

**ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN BENDING KOMPOSIT SERAT KARBON-RESIN DENGAN VARIASI WAKTU CURING DAN SUHU PENAHANAN 80°C****Eka Dwi Ratna Sari\*, S.M. Bondan Respati dan Agung Nugroho**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email: ekadwiratnasari2@gmail.com

**Abstrak**

Berkembangnya teknologi industri dibidang otomotif dengan keterbatasan bahan baku material logam yang terkandung di alam mendorong material komposit banyak digunakan dan diaplikasikan dalam produk. Salah satunya adalah dengan memberi perlakuan curing. Curing merupakan proses perlakuan panas terhadap komposit untuk merubah resin memiliki daya ikat tinggi dengan serat ketika komposit telah padat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan bending dari komposit serat karbon dengan resin lycal sebagai polimer yang diberi perlakuan curing pada waktu 1 jam, 1,5 jam, 2jam, 2,5 jam, dan 3 jam dalam penahanan suhu 80°C. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah serat carbon 3K 240GSM resin yang digunakan adalah resin lycal GLR 1011. Komposit dibuat dengan menggunakan metode vacuum, diatas cetakan kaca berukuran 100 cm x 50 cm. Cara pengambilan data adalah dengan melakukan ujian tarik dan bending pada komposit yang sudah di beri perlakuan curing dalam waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dengan penahanan suhu 80°C. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada komposit curing 80°C dengan waktu curing 1,5 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 629.799 Mpa yield stress 479.44 Mpa. Sedangkan nilai terendah yaitu pada komposit yang diberi perlakuan suhu curing 80°C dengan waktu curing 2 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 420.816 Mpa yield stress 462.212 Mpa. Nilai tegangan bending terbesar pada komposit curing 80°C 1 jam yaitu 840.915 Mpa dan sedangkan nilai tegangan bending terendah di 3 jam sebesar 1008.670 Mpa.

**Kata kunci:** Komposit, Karbon, Resin, Uji Tarik, Uji Bending

**PENDAHULUAN**

Berkembangnya teknologi industri dibidang otomotif dengan keterbatasan bahan baku material logam yang terkandung di alam mendorong material komposit banyak digunakan dan diaplikasikan dalam produk. Komposit merupakan salah satu jenis rekayasa material yang bertujuan untuk mendapatkan sebuah material baru, komposit berasal dari kata *to compose* yang memiliki arti menggabung. Jadi komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda (Jones, 1975).

Serat mempunyai sifat sebagai isolator yang baik, memiliki kekuatan, suhu tinggi dan memiliki regangan yang rendah. *Geopolimer* merupakan salah satu material yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah. Geopolimer merupakan polimer anorganik yang memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik, tahan terhadap suhu tinggi dan zat asam (Abdel-Ghani *et al*, 2016; Schmäcker and MacKenzie, 2005). Geopolimer berperilaku seperti keramik yang keras tetapi dengan kuat

lentur dan kuat tarik yang rendah. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan material sisipan yang dapat berfungsi sebagai penguat (*agregat*) (Rustan *dkk.*, 2015). Salah satu bahan sisipan yang dapat ditambahkan pada pasta Geopolimer adalah serat karbon.

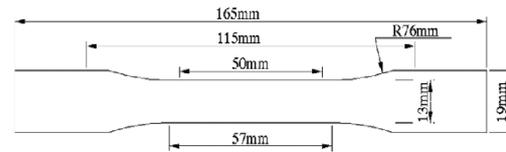
Serat karbon adalah serat sintesis dengan kekuatan tarik dan konduktivitas listrik yang tinggi, massa jenis serta koefisien ekspansi termal yang rendah membuatnya sangat populer di bidang Industri. Dalam industri otomotif perkembangan dari bahan yang akan digunakan sebagai komponen kendaraan bermotor sudah sangat maju, hal ini dibuktikan dengan berbagai macam variasi bahan yang lebih ringan dan kuat namun tetap memenuhi aspek keamanan untuk komponen kendaraan tersebut. Rekayasa dibidang material tidak bisa dihindarkan di zaman yang modern ini bahkan sudah sangat maju. Hal itu menyebabkan kebutuhan akan komponen berbahan ringan namun kuat akan terus meningkat. Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk melakukan rekayasa material adalah serat karbon.

Bahan konstruksi untuk body kendaraan atau beberapa komponen pada kendaraan apabila menggunakan serat karbon akan menjadi sangat ringan, hal itu dapat menjadikan berat kendaraan menjadi ringan namun tetap kuat. Dengan menggunakan komposit serat karbon juga akan memaksimalkan performa kendaraan. Dalam kasus lain komposit serat karbon juga digunakan sebagai bahan untuk membuat mobil hemat energi, karena memiliki berat yang sangat ringan namun kuat maka berat mobil juga berkurang drastis. Semakin ringan mobil semakin sedikit pula konsumsi bahan bakar yang terpakai karena mesin tidak membawa beban yang berat. Oleh karena itu dalam pengujian ini, untuk memilih serat karbon yang digunakan dalam pengujian tugas akhir untuk mengetahui secara langsung bagaimana hasil kekuatan tarik dan *bending* dari serat carbon sendiri.

Material komposit ini dibuat dengan cara mencampur resin *lycal* dengan *catalist* yang secara teoretis akan meningkatkan modulus elastisitas. Untuk meningkatkan kekuatan ikatan paduannya maka proses *curing* dilakukan dengan variasi temperatur dan waktu penahanan (*Holding time*) tertentu. Tujuan dilakukannya *curing* dengan temperatur dan waktu tertentu adalah untuk memperbaiki sifat mekanik komposit material dan juga untuk menghilangkan tegangan sisa pada komposit, sehingga diharapkan kekuatannya akan meningkat. Dalam pengujian Nurcahyo *dkk.* (2004) menguji variasi temperatur *curing* yang dapat membuat kekuatan tarik menjadi optimal.

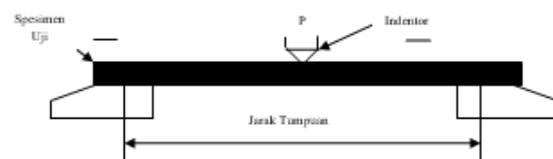
Pengujian yang dilakukan oleh Bernard Korompis (2005) didapatkan variasi jumlah serat meningkatkan kekuatan tariknya. Komposit memiliki tujuan agar meminimalisir berat suatu komponen, namun tetap memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Banyak variasi untuk matriks dan polimer yang digunakan dalam komposit dari uraian diatas, penggunaan karbon sebagai matriks dan resin sebagai polimer merupakan sebuah gagasan untuk mendukung perkembangan teknologi di bidang material teknik. Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh variasi waktu *curing* komposit *carbon fiber* terhadap kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan struktur makro komposit *carbon fiber*.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Spesimen ASTM D638 tipe I

*Carbon fiber* yang digunakan peneliti memiliki jenis anyaman *Tail 2/2* mempunyai jumlah 3000 filament/untaian serta mempunyai berat 240 g/m<sup>2</sup> dan pada tiap 1cm terdapat 6 benang. Jenis resin yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah jenis resin *lycal* GLR 1011 keras dengan merk dagang *lycal* yang akan dicampur dengan pengeras *catalist* *lycal* dengan kode GLR 1011 yang berfungsi sebagai matrik pada komposit. Proses *curing* dengan waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dengan penahanan suhu 80°C. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik sesuai standar ASTM D638 tipe 1 (lihat Gambar 1.), pengujian *Bending* berdasarkan standar ASTM C393 (lihat gambar.2), dan foto makro dari komposit yang sudah diberikan perlakuan *curing*.



Gambar 2. Uji bending (Wijoyo, 2014)

Panjang = 100 mm  
 Lebar = 30 mm  
 Tebal = Sesuai komposit yang dibuat

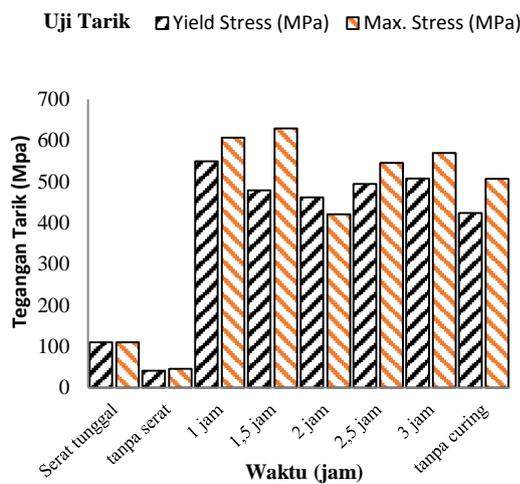
## HASIL PEMBAHASAN

### Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik komposit serat karbon-resin tanpa perlakuan suhu *curing* dan yang diberi perlakuan suhu *curing* pada suhu 80°C dengan waktu *curing* 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, dan 3 jam. Hasil pengujian tarik disajikan dalam Gambar 3. Nilai uji tarik tertinggi pada komposit serat karbon - resin yang diberi perlakuan suhu *curing* pada suhu 80°C dengan waktu perlakuan *curing* 1,5 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 629.799 Mpa *yield stress* 479.44 Mpa. Sedangkan pengujian paling rendah yaitu pada komposit serat karbon-resin yang diberi perlakuan suhu

curing 80°C dengan waktu curing 2 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 420.816 Mpa yield stress 462.212 MPa.

mendapat hasil pengujian bending yang paling tinggi.



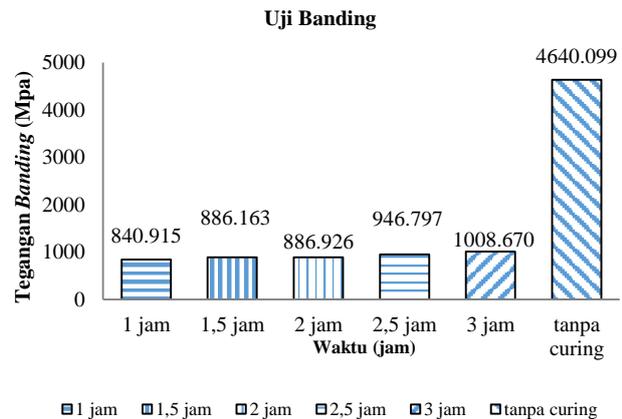
Gambar 3. Grafik tegangan uji tarik

**Pengujian bending**

Pengujian bending dilakukan di laboratorium perancangan UNWAHAS. pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing spesimen. Hasil pengujian bending komposit serat karbon-resin diberi perlakuan curing pada suhu 80°C dengan waktu 1 jam 1,5 jam 2 jam 2,5 jam dan 3 jam dapat dilihat pada gambar 4.

Hasil pengujian bending tertinggi pada komposit karbon-resin tanpa curing 3 jam didapatkan nilai 1008.670 Mpa sedangkan nilai terendah terdapat pada komposit karbon-resin curing 1 jam dengan nilai 840.915 MPa. Perbedaan temperatur post-curing waktu penahanan suhu 80°C pengujian bending komposit karbon berpengaruh terhadap stabilnya nilai tegangan bending.

Semakin lama waktu perlakuan curing menjadikan komposit karbon-resin mendapatkan tegangan bending yang baik. Stabilnya hasil kekuatan bending bisa disebabkan jenis resin yang digunakan untuk proses curing. pada resin lycal, perlakuan curing pada suhu 80°C dengan waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam didapatkan hasil optimal pada perlakuan curing dengan waktu 3 jam dan terendah di perlakuan curing dengan waktu 1 jam. Pada perlakuan tanpa curing didapatkan hasil tertinggi 4640.099 MPa dikarenakan penggunaan dari resin lycal yang bersifat menguap jika terlalu lama dipanaskan. Sehingga spesimen tanpa perlakuan curing



Gambar 4. Grafik uji bending

**Foto patahan**

Dari hasil uji tarik pada komposit serat karbon-resin lycal 1011 dapat dilihat dari hasil foto mikro patahan-patahan uji tarik tanpa curing, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, dan 3 jam dalam penahanan suhu 80°C seperti pada Gambar berikut:



Gambar 5. Foto patahan spesimen pengujian tarik 80 °C 1 jam



Gambar 6. Foto patahan spesimen pengujian tarik 80 °C 1,5 jam



**Gambar 7. Foto patahan spesimen pengujian tarik 80°C 2 jam**



**Gambar 8. Foto patahan spesimen pengujian tarik 80°C 2,5 jam**



**Gambar 9. Foto patahan spesimen pengujian tarik 80°C 3 jam**

#### Hasil foto patahan

Dari hasil foto patahan dapat dilihat bahwa semakin lama waktu *curing*, resin pada komposit akan mengalami penguapan. Yang membuat potongan semakin lama tidak rapi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu *curing* berpengaruh baik dalam komposit, tetapi semakin lama waktu *curing* belum tentu juga mendapatkan nilai yang baik karena resin akan mengalami penguapan yang membuat potongan tidak rapi. Jadi perlu waktu yang tepat untuk mendapatkan nilai tegangan tarik yang baik.

#### Pengaruh *curing* terhadap densitas

Pengaruh terhadap densitas yang telah dilakukan pada komposit serat karbon resin yang diberi perlakuan *curing* dalam waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dengan

penahanan suhu 80°C dapat dilihat hasil seperti pada tabel 3 sebagai berikut:

**Tabel 1. Tabel hasil rata-rata pengaruh *curing* terhadap densitas**

No	Material	Waktu <i>curing</i> (jam)	Berat jenis gr/cm <sup>3</sup>
1	Komposit	Tanpa curing	1.51
2	Komposit	1 jam	1.355
3	Komposit	1.5 jam	1.393
4	Komposit	2 jam	1.324
5	Komposit	2.5 jam	1.355
6	Komposit	3 jam	1.328

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa perlakuan variasi waktu *curing* terhadap komposit serat karbon berpengaruh terhadap densitas dari komposit untuk sendiri, karena ada pengaruh fraksi volume.

Dapat dilihat dari Gambar 5- 9 foto makro spesimen hasil pengujian tarik dapat dilihat bahwa komposit serat karbon-resin banyak perbedaan mulai dari hasil patahan, perubahan warna spesimen. Yang menyebabkan perbedaan hasil pengujian tarik dan bending yang di buktikan Tabel 1 Menunjukkan hasil pengujian tarik serat karbon *curing* dan Tabel 2 Menunjukkan Hasil pengujian bending serat karbon *curing*.

Saat melakukan uji tarik tanpa curing menghasilkan nilai 506.835 MPa dan Yield Stress 423.933 MPa, kemudian spesimen diberi perlakuan curing dengan penahanan suhu 80oC dengan waktu curing 1 jam, 1,5 jam, 2 jam 2,5 jam dan 3 jam menghasilkan nilai kekuatan tarik bertambah dari pengujian tanpa perlakuan curing. Hal ini disebabkan pada proses *caring* resin masuk ke dalam rongga-rongga serat karbon dan mengikat serat karbon, kemudian pada waktu *curing* 1 jam 80°C menghasilkan pengikatan antara resin dan serat karbon di buktikan dengan nilai kekuatan tarik 606.967 MPa dan Yield Stress 549.815 MPa pada waktu 1 jam nilai Yield Stress tertinggi, kemudian pada waktu 1,5 jam 80oC nilai Yield Stress menurun dan nilai kekuatan tarik tertinggi di waktu *curing* 1,5 jam dengan nilai 479.44 yield stress MPa dan kekuatan tarik 629.799 MPa.

Pada perlakuan waktu 2,5 jam dibandingkan dengan waktu 3 jam yang menurun hal ini disebabkan waktu *curing* terlalu lama sehingga resin yang mengikat serat

mengalami penguapan dibuktikan dengan nilai fraksi volume yang menurun. Tetapi pada perlakuan *curing* 2 jam menurut pengamatan penyebab terjadinya penurunan nilai kekuatan tarik pada waktu proses pengujian terjadinya slip pada pemegang spesimen yang berada di alat uji tarik, karna pemegang spesimen tersebut di desain buat material logam jadi waktu pengujian spesimen ditambah plat besi untuk memperkuat pegangan pada spesimen.

Pada uji bending mengalami penurunan pada hasil uji bending yang disebabkan oleh beberapa hal, yang pertama saat proses *curing* spesimen mengalami perubahan sifat menjadi keras dibandingkan dengan tanpa *curing* dari sifat keras tersebut menjadikan spesimen lebih getas dan mudah patah, yang kedua saat proses *curing* terjadi penyusutan pada volume spesimen yang mengakibatkan turunnya hasil pengujian *bending*, dibuktikan pada Gambar 11 Grafik pengaruh *curing* terhadap densitas.

## KESIMPULAN

Dari penelitian komposit karbon-resin yang diberi perlakuan *curing* ini dapat di ketahui bahwa:

1. Hasil pengujian tarik tertinggi pada komposit serat karbon-resin yang diberi penahanan suhu 80°C dengan waktu perlakuan *curing* 1,5 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 629.799 Mpa *yield stress* 479.44 MPa. Hal tersebut disebabkan karna metrik dan karbon dapat saling mengikat lebih rapat karna perlakuan *curing* sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Sedangkan pengujian paling rendah yaitu pada komposit serat karbon-resin yang diberi perlakuan suhu *curing* 80°C dengan perlakuan waktu *curing* 2 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 420.816 Mpa *yield stress* 462.212 Mpa. Jadi variasi waktu *curing* pengujian tarik komposit karbon berpengaruh baik pada komposit karbon-resin ketika diuji suhu 80°C dengan waktu *curing* 1,5 jam, apabila komposit diberi perlakuan *curing* dengan waktu yang tepat maka akan mendapatkan nilai kekuatan tarik yang optimal. Namun semakin lama perlakuan *curing* belum tentu menjadi komposit karbon-resin mendapatkan nilai yang baik.
2. Hasil pengujian bending tertinggi pada komposit serat karbon-resin tanpa perlakuan *curing* didapatkan hasil tertinggi

4640.099 MPa dikarenakan penggunaan dari resin lycal yang bersifat menguap jika terlalu lama dipanaskan. Sehingga spesimen tanpa perlakuan *curing* mendapat hasil pengujian bending yang paling tinggi. Pada proses *curing* hasil pengujian *bending* yang paling baik terdapat pada perlakuan *curing* suhu 80°C dengan waktu perlakuan *curing* 1 jam didapatkan hasil sebesar 840.915 Mpa. Sedangkan pengujian paling terendah yaitu pada perlakuan *curing* 80°C dengan waktu perlakuan *curing* 3 jam didapatkan hasil sebesar 1008.670 Mpa. Perbedaan temperature *curing* pada pengujian bending komposit serat karbon- resin berpengaruh pada nilai tegangan *bending*. Semakin besar suhu *curing* mendapatkan hasil semakin getas pada komposit serat karbon-resin.

3. Dari foto makro spesimen hasil pengujian tarik yang diberikan perlakuan *curing* pada waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dapat dilihat bahwa foto patahan terlihat rapi pada perlakuan *curing* 1,5 jam. komposit serat karbon-resin banyak mengalami perbedaan mulai dari hasil patahan, perubahan warna spesimen dan penyusutan spesimen saat di beri perlakuan *curing*.
4. Densitas komposit yang diberikan perlakuan *curing* pada waktu 1 jam , 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dengan penahanan suhu 80°C mengalami perubahan pengaruh *curing* terhadap densitas, hasil tertinggi yang dihasilkan pengaruh *curing* terhadap densitas pada waktu 2 jam didapat hasil sebesar 1,393 gr/cm<sup>3</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2003). Annual Book of ASTM Standard. West Conshohocken.
- Jones, R. M. (1975). Mechanics of Composite Materials. Scripta Book Company.
- K. Van Rijswijk, M.Sc., et. al. (2001). Natural Fiber Composite Structures and Materials (Laboratory).
- Kaw, A. K. (2006). Mechanics of composite materials (Mechanical). Taylor & Francis.  
<http://dl.merc.ac.ir/handle/Hannan/3343>
- Korompis, B., Rahmat, A. R., Heatley, F., & Day, R. J. (2003). Pengaruh Temperatur Curing Terhadap Kekuatan Tarik

- Komposit Unsaturated Polyester Resin Yang Diperkuat Serat Pisang. 32(6), 257-264.
- Kroschwitz J L., G. (1987). Encyclopedie of Polymer Science and Engineering. John Wiley and Sons, 2nd ed.(Inc. New York.).
- M. M. Schwartz. (1984). Composite Materials Handbook, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Nurcahyo dkk. 2004, menguji variasi temperature curing yang dapat membuat kekuatan tarik menjadi optimal.
- Surdia, Tata. Saito., 2000 Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Pramita.
- Schwartz, M.M., 1984."Composite Materials Handbook". McGraw-Hill. New York.
- Wijoyo, Achmad N., 2014, Kajian Komprehensif Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester Dengan Core Gedebog Pohon Pisang, Jurnal Teknologi, Vol. 7, No. 4, Hal 128-123.
- Wijaya. (2006). Pengaruh Suhu Curing Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Polimer (E-glass dan Arindo 3210).