

SEMINAR NASIONAL-1 BMPTTSSI - KoNTekS 5 Universitas Sumatera Utara, Medan - 14 Oktober 2011

REKAYASA MATERIAL RINGAN BAHAN KOMPOSIT GEOPOLIMER SERAT GELAS – LUMPUR LAPINDO – POLIESTER

As'at Pujianto

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lingkar Barat Tamantirto Kasihan Bantul
Yogyakarta

Email : pujiantoasat@umy.ac.id / pujiantoasat@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu prinsip agar bangunan tahan gempa adalah dengan cara membuat bangunan ringan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan material ringan, yaitu dengan cara mengganti material konvensional menjadi material komposit yang memiliki kekuatan, ketahanan panas dan lentur tinggi, diantaranya adalah komposit geopolimer serat gelas – lumpur lapindo – poliester, yang dapat dibuat menjadi material konstruksi seperti genteng, kuda-kuda, profil komposit, dan lain-lain. Bahan utama penelitian adalah serat E-glass acak, lumpur Lapindo Sidoarjo dan poliester. Tahapan awal penelitian adalah optimasi sifat fisis-mekanis bahan komposit partikel lumpur-poliester, dengan variasi fraksi berat lempung sekurang-kurangnya 10%. Campuran lumpur-poliester tersebut digunakan sebagai bahan matrik geopolimer pengikat penguat serat gelas. Tahap selanjutnya adalah optimasi sifat mekanis komposit serat gelas-lumpur-poliester, dengan variasi kandungan serat 10-50%. Pembuatan sampel uji komposit dilakukan dengan metode cetak tekan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian mekanis dan fisis. Hasil riset menghasilkan optimasi sifat fisis-mekanis komposit lumpur-poliester (matrik) sebesar 40% lumpur dan 60% poliester, dan optimasi sifat fisis-mekanis komposit serat gelas-lumpur-poliester sebesar 50% serat dan 50% matrik, dengan tegangan tarik sebesar 9,77 MPa, buckling sebesar 27,83 MPa, dan tegangan lentur sebesar 147,64 MPa.

Keyword : poliester, lumpur, tarik, bending, buckling.

1. PENDAHULUAN

Gempa Bumi merupakan suatu fenomena alam yang tidak dapat dihindari, tidak dapat diramalkan kapan terjadinya, dimana, dan berapa besarnya. Mengingat negara Indonesia termasuk wilayah yang berisiko tinggi, maka pengetahuan tentang gempa bumi perlu terus diperdalam dan dikembangkan, bukan saja hanya pada bangunan struktur, tetapi juga untuk bangunan non struktural seperti rumah hunian atau tempat tinggal. Terdapat tiga prinsip utama untuk membuat bangunan tahan gempa. Pertama, memperkuat bangunan terutama pada sambungan sehingga bangunan dapat selamat dari kehancuran meski harus berubah bentuk pada saat terjadinya gempa. Kedua, memperingan bangunan sehingga gaya gempa yang bekerja menjadi lebih kecil. Ketiga, memberi peredam, sehingga meski tanah mengalami percepatan, namun percepatan itu tidak diteruskan ke bangunan di atasnya. Prinsip yang kedua tersebut yang akan dicoba dikembangkan didalam penelitian ini, yaitu memperingan bangunan dengan menggunakan bahan komposit yang memiliki kekuatan, ketahanan lentur, dan ketahanan panas tinggi, yaitu geopolimer serat gelas – lumpur lapindo – poliester. Berkaitan dengan hal tersebut, berdasarkan hasil penelitian-penelitian pendahuluan diketahui bahwa pemakaian lempung sebagai bahan komposit dapat mengantisipasi kemungkinan kerusakan akibat panas (*flame retardant*) (Diharjo, 2006). Tujuan utama dari penelitian ini adalah : Menghasilkan teknik pengolahan dan karakterisasi lumpur (penghancuran, pemanasan, kadar air, *meshing*, bentuk butir, dan komposisi unsur) sebagai bahan komposit geopolimer. Disamping itu menghasilkan komposisi campuran serat gelas- lumpur – poliester yang memiliki sifat paling optimum.

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. Menurut Kaw (1997) komposit adalah struktur material yang terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika.

Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis.

Sedangkan menurut Diharjo dan Triyono (2003) 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. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri yang diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti : kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan pengisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

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

3. POLIESTER

Poliester (polimer) merupakan jenis resin termoset. Poliester 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, poliester juga mempunyai ketahanan kimia yang baik.

Produk poliester kebanyakan merupakan kondensat dari isfenol dan epiklorhidrin. Poliester dengan pengeras dan menjadi unggul dalam kekuatan mekanis dan ketahanan kimia. Sifatnya bervariasi bergantung pada jenis, kondisi dan pencampuran dengan pengerasnya. Poliester juga banyak dipakai untuk pengecoran, pelapisan, dan perlindungan bagian-bagian listrik, campuran cat dan perekat. Poliester 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. Karena poliester tahan aus dan tahan kejutan, bahan ini kini banyak digunakan untuk membuat cetakan tekan untuk pembentukan logam.

4. DUKUNGAN KETERSEDIAAN LUMPUR LAPINDO

Tragedi 'Lumpur Lapindo' yang dimulai pada tanggal 27 Mei 2006, menjadi suatu tragedi ketika banjir lumpur panas mulai menggenangi areal persawahan, pemukiman penduduk dan kawasan industri. Volume lumpur diperkirakan sekitar 5.000 hingga 50 ribu meter kubik perhari. Akibatnya, semburan lumpur ini membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur : genangan, evakuasi warga, rusaknya rumah/tempat tinggal, rusaknya areal pertanian dan perkebunan, lebih dari 15 pabrik yang tergenang menghentikan aktivitas produksi dan merumahkan lebih dari 1.873 orang, tidak berfungsinya sarana pendidikan, rusaknya sarana dan prasarana infrastruktur (jaringan listrik dan telepon), terhambatnya ruas jalan tol Malang-Surabaya yang berakibat pula terhadap aktivitas produksi di kawasan Ngoro (Mojokerto) dan Pasuruan yang selama ini merupakan salah satu kawasan industri utama di Jawa Timur. Lumpur tersebut juga berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Kandungan logam berat (Hg), misalnya, mencapai 2,565 mg/liter Hg, padahal baku mutunya hanya 0,002 mg/liter Hg. Hal ini menyebabkan infeksi saluran pernapasan, iritasi kulit dan kanker. Kandungan fenol bisa menyebabkan sel darah merah pecah (hemolisis), jantung berdebar (cardiac aritmia), dan gangguan ginjal. Selain perusakan lingkungan dan gangguan kesehatan, dampak sosial banjir lumpur tidak bisa dipandang remeh.

5. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Secara keseluruhan fokus utama penelitian ini adalah pemanfaatan lumpur lapindo sebagai bahan pembuatan material struktural maupun non struktural. Rancangan penelitian dikelompokkan dalam tiga tahapan utama, yaitu : eksplorasi sifat bahan terhadap karakteristik lumpur lapindo, pengujian model di laboratorium, dan pembuatan model prototipe seperti partisi, genteng, profil, dan rangka atap.

Bahan Baku Serat Gelas dan Poliester

Jenis serat E-glass yang digunakan tipe *chopped strand mat*/CSM (acak) dan *woven roving*/WR dengan density 300 gr/m², yang diperoleh dari Taiwan Glass Ind. Corp. Serat gelas *chopped strand mat* disusun dari serat E-glass dengan panjang 3,2 – 50 mm yang ditaburkan di atas *belt konveyor* dengan orientasi acak kemudian diikat oleh pengikat organik (*polyvinil acetat*) untuk menghasilkan ikatan longgar *mat* terbuka yang siap dituangi polimer. Diameter serat gelas adalah $\pm 20 \mu\text{m}$.

Bahan poliester didapat dari PT. Justus Kimia Raya, Semarang. Poliester berbentuk cair dengan 2 campuran, satu epoksi herdener tipe general porpose (polyaminoamida), kedua epoksi resin tipe general porpose (bispenola epichlorohidrin), dengan perbandingan 1 : 1. Spesifikasi polimer yang dipergunakan dalam penelitian ini dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Poliester

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

Perlakuan Bahan Baku Lumpur Lapindo SIDOARJO & Pengujiannya

Pada penelitian ini lumpur lapindo yang digunakan dilakukan pengeringan dan penghancuran dengan menggunakan mesin penghancur kopi sebagaimana yang telah dilakukan oleh (Soekrisno dkk, 2007) dalam menghancurkan lempung. Bubuk lumpur tersebut dikarakterisasi awal, yaitu dengan pemanasan dan dilanjutkan pengayakan (*meshing*). Ukuran butir bubuk lempung yang digunakan adalah yang melewati mesh 200 (atau grain size < 0,075 mm). Untuk menghilangkan berbagai bahan pelarut dan unsur lain yang merugikan seperti C dan Sulfur, bubuk lumpur dipanaskan pada suhu 800°C selama 4 jam. Pengujian fisis yang dilakukan adalah uji fisis bentuk partikel, uji kandungan unsur kimia, dan karakterisasi uji reduksi kadar air. Kurva karakteristik reduksi kandungan air dengan waktu pemanasan pada suhu 100°C merupakan acuan utama tahapan pemanasan bubuk lumpur ketika akan digunakan dalam proses pencetakan komposit. Kurva ini sangat penting karena sifat bubuk lumpur yang mudah menyerap air. Pengujian dan acuan yang dipergunakan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi sampel uji komposit geopolimer.

Sampel Uji	Acuan Uji	Bentuk	Dimensi (mm)
Uji Tarik Statis	ASTM D 638	Plat segiempat	P = 50, L = 13, t = 3
Uji Bending (statis-dinamis)	ASTM D 790	Plat segiempat	P = 16x t + 20, L = 12.7, t = 3
Uji Impak Izot	ASTM D 5941	Plat segiempat	P = 63, L = 12.7, t = 3
Uji Buckling	ASTM D 695	Plat segiempat	P = 200, L = 10, t = 3
Uji Ketahanan Panas/ Nyala Api	JIS	Plat segiempat	P = 100, L = 25, t = 3

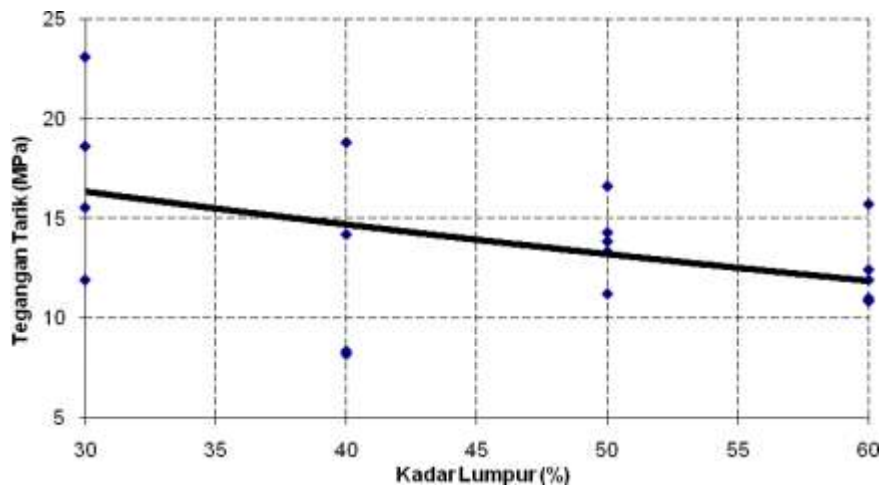
6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik Lumpur-Poliester

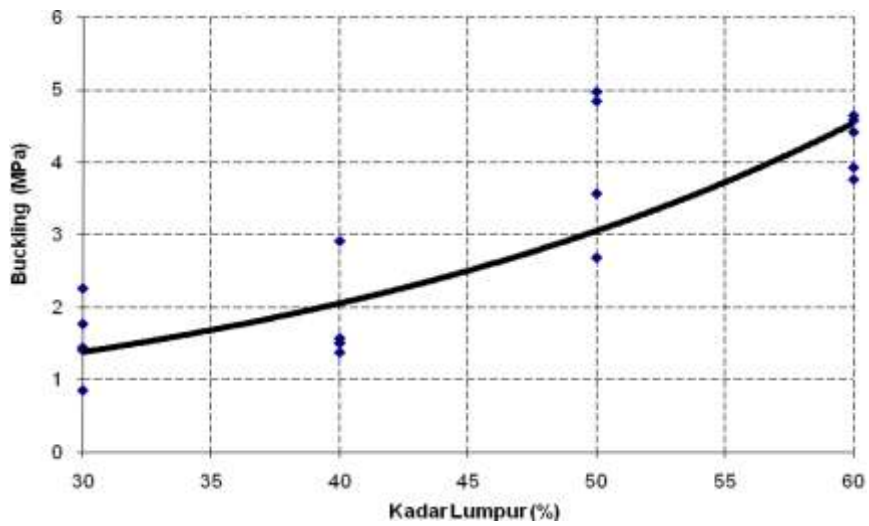
Hasil pengujian tarik komposit lumpur-poliester dapat dilihat Gambar 1. Berdasarkan gambar 1. tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur tegangan tariknya semakin menurun. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya penambahan lumpur ikatan antar partikel semakin berkurang, sehingga mengakibatkan semakin menurunnya kekuatan tarik.

Hasil Uji Buckling Lumpur- Poliester

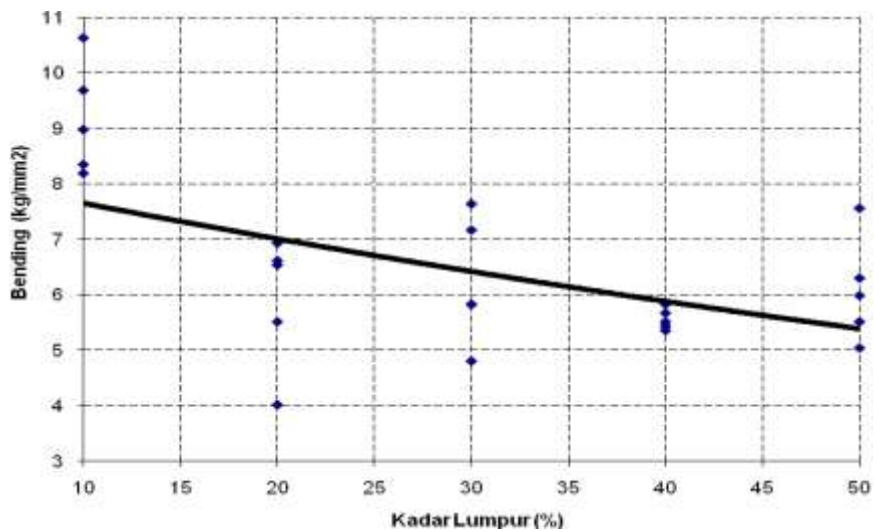
Hasil pengujian buckling komposit lumpur-poliester dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur buckling yang terjadi semakin meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar lumpur kepadatan poliester semakin meningkat, hal tersebut diakibatkan adanya pori-pori pada poliester terisi oleh partikel lumpur.



Gambar 1. Hasil Uji Tegangan Tarik Lumpur – Poliester



Gambar 2. Hasil Uji Buckling Lumpur – Poliester



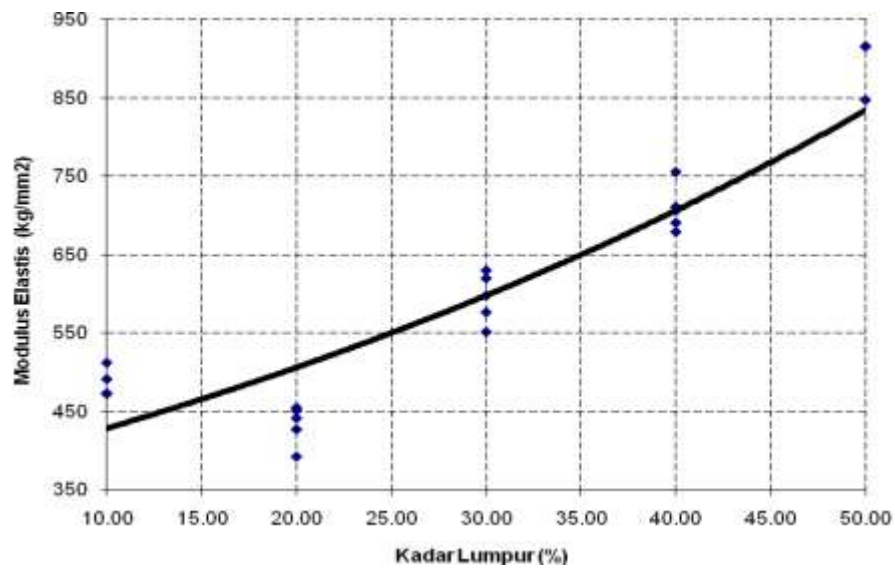
Gambar 3. Hasil Uji Bending Statis Lumpur – Poliester

Hasil Uji Tegangan Lentur/Bending Lumpur- Poliester

Hasil pengujian tegangan lentur/bending komposit lumpur-poliester dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan gambar 3 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur tegangan lentur/bending yang terjadi semakin menurun. Menurut teori pada struktur lentur yang didukung oleh sendi di ujung-ujungnya terdapat tegangan tarik pada bagian bawah dan tegangan desak bagian atas. Pada kondisi ini bagian yang paling lemah adalah pada bagian bawah atau bagian tariknya sehingga mengakibatkan menurunnya kekuatannya, sesuai dengan uji tarik.

Hasil Uji Modulus Elastis Lumpur- Poliester

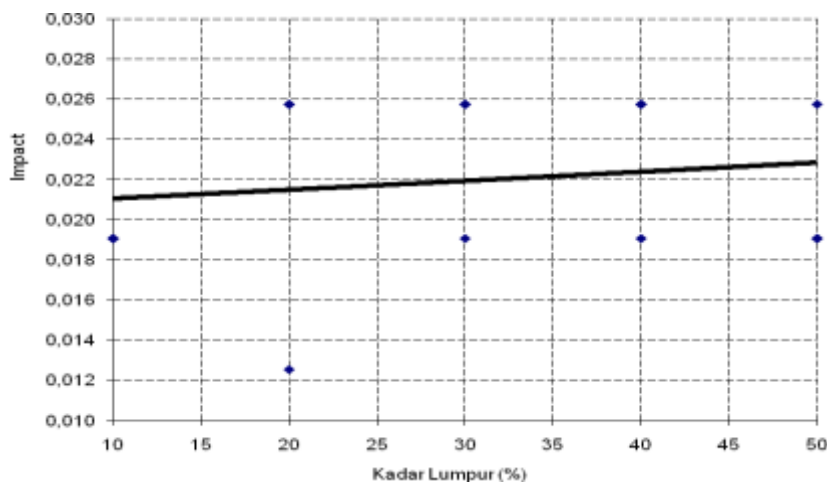
Hasil pengujian modulus elastis komposit lumpur poliester berupa tegangan desak dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan gambar 4. tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur modulus elastis yang terjadi semakin meningkat, kondisi tersebut menunjukkan bahwa lumpur pada poliester dapat meningkatkan elastisitas.



Gambar 4. Hasil Uji Modulus Elastis Lumpur – Poliester

Hasil Uji Impact Lumpur- Poliester

Hasil pengujian impact komposit lumpur-poliester berupa impact dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar 5. tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur nilai impact yang terjadi semakin meningkat.

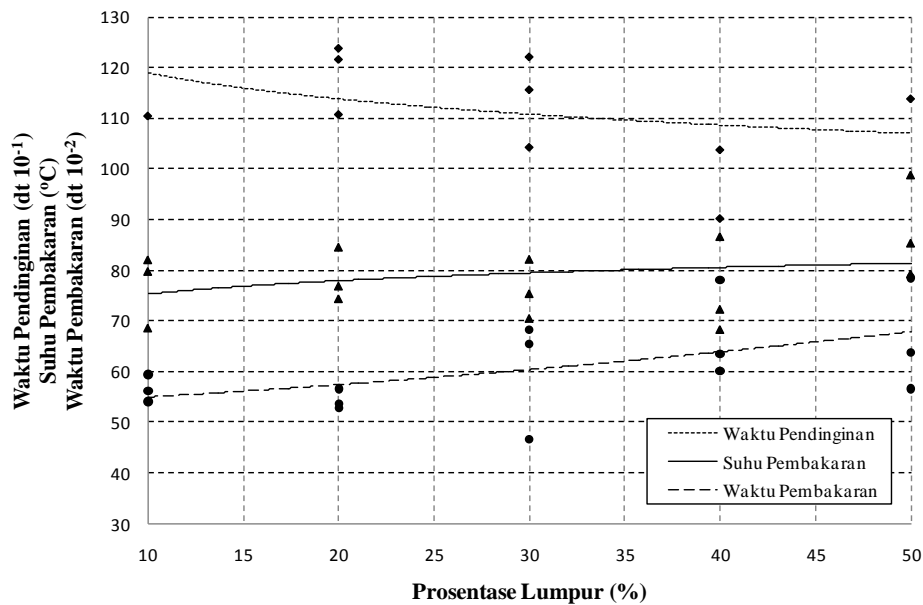


Gambar 5. Hasil Uji Impact Lumpur – Poliester

Hasil Uji Nyala Api

Hasil pengujian nyala api komposit lumpur-poliester dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan gambar 6 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase lumpur waktu pembakaran dan suhu pembakaran semakin meningkat, sedangkan waktu pendinginan semakin menurun. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan sifat lumpur yang tahan terhadap panas jika ditambahkan pada poliester yang mudah terbakar, maka daya tahan bakar poliester akan semakin meningkat.

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan kandungan lumpur mengakibatkan peningkatan konduktivitas panas dan penurunan hambatan panas komposit. Ketahanan nyala api test piece komposit meningkat seiring dengan peningkatan kandungan lumpur. *Heat release* atau laju pendinginan komposit semakin menurun seiring dengan peningkatan kandungan lumpur. Massa sampel terbakar paling sedikit terjadi pada 30-40% lumpur. Jika dibandingkan dengan hasil uji tarik menunjukkan kebalikannya yaitu semakin besar prosentase kadar lumpur tegangan tarik semakin turun. Berdasarkan pertimbangan tersebut diambil prosentase kadar lumpur sebesar 40%.



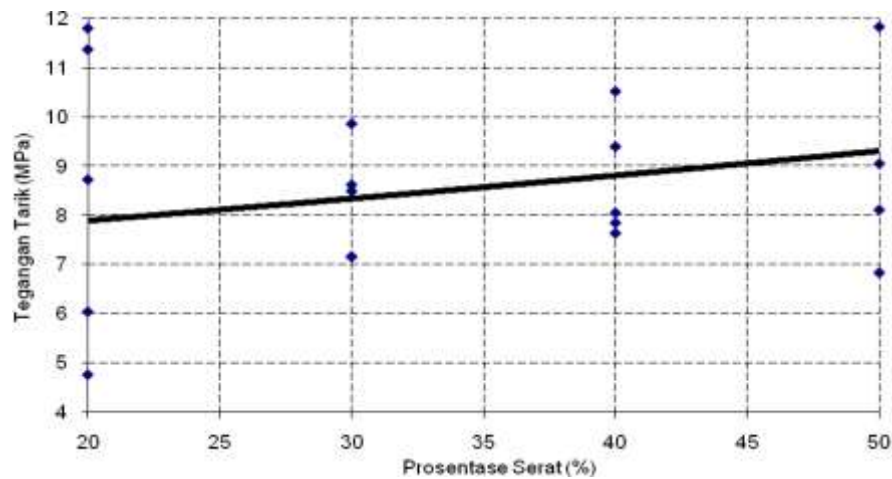
Gambar 6. Hasil Uji Nyala Api Lumpur-Poliester

Optimasi Lumpur-Poliester

Berdasarkan hasil pengujian mekanis yang berupa uji tarik, buckling, bending, modulus elastis, impact, dan uji nyala api sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1 sampai dengan gambar 6, dengan bertambahnya prosentase kadar lumpur tidak selalu mengakibatkan sifat mekanis dan fisis meningkat, namun ada juga yang bersifat menurun, dari kondisi tersebut perlu dipertimbangkan berapa besar prosentase kadar lumpur yang tepat. Jika diambil prosentase kadar lumpur sebesar 40%, maka didapat tegangan tarik sebesar 12,41 MPa, buckling sebesar 1,77 MPa, dan tegangan lentur sebesar 5,56 MPa. Prosentase 40% tersebut yang akan dipergunakan sebagai kelanjutan dari penelitian ini yang berupa komposit serat gelas-lumpur lapindo-poliester.

Hasil Uji Tarik Serat-Lumpur-Poliester

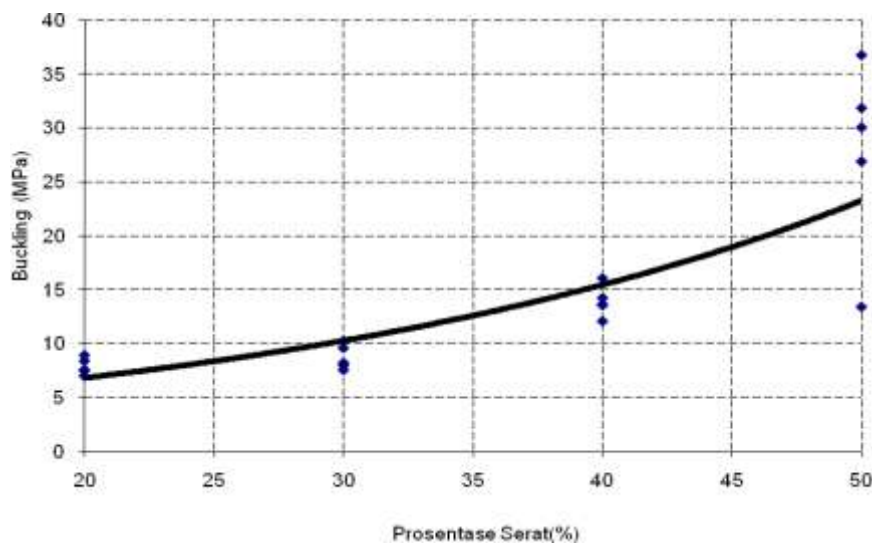
Hasil pengujian tarik komposit serat-lumpur-poliester berupa tegangan tarik dapat dilihat Gambar 7. Berdasarkan gambar 7 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase kadar lumpur tegangan tariknya semakin meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya prosentase serta gelas daya tahan tariknya semakin meningkat.



Gambar 7. Hasil Uji Tegangan Tarik Serat – Lumpur – Poliesetr

Hasil Uji Buckling Serat-Lumpur- Poliester

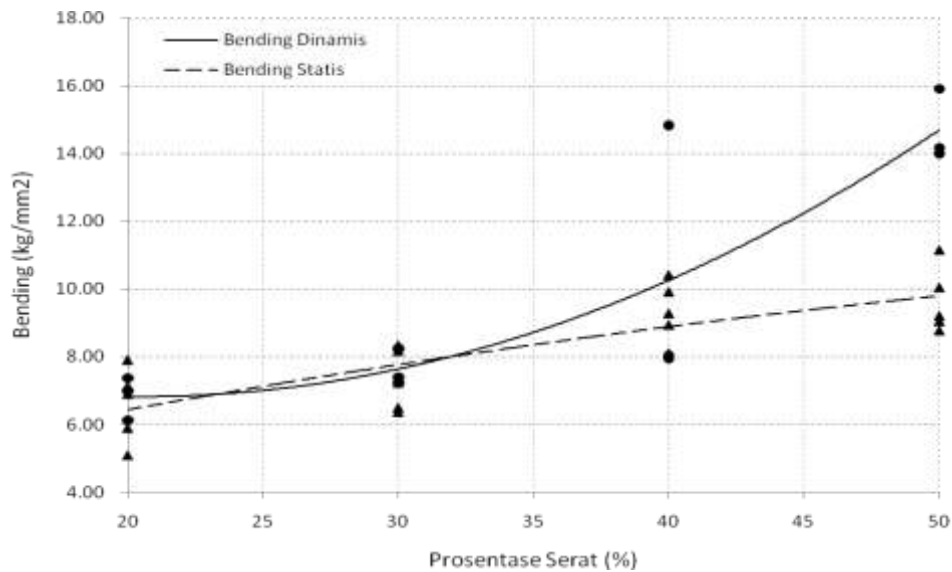
Hasil pengujian buckling komposit serat-lumpur-poliester berupa tegangan desak dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan gambar 8 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase serat buckling yang terjadi semakin meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya prosentase serat daya tahan terhadap buckling semakin meningkat.



Gambar 8. Hasil Uji Buckling Serat – Lumpur – Poliester

Hasil Uji Tegangan Bending Statis dan Dinamis Serat-Lumpur-Poliester

Hasil pengujian bending (lentur) statis komposit serat-lumpur-poliester berupa tegangan lentur dengan prosentase lumpur sebesar 40% dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan gambar 6 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase serat terhadap matrik (lumpur-poliester) bending semakin meningkat. Jika dibandingkan dengan matrik tanpa adanya serat maka tegangan lentur matrik dengan serat jauh lebih baik. Tegangan bending statis maksimum rata-rata sebesar $9,65 \text{ kg/mm}^2$ (96,50 MPa), sedangkan tegangan bending dinamis maksimum rata-rata sebesar $14,69 \text{ kg/mm}^2$ (146,90 MPa). Dari kedua hasil tersebut baik tegangan statis maupun dinamis kedua-duanya menunjukkan semakin besar prosentase serat semakin besar tegangannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar prosentase serat semakin besar kelenturannya. Kekuatan bending dinamis lebih besar jika dibandingkan dengan bending statis, pada prosentase serat lebih besar 32,5%.



Gambar 9. Hasil Uji Tegangan Bending Dinamis dan Statis Serat – Lumpur – Poliester

7. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Lumpur lapindo dapat dipergunakan sebagai bahan komposit geopolimer, dengan cara dikeringkan, dihaluskan dan dipanaskan dengan suhu 800°C selama 4 jam.
2. Prosentase kadar lumpur optimum didapatkan pada komposisi 40 : 60 (40 % lumpur : 60 % poliester), dengan tegangan tarik sebesar 12,41 MPa, buckling sebesar 1,77 MPa, dan tegangan lentur sebesar 5,56 MPa.
3. Prosentase kadar serat gelas maksimum didapat pada komposisi 50 : 50 (50 % serat gelas : 50 % matrik/lumpur lapindo dan poliester) dengan tegangan tarik sebesar 9,77 MPa, buckling sebesar 27,83 MPa, dan tegangan lentur sebesar 147,64 MPa.
4. Dengan adanya penambahan serat fiber gelas tegangan tariknya menurun jika dibandingkan dengan tanpa adanya serat, namun tegangan lentur/bendingnya meningkat sangat besar.

8. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material*, Philadelphia.
- ASTM D638. *Standard test method for tensile properties of plastics*. Philadelphia.
- ASTM D695. *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. Philadelphia.
- ASTM D5941. *Standard Test Method for Determination of Izod Impact Strength*. Philadelphia.
- Diharjo K., (2006). "The Properties of GFRP Composite (Flame Retardant, Weight Fraction Fiber, Matrix Characterization)", Riset Terapan, Kerjasama UNS- PT. INKA Madiun.
- Diharjo K. dan Firdaus F., (2006). "Komposit Geopolimer Abu Terbang Batu Bara (fly ash)-Unsaturated Resin/Polyester untuk Produksi Panel Tahan Api (fire proof) pada Kabin Interior Kereta Api", Riset Pendahuluan, Kerjasama UNS-UII.
- Diharjo, K., dan Triyono, T., (2003). *Material Teknik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- K.Kaw, (1997). *Mechanics of Composite Materials*, CRC Press, new York.