

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERSENTASE SERAT BAMBU DENGAN MATRIKS POLYESTER PADA FREKUENSI PRIBADI POROS KOMPOSIT

Oleh:

MUHAMMAD SURYA ANANDA PRATAMA PUTRA

NBP. 1710912010

Pembimbing :

Ir. Nusyirwan, MT.

Dr. –Ing .Jhon Malta



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PERSENTASE SERAT BAMBU DENGAN
MATRIKS POLYESTER PADA FREKUENSI PRIBADI
POROS KOMPOSIT**

Oleh:

UNIVERSITAS ANDALAS
MUHAMMAD SURYA ANANDA PRATAMA PUTRA

NBP. 1710912010

Padang, 19 Juli 2024

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Ir. Nusyirwan, MT.


Dr. -Ing .Jhon Malta

NIP. 196602181993021001

NIP. 197601282000121001

Ketua Departemen Teknik Mesin

Ketua Prodi S1 Teknik Mesin

Devi Chandra, Ph.D

NIP. 197207202006041002

Iskandar R., MT.

NIP. 197007091995121001

PENETAPAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas diberikan kepada:

Nama : Muhammad Surya Ananda Pratama Putra

Nomor Induk Mahasiswa : 1710912010

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Nusyirwan, M.T

Dosen Pembimbing 2 : Dr.-Ing. Jhon Malta

Waktu Penyelesaian : 6 Bulan

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Persentase Serat Bambu Dengan Matriks Polyester Pada Frekuensi Pribadi Poros Komposit

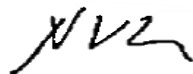
Uraian Tugas Akhir :

1. Studi literatur pengaruh presentase serat bambu terhadap frekuensi pribadi
2. Penyiapan alat dan bahan, pembuatan cetakan, pencampuran bahan, pengadukan, memasukkan komposisi sampel uji, pengeringan
3. Pengujian produk
4. Perhitungan nilai frekuensi pribadi
5. Analisa dan pembahasan
6. Kesimpulan

Padang, 19 Juli 2024

Pembimbing Tunggal

Pembimbing Pendamping



Ir. Nusyirwan, MT.

NIP. 196602181993021001



Dr. -Ing. Jhon Malta

NIP. 197601282000121001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan anugrah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“PENGARUH PERSENTASE SERAT BAMBU TERHADAP MATRIKS POLYESTER PADA PENGUJIAN *IMPACT HAMMER*”**. Tak lupa penulis berikan salawat beriringan salam untuk junjungan besar Nabi Muhammad SAW. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang membantu dalam pelaksanaan dan pembuatan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Kedua orang tua, adik-adik, keluarga besar atas segala dukungan dan motivasi yang selalu diberikan.
2. Bapak Ir. Nusyirwan, MT dan Dr.-Ing. Jhon Malta sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas.
4. Rekan-rekan asisten Laboratorium Konstruksi Mesin dan *Composite Crew* atas kebersamaan dan kerja samanya dalam penyelesaian penelitian ini.
5. Rekan-rekan seperjuangan MXXX beserta seluruh anggota Himpunan Mahasiswa Mesin FT-UNAND.

Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk para peneliti berikutnya, terutama bagi ruang lingkup Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik- Universitas Andalas.

Padang, 27 april 2023

Penulis

ABSTRACT

The influence of the development of increasingly advanced technology causes the need for composite materials to increase in industrial fields such as aviation, shipping, military, sports equipment, automotive medicine and even household appliances. composites have many advantages, including low specific gravity higher strength, corrosion resistance and have cheaper assembly costs. One of the materials that can be used as a composite reinforcement is bamboo, which is one type of natural fiber that has great potential. The potential of bamboo in Indonesia has very good prospects because bamboo is an alternative raw material to wood from tropical forests which are decreasing in both quality and quantity. To overcome this, an effort can be made to develop diversified processed wood products with bamboo raw materials. Therefore, research was conducted in composite material engineering with the addition of bamboo fiber to obtain personal frequency values. In this study, experimental modal analysis testing was carried out with 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% bamboo fiber variations which obtained the vibration mode in each variation. Which is obtained personal frequency value in each variation of 0% to 20% bamboo fiber percentage has a different value. At 10% bamboo fiber percentage has the highest personal frequency value.

Keywords: *composite, bamboo fiber, personal frequency*

ABSTRAK

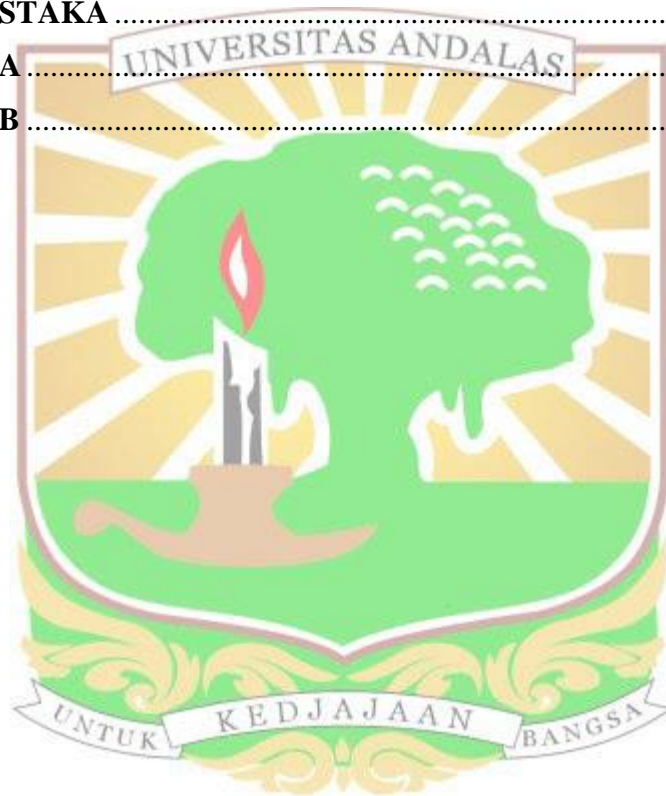
Pengaruh perkembangan teknologi yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat di bidang industri seperti penerbangan, perkapalan, militer, alat olah raga, kedokteran otomotif bahkan alat rumah tangga. komposit memiliki banyak keunggulan, di antara nya berat jenisnya rendah kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai penguat komposit adalah bambu, yang mana bambu merupakan salah satu jenis serat alam yang sangat potensial. Potensi bambu di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik karena bambu merupakan bahan baku alternatif dari kayu yang berasal dari hutan tropis yang semakin berkurang baik kualitas maupun kuantitasnya. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dilakukan suatu usaha mengembangkan diversifikasi produk kayu olahan dengan bahan baku bambu. Oleh karena itu dilakukan penelitian dalam rekayasa material komposit dengan penambahan serat bambu untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi. Pada penelitian ini dilakukan pengujian *experimental modal analysis* dengan variasi serat bambu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% yang mana diperoleh modulus getar di setiap variasi. Yang mana didapatkan nilai frekuensi pribadi di setiap variasi persentase serat bambu 0% sampai 20% memiliki nilai yang berbeda. Pada persentase serat bambu 10% memiliki nilai frekuensi pribadi tertinggi.

Kata kunci: komposit, serat bambu, frekuensi pribadi

DAFTAR ISI

	Hal
COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PENETAPAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Material Komposit.....	4
2.2 Komposit Serat Alam.....	4
2.3 Serat Bambu.....	5
2.4 Polyester.....	9
2.5 Methyl methacrylate.....	10
2.6 Pengujian FRF (<i>Frequency Response Function</i>).....	10
2.7 Impact Hammer.....	12
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Flowchart Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Prosedur Persiapan Spesimen.....	18

3.4	Prosedur Pembuatan Spesimen	19
3.5	Skema Percobaan.....	19
3.6	Prosedur Percobaan.....	20
3.7	Kurva dan Tabel Hasil Pengujian.....	20
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Pengukuran Dimensi Komposit	22
4.2	Pengujian FRF (<i>Frequency Response Funtion</i>)	23
BAB V PENUTUP		25
5.1	Kesimpulan.....	25
DAFTAR PUSTAKA		26
LAMPIRAN A		28
LAMPIRAN B		30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposit Serat Alam	5
Gambar 2. 2 Serat Bambu.....	9
Gambar 2. 3 Blok Diagram FRF	11
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Timbangan Digital	16
Gambar 3. 3 Gelas Kimia 250 ml.....	16
Gambar 3. 4 Pipet Tetes	17
Gambar 3. 5 <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>	17
Gambar 3. 6 Voltage Amplifier.....	17
Gambar 3. 7 Impact Hammer	18
Gambar 3. 8 Skema pengujian.....	19
Gambar 3. 9 Kurva Respon Hasil pengujian.....	21
Gambar 4. 1 Dimensi Spesimen.....	22
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai rata-rata frekuensi pribadi (Hz) vs persentasi serat bambu	23



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Hasil Frekuensi Pribadi	21
Tabel 4. 1 Tabel pengukuran dimensi.....	22
Tabel 4. 2 Tabel Data Frekuensi Pribadi	23



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengaruh perkembangan teknologi yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat di bidang industri seperti penerbangan, perkapalan, militer, alat olah raga, kedokteran otomotif bahkan alat rumah tangga. Material komposit dipilih pada bidang tersebut karena memiliki sifat ketahanan korosi yang lebih baik, karakteristik yang dapat dikontrol serta berat yang lebih ringan dan biaya produksi yang murah.

Komposit adalah suatu bahan hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan di mana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, di antaranya berat jenisnya rendah kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan, yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia antara lain kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, knaf dan goni. Serat alam memiliki kelemahan, yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia.

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat bambu. Potensi bambu di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik karena bambu merupakan bahan baku alternatif dari kayu yang berasal dari hutan tropis yang semakin berkurang baik kualitas maupun kuantitasnya dengan meningkatnya industri perkebunan sebagai komoditi ekspor seperti kayu lapis. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dilakukan suatu usaha mengembangkan diversifikasi

produk kayu olahan dengan bahan baku bambu. Salah satu sumber daya alam hayati yang dapat menggantikan kayu adalah bambu, karena bambu mempunyai beberapa keunggulan seperti cepat tumbuh, mudah diolah, sifat mekanik yang lebih baik dari pada kayu pada arah sejajar serat.[1]

Pada suatu 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). Gangguan tersebut bisa dari sistem itu sendiri, dan juga timbul sebagai akibat gaya luar. Sistem getaran bebas akan bergetar pada satu atau lebih terhadap frekuensi pribadinya. Peningkatan frekuensi pribadi suatu sistem menyebabkan terjadinya getaran yang sangat besar. Getaran tersebut mengakibatkan terjadinya kerusakan pada suatu bagian tertentu dari sistem tersebut. Penelitian mengenai getaran sudah banyak dilakukan, namun terbatas pada penggunaan material logam. Pada penelitian ini akan dikembangkan penggunaan material komposit polimer yang diperkuat serat bambu. Adapun tujuan dari penelitian ini, adalah untuk menganalisis frekuensi pribadi getaran poros komposit dengan penguat serat bambu secara eksperimental.[2] Penggunaan bahan komposit di pilih karena memiliki banyak keunggulan, di antara nya berat jenisnya rendah kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah.

Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan material komposit dari serat tebu dengan matriks *polyester/vinyl ester*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian FRF (*Frequency Response Function*) untuk menentukan frekuensi pribadi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan dan pemanfaatan *polyester* guna meningkatkan kegunaan komposit di bidang industri dan juga untuk meningkatkan nilai guna dari serat bambu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini pengaruh persentase serat bambu dengan matriks *polyester* pada frekuensi pribadi poros komposit.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pengaruh persentase serat bambu dengan matriks *polyester* pada frekuensi pribadi poros komposit.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah referensi tentang pengaruh persentase serat bambu dengan matriks *polyester* pada frekuensi pribadi poros komposit.

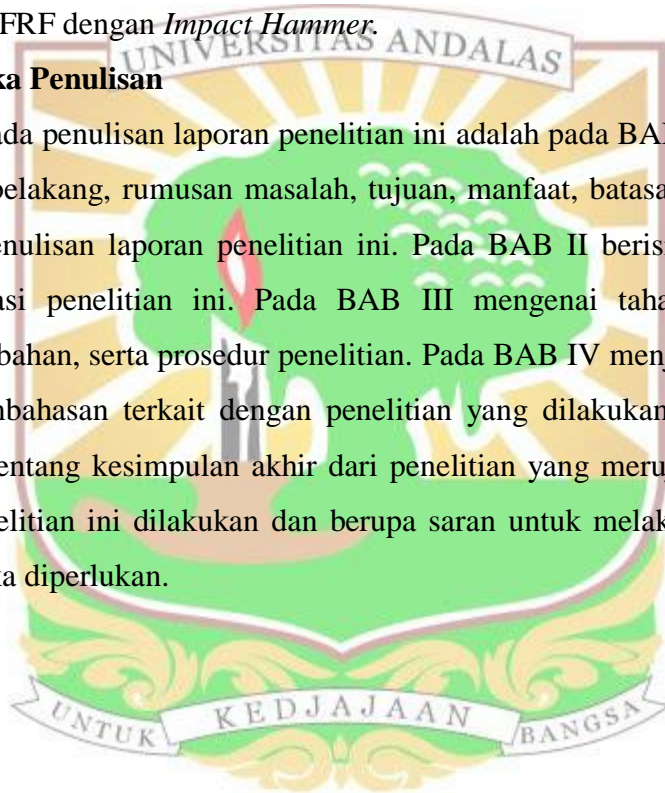
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Matriks yang digunakan adalah resin *polyester*.
2. Pencampuran serat dengan resin dianggap sudah homogen.
3. Pengujian yang di gunakan adalah *Frequency Response Function*.
4. Pengujian FRF dengan *Impact Hammer*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan laporan penelitian ini adalah pada BAB I menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan penelitian ini. Pada BAB II berisikan teori dasar yang melandasi penelitian ini. Pada BAB III mengenai tahapan penelitian, peralatan dan bahan, serta prosedur penelitian. Pada BAB IV menjelaskan tentang hasil dan pembahasan terkait dengan penelitian yang dilakukan. Pada BAB V menjelaskan tentang kesimpulan akhir dari penelitian yang merujuk pada tujuan awal dari penelitian ini dilakukan dan berupa saran untuk melakukan penelitian selanjutnya jika diperlukan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*. Dari pengertian diatas, dapat di peroleh kesimpulan bahwa komposit gabungan dari beberapa bahan yang dibentuk dari 2 jenis gabungan material yang berbeda, yaitu[3]:

1. Penguat (*Reinforcement*), Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.
2. Matriks, fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat jelas, sedangkan pada *alloy*/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui antara lain: kekuatan (*strenght*), kekakuan (*stiffness*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), ketahanan gesek/aus (*wear resistance*), berat (*weight*), meningkatkan konduktivitas panas dan tahanan *thermal*.

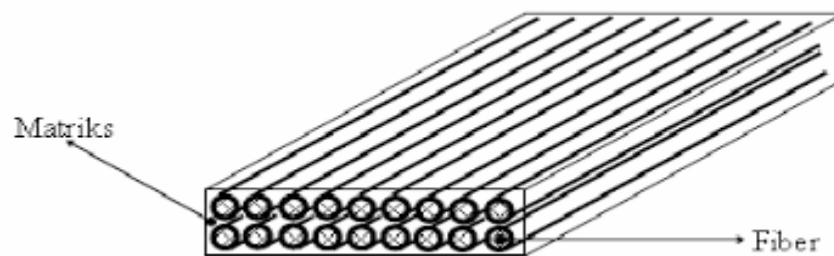
2.2 Komposit Serat Alam

Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan- potongan komponen yang akan membentuk jaringan memanjang yang utuh. Berdasarkan jenisnya, serat penguat untuk komposit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: Serat buatan (*Sintetic fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang dibuat dari bahan-bahan kimia. Contohnya: serat gelas (*fiber glass*), serat optik (*fiber optic*),

serat poliester (*polyester fiber*) dan lain-lain. Serat alami (*Natural fiber*), merupakan serat penguat untuk bahan komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alami dapat berasal dari hewani walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contoh: bulu domba (hewani), serat bambu dan serat pisang (tumbuhan) dan lain-lain. Penempatan serat dan arah serat yang tepat pada posisinya akan menjadikan komposit dapat menahan beban lebih baik.[4] Pada saat ini serat alam lebih banyak digunakan karena memiliki keuntungan, antara lain:

1. Mudah didapatkan atau dicari.
2. Harga lebih murah.
3. Mudah terurai secara alami.

Berikut gambar material komposit yang menggunakan serat alam.



Gambar 2. 1 Komposit Serat Alam

2.3 Serat Bambu

Bambu merupakan tanaman ordo *Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan dapat dipanen pada umur sekitar 3 tahun. Pada masa pertumbuhan, bambu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam atau 120 cm perhari. Umur panen yang relatif singkat tersebut memberikan optimisme bahwa pemakaian bambu untuk berbagai keperluan dapat dengan mudah tercukupi. Adanya serabut sklerenkin di dalam batang bambu menyebabkan bambu mempunyai kekuatan dan dapat digunakan untuk keperluan bahan bangunan. Kekuatan bambu umumnya dipengaruhi oleh jumlah serat sklerenkin dan selulosa di dalam bambu.[5]

Bambu juga merupakan tumbuhan yang tumbuh di iklim tropis dan juga subtropis yang mana ada beberapa jenis bambu di antaranya yaitu:

1. *Arundinaria japonica*

Arundinaria japonica atau bambu jepang memiliki ciri batangnya yang berwarna kuning-cokelat dan memiliki daun seperti palm. Tanaman ini merupakan jenis

bambu yang tumbuh dengan baik di daerah dingin dan tempat-tempat teduh serta di bawah sinar matahari penuh.

2. *Bambusa arundinacea* wild (Pring ori)

Bambu jenis memiliki ciri batangnya yang tidak lurus. Warna batangnya hijau terang dan akan berubah kecokelatan saat terjadi kekeringan. Tunas mudanya memiliki warna ungu pekat. Di seluruh batangnya terdapat senjata berupa gagah dan duri yang melengkung. Biasanya kalau dipegang, tangan kita akan mengakibatkan gatal.

4. *Bambusa atra* lindl

Batang bambu ini berwarna hujau gelap ketika masih muda dan berubah menjadi hijau kekuningan saat matang. Panjang setiap ruas berkisar 60-80 cm dengan diameter 2-5 cm.

5. *Bambusa blumeana*

Disebut juga dengan bambu duri karena pada ranting dan batangnya tumbuh duri. Di Jawa bambu ini dikenal dengan pring gesing dan haur cucuk untuk orang Sunda.

Bambu duri memiliki penampilan luar berwarna hijau dimana panjang ruas berkisar 25-35 cm dan diameter 8-15 cm. Bentuk daunnya seperti tombak dengan panjang rata-rata 10-20 cm dan lebar 12-25 mm. Bambu jenis ini tumbuh di daerah tropis lembab dan kering seperti di tepi sungai, lereng bukit dan di sepanjang sungai air tawar.

6. *Bambusa glaucescens*

Bambusa glaucescens (Wild) atau *Bambusa multiplex* adalah jenis bambu yang berasal dari China (Provinsi Guangdong, Guangxi, Hainan, Hunan, Jiangxi, Sichuan, Yunann), Nepal, Bhutan, Assam, Sri Lanka, Taiwan dan Indochina utara. Jenis ini juga telah dinaturalisasi di beberapa negara seperti India, Hindia Barat, Florida, Georgia, Alabama, Irak, Madagaskar dan Mauritius.

7. *Bambusa maculata*

Bambusa maculata atau bambu tutul bisa tumbuh hingga ketinggian 15 m dengan diameter batang 4-8 cm. Bambu jenis ini biasanya dipakai untuk membuat kerajinan dan perabotan rumah tangga. Habitatnya berada di lahan kering dan tandus.

8. *Bambusa polymorpha*

Ciri fisik bambu ini bisa dilihat dari warna batangnya yang hijau, ditutupi dengan rambut cokelat keputihan dan akan berubah menjadi hijau kecokelatan saat terjadi kekeringan.

Bambu ini mempunyai cabang yang dimulai dari pertengahan batang ke atas. Batangnya terbungkus dengan selubung berwarna hijau muda dan menjadi cokelat ketika sudah dewasa.

9. *Bambusa tulda*

Bambusa tulda atau bambu kayu India merupakan jenis bambu yang ditemukan di India, Indochina, Tibet, dan Yunnan. Di India, bambu ini dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kertas. Pohon ini dapat tumbuh sampai ketinggian 15 m dan diameter 8 cm. Saat muda, warna batang pohonnya berwarna hijau dan ketika sudah dewasa berubah menjadi abu-abu. Percabangan bambu ini dimulai dari dasar hingga ke atas.

10. *Bambusa tuldoidea* (Haur hejo)

Bambusa tuldoidea merupakan spesies bambu dari subfamili Bambusoideae. Jenis ini adalah spesies asli dari Guangdong, China. Dalam beberapa kondisi, bambu ini mampu tumbuh hingga 18 m tergantung dari tempat dan faktor lain (kekeringan). Di beberapa negara, jenis ini dibudidayakan sebagai tanaman bonsai.

11. *Bambusa vulgaris* (Pring ampel)

Dari beberapa jenis bambu di atas, saya rasa Pring ampel adalah jenis bambu yang paling mudah dikenali. Bambu ini memiliki ciri warna batangnya kuning lemon dengan garis-garis hijau dan daunnya berwarna hijau gelap. *Bambusa vulgaris* merupakan spesies asli Indochina dan provinsi Yunnan di China. Namun kini sudah banyak dibudidayakan di berbagai negara, termasuk Indonesia.

12. *Dendrocalamus asper* (Bambu betung)

Juga dikenal sebagai bambu kasar atau bambu raksaksa. Habitat bambu ini berada di daerah tropis dan subtropis tepatnya di Asia Tenggara. Bambu ini dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan tunasnya dikonsumsi sebagai sayuran.

Warna batang bambu ini hijau agak keabu-abuan dan menjadi cokelat kusam ketika kering. Batangnya lurus dengan panjang tiap ruas sekitar 25-60 cm dan

diameter batangnya 3,5-15 cm.

13. *Dendrocalamus giganteus* (Bambu sembilang)

Bambu ini juga dikenal dengan sebutan bambu naga dan merupakan salah satu jenis bambu terbesar di dunia. Bambu sembilang tumbuh di daerah tropis dan subtropis seperti Asia Tenggara. Pohon bambu ini mempunyai batang yang tinggi dan besar, ketinggiannya mencapai 30-40 m. Habitatnya banyak ditemukan di Bangladesh, India, Sri Lanka dan negara-negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Myanmar dan Thailand. Ciri-ciri dari bambu ini yaitu mempunyai batang berwarna hijau agak keabu-abuan. Tunasnya berwarna ungu kehitaman. Panjang setiap ruas sekitar 25-40 cm dan diameter 10-35 cm.

14. *Dinochloa scandens* (Bambu cangkoreh)

Batang bambu cangkoreh berwarna hitam dengan daun berbentuk bulat telur. Tingginya bisa mencapai 9,1 m dengan lingkaran batangnya 13 mm. [14]

Bambu yang akan digunakan untuk pembuatan serat dalam pengujian ini adalah bambu betung atau *Dendrocalamus asper*. Dimana bambu ini banyak terdapat di seluruh daerah di Indonesia dan mudah didapatkan.

Sehingga serat alam bambu yang berlimpah di Indonesia sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan teknik dengan melakukan rekayasa material komposit berpenguat serat bambu. Sampai saat ini serat bambu belum dimanfaatkan secara optimal bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia dalam membuat berbagai produk manufaktur. Berbagai jenis bambu dengan kualitas yang baik tumbuh subur di berbagai daerah di Indonesia. Serat bambu mempunyai potensi yang baik untuk dikembangkan menjadi bahan biokomposit yang kuat, murah, ramah lingkungan, dan dapat didaur ulang. Pemilihan serat bambu sebagai bahan penelitian dengan mempertimbangkan potensi serat bambu di Indonesia yang berlimpah dan belum dimanfaatkan secara baik. [6]

Sementara itu, bambu juga merupakan salah satu tanaman penghasil serat terbaik dari batangnya. Hal ini dikarenakan serat bambu memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah [7] :

a. Mengandung anion (ion negatif) dengan kepadatan mencapai 6000 bh/m³. Ion negatif adalah ion-ion yang mempunyai muatan oksigen, tidak berwarna dan tidak berasa. Ion ini berfungsi member asupan oksigen bagi tubuh kita. Karena itulah

bisa memberikan efek menyegarkan (memperbaiki sistem pernafasan), menenangkan dan meringankan rasa sakit. Ion negatif juga mampu menetralkan ion positif (asap rokok, debu, asap kendaraan, dsb).

b. Memiliki FIR (Far Infrared Rays). Tingkat emisi sinar infrared panjang serat bambu mencapai 0.87 lebih tinggi dibandingkan dengan serat alam lainnya.

c. Mengandung zat kinon (bamboo quinone). Zat ini memiliki fungsi anti bakteri, anti tungau, anti kutu dan anti jamur. Bakteri yang terdapat pada serat bambu justru mati sebanyak 75 % dalam waktu 24 jam.

d. Kapilaritas tinggi. Di bawah mikroskop electron dengan pembesaran 2000 kali, pada permukaan serat bambu banyak terdapat cekungan dan cembungan, membentuk lubang-lubang berbentuk oval dan besar. Hal inilah yang menunjukkan daya kapilaritas serat bambu tinggi, mampu menyerap dan menguapkan air dengan baik.

e. Anti Ultraviolet. Artinya mampu menangkal ultraviolet dengan baik melebihi serat yang lain, yaitu 417 kali lipat lebih banyak.

f. Mengandung pectin, madu bambu, tyrosine, vitamin E dan berbagai asam amino. Semua zat tersebut bermanfaat untuk menghalau radikal bebas, meningkatkan kekebalan tubuh, serta lain sebagainya.



Gambar 2. 2 Serat Bambu

2.4 Polyester

Polyester merupakan bahan termoseting yang banyak beredar di pasaran karena harganya yang relatif murah dan dapat diaplikasikan untuk berbagai macam penggunaan. Istilah *polyester* berawal dari reaksi asam organik dengan alkohol membentuk suatu ester.[8]

Polyester memiliki viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar. Ada dua prinsip dari resin polyester yang digunakan sebagai laminasi dalam industri komposit, yaitu resin polyester orthophthalic merupakan resin standar yang

banyak digunakan oleh orang dan resin polyester isophthalic yang saat ini menjadi material pilihan oleh dunia industri seperti industri perkapalan karena membutuhkan material yang tahan terhadap tekanan air yang tinggi. Keuntungan pemakaian polyester yaitu mempunyai kekakuan yang baik dibuktikan dengan modulus elastisitas yang tinggi, mempunyai kestabilan dimensi yang baik, biaya produksi yang murah, ketahanan kimia yang baik, dan ketahanan panas jangka panjangnya kira-kira 110-140 C. Disamping keuntungan diatas polyester juga memiliki beberapa kelemahan yaitu lemah terhadap uap, tidak tahan cahaya ultraviolet, mudah terbakar, penyusutan sekitar 8-10%

2.5 Methyl methacrylate

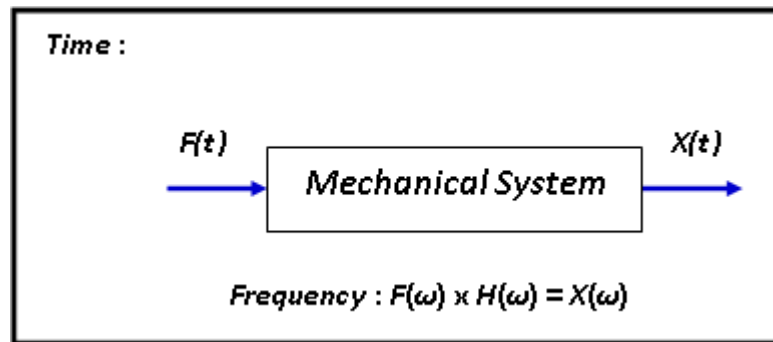
Methyl methacrylate atau MMA merupakan bahan polimer dengan sifat biokompatibel, MMA digunakan sebagai bahan penelitian dalam studi literatur bahan biomedis[9]. MMA dapat menambahkan gugus fungsional OH dan CH, yang dapat meningkatkan vinil ester terdistribusi secara homogen dalam poliester [10].

Keuntungan menambahkan MMA ke dalam campuran adalah dapat menghasilkan bahan yang tidak beracun, harga relatif rendah, mudah diproses, kompatibel, dan dapat digunakan untuk mengolah bahan dengan kekuatan retak tinggi [11]. Penambahan MMA juga diharapkan dapat menurunkan viskositas *unpolyester*, MMA meningkatkan sifat mekaniknya [12]. Pada penelitian sebelumnya, didapatkan bahwa peningkatan harga impak diamati dengan penambahan 10% MMA [13]. Oleh karena itu, penggunaan MMA yang digunakan adalah 10% MMA.

2.6 Pengujian FRF (*Frequency Response Function*)

Frequency Response Function (FRF) merupakan fungsi transfer yang dinyatakan dalam domain frekuensi. FRF merupakan fungsi bilangan kompleks yang terdiri dari komponen nyata dan imajiner. FRF juga sebagai fungsi analitis dapat dibentuk dari data yang diukur. Dalam menggambarkan respon struktural terhadap gaya yang diterapkan FRF dapat sebagai fungsi frekuensi. Respon yang diberikan dapat berupa perpindahan, kecepatan, atau percepatan. Parameter dinamik sebuah sistem terdiri dari frekuensi pribadi, rasio redaman, modus getar. FRF dapat mendeskripsikan hubungan antara dua titik pada struktur sebagai fungsi

inputoutput frekuensi. FRF dapat diilustrasikan pada balok diagram pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3 Blok Diagram FRF

FRF dibuat dari hubungan antara transformasi *fourier* dari sinyal input $F(\omega)$ dan sinyal output $X(\omega)$ pada sistem getaran bebas satu derajat kebebasan (SDOF) yang linier. Sgaya impuls dan respon *displacement* akibat gaya tersebut dari suatu sistem diukur, maka hasil data tersebut akan digunakan untuk menghasilkan FRF sistem. Hubungan sistem FRF umumnya diberikan seperti Persamaan (2.1).

$$H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \dots\dots\dots(2.1)$$

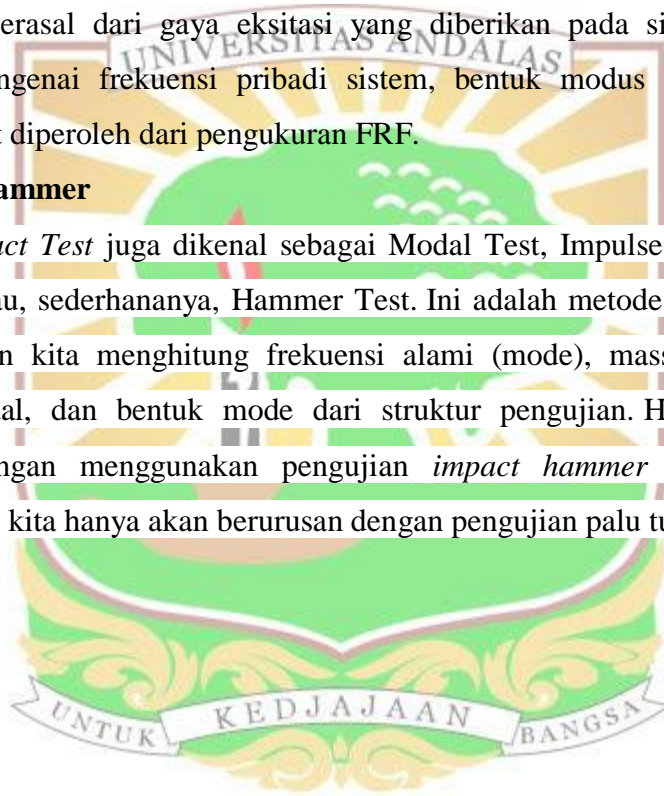
Dimana $H(\omega)$ yaitu matriks FRF, $X(\omega)$ adalah *vector discrete fourier transform respon displacement*, $F(\omega)$ sebagai *vector discrete transform* gaya luar. Pengukuran FRF dilakukan dengan menggunakan metode eksitasi dimana gaya eksitasi berupa gaya impuls diberikan kepada sistem yang diukur. Sehingga diharapkan sistem tersebut akan bergetar bebas pada frekuensi pribadinya. FRF adalah fungsi kompleks dari suatu sistem dengan variabel independen ω yang bernilai real sehingga memiliki komponen yang real dan imajiner.

Modus getar dapat dibentuk dari FRF imajiner yang hanya mendapatkan frekuensi pribadi. Pemakaiannya dengan menghubungkan nilai puncak FRF imajiner pada setiap elemen dari titik yang sama, sehingga titik pertama hingga titik terakhir merupakan urutan modulus getar terkecil sampai terbesar. Untuk menghasilkan parameter modal langsung dari rekaman respon dalam domain waktu digunakan Metode time domain. Dimana untuk metode *frequency domain* digunakan dalam menyelesaikan hal yang sama dengan mengkonversi sinyal respon ke dalam *domain frequency*.

Keakuratan hasil pengukuran FRF ditentukan dari besarnya fungsi koherensi terhadap normalisasi dari fungsi korelasi silang dalam *domain frekuensi*. Fungsi koherensi adalah fungsi yang membandingkan antara daya sinyal yang berasal dari sinyal masukan sesungguhnya dengan daya sinyal keluaran total yang terbaca oleh sensor. Jika nilai koherensi adalah nol maka sinyal respon getaran yang diukur bukan disebabkan oleh gaya eksitasi yang diberikan pada sistem, melainkan berasal dari sinyal pengganggu (*noise*). Sehingga sinyal keluaran atau respon getaran yang terukur dengan sinyal masukan tidak mempunyai hubungan. Sebaliknya, jika koherensi bernilai satu maka respon getaran yang terukur secara menyeluruh berasal dari gaya eksitasi yang diberikan pada sistem. Sehingga informasi mengenai frekuensi pribadi sistem, bentuk modus getar dan rasio redaman dapat diperoleh dari pengukuran FRF.

2.7 Impact Hammer

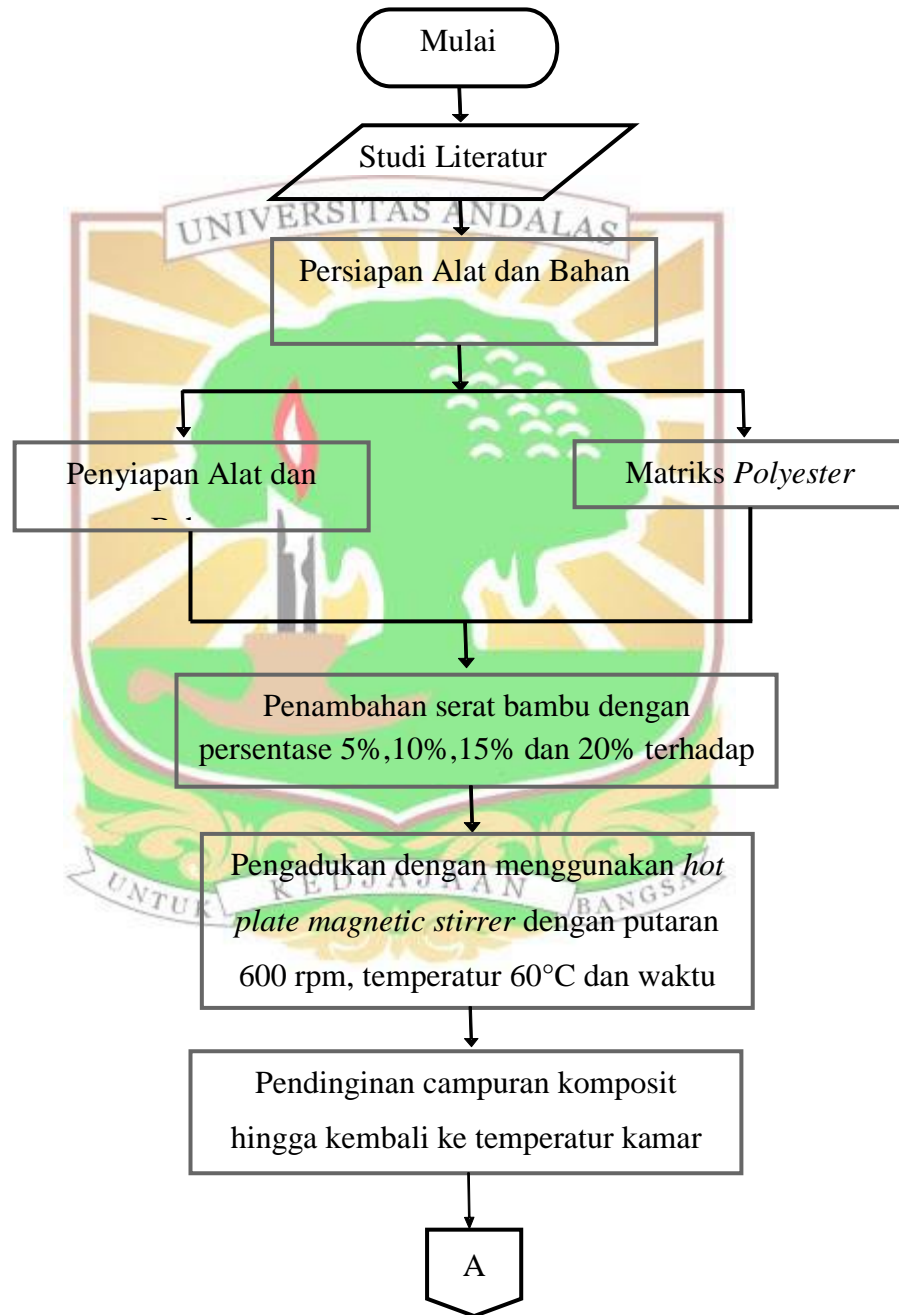
Hammer Impact Test juga dikenal sebagai *Modal Test*, *Impulse Test*, *Tap Test*, *Bump Test* atau, sederhananya, *Hammer Test*. Ini adalah metode pengujian yang memungkinkan kita menghitung frekuensi alami (mode), massa modal, rasio redaman modal, dan bentuk mode dari struktur pengujian. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pengujian *impact hammer* atau pengujian shaker. Di sini kita hanya akan berurusan dengan pengujian palu tumbukan.

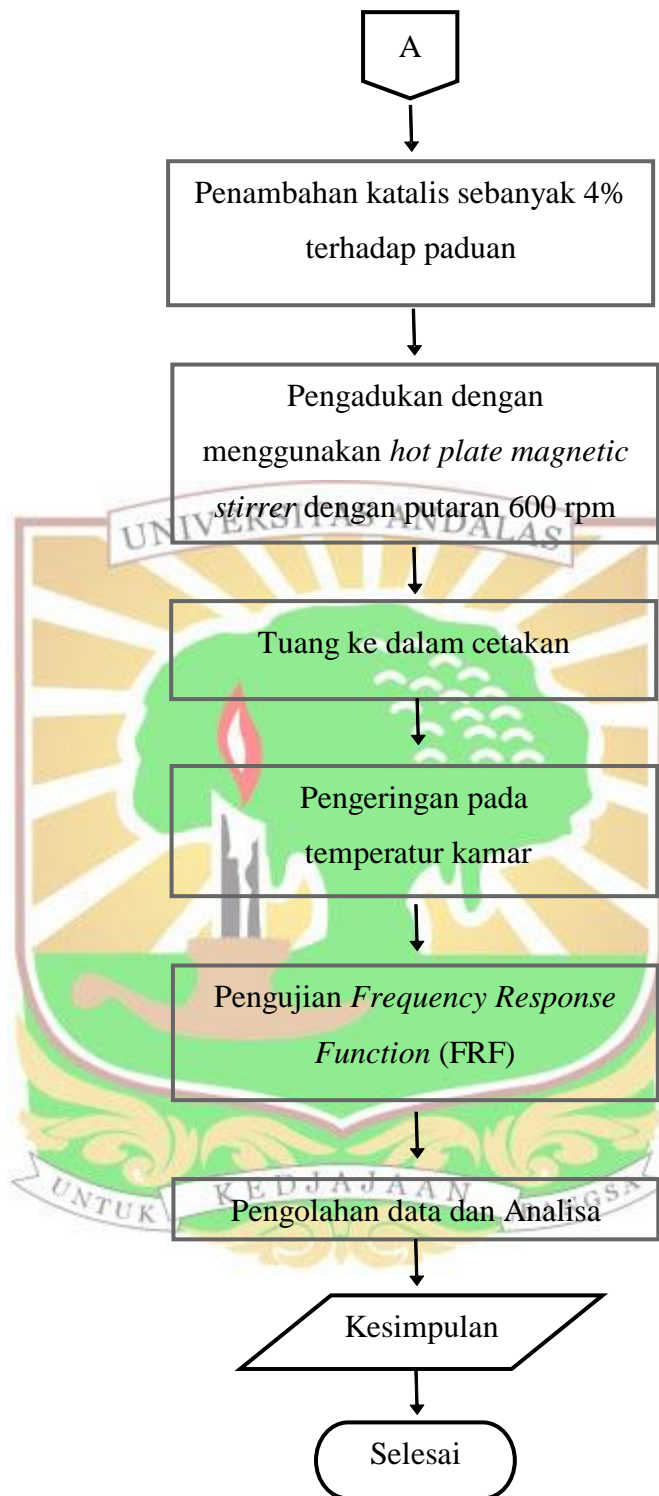


BAB III METODOLOGI

3.1 Flowchart Penelitian

Flowchart dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** dibawah sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian



3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menghitung massa yang diperlukan dari bahan yang akan digunakan dalam pembuatan sampel. Timbangan digital dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Timbangan Digital

2. Gelas Kimia 250 ml

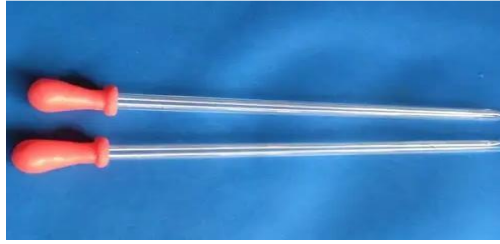
Gelas Kimia digunakan sebagai wadah dalam proses pembuatan campuran komposit. Gelas Kimia dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 3 Gelas Kimia 250 ml

3. Pipet tetes

Pipet tetes digunakan untuk mengambil cairan dalam skala kecil. Pipet tetes dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3. 4 Pipet Tetes

4. Hot plate magnetic stirrer

Hot Plate Magnetic Stirrer digunakan sebagai pengaduk dan pemanas dalam pembuatan komposit. Hot Plate Magnetic Stirrer pada **Gambar 3.5.**



Gambar 3. 5 Hot Plate Magnetic Stirrer

5. Voltage Amplifier

Voltage Amplifier digunakan sebagai sistem penguat sinyal. *Voltage Amplifier* juga dimanfaatkan sebagai *signal conditioning* (pengkondisi sinyal). Dalam penelitian ini *Voltage Amplifier* yang digunakan adalah PCB Piezotronics model 482CC Series. *Voltage Amplifier* dapat dilihat pada **Gambar 3.6.**



Gambar 3. 6 Voltage Amplifier

6. Impact Hammer

Impact Hammer adalah alat yang berupa palu untuk pemukul atau gaya luar (eksitasi). Pengaruh gaya luar ini terkait dengan getaran pada spesimen yang akan

21 diuji getar. Impact Hammer yang akan digunakan adalah Impulse Hammer dengan Omega sensitivitas sebesar 222.85 mV/N. bentuk dari Impact Hammer dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Impact Hammer

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Serat Bambu

Serat alam yang digunakan sebagai bahan penguat komposit. Serat Bambu yang dihaluskan.

2. *Unsaturated Polyester*

Resin polyester tipe Yukalac 1560 BL EX Spesifikasi polyester yang digunakan adalah viskositas 4,5 – 5 poise.

3. *Methyl Methacrylate (MMA)*

Methyl methacrylate (MMA) yang digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik dan menurunkan viskositas polyester

4. Katalis

Katalis yang digunakan yaitu catalyst Mepoxe berguna untuk mempercepat reaksi pengerasan polyester. Penggunaan katalis adalah 4% terhadap paduan polyester.

3.3 Prosedur Persiapan Spesimen

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah persiapan spesimen. Spesimen pada pengujian ini adalah serat bambu. Untuk mendapatkan serat bambu diperlukan langkah sebagai berikut :

1. Persiapan bambu yang telah diambil dari perkebunan.

2. Melakukan pemotongan bambu sepanjang 30 cm lalu direndam selama 3 hari

agar bambu lunak.

3. Setelah bambu lunak dipukul untuk mendapatkan seratnya lalu diuraikan.
4. Setelah diuraikan serat di jemur di bawah sinar matahari sampai kering.

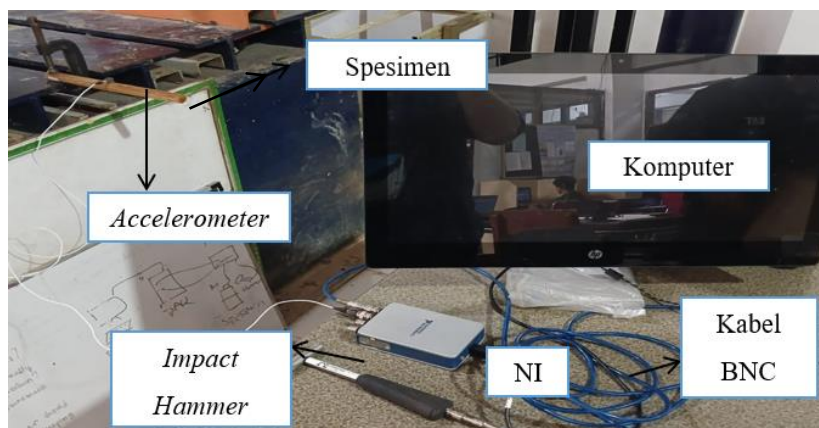
3.4 Prosedur Pembuatan Spesimen

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah pembuatan spesimen komposit. Prosedur dalam pembuatan spesimen komposit ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan serat bambu yang telah dibersihkan.
2. Kemudian susun serat pada cetakan yang telah disiapkan sesuai variasi pengujian.
3. Campurkan MMA dengan persentase 10% pada setiap campuran *polyester*
4. Setelah pencampuran MMA kemudian dilakukan pengadukan campuran selama 10 menit.
5. Kemudian tambahkan katalis 4% pada paduan kemudian kembali dilakukan pengadukan
6. Setelah selesai dilakukan pengadukan, campuran dituangkan pada cetakan yang telah disiapkan sebelumnya
7. Lalu tunggu campuran mengering sampai kering dengan waktu ± 5 jam.
8. Setelah kering keluarkan komposit dari cetakan.
9. Melakukan pengamplasan pada spesimen untuk meratakan permukaannya.

3.5 Skema Percobaan

Skema pengujian terhadap keseluruhan instrumen yang digunakan dalam percobaan eksperimental ini ditunjukkan pada **Gambar 3.8**



Gambar 3.8 Skema pengujian

Berikut adalah nama dan penggunaan setiap perangkat:

1. *Personal Computer* (PC) sebagai perangkat untuk mengolah dan menampilkan data.
2. *Keyboard* adalah perlengkapan mengetik dalam percobaan.
3. *Impact Hammer* sebagai alat yang memberikan gaya tumbukan pada struktur.
4. *National Instrument type NI USB-6221* sebagai *digital signal analyzer* untuk mengukur sinyal elektrik dari transduser yang akan disimpan di komputer.
5. *Amplifier* untuk mengamplifikasi atau memperkuat sinyal.
6. Kabel BNC untuk menghubungkan perangkat secara keseluruhan pada sistem.
7. *Accelerometer* untuk mengukur respon percepatan getaran pada spesimen
8. Spesimen sebagai objek percobaan.

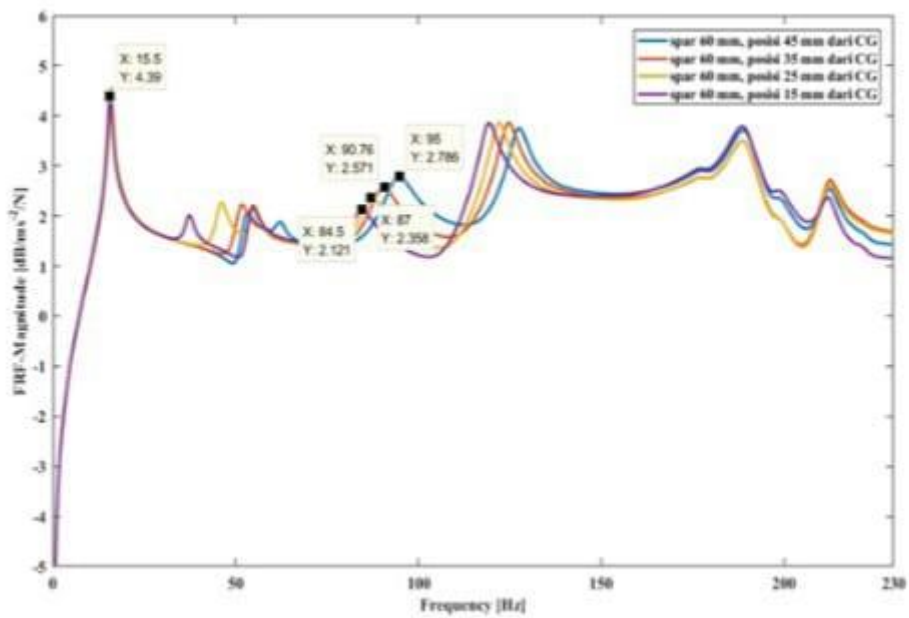
3.6 Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan yang terdiri dari beberapa tahap adalah sebagai berikut:

1. Semua peralatan yang digunakan dalam eksperimen disiapkan dan kemudian di *setup* dengan perangkat pengujian yaitu poros komposit dengan variasi penambahan serat bambu.
2. Sensor *accelerometer* disiapkan dan diletakkan pada bagian yang akan dilakukan pengujian.
3. *Accelerometer*, *amplifier*, *impact hammer* dan *oscilloscope* disambungkan dengan menggunakan *connecting cable*. Sedangkan antara *accelerometer* dan *amplifier* dihubungkan dengan kabel *accelerometer*.
4. Spesimen uji diganggu dengan menggunakan *impact hammer* dan data respon getaran dari struktur akan dibaca oleh komputer dari FRF (*Frequency Response Function*).

3.7 Kurva dan Tabel Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan melalui *impact hammer* untuk mendapatkann respon terhadap gaya luar yang diberikan akibat tumbukan yang terlihat oleh kurva pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 9 Kurva Respon Hasil pengujian

Nilai frekuensi pribadi yang diperoleh dari setiap penumbukan yang dilakukan pada proses *impact hammer* dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3. 1 Tabel Hasil Frekuensi Pribadi

Modus Getar ke-n	Frekuensi Pribadi(Hz)				
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%	Variasi 20%
	1	61	53	49,5	63,5
2		398,5	387		
3					

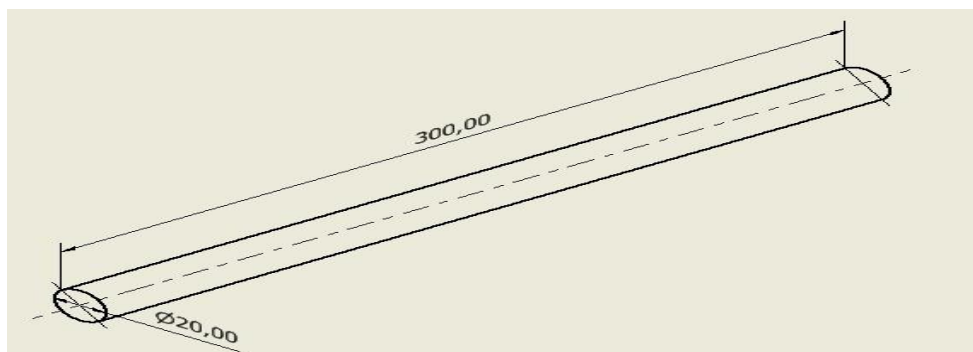
BAB IV
DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Dimensi Komposit

Pada tahap pengujian FRF(*Frequency Response Function*) dimensi spesimen yang telah dibuat diukur dengan tingkat ketelitian yang tinggi untuk menjamin akurasi dan konsisten hasil pengujian. Di mana dimensi spesimen yang telah dibuat untuk mengukur diameter dan panjang, spesimen dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong dan mistar. Hasil dari pengukuran diameter dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Tabel pengukuran dimensi

Persentase Serat Bambu	Panjang (m)	Diameter (m)
0%	0,3	0,020
5%	0,3	0,020
10%	0,3	0,020
15%	0,3	0,020
20%	0,3	0,020



Gambar 4. 1 Dimensi Spesimen

4.2 Pengujian FRF (*Frequency Response Funtion*)

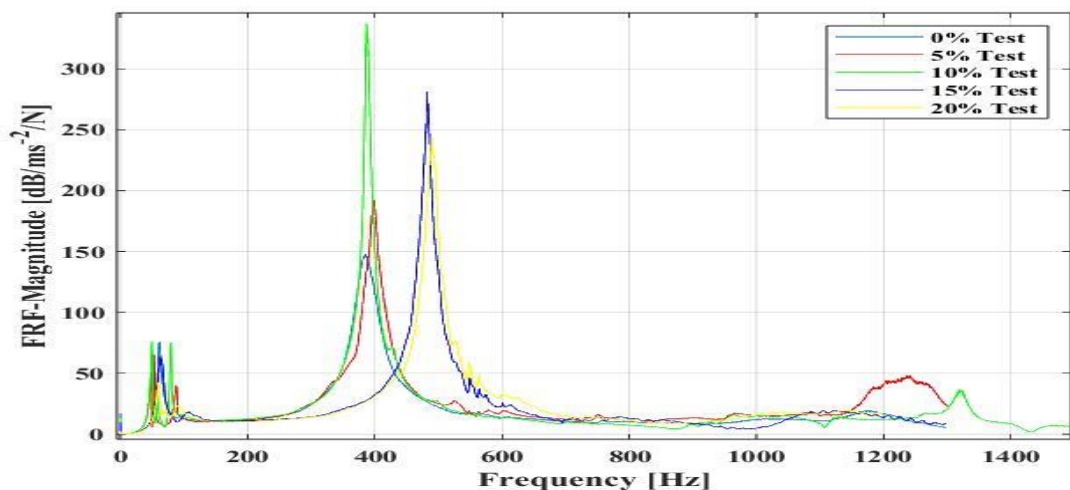
Setelah dilakukan pengukuran terhadap dimensi, selanjutnya dilakukan pengujian FRF (*Frequency Response Funtion*) untuk mendapatkan nilai frekuensi pribadi dari spesimen yang terbuat dari komposit. Nilai frekuensi pribadi dapat di lihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Tabel Data Frekuensi Pribadi

Modus Getar ke-n	Frekuensi Pribadi(Hz)				
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%	Variasi 20%
1	61	53	49,5	63,5	60,5
2	384,5	398,5	387	481,5	489
3	1179,5	1235,5	1317,5	1103	1140,5

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa ketika pengujian FRF yang didapatkan yaitu nilai frekuensi pribadi. Pengujian ini dilakukan 3 kali pemukulan pada setiap spesimen yang mana variasi tersebut 0%,5%,10%,15% dan 20%.

Nilai frekuensi pribadi (Hz) pada Tabel 4.2 di peroleh setelah dilakukan pengujian menggunakan FRF (*Frequency Response Funtion*). Sehingga menghasilkan grafik yang dapat di lihat pada **Gambar 4.2**.

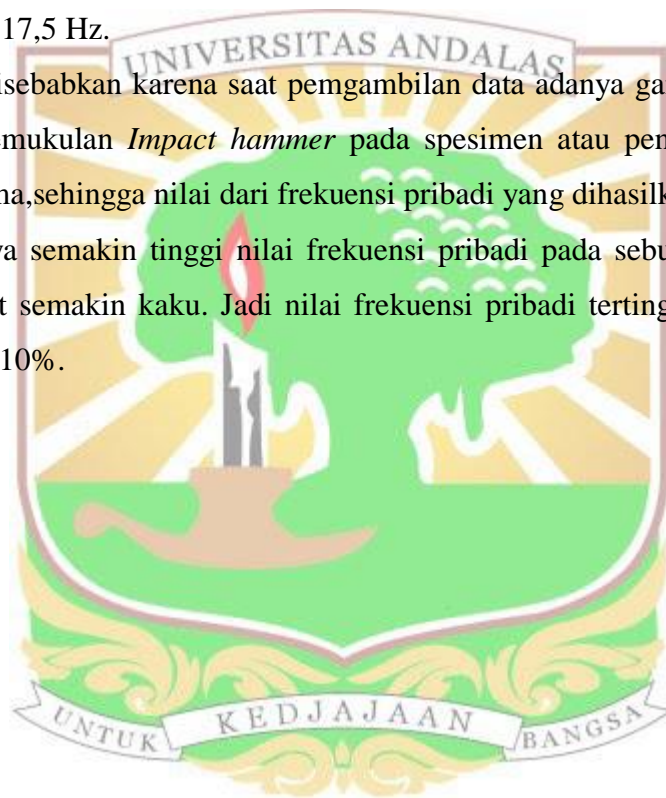


Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai rata-rata frekuensi pribadi (Hz) vs persentasi serat bambu

Nilai frekuensi pribadi yang di peroleh seharusnya memiliki kecenderungan naik/turun/lengkung kuadratik terhadap kenaikan persentase serat bambu. Tetapi dari grafik dapat di lihat pada Gambar 4.1, yang man pada variasi serat bambu 0% sampai 20% memiliki nilai frekuensi yang berbeda. Di mana nilai frekuensi pribadi dari f_1 pada serat 15% memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan pada variasi serat yang lainnya dengan nilai 63,5 Hz. Sedangkan untuk f_2 nilai frekuensi pribadi yang paling tinggi terdapat opada variasi serat 20% dengan nilai 489 Hz dan untuk f_3 terdapat pada variasi serat 10% dengan nilai frekuensi pribadi nya 1317,5 Hz.

Hal ini bisa disebabkan karena saat pengambilan data adanya gangguan saat akan melakukan pemukulan *Impact hammer* pada spesimen atau penempatan sensor yang tidak sama, sehingga nilai dari frekuensi pribadi yang dihasilkan berbeda.

Pada dasar nya semakin tinggi nilai frekuensi pribadi pada sebuah benda maka benda tersebut semakin kaku. Jadi nilai frekuensi pribadi tertinggi yaitu 1317,5 Hz pada serat 10%.



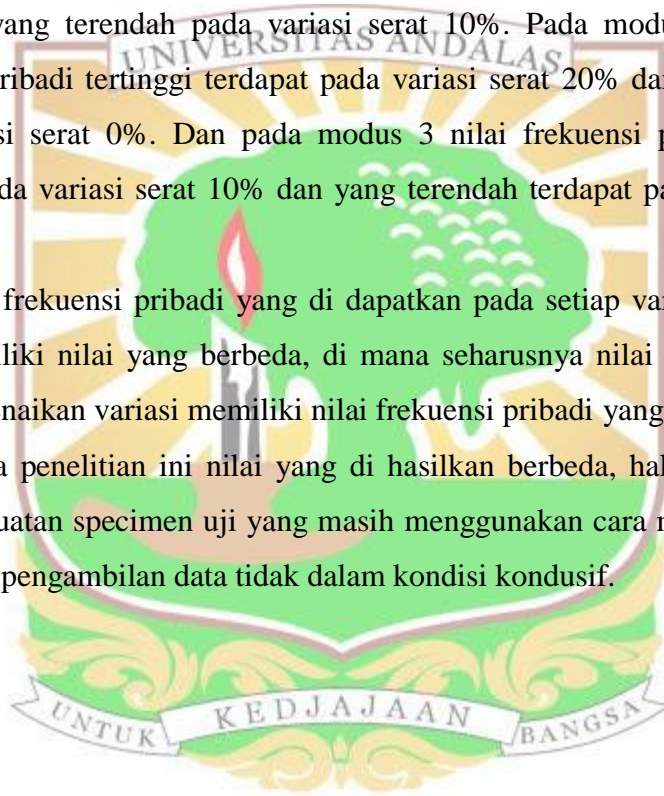
BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi persentase serat bambu berpengaruh terhadap nilai frekuensi pribadi, hal ini ditunjukkan oleh:

1. Nilai frekuensi pribadi yang didapatkan pada setiap modus getar dan variasi memperoleh hasil yang berbeda beda.
2. Pada modus getar 1 nilai frekuensi pribadi tertinggi terdapat pada variasi serat 15% dan yang terendah pada variasi serat 10%. Pada modus getar 2 nilai frekuensi pribadi tertinggi terdapat pada variasi serat 20% dan yang terendah pada variasi serat 0%. Dan pada modus 3 nilai frekuensi pribadi tertinggi terdapat pada variasi serat 10% dan yang terendah terdapat pada variasi serat 15%.
3. Pada nilai frekuensi pribadi yang didapatkan pada setiap variasi dan modus getar memiliki nilai yang berbeda, di mana seharusnya nilai yang dihasilkan terhadap kenaikan variasi memiliki nilai frekuensi pribadi yang naik atau turun. Tetapi pada penelitian ini nilai yang dihasilkan berbeda, hal ini disebabkan pada pembuatan specimen uji yang masih menggunakan cara manual atau saat melakukan pengambilan data tidak dalam kondisi kondusif.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aprilia, W., Darvina, Y. & Ratnawulan. Sifat Mekanis Komposit Berpenguat Bilah Bambu Dengan Matriks Polyester Akibat Variasi Susunan. *Pillar Phys.* **2**, 51–58 (2013).
- [2]. Mustafa, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako. Penentuan Frekuensi Pribadi Pada Getaran Balok
- [3]. Nayiroh, N. Material komposit handbook. *J. Penelit. Ilmu Tek.* **1**, 16–22 (2020).
- [4]. Ii, B. A. B. & Pustaka, T. Bab Ii Itenas Mv Alfazar (Komposit). 5–34 (1994).
- [5]. Suhardiman, M. Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori. *J. Tek.* **1**, 8 (2011).
- [6]. Irawan, A. P. & Sukania, I. W. Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi. *J. Tek. Mesin* **14**, 59–63 (2013).
- [7]. Fokus, B. *Kode/Nama Rumpun Ilmu : 445/Teknik Material (Ilmu Bahan) Bidang Fokus : Material Maju.* (2018).
- [8]. Lumintang, R. C. A., Soenoko, R. & Wahyudi, S. Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa. *J. Rekayasa Mesin* **2**, 145–153 (2011).
- [9]. Jaiswal, S., Dutta, P. K., Kumar, S., and Koh, J., 2019, "SC," *Carbohydr. Polym.*
- [10]. Abral, H., Fajrul, R., Mahardika, M., Handayani, D., Sugiarti, E., Muslimin, A. N., & Rosanti, S. D. (2020). *Improving Impact, Tensile And Thermal Properties Of Thermoset Unsaturated Polyester Via Mixing With Thermoset Vinyl Ester And Methyl Methacrylate. Polymer Testing*, 81.
- [11]. Ali, U., Karim, K. J. B. A., & Buang, N. A. (2015). *A Review Of The Properties And Applications Of Poly (Methyl Methacrylate) (Pmma).* In *Polymer Reviews* (Vol. 55, Issue 4, Pp. 678–705).
- [12]. A. S. O. T. A. M. (ASTM), “,” *Flexural Properties of unreinforced and reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM D790.*

Annual Book of ASTM Standarts American. Society for Testing Materials Philadelphia,” 2000a.

- [13]. Santoso, J., and Diharjo K., 2017, “*Kajian Ketahanan Lelah Gesar dan Bending Dinamis Panel berlapis Komposit Sandwich Serat Kenaf Polyester Dengan Core Limbah Kayu Sengon Laut.*”
- [14]. <https://www.tectonagrande.com/2021/09/mengenal-jenis-dan-budidaya-bambu.html>
- [15]. Nusyirwan, H. Abral, M.Hakim, and R. Vadia, "The potential of rising husk fiber/native sago starch reinforced biocomposite to automotive component," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol 602, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/602/1/012085
- [16]. Nusyirwan, R. Mutya, Firman Ridwan, Hairul Abral, Hendery Dahlan, Eka Satria, "Pengaruh variasi persentase campuran polyester dan vinyl ester terhadap kekuatan tegangan lentur," *Metal: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, vol. 5, no.2, pp. 126-131, 2021.



LAMPIRAN A
Spesimen Dan Pengujian Komposit

1. Spesimen

a. 0% serat bambu



b. 5% serat bambu



c. 10% serat bambu



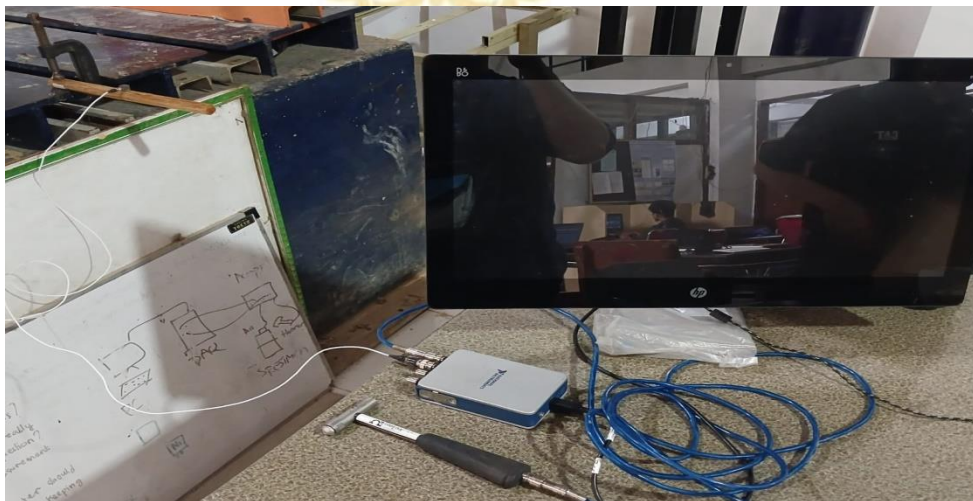
d. 15% serat bambu



e. 20% serat bambu



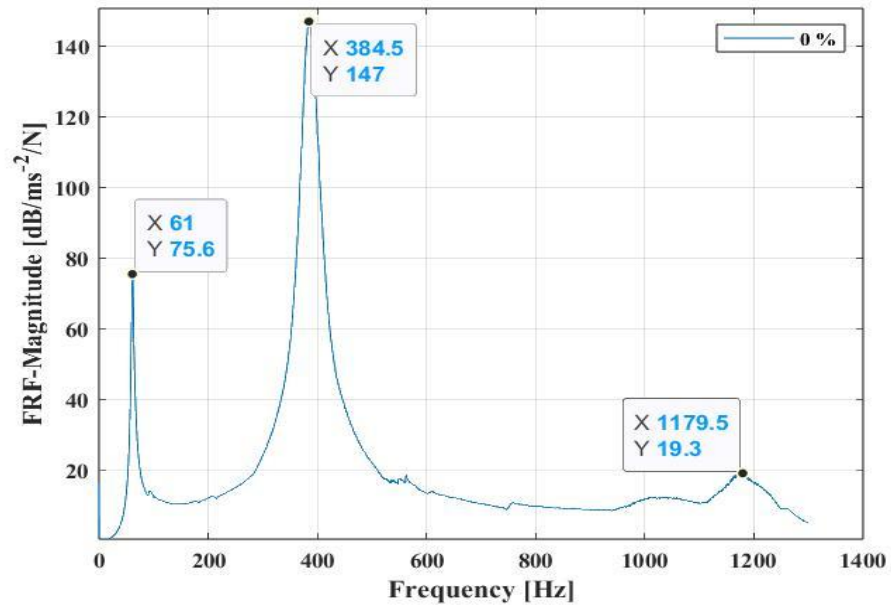
2. Spesimen di uji menggunakan alat FRF (*Frequency Response Function*)



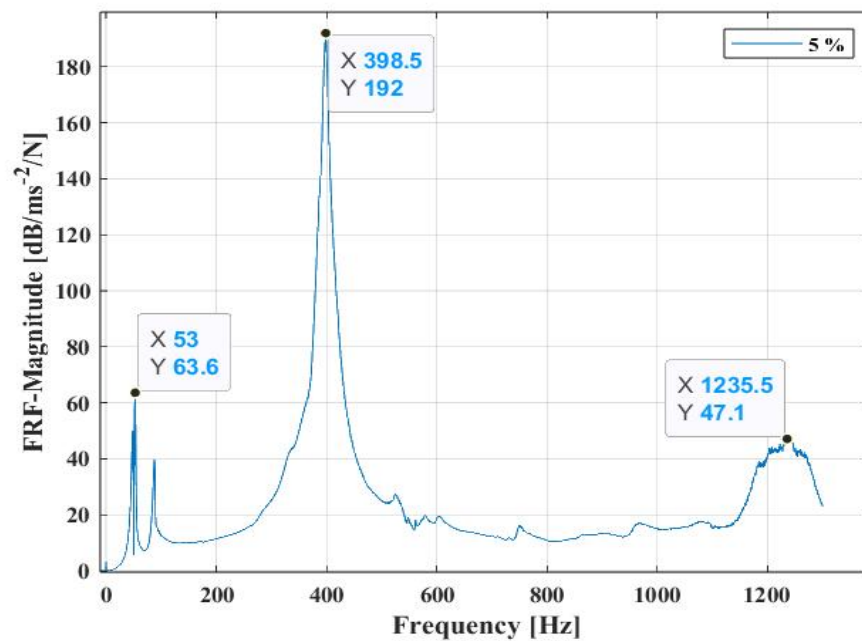
LAMPIRAN B

Hasil Pengujian Frekuensi Pribadi Poros Komposit

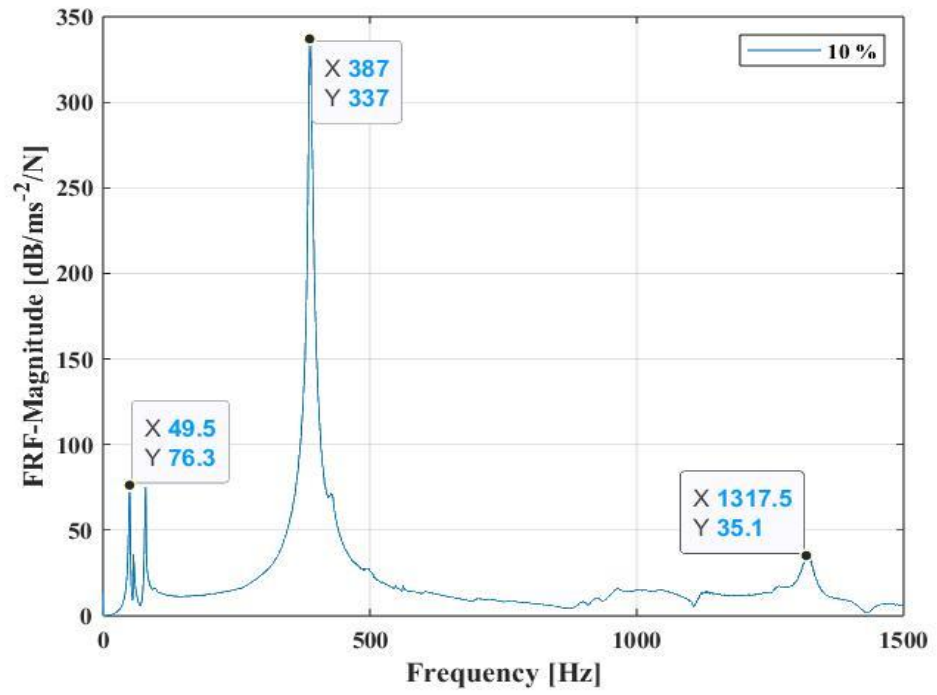
1. Material komposit persentase serat bambu 0%



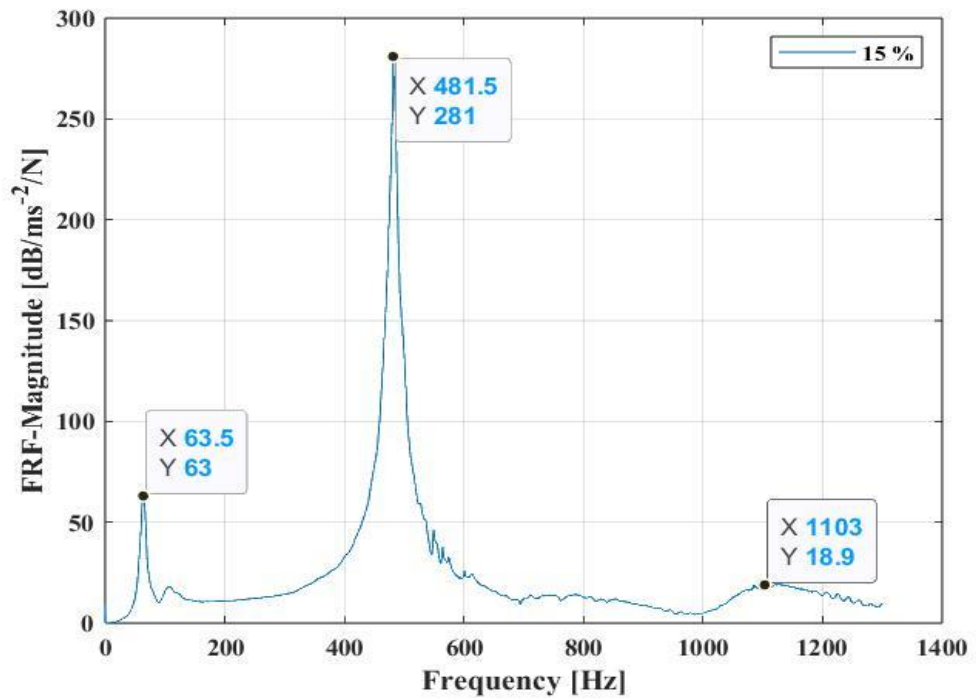
2. Material komposit persentase serat bambu 5%



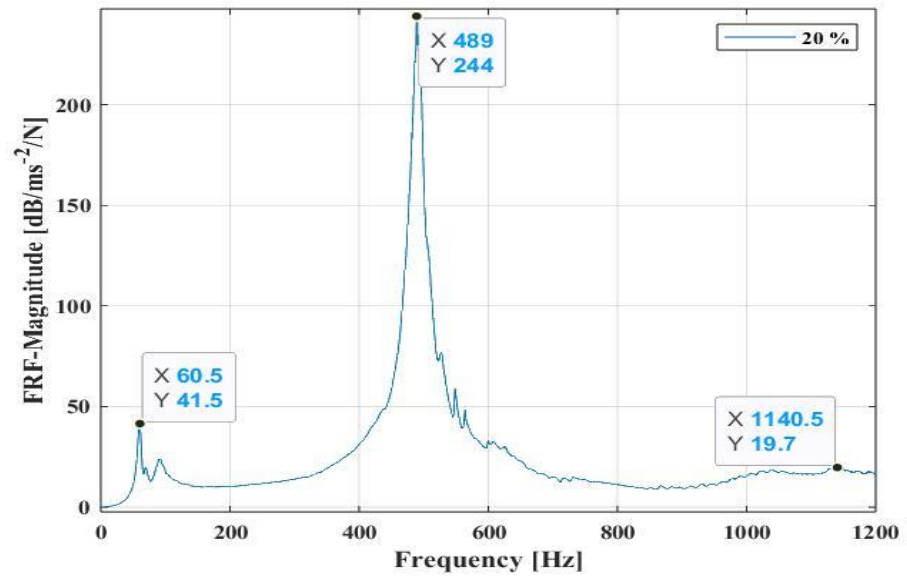
3. Material komposit persentase serat bambu 10%



4. Material komposit persentase serat bambu 15%



5. Material komposit persentase serat bambu 20%





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

Alamat : Kampus Limau Manis, Padang - Sumatera Barat, Kode Pos 25163

Telepon : 0751-72586

Website: ft.unand.ac.id, email: admin_mesin@eng.unand.ac.id

SURAT KETERANGAN UJI SIMILARITY

No. : B /106/UN.16.09.3.1 /TA.02.02/2024

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhammad Surya Ananda Pratama Putra

Nomor Buku Pokok : 1710912010

Departemen : Teknik Mesin

Yang tersebut namanya di atas telah diperiksa similarity/originality dari Tugas Akhir nya menggunakan *Software* Turnitin dengan hasil sebesar:

1. Abstrak : 7%
2. TA : 19%

Surat keterangan ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendaftar Sidang Tugas Akhir.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan semestinya

tanggal 8-8-2024
Petugas Ruang baca



Tri Dewi Yulita, S. IP