

**PERILAKU CREEP PADA KOMPOSIT POLYESTER YUKALAC 157
BQTN-EX DENGAN FILLER SERAT GELAS**

Dody Marlin¹⁾, Sugiyanto²⁾ dan Zulhanif²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947

Abstract

Research aims to investigate the creep behavior of the composite which made from polyester resin with fiberglass filler. Composites are composed from fiber glass with parallel oriented, then the composition of the fiber volume to matrix are vary at 5%: 95%, 10%: 90%, and 15%: 85%. Composite then casted based on dimensions listed in ASTM D2990. Composites tested with the tensile test to determine the tensile strength of the composite. The test is continue with creep testing by providing creep load on the testing 60% of the tensile strength. In order to know the mechanism of failure in the plane of composite fracture, SEM is used to observing it. The test result showed that the composite with the volume composition of the fiber versus matrix : 15 %: 85%, has the longest time of all variations although just only 1000 seconds. The low creep time due to presence of voids in the composite matrix, fiber breaking, pull out, debonding at the fiber and also the influence of loading during creep testing are not uniform. With a maximum creep only 1000 seconds, the composite results of this study are not feasible to be applied in both the shipping industry and automotive.

Keywords: *polymer composite, Polyester, Fiber glass, creep behaviour*

PENDAHULUAN

Saat ini komposit polimer menjadi bahan pengganti material logam pada berbagai industri dikarenakan material ini lebih ringan dengan kekuatan yang baik, ketahanan fatik tinggi, tahan terhadap korosi, harga relatif lebih murah dari material logam, serta mudah dibentuk dan difabrikasi^[1]. Sebagai contoh di industri otomotif untuk pembuatan panel pintu mobil, *dashboard* dan kotak radiator, pembuatan badan kapal pada industri perkapalan. Oleh karena itu, selalu ada upaya yang besar untuk melakukan eksperimen agar memiliki pengetahuan yang luas tentang bahan komposit ini. Akan tetapi jarang ada penelitian tentang perilaku *creep* komposit polimer, karena pengujian *creep* memerlukan waktu yang cukup lama sehingga menjadi hambatan dalam melakukan penelitian.

Dr.Emad S. Al-Hassani,dkk telah melakukan studi tentang pengaruh fraksi volume terhadap

perilaku *creep* dan kekuatan lentur dari komposit polimer *epoxy*. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan jumlah fraksi volume mampu meningkatkan perilaku *creep* kekuatan lentur dan tegangan geser pada seluruh sampel^[2].

Penelitian tentang komposit polimer berikutnya telah dilakukan oleh *Beckry Abdel-Magid,dkk* tentang perilaku *creep* jangka panjang, dengan membandingkan dua jenis bahan matriks yaitu *polyurethane* dengan resin *epoxy* yang dicampur dengan serat gelas jenis *e-glass* sehingga menjadi dua buah komposit. Hasilnya menunjukkan bahwa kedua jenis komposit tersebut menghasilkan sifat mekanik yang serupa dalam jangka waktu yang pendek, akan tetapi perilaku *creep* jangka panjang dari kedua jenis komposit berbeda.

Komposit *polyurethane* hanya bertahan beberapa jam saja sudah memasuki daerah tersier *creep* ketika menerima beban sebesar

60% dari kekuatan tarik maksimum komposit tersebut. Sedangkan komposit dari bahan epoxy mampu bertahan dalam hitungan bulan dengan besar pembebanan yang sama pada suhu 50°C. Dari studi ini dapat terindikasi bahwa pemilihan material penyusun menjadi hal yang penting, dimana mampu menjadi acuan awal dalam penentuan perilaku *creep*. Selain itu, perilaku *creep* juga sangat dipengaruhi oleh tipe matriks dan seratnya^[3].

Sugiyanto juga telah melakukan penelitian tentang komposit polimer serat gelas, dengan bahan komposit bermatriks epoxy dengan serat gelas jenis e-glass, pengujian *creep* dilakukan dengan variasi suhu 70°C, 90°C dan 105°C dengan peningkatan regangan dari 1%, 1,25% dan 1,50%. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan adalah semakin tinggi regangan awal maka akan mempercepat peristiwa *creep*. Perilaku *creep* paling buruk pada penelitian ini terjadi pada perlakuan regangan awal 1,50% dan dengan perlakuan suhu sebesar 105°C, dimana bahan hanya mampu bertahan selama 35.000 detik saja^[4].

Berdasarkan roadmap penelitian diatas, bahan matriks jenis epoxy sangat umum dipakai dalam pembuatan komposit polimer serat gelas. Kelemahan dari pemakaian matriks jenis resin epoxy dapat mengakibatkan harga jual dari komposit yang menjadi lebih tinggi, karena harga dari bahan resin epoxy yang ada dipasaran terbilang mahal dari jenis resin yang lain.

Sehingga diperlukan matriks yang relatif lebih murah yaitu dari jenis resin Polyester Yukalac 157 BQTN-EX dan penelitian tentang perilaku *creep* komposit dengan matriks tersebut belum pernah ada. Mengetahui perilaku *creep* komposit yang tersusun dari resin polyester dengan serat gelas jenis e-glass menjadi dasar pada penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Kata “komposit” dapat diartikan sebagai dua atau lebih bahan atau material yang dikombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopik, sehingga menjadi satu kesatuan. Dengan kata lain, secara mikro,

material komposit dapat dikatakan sebagai material yang heterogen. Sedangkan dalam skala makro, material tersebut dianggap homogen^[5].

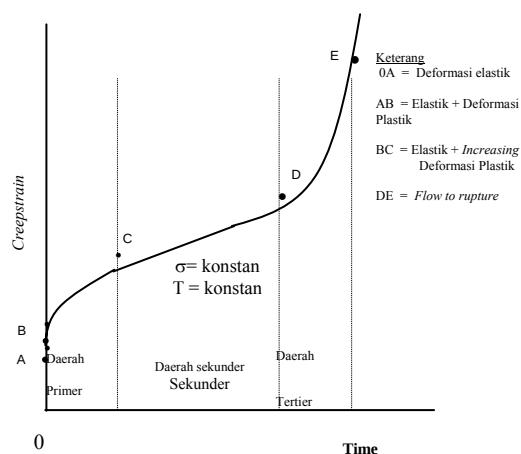
Dari pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa komposit adalah bahan yang dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Dalam menganalisa karakteristik dari komposit terdapat dua macam konsep pemahaman, yaitu :

1. Tinjauan secara mikromekanik
2. Tinjauan secara makromekanik

Dalam tinjauan secara mikromekanik yang dilihat adalah komposit merupakan material yang tersusun atas matriks dan serat yang membentuknya. Sedangkan dalam tinjauan secara makromekanik yang dilihat adalah komposit sebagai suatu material yang utuh sehingga analisa kekuatan komposit didasarkan pada kekuatan tiap lamina/lapisan yang membentuknya.



Gambar 1. Pengelompokan daerah *creep*

Creep adalah salah satu fenomena mekanik dimana suatu material menerima beban tetap pada temperatur tinggi, yang akan mengakibatkan deformasi dalam waktu yang

lama. Secara struktur mikro terdapat tiga mekanisme yang dominan selama terjadinya proses *creep*.

Pengujian *creep* yaitu dengan pembebanan konstan pada temperatur tinggi dan deformasi diukur sebagai fungsi waktu^[6,7]. Fenomena *creep* dapat terjadi pada berbagai suhu, namun *creep* yang ideal terjadi pada suhu antara 0,3 sampai 0,6 dari titik leleh material^[8]. Dengan menggunakan beban statis maksimum yaitu 0,8 dari kekuatan tarik maksimum (*tensile strength*) bahan matriks komposit^[9].

Laju regangan mulur semakin berkurang dengan bertambahnya waktu, tahap ini disebut *primary creep* atau *transient creep*. Pada tahap kedua atau biasa disebut sebagai *secondary creep*, laju regangan *creep* menjadi konstan, hal ini disebabkan karena terjadinya keseimbangan antara kecepatan proses pengerasan regangan dan proses pemulihan (*recovery*). Tahap ini adalah tahap yang paling penting dalam proses mulur, karena pada saat ini material mengalami laju mulur yang terendah dan konstan dalam waktu yang lebih lama. Tahap mulur ketiga adalah *tertiary creep*, dimana terjadi penyempitan local atau pembentukan rongga internal hingga pada akhirnya laju *creep* bertambah besar hingga terjadi kerusakan^[10].

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan:

Serat kaca (*fiberglass*) jenis *e-glass*, matrik : resin *polyester*, katalis mekpo, dan *mirror glaze*.

Peralatan :

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi alat cetak (cetakan kaca), timbangan digital, gergaji tangan, gelas ukur, kuas, grinder, jangka sorong.

Langkah Eksperimen :

1. Serat gelas dipotong agar didapat keseragaman ukuran 16 cm.
2. Serat ditimbang sesuai dengan persentase

fraksi volume yang telah dihitung dengan variasi serat 5%, 10% dan 15% .



Gambar 2. Serat *e-glass*

Pembuatan spesimen komposit :

1. Cetakan kaca dilapisi dengan *mirror glaze* secara merata agar laminate kulit mudah lepas dari cetakan.



Gambar 3. Cetakan spesimen

2. Membuat campuran resin dengan katalis dengan perbandingan 100:1, kemudian diaduk secara merata dan didiamkan selama 5 menit agar gelembung udara yang terkandung di dalam campuran terlepas.
3. Memasukkan serat gelas (orientasi serat lurus) kedalam cetakan, kemudian menuangkan campuran resin dan katalis yang telah ditentukan beratnya di atas serat gelas hingga penuh cetakan, kemudian oles dengan menggunakan kuas hingga permukaan campuran resin di dalam cetakan merata.
4. Biarkan hingga komposit mengering ± 6 jam, kemudian komposit dikeluarkan dari cetakan.

Post-Curing dan *Finishing* Spesimen Uji :

1. Menyiapkan specimen uji.
2. Memasukkan specimen uji ke dalam *furnace*.

3. Memutar saklar ke posisi "ON" untuk menghidupkan *furnace*.
4. Mengatur suhu dengan kenaikan 5⁰C per menit dan pada puncaknya ditahan selama 4 jam.
5. Memutar saklar pada posisi "OFF" setelah proses *post-curing* selesai
6. Mengeluarkan specimen uji dari *furnace*.
7. *Finishing* spesimen sesuai dengan dimensinya dengan menggunakan *grinder*.

Perbandingan fraksi volume spesimen :

1. 95% matrik : 5% serat
2. 90% matrik : 10% serat
3. 85% matrik : 15% serat

Pengujian yang dilakukan :

1. Pengujian tarik , bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik maksimum dari setiap variasi fraksi massa masing-masing komposit.
2. Pengujian *creep*, bertujuan untuk melihat perilaku *creep* komposit dengan cara memberikan beban pada komposit sebesar 60% dari kekuatan tarik hasil pengujian tarik dan diberi suhu sebesar 80⁰C. Dari grafik hasil uji *creep* diambil enam titik pada daerah primer sampai sekunder, tentukan koordinat titik antara regangan terhadap waktu. Hasil data dibuat secara manual menjadi grafik perilaku *creep* komposit.
3. Pengujian SEM, pengamatan struktur mikro menggunakan SEM agar diketahui mekanisme kegagalan pada bidang patahan komposit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit merupakan bahan rekayasa yang dibuat dari dua atau lebih material pembentuk yang menyatu menjadi satu bahan. Hal ini mengarah ke kaidah campuran sehingga sifat komposit dapat dihitung berdasarkan sifat komponennya. Ada hal yang harus diperhatikan pada komposit yakni harus ada ikatan yang permukaan yang kuat antara komponen penguat dengan matriks^[10].

Pengujian Tarik Komposit

Dibawah ini adalah data hasil pengujian tarik spesimen komposit :

Tabel 1. Hasil Pengujian *tensile*

No.	Nama Sampel	Max. Force (N)	Tensile Strength (MPa)
1	Resin Murni	108,68	2,11
2	Komposit polimer serat gelas 5%	3173,76	71,24
3	Komposit polimer serat gelas 10%	5471,53	111,59
4	Komposit polimer serat gelas 15%	5232,78	129,13

Berdasarkan gambar grafik dibawah ini, terlihat jelas bahwa spesimen resin murni memiliki tegangan tarik maksimum terendah dibandingkan seluruh spesimen dengan variasi serat gelas. Sedangkan diantara ketiga variasi serat gelas, spesimen dengan komposisi 15% serat gelas memiliki tegangan tarik maksimum tertinggi dan titik terendah pada komposisi 5% serat gelas. Penambahan serat gelas terbukti dapat meningkatkan kekuatan tarik spesimen. Artinya semakin tinggi komposisi serat gelas pada komposit, hasilnya berbanding lurus terhadap peningkatan kekuatan tarik komposit.



Gambar 4. Grafik tegangan tarik spesimen

Pengujian Creep Komposit

Dibawah ini adalah data hasil pengujian *creep* spesimen komposit :

Tabel 2. Hasil Pengujian *creep* bahan matrik

Waktu (s)	Regangan (ϵ)
177,8	7,5
355,6	10,3
533,3	12
711,1	12,8
888,9	13,6
1066,7	14,1

Tabel 3. Hasil Pengujian *creep* komposisi 5% serat

Waktu (s)	Regangan (ϵ)
16,1	1,88
32,2	3,76
48,3	6,11
64,4	9,4
80,5	11,28
96,6	13,16

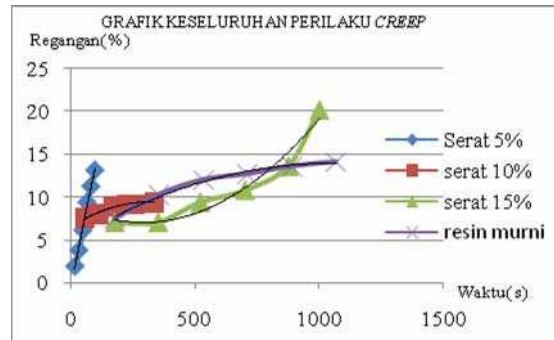
Tabel 4. Hasil Pengujian *creep* komposisi 10% serat

Waktu (s)	Regangan (ϵ)
57,6	7,52
112	7,99
169,6	8,93
224	9,17
256	9,17
336	9,40

Tabel 5. Hasil Pengujian *creep* komposisi 15% serat

Waktu (s)	Regangan (ϵ)
175	7,05
350	7,05
520	9,4
700	10,81
875	13,63
1000	20,21

Data dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik keseluruhan perilaku *creep*

Dapat terlihat pada grafik, waktu patah resin murni memiliki waktu paling lama dibandingkan seluruh spesimen dengan variasi serta gelas. Sedangkan diantara ketiga spesimen dengan variasi serat gelas, spesimen dengan waktu patah paling lama adalah spesimen dengan komposisi 15% serat dan waktu patah tercepat pada spesimen 5% serat.

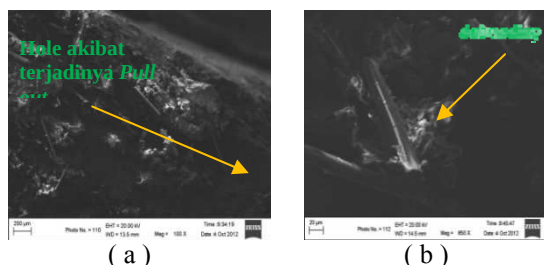
Hal ini berarti :

1. Penambahan serat gelas pada spesimen komposit polimer mampu menurunkan tingkat kelenturan dari bahan matriks.
2. Disamping meningkatkan kekuatan tarik spesimen, penambahan komposisi serat gelas dapat memperbaiki kelenturan dari komposit polimer serat gelas, walaupun tidak sebaik dari spesimen dengan resin murni.

Fenomena tersebut disebabkan dari serat *e-glass* yang digunakan sebagai penguat matriks memiliki sifat mekanik yang tinggi. Terutama pada segi kekuatan tarik seratnya (2000-3500MPa). Dengan demikian semakin besar komposisi serat diimplementasikan semakin baik kekuatan *creep* komposit.

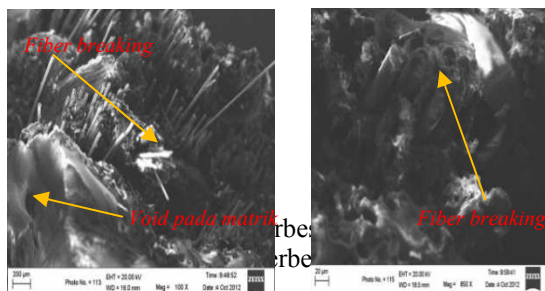
Pengamatan Struktur Mikro Dengan SEM

1. Penampang patahan komposit 5% serat



Gambar 6. (a) perbesaran 100X
(b) perbesaran 850X

2. Penampang patahan komposit 15% serat



Pengamatan struktur mikro menggunakan SEM (*Scanning electron microscope*) agar diketahui mekanisme kegagalan pada bidang patahan komposit. Dari hasil pengamatan dapat terlihat kerusakan pada komposit seperti void pada matriks komposit, *fiber breaking*, *pull out* dan *debonding* pada serat.

KESIMPULAN

Adapun simpulan dari hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Semakin tinggi penambahan serat pada komposit polimer berbahan serat gelas dan matriks resin *polyester* berdampak pada peningkatan usia pakai. Selain itu terbukti mampu meningkatkan kekuatan tarik komposit.
2. Perilaku *creep* komposit serat gelas dengan bahan matriks resin *Polyester Yukalac 157 BQTN-EX* sangat buruk sekali. Terlihat dari hasil pengujian *creep*, nilai waktu patah yang dicapai terbilang rendah. Sehingga komposit polimer hasil penelitian ini tidak

layak untuk diaplikasikan di industri perkapalan maupun industri otomotif.

3. Dari hasil uji SEM dengan perbesaran 100X, 350X dan 850X dapat terlihat jelas struktur mikro dari komposit. Sehingga kerusakan pada spesimen komposit juga dapat dilihat, seperti *hole akibat pull out*, *fiber breaking* dan *debonding* yang menyebabkan spesimen komposit menjadi lebih cepat mengalami patah pada saat menerima beban tarik saat pengujian *creep* dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Valery, V.; Vasiliev, E.; Morozov, V., "Advanced Mechanics of Composite Materials", Elsevier Publication, First edition, 2007
- [2] Dr.Emad S. Al-Hassani, dkk, *The Effect of Fiber Orientation on Creep Behavior And Flexural Strength In Epoxy Composite*, 2009, University of technology, Baghdad.
- [3] Glen Smith, Katrina Gass, and Beckry Abdel-Magid, (2004), "The Effect of Specimen Loading on the Long-term Properties of Composite Materials", WSU College of Science and Engineering Journal, Fall 2004, Vol. 1, No. 2.
- [4] Sugiyanto, 1997. *Perilaku Creep Komposit Epoksi Dengan Serat Gelas (Glass Fiber Reinforced Plastics) Dalam Pengaruh Suhu, Waktu Dan Beban-beban Statis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [5] Sugeng S, Bambang, Dr. Ir., 1990. *Material Komposit sub bab Tinjauan Terhadap Beberapa Perilaku Mekanik Dari Material Komposit, Laporan Kegiatan Tenaga Ahli Dalam Negeri*, PAU-Ilmu Rekayasa-ITB Bandung.
- [6] Boyle JT, Spence J. Stress analysis for *creep*. London: Butterworths; 1983.
- [7] Dieter GE. *Mechanical metallurgy*. Singapore: McGraw Hill; 1986.
- [8] Evans R.W. and Wilshire B., 1993. *Introduction to Creep*. The Institute of Materials; London.
- [9] Gates, Thomas L., Veazie, David R., and Brinson, L. C., 1997., *Creep and Physical Aging*

Polymeric Composite: Comparison of Tension and Compression, Journal of Composite Materials, Vol. 31, No.24/1997 (2478-2505).

[10] Van Vlack, L. H., 1992, “*Ilmudan Teknologi Bahan*”, Edisi ke-5.