90% : 10% (w/w), dapat mempertahankan diri dari kerusakan akibat pembakaran api sebesar 60-80%. Di samping itu, karakteristik mekanik-dinamiknya juga meningkat pesat dibandingkan sebelumnya tanpa lempung. Sifat *clay* yang merupakan material dengan kekakuan tinggi yang membatasi pergerakan molekul polimer menyebabkan meningkatnya nilai mekanik komposit (Widyatmaja, 2014).

*Ripoxy* R-802 *vinyl ester resin* adalah salah satu resin dikembangkan dan diterapkan awal yang dihasilkan oleh *Showa Highpolymer Co, Ltd*, diperoleh dengan memodifikasi dari *bisfenol A* resin *epoxy* dan industrialisasi produksi telah direalisasikan, dan seluruh proses dikontrol oleh DCS. *Ripoxy* R-802 *vinyl ester resin* memiliki kelebihan seperti tahan terhadap zat asam, air, ketahanan pelarut organik dan lain-lain dan dapat digunakan dalam bidang perlindungan dari reaksi kimia. *Vinyl ester* merupakan jenis resin yang mempunyai ketahanan mekanis yang lebih baik daripada jenis *polyester* (Justus, 2005).

Berdasarkan uraian tersebut di atas, studi tentang komposit geopolimer merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Penggabungan antara resin Ripoxy R-802 *vinyl ester* dan *clay* diharapkan akan menjadi suatu komposit yang memiliki sifat ringan, kuat, tahan api, dan cocok sebagai produk inovatif pengganti logam pada roket dan struktur kendaraan seperti *body*, panel interior, dan lantai. Keberhasilan studi ini akan menghasilkan inovasi teknologi tahan api/bakar yang kuat dengan memanfaatkan geomaterial *clay* yang potensial sebagai pengganti logam.

*Clay/Lempung* didefinisikan sebagai bahan anorganik alami yang utamanya terdiri dari mineral berbutir halus dengan ukuran partikel kurang dari 2  $\mu\text{m}$ . Mineral *clay* termasuk pada jenis kelompok lapisan mineral aluminosilikat, mengandung struktural gugus hidroksil yang termasuk dalam kelas *phylosilicates* (Maaloufa, 2016). *Clay* adalah istilah yang digunakan untuk sejenis lempung yang mengandung mineral *montmorillonite*. Pada tahun 1960 Billson mendefinisikan bentonit sebagai mineral lempung yang terdiri dari 85% *montmorillonite* dan mempunyai rumus kimia ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ). Nama *montmorillonite* ini berasal dari jenis lempung plastis yang ditemukan di Montmorillonite, Perancis pada tahun 1847 (Barleany, 2011).

Geomaterial lempung MMT (*Montmorillonite*) adalah segumpal tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk. Unsur penyusun utama lempung MMT adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Kandungan silika dan alumina memberikan sifat tahan api yang baik pada lempung MMT. Lempung MMT mempunyai kemampuan mengabsorpsi tinggi, memiliki sifat liat yang tinggi, berkerut jika dikeringkan dan butir-butirnya berkeping halus (Diharjo dkk, 2012).

Menurut Diharjo (2012), yang melakukan analisis pemilihan jenis partikel terbaik untuk pembuatan komposit partikel yang memiliki ketahanan api dan kekuatan mekanis yang tinggi, bahan yang digunakan meliputi *montmorillonite* genteng Sokka, FA, *clay* lokal Boyolali dan nanosilika sebagai pembanding, resin yang digunakan adalah *phenolic* tipe LP-1Q-EX. Partikel FA berbentuk bulat dan partikel serbuk genteng Sokka berbentuk campuran bulat dengan *amorf*, serta partikel *clay* lokal Boyolali berbentuk *amorf* serpih. Pada komposit SGS/*phenolic*, kandungan senyawa utama  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tinggi secara nyata mampu menghasilkan komposit dengan ketahanan waktu penyalaan terbaik (paling lama).

Penambahan *clay* pada komposit epoksi/*clay*/serat gelas dapat meningkatkan kekuatan impak dimana penambahan *clay* yang optimum dicapai pada 1% fraksi berat. Penambahan *clay* di atas 1% fraksi berat dapat menurunkan kekuatan impak dari komposit epoksi/*clay*/serat gelas. Sedangkan untuk sifat material terhadap ketangguhan retak tertinggi komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas dicapai pada 2% fraksi berat dan penambahan *clay* di atas 2% berat menurunkan ketangguhan retak (Sukarja, 2013).

Menurut Shi (2012), konduktivitas termal dan ketahanan api dari komposit *epoxy* dengan *filler* senyawa  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . *Filler*  $\text{Si}_3\text{N}_4$  memiliki pengaruh besar pada konduktivitas termal komposit, sedangkan *filler* ATH (*aluminium hydroxide*) dapat meningkatkan ketahanan api dari EMC (*epoxy molding compounds*). Kehadiran senyawa  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dan ATH sebagai *filler* di EMC (*epoxy molding compounds*) positif mempengaruhi konduktivitas termal dan ketahanan api. Kombinasi dari pengisi ditemukan untuk fraksi total volume pengisi dalam EMC (*epoxy molding compounds*) dari 60% dan rasio volume  $\text{Si}_3\text{N}_4$ :ATH (*aluminium hydroxide*) dari 3:2. Komposit ini memiliki konduktivitas termal dari 2.15W/m K, LOI (*limiting oxygen index*) dari 53,5 dan UL 94 (*underwriters laboratories*) pembakaran uji peringkat vertikal V-0.

Fraksi volume dan ukuran partikel komposit *polyester* resin berpenguat partikel genteng sangat berpengaruh pada sifat mekaniknya. Komposit dengan fraksi volume partikel 30% menghasilkan kekuatan lentur dan tarik yang lebih besar dari fraksi volume partikel 40% dan 50%. Pada ukuran partikel mesh 80-100 menghasilkan kekuatan ikatan/*bonding* antar partikel lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan luasan area *bonding* lebih luas dibandingkan dengan ukuran mesh 40-60 dan 60-80 (Siswanto, 2011).

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang dipakai adalah *clay*/tanah liat, resin *ripoxy*, Katalis, Promotor, *mirror glase wax*/FRP Wax. Peralatan yang digunakan *furnace*, timbangan digital, Oven listrik, cetakan kaca,

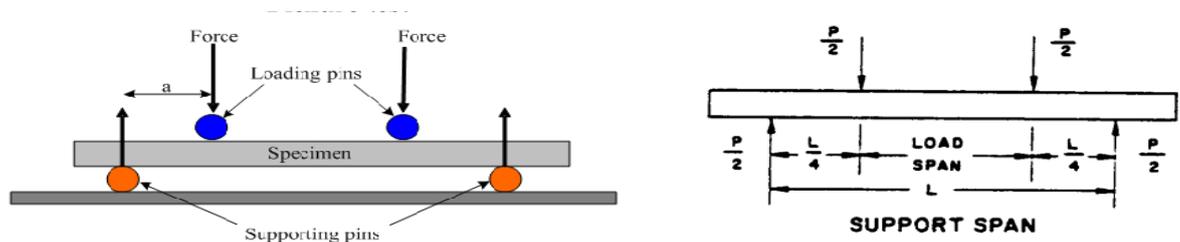
gelas kaca dan pengaduk, *universal testing machine* (UTM) type 4160 kapasitas 100 ton diproduksi *SANS testing machine, Co., Ltd*, dan alat uji bakar horizontal.

## 2.2. Pembuatan Spesimen Uji

Pembuatan spesimen *clay* dikalsinasi menggunakan *furnace* pada temperatur 800° C selama 30 menit, dan sebelum *Clay* di campur dengan resin *ripoxy* terlebih dahulu dikeringkan didalam oven dengan suhu 105 °C selama 45 menit. Resin *ripoxy* dicampur dengan promotor dan ditambah katalis 2,9% dari berat resin. Kemudian resin *ripoxy* yang telah tercampur dengan promotor dan katalis ditambahkan *clay* dengan variasi fraksi berat 10% - 40% dan dituang kedalam cetakan, diratakan dengan cara *hand lay up*.

## 2.3. Pengujian Ketangguhan Bending (ASTM D-6272)

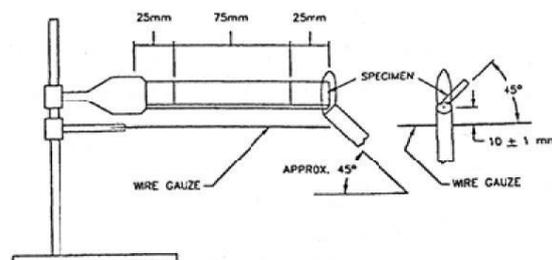
Pengujian bending mengacu pada standar uji yang digunakan yaitu bentuk spesimen uji *four-point bending* berdasarkan standar ASTM D-6272. Setiap spesimen diberi label dengan catatan jenis variasi untuk menghindari kesalahan pembacaan.



**Gambar 1. Pengujian *four point bending* komposit**  
Sumber: ASTM D-6272

## 2.4. Pengujian Bakar (ASTM D-635)

Pengujian bakar yang dilakukan sesuai dengan ASTM D-635. Dimensi spesimen berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 125 mm ± 0,2 mm, lebar 13 ± 0,2 mm dan tebal 3 ± 0,2 mm.



**Gambar 2. Skema pengujian *burning rate***  
Sumber: ASTM D 635

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tegangan bending komposit dapat diketahui setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan *metode four point bending*. Kekuatan *bending* komposit geopolimer ini juga dipengaruhi oleh komposisi partikel *clay*. Penelitian menunjukkan penambahan jumlah *clay* juga berpengaruh pada kekuatan *bending* dari komposit geopolimer, dan dapat memperkecil kekuatan *bending* pada penambahan partikel *clay* dengan jumlah yang banyak. Kumar (2010) meneliti penambahan partikel geomaterial berupa *fly-ash* untuk matriks mengakibatkan peningkatan kekuatan mekanik. Kekuatan *bending* komposit geopolimer *clay-ripoxy* ditunjukkan pada gambar 3., dibawah ini.

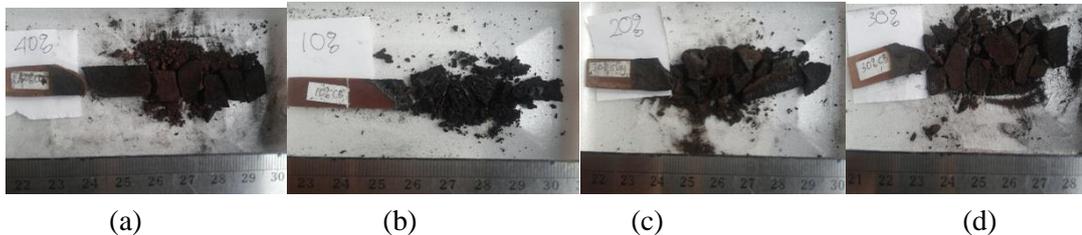
Dari hasil pengujian bending sebagaimana gambar 3., didapatkan kekuatan bending yang paling optimal terjadi pada dengan fraksi berat 20% *clay* yaitu sebesar 75,70 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan yang terendah adalah komposit dengan fraksi berat 10% *clay* sebesar 45,81 MPa. Rendahnya nilai kekuatan bending dikarenakan semakin tinggi fraksi berat partikel akan menyebabkan kurangnya kemampuan matrik untuk mengisi daerah antar butir. Penurunan kekuatan dengan penambahan

clay diyakini karena efek stres konsentrasi atau pembentukan antar muka yang lemah (Andhika, 2012).



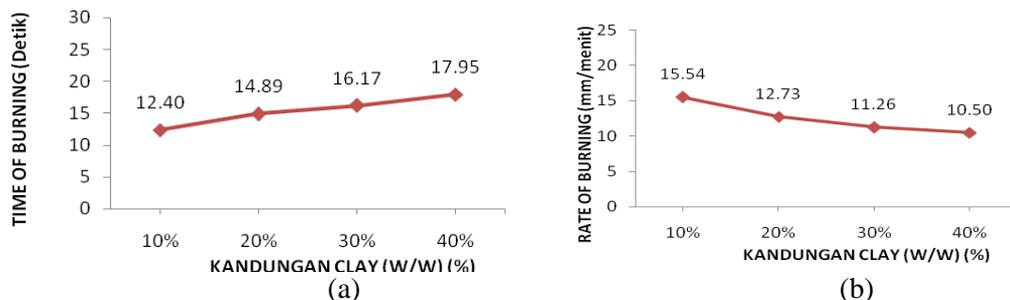
Gambar 3. Kekuatan *bending* komposit geopolimer

Pengujian bakar yang dilakukan telah memperoleh hasil berupa data dan grafik yang dibagi menjadi 2, yaitu grafik pengaruh fraksi berat clay terhadap *time of burning* dan *rate of burning* komposit geopolimer. Pada pengujian *burning rate* komposit clay-ripoxy R-802 material yang terbakar (*combustible species*) adalah ripoxy R-802. Komposit uji dengan penambahan fraksi berat clay nampak adanya pengelompokan material yang tidak terbakar dan semakin besar seiring dengan penambahan fraksi berat clay, hal ini ditunjukkan oleh perbedaan sisa spesimen setelah pengujian *burning rate* pada gambar 4a sampai 4d.



Gambar 4. Spesimen uji setelah pengujian *burning rate* dengan fraksi berat clay (a) 10%, (b) 20%, (c) 30%, dan (d) 40%

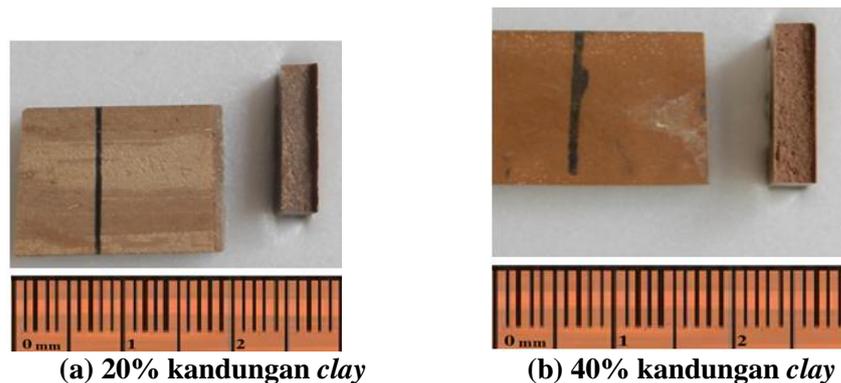
Pembakaran merupakan proses yang melibatkan reaksi kimia antara material yang dapat terbakar (*combustible species*) dan oksigen. Api merupakan fenomena dalam fase gas, sehingga pembakaran dengan nyala api pada suatu material harus didahului oleh proses perubahan fase material menjadi fase gas. Proses dekomposisi material *thermosetting* dapat menghasilkan *volatile* dengan berat molekular rendah yang dapat melayang dari permukaan komposit dan memasuki api (Hartanto, 2008). Penambahan fraksi berat serbuk clay ke dalam komposit berdampak pada pengurangan fraksi berat ripoxy R-802 yang merupakan jenis matriks *thermosetting* sehingga pembentukan *volatile* semakin berkurang. Hal tersebut berakibat pada semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh komposit untuk dapat terbakar yang ditandai dengan meningkatnya nilai *time to ignition* pada pengujian *burning rate* clay-ripoxy R-802 seiring meningkatnya presentase fraksi berat clay dalam matriks ripoxy R-802.



Gambar 5. Kurva pengaruh fraksi berat clay terhadap (a) *time of burning* dan (b) *rate of burning*

Dari hasil pengujian bakar pada gambar 5, didapatkan nilai tertinggi TOB adalah 17,95 detik dengan variasi kandungan *clay* 40% (w/w). Nilai TOB tinggi menunjukkan penyalaan api pada komposit membutuhkan waktu yang lama. Gambar 5a dapat diamati bahwa setiap kandungan *clay* sampai 40% (w/w) memperlihatkan garis kurva yang meningkat. Ini berarti semakin banyak kandungan *clay*, maka nilai TOB semakin meningkat pula. Gambar 5b menunjukkan nilai terendah ROB adalah 10,50 mm/menit dengan variasi kandungan *clay* 40% (w/w). Nilai ROB rendah menunjukkan rambatan api pada komposit membutuhkan waktu yang lama. Gambar 4b menunjukkan bahwa pada kandungan *clay* 40% (w/w) memperlihatkan garis kurva yang menurun. Ini berarti semakin banyak kandungan *clay*, maka nilai ROB semakin menurun.

### Pengujian Foto Mikro



(a) 20% kandungan *clay* (b) 40% kandungan *clay*  
**Gambar 6.** Foto penampang patahan komposit geopolimer *clay-ripxy*

Gambar 6(a), nampak bentuk permukaan patah komposit dimana pada partikel *clay bonding*, terlihat pada matrik yang menempel pada permukaan partikel *clay*. Kekuatan mekanik komposit juga dipengaruhi *adhesi* antar muka antara matrik dan partikel *clay* juga kemampuan matrik mengisi daerah antar butir. Gambar 6(b), menunjukkan permukaan patah matrik *ripxy* dengan karakteristik material yang mengalami kerapuhan. Keleluasaan kemampuan matrik untuk mengisi daerah antar butir semakin kecil, hal ini menyebabkan menurunnya daya ikatan antar matrik pada kandungan 40% (Andhika, 2012).

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan penambahan fraksi berat *clay* mampu meningkatkan kekuatan *bending* optimal pada kandungan *clay* 20% (w/w) dan ketahanan bakar terbaik pada kandungan *clay* 40% (w/w).

### DAFTAR PUSTAKA

- Andhika, A. (2012), Pengaruh Kandungan Partikel Terhadap Kekuatan *Bending* dan Impak Komposit Geopolimer *Fly ash-Ripoxy*. UNS Press. Surakarta.
- ASTM D 635-98 standards. (1998), *Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position*. New York.
- ASTM D 6272-00-98 standards. (1998), *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending*, New York.
- Anonim, (2005), *Technical Data Sheet Ripoxy Resin*. Showa Highpolymer Co., LTD, Japan.
- Diharjo, K., Purwanto, A., Nasir, S.J.A., Jihad, B.H., Saputro, Y.C.N., dan Priyanto, K. (2012), Sifat Tahan Api dan Kekuatan Bending Komposit Geopolimer: Analisis Pemilihan Jenis Partikel Geomaterial. *Proceeding Intensif Riset Nasional*, pp. 67-32.
- Shi, Z., Fu, R., dan Zhao, W. (2012), *Thermal Conductivity and Fire Resistance of Epoxy Molding Compounds Filled with  $Si_3N_4$  and  $Al(OH)_3$* . *Materials and Design* 34: 820–824.
- Sukarja, Hibertus. (2013), Pengaruh Penambahan Clay Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Epoksi/Serat gelas. Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45. Yogyakarta.

- Siswanto,. Diharjo, K. (2011), Pengaruh Fraksi Volume dan Ukuran Partikel Komposit Polyester Resin Berpenguat Partikel Genting Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending. *Politekonosains X* No. 2 : 91-99.
- Widyatmaja, D.M., Raharjo W.W., Sukanto, Heru. (2014), Pengaruh Suhu Pencampuran Terhadap Kekuatan Tarik dan *Fracture Toughness Epoxy Resin-Organoclay Montmorillonite* Nanokomposit. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.