

Analisis Karakteristik Getaran Pada Balok Jepit Bebas yang Terbuat dari Material Komposit Serat Bambu dengan Variasi Posisi Penggetar

Hammada Abbas^{1)*}, Mukhtar Rahman¹⁾

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin Makassar
prof.hammada@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik getaran pada material komposit serat bambu dengan variasi penempatan posisi penggetar dan arah serat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode lamina, serat disusun tiga lapis dengan variasi arah 00/00/00, 00/300/00 dan 300/00/300, sedangkan untuk metode analisa data adalah metode Euler-Bernoulli, data karakteristik getaran ditentukan pada posisi penggetar 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kekakuan specimen akibat perubahan penempatan posisi penggetar pada setiap specimen dengan arah serat yang berbeda adalah 13.571 N/m dan 1099.227 N/m untuk arah serat 00/00/00, 44.208 N/m dan 3580.842 N/m untuk arah serat 00/300/00 serta 38.387 N/m dan 3109.334 N/m untuk arah serat 300/00/300. Amplitudo maksimum yang terjadi diperoleh pada serat dengan arah 00/00/00 yaitu 0.000670 m dan minimumnya -0.000487 m pada sepesimen dengan arah serat 300/00/300. Nilai frekwensi natural (ω_n) material komposit serat bambu dipengaruhi oleh arah serat dan modulus elastisitas bahan, dimana untuk serat dengan arah 00/00/00 nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 49.534 rad/s dan minimum 5.504 rad/s, dan serat dengan arah 00/300/00 nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 97.849 rad/s dan minimum 10.872 rad/s serta serat dengan arah 300/00/300 nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 53.573 rad/s.

Kata kunci: Serat bambu, posisi penggetar, karakteristik getaran, metode Euler-Bernoulli.

Abstract

This study aimed to analyze the vibration characteristics of the bamboo fiber composite material with a variation of positioning of the vibrator and the direction of the fiber. The method used in this research is the method of lamina, fiber composed of three layers with variations of the direction of 0°/0°/0°, 0°/30°/00 and 30°/0°/30°, whereas for data analysis method is the method of Euler-Bernoulli. The characteristic of data vibration was determined in the positions vibrator of 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, and 50 cm. The results showed that the specimens rigidity due to changes in the positioning of the vibrator on each specimen with different fiber direction is 13 571 N / m and 1099,227 N / m for the direction of the fiber 0°/0°/0°, 44 208 N / m and 3580,842 N / m for the fiber direction 0°/30°/0° and 38 387 N / m and 3109,334 N / m for fiber direction 30°/0°/30°. The maximum amplitude occurs with the direction of fibers obtained on 0°/0°/0° that the minimum -0.000487 0.000670 m and m on specimen with 30°/0°/30° fiber direction. The value of natural frequency (ω_n) bamboo fiber composite material is influenced by the direction of the fiber and the modulus of elasticity of the material, where the fiber with the direction of 0°/0°/0° the value of natural frequency (ω_n) maximum 49 534 rad / s and a minimum of 5504 rad / s, and fiber with directions 00/300/00 value of natural frequency (ω_n) maximum 97 849 rad / s and a minimum of 10 872 rad / s as well as fiber to the direction 300/00/300 value of natural frequency (ω_n) maximum 53 573 rad / s.

Keywords: Bamboo fiber, position vibrator, vibration characteristics, Euler-Bernoulli method.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini eksplorasi sarat batang bambu dalam bidang material komposit banyak dilakukan untuk mencari sifat-sifat mekanis yang dibutuhkan untuk penerapannya dalam material maju. Dari hasil-hasil penelitian mengenai sifat mekanis serat bambu menunjukkan bahwa sifat mekanisnya cukup baik, dimana sifat mekanis yang dimaksud adalah tegangan, modulus elastisitas serta kekakuan yang dihasilkan nilai sifat mekanis yang cukup baik dari jenis serat sintesis, seperti serat kaca [1]. Dalam menentukan sifat-sifat mekanis struktur komposit ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi, di antaranya adalah fraksi volume serat yang digunakan dan susunan arah serat

* Penulis korespondensi, HP: (0411)58400
Email: prof.hammada@yahoo.co.id

dalam material komposit sebagai penguatnya serta proses pembuatannya. Hal ini dikarenakan saat penentuan fraksi volume serat dan metode manufaktur yang digunakan akan mempengaruhi cacat yang akan ditimbulkan.

Metode-metode yang biasanya digunakan dalam manufaktur struktur komposit adalah *autoclave forming*, *filament winding*, *pultrusion*, *hand lay-up*, *resin transfer molding*, *compression molding* dan *injection molding*. Sedangkan penempatan serat dengan sudut arah tertentu dalam matriks komposit, dimaksudkan agar tegangan yang terjadi dapat didistribusikan merata pada bagian-bagian serat sehingga memberikan kekakuan yang baik.

Getaran merupakan gejala fisis yang terjadi pada setiap benda, baik akibat adanya pengaruh gaya luar maupun tidak. Untuk menganalisa getaran yang terjadi pada batang tipis dengan variasi jenis tumpuan, ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan karakteristiknya (frekwensi natural, amplitudo dan kekakuan), salah satunya adalah metode Euler-Bernoulli. Karakteristik getaran pada batang komposit dipengaruhi oleh dimensi (panjang, tebal dan tinggi), kerapatan, kekakuan dan modulus elastisitasnya. Dimana, diketahui bahwa nilai frekwensi berbanding lurus dengan modulus elastisitas dan momen inersia material dan berbanding terbalik dengan panjang dan massa persatuan panjangnya. Modulus elastisitas yang besar akan menghasilkan frekwensi natural material yang besar sehingga akan mempengaruhi kekakuan materialnya. Pengaruh penempatan posisi penggetar akan berdampak pada nilai frekwensi dan kekakuan material, semakin dekat posisi penggetar pada tumpuan jepit akan memberikan kekakuan dan frekwensi yang besar.

Penelitian mengenai getaran sudah banyak dilakukan, namun terbatas pada penggunaan material logam. Dalam penelitian ini akan diteliti mengenai efek getaran pada material komposit berbasis serat bambu dengan variasi arah serat dan fraksi volume menggunakan *metode Euler-Bernoulli*.

1.2. Tinjauan Pustaka

Pada komposit polimer berpenguat serat, sifat mekanik dari serat menentukan kekakuan dan kekuatan tarik pada komposit. Serat penguat, umumnya terbuat dari sintesis dengan sifat mekanik spesifik yang sangat tinggi seperti, serat gelas, karbon, aramid. Pengembangan dan penggunaan komposit dengan matriks polimer dan serat sintesis ini mulai dikerjakan sejak tahun 1960-an.

Bambu merupakan tumbuhan hijau dari family poaceae, subfamily bambusoideae, suku bambuseae. Bambu raksasa merupakan anggota terbesar keluarga rumput dan merupakan tanaman kayu yang memiliki tingkat pertumbuhan tercepat di dunia. Laju pertumbuhan bambu yang mencapai 60 cm per hari dikarenakan bambu memiliki sistem rhizome-dependent, tetapi tetap dipengaruhi iklim dan kandungan dalam tanah lokal.

Saat diberikan perlakuan khusus, bambu dapat menjadi sangat kuat namun ringan dan tahan lama. Di lingkungan beriklim tropis, bambu biasanya digunakan untuk konstruksi rumah, konstruksi tangga dan perancah, sebagai pengganti batang dalam konstruksi, dan lain-lain. Beberapa perusahaan berupaya untuk mempopulerkan lantai bambu yang terbuat dari bambu yang dipanaskan, diratakan, dan direkatkan, hingga akhirnya dipotong sesuai kebutuhan.

Bambu merupakan salah satu contoh komposit alam karena bambu terdiri dari serat-serat kecil yang diikat oleh hemi-selulosa. kandungan kimia bambu terdiri atas selulosa, hemi-selulosa, dan lignin yang mencakup 90% massa bambu. Sedangkan unsur minor pada bambu terdiri atas *resin*, *tannin*, *wax*, dan garam inorganik. Selain unsur selulosa dan lignin ada pula komposisi organik lain seperti, zat tepung (2-6%), deoxide scharized (2%), lemak (2-4%), dan protein (0.8-6%).

Getaran

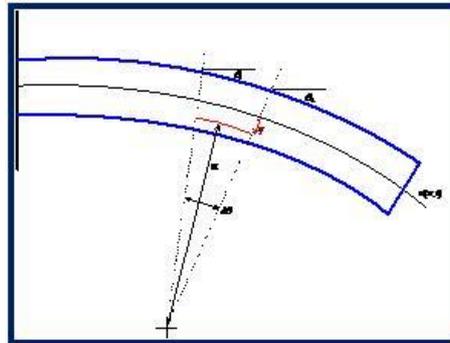
Getaran adalah suatu gerakan yang berulang dengan sendirinya pada suatu selang waktu tertentu yang dapat terjadi pada sistem dimana memiliki massa dan sifat elastis serta padanya bekerja gangguan. Getaran juga didefinisikan sebagai gerakan beresilasi dari suatu sistem yang dapat berupa gerakan beraturan dan berulang secara kontinu atau dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak.

Disamping osilasi mekanis, pengertian getaran juga terdapat pada bagian lain seperti gelombang elektromagnetik, akustik, dan arus bolak balik. Kadang-kadang satu kondisi interaksi antara masalah yang berbeda terjadi, misalnya getaran mekanis menyebabkan osilasi listrik atau sebaliknya. Prinsip dasar, analisis, persamaan matematika dan terminologi untuk fenomena getaran sama pada setiap bidang.

Setiap benda yang memiliki massa dan sifat elastisitas jika diberi gangguan (rangsangan), maka benda atau sistem tersebut akan bergetar. Berdasarkan penyebab suatu benda atau sistem bergetar maka getaran dapat diklasifikasikan sebagai getaran bebas dan getaran paksa.

Sistem Balok Kontinu

Dalam semua sistem massa terkonsentrasi pada satu titik. Pendekatan ini berlaku untuk semua system, terutama pada frekuensi rendah, tetapi tidak semua model sistem memberikan informasi nyata secara akurat. Salah satu contoh penting dari sebuah sistem kontinu adalah getaran transversal balok. Contohnya, garpu tala, lonceng, bar gambang dan sejenisnya. Model getaran balok juga penting dalam simulasi struktur teknik gempa bumi dan pemodelan ranga mobil.



Gambar 1. Balok yang mengalami beban lentur [2].

Model dari sebuah balok yang akan diteliti diperlihatkan seperti gambar di atas. Perpindahan dari tengah balok diberikan oleh $w(x,t)$. Perhatikan bahwa w adalah fungsi ruang (jarak, x , sepanjang balok) serta waktu.

Dengan menggantikan ekspresi untuk gaya geser yang telah ditemukan sebelumnya, persamaan geraknya menjadi

$$\rho A dx \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} dx \tag{1}$$

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = -\frac{\rho A}{EI} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \tag{2}$$

Ini merupakan persamaan gerak untuk balok akibat beban lentur. Hal ini mirip dengan persamaan gelombang, yang digunakan untuk model suara di udara, serta dalam mekanika kuantum. Persamaan ini adalah order - keempat, persamaan diferensial parsial, dan dapat disederhanakan dengan menggunakan teknik pemisahan variabel.

Solusi Dengan Pemisahan Variabel

Jika diasumsikan bahwa solusi persamaannya adalah terdiri dari dua fungsi, yaitu ruang dan waktu, atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$w(x, t) = W(x)e^{j\omega_n t} \tag{3}$$

kemudian

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = \frac{d^4 W}{dx^4} e^{j\omega_n t} \tag{4}$$

juga

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -\omega_n^2 W e^{j\omega_n t} \tag{5}$$

Diperoleh,

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = -\frac{\rho A}{EI} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \tag{6}$$

$$\frac{d^4 W}{dx^4} e^{j\omega_n t} = \frac{\rho A \omega_n^2}{EI} \cdot W e^{j\omega_n t} \tag{7}$$

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = \frac{\rho A \omega_n^2}{EI} \cdot W \tag{8}$$

Bila eksponensial kompleksnya dikeluarkan, maka diperoleh konstanta tunggal yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\beta^4 = \frac{\rho A \omega_n^2}{EI} \tag{9}$$

Konstanta β disubstitusikan ke sebelumnya, maka memberikan

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = \beta^4 W \tag{10}$$

Persamaan ini adalah fungsi dari x saja, dan tidak memiliki komponen waktu. Dengan menerapkan kondisi batas dari balok, yang akan memberikan nilai dari β . Setelah mengetahui nilai-nilai β , maka dapat ditentukan frekuensi alami dari balok.

$$\omega_n = \beta^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \quad (11)$$

atau [3]
$$\omega_n = \sqrt{\frac{\pi^4 \left[\frac{EI}{L^3} \right]}{16\rho L \left[3 - \left(\frac{8}{\pi} \right) \right]}} \quad (12)$$

Jika dinyatakan dalam siklus per detik

$$f_n = \frac{\beta^2}{2\pi} \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \quad (13)$$

atau,

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{3.664}{L^2} \right\} \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \quad (14)$$

Solusi Persamaan Balok

Persamaan balok dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = \beta^4 \quad (25)$$

dimana W adalah fungsi ruang saja. Solusi umum untuk persamaan ini adalah

$$W(x) = Ae^{\beta x} + Be^{-\beta x} + Ce^{j\beta x} + De^{-j\beta x} \quad (16)$$

Dengan mengambil bagian nyata dari solusi ini, maka dapat ditentukan defleksi aktual balok. Sehingga persamaan di atas menjadi:

$$W(x) = A \cos h\beta x + B \sin h\beta x + C \cos \beta x + D \sin \beta x \quad (17)$$

dimana,

$$\cosh \beta x = \frac{e^{\beta x} + e^{-\beta x}}{2} \quad (18)$$

$$\sinh \beta x = \frac{e^{\beta x} - e^{-\beta x}}{2} \quad (19)$$

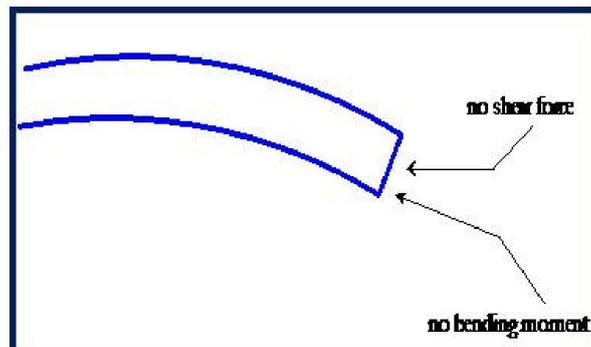
Dalam penyelesaian persamaan di atas terdapat empat koefisien yang belum ditentukan, A, B, C, D, serta β variabel yang berisi frekuensi alami balok. Dengan menggunakan kondisi batas balok untuk menentukan besaran yang tidak diketahui - kondisi awal dapat digunakan untuk menentukan sisanya.

Kondisi Batas untuk Balok getar pada Ujung Bebas (*Free-End*)

Kondisi batas yang paling sederhana adalah ujung bebas. Karena ujung bebas tidak terikat apa pun, tidak dapat mengirimkan kekuatan geser atau momen. Jadi, untuk ujung bebas berlaku $M = 0$ dan $V = 0$, sehingga dapat dituliskan syarat kondisi batas ini pada fungsi perpindahan:

$$\frac{d^2 W}{dx^2} = 0 \quad (20)$$

$$\frac{d^3 W}{dx^3} = 0 \quad (21)$$



Gambar 2 Balok dengan ujung bebas (*free-end*)

2. METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Getaran dan Akustik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Makassar untuk waktu pelaksanaan pengujian getaran, yang akan direncanakan dari bulan Desember 2010 sampai dengan bulan Pebruari 2011.

2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok komposit polimer yang diperkuat serat bambu dengan komposisi perbandingan volume serat dan volume matriks (40% : 60%). Adapun komposisi dari bahan komposit terdiri dari : serat bambu, resin polyester, dan hardener (katalis).

2.2. Prosedur Pengujian

Pembuatan Spesimen:

- 1) Mempersiapkan bahan penyusun komposit, berupa serat kaca, resin polyester dan hardener (katalis).
- 2) Pemilihan dan persiapan serat bambu dengan mengukur panjang dan diameter serat. Diasumsikan diameter serat adalah sama, yaitu 250 mm
- 3) Membuat cetakan dari kaca untuk spesimen uji getaran sesuai dengan dimensi yang diperlukan.
- 4) Menghitung volume komposit.
- 5) Menyusun serat bambu pada cetakan dengan menggunakan lem sebagai perekat.
- 6) Susunan bahan komposit adalah lamina dengan arah serat dua arah ($0^0/0^0/0^0$, $30^0/0^0/30^0$ dan $0^0/30^0/0^0$), terdiri dari : matriks-serat-matriks-serat-matriks-serat-matriks (3 tapis serat), dengan komposisi perbandingan persentase fraksi volume antara serat bambu dengan matriks sebesar (60 % : 40 %).
- 7) Hasil pencampuran antara matriks dan hardener yang dituang ke dalam cetakan. Banyaknya tuangan tergantung pada takaran atau total volume matriks.
- 8) Setelah bahan seluruhnya kering, kemudian dilepaskan dari cetakan.
- 9) Melakukan pemotongan pada kedua ujung spesimen sesuai dengan ukuran.



Gambar 3 Spesimen uji

Pengujian Getaran:

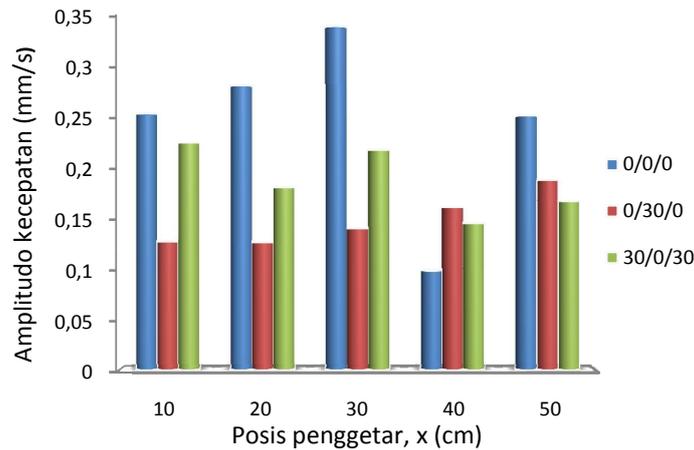
- 1) Memasang balok komposit pada jepitan dengan bak.
- 2) Meletakkan sensor getaran pada ujung atas jepitan, kemudian dihubungkan ke IRD Mechanalysis Model 885 Analyzer/Balancer.
- 3) Meletakkan eksiter (motor penggetar) pada benda uji sesuai dengan posisi yang diinginkan
- 4) Menghidupkan motor penggetar (ON).
- 5) Menentukan putaran eksiter (motor penggetar) dengan menggunakan tachometer.
- 6) Mencetak data dan grafik hasil pembacaan IRD Mechanalysis Model 885 Analyzer/Balancer.
- 7) Mengulangi langkah 1 – 6 untuk posisi eksiter dan komposisi serat yang lain.



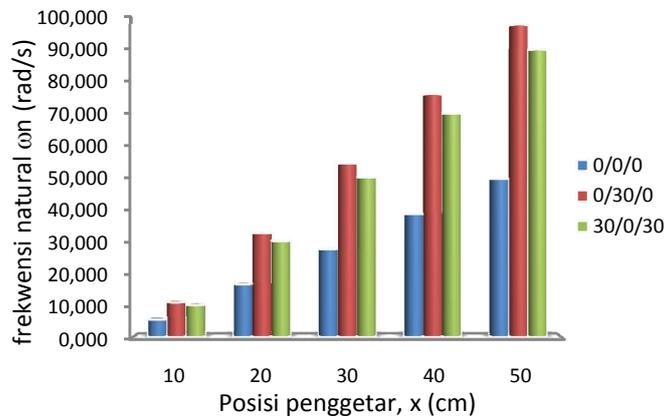
Gambar 4 Pengujian getaran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 menunjukkan hubungan penempatan posisi penggetar terhadap kecepatan getaran pada tiap perubahan arah serat bambu $0^0/0^0/0^0$, $0^0/30^0/0^0$ dan $30^0/0^0/30^0$ dengan perbandingan fraksi volume 60% dan 40%. Nilai kecepatan rambatan getaran maksimum terjadi pada serat dengan arah $0^0/0^0/0^0$ sebesar 0.342 mm/s (30 cm) dan nilai minimumnya 0.099 mm/s (40 cm). Hal ini menunjukkan bahwa serat dengan arah $0^0/0^0/0^0$ memiliki kekakuan yang rendah sehingga kemampuan serat untuk menerima getaran semakin besar jika dibandingkan dengan arah serat lainnya.



Gambar 5 Hubungan penempatan posisi penggetar terhadap kecepatan

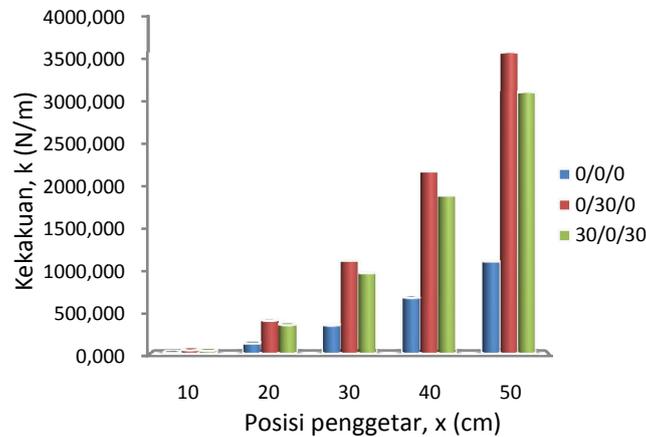


Gambar 6 Hubungan penempatan posisi penggetar terhadap frekwensi natural

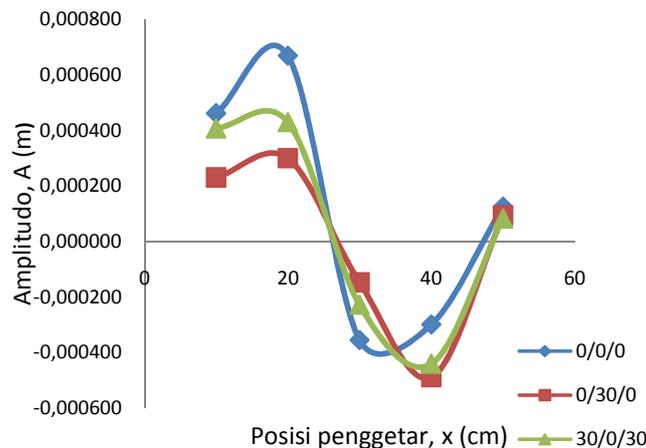
Kemampuan material komposit serat bambu redam getaran yang optimal terjadi pada arah serat $0^0/30^0/0^0$, dimana frekwensi naturalnya meningkat secara linear dibandingkan dengan arah serat

lainnya, seperti tampak pada Gambar 6. Hal ini juga diikuti dengan kekakuan spesimen pada masing-masing posisi penggetar, dimana diketahui bahwa nilai kekakuan berbanding lurus dengan nilai frekwensi naturalnya, dimana nilai maksimum kekakuannya 3580.842 N/m dan terendah 44.208 N/m

Penempatan posisi penggetar yang berbeda pada setiap specimen akan mempengaruhi amplitudo getaran yang berbeda. Amplitudo maksimum terjadi pada serat $0^0/0^0/0^0$ sebesar 0.000463 meter dan minimum pada serat $0^0/30^0/0^0$, yaitu -0.000487 meter. Hal ini menunjukkan bahwa serat dengan arah $0^0/30^0/0^0$ mampu redam getaran yang baik di banding dengan arah serat lainnya, seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 7 Hubungan penempatan posisi penggetar terhadap kekakuan material



Gambar 8 Hubungan penempatan posisi penggetar terhadap ampiltudo

4. SIMPULAN

Kekakuan specimen akibat perubahan penempatan posisi penggetar pada setiap specimen dengan arah serat yang berbeda adalah 13.571 N/m dan 1099.227 N/m untuk arah serat $0^0/0^0/0^0$, 44..208 N/m dan 3580.842 N/m untuk arah serat $0^0/30^0/0^0$ serta 38.387 N/m dan 3109.334 N/m untuk arah serat $30^0/0^0/30^0$. Amplitudo maksimum yang terjadi diperoleh pada serat dengan arah $0^0/0^0/0^0$ yaitu 0.000670 m dan minimumnya -0.000487 m pada sepesimen dengan arah serat $30^0/0^0/30^0$.

Nilai frekwensi natural (ω_n) material komposit serat bambu dipengaruhi oleh arah serat dan modulus elastisitas bahan, dimana untuk serat dengan arah $0^0/0^0/0^0$ nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 49.534 rad/s dan minimum 5.504 rad/s, dan serat dengan arah $0^0/30^0/0^0$ nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 97.849 rad/s dan minimum 10.872 rad/s serta serat dengan arah $30^0/0^0/30^0$ nilai frekwensi natural (ω_n) maksimumnya 53.573 rad/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lukmanul Hakim Arma, *Analisis Nilai Kekakuan Komposit Lamina Serat Bambu Akibat Pengaruh Beban Siklik*. Tesis Pascasarjana Universitas Hasanuddin, 2011.
- [2] Eric Constans, *Vibration 2011*, <http://constans.pbworks.com/w/page/35137306/Vibrations+-+Spring+2011> (di akses tanggal 20-2-2011)
- [3] Tony Irvin, *Vibration Data*, http://www.vibrationdata.com/tutorial2/beam_M.doc (di akses tanggal 20-2-2011)
- [4] Berlian V.A. Nur dan Rahayu, *Jenis dan Prospek Bisnis Bambu*, Penebar Swadaya, Jakarta, 1995.
- [5] Chun-Yung Niu, *Composite Airframe Structure, Practical Design Information Data*. Mc Graw Hill, New York, 1982.
- [6] Cyril M. Harris, editor, Allan G.Piersol, *Harris' Shock and Vibration Handbook 5th ed*. Mc Graw Hill, New York. Mc Graw Hill, New York, 2002.
- [7] Gere, James M, Timoshenko, Bambang Suryoatmono, *Mekanika Bahan (Terjemahan)*. Penerbit Erlangga, Jakarta. 2000
- [8] Mario Paz, *Structural Dynamics, Theory and Computation 5th ed*. Kluwer Academic Publisher Group, Netherlands, 2004.
- [9] Thomson, W.T, Lea Prasetyo, *Teori Getaran Dengan Penerapannya*, Edisi Ke-2, Penerbit Erlangga, Jakarta.