

## Studi Karakteristik Dinamik Komposit *Hybrid* Serat Karbon dan Serat Gelas sebagai Bahan Komponen Mobil Listrik Nasional (Molina) UNS

Didik Djoko Susilo,<sup>1,a</sup> Nur Hafid<sup>2,b</sup>, Yon Afif Hidayat<sup>3,c</sup>, D. Danardono<sup>4,d</sup>

<sup>123</sup>*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta, Indonesia*

Email: [djoksus\\_2010@yahoo.com](mailto:djoksus_2010@yahoo.com), [nurhafid1988@gmail.com](mailto:nurhafid1988@gmail.com), [yonafif.hid@gmail.com](mailto:yonafif.hid@gmail.com),  
[danar1405@gmail.com](mailto:danar1405@gmail.com)

### Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk memperoleh karakteristik dinamik material komposit *hybrid* bermatrik serat karbon dan serat gelas yang akan diaplikasikan sebagai bahan komponen mobil listrik nasional (Molina) UNS. Karakteristik dinamik yang dikaji adalah faktor redaman dan frekuensi natural. Komposit *hybrid* dibuat dari serat karbon dan serat gelas dengan perbandingan komposisi antara matriks dan serat adalah 80% : 20%, 70% : 30%, 60% : 40%, dan 50% : 50%. Pengujian dilakukan dengan memberikan getaran bebas pada balok komposit berukuran 3 mm x 40 mm x 250 mm dengan kondisi tumpuan kantilever. Rasio redaman diturunkan dari persamaan *logarithmic decrement*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan komposisi serat pada komposit *hybrid* ini akan menurunkan nilai faktor redaman dan sebaliknya akan menaikkan nilai frekuensi naturalnya. Nilai rasio redaman berkisar antara 0,025 sampai 0,031, sedangkan nilai frekuensi naturalnya berkisar antara 29,4 Hz sampai 47,59 Hz.

**Kata kunci :** komposit *hybrid*, komposisi serat, getaran bebas, rasio redaman, frekuensi natural.

### Latar Belakang

Aplikasi bahan komposit telah berkembang sangat luas, terutama di bidang otomotif. Aplikasi bahan komposit ini terbagi pada empat kategori, yakni komponen internal, eksternal, kompartemen mesin dan bodi kendaraan. Contoh aplikasinya adalah pada kursi penumpang, dashboard, roof lining, panel pintu, tutup mesin pelindung lumpur, spoiler, sudu kipas, dan sebagainya [4].

Mobil listrik nasional (Molina) UNS akan dirancang dengan mengaplikasikan bahan komposit pada sebagian besar komponennya, termasuk bodi mobilnya. Bahan-bahan komposit yang digunakan adalah komposit serat gelas, serat alam, dan komposit *hybrid* serat karbon dan serat gelas.

Carli, dkk [5] menyatakan bahwa material komposit terdiri dari beberapa tipe material yang dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibandingkan dengan material konvensional keunggulan komposit antara lain yaitu memiliki kekuatan yang dapat diatur (*tailorability*), tahanan lelah (*fatigue resistance*) yang baik, tahan korosi, dan memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi. Perkembangan komposit tidak hanya dari komposit sintesis tetapi juga komposit natural yang terbarukan sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian mengenai

material komposit maupun komponen yang terbuat dari material komposit telah banyak dilakukan.

Komposit *hybrid* mempunyai sifat yang lebih baik daripada komposit satu jenis penguat. Dalam komposit *hybrid* lapisan-lapisan penguat dapat berupa dua atau lebih jenis penguat yang berbeda-beda berdasarkan pernyataan dari Callister [6]. Kombinasi dua jenis serat tersebut lebih menguntungkan dari sisi ekonomi. Jenis komposit *hybrid* memungkinkan untuk menjaga keseimbangan antara sifat-sifat mekanik dan nilai ekonomis dari komposit seperti yang dinyatakan oleh Reddy, dkk [3].

Sistem yang bermassa dan elastis menurut Dehkordi [2] dapat mengalami suatu getaran apabila ada gangguan yang bekerja pada sistem tersebut. Gangguan tersebut terjadi karena adanya gaya eksitasi, baik yang berasal dari dalam sistem itu sendiri (getaran bebas) maupun dari luar sistem (getaran paksa). Sistem getaran bebas akan bergetar pada frekuensi pribadinya, sedangkan sistem getaran paksa dengan eksitasi osilasi akan bergetar dengan frekuensi gaya eksitasinya. Ketika frekuensi gaya eksitasi bersamaan dengan salah satu frekuensi pribadi sistem, maka akan terjadi resonansi. Resonansi yang terjadi akan mengakibatkan amplitudo getaran semakin besar, yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada sebuah struktur.

Hamed [1] menyatakan bahwa peningkatan frekuensi pribadi suatu sistem menyebabkan getaran yang sangat besar. Penentuan frekuensi pribadi sangat penting pada suatu sistem yang mengalami getaran. Frekuensi pribadi suatu sistem getaran ditentukan oleh massa dan distribusi kekakuannya. Kekakuan juga akan menentukan kondisi osilasi getaran yang terjadi. Dengan demikian masalah kekakuan material sangat berpengaruh dalam analisis getaran pada elemen-elemen mesin atau konstruksi ketika mengalami pembebanan.

Karakter dinamik bahan atau struktur dinyatakan oleh rasio redaman, frekuensi natural, dan mode getar yang dimilikinya, oleh karena itu parameter ini perlu diketahui sehingga dapat dicegah terjadinya getaran yang berlebihan pada bahan atau sistem ketika bekerja.

Persamaan gerak untuk sistem yang mengalami getaran bebas teredam dapat dinyatakan sebagai berikut:

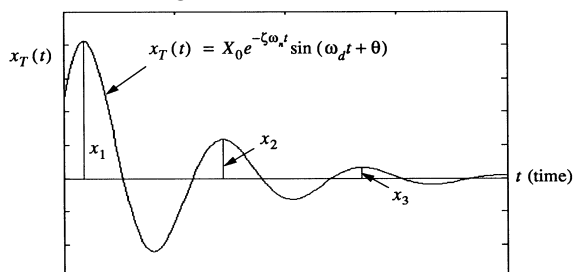
$$\ddot{x} + 2\xi\omega_n \dot{x} + \omega_n^2 x = 0 \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$\omega_n$  : frekuensi natural,

$\xi$  : factor redaman

Faktor redaman sebuah bahan dapat ditentukan secara eksperimental dengan memberikan getaran bebas pada struktur bahan tersebut. Selanjutnya faktor redaman diturunkan dari persamaan penurunan logaritmik, yang merupakan logaritma natural rasio dua buah amplitudo yang berurutan. Sehingga dengan memperoleh data amplitudo respon getaran bebas sistem, maka dapat diperoleh faktor redaman bahan tersebut dengan rumus-rumus sebagai berikut:



Gambar 1. Respon getaran bebas.

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2} \quad (2)$$

Dengan memasukkan nilai  $x_1$  dan  $x_2$  maka akan diperoleh :

$$\delta = \zeta \omega T_D \quad (3)$$

Jika dimasukkan nilai  $T_D = \frac{2\pi}{\omega_D}$ , maka diperoleh persamaan untuk penurunan logaritmik sebagai berikut:

$$\delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (4)$$

Untuk nilai faktor redaman yang kecil, maka persamaan 6 dapat disederhanakan:

$$\delta \approx 2\pi\xi \quad (5)$$

**Metode Penelitian**

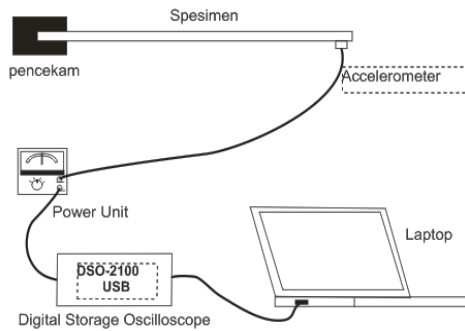
Komposit dibuat dari serat karbon dan serat gelas, resin *unsaturated polyester* Yucalac 157 BQTN-FR, dan katalis MEKPO (*methyl ethyl ketone peroxide*). Serat karbon dan serat gelas dihitung komposisinya dan disusun pada cetakan tekan, kemudian ditambahkan campuran resin dan katalis dengan perbandingan 1%. Variasi yang digunakan dalam pembuatan spesimen adalah perbandingan prosentase volume resin dengan serat yaitu 80% : 20%, 70% : 30%, 60% : 40%, dan 50% : 50%. Sedangkan untuk komposisi serat itu sendiri menggunakan perbandingan 50% untuk serat karbon dan 50% untuk serat gelas.

Ukuran sesimen uji adalah 250 x 40 x 3 mm. Gambar spesimen uji disajikan pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Spssimen uji komposit hybrid serat gelas-serat karbon.

Pengujian getaran dilakukan pada struktur tumpuan kantilever seperti pada gambar 3 berikut.



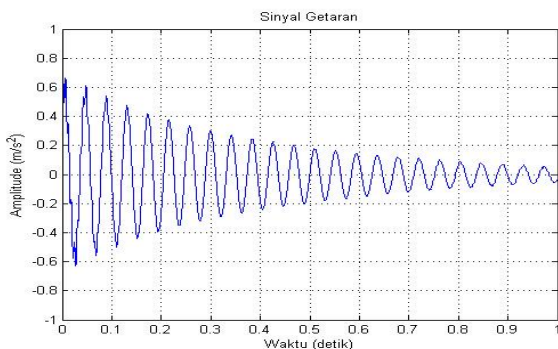
Gambar 3. Skema pengujian.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

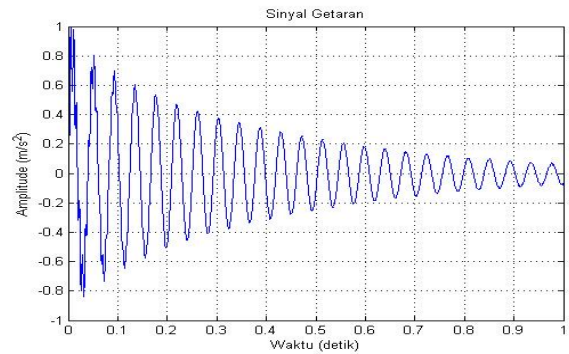
1. *Accelerometer* tipe 3035B2/G digunakan untuk mendeteksi sinyal getaran.
2. *Power Unit* tipe 4105C digunakan untuk memasok daya ke *accelerometer*.
3. DSO - 2100 USB AUTOTEK 2 Channel 100MS/s digunakan sebagai data akuisisi yang merubah sinyal analog menjadi sinyal digital.
4. PC/ Laptop digunakan untuk mengolah data.

### Hasil dan Pembahasan

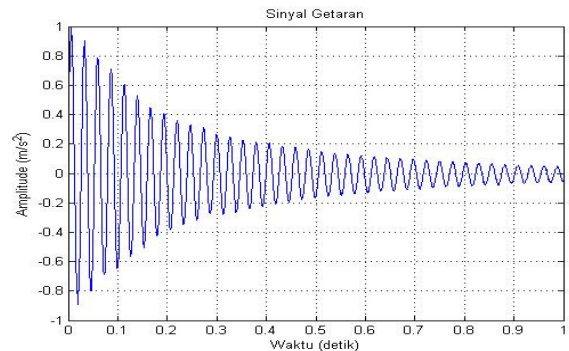
Hasil pengujian komposit hybrid serat karbon dan serat gelas dengan variasi fraksi volume resin dan serat, disajikan pada gambar 4 sampai gambar 8.



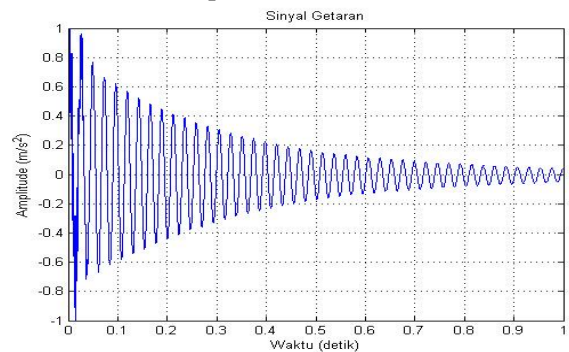
Gambar 4. Sinyal getaran komposit hybrid komposisi serat 20%



Gambar 5. Sinyal getaran komposit hybrid komposisi serat 30%



Gambar 6. Sinyal getaran komposit hybrid komposisi serat 40%



Gambar 7. Sinyal getaran komposit hybrid komposisi serat 50%

Berdasarkan data diatas dapat dihitung faktor redaman serta frekuensi natural dari spesimen tersebut. Data hasil perhitungan ditampilkan pada tabel 1.

TABEL I  
DATA HASIL PENGUJIAN

No	Spesimen Komposit Hybrid	$\delta$	$\zeta$	$\omega_n$ (Hz)
1	Komposit serat 20%	0.192	0.031	29.4
2	Komposit serat 30%	0.187	0.030	38.44
3	Komposit serat 40%	0.182	0.029	41.65
4	Komposit serat 50%	0.154	0.025	47.59

Dari tabel diatas terlihat bahwa rasio redaman menurun seiring bertambahnya fraksi volume serat. Pada komposisi serat 20% memiliki rasio redaman sebesar 0.031, dan pada komposisi serat 50% memiliki rasio redaman sebesar 0.025. Sedangkan frekuensi natural komposit meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat. Dapat dilihat bahwa pada komposisi serat 20% memiliki frekuensi natural sebesar 29,4 Hz, dan pada komposisi serat 50% memiliki frekuensi natural sebesar 47,59 Hz.

Dapat diartikan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka rasio redamannya akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan fraksi volume serat yang semakin bertambah akan meningkatkan kekakuan komposit hybrid, sehingga bahan semakin sulit berdeformasi yang berakibat kemampuan bahan untuk menyerap energi semakin rendah. Sebaliknya peningkatan fraksi volume serat ini semakin meningkatkan frekuensi natural komposit. Hal ini juga disebabkan oleh tingkat kekakuan bahan komposit yang semakin meningkat pula sebagai akibat bertambahnya fraksi volume serat pada komposit.

### Kesimpulan

Hasil analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar perbandingan fraksi volume serat maka nilai kekakuan komposit hybrid serat karbon dan serat gelas akan semakin besar yang ditunjukkan dengan penurunan rasio redaman dan peningkatan frekuensi natural komposit *hybrid*.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA No. 023.04.2.189882/2013 tanggal 5 Desember 2012, tentang Program Pengembangan Mobil Listrik Nasional. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih.

### Daftar Kepustakaan

- [1] A. Hamed, P. Ribeiro, Natural Modes of Vibration of Variable Stiffness Composite Laminates by Third Order Shear Deformation Theory, 16th International Conference on Composite Structures ICCS 16 A. J. M. Ferreira (Editor) FEUP, Porto, 2011.
- [2] B.M. Dehkordi, S.M.R., Khalili, M. Shariyat, Non-Linear Forced Vibration of a Pseudoelastic SMA Hybrid Composite Beam, Proc. of Int. Conf. on Advances in Industrial and Production Engineering, AMAE DOI: 02.AIPE.2011.01.505, 2011.
- [3] G.V. Reddy, S.V. Naidu, and S.T. Rani, Kapok/Glass Polyester Hybrid Composite: Tensile and Hardness Properties, Journal of

Reinforced Plastic and Composite, Vol. 27, No 16-17 ( 2008).

- [4] N. Strumberger, A. Gospocic, C. Bartulic, Polymeric Material in Automobiles, Promet-Traffic-Traficco, Vol 17, No. 13 (2005), 149-160.
- [5] S.A. Carli, Widyanto, I. Haryanto, Analisis Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Gelas Jenis Woven dengan Matriks Epoxy dan Polyester Berlapis simetri dengan Metoda Manufacture Hand Lay - Up, Journal Teknis, Vol. 7, No 1( 2012).
- [6] W. D Callister, Jr., Materials Science and Engineering An Introduction, Seven Edition., John Wiley and Sons, Inc, United States of America, 2007.