

Analisis Eksperimental dan Numerik Pengaruh Variasi Arah Serat terhadap Getaran Balok Komposit Serat Abaca dan Ijuk Bermatriks Epoksi dengan Metode Elemen Hingga

Nur Wahyuni¹, Hammada Abbas², Johannes Leonard³

Abstract —This study aims to : (1) analyze natural frequency (ω_n) and rigidity (k) as the effect of fiber direction and various positions of exciter on abaca and arenga pinatta fiber epoxy matrix composite beams ; and (2) determine the elastic modulus (E) through tensile testing. The research used the finite element method for numerical analysis and spectrum method for experimental analysis. For the finite element method in numerical analysis, the beam was divided into 5 elements ; whereas for the experimental analysis, there were 5 various positions of excitors. The support was a fixed-free (cantilever) made of epoxy composite reinforced with abaca and arenga pinatta fiber in the form of beams with a length of 50 cm, width of 3 cm, and thickness of 2 cm. The composite material consisted of two composite fiber : abaca fiber and arenga pinatta fiber. Each composite consisted of three types of laminations : 0°/0°/0° , -45°/0°/45°, and -90°/0°/90°. The results reveal that the values of natural frequency (ω_n) , rigidity (k) , elastic modulus (E) were influenced by fiber direction (maximum in abaca fiber direction 0°/0°/0° and minimum in arenga pinatta fiber direction -90°/0°/90°). The Value of natural frequency (ω_n) and rigidity (k) decreased with the increase of the distance of exciter position from cantilever . Natural frequency (ω_n) and rigidity (k) values obtained experimentally were greater than the values obtained numerically.

Keywords : vibration, natural frequency, rigidity, composite.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan material komposit serat di bidang rekayasa sangat pesat. Pemanfaatannya sebagai bahan pengganti logam maupun pengganti bahan alternatif komposit sintetis sudah semakin luas dikembangkan. Kemajuan teknologi mendorong peningkatan dalam hal permintaan terhadap bahan komposit, bidang industri pesawat terbang, otomotif, olahraga, industri minyak dan gas telah memakai komposit untuk membangun infrastrukturnya. Pada aplikasi di atas struktur komposit menjanjikan keuntungan khusus, selain kekuatan, ringan dan ketahanan terhadap korosi [1].

Nur Wahyuni, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Politeknik Negeri Ujung Pandang (corresponding author phone: 085394113137; e-mail: yuniadelia29@yahoo.com).

Hammada Abbas, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245

Johannes Leonard, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245

Pada penelitian ini, kami mengangkat komposit dengan serat ijuk dan serat abaca sebagai serat penguatnya. Pertimbangan menggunakan kedua serat ini sebagai alternatif bahan penguat pada material komposit karena ketersediaan bahan ini cukup banyak, harganya murah, kuat, ringan dan tidak mudah rusak. Pembuatan komposit yang diperkuat serat alami dimaksudkan untuk mencari alternatif material komposit yang tidak terlalu tergantung pada serat sintetis.

Dalam menentukan sifat-sifat mekanik struktur komposit, ada beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya adalah orientasi arah serat dalam material komposit sebagai penguatnya dan fraksi volume serat yang digunakan. 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 [2]. Salah satu keuntungan bahan komposit adalah dapat menerima beban dalam arah tertentu, artinya bahan tersebut hanya kuat dan kaku pada arah tertentu dan lemah dalam arah-arah yang tidak dikehendaki [1]. Kemampuan ini jelas tidak dipunyai oleh bahan *isotropic* yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang sama dalam segala arah.

Getaran merupakan salah satu masalah yang sangat penting dalam perencanaan konstruksi mesin. Ketika frekuensi gaya eksitasi bersamaan dengan salah satu frekuensi pribadi sistem, maka kondisi resonansi terjadi dan menghasilkan simpangan yang besar. Kerusakan pada struktur utama seperti jembatan konstruksi beton atau baja, gedung atau sayap pesawat terbang dapat terjadi pada kondisi resonansi. Olehnya itu penentuan frekuensi pribadi sangat penting pada suatu sistem yang mengalami getaran. Untuk menganalisa getaran yang terjadi pada batang dengan tumpuan tertentu, ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan karakteristik getaran, salah satunya adalah metode elemen hingga.

Hasil penelitian menurut [3], yang mengkaji karakteristik getaran untuk komposit berbentuk balok menunjukkan bahwa frekuensi pribadi dan kekakuan Mengalami peningkatan dengan adanya peningkatan modulus elastisitas dari komposit.

Hasil penelitian menurut [10], yang mengkaji karakteristik getaran untuk sistem balok kantilever bahwa

frekuensi pribadi dan kekakuan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jarak elemen.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis frekuensi pribadi (ω_n) dan kekakuan (k) akibat pengaruh arah serat dan variasi penempatan penggetar pada balok komposit serat abaca dan ijk bermatriks epoksi dan menentukan modulus elastisitas melalui pengujian tarik.

II. LANDASAN TEORI

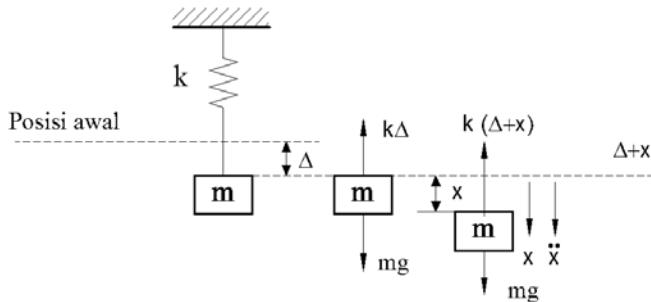
A. Teori Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (engineering) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya [4].

Ada dua kelompok getaran yang umum yaitu : getaran bebas dan paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri, dan tidak ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuan. Sedangkan Getaran paksa adalah getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar, jika rangsangan tersebut berosilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. 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, meredam dan lain sebagainya.

Semua sistem yang bergetar mengalami redaman sampai derajat tertentu karena 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. Untuk kasus pada gambar, diagram benda bebasnya adalah :



Gambar 1 Diagram Benda Bebas Sistem Pegas

Gambar menunjukkan diagram benda bebas dari pegas dengan kekakuan (k) (N/m) dan massa (m) (kg) dengan perpindahan pegas (Δ) (m) dan percepatan gravitasi (g) (m/s^2). Dengan memberikan perpindahan awal (x) (m) kemudian dilepaskan maka sistem bergetar bebas dengan percepatan (\ddot{x}) (m/s^2). Dari diagram benda bebas di atas diperoleh persamaan

differensial geraknya (PDG) adalah dengan menggunakan rumus [4] yaitu massa (m) (kg) dikalikan dengan percepatan (\ddot{x}) (m/s^2) dan dijumlahkan dengan kekakuan (k) (N/m) dikalikan dengan perpindahan (x) (m):

$$\begin{aligned} \sum F &= m \cdot a \\ \sum m \cdot x &= mg - k(\Delta + x) \Rightarrow mg = k\Delta \\ \sum m \cdot x + kx &= 0 \\ \sum \frac{k}{m} x + x &= 0 \\ \ddot{m} x + kx &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Persamaan ini merupakan persamaan diferensial gerak dari getaran bebas tanpa peredam, yang merupakan persamaan diferensial homogen orde dua. Penyelesaian umum secara matematis menghasilkan frekuensi pribadi (ω_n) (rad/s) dengan rumus [4] yaitu akar dua hasil perbandingan kekakuan (k) (N/m) dengan massa (m) (kg) :

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

B. Material Komposit dan Komponen Komposit

Komposit merupakan bahan padatan yang dihasilkan dari dua gabungan atau lebih bahan yang berlainan untuk mendapatkan ciri-ciri yang lebih baik yang tidak dapat diperoleh dari setiap komponennya. Komposit yang dihasilkan bukan saja memiliki sifat mekanik yang lebih baik tetapi juga sifat kimia, sifat panas dan berbagai sifat yang lain.

1. Matriks .

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 penelitian ini menggunakan matriks resin epoksi yang merupakan bahan plastik yang telah mengalami reaksi kimia oleh reaksi panas atau katalis. Plastik ini tidak dapat dicairkan kembali dan diproses kembali jika dipanasi pada suhu tinggi akan terurai dan rusak, plastik termoset ini salah satunya adalah epoksi. Keuntungan plastik termoset ini dalam aplikasi perencanaan teknik adalah kekakuan tinggi, kestabilan suhu tinggi, kestabilan dimensi tinggi, resistensi terhadap mulur dan deformasi di bawah pembebanan, ringan dan sifat isolasi termal dan listrik yang tinggi.

2. Serat

Komponen penguat dari komposit adalah serat. Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat-sifat mekaniknya lebih baik bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain serat mempunyai Modulus Elastisitas yang tinggi dan mampu menerima perubahan gaya yang bekerja padanya [1]. Arah serat mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan kedalam matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat

yang dapat dimasukkan. Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, sesuai dengan arah kekuatan maksimum.

Pada Penelitian ini komposit menggunakan serat abaca dan ijuk sebagai penguat dan dikombinasikan dengan resin sebagai matriksnya.

3. Serat Abaca (*Musa textilis*)

Abaca sudah dibudidayakan di Indonesia sejak lama mulai dari Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, sampai Jawa. Sesuai dengan namanya yaitu *Musa textilis* maka serat abaca memiliki kelebihan dibanding serat lain yaitu kekuatan seratnya jauh lebih tinggi dan daya serapnya lebih bagus [5]. Pemisahan atau pengambilan serat abaca atau proses extraksi serat abaca atau proses pemisahan atau pengambilan serat abaca dari batangnya (*fiber extraction*) dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan tangan (manual) ataupun dengan peralatan decorticator [6]. Abaca sangat cocok dibudidayakan di Indonesia asal sesuai dengan persyaratan agroklimatologis yang dibutuhkan tanaman. Saat ini belum digunakan untuk tekstil, sehingga serat abaca sementara diproduksi untuk pembuatan tali kapal. Perkebunan abaca yang sampai saat ini masih terpelihara dengan baik ada di kebun PT Bayulor di Banyuwangi [5].



Gambar 2 Pohon Abaca (*Musa textilis*)

4. Serat Ijuk (*Arenga Pinnata*)

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren (*arenga pinnata*). Ijuk merupakan bahan alami yang dihasilkan oleh pangkal pelepah enau (*arenga pinnata*) yaitu tumbuhan bangsa palma. Aren (*Arenga Pinnata*) termasuk suku *Arecaceae* (pinang-pinangan), merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) yaitu biji buahnya terbungkus daging buah. Tanaman aren banyak terdapat mulai dari pantai timur India sampai ke Asia Tenggara. Di Indonesia tanaman ini banyak terdapat hampir di seluruh wilayah Nusantara. Ijuk merupakan helaian benang-benang atau serat-serat yang berwarna hitam, berdiameter ± 1 mm, dan bersifat kaku. Ijuk ini tidak mudah rapuh, sangat tahan dalam genangan air yang asam, termasuk genangan air laut yang mengandung garam [9].

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang serbaguna dan telah lama dimanfaatkan secara tradisional. Tanaman aren memiliki daya adaptasi luas

pada berbagai agroklimat dari dataran rendah hingga 1.400 m dpl. Tak heran jika tanaman ini tersebar di seluruh Indonesia yang dikutip dari [7].

Pada tahun 2002, luas areal tanaman aren di Indonesia adalah 47.730 hektar yang tersebar di berbagai provinsi. Tanaman aren banyak terdapat di Sumatera Utara, Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Selatan. Hampir semua bagian tanaman aren ini berguna, baik untuk pangan, bahan baku industri maupun energi terbarukan yang dikutip dari [7].

C. Teori Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah suatu bentuk metode yang digunakan sebagai salah satu solusi pendekatan untuk memecahkan berbagai permasalahan fisik, berupa analisis numerik teknik.

Adapun dasar dari metode elemen hingga adalah membagi benda kerja menjadi elemen-elemen kecil yang jumlahnya berhingga sehingga dapat menghitung reaksi akibat beban (*load*) pada kondisi batas (*boundary condition*) yang diberikan. Dari elemen-elemen tersebut dapat disusun persamaan-persamaan matriks yang biasa diselesaikan secara numerik dan hasilnya menjadi jawaban dari kondisi beban yang diberikan pada benda kerja tersebut.

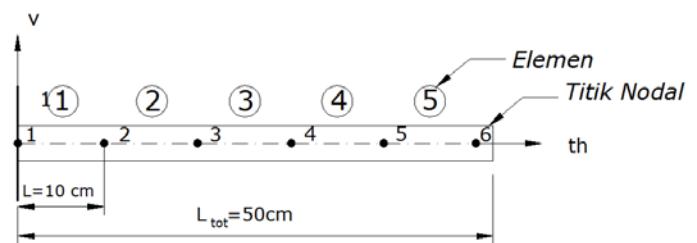
Metode elemen hingga (MEH) dapat mengubah suatu masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tidak berhingga menjadi suatu masalah dengan jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya lebih sederhana. Dalam penelitian ini analisis numerik menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan program MATLAB.

Analisis getaran untuk mengetahui frekuensi pribadi dan kekakuan secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga.

Prosedur perhitungan analisis secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah elemen, titik nodal, dan derajat kebebasan.

Pada penelitian ini balok dibagi menjadi 5 elemen, titik nodalnya adalah 6, dan jumlah derajat kebebasan adalah 12, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3. Pembagian Elemen Balok Komposit

2. Matriks massa lokal dan matriks kekakuan lokal .

Matriks massa lokal dapat dihitung dengan menggunakan rumus [8] yaitu masa persatuan panjang (m) (kg/m) dikalikan dengan panjang balok perlemen (l) (m) dan dikalikan dengan matriks massa :

$$[m] = \frac{ml}{420} \begin{bmatrix} 156 & 22l & 54 & -13l \\ 22l & 4l^2 & 13l & -3l^2 \\ 54 & 13l & 156 & -22l \\ -13l & -3l^2 & -22l & 4l^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Sedangkan matriks kekakuan lokal dapat dihitung dengan menggunakan rumus [8] yaitu modulus elasitisitas (E) (Kg/m^2) dikalikan dengan momen inersia balok (I) (m^4) dan dibagi dengan panjang balok perlemen pangkat tiga (l) (m^3) kemudian dikalikan dengan matriks kekakuan :

$$[k] = \frac{EI}{l^3} \begin{bmatrix} 12 & 6l & -12 & 6l \\ 6l & 4l^2 & -6l & 2l^2 \\ -12 & -6l & 12 & -6l \\ 6l & 2l^2 & -6l & 4l^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Untuk mendapatkan momen inersia balok berikut rumus perhitungan yaitu lebar balok (b) (m) dikalikan dengan tebal balok pangkat tiga (h) (m^3) kemudian dibagi dua belas :

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (5)$$

3. Transformasi matriks massa dan matriks kekakuan dalam koordinat lokal ke koordinat global.
4. Memasukkan kondisi batas ke matriks massa dan matriks kekakuan global (sistem).
Kondisi batas pada tumpuan kantilever dengan pembebanan secara transversal adalah sebagai berikut :
a. Pada tumpuan jepit (titik nodal 1) nilai v_1 adalah nol
b. Perpindahan sudut θ_1 bernilai nol
5. Menyusun persamaan matriks eigenvalue untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi (ω_n).
Nilai frekuensi pribadi (ω_n) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [6] yaitu akar dua nilai eigen dari hasil invers matriks massa [M] dikalikan dengan matriks kekakuan [K].

$$\omega_n = \sqrt{\left[\bar{M} \right]^{-1} \left[\bar{K} \right]} \quad (6)$$

III. ANALISIS MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Tempat, Alat, dan Bahan Penelitian

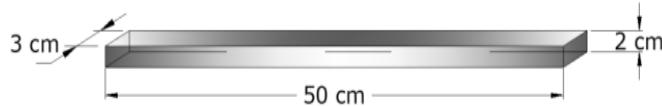
Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin untuk pengujian tarik dan di di Biro Perencanaan Pabrik PT. Semen Tonasa Pangkep untuk pengujian getaran.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

1. Alat-alat pembuatan komposit yang terdiri dari :
 - a. Cetakan kaca, sebagai media pembuatan spesimen.
 - b. Gelas ukur, untuk mengukur volume resin dan serat.

- c. Wadah, sebagai tempat pencampuran resin, serat dan hardener (katalis).
 - d. Timbangan digunakan untuk menimbang seberapa berat resin dan serat yang akan dicampur dalam proses pembuatan komposit sesuai dengan fraksi volume yang ditentukan.
 - e. Lem kaca (silicone glass)
 - f. Amplas dan gurinda potong, untuk meratakan dan memotong spesimen sesuai ukuran standar.
 2. Alat uji tarik, untuk mengetahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit.
 3. Alat uji getaran yang terdiri dari :
 - a. Alat pengukuran getaran model 885 Analyzer Vibration.
 - b. Tachometer untuk mengukur kecepatan motor penggetar (eksiter) yang digunakan.
 - c. Motor penggetar (eksiter).
- Bahan dalam penelitian ini adalah balok komposit yang diperkuat serat abaca (40 % serat abaca: 60 % matriks epoksi) dan komposit yang diperkuat serat ijuk (40 % serat ijuk: 60 % matriks epoksi) dengan susunan arah serat masing-masing komposit (0°/0°/0°), (-45°/0°/45°), dan (-90°/0°/90°).

Bentuk bahan untuk uji getaran dengan dimensinya ditunjukkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 4 Bentuk Bahan Uji Getaran

B. Prosedur Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan bahan penyusun komposit, berupa serat ijuk dan abaca, resin epoksi, larutan Naoh 5 % (alkalisasi) dan hardener (katalis).
2. Proses Alkalisasi Serat, yaitu serat direndam dalam larutan NaOH 5 % selama 4 jam untuk mengalami pembersihan lignin yang tersisa, serat dikeringkan kemudian.
3. Pemilihan dan persiapan serat abaca dan ijuk dengan mengidentifikasi panjang dan diameter serat.
4. Menghitung fraksi volume komposit.
5. Membuat cetakan dari kaca untuk bahan uji tarik dan bahan uji getaran sesuai dengan dimensi yang diperlukan.
6. Menyiapkan resin dalam wadah kemudian katalis dicampurkan sebanyak 1% dari volume resin, kemudian diaduk secara merata dan didiamkan ± 5 menit agar gelembung udara terlepas.
7. Spesimen dicetak menggunakan cetakan kaca yang telah dilapisi dengan wax/lem.
8. Susunan bahan komposit adalah lamina dengan arah serat 0°/0°/0°, -45°/0°/45°, dan -90°/0°/90°, susunannya terdiri dari matriks-serat-matriks-serat-matriks-serat-matriks dengan komposisi perbandingan persentase fraksi volume antara serat dengan matriks epoksi masing-masing sebesar 40 % serat : 60 % matriks.

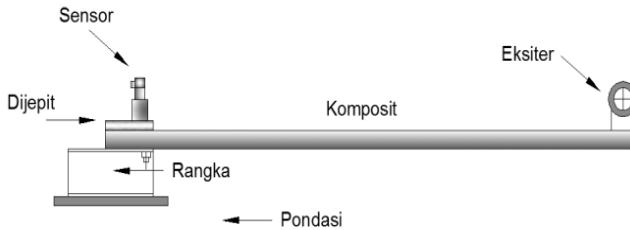
9. Melakukan pemotongan pada kedua ujung spesimen sesuai dengan ukuran.
10. Melakukan pengamplasan untuk meratakan permukaan spesimen.
11. Melakukan uji getaran

C. Prosedur Pengujian Getaran

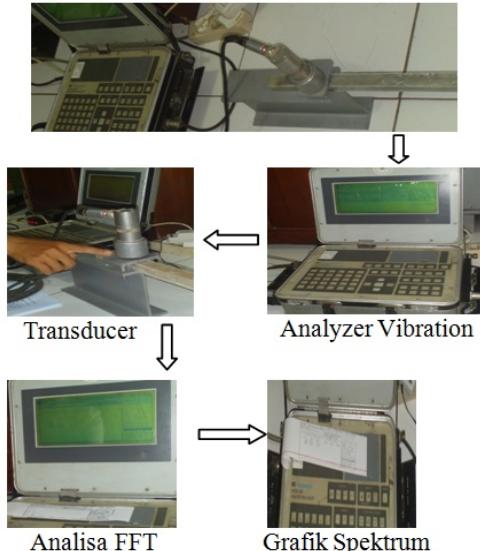
Balok komposit ditutup pada kantilever, dimana motor penggetar (Eksiter) divariasi pada posisi 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

- Tahap pelaksanaan pengujian getaran sebagai berikut :
- a. Memasang balok komposit pada jepitan dengan baik.
 - b. Meletakkan sensor getaran pada ujung atas jepitan.
 - c. Meletakkan eksiter (motor penggetar) pada benda uji sesuai dengan posisi yang diinginkan.
 - d. Menghidupkan motor penggetar (ON).
 - e. Mengambil data getaran dari alat sensor getaran
 - f. Mengulangi langkah a-f untuk posisi penggetar dan komposisi serat yang lain.

Skema pengambilan data pengujian getaran dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut :



Gambar 5 Skema Pengambilan Data



Gambar 6 Instalasi Pengujian

D.Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini analisis secara numerik menggunakan metode elemen hingga, dengan membagi balok menjadi lima (5) elemen, dengan panjang setiap elemennya sama. Perhitungan untuk memperoleh frekuensi pribadi (ω_n) dan

kekakuan (k) dieksekusi dengan Program Matlab. Analisis secara eksperimental menggunakan metode spektrum getaran, dimana hasil yang diperoleh adalah berupa grafik frekuensi pribadi (ω_n), sehingga frekuensi pribadi dan kekakuan dapat diketahui.

IV. ANALISIS MODEL DAN PEMBAHASAN

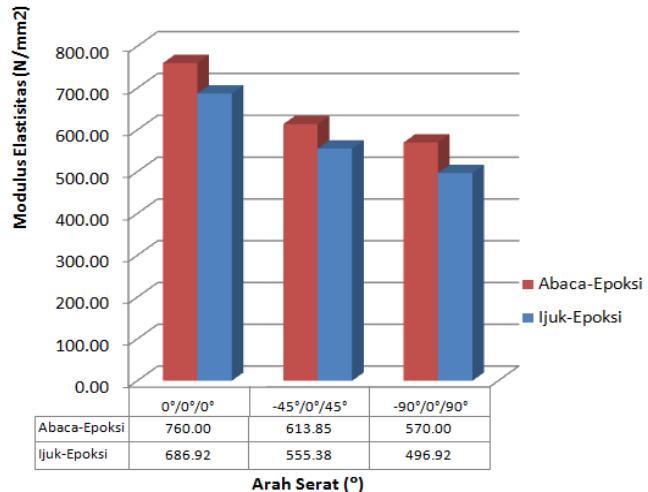
A. Hasil Penelitian

Hasil pengujian modulus elastisitas selengkapnya dari masing-masing komposit dengan variasi arah serat dapat di lihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1 Hasil Pengujian tarik dan Perhitungan Modulus Elastisitas Komposit Serat – Matriks Epoksi

| Jenis Komposit | Arah Serat | E (N/mm ²) |
|----------------------|-------------|------------------------|
| Serat Abaca - Epoksi | 0°/0°/0° | 760.00 |
| | -45°/0°/45° | 613.85 |
| | -90°/0°/90° | 570.00 |
| Serat Ijuk - Epoksi | 0°/0°/0° | 686.92 |
| | -45°/0°/45° | 555.38 |
| | -90°/0°/90° | 496.92 |

Hubungan Modulus Elastisitas Vs Arah Serat



Grafik 1 Hubungan Modulus Elastisitas VS Arah Serat

Analisis getaran untuk mengetahui frekuensi pribadi dan kekakuan secara numerik pada penelitian ini menggunakan metode elemen hingga yang dieksekusi melalui program matlab sedangkan analisis secara eksperimental menggunakan metode spektrum getaran. Dalam Analisis Getaran baik secara eksperimental dan numerik, diketahui data input sebagai berikut

- Jumlah elemen (je) = 5
- Panjang balok (L) = 0,5 m
- Lebar balok (b) = 0,03 m
- Tebal balok (t) = 0,02 m

Hasil perhitungan frekuensi pribadi (ω_n) dan kekakuan (k) dieksekusi dengan metode elemen hingga (MEH) dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut :

Tabel 2 Hasil perhitungan frekuensi pribadi dan kekakuan dengan MEH untuk komposit serat abaca - matriks epoksi

| NO | ARAH SERAT ABACA (°) | POSISI EKSITER (CM) | M (Kg) | ω_n (rad/s) | K (kg/m) |
|----|----------------------|---------------------|--------|--------------------|----------|
| 1 | 0°/0°/0° | 10 | 0.074 | 4393.4 | 1428300 |
| | | 20 | | 3637.1 | 978900 |
| | | 30 | | 2576.1 | 491100 |
| | | 40 | | 1507.7 | 168200 |
| | | 50 | | 494.3 | 18100 |
| 2 | -45°/0°/45° | 10 | 0.074 | 3948.4 | 1153700 |
| | | 20 | | 3268.7 | 790600 |
| | | 30 | | 2315.2 | 396600 |
| | | 40 | | 1355 | 135900 |
| | | 50 | | 444.3 | 14600 |
| 3 | -90°/0°/90° | 10 | 0.074 | 3804.8 | 1071300 |
| | | 20 | | 3149.8 | 734200 |
| | | 30 | | 2230.9 | 368300 |
| | | 40 | | 1305.7 | 126200 |
| | | 50 | | 428.1 | 13600 |

Tabel 3 Hasil perhitungan frekuensi pribadi dan kekakuan dengan MEH untuk komposit serat ijuk - matriks epoksi

| NO | ARAH SERAT IJUK (°) | POSISI EKSITER (cm) | M (kg) | ω_n (rad/s) | K (kg/mm) |
|----|---------------------|---------------------|--------|--------------------|-----------|
| 1 | 0°/0°/0° | 10 | 0.082 | 3967.9 | 1291000 |
| | | 20 | | 3284.8 | 884800 |
| | | 30 | | 2326.6 | 443900 |
| | | 40 | | 1361.6 | 152000 |
| | | 50 | | 446.4 | 16300 |
| 2 | -45°/0°/45° | 10 | 0.082 | 3567.8 | 1043800 |
| | | 20 | | 2953.6 | 715300 |
| | | 30 | | 2092 | 358900 |
| | | 40 | | 1224.3 | 122900 |
| | | 50 | | 401.4 | 13200 |
| 3 | -90°/0°/90° | 10 | 0.082 | 3374.8 | 933920 |
| | | 20 | | 2793.8 | 640050 |
| | | 30 | | 1978.8 | 321090 |
| | | 40 | | 1158.1 | 109980 |
| | | 50 | | 379.7 | 11820 |

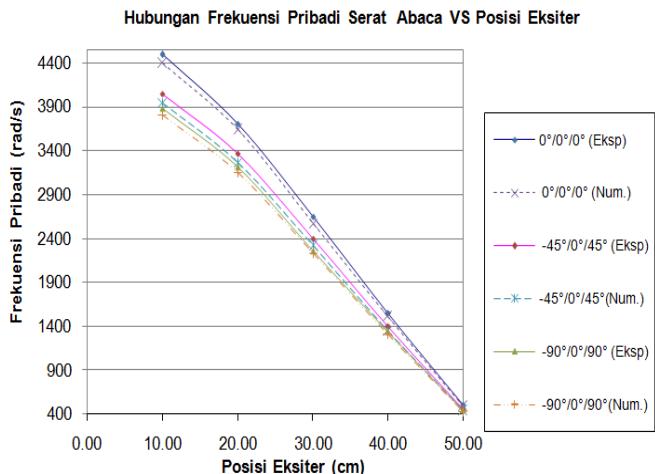
Hasil pengujian frekuensi pribadi (ω_n) dan kekakuan (k) secara eksperimental dengan metode spektrum dapat dilihat pada tabel 4 dan 5 berikut :

Tabel 4 Hasil pengujian frekuensi pribadi dan kekakuan untuk komposit serat abaca - matriks epoksi dengan variasi arah serat.

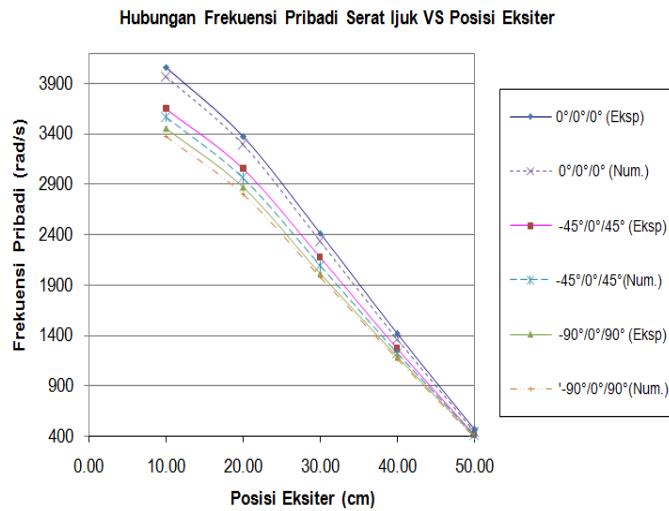
| NO | ARAH SERAT ABACA (°) | POSISI EKSITER (CM) | M (Kg) | ω_n (Rad/s) | K (Kg/m) |
|----|----------------------|---------------------|--------|--------------------|------------|
| 1 | 0°/0°/0° | 10 | 0.074 | 4490.20 | 1491980.31 |
| | | 20 | | 3699.97 | 1013041.75 |
| | | 30 | | 2650.16 | 519727.75 |
| | | 40 | | 1550.11 | 177811.00 |
| | | 50 | | 509.73 | 19226.77 |
| 2 | -45°/0°/45° | 10 | 0.074 | 4040.13 | 1207878.12 |
| | | 20 | | 3359.80 | 835330.95 |
| | | 30 | | 2400.01 | 426242.37 |
| | | 40 | | 1399.39 | 144914.33 |
| | | 50 | | 450.07 | 14989.44 |
| 3 | -90°/0°/90° | 10 | 0.074 | 3879.99 | 1114021.77 |
| | | 20 | | 3210.13 | 762563.58 |
| | | 30 | | 2260.80 | 378230.03 |
| | | 40 | | 1339.73 | 132821.52 |
| | | 50 | | 439.60 | 14300.36 |

Tabel 5 Hasil pengujian frekuensi pribadi dan kekakuan untuk komposit serat ijuk - matriks epoksi dengan variasi arah serat.

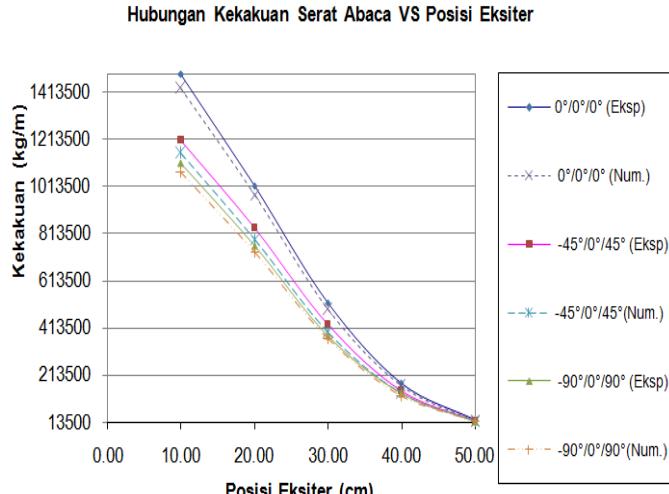
| NO | ARAH SERAT IJUK (°) | POSISI EKSITER (cm) | M (kg) | ω_n (rad/s) | K (kg/m) |
|----|---------------------|---------------------|--------|--------------------|------------|
| 1 | 0°/0°/0° | 10 | 0.082 | 4060.02 | 1351668.52 |
| | | 20 | | 3370.27 | 931413.19 |
| | | 30 | | 2409.43 | 476037.62 |
| | | 40 | | 1409.86 | 162991.83 |
| | | 50 | | 459.49 | 17312.50 |
| 2 | -45°/0°/45° | 10 | 0.082 | 3649.73 | 1092281.39 |
| | | 20 | | 3039.52 | 757571.91 |
| | | 30 | | 2140.43 | 375679.30 |
| | | 40 | | 1260.19 | 130221.78 |
| | | 50 | | 410.29 | 13803.93 |
| 3 | -90°/0°/90° | 10 | 0.082 | 3449.81 | 975899.39 |
| | | 20 | | 2869.96 | 675406.97 |
| | | 30 | | 2009.60 | 331156.36 |
| | | 40 | | 1179.59 | 114098.12 |
| | | 50 | | 390.41 | 12498.22 |



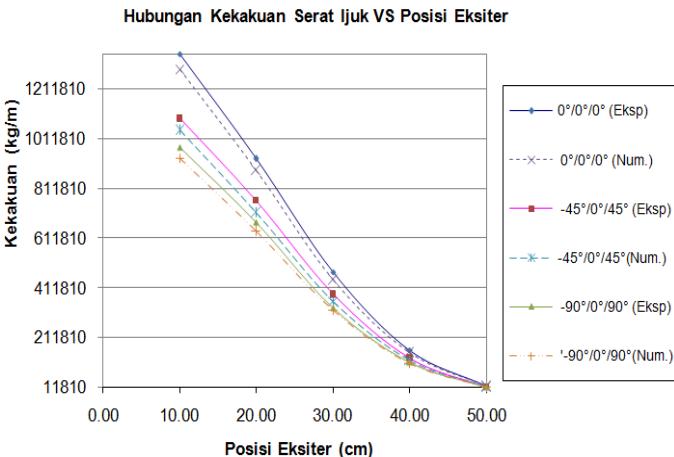
Grafik 2 Hubungan Frekuensi Pribadi Serat Abaca VS Posisi Eksiter



Grafik 3 Hubungan Frekuensi Pribadi Serat Ijuk VS Posisi Eksiter



Grafik 4 Hubungan Kekakuan Serat Abaca VS Posisi Eksiter



Grafik 5 Hubungan Kekakuan Serat Ijuk VS Posisi Eksiter

B. Pembahasan

Dari Hasil perhitungan pada Tabel 1 dan Grafik 1 menunjukkan modulus elastisitas komposit serat abaca lebih tinggi daripada komposit serat ijuk. Modulus elastisitas komposit serat abaca tertinggi yaitu 760 N/mm^2 pada arah serat $0^\circ/0^\circ/0^\circ$. Sedangkan Modulus elastisitas komposit serat ijuk tertinggi yaitu 686.92 N/mm^2 pada arah serat $0^\circ/0^\circ/0^\circ$. Untuk Modulus elastisitas komposit serat abaca terendah yaitu 570.00 N/mm^2 pada arah serat $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$. Sedangkan Modulus elastisitas komposit serat ijuk terendah yaitu 496.92 N/mm^2 pada arah serat $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$. Penurunan modulus elastisitas pada arah serat $-45^\circ/0^\circ/45^\circ$ dan $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$ disebabkan karena hanya satu lamina saja yaitu arah 0° yang mendistribusikan gaya tarik secara penuh. Modulus elastisitas komposit serat abaca terendah pada arah serat $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$ disebabkan karena 2/3 lamina pada arah 90° sehingga sebagian besar serat tidak dapat mendistribusikan tegangan kearah longitudinal.

Dari Hasil perhitungan dan pengujian pada Tabel 2,3,4 dan 5 serta Grafik 2 dan 3 menunjukkan nilai frekuensi pribadi (ω_n) komposit serat abaca lebih tinggi daripada komposit serat ijuk, baik untuk analisis secara eksperimental maupun analisis secara numerik. Untuk analisis secara numerik nilai frekuensi pribadi maksimum komposit serat abaca adalah 4393.4 rad/s pada arah serat abaca $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 428.1 rad/s pada arah serat $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$. Untuk analisis secara eksperimental nilai frekuensi pribadi maksimum adalah 4490.20 rad/s pada arah serat abaca $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 439.60 rad/s pada arah serat abaca $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$. Sedangkan pada komposit serat ijuk Untuk analisis secara numerik nilai frekuensi pribadi maksimum komposit serat ijuk adalah 3967.9 rad/s pada arah serat ijuk $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 379.7 rad/s pada arah serat $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$. Untuk analisis secara eksperimental nilai frekuensi pribadi maksimum adalah 4060.02 rad/s pada arah serat ijuk $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, sedangkan nilai frekuensi pribadi minimum adalah 390.41 rad/s pada arah serat ijuk $-90^\circ/0^\circ/90^\circ$.

Dari Hasil perhitungan dan pengujian pada Tabel 2,3,4, dan 5 serta Grafik 4 dan 5 menunjukkan nilai kekakuan (k) komposit serat abaca lebih tinggi daripada komposit serat ijuk, baik untuk analisis secara eksperimental maupun analisis secara numerik. Untuk analisis secara numerik nilai kekakuan maksimum komposit serat abaca adalah 1428300 kg/m pada arah serat abaca 0°/0°/0°, sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 13600 kg/m pada arah serat -90°/0°/90°. Untuk analisis secara eksperimental nilai kekakuan maksimum adalah 1491980.31 kg/m pada arah serat abaca 0°/0°/0°, sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 14300.36 kg/m pada arah serat abaca -90°/0°/90°. Sedangkan pada komposit serat ijuk Untuk analisis secara numerik nilai kekakuan maksimum komposit serat ijuk adalah 1291000 rad/s pada arah serat ijuk 0°/0°/0°, sedangkan nilai kekakuan minimum adalah 11820 kg/m pada arah serat -90°/0°/90°. Untuk analisis secara eksperimental nilai kekakuan adalah 1351668.52 kg/m pada arah serat ijuk 0°/0°/0°, sedangkan kekakuan minimum adalah 12498.22 kg/m pada arah serat ijuk -90°/0°/90°.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi pribadi dan kekakuan, baik secara eksperimental maupun secara numerik, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai frekuensi pribadi dan kekakuan komposit yang diperoleh akibat pengaruh variasi arah serat :
 - a. Nilai frekuensi pribadi dan kekakuan komposit dipengaruhi oleh arah serat, tertinggi pada arah serat 0°/0°/0° dan terendah pada arah serat -90°/0°/90°.
 - b. Komposit serat abaca memiliki nilai frekuensi pribadi dan kekakuan lebih besar dibandingkan komposit serat ijuk. Hal ini dipengaruhi oleh modulus elastisitas dari bahan.
2. Nilai frekuensi pribadi dan kekakuan komposit akibat pengaruh variasi penggetar :
 - a. Mengalami penurunan dengan bertambah jauhnya posisi eksiter dari tumpuan jepitan, untuk posisi penggetar mulai dari 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, baik pada komposit serat ijuk, maupun pada komposit serat abaca.
 - b. Nilai frekuensi pribadi dan kekakuan yang diperoleh secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan nilai yang diperoleh secara numerik.
3. Nilai Modulus Elastisitas komposit serat maksimum pada arah serat 0°/0°/0° dan minimum pada arah serat -90°/0°/90° . Komposit serat Abaca memiliki nilai modulus elastisitas lebih besar dibandingkan komposit serat ijuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.E Smallman, R.J. Bishop . 1999. "Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material". PT. Erlangga, Jakarta.
- [2] Van Vlack . 1990. "Ilmu dan Teknologi Bahan". PT. Erlangga, Jakarta.
- [3] Mustafa. 2010. "Analisis Numerik dan Eksperimental Getaran Balok Komposit yang diperkuat Serat Kaca". Tesis tidak dipublikasikan, Makassar.
- [4] J.M. Krodkiewski. 2008. "Mechanical Vibration". The University of Melbourne, Department of Mechanical and Manufacturing Engineering.
- [5] Sujindro, *Peluang dan tantangan pemanfaatan tanaman serat alam sebagai bahan baku tekstil di Indonesia*.
- [6] Final Technical Report CFC/FIGHF/09 2004, ABACA Improvement of Fiber Extraction and Identification of Higher Yielding Varieties, Philippines.
- [7] Jurnal Warta/vol.32.no.1/2009. "Penelitian dan Pengembangan Pertanian"
- [8] S. Graham Kelly, Ph.D. 1996. "Theory and Problems of Mechanical Vibrations". McGraw-Hill, Inc, Unated states of America.
- [9] Fausiah. 2007, "Karakteristik Mekanik Komposit Hibrid Yang Diperkuat Serat Ijuk Dan Serat Kaca" Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar. Skripsi Yang Tidak Di Publikasikan.
- [10] Yuspiyan Gunawan. 2009. "Kaji Eksperimental dan Numerik Pengaruh Perl letakan Motor Penggetar Terhadap Karakteristik Getaran Balok". Tesis tidak dipublikasikan, Makassar.