

KETANGGUHAN IMPAK DAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *FIBERGLASS/CLAY FILLER* BERMATRIKS *UNSATURATED POLYESTER BQTN-EX 157*

Kaleb Priyanto¹, Arif Hidayat Purwono², Daniel Agung Cristanto²

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

E-mail: kaleb.atw@gmail.com

ABSTRAK

Komposit berpenguat *fiberglass* memiliki kekuatan yang tinggi, kaku, ringan, serta tahan terhadap korosi sehingga cukup potensial apabila dikembangkan sebagai material alternatif untuk aplikasi bodi kendaraan bermotor. Pada penelitian sebelumnya, peningkatan ketahanan termal komposit diupayakan dengan penambahan 5% fraksi volume *clay filler* yang memiliki kemampuan hambat bakar cukup baik. Di sisi lain, berkurangnya fraksi volume resin akibat penambahan *clay filler* mengurangi kemampuan matriks dalam mengikat material penyusun lainnya. Hal tersebut menjadi alasan dilakukannya studi lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan *clay filler* terhadap sifat mekanis komposit *fiberglass* bermatriks polimer. *Fiberglass* jenis *Chopped Strand Mat* (CSM) dipilih sebagai penguat, resin *unsaturated polyester* dengan merk dagang BQTN-EX 157 sebagai pengikat, serta *clay* jenis bentonit sebagai *filler*. Metode kombinasi *close mold* dipilih pada pembuatan sampel uji. Jenis pengujian mekanis yang dilakukan meliputi uji impak dan uji tarik. ASTM D4812 dipilih sebagai standar uji impak sedangkan ASTM D638-02 dipilih sebagai standar uji tarik. Hasil dari pengujian impak menunjukkan bahwa komposit *fiberglass* tanpa penambahan 5% fraksi volume *clay filler* memiliki nilai ketangguhan impak dan kekuatan tarik lebih tinggi bila dibandingkan dengan komposit *fiberglass* dengan penambahan 5% fraksi volume *clay filler*. Pengamatan kegagalan mekanis ditinjau dari foto makro patahan spesimen pada pengujian impak dan tarik. Hasil dari analisa foto makro menunjukkan bahwa komposit *fiberglass* dengan *clay filler* yang telah diuji impak mengalami patahan ulet dan getas. Sedangkan hasil pengujian tarik menunjukkan terjadinya *fiber pull out*, *void*, matrik *cracking* yang menjadi sebab melemahnya sifat mekanis komposit.

Kata kunci: Komposit, *fiberglass*, *clay*, *Impak*, *tensile*.

ABSTRACT

Fiberglass reinforced composites have high strength, stiffness, lightweight, and good resistance to corrosion so that they have the potential to be developed as an alternative material for motor vehicle body applications. In previous studies, an increase in the thermal resistance of composites was attempted by the addition of 5% volume fraction of clay filler which has a fairly good fire resistance capability. On the other hand, the reduced matrix volume fraction due to the addition of clay fillers reduces the ability of the matrix to bind to other constituent materials. This is the reason for further studies on the effect of adding clay filler to the mechanical properties of polymer matrix composites. Chopped Strand Mat (CSM) type fiberglass was chosen as

reinforcement, thermoset resin with trademark BQTN-EX 157 as the binder, and bentonite type clay as a filler. A close mold combination method was chosen in making the test sample. The types of mechanical testing carried out include Impak and tensile. ASTM D4812 was chosen as the Impak test standard while ASTM D638-02 was chosen as the tensile test standard. The results of the Impak testing show that fiberglass composites without the addition of 5% volume fraction of clay filler have higher Impak toughness and tensile strength compared to fiberglass composites with the addition of 5% volume fraction of clay filler. Observation of mechanical failure in terms of macro photographs of specimen fractures in Impak and tensile testing. The results of the macro-photo analysis showed that the fiberglass composite with clay filler that had been tested had experienced ductile and brittle fracture. While the results of tensile testing show the occurrence of fibers pull out, voids, matrix cracking which is the cause of the weakening of the mechanical properties of the composite.

Keywords : Composite, fiberglass, clay, Impak, tensile.

1. PENDAHULUAN

Diharjo et al. [1], mendefinisikan komposit sebagai material yang terbentuk dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung menjadi satu dan dibentuk pada skala mikroskopik sehingga menyatu secara fisika. Komposit memiliki sifat gabungan dari tiap-tiap material penyusunnya. Di dalam komposit terdapat bahan yang berperan sebagai pengikat dan penguat. Bahan pengikat atau disebut juga matriks umumnya dapat berupa logam, polimer, ataupun keramik [2]. Matriks bersifat ulet (*ductile*) dan berperan mendistribusikan beban ke dalam seluruh material penguat komposit. Matriks polimer berupa resin termoset menjadi bahan yang paling sering digunakan untuk aplikasi di bidang otomotif dan keperluan rumah tangga,. Bahan penguat atau *reinforcement* berperan menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga bahan penguat biasanya bersifat kaku dan tangguh. Priyanto [3], menyatakan bahwa penguat komposit polimer biasanya berbentuk serat. Serat yang sangat banyak dipilih sebagai penguat adalah *Fiberglass*. Komposit *fiberglass* memiliki beberapa sifat mekanik yang lebih baik dari logam. Komposit tersebut dapat mencapai nilai kekakuan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan tarik lebih tinggi dari beberapa jenis logam.

Hadi [4], menyatakan bahwa penggabungan material berbentuk partikel pada dimensi yang secara rata-rata seragam ke dalam suatu matriks menghasilkan material baru yang dikenal sebagai *particulate composite*. Bentuk dan jenis partikel tersebut umumnya bervariasi seperti bulat, kubik, tetragonal dan bentuk-bentuk lain yang tidak beraturan. Salah satu jenis partikel alam yang digunakan sebagai bahan tambah pada *particulate composite* adalah clay. Pada perkembangannya, *clay filler* telah digunakan sebagai salah satu konstituen komposit bermatriks polimer karena memiliki sifat termal yang sangat baik. Penggabungan *clay* ke dalam matriks polimer dikenal dengan istilah geopolimer. Penelitian yang dilakukan oleh Thang (2010) menunjukkan sifat geopolimer yang memiliki kepadatan rendah namun memiliki ketahanan kimia dan api yang tinggi. Selain itu, biaya proses pembuatannya cukup murah. Menurut Budiyanto (2008), *clay* atau tanah liat yang telah dikeringkan dan dibakar dapat mengeras dan tahan air. *Clay*

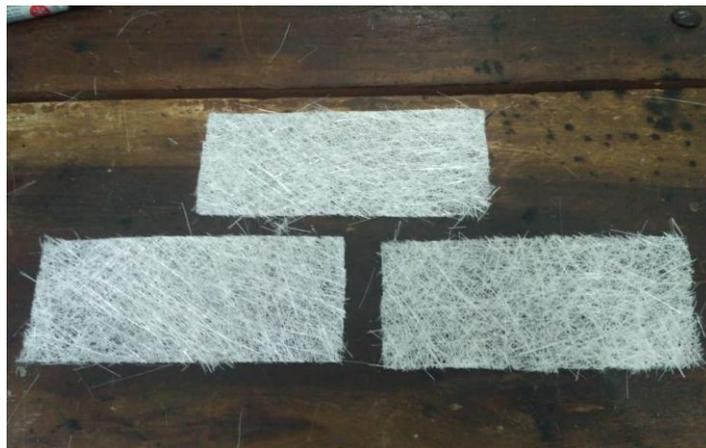
merupakan material plastis hasil pelapukan kulit bumi yang cukup banyak ditemukan di Indonesia dengan istilah “lempung”. *Clay* dengan kandungan monmorilonit dikenal sebagai bentonit di dunia perdagangan. *Clay* tersebut masuk dalam kelompok dioktahedral (Puslitbang Tekmira, 2005). Gunister et al., 2004 berpendapat bahwa *clay bentonite* adalah mineral golongan smektit dengan 80% kandungan monmorilonit dan 20% kandungan mineral lainnya. W. C. Knight pada tahun 1989 mengenalkan istilah bentonit berdasarkan penemuannya di daerah Fort Benton, Wyoming, Amerika Serikat. Bentonite dibentuk oleh proses mekanik dan kimiawi dari batuan pada lingkungan alkali dengan pengaruh cuaca. Batuan tersebut berasal dari ledakan gunung berapi, basal, batuan andesit, dan riolit yang merupakan batuan tersier. Di Indonesia, bentonit tersebar di pulau Jawa, Sumatra, Kalimantan bagian Timur dan Sulawesi (Puslitbang Tekmira, 2005).

Polimer dengan pengisinya (*filler*) yang berasal dari bahan anorganik tidak mampu menjadi homogen. Hal tersebut disebabkan oleh energi permukaan dari kedua bahan sehingga *filler* harus dimodifikasi dengan bahan organik seperti alky amonium (Juliana, Evi. 2013). Priyanto (2015) meneliti pengaruh penambahan serbuk genteng sokka ke dalam komposit hybrid serat karbon dan serat gelas terhadap kekuatannya. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan bending pada fraksi volume filler 2,5%, namun mengalami tren penurunan pada 5%, 7,5%, serta 10%.

2. BAHAN DAN METODE

a. Bahan

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain: *Clay* bentonit sebagai *filler*, *Chopped Strand Mat Fiberglass* (serat acak) $1,25 \text{ g/cm}^3$ sebagai penguat, Resin EPOXY BQTN-EX 157 *Unsaturated polyester* sebagai matriks, dan *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* sebagai *hardener*.



Gambar 1. *Fiberglass* jenis *Chopped Strand Mat* (serat acak) $1,25 \text{ g/cm}^3$

b. Metode

Penelitian diawali dengan persiapan material konstituen komposit. Kalsinasi pada suhu 800 C di dalam *furnace* selama lima jam dilakukan terhadap serbuk *clay*. Tiga jenis spesimen dibuat dengan perlakuan yang sama yaitu dengan metode *close mold*. Spesimen dengan kode “R” hanya memiliki satu konstituen atau hanya berupa matriks saja. Komposit FRP dengan kode spesimen “RS” tersusun dari dua konstituen dengan perbandingan fraksi volume matriks sebesar 85% dan fraksi volume serat sebesar 15%. Gabungan antara resin, serat dan *clay filler* dengan kode spesimen “RSC” memiliki perbandingan secara berurutan 80%:15%:5%. Persentase serat dipertahankan pada fraksi volume yang sama dengan maksud untuk memastikan perubahan kekuatan mekanis tidak dipengaruhi oleh konsentrasi fraksi volume penguat. *Postcure* pada suhu 120 C selama 2 jam diterapkan pada seluruh spesimen yang telah selesai dicetak dan dipotong sesuai standar ukuran spesimen. Pengujian impak dilakukan dengan metode izod berdasarkan ASTM D4812. Sedangkan pengujian tarik dilakukan dengan alat uji tarik Zwick Roell Z020 berdasarkan standar uji ASTM D638-02. Hasil pengujian masing-masing spesimen dibandingkan dan dianalisa kegagalannya dengan menggunakan metode foto makro.

1) Pengujian Impak

Pengujian Impak yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode izod dengan alat uji seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Alat uji Impak metode izod

Nilai energi serap hasil pengujian *Impak* diperoleh melalui Persamaan (1). E-serap adalah besarnya energi yang diperlukan pendulum untuk mematahkan spesimen material komposit (Shackelford, 1992):

$$E\text{-serap} = W \times R (\cos \beta - \cos \beta')$$
(1)

Keterangan:

W : Berat beban/pembentur (N)

R : Jarak antara pusat gravitasi dan sumbu pendulum (m)

E : Energi yang terserap (Joule)

α : Sudut pendulum sebelum diayunkan

β : Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen

β' : Sudut ayunan pendulum tanpa spesimen

Harga impak (HI) suatu bahan yang diuji diperoleh melalui persamaan (2) sebagai berikut:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

keterangan:

E : Energi yang diserap (Joule)

A : Luas penampang di bawah takik (mm²)

2) Pengujian *tensile*

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan universal testing machine seperti ditunjukkan oleh Gambar 4. Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan tarik diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Tegangan tarik dapat dihitung melalui persamaan 3 berikut:

$$\sigma = P/A_0 \quad (3)$$

Keterangan ;

σ : besarnya tegangan (kg/mm²)

P : beban yang diberikan (kg)

A₀ : Luas penampang awal benda uji (mm²)



Gambar 3. *Universal testing machine*

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Regangan dapat dihitung melalui persamaan 4 berikut:

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (4)$$

Keterangan ;

e : Besar regangan

L : Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

L₀ : Panjang awal benda uji (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Postcure pada oven dengan suhu 120 C selama dua jam diterapkan pada spesimen komposit yang telah dibentuk dengan dimensi sesuai standar pengujian. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan foto spesimen uji Impak dan tensile setelah *postcure*.



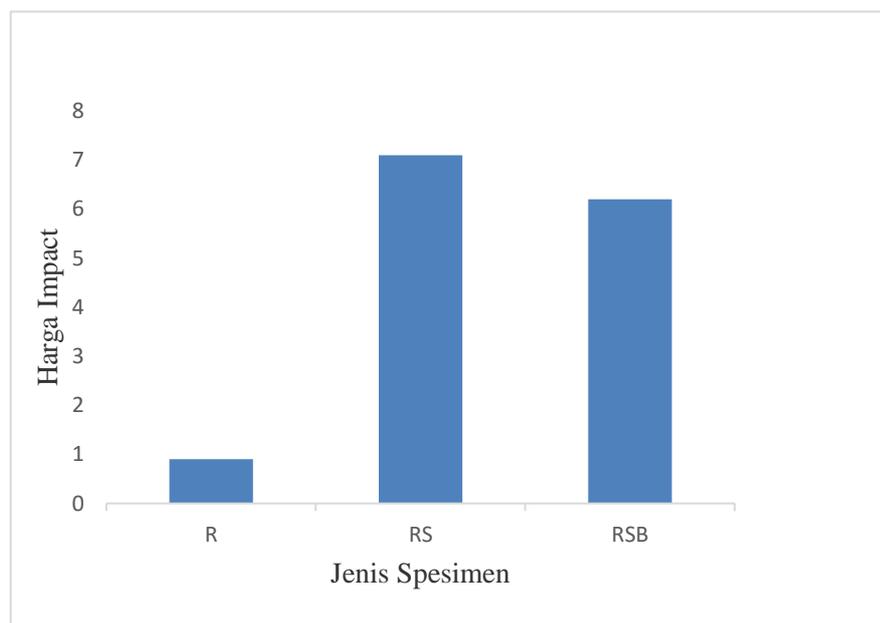
Gambar 4. Spesimen uji Impak



Gambar 5. Spesimen Uji Tarik

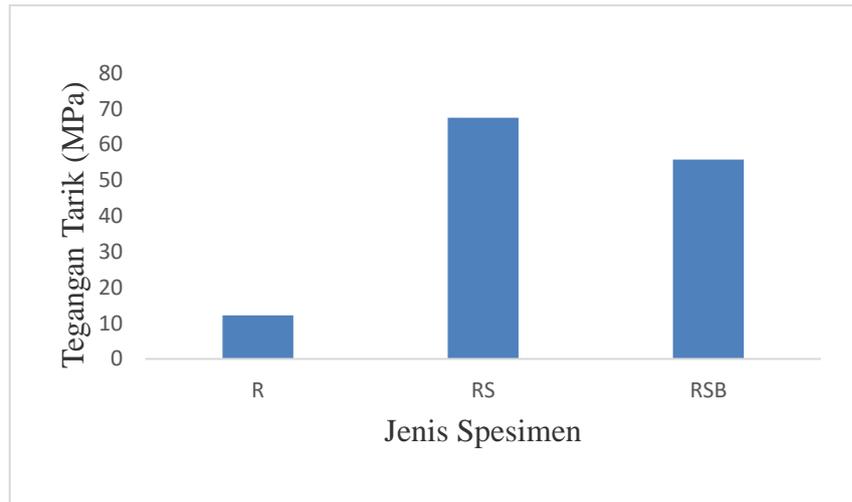
Hasil pengujian Impak menunjukkan bahwa spesimen dengan kode RS, yaitu komposit FRP memiliki energi serap paling tinggi dari ketiga jenis spesimen yang diuji di dalam penelitian ini. Hal tersebut berarti harga impact (HI) yang dihasilkan juga

berbanding lurus karena spesimen berasal dari cetakan yang sama, sehingga dimensi penampang komposit relatif seragam.



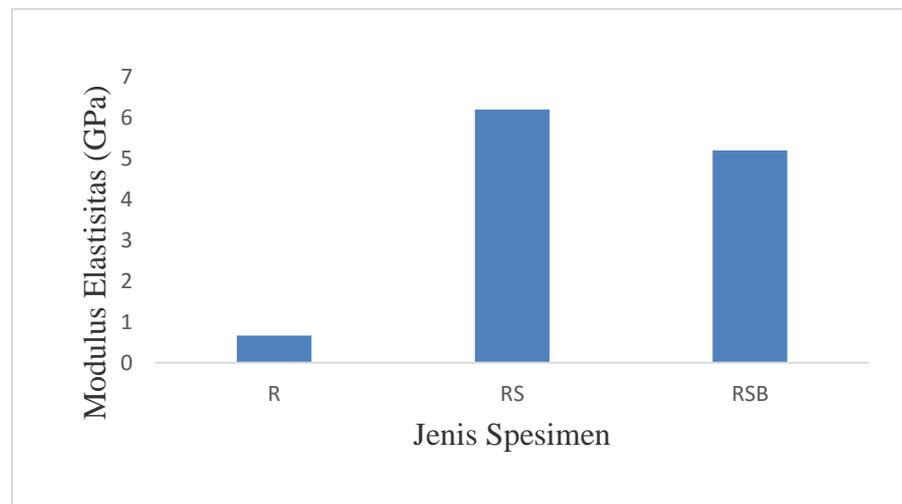
Gambar 6. Diagram hasil pengujian Impak

Gambar 6 menunjukkan *bar chart* hasil pengujian Impak dengan HI rata-rata untuk spesimen R (resin murni) bernilai 0,9 Joule/cm². HI komposit FRP yaitu spesimen dengan kode RS memiliki perbedaan yang cukup signifikan mencapai 7,1 Joule/cm². Sedangkan HI untuk komposit FRP dengan penambahan clay filler yaitu spesimen dengan kode RSB berada di bawah HI spesimen RS dengan 6,2 Joule/cm². Keberadaan fraksi volume *filler* sebesar 5% yang substitutive terhadap matriks berdampak pada berkurangnya interface antara matriks dengan serat sebagai penguatnya. Selain itu, antarmuka filler dan serat tidak bersifat adesif, sehingga distribusi tegangan dari matriks ke serat tidak terjadi secara efektif. Keberadaan filler berlebih juga Dari data di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan *Impak* rata-rata tiap spesimen adalah komposit (resin + serat) yang mempunyai nilai 0,071 Joule/mm² dan untuk spesimen komposit (resin) mempunyai nilai 0,9 Joule/mm², untuk spesimen komposit (resin + serat + bentonit) mempunyai nilai 0,062 Joule/mm². Nilai rata-rata spesimen komposit (resin + serat) lebih tinggi dari pada komposit (resin) dan komposit (resin + serat + bentonit).



Gambar 6. Diagram hasil pengujian tarik

Gambar 7 menunjukkan *bar chart* hasil pengujian tarik tiga jenis specimen. Komposit FRP memiliki kekuatan tarik paling tinggi dengan nilai tegangan tarik 71,1 MPa. Hasil tersebut menunjukkan penguatan yang signifikan dengan keberadaan fraksi volume serat gelas 15% dibandingkan kekuatan tarik matriksnya. Namun pelemahan sifat tarik terlihat pada penambahan 5% fraksi volume filler clay ke dalam komposit FRP. Tren diagram tegangan tersebut sama dengan hasil pengujian Impak sebelumnya dan modulus elastisitas yang ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 6. Diagram hasil modulus tarik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konstituen fiberglass membawa dampak peningkatan kekuatan tarik dan Impak yang signifikan terhadap komposit bermatriks resin *unsaturated polyester* BQTN 157. Namun penambahan *clay filler* secara substitutif dengan fraksi volume sebesar 5% justru menghasilkan penurunan kekuatan tarik dan Impaknya. Hal tersebut disebabkan oleh berkurangnya *interface bonding* antara matriks dan penguat ketika persentase resin digantikan dengan *clay filler*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Akademi Teknologi Warga Surakarta melalui skema pendanaan penelitian lokal atas dukungan dan kontribusinya secara materi dalam membiayai kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Diharjo, S Jamasri, HSB Rochardjo, “*Tensile Properties of Random kenaf Fiber Reinforced Polyester Composite,*” in Proc. National Seminar Proceeding, Center of Inter University, UGM, Yogyakarta, Indonesia, 2005
- [2] R.F. Gibson, *Principles Of Composite Material Mechanics*. New. York: Mc Graw Hill, Inc, 1994.
- [3] K. Priyanto, Kekuatan Bending dan Ketahanan Bakar Komposit Hybrid Serat Gelas, Serat Karbon, dan Serbuk Genteng Sokka dengan Matriks Bisphenol-A. Surakarta: UNS Press, 2015.
- [4] Hadi, K.B., *Mekanika Struktur Komposit*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, 2000.
- [5] X.N. Thang, D. Kroisova, P. Louda, O. Bortnovsky, “*Microstructure and Flexural Properties of Geopolymer Matrix-Fibre Reinforced Composite With Additive of Alumina (Al₂O₃) Nanofibre*”, International conference 7th –TEXSCI, Czech Republic, 2010.
- [6] Budiyanto, G.B. Wahyu, “Kriya Keramik untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jilid 1”. Jakarta : Ditjen Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008.