

**PERBANDINGAN SIFAT AKUSTIK
KOMPOSIT POLIMER (SERAT E-GLASS DAN JUSTUS 157)
DAN KAYU BENGKIRAI
SEBAGAI BAHAN ALAT MUSIK RINDIK GANDRUNG BALI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

COKORDA GDE PUTRA PEMAYUN

NIM : 995214065

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2006

**ACOUSTIC CHARACTERISTICS COMPARATION OF
POLIMER COMPOSITE (E-GLASS FIBER AND JUSTUS 157)
AND “BENKIRAI” WOOD AS MATERIAL OF BALINESSE
MUSIC INSTRUMENT “RINDIK GANDRUNG”**

FINAL PROJECT

as Partial Fulfillment of Requirements
to Obtain The Sarjana Teknik Degree
In Mechanical Engineering



By :

COKORDA GDE PUTRA PEMAYUN
STUDENT NUMBER : 995214065

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2006**

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN SIFAT AKUSTIK
KOMPOSIT POLIMER (SERAT E-GLASS DAN JUSTUS 157)
DAN KAYU BENGKIRAI
SEBAGAI BAHAN ALAT MUSIK RINDIK GANDRUNG BALI

Disusun oleh :
COKORDA GDE PUTRA PEMAYUN
NIM : 995214065

Telah disetujui oleh :

Pembimbing I



(Dr. Ir. Viktor Malau, DEA)

Tanggal, 4 sept, 2006

Pembimbing II



(Ir. Rines, M.T)

Tanggal, 2 sept, 2006



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 25 Agustus 2006

NAMA Mhs. : Cokorda Gde Putra Pemyun

NIM : 995214065

JUDUL

Perbandingan sifat akustik komposit polimer (Serat E-Glass dan Justus 157) dan kayu sebagai bahan alat musik Rindik (Gandrung Bali)

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.

Pembimbing Kedua : Ir. Rines, M.T.

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

ditulis jenis kayu yang digunakan
pada tabel 4.1.42, dst kolom γ dan E dihilangkan ✓
huruf m dan M harus konsisten, di pakai huruf kecil ✓
kesimpulan yang pertama tidak perlu ✓
huruf Kalimat pertama inisial dihilangkan
tabel 3.2 tidak perlu di tampilkan ✓
nama Bambang Triatmodjo dalam daftar pustaka
dihilangkan ✓
90 tabel yang tidak perlu, dihilangkan ✓

Revisi telah diperiksa
& acc 29/8 '06

Ir. Rines M.T.

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN SIFAT AKUSTIK

KOMPOSIT POLIMER (SERAT E-GLASS DAN JUSTUS 157) DAN KAYU BENGKIRAI SEBAGAI BAHAN ALAT MUSIK RINDIK GANDRUNG BALI

Dipersiapkan dan ditulis oleh :

Nama : Cokorda Gde Putra Pelayun

NIM : 995214065

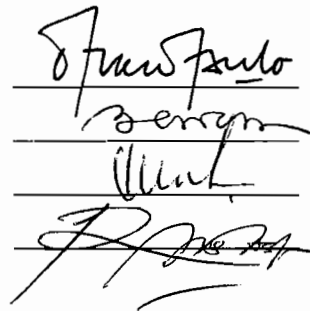
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal,.....,2006

Susunan Panitia Penguji

Tanda tangan

Ketua : Doddy Purwadianto, S.T., M.T.
Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T., M.T.
Anggota : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.
Anggota : Ir Rines, M.T.

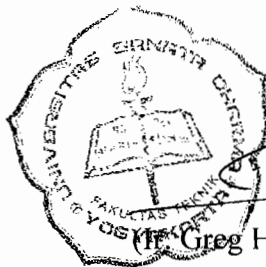


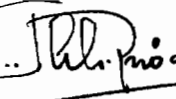
Yogyakarta ...9.....Sept.....,2006

Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma

YOGYAKARTA

Dekan





(Ir Greg Heliarko, S.J., S.S., B.ST., M..M., M.Sc)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta,.....,2006

Cokorda Gde Putra Pemayun



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No : 687 / TA / FT-USD / TM / Maret / 2006

Nama : Cokordo Gde Putra Pelayun
NIM : 995214065
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul :

Perbandingan sifat akustik komposit polimer (serat E-Glass dan Justus 157) dan kayu sebagai bahan alat musik Rindik Gandrung Bali.

Tanggal dimulai : 18 Oktober 2004

Yogyakarta, 24 Maret 2006

Pembimbing II

Pembimbing I

Ir. Rines, M.T.

Dr. Ir. Viktor Malau, DEA



TUGAS AKHIR PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No : 687 / TA / FT-USD / TM / Maret / 2006

Nama : Cokardo Gde Putro Pelayun (COKORDA GDE PUTRA PEMAYUN)
Nim : 995214065
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul :

~~Membandingkan sifat fisis -sifat akustik komposisi polimer dengan serat E-Glass dan justus 157 terhadap kayu untuk instrumen musik rindik gandrung Bali.~~

Tanggal dimulai : 18 Oktober 2004

Pembimbing I : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA

Pembimbing II : Ir. Rines, M.T.

PERBANDINGAN SIFAT AKUSTIK KOMPOSIT
POLIMER (SERAT E-GLASS DAN JUSTUS 157)
DAN KAYU SEBAGAI BAHAN ALAT MUSIK
RINDIK GANDRING BALI :

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1	9/04-06	Langkah das perbaikan sesuai standar		vh
2	21/4-06	Laport ditetapkannya		vh
3	21/7-06	Dapat lengkap		vh
4				
5				
6				
7				
8				



TUGAS AKHIR PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No : 687 / TA / FT-USD / TM / Maret / 2006

Nama : Cokordo Gde Putra Pelayun
Nim : 995214065
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul :

Perbandingan sifat akustik komposit polimer (serat E-Glass dan Justus 157) dan kayu sebagai bahan alat musik Rindik Gandrung Bali.

Tanggal dimulai : 18 Oktober 2004
Pembimbing I : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA
Pembimbing II : Ir. Rines, M.T.

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1	26/7-06	Daftar Riwayat		Uta L
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

Telah diselenggarakan Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Nama : Cokardo Gde Putra Pelayun
NIM : 995214065
Prog. Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TA :

Perbandingan sifat Akustik komposit polimer (serat e-glass dan justus 157) dan kayu sebagai bahan musik rindik gandrung Bali

Hari, tgl : Sabtu, 17 Juni 2006
Tempat : K. 2.07
Pukul : 10.00 WIB

Pemb I : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.
Pemb II : Ir. Rines, M T.

Dihadiri Dosen :

1. Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.	Tanda Tangan	
2. Ir. Rines, M T.	Tanda Tangan	
3.	Tanda Tangan	
4.	Tanda Tangan	



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id




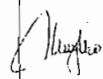
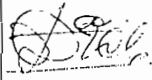
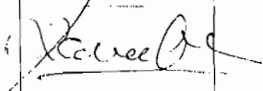
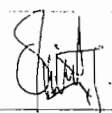

DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK MESIN FT USD

Nama : Cokardo Gde Putra Pemayun
NIM : 995214065
Prog. Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TA :

Perbandingan sifat Akustik komposit polimer (serat e-glass dan justus 157) dan kayu sebagai bahan musik rindik gandrung Bali

Pemb I : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.

Pemb II : Ir. Rines, M T.

NO	NIM	Nama	Tanda Tangan	
1	995214027	Y. HARJO BUDI.		
2	015214085	Eduardus		
3	005214112	Felix Sigit. P		
4	005214111	Hery Sasongko		
5	005214086	Franciscus Didi T		
6	005214080	R. J. Ronaldo		
7	015214086	Franciskus Ipran		
8	025214019	Matthaus Danang Nugraha		
9				
10				
11				
12				
13				



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 883968, 886530; Fax. (0274) 886529; Email : teknik@staff.usd.ac.id

Lanjutan : Cokardo Gde Putra Pelayun

N I M : 995214065

NO	NIM	Nama	Tanda Tangan	
14	98524028	Gedra md Yogi M		
15	995214038	Harry Antonius		
16	005214048	Julius Triano H		
17	005214123	LAMBERTUS .SUGIARTO. MALI		
18	005214082	Hardi		
19	035214017	PUTU ADI NUGRAHA J.		
20	995214015	Leonard Buis		
21	995214103	Rendra Kumara Eko W		
22	995214043	Aji wijayarto		
23	995214060	Hari Nur Isradi		
24	025214018	Aloysius Eko Ary C.P		
25	025214035	YONO YUNONO		
26	99 - 150	Danang		
27	00 - 111	Dharma K. Putra		
28	99 - 008	Pinas Wibowo		
29	00 - 113	HERRY SUSANTO		
30				

MOTTO

Melalui budaya dihadirkan kebajikan, menjauhkan kejahatan. Budaya mengembangkan kebajikan dan meniadakan kejahatan. Dalam budaya dikembangkan ilmu pengetahuan serta metodologi yang tepat untuk hal tersebut

*Visvam devasavitam
Durlabam prasava
Yad badram tan-ha it meva*

"Ya Tuhan, Yang Maha Esa yang ada di mana-mana semuanya, semoga Engkau menjauhkan kami dari semua kejahatan dan berkahilah kami kebajikan yang bermanfaat bagi kami"

Yajurveda XXX 30-3

PERSEMBAHAN

***TUGAS AKHIR INI KU PERSEMBAHKAN KEPADA ORANG YANG SANGAT
KU CINTAI. AYAHNDA, IBUNDA DAN ADIKKU SERTA TEMAN HIDUPKU.***

TERIMA KASIH ATAS DOA DAN DUKUNGANNYA SELAMA PENULISAN

TUGAS AKHIR INI TERSELESAIKAN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dihadapan Hyang Widhi Wasa (Tuhan Yang Maha Esa) yang telah melimpahkan rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak atas bantuan, bimbingan dan nasehat-nasehat yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada :

1. Romo Dr. Ir. P. Wiryono P., S.J., sebagai Rektor Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg Heliarko, S.J., SS., B.ST., M.M., M.Sc., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., sebagai Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Ir. Viktor Malau, DEA., sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan banyak memberikan masukan-masukan yang sangat berarti bagi penulis untuk menyelesaikan tulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Rines, M.T., sebagai dosen pembimbing tugas akhir dan Kepala Laboratorium Teknologi Mekanik, Jurusan Teknik Mesin di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, yang telah membimbing dan banyak memberikan arahan serta saran-saran dan masukan-masukan yang sangat berarti bagi penulis untuk menyelesaikan tulisan Tugas Akhir ini.
6. Bapak I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T., sebagai Kepala Laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
7. Bapak Martono, Bapak Roni dan Bapak Intan, sebagai Laboran Ilmu Logam dan Laboran Teknologi Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Para Staf Dosen dan Pegawai, Laboratorium Getaran dan Akustik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta, yang telah membantu dalam saran dan pelaksanaan penelitian.
9. Bapak I Nyoman Cau Arsana, S.Sn.,M.Hum., Bapak I Wayan Senen, S.Sn., M.Hum., selaku Staf Dosen di Institut Seni Indonesia Yogyakarta, yang selama ini membantu untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Kedua orang tuaku Cokorda Agung Suhita dan Cokorda Istri Setiari Pelayun, adikku Cokorda Istri Putri Darmayanti, serta Gusti Ayu Prita Aristhi yang sangat penulis cintai dan senantiasa selalu memberikan dukungan moral dan materi serta semangat untuk maju, dan terima kasih atas doa, kesabarannya, sehingga akhirnya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-temanku, I Gede Darmadi, Lius Hille, Eli Darmawan, terima kasih atas saran-sarannya. I Kadek Suarnawa, I Gede Sudarma, I Gede Yobi Negara, Agus Mahendra, I Gede Sinarbawa, I Ketut Adi, Putu Tias, Made Adi Sutrisna, terima kasih atas dukungannya.
12. Dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Meskipun penulis telah berupaya untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya, penulis sangat menyadari akan keterbatasan yang penulis miliki sehingga penulisan tugas akhir ini belum mencapai sempurna, dengan kerendahan hati penulis mohon maaf. Sehingga penulis senantiasa mengharapkan komentar dan saran untuk membangun agar tulisan ini lebih sempurna lagi.

Yogyakarta, 2006

Cokorda Gde Putra Pelayun

INTISARI

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui sifat akustik komposit polimer dengan serat E glass dan resin justus 157 dan sifat akustik kayu bengkirai, meliputi modulus elastisitas Young dinamis spesifik melalui pengujian getaran bebas-bebas. Kayu bengkirai ini diselidiki secara ilmiah untuk sebuah instrumen musik Rindik Gandrung Bali dan komposit polimer ini diselidiki sifat akustiknya dengan menggunakan spesimen matrik dan spesimen komposit dengan fraksi berat serat 3%, 5% dan 7%, sehingga sedapat mungkin untuk mendekati nilai dari sifat akustik kayu bengkirai.

Hasil yang diperoleh kemudian untuk dibandingkan antara komposit polimer dan kayu bengkirai yang telah diakui sangat baik digunakan untuk instrumen musik Rindik Gandrung Bali.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai frekuensi alami rata-rata berkisar 500 Hz untuk kayu bengkirai dan nilai rata-rata berkisar 200 Hz untuk matrik dan komposit polimer.

Kemudian hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik, memperlihatkan nilai rata-ratanya, 18,2 GPa untuk kayu bengkirai dan 2,8 GPa untuk matrik justus 157. Sedangkan 3 GPa untuk komposit dengan fraksi berat serat 3%, 3,3 GPa untuk komposit dengan fraksi berat serat 5% dan 3,9 GPa untuk komposit dengan fraksi berat serat 7 %. Ini berarti, kualitas akustik komposit polimer kurang baik, sehingga bahan komposit polimer ini belum dapat menggantikan bahan kayu bengkirai sebagai bahan alat musik Rindik Gandrung Bali. Kemungkinan jenis bahan komposit polimer lainnya dapat mendekati nilai akustik dari bahan kayu bengkirai.

ABSTRACT

This research to intend composite acoustic characteristic polymer with fiber E glass and resin Justus 157, and bengkirai wood acoustic characteristic, to cover specific dynamic young's modulus by using a vibration method. This bengkirai wood investigate according to scientific, an Balinese music instrument Rindik Gandrung, and this polymer composite investigate its characteristic with matrix, and weight fraction fiber 3%, 5%, and 7%, close from bengkirai wood acoustic characteristic.

Then this out put for comparing between polymer composite and bengkirai wood have been tested for Balinese music instrument.

In the calculation out put that bengkirai wood acoustic quantity better than polymer composite. The natural frequency, the bengkirai wood it's about 500 Hz, matrix and polymer composite it's about 200 Hz.

The calculation of specific dynamic young's modulus, bengkirai wood acoustic quantity better then composite, for bengkirai wood average 18.2 GPa and matrix 2.8 GPa. And then for polymer composite weight fraction fiber 3% rate 3 GPa 5% rate 3.3 GPa and composite weight fraction fiber 7% rate 3.9 GPa. It mean the acoustic quantity from polymer composite is not good, so this bengkirai wood material can't changed with polymer composite for Balinese music instrument material, maybe the other one a have close acoustic rate from bengkirai wood material.



DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN REVISI	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN SOAL	vii
HALAMAN BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR	viii
HALAMAN MOTTO	xiii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xiv
KATA PENGANTAR	xv
INTISARI	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR LAMBANG	xxii
DAFTAR GAMBAR	xxiv
DAFTAR TABEL	xxvi
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	5
1.3 Metode Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
BAB II : DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Rapat Massa dan Berat Jenis.....	10
2.3 Menentukan Modulus Elastisitas Young Dinamis Spesifik.....	12
2.4 Komposit Polimer	13
2.4.1 Teknologi dan Klasifikasi Bahan Komposit	15
2.4.2 Komponen Bahan Komposit.....	16
2.4.3 Phase Penguat	18

2.4.3.1	Fiber (serat)	19
2.4.3.2	Matrik	25
2.4.3.3	Katalis	33
2.5	Fraksi Berat Serat	33
2.5.1	Orientasi Serat	35
2.5.2	Jenis Serat	35
2.5.3	Faktor Matrik	36
2.6	Kayu	37
2.6.1	Sifat Fisik Kayu	38
2.6.2	Sifat Mekanik Kayu	41
2.6.3	Macam Penggunaan Kayu	44
 BAB III : JALANNYA PENELITIAN		
3.1	Bahan Spesimen serta Tata Cara Pembuatannya	51
3.2	Gambar Diagram Alir	52
3.3	Prosedur Pembuatan Spesimen Kayu	53
3.3.1	Bentuk dan Ukuran Spesimen Kayu	55
3.3.2	Komposisi Pembuatan Spesimen Kayu	56
3.4	Komposisi Pembuatan Spesimen Matrik dan Komposit Polimer	57
3.4.1	Alat-alat yang digunakan untuk Proses Pembuatan Komposit	59
3.4.2	Gambar Cetakan	61
3.4.3	Langkah-langkah Pencetakan Spesimen Komposit	63
3.5	Alat-alat Uji dan Tata Cara Pengujian	66
 BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Perhitungan Modulus Elastisitas Young Dinamis Spesifik ...	69
4.2	Pengujian Metode Getaran Bebas-bebas	69
4.2.1	Pengujian Getaran Bebas-bebas Spesimen Kayu Bengkirai, Matrik Jus Tus 157 dan Komposit Polimer dengan Fraksi Berat Serat 3%, 5%, 7%	70

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	80

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

b	:	ukuran lebar.
E	:	modulus elastisitas Young.
E/γ	:	modulus elastisitas Young dinamis spesifik.
f_n	:	frekuensi alami dalam Hz.
h	:	ukuran tebal.
I	:	momen inersia.
L	:	ukuran panjang.
m	:	massa.
MEYDS	:	modulus elastisitas Young dinamis spesifik.
V	:	volume.
V_f	:	volume fiber.
V_m	:	volume matrik.
W_f	:	fraksi berat serat.
W_m	:	fraksi berat matrik
β	:	konstanta sebarang.
γ	:	specific gravity (sp. gr.).
π	:	3,14159.
ϕ	:	sudut fasa.
ω	:	frekuensi eksitasi anguler.
ω_n	:	frekuensi alami anguler.

- ρ : rapat massa.
- ρ_c : massa jenis komposit.
- ρ_f : massa jenis fiber.
- ρ_m : massa jenis matrik

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Instrumen musik Rindik Gandrung Bali	2
Gambar 2.1	Diagram klasifikasi komposit serat	17
Gambar 2.2	Orientasi fiber	19
Gambar 2.3	Proses pembuatan fiber glass	23
Gambar 2.4	Serat E glass jenis roving yard / met Taiwan	26
Gambar 3.1	Serat E glass roving yard / met Taiwan	52
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian untuk komposit polimer dan kayu	53
Gambar 3.3	Mesin amplas	55
Gambar 3.4	Bentuk dan ukuran spesimen kayu	55
Gambar 3.5	Cetakan komposit dan matrik justus 157	62
Gambar 3.6	Tutup cetakan komposit dan matrik	63
Gambar 3.7	Ukuran spesimen matrik justus 157	65
Gambar 3.8	Ukuran spesimen komposit polimer	66
Gambar 3.9	Akselerometer (0,65 gram)	67
Gambar 3.10	Charge amplifier	67
Gambar 3.11	Four signal analyzer	67
Gambar 3.12	Alat gantung spesimen	67
Gambar 3.13	Set - up alat ukur frekuensi alami	67
Gambar 3.14	Susunan alat-alat pengujian frekuensi alami	68
Gambar 4.1	Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) spesimen kayu bengkirai	72
Gambar 4.2	Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) spesimen matrik justus 157	73
Gambar 4.3	Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk komposit dengan fraksi berat serat 3%	74
Gambar 4.4	Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) dengan fraksi berat serat 5%	75

- Gambar 4.5 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) dengan fraksi berat serat 7% 76
- Gambar 4.6 Nilai rata-rata hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk matrik justus 157, komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5%, 7%, dan kayu bengkirai. 76

DAFTAR TABEL

	Hal	
Tabel 2.1	Sifat-sifat akustik kayu yang digunakan untuk pelat atas dan belakang gitar hasil penelitian Yano dkk 1997	9
Tabel 2.2	Kombinasi dua komponen yang dapat dilakukan pada komposit	20
Tabel 2.3	Karakteristik dan sifat-sifat dari beberapa matrik, serat dan logam	27
Tabel 2.4	Sifat-sifat beberapa bahan teknik manufaktur	29
Tabel 2.5	Sifat-sifat beberapa bahan fiber	29
Tabel 3.1	Data spesimen kayu bengkirai yang terukur	56
Tabel 3.2	Data spesimen matrik justus 157 yang terukur	58
Tabel 3.3	Data spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 3% terukur	58
Tabel 3.4	Data spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 5% terukur	58
Tabel 3.5	Data spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 7% terukur	59
Tabel 4.1	Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen kayu bengkirai	71
Tabel 4.2	Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen matrik justus 157	72
Tabel 4.3	Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%	73
Tabel 4.4	Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 5%	74
Tabel 4.5	Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 7%	75
Tabel L1	Nilai $(\beta_n L)$, $(\beta_n L)^2$ dan ω_n / ω_1 untuk balok bebas-bebas	81

BAB I

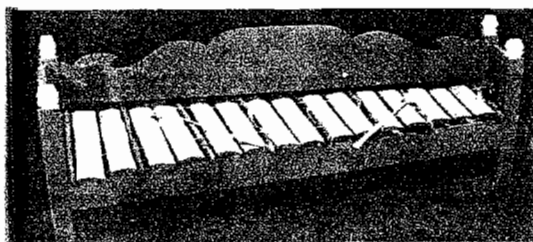
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya, bahan untuk sebuah alat musik, khususnya instrumen musik tradisional Bali adalah bahan-bahan logam. Disamping bahan-bahan logam, masih ada bahan lainnya, yaitu kayu.

Sejak dahulu dan sampai saat ini kayu banyak sekali dipakai untuk bahan bangunan, dan beberapa jenis kayu dipakai untuk bahan alat musik. Pada umumnya jenis kayu Indonesia, yang digunakan sebagai bahan instrumen musik tradisional Bali adalah jenis kayu bengkirai (*shorea leavifolia endert*). Sehingga menurut para pengerajin instrumen musik di Bali, kayu jenis inilah yang diperkirakan memiliki sifat-sifat akustik yang baik.

Jenis instrumen musik di Bali sangat beragam, salah satunya adalah Rindik Gandrung. Instrumen musik Rindik Gandrung adalah sebuah instrumen musik tradisional Bali yang digunakan untuk mengiringi tarian Gandrung. Kalau di Jawa Tengah, instrumen musik Rindik Gandrung ini bentuknya seperti instrumen musik Gambang, hanya saja bahannya berbeda. Adapun bahan-bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan instrumen musik Rindik Gandrung Bali adalah bambu dan kayu. Bahan kayu yang sering digunakan oleh para pengerajin alat musik di Bali seperti kayu bengkirai, kamper dan enau. Kualitas ketiga jenis kayu tersebut cukup baik untuk dijadikan sebagai bahan instrumen musik Rindik Gandrung Bali. Untuk lebih jelasnya Instrumen musik Rindik Gandrung Bali ini diperlihatkan oleh Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Instrumen musik Rindik Gandrung

Instrumen musik Rindik Gandrung Bali ini memiliki bilahan kayu berupa balok berjumlah 15 bilahan balok. Dari ke-15 bilahan balok ini mempunyai perbedaan nada "do" rendah sampai "do" tinggi.

Adapun proses pembuatan alat musik ini, antara lain :

- a. Bahan yang digunakan adalah kayu bengkirai (*shorea leavifolia endert*). Kayu ini sudah berbentuk lembaran papan.
- b. Membutuhkan 20 lembaran papan kayu untuk membuat sebuah instrumen musik Rindik Gandrung Bali.
- c. Kemudian kayu tersebut dipotong dengan panjang 60 cm, lebar 6-8 cm, dan tebal kira-kira 2 cm.
- d. Kayu yang sudah dipotong dikeringkan secara alami.
- e. Setelah di keringkan, barulah mencari nada dan suara dengan cara memotong bilahan kayu, dipotong kira-kira 25-30 cm untuk bilahan balok kayu yang paling kecil atau bilahan balok yang ke 15. Tujuannya untuk mencari nada tinggi. Kemudian membuat kembali bilahan balok kayu untuk mengetahui nada rendah atau bilahan balok yang pertama dengan cara mencoba dengan panjang kayu semula, yaitu 60 cm yang sudah kering.

- f. Setelah pemotongan selesai, bilahan balok kayu yang pertama sampai bilahan balok kayu yang ke-14 mula-mula ukurannya sama, yaitu 60 cm. Dan bilahan balok kayu yang ke-15 ukurannya 25-30 cm karena bilahan balok kayu yang ke-15 yang paling pendek.
- g. Kemudian bilahan balok kayu tadi dijejerkan dari nomer 1 sampai 15, diukur menggunakan benang, dari ujung bilahan nomer 1 sampai ujung bilahan nomer 15, dan diberi garis.
- h. Kemudian mencari nada 'do-re-mi-fa-sol-la-si-do-si-la-sol-fa-mi-re-do', rendah sampai tinggi.
- i. Untuk menggantungkan bilahan balok kayu, bilahan balok kayu tersebut dilubangi panjangnya masing-masing kayu dibagi 4, lebar kayu dibagi 2 dan digantung menggunakan tali pancing.
- j. Kemudian di-set kembali apakah nadanya berubah. Kalau tidak berubah, berarti set yang pertama benar. Kalau berubah, set yang kedua dicari lagi panjang dan tebalnya.

Demikianlah sekilas mengenai instrumen musik Rindik Gandrung Bali, sebagai ilustrasi dalam penelitian yang penulis lakukan.

Kemajuan teknologi saat ini berkembang sangat pesat, bahan-bahan modern pun sering kita jumpai, seperti komposit polimer. Komposit didefinisikan sebagai penggabungan dua bahan atau lebih unsur pokok yang mempunyai sifat yang berbeda ke dalam satu bentuk material. Penggunaan komposit polimer secara luas sudah banyak kita temui dalam kehidupan sehari-hari, misalnya : pipa, bak ornamen, mainan anak, meja, kursi, helm, penerbangan dan lain-lain. Selain itu, bahan

komposit merupakan konstruksi terpenting pada pesawat terbang terutama karena sifatnya yang kuat, kaku, ringan dan tahan korosi.

Komposit polimer merupakan sejumlah sistem *multi fase* sifat gabungan, yaitu gabungan antara bahan *matriks* atau pengikat dan *reinforcement* atau bahan penguat. Dalam berbagai aplikasi komposit terbukti efektif pada penggunaannya sebagai bahan teknik.

Bagaimana bila bahan komposit polimer ini diaplikasikan sebagai bahan alat musik, khususnya instrumen musik Rindik Gandrung Bali. Tentunya bahan komposit polimer ini perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai sifat-sifat akustik dengan cara membandingkan bahan-bahan yang sering digunakan sebagai instrumen musik Rindik Gandrung Bali yaitu kayu.

Permasalahan-permasalahan yang dihadapi penulis dalam melakukan eksperimen tentang sifat-sifat akustik ini, seperti :

- a. Pembuatan komposit kayu memerlukan alat atau kerja mesin yang sempurna agar benda ujinya tidak mudah cacat.
- b. Pembuatan komposit polimer pembuatannya menggunakan metode *Hand Lay Up*, prosesnya relatif lama dan sangat rumit.
- c. Bahan polimer yang dibeli tidak banyak dijual secara umum.
- d. Buku mengenai teori akustik khususnya komposit polimer yang membahas mengenai akustik jarang ditemukan karena bahan ini termasuk baru digunakan dalam kehidupan masyarakat.

Dalam hal ini, penulis ingin mengetahui seberapa besar kualitas akustik dari bahan komposit polimer dan bahan dari kayu melalui pengujian.

1.2. Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan pada frekuensi alami ragam pertama, untuk menentukan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) kayu bengkirai (*shorea leavifolia endert*) dan komposit polimer dengan serat *Roving Yard/met Taiwan E-glass*, matrik resin Justus 157, dan katalis berupa *mepoxe*.

1.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang penulis lakukan pada kedua bahan ini, yaitu metode getaran bebas-bebas (ke dua ujungnya bebas). Pengujian metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*) ini bertujuan untuk mengetahui frekuensi alami ragam pertama.

Adapun metode penelitian untuk pengukuran frekuensi alami ini adalah :

1. Tampilan analyzer diatur sehingga memunculkan grafik hubungan frekuensi dan simpangan.
2. Setiap spesimen yang akan diujikan diukur dan dicatat dimensi dan massanya.
3. Spesimen dipasang pada penggantung dengan kedua ujungnya diikat menggunakan kawat yang terhubung dengan karet halus.
4. Selanjutnya akselerator kecil yang beratnya 0,65 gr ditempelkan di bagian atas tengah spesimen, kemudian spesimen digetarkan dengan cara memukul dengan pukulan kecil di bagian atas spesimen dengan menggunakan palu lunak kecil.

5. Pengukuran frekuensi alami untuk setiap spesimen diulang sebanyak tiga kali pukulan dengan letak variasi yang berbeda.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

Untuk menentukan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) spesimen kayu bengkirai, matrik dan komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5% dan 7% dengan mengukur frekuensi alami ragam pertama spesimen kayu bengkirai, matrik dan spesimen komposit polimer melalui pengujian getaran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Hampir semua bahan teknik memiliki sifat-sifat elastisitas (*elasticity*). Apabila gaya luar menghasilkan perubahan bentuk (*deformation*) tidak melebihi batas tertentu, maka perubahan bentuk hilang sesudah gaya dilepas. Benda yang mengalami kerja gaya luar benar-benar elastis sempurna (*perfectly elastic*), yaitu benda kembali ke bentuk semula secara utuh sesudah gaya dilepas. Struktur atom tidak ditinjau. Zat dari benda elastis dianggap homogen dan terbagi merata di seluruh volumenya sehingga meskipun suatu elemen kecil dipotong dari benda, elemen tersebut masih memiliki sifat fisik tertentu yang sama seperti benda itu sendiri. Untuk menyederhanakan pembahasan, maka sebagian besar benda isotropik (*isotropic*), sifat elastisnya dianggap sama ke semua arah.

Sistem teknik mengandung massa dan elastisitas yang mampu bergerak secara relatif. Apabila gerakan sistem seperti itu berulang sendiri dalam interval waktu tertentu, maka gerakan itu dikenal sebagai getaran (*vibration*). Pada umumnya, getaran merupakan bentuk energi sisa, khususnya hal ini karena getaran menimbulkan bunyi dan memindahkan gaya atau gerak. Kemudian persamaan gerakan (*equation of motion*), menyatakan perpindahan sebagai fungsi waktu atau akan memberikan jarak kedudukan massa sesaat selama gerakannya dan kedudukan kesetimbangannya. Kemudian dari persamaan gerakan diperoleh sifat penting sistem getaran, yaitu frekuensi pribadi (*natural frequency*). Frekuensi pribadi adalah

frekuensi sistem yang mempunyai getaran bebas tanpa gesekan, sedangkan frekuensi pribadi teredam (*damped natural frequency*) adalah frekuensi sistem yang memiliki getaran bebas dengan gesekan.

Kualitas bunyi yang dihasilkan sebuah instrumen musik sangat tergantung dari sifat-sifat akustik bahan yang digunakan sehingga sangatlah perlu memilih bahan dan jenis-jenis yang paling baik. Modulus elastisitas Young dinamis spesifik yang tinggi dan faktor redaman yang rendah merupakan syarat yang harus dimiliki oleh bahan-bahan yang digunakan untuk instrumen musik.

Penelitian mengenai sifat-sifat getaran dari bahan kayu yang digunakan sebagai bahan instrumen musik telah dilakukan oleh Yano, dkk, 1997. Dalam penelitiannya mengenai sifat-sifat akustik kayu yang digunakan untuk berbagai instrumen musik, telah mengklarifikasikan mekanisme dalam menentukan sifat-sifat akustik kayu, menemukan perlakuan kimia efektif dalam memperbaiki sifat-sifat akustik kayu, serta berhasil mengubah sifat-sifat akustik dari kayu *Japanese cedar* sehingga dapat digunakan sebagai pengganti *Brazilian rosewood* yang diakui sebagai bahan terbaik untuk pelat belakang gitar. Hiroyuki Yano dkk telah mendata dan mendaftarkan pula sifat-sifat akustik dari empat jenis kayu (*Brazilian rosewood, Indian rosewood, German spruce dan Western red cedar*) yang telah diakui sebagai bahan-bahan terbaik untuk pelat belakang dan depan gitar. Data dari sifat-sifat akustik dari empat jenis kayu diperlihatkan oleh Tabel 2.1. Sifat-sifat akustik yang dinyatakan sebagai parameter adalah *specific gravity*, modulus elastisitas Young dinamis spesifik dan faktor redaman baik dalam arah longitudinal maupun arah transversal kayu.

Tabel 2.1 Sifat-sifat akustik kayu yang digunakan untuk pelat atas dan belakang hasil penelitian Yano dkk. (merupakan nilai rata-rata. Tikalas L dan CL masing-masing menunjukkan arah longitudinal dan arah transversal) (Yano, dkk, 1997)

Jenis kayu	γ	E_L / γ (GPa)	E_{CL} / γ (GPa)	$\tan \delta_L$ ($\times 10^{-3}$)	$\tan \delta_{CL}$ ($\times 10^{-2}$)
Brazilian rosewood <Dalbelgia nigra>	0,864	18,1	2,32	5,83	1,47
Indian rosewood <Dalbelgia latifolia>	0,775	17,4	3	7,37	1,46
German spruce <Picea abies>	0,426	26,0	1,78	6,86	1,80
Western red cedar <Thuja plicata>	0,354	20,7	1,79	4,84	1,04

Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) merupakan salah satu sifat akustik bahan dan merupakan perbandingan antara modulus elastisitas Young dan berat spesifik bahan E/γ (Yano, dkk, 1997). Besaran-besaran ini dapat ditentukan dengan menerapkan prinsip-prinsip getaran. Parameter-parameter yang sangat mempengaruhi frekuensi-frekuensi alami adalah modulus elastisitas Young dan berat spesifik bahan. Besaran ini dapat dibuktikan secara teoritis berkaitan erat dengan frekuensi-frekuensi alami. (Sumber : Rines, MEDIA TEKNIKA, 2003:13).

Untuk balok seragam (*uniform*) ragam utama getaran, tiap partikel benda melakukan gerak harmonik sederhana pada frekuensi yang sesuai dengan akar tertentu persamaan frekuensi. Setiap partikel melewati kedudukan setimbangya masing-masing secara bersama-sama atau simultan. Jika kurva elastik benda yang menyebabkan gerak dimulai berhimpit dengan salah satu ragam utama, maka hanya ragam utama yang akan dihasilkan. Tetapi kurva elastik yang dihasilkan oleh suatu pukulan atau hilangnya gaya-gaya secara tiba-tiba jarang bertepatan dengan ragam utama, sehingga semua ragam dirangsang. Namun dalam banyak hal, suatu ragam

utama tertentu dapat dirangsang oleh keadaan awal yang tepat. Sehingga persamaan frekuensi alami ragam ke n dapat dituliskan :

$$\omega_n = (\beta_n L)^2 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} \quad (2.1)$$

Frekuensi natural dari balok bebas-bebas adalah sama dengan pada balok jepit-jepit. Sehingga nilai $(\beta_n L)$ terkecil = 4,7300 dan nilai $(\beta_n L)^2 = 22,3733$. Maka persamaan (2.1) diatas dapat dituliskan :

$$\omega_n = 4,7300^2 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} = 22,3733 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} \quad (2.2)$$

Fungsi karakteristik $\phi_n(x)$ dan frekuensi ragam normal ω_n tergantung dari syarat batas dan telah ditabulasikan oleh Young dan Felgar. Suatu ringkasan singkat dari karya tersebut disajikan dalam bentuk tabel, dan diperlihatkan oleh Tabel L1 pada lampiran.

2.2. Rapat Massa dan Berat Jenis

Fluida adalah zat yang bisa mengalir, yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Tahanan fluida pada perubahan bentuk sangat kecil, sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruangan. Fluida dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zat cair dan gas.

Zat cair dan gas mempunyai sifat-sifat serupa, yang terpenting adalah sebagai berikut :

- 1) Kedua zat ini tidak melawan perubahan bentuk
- 2) Kedua zat ini tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser, yaitu gaya yang bekerja sejajar pada permukaan lapisan-lapisan zat cair atau gas yang

mencoba untuk menggeser lapisan-lapisan tersebut antara satu terhadap yang lain. Oleh karena itu apabila ada sentuhan sedikit saja dua lapisan yang saling berdampingan akan bergerak antara satu terhadap lainnya.

Sedangkan perbedaan utama antara zat cair dan gas adalah :

- 1) Zat cair mempunyai permukaan bebas dan massa zat cair hanya akan mengisi volume yang diperlukan dalam suatu ruangan, sedangkan gas tidak mempunyai permukaan bebas dan massanya akan mengisi seluruh ruangan.
- 2) Zat cair merupakan zat yang praktis tak termampatkan, sedangkan gas adalah zat yang bisa dimampatkan.

Perilaku zat cair terutama air banyak dipelajari dalam bidang teknik. Zat cair mempunyai beberapa sifat, diantaranya :

- 1) Apabila ruangan lebih besar dari volume zat cair, akan terbentuk permukaan bebas horizontal.
- 2) Mempunyai rapat massa dan berat jenis.
- 3) Dapat dianggap tidak termampatkan.
- 4) Mempunyai viskositas.
- 5) Mempunyai kohesi, adhesi dan tegangan permukaan.

Di dalam sifat-sifat tersebut yang terpenting adalah rapat massa dan berat jenis.

Rapat massa ρ (rho) didefinisikan sebagai massa zat cair tiap satuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dengan (m) adalah massa menempati volume (V). Dalam satuan SI apabila massa diberikan dalam kilogram (kg), maka rapat massa adalah dalam kilogram per

meter kubik (kg/m^3). Rapat massa air adalah 1000 kg/m^3 . Berat jenis γ (*gamma*), adalah berat benda tiap satuan volume. Perubahan rapat massa dan berat jenis zat cair sangat kecil, dalam prakteknya perubahan tersebut diabaikan.

2.3. Menentukan Modulus Elastisitas Young Dinamis Spesifik (MEYDS)

Dalam penelitian ini, jika berat jenis bahan balok dinyatakan γ (*specific gravity*), lebar balok yang dinyatakan dengan b (m), tebal balok dengan h (m), maka massa per satuan panjang balok dapat dituliskan :

$$m = 1000 \gamma b h \quad (\text{kg/m}) \quad (2.3)$$

dan momen inersia luasan penampang balok dapat dituliskan :

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{m}^4) \quad (2.4)$$

kemudian dari persamaan (2.2) di atas, yaitu :

$$\omega_n = 4,7300^2 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}} = 22,3733 \sqrt{\frac{EI}{mL^4}}$$

Dan dengan mensubstitusikan persamaan (2.3) dan (2.4) ke dalam persamaan (2.2), maka diperoleh :

$$\omega_{n1} = 22,3733 \sqrt{\frac{h^2}{12000L^4} \frac{E}{\gamma}} \quad (\text{rad}) \quad (2.5)$$

atau

$$\frac{E}{\gamma} = 23,9737 \left[\frac{L^2}{h} \omega_{n1} \right]^2 \quad (\text{N/ m}^2) \text{ atau (Pa)} \quad (2.6)$$

Dalam persamaan (2.6) ini E/γ dinyatakan sebagai modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) (Yano, dkk, 1997). Dalam penelitian ini merupakan salah

satu parameter yang di cari untuk setiap benda uji komposit polimer dan benda uji kayu. Frekuensi alami dalam melakukan pengujian diperlihatkan dalam satuan Hz dan bila dinyatakan f_{n1} , maka persamaan (2.6) di atas dapat dituliskan menjadi :

$$\frac{E}{\gamma} = 23,9737 \left[\frac{L^2}{h} \omega_{n1} \right]^2 \quad (\text{N/ m}^2) \text{ atau (Pa)} \quad (2.7)$$

atau

$$\frac{E}{\gamma} = 946,412 \left[\frac{L^2}{h} f_{n1} \right]^2 \quad (\text{N/ m}^2) \text{ atau (Pa)} \quad (2.8)$$

2.4. Komposit Polimer

Definisi komposit

Komposit didefinisikan sebagai penggabungan dua macam bahan atau lebih yang memiliki fase berbeda. Penggabungan ini dimaksudkan untuk mendapatkan bahan komposit dengan sifat lebih baik dari material penyusunnya. Berdasarkan definisi tersebut pada skala mikro, logam (termasuk logam paduan), polimer dan keramik pada umumnya dapat dikategorikan sebagai komposit. Dan pada skala makro, *glass-fiber-reinforced plastic* merupakan bahan komposit dimana komponen-komponen penyusunnya berupa serat glass (*glass fiber*) dan bahan plastik (*polymer*) dapat dibedakan satu sama lainnya dengan mata telanjang.

Pada komposit bisa terjadi reaksi antar komponen penyusunnya sehingga terbentuk fase ketiga yang memiliki sifat berbeda dari fase pertama maupun fase kedua. Pada komposit dikenal istilah matrik (fase pertama) dan penguat /

reinforcement (fase kedua). Fase pertama (matrik) berfungsi sebagai pengikat, sedang fase kedua berfungsi untuk memberi penguatan pada komposit.

Beberapa hal yang dapat dicatat dengan komposit ini, antara lain:

- a. Komposit dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, dapat memberi kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi bahkan dapat beberapa kali lipat dibandingkan dengan baja atau aluminium. Sifat-sifat seperti ini sangat diharapkan dalam perancangan suatu pesawat udara atau alat-alat olah raga.
- b. Sifat-sifat fatik (*fatigue*) umumnya lebih baik dari logam biasa dan juga ketangguhan (*toughness*) yang baik.
- c. Komposit dapat dirancang sedemikian rupa sehingga terhindar dari korosi, hal ini sangat menguntungkan pada pemakaian sebagai elemen-elemen tertentu pada kendaraan bermotor.
- d. Daya hantar thermal dan listrik dapat diatur.
- e. Daya redam bunyi yang baik.
- f. Bahan komposit dapat memberi penampilan dan kehalusan permukaan lebih baik.

Disamping keunggulan-keunggulan di atas, bahan-bahan komposit memiliki kelemahan-kelemahan antara lain:

- a. Sifat-sifatnya *anisotropic*, yaitu sifat-sifat bahan berbeda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya, tergantung pada arah pengukuran yang dilakukan.
- b. Banyak bahan komposit (umumnya bahan komposit polimer) tidak aman terhadap serangan zat-zat kimia atau larutan tertentu.

- c. Harga bahan komposit relatif mahal.
- d. Proses pembuatan / pembentukan komposit relatif lama dan rumit.
- e. Bereaksinya material karena pengaruh suhu / keadaan yang lembab.

2.4.1. Teknologi dan Klasifikasi Bahan Komposit

Seperti disebutkan di atas bahwa komposit merupakan penggabungan dari bahan-bahan dengan phase berbeda. Istilah phase dalam konteks ini memberi pengertian bahan tersebut adalah homogen, seperti logam atau keramik dimana semua butiran mempunyai struktur kristal yang sama. Dengan menggabungkan beberapa phase berbeda akan tercipta suatu bahan dengan unjuk kerja (*performance*) yang dapat lebih baik dari phase-phase awal sebagai penyusunnya. Efek seperti ini disebut *synergistic*.

Bahan komposit dapat dibedakan sebagai :

- a. Komposit tradisional : kayu, beton (campuran semen + pasir + agregat), aspal dengan agregat.
- b. Komposit sintetis : Bahan sintetis adalah bahan modern yang diproduksi dengan industri manufaktur, dimana komponen-komponennya diproduksi secara terpisah, kemudian digabungkan dengan teknik tertentu agar diperoleh struktur, sifat dan geometri yang diinginkan.

Untuk konstruksi ringan perlu dipakai material yang bersifat kuat, kaku dan ringan. Material yang banyak dipakai pada konstruksi pesawat terbang adalah paduan aluminium (*aluminium alloy*). Material komposit yang mula-mula dipakai pada pesawat terbang adalah :

- a. GRP atau GFRP (*glass fiber reinforced plastic*), yaitu plastik yang diperkuat dengan serat gelas yang umumnya disebut *fiberglass*. Idenya adalah bahwa gaya atau beban didukung oleh serat *glass* yang kuat dan kaku, sedangkan plastiknya mentransfer (meneruskan) gaya dari satu serat ke serat lainnya. Material komposit yang *advanced* dikembangkan setelah GRP, yaitu dengan serat penguat :
- a. Alumunium paduan.
 - b. *Carbon fiber* atau *Graphite fiber*.
 - c. *Aramide fiber* atau *Kevlar, Glass*, dll.

Plastik yang banyak dipakai sebagai matriknya ialah :

- a. *Epoxy*.
- b. *Phenolic*.

2.4.2. Komponen Bahan Komposit

Bila kita mengambil sebuah bahan komposit yang terdiri dari dua phase saja yaitu phase pertama dan phase kedua. Phase pertama berupa matrik, sedangkan phase kedua berupa penguat (*reinforcing agent*) yang terdapat atau disisipkan ke dalam phase pertama. Phase kedua ini disebut *reinforcing agent* karena dia berfungsi untuk memperkuat bahan komposit secara keseluruhan.

Phase reinforcing ini dapat berbentuk :

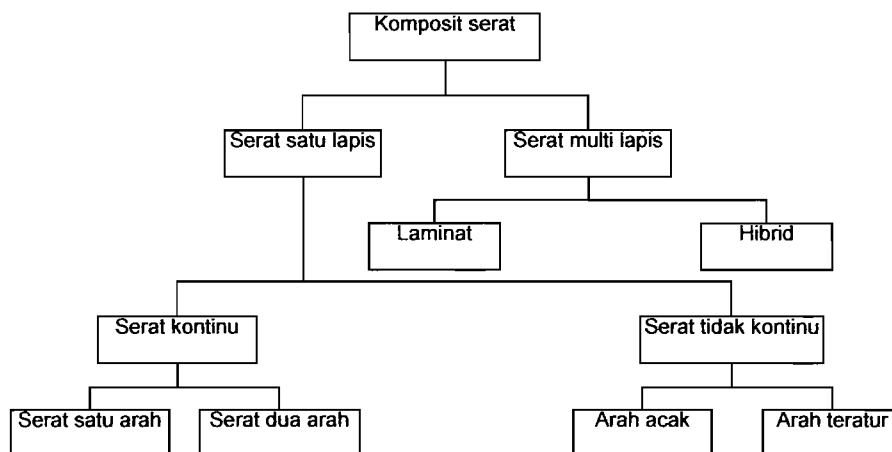
1. *Fiber* (serat).
2. *Partikel*.
3. *flake*.

Phase *reinforcing* tidak larut dengan matriknya (phase petama), tetapi memiliki gaya *adhesif* cukup kuat dengan matrik.

Matrik bahan komposit dapat berupa :

1. Logam.
2. Keramik.
3. Polimer.

Bahan komposit serat dapat diklasifikasikan kedalam berbagai jenis tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Klasifikasi bahan komposit serat diperlihatkan oleh Skema Gambar 2.1. Secara garis besar, bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (*continuous*) dan serat tidak kontinu (*discontinue*).



Gambar 2.1. Diagram klasifikasi komposit serat

(Bambang Kismono Hadi, 2000 : 3)

Ukuran penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya-gaya luar. Semakin panjang ukuran serat, semakin efisien pula dalam menahan

gaya dalam arah serat. Serat yang panjang tersebut juga menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antar serat dan matrik. Karenanya bahan komposit serat kontinu sangat kuat dan liat (*tough*) dibandingkan dengan komposit serat tidak kontinu.

Selain bahan serat, komposit juga tidak terlepas dari bahan matrik. Matrik juga berguna juga untuk meneruskan gaya dari satu serat ke serat lainnya dengan menggunakan mekanisme tegangan geser.

Klasifikasi bahan komposit yang didasarkan pada phase matrik adalah :

1. Komposit matrik logam (*metal matrix composite, MMC*) : Berisi campuran logam dan keramik seperti karbida *wolfram WC*.
2. Komposit matrik keramik (*ceramic matrik composite, CMC*) : Oksida alumunium, karbida silikon dan *fiber* dapat digunakan sebagai *reinforcing agents* untuk meningkatkan sifat-sifatnya, khususnya pada pemakaian suhu tinggi.
3. Komposit matrik polimer (*polymer matrix composite, PMC*) : Matriknya dapat berupa resin *thermosetting epoxy* dengan *reinforcing agent* berupa *fiber*, poliester dengan *fiber*, *phenolic* dengan serbuk kayu, *thermoplastic* dengan serbuk dan grafit.

2.4.3. Phase Penguat

Pada suatu bahan komposit perlu dimengerti bahwa phase kedua berfungsi untuk memperkuat (*reinforce*) phase pertama. Phase kedua ini dapat berupa: *fiber*,

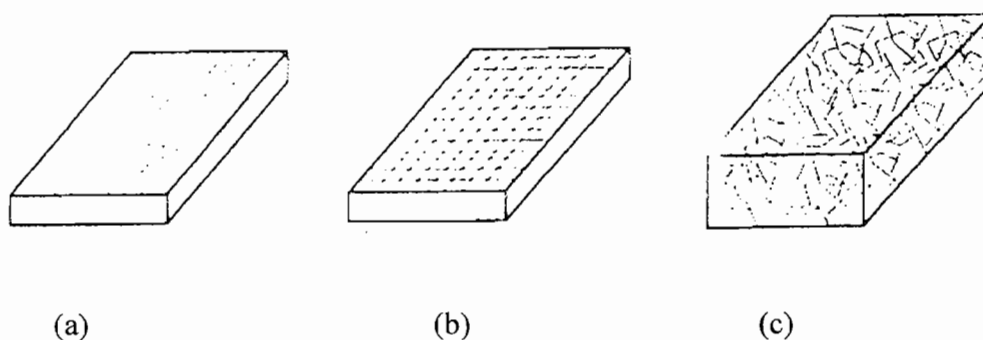
patikel dan *flake*. Tabel 2.2 memperlihatkan beberapa phase *reinforcing* terhadap matrik tertentu.

2.4.3.1. Fiber (Serat)

Fiber merupakan filamen dari bahan *reinforcing*. Penampangnya dapat berbentuk bulat, segitiga atau heksagonal. Diameter *fiber*, tergantung pada bahannya, dapat bervariasi dari 0,0025 mm sampai 0,13 mm.

Fiber yang digunakan dalam suatu komposit dapat kontinu. *Fiber* tidak kontinu biasanya mempunyai panjang *fiber* sekitar 100 kali diameter *fiber* ($L/D = 100$). Salah satu contoh *fiber* tidak kontinu adalah *whiskers* yang menyerupai rambut (halus) dengan diameter sekitar 0,001 mm dan memiliki kekuatan amat tinggi.

Sudut *orientasi fiber* juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan dan kekakuan komposit. Gambar 2.2 memperlihatkan gambar *orientasi fiber*.



Gambar 2.2 Orientasi fiber (a) Fiber kontinu satu arah, (b) Fiber kontinu dua arah, (c) Fiber tidak kontinu

(Diktat komposit, Bahan Komposit, halaman 4)

Tabel 2.2 Kombinasi dua komponen yang dapat dilakukan pada komposit

Primary Phase, matrik

Secondary phase, Reinforcement	Metal	Ceramic	Polimer	
	(MMC)	(CMC)	(PMP)	
	Metal	Kawat berpenguat baja	Alat-alat potong	Plastik berpenguat Whisker tembaga
	Ceramic	Fiber reinforced metal (carbide sementit)	SiC Whisker reinforced Al ₂ O ₃	Fiber reinforced plastics
Polimer	NA	NA	Kevlar reinforced epoxy	

Beberapa bahan *fiber* yang banyak digunakan adalah :

(1) **Glass** : Serat *glass* merupakan bahan yang paling banyak digunakan pada komposit polimer. Serat ini paling murah dari serat lainnya. Serat *glass* merupakan material anorganik sintetik yang digunakan sebagai salah satu bahan penguat dalam penggunaan komposit. Serat *glass* mempunyai kekuatan tinggi, harga yang rendah, tidak mudah terbakar, isolator listrik yang baik dan mempunyai sifat anti korosi, hal ini menyebabkan material ini aplikatif dalam penggunaan *polymer* matrik komposit.

Serat *glass* diproduksi dengan melebur bahan dasar berupa pasir silika, batu kapur dan bahan tambahan seperti alumunium hidroksida, natrium karbonat dan *borax* dalam sebuah dapur listrik dengan suhu yang sangat tinggi, kemudian material yang sudah melebur dibentuk menjadi filamen-filamen. Istilah *fiberglass*

dimaksudkan sebagai *glass-fiber reinforced plastic (GFRP)*. Dua buah *glass fibers* yang umum ditemukan di pasaran adalah :

a. Serat glass E (*electrical glass*) :

E-glass umumnya digunakan sebagai serat kontinyu.

E-glass terdiri dari :

- a. SiO_2 (52-56 %)
- b. Al_2O_3 (12-16 %)
- c. CaO (16-25 %)
- d. B_2O_3 (8-13 %)

b. Serat glass S (*high strength glass*):

S-glass terdiri dari :

- a. SiO_2 (65 %)
- b. Al_2O_3 (25 %)
- c. MgO (10 %)

c. Serat glass D :

Serat *glass D* banyak digunakan pada aplikasi elektronika karena mempunyai konstanta dielektrik yang rendah.

d. Serat glass A :

Serat *glass A* mempunyai kandungan alkali yang tinggi. Material ini tidak banyak dipakai dalam proses produksi sebagai *reinforcement agent*.

e. Serat glass C :

Serat *C-glass* memiliki kandungan alkali yang tinggi dan boron sehingga mudah meleleh dan tahan korosi. Jenis ini sangat cocok untuk membuat tenunan *fiberglass*,

larutan yang digunakan untuk membuat bahan lantai PVC, campuran aspal, separator baterai, bagian terluar (pembungkus) pipa, dll. Selain itu dapat juga digunakan untuk produksi tenunan *fiberglass* dalam bentuk mikro dan dalam bentuk wol.

Istilah *fiberglass* dimaksudkan sebagai *glass reinforced plastic* (GFRP). *Glass-fibers plastic composite materials* mempunyai beberapa sifat antara lain :

- a. Kekuatan spesifik relatif tinggi.
- b. Dimensi cukup stabil.
- c. Tahan panas, dingin, udara dan korosi.
- d. Isolasi listrik yang baik.
- e. Proses manufaktur relatif mudah dan harganya murah.

Pembuatan dan proses manufaktur *fiber* menggunakan metode-metode seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.3.

(2) Carbon :

Karbon dapat dibuat menjadi *fiber* dengan modulus elastis tinggi. Disamping kekakuannya yang tinggi, karbon memiliki kerapatan dan koefisien dilatasi rendah. *Fiber-C (C-fibers)* merupakan kombinasi antara grafit dengan karbon *amorphous*. Sebagai matrik digunakan polimer seperti *epoxy* dan komposit ini mempunyai beberapa karakteristik seperti :

- a. Ringan
- b. Kekuatan sangat tinggi

relatif mahal dan hal ini menyebabkan penggunaan komposit serat karbon jarang diaplikasikan dalam banyak industri seperti industri *otomotif*.

Serat karbon dibuat dari *polyacrylonitrile* (PAN) dan *pitch* (*precursors*).

Secara umum proses produksi serat karbon melalui 3 tahap yaitu :

- a. *Stabilization*
- b. *Carbonization*
- c. *Graphitization*

Pada tahap *stabilization*, serat PAN pertama kali direntang dan dibuat paralel antara satu serat dengan serat lainnya. Kemudian serat ini dipanaskan pada suhu 200 - 220 °C dalam keadaan terentang. Tahap kedua dimaksudkan untuk menaikkan kekuatan serat dengan cara *carbonization* pada suhu 1000-1500 °C. Dalam proses ini PAN yang telah stabil pada tahap pertama mendapat pemanasan lagi sehingga kandungan O₂, H₂ dan N₂ dapat eliminir. Tahap ketiga yang disebut *graphitization* pada suhu 1800°C bertujuan untuk meningkatkan modulus elastis serat. Pada *graphitization* ini akan dihasilkan orientasi kristal yang diinginkan. Serat karbon yang diproduksi dari PAN ini mempunyai diameter serat 7-10 μm, kerapatan 2,1 g/cm³.

(3) Aramid : Serat Aramid merupakan nama umum dari serat *aromatic polyamide*. Serat ini diperdagangkan pertama kali oleh Du Pont (1972) dengan merk dagang Kevlar. Saat ini dikenal dua macam Kevlar : Kevlar 29 dan 49. Serat Kevlar (terutama Kevlar 49) mempunyai *high performance* karena :

- a. bobot ringan
- b. kekuatan dan kekakuan tinggi



c. tahan fatik

Kevlar banyak digunakan pada industri *aerospace*, *marine*, *otomotif* dll.

(4) **Boron** : Boron memiliki modulus elastis amat tinggi, tetapi bahan ini mahal sehingga pemakaiannya dibatasi pada komponen peralatan *aerospace*.

(5) **Kevlar 49** : Bahan ini terutama digunakan sebagai *fiber* untuk polimer. Kerapatannya rendah dan memberi kekuatan spesifik (*strength to weight*) terbesar untuk semua *fiber* yang ada.

(6) **Ceramics** : Karbide silikon (SiC) dan oksida aluminium (Al_2O_3) merupakan *fiber* utama yang sering dijumpai pada keramik. Kedua bahan ini mempunyai modulus elastis tinggi dan dapat digunakan untuk menguatkan logam-logam dengan kerapatan dan modulus elastis rendah seperti aluminium dan magnesium.

(7) **Logam** : Filamen baja (kontinyu atau tidak kontinyu) sering digunakan sebagai *fiber* dalam plastik.

Ada tiga jenis serat sintetis yang lazim digunakan pada komposit polimer :

- a. Serat *Glass*
- b. Serat *Carbon*
- c. Serat *Aramid*

(8) **E -Glass Fibers** : Contoh serat *E - glass* yang berupa serat lurus (*met roving yard*), serat ini biasanya digunakan untuk pembuatan gagang pancing. Gambar 2.4 memperlihatkan serat *E glass* jenis *Roving Yard / met Taiwan*.

2.4.3.2. Matrik

Fungsi dari matrik untuk serat penguat pada komposit adalah untuk :

- (1) Mengikat serat-serat dalam sebuah unit struktur
- (2) Mendistribusikan tegangan antara serat
- (3) Membuat rintangan dari lingkungan yang merugikan
- (4) Untuk melindungi permukaan serat dari rusak *eksternal*
- (5) Menyumbangkan beberapa sifat yang diperlukan, seperti :
keuletan, ketangguhan dan insulasi listrik

matrik memainkan peranan yang kecil dalam kaitannya dengan tegangan tarik tetapi mempunyai peranan dalam kapasitas struktur komposit. Bagaimana pun pemilihan matrik menjadi faktor yang utama dalam regangan pada lapisan dalam komposit maupun pada lapisan luar komposit untuk menentukan *properti* dari komposit. Regangan pada lapisan sangat penting dalam rancangan struktur komposit dalam kaitannya dengan muatan tegangan bengkok, sedangkan tegangan pada lapisan atas penting untuk memperhitungkan muatan torsi. Matrik juga menjaga serat agar tidak menekuk akibat dari gaya tekan dan juga kerusakan. Tabel 2.3 memperlihatkan karakteristik dan sifat-sifat dari beberapa matrik, serat dan logam



Gambar 2.4 Serat *E glass* jenis *roving yard / met Taiwan*.

Tabel 2.3 Karakteristik dan sifat-sifat dari beberapa matrik, serat dan logam

Material	Density ρ , g/cm ³ (lb/in ³)	Modulus E_L , GPa (Msi)	Poisson's Ratio ν_L	Strength σ_L^u , MPa (ksi)	Specific Stiffness (E/ρ) (E/ρ) _{Al}	Specific Strength (σ^u/ρ) (σ^u/ρ) _{Al}	Thermal Expansion Coefficient α_L , $\mu/^\circ\text{C}$ ($\mu/^\circ\text{F}$)
METALS							
Steel	7.8 (0.284)	200 (29)	0.32	1724 (250)	1.0	1.2	12.8 (7.1)
Aluminum	2.7 (0.097)	69 (10)	0.33	483 (70)	1.0	1.0	23.4 (13.0)
Titanium	4.5 (0.163)	91 (13.2)	0.36	758 (110)	0.95	1.2	8.8 (4.9)
FIBERS (Axial Properties)							
AS4	1.80 (0.065)	235 (34)	0.20	3599 (522)	5.1	11.1	-0.8 (-0.44)
T300	1.76 (0.064)	231 (33)	0.20	3654 (530)	5.1	11.5	-0.5 (-0.3)
P100S	2.15 (0.078)	724 (105)	0.20	2199 (319)	13.2	5.5	-1.4 (-0.78)
IM8	1.8 (0.065)	310 (45)	0.20	5171 (750)	6.7	16.1	--
Boron	2.6 (0.094)	385 (55.8)	0.21	3799 (551)	5.8	8.3	8.3 (4.6)
Kevlar 49	1.44 (0.052)	124 (18)	0.34	3620 (525)	3.6	13.9	-2.0 (-1.1)
SCS-6	3.3 (0.119)	400 (58.0)	0.25	3496 (507)	5.1	6.1	5.0 (2.77)
Nicalon	2.55 (0.092)	180 (28)	0.25	2000 (290)	2.8	4.4	4.0 (2.2)
Alumina	3.95 (0.143)	379 (55)	0.25	1585 (230)	3.7	1.9	7.5 (4.2)
S-2 Glass	2.46 (0.090)	86.8 (12.6)	0.23	4585 (665)	1.4	10.4	1.6 (0.9)
E-Glass	2.58 (0.093)	69 (10.0)	0.22	3450 (500)	1.05	7.5	5.4 (3.0)
Sapphire	3.97 (0.143)	435 (63)	0.28	3600 (522)	4.5	5.1	8.8 (4.9)
MATRIX MATERIALS							
Epoxy	1.38 (0.050)	4.6 (0.67)	0.36	58.6 (8.5)	0.08	0.4	63 (35)
Polyimide	1.46 (0.053)	3.5 (0.5)	0.35	103 (15)	0.03	0.4	36 (20)
Copper	8.9 (0.32)	117 (17)	0.33	400 (58)	0.5	0.3	17 (9.4)
Silicon carbide	3.2 (0.116)	400 (58)	0.25	310 (45)	4.9	0.5	4.8 (2.67)

(Mechanics of Fibrous Composite, halaman 7)

Klasifikasi bahan komposit yang didasarkan pada phase matrik adalah :

1. **Komposit matrik polimer** (*polymer matrix composite, PMC*) : Komposit menggunakan polimer sebagai matrik dan *reinforcing agent* dapat berupa : *fiber, partikel dan flake*. Matriknya dapat berupa *resin thermosetting epoxy* dan *polyester* dengan *reinforcing agent* berupa *fiber. Phenolic* dengan serbuk kayu. *Thermoplastic* dengan serbuk dan bahan *elastomer* dengan grafit. Dalam perdagangan dikenal tiga kategori komposit sintetik :

1. *Plastic molding compound*
2. *Rubber reinforced* dengan karbon hitam
3. *Fiber reinforced polymer (FRP)*

Fiber-reinforced Polymer : Polimer yang digunakan dapat berupa *plastik thermosetting (unsaturated polyester atau epoxy)* dan *polimer thermoplastic (nilon, polycarbonate, polystyrene, polyvinyl chloride)*. Komposit ini banyak digunakan pada ban (*tire*) dan ban berjalan (*belt conveyor*). Sebagai *fiber* dapat dipilih : *glass*, karbon, kevlar 49. Komposit ini mempunyai kandungan *fiber* cukup besar (50% volume) dan memiliki tegangan dan modulus elastis tinggi. Bila dua atau lebih bahan fiber dikombinasikan dalam komposit FRP, maka disebut komposit *hybrid*. Dibandingkan dengan komposit *konvensional* atau FRP lainnya, maka komposit *hybrid* ini mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih baik, ketangguhan (*toughness*) dan tahanan terhadap beban kejut (*impact*) meningkat dan lebih ringan. Komposit *hybrid* ini banyak digunakan pada aplikasi *aerospace*.

Sejumlah keuntungan bahan teknik *Fiber-reinforced plastics* adalah :

1. Tegangan spesifik (*ratio strength to weight*) cukup tinggi.
2. Modulus spesifik (*ratio modulus to weight*) cukup tinggi.
3. Kerapatan rendah.
4. Memiliki tegangan fatik yang baik (*good fatigue strength*).
5. Memiliki tahanan korosi yang baik (*good corrosion resistance*).
6. Koefisien dilatasi rendah sehingga mempunyai stabilitas ukuran yang baik.
7. Sifat-sifat anisotrop-nya signifikan.

Beberapa sifat – sifat bahan teknik manufaktur diperlihatkan oleh Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat-sifat beberapa bahan teknik manufaktur

Bahan	SG (Specific gravity)	TS (Tensile Strength) MPa	E (Elastic modulus) GPa	Index	
				TS/SG	E/SG
Baja lunak	7,87	345	207	1,0	1,0
Baja paduan (dengan perlakuan panas)	7,87	3450	207	10,0	1,0
Aluminium paduan (dengan perlakuan panas)	2,70	415	69	3,5	1,0
FRP (fiberglass dalam poliester)	1,50	205	69	3,1	1,7
FRP (karbon dalam epoxy)	1,55	1500	140	22,3	3,4
FRP (karbon dalam epoxy)	1,65	1200	214	16,7	4,9
FRP (kevlar dalam epoxy)	1,40	1380	76	22,5	2,1

(Diktat komposit, Bahan komposit, halaman 11)

Penggunaan terbesar FRP (*fiber reinforced polymer*) adalah :

- (1) Industri *aerospace*.
- (2) Industri pesawat terbang : *helicopter, Boeing 757*.

(3) Industri *automotif*: *Chevrolet Corvette, Pontiac Fiero*.

(4) Alat-alat olahraga : Raket tenis dan *badminton, stik golf*, alat *sky* dan roda sepeda.

Matrik polimer adalah yang paling luas penggunaannya.

Polimer dibedakan dalam :

a. Thermoset :

Resin ini banyak digunakan pada industri komposit karena sifat reaktif. Resin ini akan memadat bila dipanaskan pada tekanan tertentu dan tidak dapat dilelehkan kembali atau dicetak kembali. Resin dapat bercampur dengan *fiber* menjadi bentuk yang kompleks dan mempunyai kekuatan yang tinggi (*high strenght*), *high stiffness* karena membentuk jaringan *crosslinked* pada part yang sudah *curred*. Contoh dari resin *thermoset* yaitu resin *polyester* atau *epoxy*.

Karakteristik Resin *Thermoset* :

1. Tidak mengalami perubahan kimia saat *curing*.
2. Proses *Irreversible*.
3. *Viscositas curing* lebih lama.
4. waktu *curing* lama.
5. *Tacky prepreg*.

Resin yang dipakai pada pembuatan komposit pada penelitian ini yaitu resin *polyester*. Sebagai contoh resin Justus 157.

b. Thermoplastic :

Resin ini akan melunak bila dipanaskan dan menjadi keras bila didinginkan. Resin *thermoplastic* pada industri pesawat terbang banyak digunakan pada bagian *interior* dan komponen *structural*. *Thermoplastic* resin mempunyai *services*

temperature yang tinggi, yaitu 250 F sampai 400 F tergantung pada sistem, temperatur leleh resin tinggi dan *temperature* proses yang tinggi. *Thermoplastic* mempunyai karakteristik (*high performance*) saat ini sedang dikembangkan untuk industri pesawat terbang. Contoh matrik polimer ini yaitu *polymide, polysulfone, nilon, polycarbonat, polystyrene, polyvinyl chloride*.

Karakteristik Resin Thermoplastik :

1. Tidak bereaksi, tidak diperlukan *curing*.
2. Proses *reversible*.
3. *Viscositas* tinggi
4. Waktu proses dapat pendek

Kemampuan suatu resin pada komposit sangat kompleks karena harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Memberikan *shear ridity* antara *fiber* dan *plie*.
2. Memberikan *strenght* dan *stiffnes* pada daerah tegak lurus terhadap *filter*.
3. Mendistribusikan beban diantara *fiber*.
4. Dengan *fiber* mampu menahan beban *tensile, compressive bending* dan *shear*.

Resin juga berfungsi sebagai media pelindung untuk mengatasi *fiber abration* dan *moisture penetration*. Sebagai tambahan resin juga harus mampu *deformasi* karena konsentrasi regangan akibat modulus yang tinggi dari penguat (*reinforcement*) dan modulus yang rendah dari resin.

Berada pada *uncurend prepreg* atau sebelum dicampur biasanya dalam tahap ini. Resin yang akan digunakan pada kompresi harus bersifat *compatible* dengan *fiber*-nya dan harus bersifat memperkuat sifat mekanik serta mudah ditangani.

Sifat material komposit sangat dipengaruhi oleh komposisi dari *matriks* resin yang mengikat *fiber*, karena *formulasi* resin yang dipilih akan menentukan siklus *curing* dan akan mempengaruhi sifat-sifat seperti *creep*, *compressive shear strenght*, *thermal resistance*, *moisture sensivity* dan *ultraviolet sensivity*.

Beberapa keuntungan dari resin *thermoplastic* dibandingkan dengan resin *thermoset* :

1. Sifat *thoughness* dan *impact* lebih baik.
2. Lebih tahan terhadap panas dan senyawa kimia.
3. Pada keadaan lembab lebih tahan.
4. Tidak perlu disimpan pada *refrigerator*.
5. Bersifat *reversible*.
6. Biaya pembuatan lebih rendah.
7. Mudah dioperasikan.

Pengertian resin dibagi menjadi 3, yaitu :

A. Stage Resin

Yaitu tahap mula-mula pada reaksi polimerisasi resin *thermosetting* dimana material resin tersebut masih dapat larut dan dapat bercampur dengan cairan tertentu. Pada tahap ini resin kadang-kadang disebut *resol*.

B. Stage Resin

Merupakan tahapan pada reaksi resin polimerisasi resin *thermostting*, dimana material resin akan mengembang (*swollen*) apabila ada kontak dengan cairan tertentu dan melunak ketika dipanaskan, tetapi tidak seluruhnya larut atau bercampur. Pada tahap ini kadang-kadang disebut *resitol*. Resin yang berada pada *uncured prepreg* atau sebelum dicampur biasanya ada dalam tahap ini.

C. Stage Resin

Merupakan tahap akhir pada tahap polimerisasi resin *thermosetting* tertentu, dimana material resin relatif tidak larut dan tidak dapat mencair lagi. Tahap ini resin kadang disebut *resit*.

2.4.3.3. Katalis

Bahan sebagai pemicu (*initiator*) yang berfungsi untuk memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur ruang adalah katalis. Kelebihan katalis akan menimbulkan panas saat *curing* dan hal ini bisa merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses *curing* dalam pembuatan FRP berasal dari *organic peroxide* seperti *methyl ethyl ketone peroxide* dan *Acetyl acetone peroxide*. Dapat disimpulkan bahwa bila campuran katalis sedikit *fiber* akan lebih kuat dibandingkan dengan campuran katalis lebih banyak.

2.5. Fraksi Berat Serat

Komponen penyusun bahan komposit mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit. Besar pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit dapat ditinjau dari seberapa banyak komponen tersebut terdapat dalam bahan komposit. Dalam analisis sifat mekanik bahan komposit persamaan-persamaan yang digunakan menggunakan komponen fraksi volume, namun dalam kenyataannya pengukuran yang dilakukan berdasarkan fraksi berat. Fraksi volume merupakan ratio antara volume komponen penyusun dengan dengan volume total komposit. Dengan

mengetahui besar massa jenis total komposit dan komponen penyusunnya maka fraksi volume serat akan dapat diketahui.

Fraksi massa serat dalam komposit merupakan parameter penting dalam mengatur sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Pada umumnya besar fraksi massa bahan komposit berkisar antara 20% sampai 65%. Terdapat beberapa macam cara untuk mengetahui besarnya fraksi massa komposit, salah satunya adalah dengan menimbang bobot total komposit dan komponen-komponen penyusunnya untuk menghitung massa jenisnya.

Pada bahan komposit jumlah fraksi massa komponen penyusunnya harus sama dengan satu, dengan mengasumsikan tidak adanya *void* :

$$W_f + W_m = 1$$

dengan $W_f =$ fraksi berat serat

$$W_m = \text{Fraksi berat matrik}$$

massa jenis total komposit merupakan gabungan dari massa jenis komponen penyusunnya

dengan : $\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m$

$$\rho_c = \text{Massa jenis komposit}$$

$$\rho_f = \text{Massa jenis fiber}$$

$$\rho_m = \text{Massa jenis matrik}$$

$$V_f = \text{Volume fiber} ; V_m = \text{Volume matrik}$$

2.5.1. Orientasi Serat

Orientasi serat dapat menentukan kekuatan suatu bahan komposit, secara umum penyusunan serat pada komposit dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. **Unidirectional** : serat disusun secara paralel satu sama lain, sehingga didapat kekakuan dan kekuatan optimal pada arah serat. Sedangkan kekuatan paling kecil terjadi pada arah tegak lurus serat.
- b. **Bidirectional** : serat disusun secara tegak lurus satu sama lain (*ortogonal*). Pada susunan ini kekuatan tertinggi terdapat pada arah pemasangan serat.
- c. **Pseudoisotropic** : penyusunan serat dilakukan secara acak, sifat dan susunan ini adalah *isotropic* yaitu kekuatan pada satu titik pengujian mempunyai kekuatan yang sama.

Sifat mekanik dan pemasangan satu arah ini adalah jenis yang paling proporsional, karena pada pemasangan satu arah serat ini dapat memberikan kontribusi pemakaian serat paling banyak. Hal tersebut disebabkan karena pemasangan serat yang semakin acak kontribusi serat yang dipasang akan semakin sedikit (fraksi masa kecil) mengakibatkan kekuatan komposit menurun.

2.5.2. Jenis Serat

Berdasarkan ukuran panjang serat menjadi serat kontinyu (*continuous*). Secara teori serat panjang akan lebih efektif dalam hal transmisi beban dibandingkan dengan serat pendek. Namun hal tersebut sulit diwujudkan dalam praktek, mengingat faktor manufaktur yang tidak memungkinkan dihasilkan kekuatan optimum pada seluruh

panjang *fiber* dan pada pembuatan – pembuatan bahan komposit, karena pada pemakaian serat panjang terjadi ketimpangan pada penerimaan beban antara serat, sebagian serat mengalami tegangan sedangkan yang lain dalam posisi bebas dalam tegangan. Berdasarkan bentuk, serat penguat mempunyai penampang lingkaran dan bentuk lain misalnya bujur sangkar. Kekuatan serat juga dapat dilihat dari diameter serat, yang semakin kecil maka penambahan kekuatan semakin cepat sebaliknya penambahan diameter akan mengakibatkan kekuatan berkurang.

2.5.3. Faktor Matrik

Fungsi dari matrik adalah :

- a. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus tinggi.
- b. Sebagai pengikat fase serat pada posisinya, pada proses pembuatan bahan komposit yang diperkuat serat dan diikat oleh matrik, matrik harus mempunyai sifat adhesi yang baik terhadap serat untuk menghasilkan struktur komposit yang sempurna karena hal ini berhubungan erat dengan transfer beban. Jika matrik mempunyai sifat adhesi yang kurang baik maka *transfer* beban tidak sempurna dan menyebabkan kegagalan berupa lepasnya ikatan antara matrik dengan serat (*debonding failure*). Secara garis besar kualitas matrik ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kemampuan membasahi serat, banyak tidaknya rongga atau *void* saat dituang.

- c. Melindungi permukaan serat penguat dari abrasi yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik.

2.6. Kayu

Kayu merupakan salah satu kekayaan alam yang dimiliki Indonesia. Keanekaragaman jenis kayu di Indonesia sebagian besar digunakan untuk konstruksi bangunan. Beberapa jenis kayu yang ada di Indonesia, antara lain kayu Jati, kayu Waru, kayu Ebony, kayu Bedaru, kayu Tempiris, kayu Lara, kayu Sonokeling, kayu Bengkirai, dan masih banyak jenis kayu yang lainnya. Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian, memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Sifat-sifat ini penting sekali dalam industri pengolahan kayu, sebab dari pengetahuan sifat tersebut tidak saja dapat dipilih jenis kayu yang tepat serta macam penggunaan yang memungkinkan, akan tetapi juga dapat dipilih kemungkinan penggantian oleh jenis kayu lainnya apabila jenis yang bersangkutan sulit didapat secara kontinyu atau terlalu mahal. Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda. Dari sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua jenis kayu, yaitu :

- a. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa (karbohidrat) serta lignin (non karbohidrat).

- b. Semua kayu bersifat *anisotropik*, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, radial dan tangensial).
- c. Kayu merupakan bahan yang bersifat *higroskopis*, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya.
- d. Kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit dan dapat terbakar terutama dalam keadaan kering.

2.6.1. Sifat Fisik Kayu

- a. Berat dan berat jenis

Berat suatu kayu tergantung dari jumlah zat kayu, rongga sel, kadar air dan zat ekstraktif didalamnya. Berat suatu jenis kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya. Kayu mempunyai berat jenis yang berbeda-beda, berkisar antara berat jenis minimum 0,2 (kayu balsa) sampai berat jenis 1,28 (kayu nani). Umumnya makin tinggi berat jenis kayu, kayu semakin berat dan semakin kuat pula.

- b. Keawetan

Keawetan adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, bubuk, dan lain-lain. Keawetan kayu tersebut disebabkan adanya zat ekstraktif di dalam kayu

yang merupakan unsur racun bagi perusak kayu. Zat ekstraktif tersebut terbentuk pada saat kayu gubal berubah menjadi kayu teras sehingga pada umumnya kayu teras lebih awet dari kayu gubal.

c. Warna

Kayu yang beraneka warna macamnya disebabkan oleh zat pengisi warna dalam kayu yang berbeda-beda.

d. Tekstur

Tekstur adalah ukuran relatif sel-sel kayu. Berdasarkan teksturnya, kayu digolongkan kedalam kayu bertekstur halus (contoh: giam, kulim, dan lain-lain), kayu bertekstur sedang (contoh: jati, sonokeling, dan lain-lain) dan kayu bertekstur kasar (contoh: kempas, meranti, dan lain-lain).

e. Arah serat

Arah serat adalah arah umum sel-sel kayu terhadap sumbu batang pohon. Arah serat dapat dibedakan menjadi serat lurus, serat berpadu, serat berombak, serta terpilin dan serat diagonal (serat miring).

f. Kesan raba

Kesan raba adalah kesan yang diperoleh pada saat meraba permukaan kayu (kasar, halus, licin, dingin, berminyak, dan lain-lain). Kesan raba tiap jenis kayu berbeda-beda tergantung dari tekstur kayu, kadar air, kadar zat ekstraktif dalam kayu.

g. Bau dan rasa

Bau dan rasa kayu mudah hilang bila kayu lama tersimpan di udara terbuka. Beberapa jenis kayu mempunyai bau yang merangsang dan untuk menyatakan bau kayu tersebut, sering digunakan bau sesuatu benda yang umum dikenal misalnya bau bawang (kulim), bau zat penyamak (jati), bau kamper (kapur), dan sebagainya.

h. Nilai dekoratif

Gambar kayu tergantung dari pola penyebaran warna, arah serat, tekstur, dan pemunculan riap-riap tumbuh dalam pola-pola tertentu. Pola gambar ini yang membuat sesuatu jenis kayu mempunyai nilai dekoratif.

i. Higroskopis

Kayu mempunyai sifat dapat menyerap atau melepaskan air. Makin lembab udara disekitarnya makin tinggi pula kelembaban kayu sampai tercapai keseimbangan dengan lingkungannya. Dalam kondisi kelembaban kayu sama dengan kelembaban udara disekelilingnya disebut kandungan air keseimbangan ($EMC = equilibrium\ moisture\ content$).

j. Sifat kayu terhadap suara, yang terdiri dari :

- a. Sifat akustik, yaitu kemampuan untuk meneruskan suara berkaitan erat dengan elastisitas kayu.
- b. Sifat resonansi, yaitu turut bergetarnya kayu akibat adanya gelombang suara. Kualitas nada yang dikeluarkan kayu sangat baik, sehingga kayu

banyak dipakai untuk bahan pembuatan alat musik (kulintang, biola, gitar dan lain-lain)

k. Daya hantar panas

Sifat daya hantar kayu sangat jelek sehingga kayu banyak digunakan untuk membuat barang-barang yang berhubungan langsung dengan sumber panas.

l. Daya hantar listrik

Pada umumnya kayu merupakan bahan hantar yang jelek untuk aliran listrik. Daya hantar listrik ini dipengaruhi oleh kadar air kayu. Pada kadar air 0 %, kayu akan menjadi bahan sekat listrik yang baik sekali, sebaliknya apabila kayu mengandung air maksimum (kayu basah), maka daya hantarnya boleh dikatakan sama dengan daya hantar air.

2.6.2. Sifat Mekanik Kayu

i. Keteguhan tarik

Keteguhan tarik adalah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan tarik, yaitu:

- a. Keteguhan tarik sejajar arah serat, dan
- b. Keteguhan tarik tegak lurus arah serat.

Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah keteguhan tarik sejajar arah serat. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil daripada kekuatan tarik sejajar arah serat.

ii. Keteguhan tekan / kompresi

Keteguhan tekan / kompresi adalah kekuatan kayu untuk menahan muatan / beban. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan tekan, yaitu :

- a. Keteguhan tekan sejajar arah serat, dan
- b. Keteguhan tekan tegak lurus arah serat.

Pada semua kayu, keteguhan tegak lurus serat lebih kecil daripada keteguhan kompresi sejajar arah serat.

iii. Keteguhan geser

Keteguhan geser adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian kayu tersebut turut bergeser dari bagian lain di dekatnya. Terdapat 3 (tiga) macam keteguhan yaitu :

- a. Keteguhan geser sejajar arah serat
- b. Keteguhan geser tegak lurus arah serat, dan
- c. Keteguhan geser miring

Keteguhan geser tegak lurus serat jauh lebih besar dari pada keteguhan geser sejajar arah serat.

iv. Keteguhan lengkung (lentur)

Keteguhan lengkung / lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan, yaitu :

- a. Keteguhan lengkung statik, yaitu kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara perlahan-lahan.
- b. Keteguhan lengkung pukul, yaitu kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara mendadak.

v.Kekakuan

Kekakuan adalah kemampuan kayu untuk menahan perubahan bentuk atau lengkungan. Kekakuan tersebut dinyatakan dalam modulus elastisitas.

vi.Keuletan

Keuletan adalah kemampuan kayu untuk menyerap sejumlah tenaga yang relatif besar atau tahan terhadap kejutan-kejutan atau tegangan-tegangan yang berulang-ulang yang melampaui batas proporsional serta mengakibatkan perubahan bentuk yang permanen dan kerusakan sebagian.

vii.Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya yang membuat takik atau lekukan atau kikisan (*abrasi*). Bersama-sama dengan keuletan,

kekerasan merupakan suatu ukuran tentang ketahanan terhadap pengausan kayu.

viii. Keteguhan belah

Keteguhan belah adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha membelah kayu. Sifat keteguhan belah yang rendah sangat baik dalam pembuatan sirap dan kayu bakar. Sebaliknya keteguhan belah yang tinggi sangat baik untuk pembuatan ukir-ukiran (patung). Pada umumnya kayu mudah dibelah sepanjang jari-jari (arah radial) dari pada arah *tangensial*.

Ukuran yang dipakai untuk menjabarkan sifat-sifat kekuatan kayu atau sifat mekaniknya dinyatakan dalam kg/cm². Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik kayu secara garis besar digolongkan menjadi dua kelompok :

- a. Faktor luar (*eksternal*) : pengawetan kayu, kelembaban lingkungan, pembebanan dan cacat yang disebabkan oleh jamur atau serangga perusak kayu.
- b. Faktor dalam kayu (*internal*) : berat jenis, cacat mata kayu, serat miring dan sebagainya.

2.6.3. Macam Penggunaan Kayu

Penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian tertentu tergantung dari sifat-sifat kayu yang bersangkutan dan persyaratan teknis yang diperlukan. Jenis-jenis

kayu yang mempunyai persyaratan untuk tujuan pemakaian tertentu antara lain dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Bangunan (konstruksi)

Persyaratan teknis : kuat, keras, berukuran besar dan mempunyai keawetan alam yang tinggi.

Jenis kayu : balau, bengkirai, belangeran, cengal, giam, jati, kapur, kempas, keruing, lara, rasamala.

2. Veneer biasa

Persyaratan teknis : kayu bulat berdiameter besar, bulat, bebas cacat dan beratnya sedang.

Jenis kayu : meranti merah, meranti putih, nyatoh, ramin, agathis, benuang.

3. Veneer mewah

Persyaratan teknis : disamping syarat di atas, kayu harus bernilai dekoratif.

Jenis kayu : jati, eboni, sonokeling, kuku, bongin, dahu, lasi, rengas, sungkai, weru, sonokembang.

4. Perkakas (mebel)

Persyaratan teknis : berat sedang, dimensi stabil, dekoratif, mudah dikerjakan, mudah dipaku, dibubut, disekrup, dilem dan dikerat.

Jenis kayu : jati, eboni, kuku, mahoni, meranti, rengas, sonokeling, sonokembang, ramin.

5. Lantai (*parket*)

Persyaratan teknis : keras, daya *abrasi* tinggi, tahan asam, mudah dipaku dan cukup kuat.

Jenis kayu : balau, bengkirai, belangeran, bintangur, bongin, bungur, jati, kuku.

6. Bantalan kereta api

Persyaratan teknis : kuat, keras, kaku, awet.

Jenis kayu : balau, bengkirai, belangeran, bedaru, belangeran, bintangur, kempas, ulin.

7. Alat olah raga

Persyaratan teknis : kuat, tidak mudah patah, ringan, tekstur halus, serat halus, serat lurus dan panjang, kaku, cukup awet.

Jenis kayu : agathis, bedaru, melur, merawan, nyatoh, salimuli, sonokeling, teraling.

8. Alat musik

Persyaratan teknis : tekstur halus, berserat lurus, tidak mudah belah, daya resonansi baik.

Jenis kayu : cempaka, merawan, nyatoh, jati, lasi, eboni.

9. Alat gambar

Persyaratan teknis : ringan, tekstur halus, warna bersih.

Jenis kayu : jelutung, melur, pulai, pinus.

10. Tong kayu (gentong)

Persyaratan teknis : tidak tembus cairan dan tidak mengeluarkan bau.

Jenis kayu : balau, bengkirai, jati, pasang.

11. Tiang listrik dan telepon

Persyaratan teknis : kuat menahan angin, ringan, cukup kuat, bentuk lurus.

Jenis kayu : balau, giam jati, kulim, lara, merbau, tembesu, ulin.

12. Patung dan ukiran kayu

Persyaratan teknis : serat lurus, keras, tekstur halus, liat, tidak mudah patah dan berwarna gelap.

Jenis kayu : jati, sonokeling, salimuli, melur, cempaka, eboni.

13. Korek api

Persyaratan teknis : sama dengan persyaratan *veneer*, cukup kuat (anak korek api), elastis dan tidak mudah pecah (kotak).

Jenis kayu : agathis, benuang, jambu, kemiri, sengon, perupuk, pulai, terentang, pinus.

14. Pensil

Persyaratan teknis : berat jenis sedang, mudah dikerat, tidak mudah bengkok, warna agak merah, berserat lurus.

Jenis kayu : agathis, jelutung, melur, pinus.

15. Moulding

Persyaratan teknis : ringan, serat lurus, tekstur halus, mudah dikerjakan, mudah dipaku. Warna terang, tanpa cacat, dekoratif.

Jenis kayu : jelutung, pulai ramin, meranti, dan lain-lain.

16. Perkapalan

Lunas

Persyaratan teknis : tidak mudah pecah, tahan binatang laut.

Jenis kayu : ulin, kapur.

Gading

Persyaratan teknis : kuat, liat, tidak mudah pecah, tahan binatang laut.

Jenis kayu : bengkirai, bungur, kapur.

Senta

Persyaratan teknis : kuat, liat, tidak mudah pecah, tahan binatang laut.

Jenis kayu : bengkirai, bungur, kapur.

Kulit

Persyaratan teknis : tidak mudah pecah, kuat, liat, tahan binatang laut.

Jenis kayu : bangkirai, bungur, meranti merah.

Bangunan dan dudukan mesin

Persyaratan teknis : ringan, kuat dan awet, tidak mudah pecah karena getaran mesin.

Jenis kayu : kapur, meranti merah, medang, ulin, bangkirai.

Pembungkus as baling-baling

Persyaratan teknis : liat, lunak sehingga tidak merusak logam.

Jenis kayu : nangka, bungur, sawo.

Popor senjata

Persyaratan teknis : ringan, liat, kuat, keras, dimensi stabil.

Jenis kayu : waru, salimuli, jati.

17. Arang (bahan bakar)

Persyaratan teknis : berat jenis tinggi.

Jenis kayu : bakau, kesambi, walikukun, cemara, gelam, gofasa, johar, kayu malas, nyirih, rasamala, puspa, simpur.

Pengenalan atas sifat-sifat fisik dan mekanik akan sangat membantu dalam menentukan jenis-jenis kayu untuk tujuan penggunaan penelitian akustik. Diharapkan dengan memahami sifat-sifat kayu dan jenis-jenis kayu untuk

penggunaan tertentu akan semakin mengurangi ketergantungan akan suatu jenis kayu tertentu saja sehingga pemanfaatan jenis-jenis kayu yang semula belum dimanfaatkan (jenis-jenis yang belum dikenal umum) akan semakin meningkat.

(Sumber : www.Google.com/Sifat-Sifat Kayu & Penggunaannya.htm)

Demikianlah sekilas definisi-definisi dari komposit *polymer* dan kayu, sehingga dalam penelitian tentang akustik ini. Untuk menentukan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (*MEYDS*) dapat diselesaikan oleh persamaan (2.8).

$$\frac{E}{\gamma} = 946,412 \left[\frac{L^2}{h} f_{n1} \right]^2 \quad (\text{N/ m}^2) \text{ atau } (\text{Pa})$$



BAB III

JALANNYA PENELITIAN

3.1. Bahan Spesimen Serta Tata Cara Pembuatannya

Sebagai variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kayu dan jenis komposit polimer. Jenis-jenis kayu yang dipilih masih terbatas pada jenis kayu yang sering digunakan oleh para pengerajin alat musik di Bali khususnya instrumen musik Rindik Gandrung. Kayu ini dianggap sudah layak di pakai untuk keperluan umum dan relatif mudah diperoleh di pasaran lokal, yaitu : jenis kayu bengkirai (*shorea leavifolia endert*). Bagian kayu yang diambil untuk penelitian ini adalah kayu teras (*heart wood*), karena bagian ini merupakan inti kayu yang kuat dan kokoh.

Jenis bahan untuk komposit polimer yang akan digunakan yakni :

a. **Resin**

Resin yang digunakan pada pembuatan material komposit ini adalah Justus 157. Resin ini banyak digunakan pada struktur komposit *glass fiber*. Sebelum pemakaian, resin ini sebaiknya ditaruh pada suhu kamar paling lama 24 jam.

b. **Serat**

Serat yang digunakan adalah serat *E-glass*, yaitu *roving yard / met Taiwan*. Dengan bentuk memanjang seperti tali, biasanya serat ini digunakan untuk bahan gagang pancing. Gambar 3.1 memperlihatkan bentuk serat *E glass Roving Yard Met Taiwan*.

c. Katalis

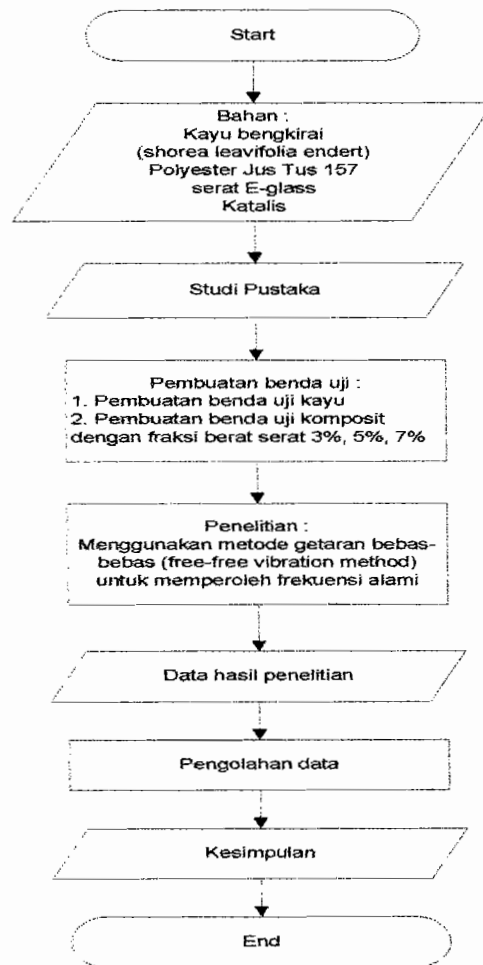
Fungsi dari katalis adalah untuk mempercepat proses *curing* (pengeringan) dari komposit yang telah dicetak. Namun, pemakaian katalis harus sesuai dengan komposisi tertentu. Jika pemakaiannya terlalu berlebihan, maka bahan biasanya akan bersifat getas. Jenis katalis yang dipakai dalam pembuatan komposit ini adalah *mepoxe* (*methyl ethyl ketone peroxide*). Proses *curing* menjadi sempurna dengan adanya penambahan katalis. Yang perlu diperhatikan, katalis tidak baik bila bercampur dengan *accelerator* karena dapat bereaksi dan dapat menyebabkan ledakan.



Gambar 3.1 Serat E glass roving yard / met Taiwan

3.2. Gambar Diagram Alir

Agar lebih sistematis untuk penelitian ini, maka dibuatlah gambar diagram alir jalannya penelitian seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.2. Diagram alir ini menggambarkan proses dari tahap pengambilan bahan jenis kayu dan bahan jenis komposit polimer sampai ke proses akhir yaitu, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan pembahasan.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian untuk komposit polimer dan kayu

3.3. Prosedur Pembuatan Spesimen Kayu

Untuk melakukan penelitian dengan melakukan pengujian metode getaran bebas-bebas pada spesimen kayu dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

Kayu yang digunakan pada pembuatan spesimen ini adalah salah satu kayu Indonesia yaitu jenis bengkirai (*shorea leavifolia endert*). Dalam pembuatan spesimen kayu ini, kayu yang akan dijadikan spesimen sudah berbentuk lembaran-lembaran papan. Lembaran-lembaran papan ini kemudian di belah menjadi

spesimen-spesimen kecil yang mengarah pada spesimen *longitudinal* yaitu spesimen yang memanjang dalam arah *longitudinal* (serat) kayu. Ukuran-ukuran dari spesimen tersebut mengikuti ukuran-ukuran spesimen kayu yang digunakan oleh Yano dkk. (Yano dkk.1997) dalam penelitiannya tentang sifat akustik kayu untuk bahan plat belakang dan depan gitar yaitu :

Spesimen *longitudinal* : panjang 200 mm; lebar 15 mm dan tebal 5 mm. Sebelum diujikan, kayu ini disimpan dalam plastik / kertas, bertujuan supaya sifat kelembaban dari kayu tidak banyak berubah.

Gambar 3.4 memperlihatkan gambar spesimen kayu.

Alat-alat yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen kayu adalah :

1) Mesin amplas

Berfungsi untuk menghaluskan spesimen dan sekaligus berfungsi untuk meratakan permukaan. Di dalam mesin ini terdapat dua amplas yang di-rol. Prosesnya, amplas berputar mengikuti arah jarum jam. Mesin amplas diperlihatkan oleh Gambar 3.3.

2) Mesin gergaji / pemotong kayu

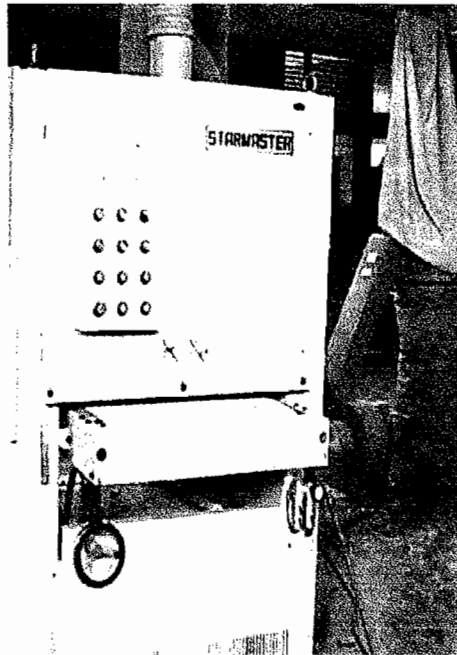
Berfungsi untuk memotong kayu, agar spesimen yang akan di buat tidak mudah cacat.

3) Jangka sorong & Mistar

Berfungsi untuk mengukur spesimen, supaya dalam pengukuran dapat menghasilkan nilai yang maksimal

4) Timbangan digital

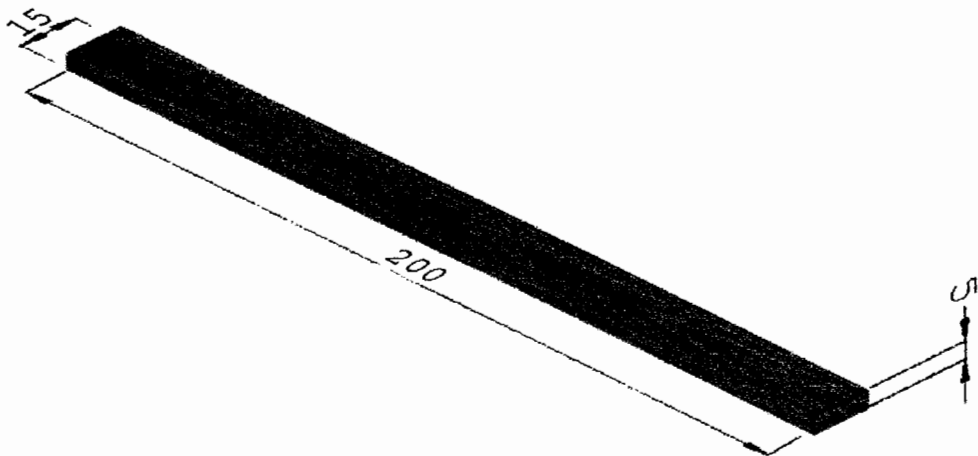
Untuk menimbang berat spesimen.



Gambar 3.3. Mesin amplas

3.3.1. Bentuk dan Ukuran Spesimen Kayu

Bentuk spesimen kayu ini mempunyai ukuran panjang 200 mm, lebar 15 mm, dan tebal 5 mm. Seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.4.



Satuan mm

Gambar 3.4 Bentuk dan ukuran spesimen kayu

3.3.2. Komposisi Pembuatan Spesimen Kayu

Dalam pembuatan spesimen kayu, terlebih dahulu menentukan ukuran spesimennya. Ukuran ini meliputi panjang, lebar, dan tebal. Kemudian diukur panjang, lebar dan tebal dari spesimen yang akan diujikan. Data hasil pengukurannya diperlihatkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data spesimen kayu yang terukur

No	L (mm)	b (mm)	h (mm)
1	200	14.80	5.10
2	200	14.80	5.10
3	200	14.75	5.10
4	199	14.75	5.10
5	200	14.75	5.10
6	200	14.80	5.20
7	199	15.10	5.10
8	200	14.75	5.10
9	199	15.10	5.15
10	200	14.80	5.15
11	199	15.10	5.20
12	199	15.10	5.05
13	199	15.05	5.30
14	200	15.20	5.05
15	200	14.75	5.10
16	200	15.00	5.30
17	199	15.10	5.15
18	199	14.75	5.10
19	199	14.75	5.15
20	199	14.75	5.20
21	199	14.75	5.20
22	199	15.00	5.25
23	200	14.90	5.10
24	199	15.15	5.30
25	200	14.75	5.25
26	199	15.20	5.30
27	199	15.10	5.35
28	200	14.75	5.10
29	199	15.05	5.30
30	199	15.10	5.35
31	200	14.75	5.10
32	199	15.20	5.30
33	200	15.15	5.25
34	199	15.10	5.40
35	200	15.10	5.30
36	199	15.00	5.30
37	199	14.75	5.20
38	199	14.80	5.15

3.4 Komposisi Pembuatan Spesimen Matrik dan Komposit Polimer

Dalam pembuatan spesimen matrik dan komposit polimer, komposisi pembuatan spesimennya dalam bentuk ukuran per spesimen. Dalam pembuatan spesimen ini, terlebih dahulu ditentukan volume total dari ukuran cetakan yang sesuai. Ukuran ini meliputi panjang cetakan, lebar cetakan, dan tebal cetakan. Setelah ukuran cetakan diketahui, maka volume serat, resin dan katalis dapat diketahui sesuai dengan presentase yang diberikan. Ukuran spesimen-spesimen dengan fraksi berat serat ini diperlihatkan oleh Tabel 3.2 untuk spesimen matrik justus 157 terukur, Tabel 3.3 memperlihatkan data komposit polimer untuk fraksi berat serat 3% yang terukur, Tabel 3.4 memperlihatkan data komposit polimer dengan fraksi berat serat 5% yang terukur, Tabel 3.5 memperlihatkan data komposit polimer dengan fraksi berat serat 7% yang terukur.

Volume cetakan mempunyai ukuran 20 cm x 2 cm x 0,5cm. Sehingga volume resin menjadi $20 \text{ cm}^3 = 20 \text{ cc}$ dan massanya = 24,28 gr .

Pengukuran-pengukuran dalam pembuatan spesimen-spesimen matrik maupun komposit polimer dengan menggunakan perbandingan fraksi berat serat antara komposit dengan fraksi berat serat 3%, komposit dengan fraksi berat serat 5% dan 7% diharapkan dalam melakukan pengukuran dilakukan seteliti mungkin.

Dalam pengujian dengan metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*) ini, spesimen-spesimen harus diukur secara teliti. Sebab dalam pengujian dengan metode getaran bebas-bebas ini, disamping faktor frekuensi dan berat jenis yang mempengaruhi sifat akustik itu sendiri, ukuran spesimen juga dapat

mempengaruhi dalam perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik.

Ukuran-ukuran spesimen yang akan diujikan disajikan dalam bentuk tabulasi.

Tabel 3.2 Data spesimen matrik justus 157 yang terukur

No Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Matrik (gr)
1	200	18,45	4,60	20,72
2	200	18,25	4,65	20,52
3	200	19,00	4,70	21,26
4	200	18,55	4,8	20,75
5	199	18,80	4,75	20,52
6	199	18,75	4,90	20,23
7	199	18,75	4,85	20,20
8	200	19,05	4,65	21,08

Tabel 3.3 Data spesimen komposit dengan fraksi berat serat 3 % terukur

No Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Komposit (gr)
1	200	18,75	4,80	22,70
2	200	18,90	4,85	22,91
3	200	19,00	4,85	22,88
4	200	18,55	5,00	22,44
5	200	18,80	5,00	23,05
6	200	19,10	4,95	23,14
7	200	19,10	4,90	23,12
8	200	18,85	5,00	23,10

Tabel 3.4 Data spesimen komposit dengan fraksi berat serat 5 % terukur

No Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Komposit (gr)
1	200	19,65	5,00	24,22
2	200	19,20	4,90	23,57
3	200	19,80	5,00	24,23
4	200	19,40	5,00	24,18
5	200	19,40	4,75	23,85
6	199	19,65	5,00	23,80
7	200	19,00	4,85	23,60
8	200	18,75	5,00	23,53

Tabel 3.5 Data spesimen komposit dengan fraksi berat serat 7 % terukur

No Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Komposit (gr)
1	200	19,55	5,00	24,27
2	200	18,80	4,95	24,16
3	200	18,55	5,00	24,20
4	200	19,95	5,00	24,26
5	200	19,80	4,95	24,23
6	199	20,00	5,00	24,26
7	200	19,00	4,85	24,17
8	200	20,00	5,00	24,27

3.4.1 Alat-alat Yang Digunakan Untuk Proses Pembuatan Komposit

Beberapa alat-alat pencetakan untuk pembuatan spesimen komposit adalah:

1. Kaca

Pembuatan cetakan komposit polimer ini menggunakan kaca. Adapun ukuran dan dimensi kaca yang dipergunakan adalah :

- a. Kaca dengan ukuran 400 mm X 240 mm X 8 mm sebanyak 1 buah kaca, yang berfungsi sebagai alas cetakan.
- b. Kaca dengan ukuran 400 mm X 220 mm X 8 mm sebanyak 1 buah kaca, yang berfungsi sebagai tutup cetakan.
- c. Kaca dengan ukuran 240 mm X 50 mm X 5 mm sebanyak 2 buah kaca, berfungsi sebagai pembatas cetakan sisi kiri dan sisi kanan.
- d. Kaca dengan ukuran 200 mm X 20 mm X 5 mm sebanyak 7 buah kaca, yang berfungsi sebagai penyekat diantara benda uji yang akan dikerjakan sesuai dengan dimensinya. Gambar cetakan untuk pembuatan spesimen komposit diperlihatkan oleh Gambar 3.5.

2. Busa karet

Digunakan untuk pembatas atas dan bawah dan sekaligus untuk tumpuan memasang serat supaya serat berada tepat di tengah-tengah diantara matrik pengikat.

3. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah resin yang akan digunakan untuk pembuatan matrik dan komposit tersebut agar sesuai dengan takaran persentase yang diinginkan.

4. Pipet

Pipet digunakan untuk mengambil cairan katalis sesuai dengan takaran persentase yang diinginkan.

5. Timbangan digital

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital dengan beban maksimal mencapai 1 kg. Tingkat ketelitian dari timbangan ini mencapai seperseratus gram. Timbangan digital ini berfungsi untuk mengukur berat dari serat, berat matrik dan berat komposit supaya mendapatkan hasil yang valid.

6. Batang pengaduk

Batang pengaduk yang digunakan terbuat dari kayu. Untuk mengaduk campuran resin dan katalis boleh digunakan bahan dari apa saja, yang terpenting tidak dalam kondisi kotor atau basah karena air, karena dapat mengurangi sifat-sifat dari campuran tersebut.

7. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong serat.

8. Kikir besi

Tujuan dari penggunaan kikir besi adalah untuk meratakan sisi-sisi dari komposit yang telah dibentuk

9. KIT

KIT digunakan untuk memudahkan proses pelepasan komposit hasil cetakan dari cetakan kaca karena sifat dari resin yang sangat lengket.

10. Kuas

Untuk mengolesi KIT ke dalam cetakan, supaya lebih rata mengenai permukaan cetakannya dan tidak menggumpal.

11. Double tip

Untuk menempelkan bagian-bagian kaca ke alas cetakan kaca.

12. Binder Clips

Untuk menjepit bagian pinggir cetakan kaca, untuk mengantisipasi kebocoran pada cetakan pada saat pencetakan dilakukan.

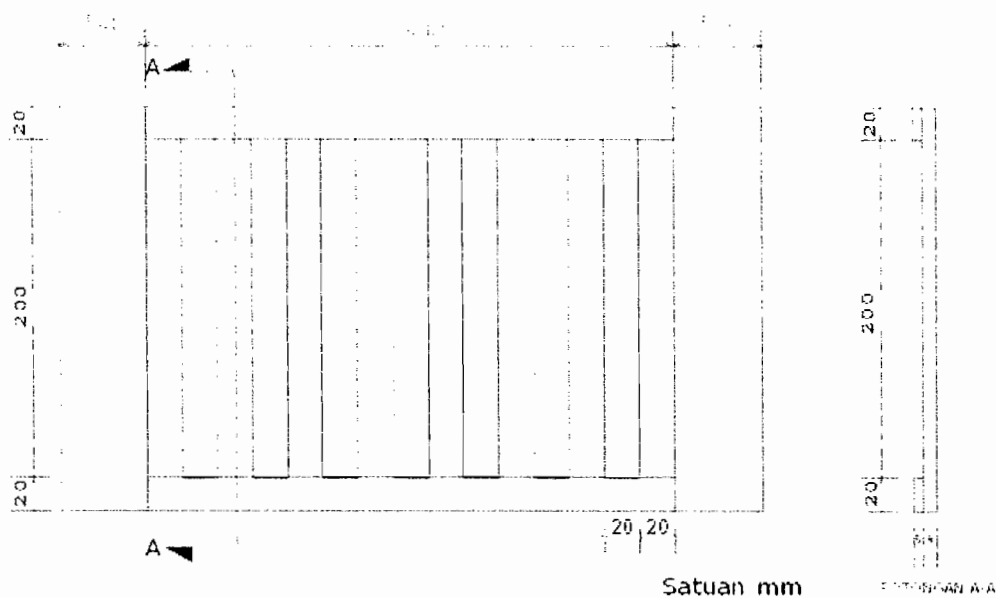
13. Perekat kaca

Perekat kaca yang dipakai adalah lem kaca. Berfungsi untuk merekatkan tutup dan alas cetakan.

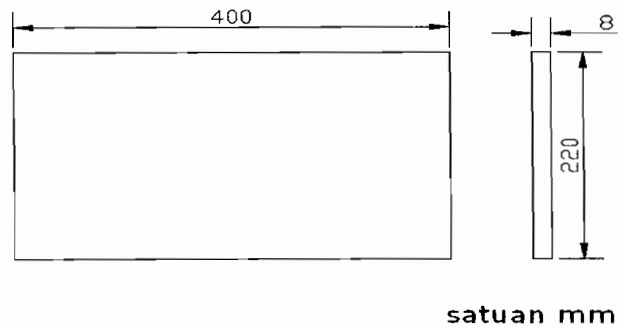
3.4.2 Gambar Cetakan

Cetakan yang digunakan untuk pembuatan spesimen komposit polimer ini terbuat dari kaca. Ukuran-ukuran kaca yang digunakan adalah :

- a. Kaca dengan ukuran 400 mm X 240 mm X 8 mm sebanyak 1 buah kaca, yang berfungsi sebagai alas cetakan.
- b. Kaca dengan ukuran 400 mm X 220 mm X 8 mm sebanyak 1 buah kaca, yang berfungsi sebagai tutup cetakan.
- c. Kaca dengan ukuran 240 mm X 50 mm X 5 mm sebanyak 2 buah kaca, berfungsi sebagai pembatas cetakan sisi kiri dan sisi kanan.
- d. Kaca dengan ukuran 200 mm X 20 mm X 5 mm sebanyak 7 buah kaca, yang berfungsi sebagai penyekat diantara benda uji yang akan dikerjakan sesuai dengan dimensinya. Gambar cetakan untuk pembuatan spesimen matrik dan komposit diperlihatkan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Cetakan komposit dan matrik



Gambar 3.6 Tutup cetakan komposit dan matrik

3.4.1 Langkah-langkah Pencetakan Spesimen Komposit

Pembuatan komposit polimer ini pembuatannya menggunakan metode *Hand Lay Up*. Adapun proses pencetakannya adalah sebagai berikut :

- i. Cetakan yang sudah dipersiapkan, dibersihkan dari kotoran. Kemudian cetakan dilapisi dengan KIT agar dalam proses pelepasan spesimen komposit dari cetakan tidak mengalami kesulitan karena sifat resin yang sangat lengket.
- ii. Serat E glass yang sudah dipotong dan ditimbang dipasang pada cetakan dengan menjepit kedua ujung serat agar bentuk serat tetap lurus ketika dituang campuran resin dan katalis.
- iii. Proses selanjutnya adalah tutup dengan kaca penutup. Tutup dengan penekanan yang hati-hati dan perlahan. Karena penekanan yang tidak hati-hati akan mengakibatkan cetakan pecah dan udara masuk dan terjebak di dalam sehingga dapat mengakibatkan cacat (*porous*) pada komposit dan

bagian tepi cetakan di jepit menggunakan *binder clips* untuk menghindari kebocoran.

- iv. Resin yang telah dipersiapkan kemudian dituang pada gelas ukur sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.
- v. Katalis dituang ke dalam resin yang telah dipersiapkan dengan menggunakan pipet sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Lalu diaduk hingga resin dan katalis tercampur merata.
- vi. Proses selanjutnya adalah penuangan resin yang sudah tercampur dengan katalis ke dalam cetakan.

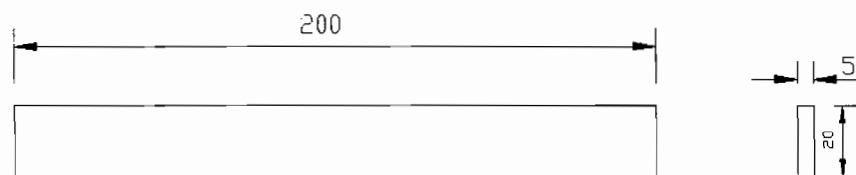
Setelah proses pembuatan, selanjutnya adalah proses pengeringan. Pengeringan komposit hanya didiamkan pada suhu kamar hingga mengering karena sudah ada katalis yang berfungsi mengeringkan resin. Setelah kering, komposit dilepas dari cetakan dengan hati-hati, karena apabila tidak hati-hati dapat menyebabkan keretakan di bagian dalam komposit karena sifat dari komposit yang cenderung getas. Kemudian, pinggiran komposit yang tidak rapih dipotong dengan menggunakan kikir besi. Selanjutnya mengikir sisi-sisi spesimen yang masih kasar. Penghalusan dengan menggunakan kikir dilakukan sampai didapatkan tepian yang halus dan serata mungkin. Setelah proses pengikiran selesai, maka spesimen dari material matrik dan komposit polimer ditimbang terlebih dahulu, kemudian di ukur dimensinya dan siap untuk diujikan.

Pembuatan spesimen untuk satu cetakan, komposit polimer dan matrik justus 157 dicetak sebanyak 8 buah spesimen. Jadi dilakukan pembuatan komposit satu per satu yang bentuknya persis seperti spesimen yang diinginkan. Total

spesimen ada 32 buah, 8 spesimen matrik justus 157 dan 24 spesimen komposit polimer. Masing-masing 8 buah spesimen untuk fraksi berat serat 3%, 5%, dan 7%.

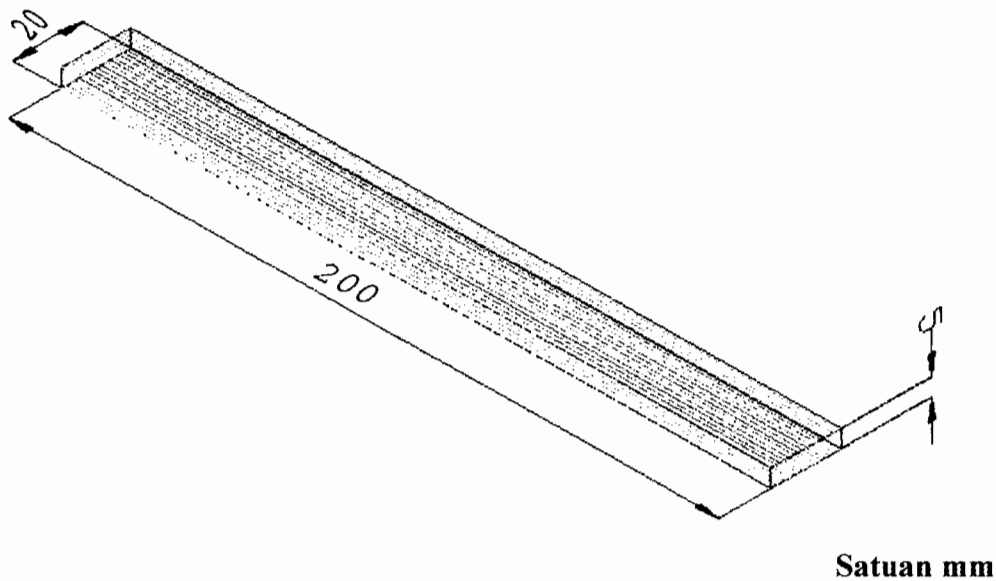
Pembuatan spesimen matrik justus 157 dan komposit polimer ini prosesnya relatif lama dan sangat rumit. Sehingga lebar untuk matrik justus 157 dan komposit polimer ini diperlebar hingga 5 mm dari dimensi spesimen yang direncanakan semula yaitu panjang 200 mm lebar 15 mm dan tebal 5 mm. Bentuk spesimen komposit yang dibuat tersebut mengacu pada spesimen kayu. Sehingga ukuran spesimen matrik justus 157 dan komposit polimer ini mempunyai ukuran panjang = 200 mm, lebar = 20 mm, dan tebal = 15 mm.

Bentuk dan ukuran spesimen matrik justus 157 diperlihatkan oleh Gambar 3.7 dan bentuk spesimen komposit polimer diperlihatkan oleh Gambar 3.8.



Satuan mm

Gambar 3.7 Ukuran spesimen matrik justus 157



Gambar 3.8 Ukuran spesimen komposit polimer

3.5 Alat-alat Uji dan Tata Cara Pengujian

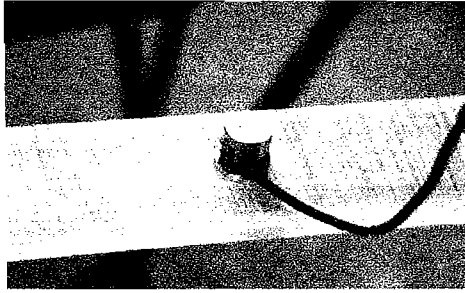
Alat-alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah alat-alat ukur frekuensi alami (*natural frekuensi*) seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.9-3.13 dan susunan alatnya diperlihatkan oleh Gambar 3.14. Alat-alat ukur frekuensi alami ini meliputi :

1. *Akselerometer* (0,65 gram),
2. *Charge Amplifier* (*Bruel & Kjaer Model 2635*),
3. *Four Channel Signal Analyzer* (*Bruel & Kjaer Model 2034*), dan
4. Alat bantu penggantung spesimen yang dilengkapi dengan sepasang karet halus berdiameter 0,6 mm dengan panjang 320 mm.

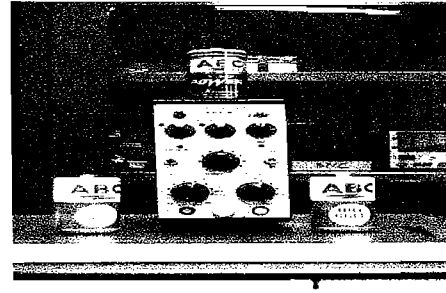
Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*). Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Getaran

dan Akustik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

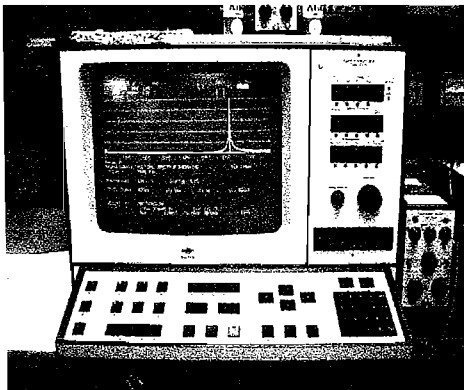
Gambar 3.9-3.13 memperlihatkan bagian-bagian dari alat-alat ukur frekuensi alami.



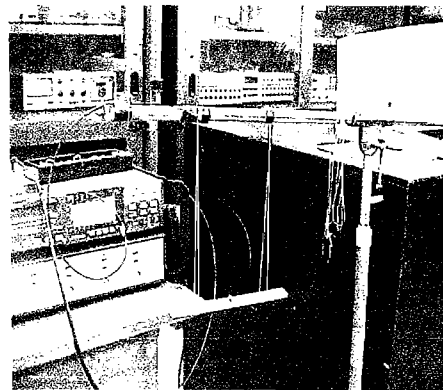
Gambar 3.9 Akselerometer (0,65 gram)



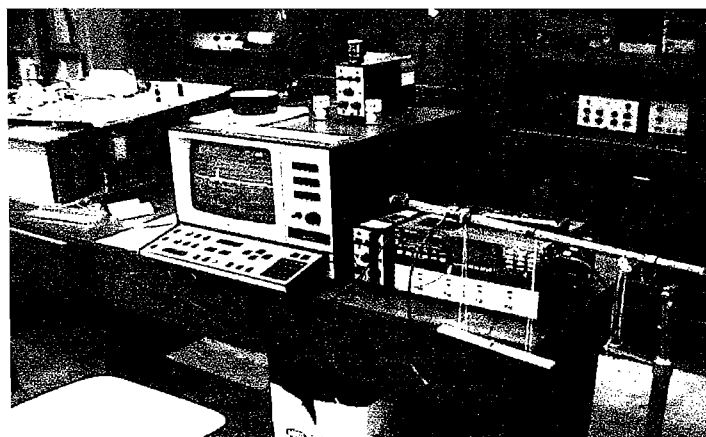
Gambar 3.10 Charge amplifier



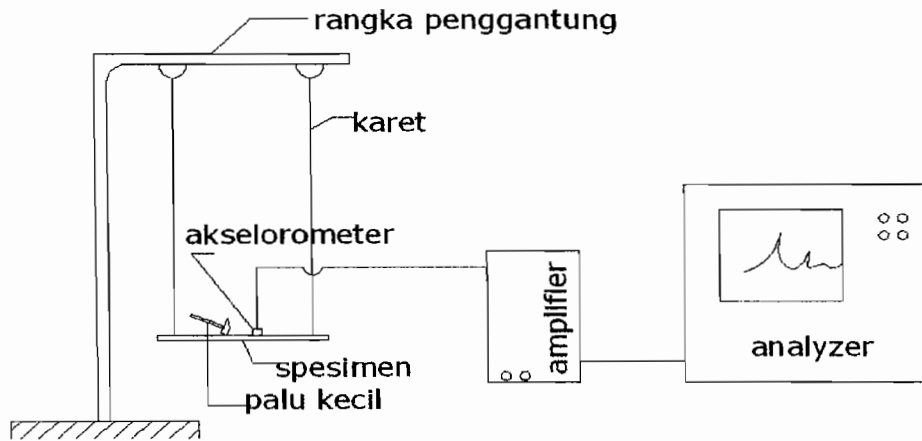
Gambar 3.11 Four signal analyzer



Gambar 3.12 Alat gantung spesimen



Gambar 3.13 Set-up alat ukur frekuensi alami



Gambar 3.14 Susunan alat-alat pengujian frekuensi alami

Tata cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Setelah perangkat alat ukur yang terdiri dari *Accelerometer*, *Charge Amplifier* dan *Four Channel Signal Analyzer* siap dioperasikan, tampilan *Analyzer* harus diatur sehingga memunculkan grafik hubungan frekuensi dan waktu.
- b. Spesimen di pasang pada penggantung dengan kedua ujungnya diikat dengan benang yang terhubung dengan karet halus dengan posisi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.14.
- c. Selanjutnya *accelerometer* kecil ditempelkan di atas bagian tengah spesimen.
- d. Setelah itu spesimen digetarkan dengan cara memukul permukaan atas spesimen dengan palu lunak kecil. Kemudian frekuensi alami ragam pertama ditemukan dengan menggeser kursor garis vertikal dalam layar monitor analyser sehingga menunjuk pada puncak simpangan tertinggi pertama.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Modulus Elastisitas Young Dinamis Spesifik (MEYDS)

Pelaksanaan pengukuran frekuensi alami dan perhitungan dalam menentukan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) dalam prakteknya, nilai frekuensi alami ragam pertama dapat langsung terbaca pada layar *analyzer* dan perhitungannya dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{E}{\gamma} = 946,412 \left[\frac{L^2}{h} f_{n1} \right]^2 \quad (\text{Pa})$$

4.2 Pengujian Metode Getaran Bebas-bebas

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui sifat-sifat akustik bahan dari kayu bengkirai, matrik justus 157 dan susunan komposit polimer yang terdiri dari serat E glass dan matrik justus 157 diperlukan suatu pengujian. Dalam hal ini pengujian yang dilakukan penulis adalah pengujian metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*).

Pengujian metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*) yang diujikan untuk spesimen kayu, matrik justus 157 dan komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5% dan 7%. Hasil-hasil dari pengujian, analisis dan perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) disajikan dalam bentuk tabulasi. Hasil pengujian, analisis dan perhitungan tersebut

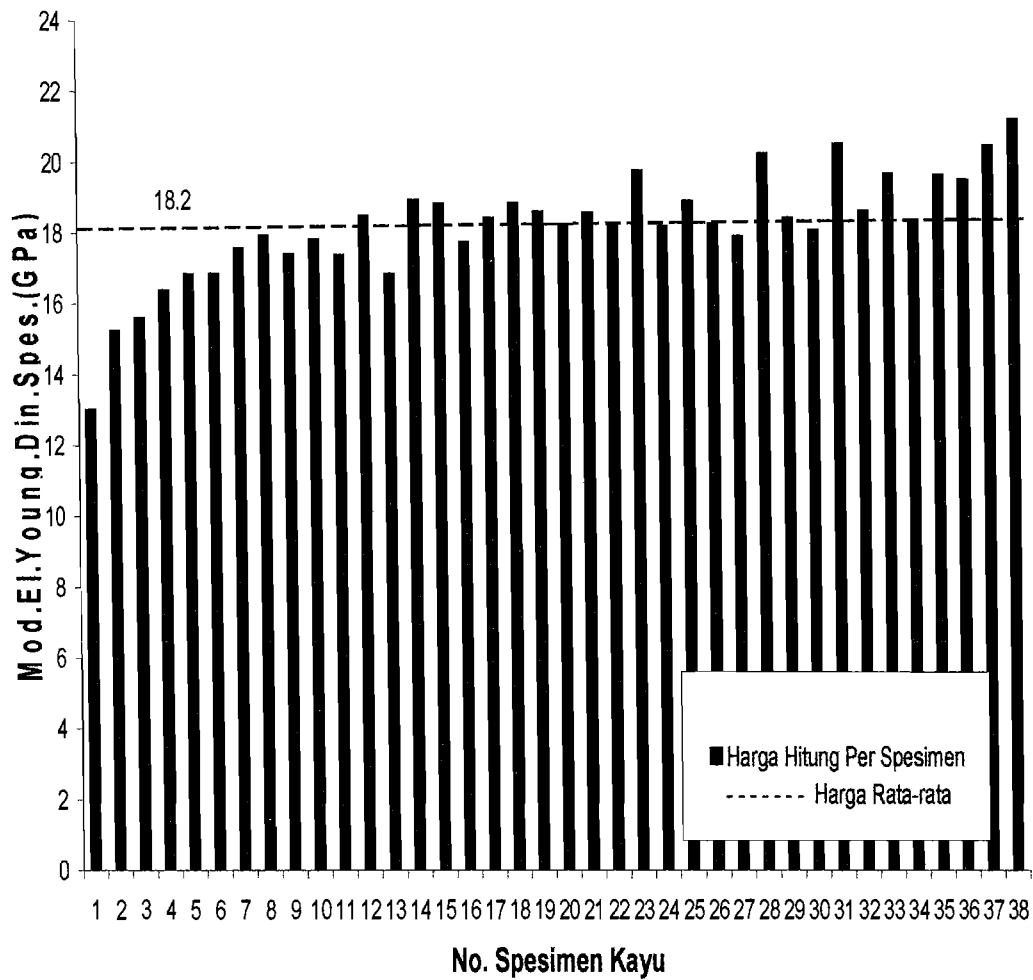
dilengkapi juga dengan gambar grafik hasil dari perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS).

4.2.1 Pengujian Getaran Bebas-bebas Spesimen Kayu Bengkirai, Matrik Justus 157 dan Komposit Polimer Dengan Fraksi Berat Serat 3%, 5% dan 7%

Pengujian dengan metode getaran bebas-bebas (*free-free vibration method*) pada spesimen kayu bengkirai, matrik justus 157 dan komposit polimer ini bertujuan untuk mendapatkan nilai frekuensi alami ragam pertama dari alat-alat uji, untuk menentukan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS). Pengujian ini, penulis mengujikan 38 buah spesimen kayu, 8 buah spesimen matrik justus 157 dan 24 buah spesimen komposit dengan fraksi berat serat 3%, 5% dan 7%, masing-masing fraksi berat serat 8 buah spesimen. Hasil dan data-data pengujian untuk spesimen kayu bengkirai diperlihatkan oleh Tabel 4.1 dan Gambar grafik hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) kayu bengkirai diperlihatkan oleh Gambar 4.1, untuk spesimen matrik justus 157 diperlihatkan oleh Tabel 4.2 dan Gambar grafik 4.2, untuk spesimen komposit polimer dengan fraksi berat 3% diperlihatkan oleh Tabel 4.3 dan Gambar grafik 4.3, untuk komposit dengan fraksi berat 5% diperlihatkan oleh Tabel 4.4 dan Gambar grafik 4.4, dan untuk komposit dengan fraksi berat 7% diperlihatkan oleh Tabel 4.5. dan Gambar grafik 4.5. Nilai rata-rata hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) matrik justus 157 dan komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5%, 7% diperlihatkan oleh Gambar grafik 4.6.

Tabel 4.1 Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen kayu

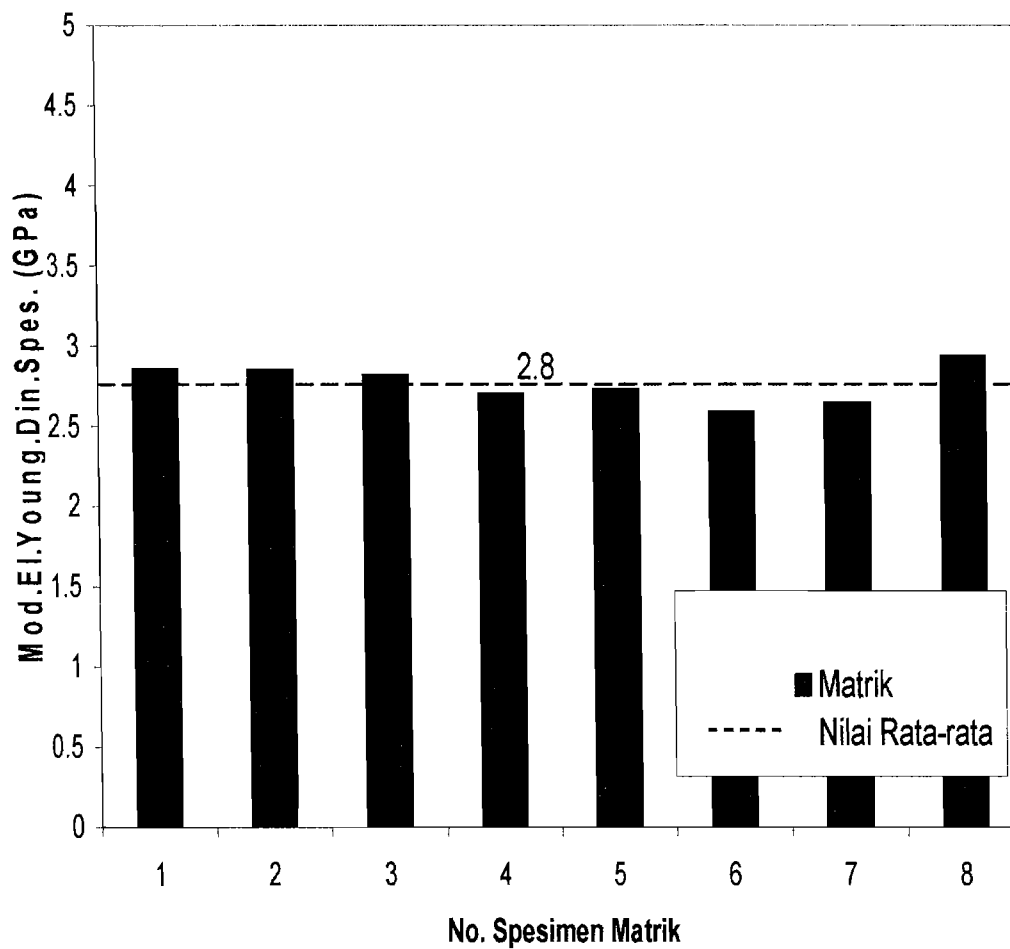
No.	L (mm)	b (mm)	h (mm)	m (gr)	f_n (Hz)	E/γ (GPa)
1	200	14,8	5,1	14,17	473	13
2	200	14,8	5,1	14,06	512	15,3
3	200	14,75	5,1	14,89	518	15,6
4	199	14,75	5,1	15,04	536	16,4
5	200	14,75	5,1	14,04	538	16,9
6	200	14,8	5,2	14,47	549	16,9
7	199	15,1	5,1	14,76	555	17,6
8	200	14,75	5,1	14,39	555	17,9
9	199	15,1	5,15	14,86	558	17,4
10	200	14,8	5,15	14,38	559	17,8
11	199	15,1	5,2	14,76	563	17,4
12	199	15,1	5,05	14,76	564	18,5
13	199	15,05	5,3	14,92	565	16,9
14	200	15,2	5,05	14,73	565	19
15	200	14,75	5,1	13,56	569	18,8
16	200	15	5,3	14,87	574	17,8
17	199	15,1	5,15	14,41	574	18,4
18	199	14,75	5,1	13,54	575	18,7
19	199	14,75	5,15	14,61	577	18,6
20	199	14,75	5,2	14,53	577	18,3
21	199	14,75	5,2	14,22	582	18,6
22	199	15	5,25	15,03	583	18,3
23	200	14,9	5,1	13,97	583	19,8
24	199	15,15	5,3	15,38	587	18,2
25	200	14,75	5,25	14,77	587	18,9
26	199	15,2	5,3	15,46	588	18,3
27	199	15,1	5,35	15,22	588	18
28	200	14,75	5,1	13,65	590	20,3
29	199	15,05	5,3	15,47	591	18,5
30	199	15,1	5,35	15,25	591	18,1
31	200	14,75	5,1	14,23	594	20,5
32	199	15,2	5,3	15,39	594	18,6
33	200	15,15	5,25	15,72	599	19,7
34	199	15,1	5,4	15,51	601	18,4
35	200	15,1	5,3	15,4	604	19,7
36	199	15	5,3	15,54	608	19,5
37	199	14,75	5,2	13,65	611	20,5
38	199	14,8	5,15	13,79	616	21,2
Nilai Rata-rata =						18,2



Gambar 4.1 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik spesimen kayu bengkirai

Tabel 4.2 Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen matrik justus 157

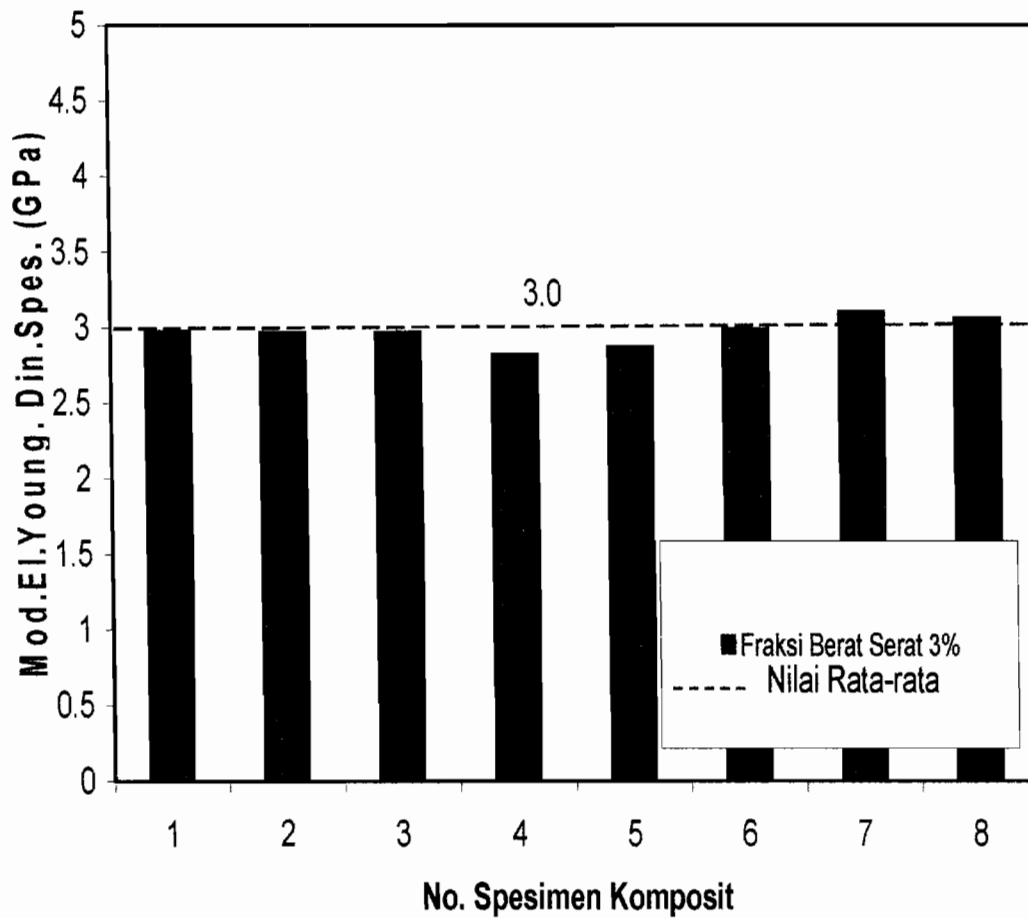
No.	Jenis Spesimen	L (mm)	b (mm)	h (mm)	m (gr)	fn (Hz)	$\frac{E}{\gamma}$ (GPa)
1	Matrik	200	18.45	4.6	20.72	200	2.9
2	Matrik	200	18.25	4.65	20.52	202	2.9
3	Matrik	200	19	4.7	21.26	203	2.8
4	Matrik	200	18.55	4.8	20.75	203	2.7
5	Matrik	199	18.8	4.75	20.52	204	2.7
6	Matrik	199	18.75	4.9	20.23	205	2.6
7	Matrik	199	18.75	4.85	20.02	205	2.7
8	Matrik	200	19.05	4.65	21.08	205	2.9
Nilai Rata-rata =							2,8



Gambar 4.2 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen matrik Justus 157

Tabel 4.3 Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen komposit dengan fraksi berat serat 3 %

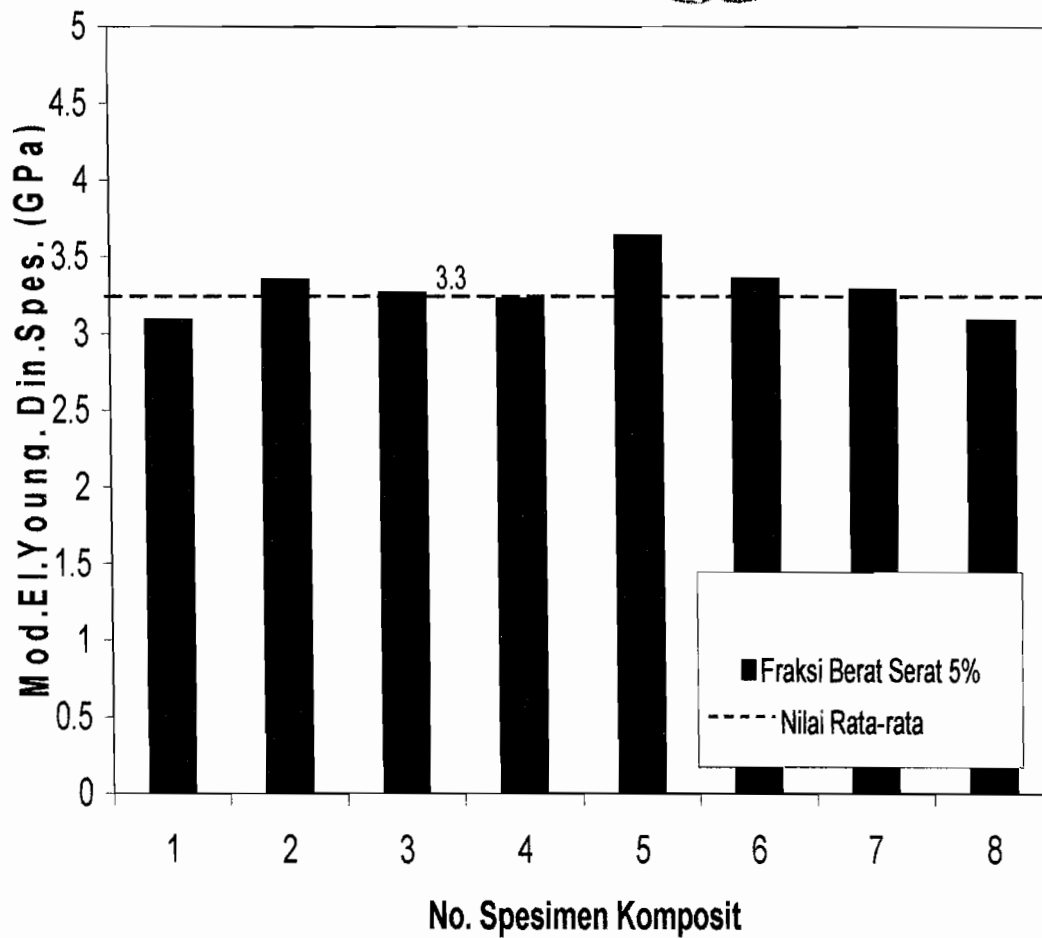
No.	Komposit (%)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	m (gr)	fn (Hz)	E/γ (GPa)
1	3	200	18.75	4.8	22.07	213	3.0
2	3	200	18.09	4.85	22.91	215	3.0
3	3	200	19	4.85	22.88	215	3.0
4	3	200	18.55	5	22.44	216	2.8
5	3	200	18.08	5	23.05	218	2.9
6	3	200	19.01	4.95	23.14	220	3.0
7	3	200	19.01	4.9	23.12	222	3.1
8	3	200	18.85	5	23.01	225	3.1
Nilai Rata-rata =							3.0



Gambar 4.3 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk komposit dengan fraksi berat serat 3%

Tabel 4.4 Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk spesimen komposit dengan fraksi berat serat 5 %

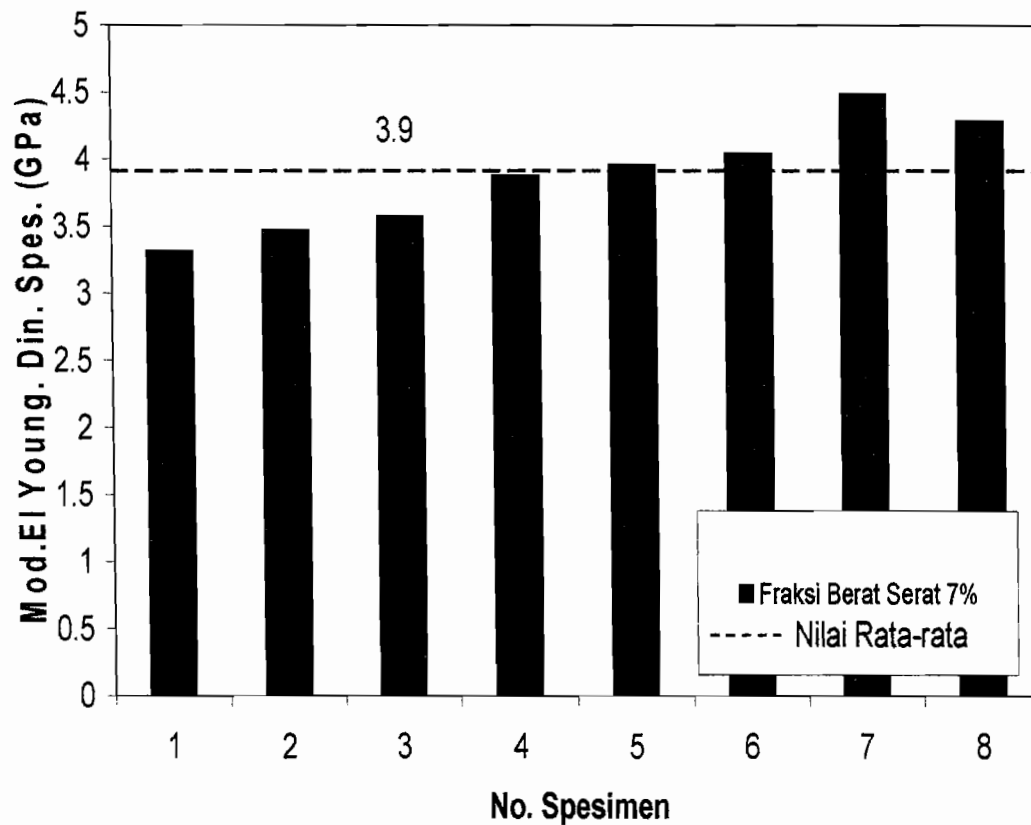
No.	Komposit 5%	L (mm)	b (mm)	h (mm)	m (gr)	fn (Hz)	$\frac{E}{\gamma}$ (GPa)
1	5	200	19.65	5	24.22	226	3.1
2	5	200	19.2	4.9	23.57	226	3.2
3	5	200	19.8	5	24.23	230	3.2
4	5	200	19.4	5	24.18	231	3.2
5	5	200	19.4	4.75	23.85	233	3.6
6	5	199	19.65	5	23.8	238	3.4
7	5	200	19	4.85	23.6	226	3.3
8	5	200	18.75	5	23.53	226	3.1
Nilai Rata-rata =							3.3



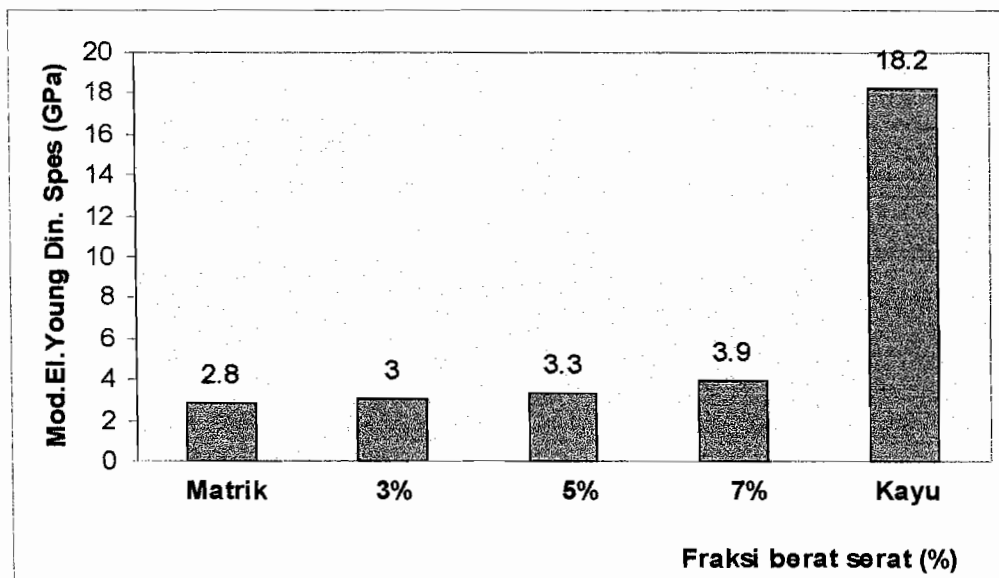
Gambar 4.4 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) dengan fraksi berat serat 5%.

Tabel 4.5 Data frekuensi alami dan hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk komposit dengan fraksi berat serat 7 %

No.	Komposit 7%	L (mm)	b (mm)	h (mm)	m (gr)	fn (Hz)	E/γ (GPa)
1	7	200	19.55	5	24.27	234	3.3
2	7	200	18.8	4.95	24.16	237	3.5
3	7	200	18.55	5	24.2	243	3.6
4	7	200	19.95	5	24.26	253	3.9
5	7	200	19.8	4.95	24.23	253	4.0
6	7	199	20	5	24.26	261	4.0
7	7	200	19	4.85	24.17	264	4.5
8	7	200	20	5	24.27	266	4.3
Nilai Rata-rata =							3.9



Gambar 4.5 Modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) dengan fraksi berat serat 7%



Gambar 4.6 Nilai rata-rata hasil perhitungan modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) untuk matrik justus 157, komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5%, 7% dan kayu bengkirai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari jumlah sampel spesimen kayu yaitu 38 spesimen, dan dari jumlah sampel spesimen matrik justus 157 yaitu 8 spesimen dan spesimen komposit polimer 24 spesimen, masing-masing 8 spesimen untuk komposit dengan fraksi berat serat 3%, 5% dan 7% berdasarkan penelitian ini dapat ditarik suatu kesimpulan, bahwa :

Modulus elastisitas Young dinamis spesifik **18,2** Gpa untuk spesimen kayu, **2,8** Gpa untuk spesimen matrik justus 157, **3** Gpa untuk spesimen komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, **3,3** Gpa untuk komposit polimer dengan fraksi berat serat 5% dan **3,9** Gpa untuk komposit polimer dengan fraksi berat serat 7%.

5.2 Saran

Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk lebih menyempurnakan penelitian yang lebih lanjut, maka perlu disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Pada proses pencetakan benda uji dengan proses *hand lay-up*, untuk mendapatkan ketebalan yang merata sebaiknya pembuatan cetakan benda uji dibuat seteliti mungkin. Ini dilakukan untuk menghindari pengerjaan ulang, sebab bila itu terjadi dapat mengakibatkan perubahan struktur dari spesimen matrik justus 157 dan komposit polimer yang akan diteliti.

2. Dalam penelitian tentang perbandingan sifat akustik kayu dan komposit polimer dengan fraksi berat serat 3%, 5%, 7%, bahan berupa serat *E glass* sebagai serat penguat dan resin *polyester* Justus 157 sebagai matrik pengikat terhadap getaran hasilnya telah diketahui, dari hasil penelitian tersebut, komposit polimer ini belum mencapai hasil yang memuaskan, maka dari pada itu untuk memperkaya pengetahuan khususnya tentang sifat-sifat akustik komposit polimer, diteliti kembali bahan-bahan komposit polimer lainnya, yang sedapat mungkin bisa mendekati nilai modulus elastisitas Young dinamis spesifik (MEYDS) bahan kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bandem, I .Md., 1986, *Prakempa Sebuah Lontar Gambelan Bali*, ASTI Denpasar, Bali.
- Dieter, G.E.,1990, *Metalurgi Mekanik*, Seri Schaum, Erlangga, Jakarta.
- Hadi, B.K., 2000, *Mekanika Struktur Komposit*, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Murphy, J., 1994, *Reinforced Plastics Hand Book*, Elsever Sience Publisers. LTD.
- Malau Viktor, *Bahan Komposit*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Murgyanto, M., *Seblang Dan Gandrung - Dua Bentuk Tari Dan Tradisi Di Banyuwangi*, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, Jakarta.
- Pandji, I.G.B.N., 1978, *Ensiklopedi Musik Dan Tari Daerah Bali*, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, Jakarta.
- Robert, J. M., 1975, *Mechanics Of Composite Material*, Mc Graw Hill, New York.
- Rines, 2003, *Ungkapan Analitis Penerapan Free-free Vibration Method Dalam Upaya Menentukan Modulus Elastisitas Young Dinamis Spesifik Bahan*, Media Teknika, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Schwartz, M. M., 1984, *Composites Material Hand Book*, Mc Graw Hill.
- Timoshenko, S.P.,1994, *Teori Elastisitas*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Van Vlack, L.H., 1985, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta.
- William, W. S., 1985, *Getaran Mekanis*, Erlangga, Jakarta.
- William, T. T.,1995,*Teori Getaran Dengan Penerapan*, Erlangga, Jakarta.
- Yano, H., Furuta, Y., dan Nakagawa, H., 1997, “ *Material For Guitar Back Plates Made From Sustainable Forest Resources*”, Acoustical Society of America, Vol.101, halaman 1112-1119 .

LAMPIRAN

Tabel L.1 Nilai $(\beta_n L)$, $(\beta_n L)^2$ dan ω_n/ω_1 Untuk Balok Bebas-bebas (kedua ujungnya bebas) (*William T. T., 1995 : 467*)

n	$(\beta_n L)$	$(\beta_n L)^2$	ω_n/ω_1
1	4,7300	22,3733	1,0000
2	7,8532	61,6728	2,7565
3	10,9956	120,9034	5,4039

