

## KAJI EKSPERIMENTAL GETARAN BALOK KOMPOSIT YANG DIPERKUAT FIBERGLASS

Mustafa

Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Tadulako

Jl. Soekarno Hatta Km.9, Palu (94118)  
Sulawesi Tengah, Indonesia

Phone: (0451) 422611, FAX: (0451) 422355, E-mail: mustafa7mesin@yahoo.co.id

### Abstract

*This aim of the study was to analyze the mechanical properties through tensile testing, and experimentally analyzed the natural frequency ( $\omega_n$ ) and rigidity (k) of fiberglass reinforced polymer composite beams. The study used spectrum method for experimental study. For the experimental analysis was done with 5 positions of the exciter. The supports used were a fixed-free (cantilever) with the material of fiberglass reinforced polymer composite in the form of beam with length of 50 cm, width of 3 cm, and thickness of 2 cm. Composite material consisted of two compositions, i.e : 5 % fiber glass and 95 % matrix epoxy; 20 % fiber glass and 80 % matrix epoxy. The devices used in the study was a testing machine, and IRD mechanalysis comprising of : a vibration sensor, a speed regulation unit, a tachometer, and a vibrator engine. The results of the tensile testing :  $\sigma_{max} = 44.44 \text{ N/mm}^2$  and  $\sigma_{min} = 23.33 \text{ N/mm}^2$ . For experimental analysis with 5 % fiberglass :  $\omega_{nmax} = 13125 \text{ rpm}$ ,  $\omega_{nmin} = 12600 \text{ rpm}$ ,  $k_{max} = 150975.13 \text{ kg/m}$ ,  $k_{min} = 139138.68 \text{ kg/m}$ , whereas with 20 % fiberglass :  $\omega_{nmax} = 13230 \text{ rpm}$ ,  $\omega_{nmin} = 12990 \text{ rpm}$ ,  $k_{max} = 153400.39 \text{ kg/m}$ ,  $k_{min} = 147885.32 \text{ kg/m}$ .*

*Keywords :* Vibrations, mechanical properties, natural frequency, rigidity.

### 1. Pendahuluan

Sistem yang bermassa dan elastis dapat mengalami suatu getaran apabila ada gangguan yang bekerja padanya. Gangguan tersebut bisa dari sistem itu sendiri (getaran bebas), dan juga timbul sebagai akibat gaya luar (getaran paksa). Sistem getaran bebas akan bergetar pada satu atau lebih terhadap frekuensi pribadinya. Sistem getaran paksa dengan eksitasi osilasi, akan bergetar dengan frekuensi gaya eksitasinya. Ketika frekuensi gaya eksitasi bersamaan dengan salah satu frekuensi pribadi sistem, maka kondisi resonansi terjadi..

Peningkatan frekuensi pribadi suatu sistem menyebabkan terjadinya getaran yang sangat besar. Olehnya itu penentuan frekuensi pribadi sangat penting pada suatu sistem yang mengalami getaran. Frekuensi pribadi suatu sistem getaran ditentukan dari massa dan distribusi kekakuananya. Olehnya itu 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 suatu pembebahan.

Perkembangan bidang sciences dan teknologi mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk

memenuhi keperluan aplikasi baru. Bidang industri pesawat terbang, otomotif (bodi mobil balap F1), olahraga (raket tenis), industri minyak dan gas juga telah memakai komposit untuk membangun infrastrukturnya. Contoh aplikasi di atas memerlukan bahan-bahan yang berdensity rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar, seperti yang dimiliki oleh komposit.

Penelitian mengenai getaran sudah banyak dilakukan, namun terbatas pada penggunaan material logam. Pada penelitian ini akan dikembangkan penggunaan material komposit polimer yang diperkuat fiberglass.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik melalui pengujian tarik, serta menganalisis frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) dan kekakuan (k) balok komposit yang diperkuat fiberglass secara eksperimental.

### 2. Tinjauan Pustaka

#### A. Teori Getaran

Masalah getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar. Pada umumnya mesin dan struktur rekayasa (engineering) mengalami getaran sampai derajat tertentu, dan rancangannya selalu

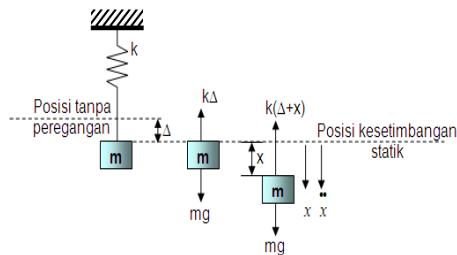


memerlukan pertimbangan sifat osilasinya.

Ada dua kelompok getaran yang umum, yaitu getaran bebas dan paksa. *Getaran bebas* terjadi bila sistem berosilasi akibat gaya yang ada dalam sistem itu sendiri dan tidak ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan mengalami getaran pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuananya. Sedangkan getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut *getaran paksa*. Jika rangsangan tersebut berosilasi, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka diperoleh keadaan *resonansi* dan memungkinkan terjadinya osilasi besar yang berbahaya.

Peningkatan frekuensi pribadi suatu sistem menyebabkan terjadinya getaran yang sangat besar. Getaran tersebut mengakibatkan terjadinya kerusakan pada suatu bagian tertentu dari sistem tersebut. Oleh karena itu, kita berusaha untuk mengurangi efek-efek merugikan dari getaran dengan jalan mengisolasi, mengabsorbsi, meredam dan lain sebagainya. Semua sistem yang bergetar mengalami redaman sampai derajat tertentu karena energi didisipasi oleh gesekan dan tahanan lain. Jika redamannya kecil, maka pengaruhnya sangat kecil pada frekuensi natural sistem. Olehnya itu perhitungan frekuensi natural biasanya dilaksanakan atas dasar tidak ada redaman.

Untuk memperoleh frekuensi pribadi, maka terlebih dahulu menentukan persamaan differensial gerak suatu sistem. Persamaan differensial gerak dapat diturunkan dari gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram benda bebas sistem pegas teredam

Dengan memberikan perpidahan awal  $x$  kemudian dilepaskan maka sistem bergetar bebas. Dari diagram benda bebas di atas dan Hukum II Newton, diperoleh persamaan differensial geraknya adalah :

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad \dots \quad (1)$$

Dari persamaan (1) diperoleh frekuensi pribadi yaitu :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots \quad (2)$$

## B. Komposit dan Komponennya

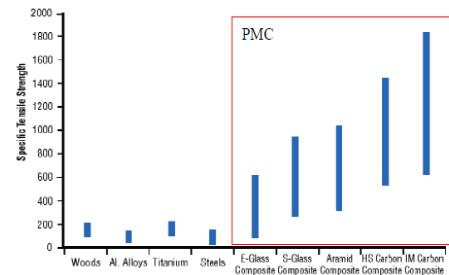
Secara umum material komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopik antara serat dan matriks. Serat berfungsi memperkuat matriks karena umumnya, serat jauh lebih kuat dari matriks. Matriks berfungsi melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan (*impact*).

Berdasarkan jenis matriks, material komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu :

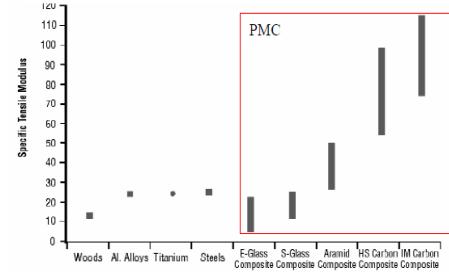
- Metal Matrix Composites* (MMC) yaitu komposit dengan matriks logam.
- Ceramic Matrix Composites* (CMC) yaitu komposit dengan matriks keramik.
- Polymer Matrix Composites* (PMC) yaitu komposit dengan matriks polimer.

Diantara ketiga jenis komposit tersebut, komposit polimer merupakan komposit yang paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan oleh keunggulan komposit tersebut, yaitu :

- Sifat mekanik spesifik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan logam, seperti ditunjukkan pada gambar 2 dan 3 berikut :



Gambar 2. Perbandingan sifat kekuatan tarik spesifik material PMC



Gambar 3. Perbandingan sifat kekakuan tarik spesifik material PMC.

- “*Tailorability*” yaitu kemampuan komposit untuk diatur orientasi serat penguatnya sesuai dengan arah pembebanan, sehingga diperoleh konstruksi yang optimum dan efisien.

Matriks adalah bahan yang diperkuat oleh serat penguat yang berfungsi mengikat serat yang satu dengan yang lainnya. Bahan yang paling umum dipakai sebagai matriks adalah metal atau polimer. Pada saat ini polimer paling sering dipergunakan karena lebih ringan dan



tidak korosif. Matriks berfungsi melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan (*impact*).

Meskipun serat merupakan ciri khas komposit, pertama-tama kita memperhatikan fungsi matriks. Secara ideal, matriks seharusnya mampu untuk :

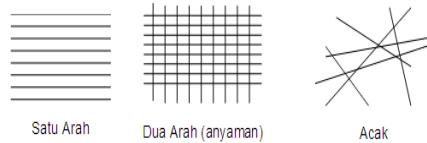
1. Menginfiltasi serat dan cepat membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar.
2. Membentuk suatu ikatan yang koheran, umumnya dalam bentuk ikatan kimia disemua antar permukaan serat/matriks.
3. Menyelubungi serat yang biasanya sangat pekatik, dan melindunginya dari kerusakan antar-serat berupa abrasi dan melindungi serat terhadap lingkungan.
4. Mentransfer tegangan kerja ke serat.
5. Memisahkan serat sehingga kegagalan serat-individu dibatasi dan tidak merugikan integritas komponen secara keseluruhan.
6. Melepas ikatan dari serat individu dengan cara absorpsi energi regangan, apabila kebetulan terjadi perambatan retak dalam matriks yang mengenai serat.
7. Tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

Untuk mendapatkan kemampuan yang tinggi dari suatu komposit, maka pemilihan bahan matriks yang sesuai sangat penting dan merupakan hal yang berpengaruh dari awal proses hingga menghasilkan suatu bahan polimer dengan beberapa sistem seperti linier, bercabang, dan hubungan silang (*cross linkes*). Sistem ini mewakili sifat / kemampuan sebagai penopang, pelindung, pengikat.

Pada umumnya material penguat (*reinforcement*) dalam komposit polimer adalah serat. Hal ini disebabkan oleh :

- a. Serat memiliki perbandingan panjang dengan diameter (*aspect ratio*) yang tinggi. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks, sehingga akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks.
- b. “Size effect” serat. Ukuran serat yang kecil akan menghasilkan perbandingan jumlah cacat persatuannya yang lebih kecil daripada material yang berukuran besar. Hal ini membuat serat memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi.
- c. Diameter serat yang kecil memudahkan proses manufaktur serat, hal ini berkaitan dengan fleksibilitas serat.
- d. Densitas yang rendah menyebabkan serat memiliki sifat mekanik spesifik yang tinggi.

Tipe umum orientasi sebaran serat dalam suatu bahan komposit ditunjukkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Macam Sebaran Serat

### 3. Metodologi Penelitian

#### A. Tempat , Alat dan Bahan Penelitian.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental (*experimental research*) di Biro Perencanaan Pabrik PT. Semen Tonasa Pangkep.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

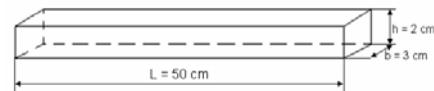
- a. Seperangkat alat pembuatan komposit yang terdiri dari :
  - Cetakan kaca, sebagai cetakan spesimen
  - Gelas ukur, untuk mengukur volume resin dan serat (fiberglass).
  - Mistar, untuk mengukur dimensi spesimen.
  - Lem, untuk merekatkan serat.
  - Plastik bening, untuk melapisi dinding cetakan agar memudahkan spesimen mengeluarkan dari cetakan.
  - Ember, tempat pencampuran resin, serat dan hardener (katalis).
  - Amplas, untuk meratakan spesimen sesuai ukuran standar

- b. Seperangkat mesin uji tarik.

- c. Seperangkat alat uji getaran yang terdiri dari :
    - IRD Mechanalysis Model 885 Analyzer/Balancer untuk pengukuran simpangan dan kecepatan getaran.
    - Unit pengatur kecepatan.
    - Tachometer untuk mengukur kecepatan motor penggetar (eksiter) yang digunakan.
    - Motor penggetar (eksiter).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok komposit polimer yang diperkuat fiberglass dengan komposisi volume serat 5 % dan 20 %.

Bentuk bahan untuk uji getaran dengan dimensinya ditunjukkan pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Bentuk bahan dan dimensinya untuk uji getaran

#### B. Prosedur Pembuatan Komposit

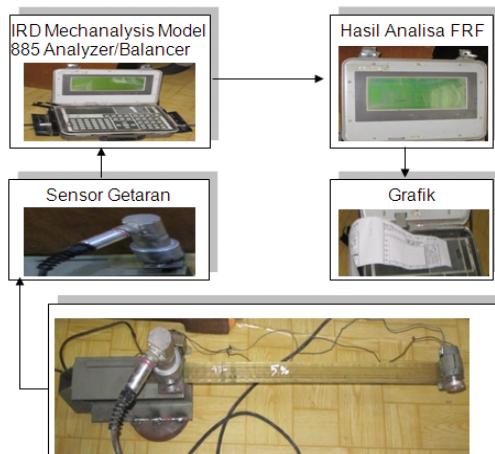
1. Mempersiapkan bahan penyusun komposit, berupa fiberglass, resin epoksi, dan hardener (katalis).
2. Pemilihan dan persiapan fiberglass dengan mengidentifikasi panjang dan diameter serat.



- Diasumsikan diameter serat dianggap sama yaitu 1,8 mm.
3. Membuat cetakan dari kaca untuk bahan uji tarik dan bahan uji getaran sesuai dengan dimensi yang diperlukan.
  4. Menghitung volume komposit, volume untuk satu (1) gulungan fiberglass, volume fiberglass ( $f_s = 5\%$  dan 20 %) dan volume matriks epoksi, serta jumlah serat yang diperlukan untuk menyusun serat pada cetakan.
  5. Menyusun fiberglass pada cetakan dengan menggunakan lem sebagai perekat.
  6. Susunan bahan komposit adalah lamina dengan arah serat satu arah terdiri dari : matriks-serat-matriks-serat-matriks-serat-matriks (3 lapis serat), dengan komposisi perbandingan persentase fraksi volume antara fiberglass dengan matriks epoksi sebesar (5 % : 95 %) dan (20 % : 80 %).
  7. Hasil pencampuran antara matriks dan hardener dituang kedalam cetakan. Banyaknya tuangan tergantung pada takaran atau total volume matriks.
  8. Pada proses pencetakan menghasilkan beberapa jenis spesimen dalam suatu bahan komposit.
  9. Untuk setiap persentase fraksi volume diambil 5 spesimen.
  10. Dari hasil pencetakan diperoleh total spesimen 10.
  11. Setelah bahan seluruhnya kering, kemudian dilepaskan spesimen dari cetakan.
  12. Melakukan pemotongan pada kedua ujung spesimen sesuai dengan ukuran.
  13. Melakukan pengamplasan untuk meratakan permukaan spesimen.
  14. Melakukan pengujian getaran

### C. Skema dan Prosedur Pengujian Getaran

Skema pengujian getaran dapat dilihat pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Skema pengambilan data

Sedangkan prosedur pengujian getaran adalah :

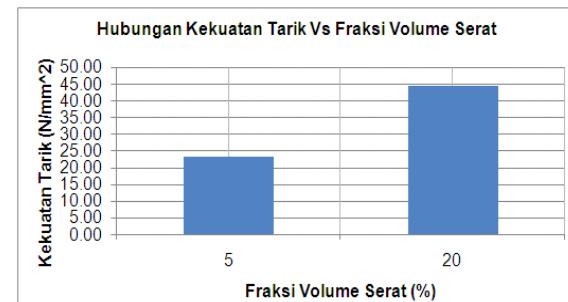
1. Memasang balok komposit pada jepitan dengan baik.
2. Meletakkan sensor getaran pada ujung atas jepitan, kemudian dihubungkan ke IRD Mechanalysis Model 885 Analyzer/Balancer.
3. Meletakkan eksiter (motor penggetar) pada benda uji sesuai dengan posisi yang diinginkan.
4. Menghidupkan motor penggetar (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.

### 4. Hasil Dan Pembahasan

Untuk menganalisis sifat mekanik, maka didasarkan pada tabel 1 dan gambar 7, sedangkan analisis frekuensi pribadi pada komposit yang terjadi pada penelitian ini didasarkan pada tabel 2 dan 3, serta gambar 8, 9, 10 dan 11 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Perhitungan Kekuatan Tarik maksimum Komposit Fiberglass – Matriks Epoksi

Persentase Fiberglass (%)	$\Delta L$ (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (N)	$\sigma$ Maksimum (N/mm <sup>2</sup> )
5	8	90	2100	23,33
20	6	90	4000	44,44



Gambar 7. Grafik hubungan kekuatan tarik dengan fraksi volume serat

Tabel 1 dan gambar 7 menunjukkan kekuatan tarik komposit fiberglass meningkat seiring dengan penambahan persentase fiberglass yang berfungsi sebagai serat penguat sebesar 5% dan 20%. Kekuatan tarik komposit tertinggi yaitu 44,44 N/mm<sup>2</sup> pada persentase serat kaca 20%. Kekuatan komposit terendah adalah 23,33 N/mm<sup>2</sup> yaitu pada persentase serat 5%.

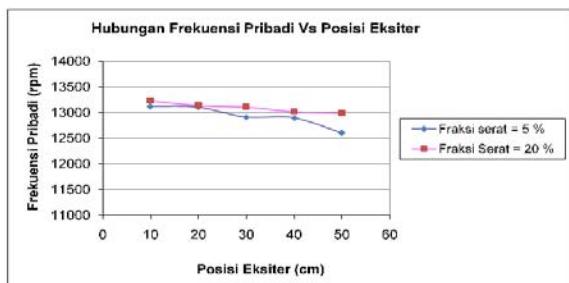


Tabel 2. Hasil Pengujian frekuensi pribadi dan kekakuan untuk komposisi 5 % fiberglass dan 95 % matriks epoksi.

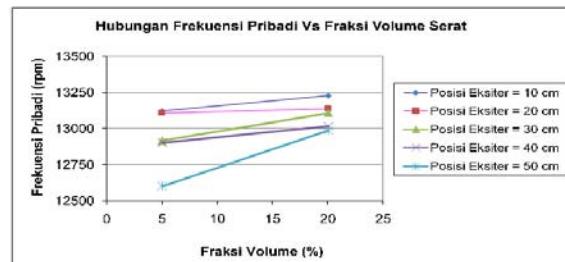
NO	Posisi Eksiter (cm)	m (kg)	$\omega_n$ (rpm)	k (kg/m)
1	10	0,080	13125	150975,13
2	20		13110	150630,24
3	30		12915	146182,57
4	40		12900	145843,20
5	50		12600	139138,68

Tabel 3. Hasil Pengujian frekuensi pribadi dan kekakuan untuk komposisi 20 % fiberglass dan 80 % matriks epoksi.

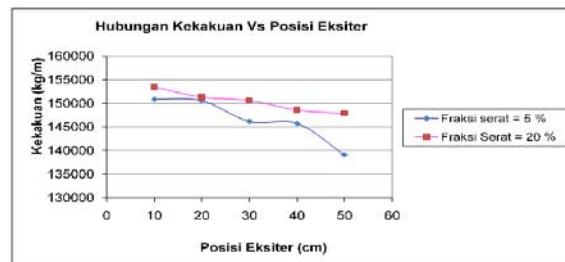
NO	Posisi Eksiter (cm)	m (kg)	$\omega_n$ (rpm)	k (kg/m)
1	10	0,082	13230	153400,39
2	20		13140	151320,41
3	30		13110	150630,24
4	40		13020	148569,19
5	50		12990	147885,32



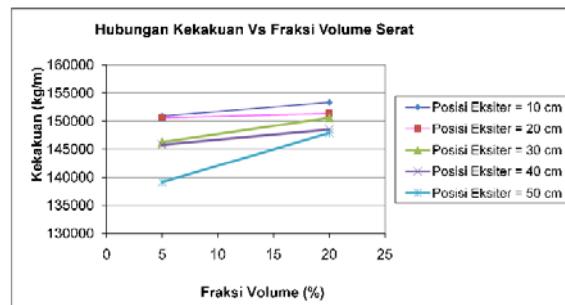
Gambar 8. Grafik hubungan frekuensi pribadi dengan posisi eksiter



Gambar 9. Grafik hubungan frekuensi pribadi dengan fraksi volume serat



Gambar 10. Grafik hubungan kekakuan dengan posisi eksiter



Gambar 11. Grafik hubungan kekakuan dengan fraksi volume serat

Dari tabel 2 dan 3, serta gambar 8 menunjukkan bahwa nilai frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) akan menurun seiring dengan peletakan posisi eksiter mulai 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm dari jepitan untuk komposit dengan persentase fiberglass yaitu 5 % dan 20 %. Pada persentase fiberglass 5 %, frekuensi pribadi maksimum adalah 13125 rpm (posisi eksiter 10 cm), sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 12600 rpm (posisi eksiter 50 cm). Pada persentase fiberglass 20 %, nilai frekuensi pribadi maksimum adalah 13230 rpm (posisi eksiter 10 cm), sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 12990 rpm (posisi eksiter 50 cm).

Dari tabel 2 dan 3, serta gambar 9 diperoleh bahwa nilai frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) akan meningkat seiring dengan peningkatan persentase fiberglass pada setiap posisi eksiter yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm dari jepitan. Dimana nilai frekuensi pribadi maksimum adalah 13230 rpm pada persentase serat 20 %, sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum



adalah 12600 rpm pada persentase serat 5 %. Peningkatan nilai frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) komposit fiberglass kontinu ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume fiberglass, akan meningkatkan pula nilai frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) getaran material komposit.

Dari tabel 2 dan 3, serta gambar 10 menunjukkan bahwa nilai kekakuan komposit (k) akan menurun seiring dengan peletakan posisi eksiter mulai 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm dari jepitan untuk kedua jenis komposit dengan persentase fiberglass yaitu 5 % dan 20 %. Pada persentase fiberglass 5 %, nilai kekakuan maksimum adalah 150975,13 kg/m (posisi eksiter 10 cm), sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 139138,68 kg/m (posisi eksiter 50 cm). Pada persentase fiberglass 20 %, nilai kekakuan maksimum adalah 153400,39 kg/m (posisi eksiter 10 cm), sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 147885,32 kg/m (posisi eksiter 50 cm).

Dari tabel 2 dan 3, serta gambar 11 diperoleh bahwa nilai kekakuan (k) akan meningkat seiring dengan peningkatan persentase fiberglass pada setiap posisi eksiter yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm dari jepitan, dimana nilai kekakuan maksimum adalah 153400,39 kg/m pada persentase serat 20 %, sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 139138,68 kg/m pada persentase serat 5 %. Peningkatan nilai kekakuan (k) komposit fiberglass kontinu ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume fiberglass, akan meningkatkan pula nilai kekakuan (k) material komposit.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian getaran balok komposit, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Nilai kekuatan tarik maksimum komposit fiberglass meningkat seiring dengan peningkatan persentase fiberglass dari 5 % sampai 20 %.
- Frekuensi pribadi dan kekakuan mengalami penurunan dengan bertambah jauhnya posisi eksiter dari tumpuan jepitan, baik pada persentase fiberglass 5 % maupun persentase fiberglass 20 %, dan mengalami peningkatan ketika adanya penambahan persentase fiberglass, untuk posisi eksiter mulai dari 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm.

## Ucapan Terima Kasih

Melalui kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan arah dan bimbingan, terutama kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. Hammada Abbas, MSME, dan Rafiuddin Syam, ST, M. Eng, Ph.D atas segala waktu dan bimbingannya

dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini hingga selesai.

Terima kasih juga kami sampaikan kepada Direktur dan staf, terutama Kepala dan staf Biro Perencanaan Pabrik PT. Semen Tonasa Pangkep atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian.

## Daftar Pustaka

- [1]. Abdullah Mappaita *Analisa Eksperimental dan Teoritis Modus Getaran Beam yang Ditumpu Sederhana*, Tesis, ITB, Bandung, 1987.
- [2]. Arief Yudhanto, *Aplikasi Material Komposit Di Industri Migas*, <http://composite.wordpress.com>, 2009.
- [3]. M. Hendra S. Ginting, *Pengendalian Bahan Komposit*. <http://library.usu.ac.id>, 2002
- [4]. Smallman R. E and Bishop R. J, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material* (terjemahan). Erlangga, Jakarta, 2000.
- [5]. Surdia, T, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.
- [6]. Thomson, W.T, *Theory of Vibration with Applications* 4<sup>th</sup> Edition, Prentice-Hall, USA, 1993.
- [7]. Yuspiyan Gunawan, *Kaji Eksperimental dan Numerik Pengaruh Perletakan Motor Pengetar Terhadap Karakteristik Getaran Balok*, Tesis UNHAS, Makassar, 2009.
- [8]. Vierck, Robert K, *Analisis Getaran*, PT. Eresco, Bandung, 1995.

