



**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**EFEK PENAMBAHAN SERAT GELAS PADA KOMPOSIT  
*POLYURETHANE* TERHADAP NILAI KOEFISIEN ABSORBSI  
SUARA DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT *DOORPANEL***

ASTRIT KIRANA  
NRP. 2712 100 118

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
NIP. 19570924 1986 03 1 002  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.  
NIPH. 2600201405001

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**EFFECT OF ADDING GLASS FIBER REINFORCED  
POLYURETHANE COMPOSITES ON SOUND  
ABSORPTION COEFFICIENT AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF DOORPANEL COMPOSITE**

ASTRIT KIRANA  
NRP. 2712 100 086

Advisor

Ir. Moh. Farid, DEA  
NIP. 19570924 1986 03 1 002  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T  
NIPH. 2600201405001

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016

**EFEK PENAMBAHAN SERAT GELAS PADA KOMPOSIT  
POLYURETHANE TERHADAP NILAI KOEFISIEN ABSORBSI  
SUARA DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT DOORPANEL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ASTRIT KIRANA**

NRP. 2712100118

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Moh. Farid, D.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)
2. Vania Mitha Pratwi, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing II)



**SURABAYA**

**JULI 2016**

**EFEK PENAMBAHAN SERAT GELAS PADA KOMPOSIT  
POLYURETHANE TERHADAP NILAI KOEFISIEN  
ABSORBSI SUARA DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT  
DOORPANEL**

**Nama** : Astrit Kirana  
**NRP** : 2712100118  
**Jurusan** : Teknik Material & Metalurgi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Moh. Farid, DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

**Abstrak**

*Kebisingan merupakan salah satu masalah kesehatan lingkungan dikota-kota besar. Salah satu penyebab kebisingan adalah kendaraan bermotor. Kebisingan ini bisa dicegah dengan sound absorption materials yang biasa digunakan pada bagian interior mobil, salah satunya pada doorpanel. Pada penelitian akan dibuat komposit berpenguat serat gelas sebagai alternatif material peredam akustik yang baik dengan matriks polyurethane. Variabel yang digunakan pada penelitian Ini adalah variasi komposisi serat gelas 5%, 10%, 15% matriksnya polyurethane (70PPI:30PPG). Dari hasil SEM didapat bahwa penambahan serat sedikit memperbesar pori komposit polyurethane dan semakin banyak fraksi massa PU A (Isosyanate) dibanding PU B saat pembuatan komposit membuat pori lebih kecil. Hasil uji koefisien absorpsi suara didapat koefisien absorpsi terbesar dari Komposit PU(70PPI:30PPG)-15% Serat Gelas sebesar 0.417 pada frekuensi 2000Hz dan 0.437 pada frekuensi 4000Hz Hasil Bending menunjukkan kekuatan bending tertinggi dicapai oleh PU murni (70PPPI:30PPG) sebesar 55.88MPa dan hasil Kekuatan Tarik tertinggi dicapai oleh komposit PU-15% Serat gelas sebesar 2.7 MPa.*

**Kata Kunci:** *Sound Absorption Material, Automotive, Doorpanel, Serat Bambu, Serat Gelas, Polyurethane, Komposit.*

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

**EFFECT OF ADDING GLASS FIBER REINFORCED  
POLYURETHANE COMPOSITES ON SOUND  
ABSORPTION COEFFICIENT AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF DOORPANEL COMPOSITE**

**Name** : Astrit Kirana  
**SRN** : 2712100118  
**Major** : Material and Metallurgical Engineering Dept  
**Advisor** : Ir. Moh. Farid, DEA  
**Lectures** : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T  
**Abstract**

*Noise is one of the environmental health problems in big cities. One of the causes of noise is a motor vehicle. This noise can be prevented with sound absorption materials used in the interior of the car, one of them on doorpanel. The research analyzed Composite glass fiber as an alternative to good acoustic absorbing materials with polyurethane matrix. Variables used in this study was a variation of the composition of the glass fiber 5%, 10%, 15% polyurethane matrix (70PPI: 30PPG). From the results obtained SEM that adding a little fiber composites enlarge porous polyurethane and the more the mass fraction PU A (Isosyanate) than PU B while the manufacture of composite made pores smaller. The result of the absorption coefficient of sound absorption coefficient obtained the largest of composite PU (70PPI: 30PPG) -15% glass fiber by 0417 at a frequency of 2000Hz and 4000Hz frequency 0437. Bending results showed the highest bending strength achieved by pure PU (70PPPI: 30PPG) amounted to 55.88 MPa and tensile Strength highest results achieved by the composite PU-15% glass fibers of 2.7 MPa.*

**Keywords:** *Sound Absorption Materials, Automotive, Door Panel, Bamboo Fiber, Fiber Glass, Polyurethane, Composite.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
TITLE.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Komposit .....	5
2.2 Klasifikasi Material Komposit.....	6
2.3 Serat/Fiber .....	8
2.4 Matriks.....	8
2.5 Interface.....	10

2.6 Hukum Pencampuran .....	10
2.7 Serat Gelas.....	12
2.8. Polyurethane .....	13
2.9 Gelombang dan Bunyi .....	15
2.9.1 Gelombang.....	15
2.9.2 Bunyi.....	18
2.10 Koefisien Serap Bunyi.....	20
2.11 Material Akustik .....	23
2.12 Standar Nilai untuk Kebisingan (dB) pada Interior Kendaraan .....	27
2.13 Aplikasi Komposit Secara Umum.....	28
2.13.1 Pesawat dan Militer.....	28
2.13.2 Industri Otomotif .....	30
2.14 Aplikasi Komposit Fiberglass pada Otomotif.....	31
2.15 Penelitian Terdahulu Komposit Serat Alam .....	34

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Diagram Alir Penelitian.....	39
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian .....	40
3.2.1 Bahan Penelitian.....	40
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	41
3.3. Variabel Penelitian .....	45
3.4. Rancangan Penelitian .....	45
3.5. Metode Penelitian.....	46
3.5.1 Persiapan Bahan .....	46

3.5.1.2 Pengolahan Serat Gelas .....	46
3.5.1.3 Pengolahan Matriks Polyurethane...	46
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan .....	46
3.5.1.5 Pembuatan Komposit .....	46
3.5.1.6 Pembongkaran Spesimen .....	47
3.5.2 Proses Pengujian .....	48
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara ....	48
3.5.2.2 Pengujian Kelenturan .....	51
3.5.2.3 Pengujian SEM.....	52
3.5.2.4 Uji FTIR .....	54
3.5.2.5 Uji Densitas .....	55
3.5.2.6 Uji Tarik .....	56

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ..	55
4.1.1 Analisa Hasil FTIR Polyurethane.....	55
4.1.2 Analisa Hasil FTIR Komposit Serat Gelas....	56
4.2 Scanning Electron Microscope (SEM) .....	58
4.3 Koefisien Absorpsi Suara .....	60
4.4 Uji Bending .....	62
4.5 Uji Tarik .....	64
4.6 Uji Densitas .....	66

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 73

5.2 Saran ..... 73

DAFTAR PUSTAKA ..... xxiii

LAMPIRAN ..... xiv

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit.....	6
Tabel 2.2 Sifat-sifat serat gelas .....	12
Tabel 2.3 Sifat serat E-glass CSM.....	12
Tabel 2.4 Komposisi senyawa kimia serat gelas .....	13
Tabel 2.5 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi.....	17
Tabel 2.6 Koefisien absorpsi beberapa material.....	21
Tabel 2.7 Penggunaan material komposit dan komposisinya.....	29
Tabel 2.8 Penggunaan material komposit dan komposisinya untuk pesawat komersial .....	30
Tabel 2.9 Penelitian terdahulu.....	34
Tabel 3.1 Rancangan penelitian .....	45
Tabel 4.1 Daerah serapan Polyurethane .....	60
Tabel 4.2 Daerah serapan komposit PU-serat gelas .....	62
Tabel 4.3 Hasil pengujian absorpsi suara .....	65
Tabel 4.4 Hasil pengujian lentur .....	67
Tabel 4.5 Hasil pengujian tarik .....	69
Tabel 4.6 Hasil uji densitas .....	71

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fase-fase dalam komposit .....	5
Gambar 2.2 Struktur bagan komposit.....	6
Gambar 2.3 Ikatan uretan dan reaksi pembentukan polyurethane .....	14
Gambar 2.4 Gelombang transversal .....	16
Gambar 2.5 Gelombang longitudinal .....	18
Gambar 2.6 Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik .....	22
Gambar 2.7 Kurva karakteristik material penyerap suara berpori .....	24
Gambar 2.8 Kurva pengaruh jarak antara material dengan Dinding Terhadap Koefisien Absorpsi Suara .....	25
Gambar 2.9 Kurva Karakteristik Material Penyerap Suara Tipe Resonansi.....	25
Gambar 2.10 Kurva Karakteristik Material Penyerap Suara Tipe Hemholtz .....	26
Gambar 2.11 Kurva Perpaduan Tiga Tipe Material Penyerap Suara.....	27
Gambar 2.12 Penggunaan material Komposit Pada Komponen Pesawat.....	30
Gambar 2.13 Gambar dashboard pada mobil .....	31
Gambar 2.14 Komponen bodi yang terbuat dari fiberglass.....	33
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	39
Gambar 3.2 Serat gelas.....	40

Gambar 3.3 Isocyanate.....	40
Gambar 3.4 polyol.....	40
Gambar 3.5 Cetakan pembuat spesimen .....	41
Gambar 3.6 Timbangan.....	41
Gambar 3.7 Gergaji.....	41
Gambar 3.8 Penggaris .....	42
Gambar 3.9 Gunting.....	42
Gambar 3.10 Mesin sieving.....	42
Gambar 3.11 Mesin absorpsi suara .....	43
Gambar 3.12 Mesin SEM.....	43
Gambar 3.13 Mesin uji bending.....	44
Gambar 3.14 Mesin FTIR .....	44
Gambar 3.15 Mesin Uji tarik.....	45
Gambar 3.16 Proses blending.....	47
Gambar 3.17 Rangkaian alat uji absorpsi suara .....	48
Gambar 3.18 Dimensi spesimen uji absorpsi suara.....	49
Gambar 3.19 Spesimen uji absorpsi suara.....	50
Gambar 3.20 Dimensi Spesimen uji lentur.....	51
Gambar 3.21 Spesimen uji bending .....	52
Gambar 3.22 Dimensi spesimen uji SEM .....	52
Gambar 3.23 Prinsip kerja SEM.....	53
Gambar 3.24 Spesimen uji SEM .....	54
Gambar 3.25 Spesimen uji FTIR.....	55
Gambar 3.26 Pengujian Densitas .....	55
Gambar 3.27 Dimensi spesimen uji tarik .....	56

Gambar 3.28 Spesimen uji tarik .....	56
Gambar 4.1 Hasil uji FTIR polyurethane .....	55
Gambar 4.2 Hasil FTIR komposit PU-serat gelas .....	57
Gambar 4.3 Hasil uji SEM perbesaran 50x .....	58
Gambar 4.4 Hasil uji SEM perbesaran 250x .....	59
Gambar 4.5 Hasil uji absorpsi suara.....	62
Gambar 4.6 Hasil uji bending.....	63
Gambar 4.7 Hasil uji tarik .....	65
Gambar 4.8 Hasil uji densitas.....	67

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB I** **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebisingan merupakan salah satu masalah kesehatan lingkungan di kota-kota besar. Bising adalah bunyi yang tidak dikehendaki yang dapat mengganggu dan membahayakan kesehatan. Lalu lintas jalan merupakan sumber utama kebisingan yang mengganggu sebagian besar masyarakat perkotaan. Menurut Kryter, tingkat kebisingan jalan raya dapat mencapai 70-80 dB (Purnanta dkk 2008).

Salah satu sumber bising lalu lintas jalan antara lain berasal dari kendaraan bermotor, baik roda dua, tiga maupun roda empat, dengan sumber penyebab bising antara lain dari bunyi klakson dan suara knalpot (Ikron dkk, 2007). Bashiruddin (2002) pada penelitiannya menemukan bahwa rata-rata intensitas bising kendaraan bajaj adalah 91 dB. Gesekan mekanis antara ban dengan badan jalan pada saat pengereman mendadak dan kecepatan tinggi, suara knalpot akibat penekanan pedal gas secara berlebihan atau knalpot imitasi, tabrakan antara sesama kendaraan, pengecekan perapian di bengkel pemeliharaan, dan frekuensi mobilitas kendaraan, baik dalam jumlah maupun kecepatan juga salah satu sumber kebisingan (Depkes, 1995).

Salah satu cara untuk mencegah perambatan/radiasi kebisingan pada komponen/struktur mesin, ialah dengan penggunaan material akustik yaitu material yang bersifat menyerap atau meredam suara sehingga bising yang terjadi dapat direduksi. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Farid dan Heriyanto (2013) menunjukkan adanya kinerja penyerapan suara material komposit berbasis serat natural dalam ruangan mencapai 99% dan hanya 1% energi suara yang terdefleksikan pada frekuensi 1255 Hz dan pada penelitian Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan, nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi 125Hz untuk material polyester berpenguat



---

serat rami dan pada frekuensi menengah 1000Hz untuk material polyester berpenguat serat bambu. juga menggunakan serat natural sebagai bahan absorpsi suara. Material yang bersifat lembut, berpori dan berserat diyakini mampu menyerap energi suara yang mengenainya. Dari ketiga sifat bahan tersebut, bahan berporilah yang sering digunakan. Hal ini karena bahan berpori retatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain (Lee, 2003).

Material berpori untuk menyerap suara salah satu aplikasinya yaitu berfungsi pada interior kendaraan. Hal ini sangatlah penting demi kenyamanan bahkan demi kesehatan pengguna. Sehingga dalam hal ini komponen serat juga penting, fungsi serat sendiri sebagai pengikat antara komponen komposit. Pada umumnya kebanyakan serat ada dua yaitu serat sintetis dan serat alam. Untuk penelitian ini, akan digunakan serat gelas sebagai penguat material komposit. Serat gelas merupakan serat sintetis yang paling banyak digunakan karena biaya produksi rendah, mudah didapatkan, Proses produksi sangat sederhana dan memiliki kekuatan yang tinggi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh komposisi serat gelas terhadap nilai koefisien absorpsi suara pada komposit dengan matriks polyurethane?
2. Bagaimana pengaruh komposisi serat gelas terhadap sifat mekanik pada komposit dengan matriks polyurethane?
3. Bagaimana pengaruh komposisi serat gelas terhadap morfologi pada komposit dengan matriks polyurethane?

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh komposisi serat gelas dengan matriks polyurethane terhadap nilai koefisien absorpsi suara terbaik komposit.



2. Menganalisa pengaruh komposisi serat gelas dengan matriks *polyurethane* untuk sifat mekanik komposit.
3. Menganalisa pengaruh komposisi serat gelas dengan matriks *polyurethane* terhadap morfologi komposit.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi serat dianggap merata.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendapatkan inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat sintetis dan dalam aplikasinya sebagai penyerap suara
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
3. Memberikan pengetahuan mengenai sifat mekanik komposit berpenguat serat gelas dan matrik *polyurethane* sebagai petunjuk proses produksi material pada otomotif yang dapat dimanfaatkan
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang



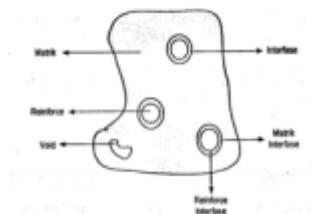
*(Halaman sengaja dikosongkan)*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Material Komposit

Suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan atau disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik (Jacobs dan Kilduff, 2005). Penguat biasanya bersifat elastis, dan mempunyai kekuatan tarik yang baik namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi, sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat material penyusunnya. Di dalam komposit dapat terbentuk interphase yaitu fase diantara fase matrik dan penguat yang dapat timbul akibat interaksi kimia antara fase matrik dan fase penguat.



**Gambar 2.1** Fase-fase dalam komposit

Material komposit memiliki banyak keuntungan dan kerugian, seperti yang dijelaskan oleh (Peter, 2002) di dalam table di bawah ini:

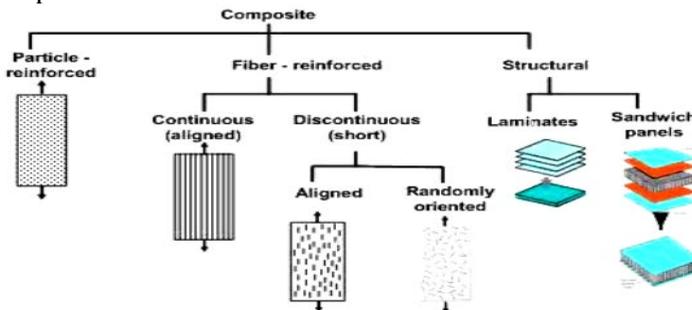


**Tabel 2.1.** Keuntungan dan kerugian dari komposit

Keuntungan	Kerugian
Berat Berkurang	Tidak efisien biaya dan waktu untuk fabrikasi
Kekuatan dan kekakuan dapat beradaptasi tergantung pembebanan	Sifat bidang bidang akan melemah
Biaya manufaktur rendah	Kelemahan matriks, kekerasan rendah
Konduktivitas listrik atau thermal dapat meningkat atau menurun	Matriks akan mengakibatkan degradasi lingkungan
Tahan terhadap korosi	Sulit dalam mengikat
Kehilangan sebagian sifat dasar material	Analisa sifat mekanik dan fisik sulit dilakukan

## 2.2 Klasifikasi Material Komposit

Pembagian komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini



**Gambar 2.2** Struktur Bagan Komposit

Berdasarkan Gambar 2.2 komposit menurut penguatnya dibedakan menjadi:

- 1. Particulate Composite Materials** (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran



sebagai filler (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.

2. **Fibrous Composite Materials (komposit serat)** terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
3. **Structural Composite Materials (komposit berlapis)** terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna. Untuk lebih jelasnya, pembagian komposit dapat dilihat pada gambar

Di bawah ini dibedakan lagi beberapa macam komposit partikel :

1. MMC (metal matrix composites) → Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam industri penerbangan
2. PMC (polymer matrix composites) → Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain
3. CERMET (ceramic metal) → CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride.



---

### 2.3 Serat/Fiber

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filament memiliki diameter 5 sampai 15  $\mu\text{m}$ , sehingga dapat diproses lebih lanjut (Gay, 2015). Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu,

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa sentimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan serat pendek untuk *injection molding*.
2. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya (Sulistijono, 2012).

### 2.4 Matriks

Matriks merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat bersama-sama. Matriks merupakan kontituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umumnya adalah ulet, kekuatan dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matrik yang umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik.



Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composite*) merupakan komposit dengan matriks berupa polimer seperti epoksi, poliester, urethane, diberi penguat berupa serat dengan diameter yang kecil seperti grafit, aramid, dan boron. Contohnya, komposit grafit/epoksi memiliki kekuatan lima kali lebih tinggi apabila dibandingkan dengan baja pada berat yang sama. Hal ini menjadi alasan penggunaan komposit matriks polimer yang luas, karena harga murah, kekuatan tinggi, dan proses manufaktur yang relatif sederhana.

Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite*) merupakan komposit dengan matriks berupa logam, seperti contoh aluminium, magnesium, dan titanium. Logam digunakan untuk meningkatkan atau menurunkan sifat untuk kebutuhan desain. Contohnya, kekakuan dan kekuatan logam dapat meningkat dan koefisien termal yang tinggi dan konduktivitas listrik dan panas dapat berkurang, dengan penambahan serat tertentu, misalnya *silikon karbida*. Kelebihan komposit matriks logam adalah memiliki spesifik kekuatan dan modulus yang lebih tinggi dengan menguatkan logam yang densitasnya rendah dan koefisien muai panas yang rendah. Apabila dibandingkan dengan Komposit matriks polimer, kelebihan adalah sifat elastis yang lebih tinggi, temperatur kerja yang lebih tinggi, tidak sensitif pada uap, konduktivitas listrik dan termal yang lebih tinggi, ketahanan gesekan, leleh, dan cacat yang lebih baik. (Sulistijono, 2012).

Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composite*) merupakan komposit yang menggunakan matriks keramik seperti alumina, alumina silikat, dan lain-lain. Kelebihan adalah memiliki kekuatan, kekerasan yang tinggi, tahan pada reaksi kimia, dan densitas yang rendah. Kombinasi serat dan matriks keramik menghasilkan sifat mekanik yang tinggi dan kemampuan temperatur kerja yang ekstrim (Kaw, 2006).



---

## 2.5 Interface

Interface dapat didefinisikan sebagai permukaan batas antara matrik dan penguat atau serat. Perilaku suatu komposit merupakan kombinasi dari penyusunnya, yakni serat atau penguat, matrik dan interface antara serat dan matrik (). Interface menentukan seberapa baik matrik mentransfer beban ke serat. Reaksi kimia, reaksi mekanik dan ikatan terdapat pada interface. Lemahnya interface dapat menyebabkan kerusakan pada komposit dan menurunkan pengaruh sifat matrik. Lemahnya interface dapat disebabkan karena adanya gas panas dan lembab antara serat. Dalam komposit berpenguat serat, interface yang dibutuhkan adalah interface dengan ikatan yang kuat (Autar K. Kaw, 2006).

Untuk komposit berpenguat serat, kekuatan interface bergantung pada nilai *surface to volume ratio* dari komposit. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

$$S/V = 2\pi r l / \pi r^2 = 2/r \quad (1)$$

dimana :

r : jari-jari serat

l : panjang serat

S : Surface

V : Volume

Agar kekuatan komposit meningkat, maka surface area yang dibutuhkan harus besar. Sehingga, agar surface area semakin besar, dibutuhkan jari-jari serat yang semakin kecil.

## 2.6 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya : jenis, bentuk geometris, struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat dan bahan penyusun, serta proses pembuatan.

Jumlah dari massa fiber dan matrik disebut total massa komposit, dapat dituliskan dengan persamaan :

---



$$\begin{aligned}m_c &= m_m + m_f \\ \rho_c \cdot V_c &= \rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f\end{aligned}\quad (3)$$

sehingga didapatkan massa jenis dari komposit :

$$\rho_c = (\rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f) / V_c \quad (4)$$

jika di rubah kedalam fraksi massa, maka persamaannya menjadi :

$$\rho_c = 1 / ( m_f/\rho_f + m_m/\rho_m ) \quad (5)$$

Untuk mempermudah perhitungan dari fraksi volum ataupun fraksi beratnya dapat dituliskan dengan persamaan :

$$M_{f1} + M_{f2} + M_m = 1 \quad (6)$$

$$V_f + V_m + V_v = 1 \quad (7)$$

Dimana :

- $m_c$  : massa komposit (gr)
  - $\rho_c$  : massa jenis komposit (gr/cm<sup>3</sup>)
  - $V_c$  : volume komposit (cm<sup>3</sup>)
  - $m_{f1}$  : massa fiber 1 (gr)
  - $\rho_{f1}$  : massa jenis fiber 1 (gr/cm<sup>3</sup>)
  - $V_{f1}$  : volume fiber 1 (cm<sup>3</sup>)
  - $m_{f2}$  : massa fiber 2 (gr)
  - $\rho_{f2}$  : massa jenis fiber 2 (gr/cm<sup>3</sup>)
  - $V_{f2}$  : volume fiber 2 (cm<sup>3</sup>)
  - $m_m$  : massa matrik (gr)
  - $\rho_m$  : massa jenis matrik (gr/cm<sup>3</sup>)
  - $V_m$  : volume matrik (cm<sup>3</sup>)
  - $M_{f1}$  : fraksi massa fiber 1
  - $M_{f2}$  : fraksi massa fiber 2
  - $M_m$  : fraksi massa matrik s
  - $V_{f1}$  : fraksi massa fiber 1
  - $V_{f2}$  : fraksi massa fiber 2
  - $V_m$  : fraksi massa matrik s
-



$V_v$  : fraksi massa void

## 2.7 Serat Gelas

Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pada penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat atau karakteristik yang dimilikinya. Serat gelas terbuat dari silica, alumina, lime, magnesia dan lain-lain. Keunggulan serat gelas terletak pada ratio (perbandingan) harga dan performance yaitu biaya produksi rendah, proses produksi sangat sederhana, Serat gelas banyak digunakan di industri-industri otomotif seperti pada panel-panel body kendaraan. Bahkan sepeda motor sekarang seluruh body terbuat dari komposit yang berpenguat serat gelas.

Komposit glass-epoxy dan glass-polyester diaplikasikan juga pada lambung kapal dan bagian-bagian pesawat terbang. Serat gelas terbagi menjadi 3 jenis yaitu serat E-glass, serat C-glass dan serat S-glass (Istanto, 2006). Sifat-sifat serat gelas dapat dilihat pada tabel 2.2, tabel 2.3 sifat serat E-glass dan table 2.4 senyawa kimia penyusun serat gelas

**Tabel 2.2** Sifat-sifat serat gelas (Istanto,2006)

No	<i>Jenis serat</i>		
	<i>E-glass</i>	<i>C-glass</i>	<i>S-glass</i>
1	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekakuan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari <i>E-glass</i>	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari <i>E-glass</i>	Harga lebih mahal dari <i>E-glass</i>

**Tabel 2.3** Sifat serat E-glass CSM (J.M.Bathelot dkk, 2008)

Sifat mekanis	Satuan	Nilai
<b>Diameter</b>	$\mu\text{m}$	12
<b>Densitas</b>	$\text{Kg.m}^{-3}$	2530-2600
<b>Modulus Elastisitas (E)</b>	GPa	7,3
<b>Kekuatan Tarik</b>	MPa	350
<b>Elongation</b>	%	4,8



**Tabel 2.4** Komposisi senyawa kimia serat gelas

Tipe serat	Komposisi senyawa kimia (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	BaO
E-glass	52,4	14,4	0,2	17,2	4,6	0,8	10,6	-	-
C-glass	64,4	4,1	0,1	13,4	3,3	9,6	4,7	0,4	0,9
S-glass	64,4	4,4	-	-	10,3	0,3	-	-	-

## 2.8 Polyurethane

*Polyurethane* merupakan *polymeric* material yang mengandung *urethane* grup (-NH-CO-O-) hasil reaksi dari *polyol* dengan *isocyanate*. Poliuretan dapat berupa serat yang mudah lengket. Suatu contoh Poliuretan yang amat sangat berpengaruh adalah *spandex*. *Polyurethane* dihasilkan dari reaksi *diisocyanates* dengan *di-alcohols*. Terkadang *di-alcohol* digantikan dengan suatu *diamin*, sehingga polimer yang didapat nantinya disebut *polyurea* yang memiliki suatu ikatan urea. Akan tetapi, pada umumnya sering disebut *polyurethane* juga (karena *polyurea* tidak begitu terkenal). *Polyurethane* dapat berikatan dengan baik dengan *hidrogen* sehingga dapat membentuk suatu kristal.

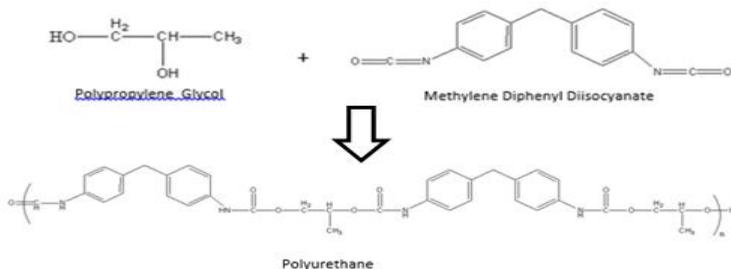
Oleh karena itu, *polyurethane* sering digunakan untuk *co-polymer* blok buatan dengan sifat elastis yang lembut khas polimer. *Co-Polymer* blok ini memiliki sifat termo-plastik *elastomers* (Anonim, 2007). Komponen utama yang penting dari suatu *polyurethane* adalah *isocyanate* yang molekulnya berisi dua *isocyanate* (*diisocyanates*). Molekul ini juga dikenal sebagai *monomers* atau monomer unit. *Isocyanates* dapat berbau harum, seperti *diphenylmethane diisocyanate* (MDI) atau *toluene diisocyanat* (TDI); atau alifatik, seperti *hexamethylene diisocyanate* (HDI) atau *isophorone diisocyanate* (IPDI).

Komponen kedua yang juga tak kalah penting dari suatu *polyurethane polymer* adalah *polyol* (Molekul yang berisi dua kelompok hidroksit atau *diols*, memiliki 3 kelompok hidroksit atau *triols*). Dalam prakteknya, *polyols* dibedakan 36 dari rantai yang pendek (*low-molecular*) seperti *ethylene glycol*, 1,4-*butanediol* (BDO), *diethylene glycol* (DEG), *gliserin*, dan



*trimethylol* sejenis metana (TMP). Sampai saat ini *polyurethane* telah banyak diaplikasikan untuk mengganti bahan-bahan seperti *rubber*, *metal*, *wood* dan *plastic*.

*Polyurethane* dibuat dengan mereaksikan molekul yang memiliki gugus isosianat dengan molekul yang memiliki gugus hidroksil. Dengan demikian, jenis dan ukuran setiap molekul pembentuk akan memberikan sumbangan terhadap sifat *polyurethane* yang terbentuk. Hal inilah yang membuat *polyurethane* menjadi polimer yang sangat fleksibel baik dalam sifat mekanik maupun aplikasinya. Saat ini, aplikasi *polyurethane* paling banyak (sekitar 70%) adalah sebagai bahan busa, kemudian diikuti dengan *elastomer*, baru kemudian sebagai lem dan pelapis. Pembuatan busa dari *polyurethane* dimungkinkan dengan menggunakan agen pengembang (*blowing agent*), yang akan menghasilkan gas pada saat terjadi reaksi sehingga *polyurethane* dapat membentuk busa. Jika *polyurethane* yang digunakan bersifat lunak, maka yang dihasilkan adalah busa lunak seperti pada kasur busa, alas kursi dan jok mobil. Ada juga jenis busa kaku (*rigid foam*), seperti pada insulasi dinding, insulasi lemari es, atau insulasi kedap suara. Busa *polyurethane* bersifat ulet dan tidak mudah putus. Dalam aplikasi sebagai insulasi dinding, *polyurethane* juga dapat dibuat menjadi tahan api dengan penambahan senyawa halogen.



**Gambar 2.3 Ikatan uretan dan reaksi pembentukan polyurethane**

(Sumber : repository.usu.ac.id)



Keunggulan *polyurethane* dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya (*rubber, metal, wood dan plastic*):

1. Tingkat kekerasan suatu *spare part* sangat penting dalam penggunaan suatu mesin. Dengan menggunakan bahan *polyurethane* kekerasan suatu *spare part* dapat diatur sedemikian rupa dari *hardness 10 shore A* sampai dengan *95 shore A*.
2. Mempunyai tingkat abrasi yang tinggi yang mengakibatkan *spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* tidak mudah aus.
3. *Spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* dapat *flexible* terhadap temperature rendah (*low temperature*), bahan dapat dioperasikan sampai dengan dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ .
4. *Spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* tidak mudah sobek, kekuatannya lebih baik dari bahan *rubber*. Pemakaian *polyurethane* di Indonesia sebagai bahan pendukung industry masih sangat tergantung pada impor, walaupun beberapa industri sudah mulai mencoba memproduksi *polyurethane* di dalam negeri. Banyaknya pabrik kertas, furnitur, industri otomotif dan industri alas kaki di Indonesia membuat prospek usaha di bidang *polyurethane* di masa depan cukup menjanjikan, asalkan kita mau tekun mendalami teknik pembuatan dan pencetakannya.

## 2.9 Gelombang dan Bunyi

### 2.9.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

---

---



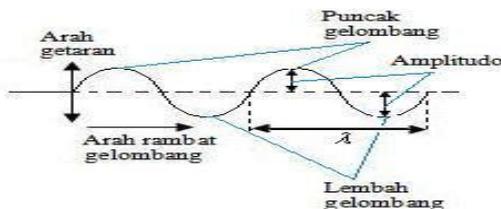
---

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

- Gelombang mekanik:  
Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium.  
Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.
- Gelombang elektromagnetik:  
Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma ( $\gamma$ ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Gelombang transversal  
Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya.



**Gambar 2.4** Gelombang transversal



Keterangan :

$\lambda$  = panjang gelombang ( m )

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan  $v$  dan satuannya m/s. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati satu titik, satuannya sekon. Hubungan antara  $v$ ,  $\lambda$ ,  $T$ , dan  $f$  ialah :

$$f = 1/T$$

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.

**Tabel 2.5** Jarak rentang frekuensi sumber bunyi

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440

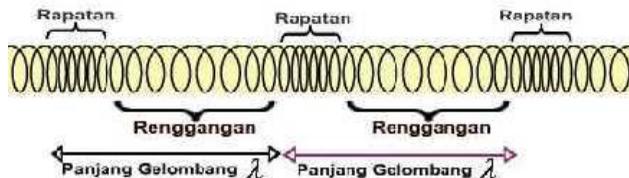


Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

(sumber: repository.usu.ac.id.2008)

- o Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



**Gambar 2.5** Gelombang Longitudinal

## 2.9.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound



Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972).

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi, yaitu:

- Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
- Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk

---



---

menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman, 1988).

Syarat terdengarnya bunyi ada tiga macam yaitu ada sumber bunyi, ada medium (udara), dan ada penerima/pendengar.

## 2.10 Koefisien Serap Bunyi

Penyerap jenis berserat adalah penyerap yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral *wool (rockwool atau glasswool)*. Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian. Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan sehingga yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009).

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini



**Tabel 2.6** Koefisien absorpsi beberapa material

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

Sumber : Doelle, Leslie L, 1993.

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serapan bunyi dari material.

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.9), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.

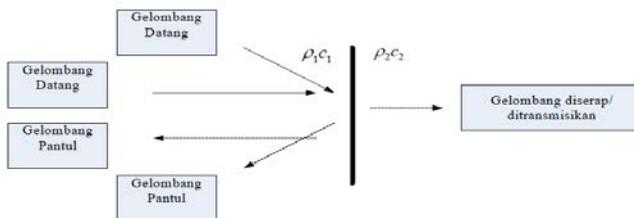


3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada gambar 2.8, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$  kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$  dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$  dan energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan



**Gambar 2.6** Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik



Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut. Secara matematis dapat ditulis seperti rumus berikut :

$$\alpha = \text{Absorbed Sound Energy} / \text{Incident Sound Energy}$$

$$\alpha = 1 - [R]^2 = 1 - [Z_2 - \rho_1 c_1 / \rho_1 c_1 + Z_2]^2$$

dimana :

$$Z_2 = \rho_2 c_2 = \text{Applied force} / \text{Particle Velocity}$$

= Impedansi pada bahan ( kg/m<sup>2</sup> s = rayls )

$$\rho_1 = \text{Kerapatan udara ( kg/m<sup>3</sup> )}$$

$$\rho_2 = \text{Kerapatan bahan}$$

$$C_1 = \text{Cepat rambat bunyi diudara ( m/s )}$$

$$C_2 = \text{Cepat rambat bunyi pada bahan}$$

Dengan R adalah koefisien refleksi suara, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan gelombang suara yang dipantulkan terhadap tekanan gelombang suara yang datang. Persamaan tersebut menggunakan asumsi bahwa tidak ada suara yang ditransmisikan atau diteruskan.

## 2.11 Material Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos*, yang artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Fenomena suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan, maka suara tersebut akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*), dan diteruskan (*transmitted*) (Ruijgrok, 1993). Medium

---

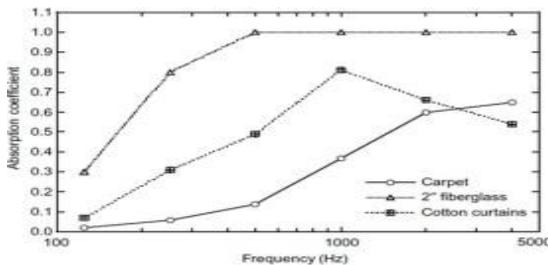


gelombang bunyi dapat berupa zat padat, cair, ataupun gas. Frekuensi gelombang bunyi dapat diterima manusia berkisar antara 20 Hz sampai dengan 20 kHz, atau dinamakan sebagai jangkauan yang dapat didengar (*audible range*) (Young dan Freedman, 2003).

Bahan penyerap suara atau lebih sering disebut material kedap suara memiliki peranan penting untuk mengendalikan suara dalam suatu tempat atau ruangan. Menurut Howard dan Angus (2009), material penyerap suara dibagi menjadi dua tipe utama, yaitu tipe berpori (*porous absorber*) dan tipe resonansi (*resonant absorber*).

Material penyerap suara yang berpori, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen gelombang suara dengan permukaan material. Contoh material penyerap suara adalah karpet, *foam*, *glasswool*, *cellulose fiber* dan material lunak lainnya.

Tipikal kurva karakteristik penyerapan energi suara sebagai fungsi frekuensi dapat dilihat pada gambar berikut.

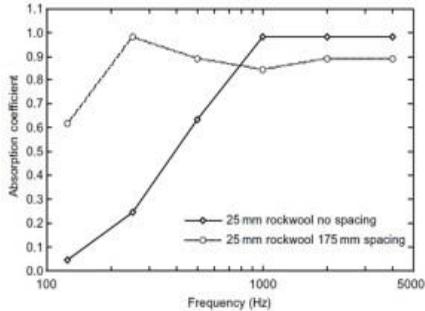


**Gambar 2.7** Kurva karakteristik material penyerap suara berpori (Howard dan Angus, 2009)

Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energi suara lebih besar antara frekuensi rendah atau menengah, apabila jarak antara material ke dinding atau ketebalan material lebih

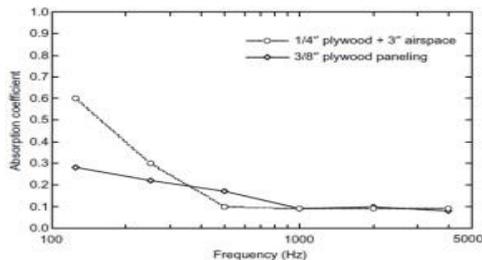


besar daripada seperempat panjang gelombang yang ingin dikendalikan, sebagai mana kurva berikut.



**Gambar 2.8** Kurva pengaruh jarak antara material dengan dinding terhadap koefisien absorpsi suara (Howard dan Angus, 2009)

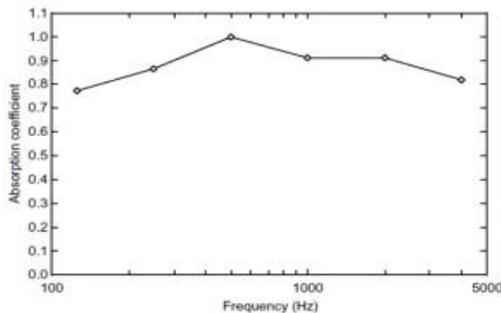
Sedang bahan penyerap suara tipe resonansi seperti bahan kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada didalamnya (seperti udara atau material berpori lainnya). Bahan tipe ini lebih dominan menyerap energi suara dengan frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan tipe ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya. Berikut tipikal respon frekuensi bahan penyerap suara tipe resonansi.



**Gambar 2.9** Kurva karakteristik material penyerap suara tipe resonansi (Howard dan Angus, 2009)



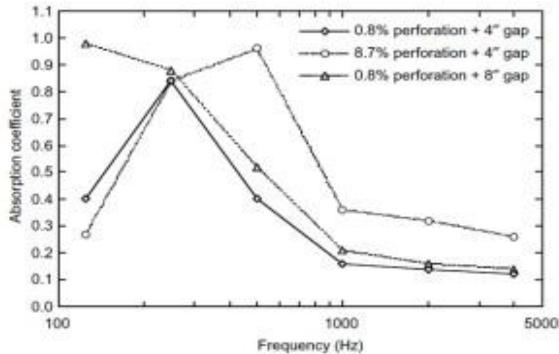
Tipe lain dari bahan penyerap suara tipe resonansi adalah Resonator Hemoltz. Efektifitas kerja penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperang di pipa atau leher diatas bidang berisi udara (bentukan seperti botol). Permukaan berlobang menjadi ciri utama resonator jenis ini, yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, volume



ruang udaranya dan leher.

**Gambar 2.10** Kurva karakteristik material penyerap suara tipe Hemoltz (Howard dan Angus, 2009)

Jika material yang diinginkan adalah material yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah dan tinggi), maka perpaduan dari ketiga tipe material tersebut dapat dikombinasikan. Kombinasi antara komponen gesekan dengan kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara, akan menyebabkan kinerja penyerapan suara oleh material lebih besar untuk seluruh daerah frekuensi.



**Gambar 2.11** Kurva perpaduan tiga tipe material penyerap suara Berikut adalah data koefisien absorpsi dari material akustik berdasarkan Hemond Jr dan Conrad J (1983).

## 2.12 Standar Nilai untuk Kebisingan (dB) pada Interior Kendaraan

Kebisingan telah ada sejak tahun 1929 dimana produksi kendaraan bermotor dan roda empat diproduksi. Pada tahun 1978 standard untuk kebisingan untuk interior sebuah kendaraan yaitu sebesar 82dB. Tetapi, untuk sekarang standard kebisingan diturunkan menjadi 65dB untuk mobil *Mercedes AMG*. Standard ini sudah berlaku dan di diterapkan setelah tahun 1978, atau tepatnya tahun 2008 oleh beberapa negara di Eropa. Dalam produksinya mobil di Eropa harus melalui standard uji untuk kebisingan ini, karena jika tidak memenuhi akan ditarik dari produksi dan tidak bisa dipasarkan secara luas. Standard tersebut hanya berlaku untuk kendaraan umum atau bermesin bensin biasa. Untuk kendaraan besar dengan mesin diesel seperti *jeep* untuk *off-road*, standard kebisingannya berkisar antara 74-76 dB.

Hal ini sudah menjadi aturan baru bagi negara Eropa untuk memiliki mobil dengan standard kebisingan seperti diatas. Tentu akan menjadi illegal untuk menjual mobil tidak memenuhi standard kebisingan. Sebuah peraturan baru Uni Eropa sedang



---

dirancang dan akan dipublikasikan mulai Juli 2016. Peraturan (UE) No 540/2014, menyatakan akan membuat aturan secara ketat selama 10 tahun untuk standard kebisingan tersebut, bersamaan juga dengan tes dan penyelidikan untuk mengetahui standard kebisingan sebuah kendaraan. Dimana pada tahun 2026 standard nilai suatu kebisingan untuk sebuah kendaraan sebesar 68 dB (A). (*Sumber : Auto decibel cars interior*)

## **2.13 Aplikasi Komposit Secara Umum**

### **2.13.1 Pesawat dan Militer**

Sebagian besar dunia penerbangan dan dunia militer terutama untuk badan pesawat sudah banyak menggunakan bahan komposit sebagai penyokong strukturnya. Hal ini dikarenakan untuk mengurangi berat yang berada pada badan pesawat dan menambah kecepatan untuk bisa terbang. Pada tahun 1969, pesawat F-14 telah menggunakan *boron fiber* dengan *reinforced epoxy resin* sebagai komponen untuk material komposit yang diaplikasikan pada badan pesawatnya. Dimana pada tahun ini juga dikenalkan dan dikembangkan material komposit sebagai bahan untuk struktur badan pesawat. Biasanya dibuat untuk bagian sayap, interior ataupun bagian yang lainnya. (P.K Mallick, 2007)

Dalam dunia militer, salah satu bentuk aplikasi material komposit dibuat untuk pesawat stealth. Pesawat ini bisa terbang dengan kecepatan yang sangat tinggi karena bahannya yang ringan atau *lightweight*, lalu juga mempunyai lapisan badan pesawat yang khusus, dan tentunya juga anti radar serta anti panas dari senjata yang dipunyai oleh lawan. Stealth ini dibuat dari *carbon fibre* dengan *reinforced* dari *polymers* tentu dengan pembuatan yang sangat khusus. Berikut di bawah ini adalah gambar penggunaan material komposit di dunia militer :



**Tabel 2.7** Tabel penggunaan material komposit dan komposisinya

**TABLE 1.3**  
**Early Applications of Fiber-Reinforced Polymers in Military Aircrafts**

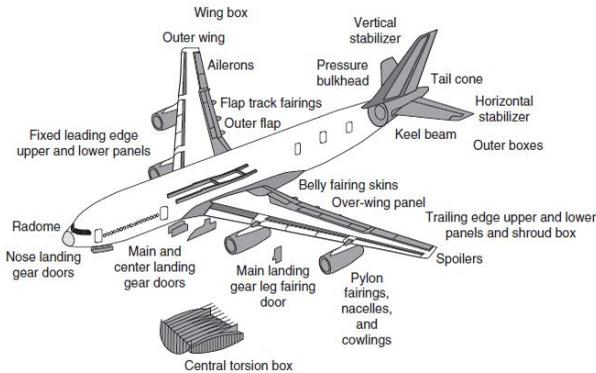
Aircraft	Component	Material	Overall Weight Saving Over Metal Component (%)
F-14 (1969)	Skin on the horizontal stabilizer box	Boron fiber-epoxy	19
F-11	Under the wing fairings	Carbon fiber-epoxy	
F-15 (1975)	Fin, rudder, and stabilizer skins	Boron fiber-epoxy	25
F-16 (1977)	Skins on vertical fin box, fin leading edge	Carbon fiber-epoxy	23
F/A-18 (1978)	Wing skins, horizontal and vertical tail boxes; wing and tail control surfaces, etc.	Carbon fiber-epoxy	35
AV-8B (1982)	Wing skins and substructures; forward fuselage; horizontal stabilizer; flaps; ailerons	Carbon fiber-epoxy	25

Source: Adapted from Riggs, J.P., *Mater. Soc.*, 8, 351, 1984.

untuk pesawat militer

(Sumber : the carbon fibers in the construction of the aircraft contributes to its military aircraft characteristics, 2006)

Sedangkan pada tahun 1972-1986 aplikasi material komposit ini diaplikasikan ke beberapa bagian badan pesawat dengan menggunakan *carbon fiber* dengan *reinforced epoxy* yang mempunyai kekuatan yang tinggi. Salah satu pesawat buatan negara Prancis yaitu *Airbus*, sudah menggunakan teknologi material komposit ini sejak tahun 1987. Terbukti sejak pertama kali menggunakan bahan komposit untuk struktur badan pesawat mereka, terbukti dengan penggunaan material komposit ini mereduksi berat badan pesawat sekitar 10% atau sekitar 400kg dari penggunaan bahan logam aluminium. Biasanya untuk pemasangannya di door panel, floor, di bagian badan luar, dan beberapa bagian lainnya. Di bawah ini adalah penggunaan material komposit di pesawat komersil berserta beberapa bagiannya di badan pesawat. (P.K Mallick, 2007)



**Gambar 2.12** Penggunaan material komposit pada komponen pesawat

**Tabel 2.8** Tabel penggunaan material komposit dan komposisinya untuk pesawat komersial

Aircraft	Component	Weight (lb)	Weight Reduction (%)	Comments
<i>Boeing</i>				
727	Elevator face sheets	98	25	10 units installed in 1980
737	Horizontal stabilizer	204	22	
737	Wing spoilers	—	37	Installed in 1973
756	Ailerons, rudders, elevators, fairings, etc.	3340 (total)	31	
<i>McDonnell-Douglas</i>				
DC-10	Upper rudder	67	26	13 units installed in 1976
DC-10	Vertical stabilizer	834	17	
<i>Lockheed</i>				
L-1011	Aileron	107	23	10 units installed in 1981
L-1011	Vertical stabilizer	622	25	

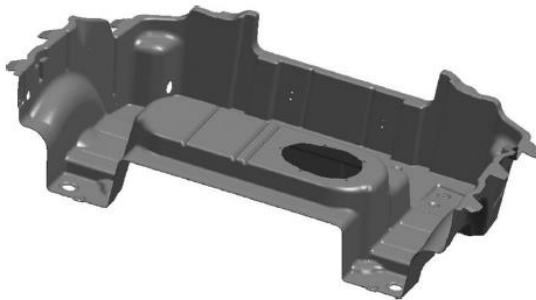
### 2.13.2 Industri Otomotif

Dalam dunia otomotif sekarang banyak digunakan pula material komposit pengganti logam. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, komponen *body*, *chasis* dan bagian mesin. Secara umum banyak diaplikasikan pada *door panel* dengan *fiberglass*



dan juga matriksnya yaitu *polyester resin*. Proses pembuatannya menggunakan *sheet molding compound (SMC)* atau *compression molding*. Tidak hanya untuk membuat *door panel*, tetapi SMC ini digunakan untuk membuat *dashboard*, bumper mobil, kap mobil.

Selain itu juga penggunaan material komposit bisa mengurangi penggunaan logam yang makin mahal. Selain itu keuntungan dari penggunaan material komposit ini terletak pada bahannya yang mudah didapat apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian *suspension*, *engine block*, dan *gearbox* pun juga dibuat dari bahan bermaterial komposit. Di bawah ini adalah bagian *dashboard* dan *engine* yang menggunakan material komposit.



**Gambar 2.13** Gambar *dashboard* pada mobil  
(Sumber : Courtesy of Molded Fiber Glass and American Composites Alliance, 2007)

#### **2.14 Aplikasi Komposit Fiberglass pada Otomotif**

Bahan Komposit yang Digunakan Fiberglass atau serat kaca telah dikenal sejak lama, dan bahkan peralatan-peralatan yang terbuat dari kaca mulai dibuat sejak awal abad ke-

---



---

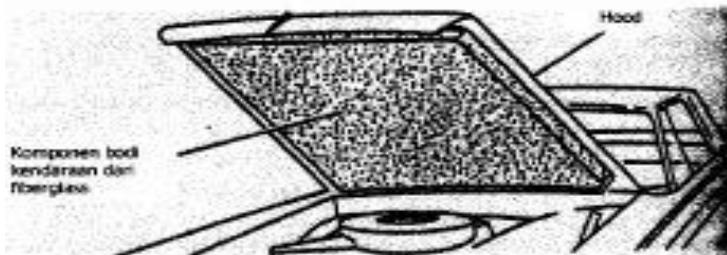
18. Mulai akhir tahun 1930-an, fiberglass termasuk dalam Fiber Composite dikembangkan melalui proses filament berkelanjutan (continuous filament process) sehingga mempunyai sifat-sifat yang memenuhi syarat untuk bahan industri, seperti kekuatannya tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperature tinggi. Pemanfaatan fiberglass untuk produk otomotif sudah sangat luas, tidak hanya untuk membuat bodi kendaraan akan tetapi juga untuk beberapa komponen kendaraan yang lain. Penggunaan yang paling populer memang untuk membuat komponen bodi kendaraan. Selain tahan karat, juga lebih tahan benturan, mudah dibentuk, bila rusak akan lebih mudah diperbaiki, dan lebih ringan. Menggunakan bahan fiberglass, kendaraan dimungkinkan akan lebih hemat konsumsi bahan bakar.

Pemanfaatan fiberglass di Indonesia masih terbatas untuk pembuatan komponen bodi kendaraan minibus dan bus saja. Belum ada kendaraan jenis sedan rakitan dalam negeri yang mencantumkan spesifikasi aslinya sebagai bodi dengan bahan fiberglass, semuanya masih menggunakan pelat baja. Akan tetapi pemanfaatan fiberglass di luar negeri sudah jauh lebih luas. Fiberglass banyak dipergunakan untuk pembuatan mobil-mobil sport dengan produksi terbatas. Fiberglass juga banyak dipergunakan untuk pembuatan mobil-mobil kit yang dijual secara terurai dan dirakit sendiri oleh pembelinya. Pemanfaatan fiberglass yang paling banyak dan paling luas adalah di pabrik kendaraan yang membuat kendaraan masa depan dalam rangka penelitian. Di samping fiberglass, rancangan dan konsep mobil masa depan tersebut biasanya terbuat dari aluminium atau serat karbon. Di samping mudah dibentuk mengikuti model yang rumit sekalipun, kecenderungan teknologi masa depan kelihatan akan mengarah ke penggunaan

---



bahan komposit ini. Untuk sektor industri komponen, pemanfaatan bahan fiberglass juga sudah cukup meluas. Produsen kendaraan besar sudah memanfaatkannya untuk membuat komponen-komponen tertentu. Daimler Benz misalnya memanfaatkan fiberglass untuk pembuatan bodi dan bagian-bagian interior. Produsen mobil Opel memanfaatkannya untuk pembuatan bagian-bagian bodi yang disyaratkan super kuat, sedangkan produsen mobil Porsche banyak memanfaatkannya untuk membuat bagianbagian interior atap geser (sliding roof), bumper, dan spoiler. Khusus untuk bumper dan spoiler, di negara kita sudah banyak bengkel kecil yang mampu membuatnya dari bahan fiberglass. Pada (Gambar 8.) ini memperlihatkan salah satu pemanfaatan fiberglass untuk pembuatan komponen bodi kendaraan.



**Gambar 2.14** komponen bodi yang terbuat dari fiberglass  
(UNY,1004)



## 2.15. Penelitian Terdahulu Komposit Serat Alam

**Tabel 2.9** Tabel Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian	
			Uji Absorpsi Suara	Uji Sifat Mekanik
Farid, Hosta, dan Vania	Polymer reinforced natural fiber (ramie or bamboo fiber)		-Pada frekuensi 125 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,836	-
			-Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,537 polyester berpenguat serat bambu	
			Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,973 pada polyester	



			berpenguat serat bambu	
Bella dan Farid	Serat bambu betung dan rami dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	<p>-Pada frekuensi 500 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,347</p> <p>-Pada frekuensi 1000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,376</p> <p>-Pada frekuensi 2000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,404</p> <p>-Pada frekuensi 4000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,435</p>	—
Suban dan Farid	Serat ampas tebu dengan	Metode hand lay-up	-Pada frekuensi 500 Hz, nilai rata	-Pada uji lentur didapatkan nilai



	matriks gypsum		<p>rata sebesar <math>\alpha</math> 0,665</p> <p>-Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata rata sebesar <math>\alpha</math> 0,132</p> <p>-Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata rata sebesar <math>\alpha</math> 0,090</p> <p>-Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata rata sebesar <math>\alpha</math> 0,110</p>	<p>rata rata sebesar 1,73 Mpa</p> <p>-Pada uji tekan didapatkan nilai rata rata sebesar 1,74 Mpa</p>
Agung dan Farid	Serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks	Metode hand lay-up	-Pada frekuensi 630 Hz, nilai rata rata sebesar $\alpha$ 0,354	-Pada uji lentur didapatkan nilai rata rata sebesar 1,71 Mpa



	gypsum		<p>-Pada frekuensi 1250 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,385</p> <p>-Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,380</p> <p>-Pada frekuensi 3150 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,416</p> <p>-Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata-rata sebesar 0,424</p>	<p>-Pada uji tekan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,63 Mpa</p>
Textile Research Journal	<i>Non Woven fibre and polypropy</i>	-	<p>-Pada frekuensi 700 Hz, nilai rata</p>	-



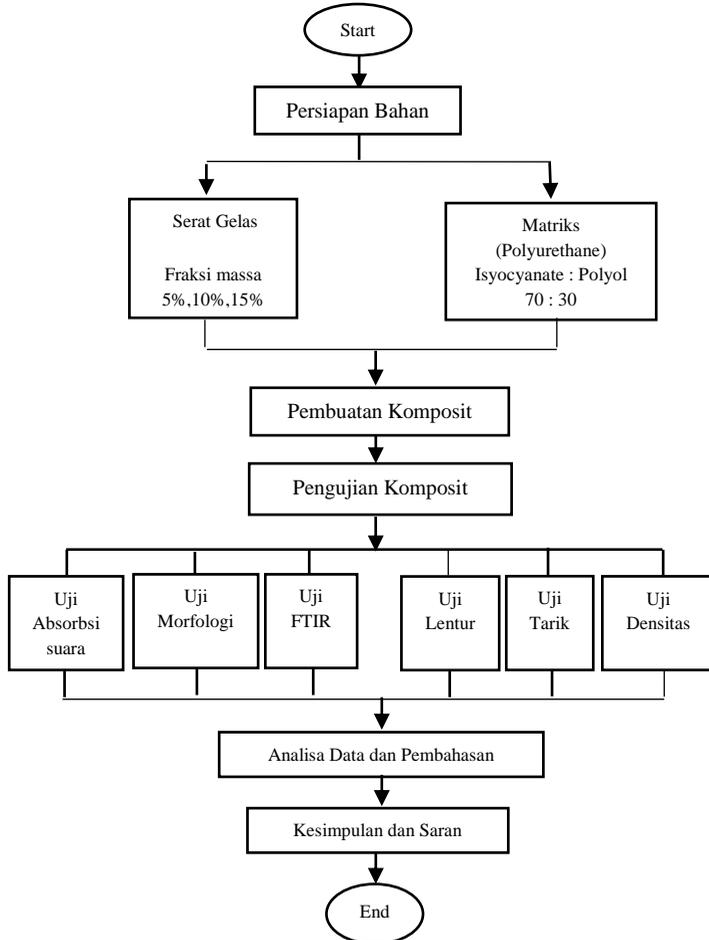
1 (D.V.P arikh, 2006)	<i>lene or polyethyle ne</i>		rata $\alpha$ sebesar 0,65  -Pada frekuensi 1200 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,53  -Pada frekuensi 2200 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,27  -Pada frekuensi 3200 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,53	
--------------------------------	--------------------------------------	--	--	--



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



---

## 3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat Gelas



**Gambar 3.2** Serat Gelas

2. Polyurethane A (Isocyanate)



**Gambar 3.3** Isocyanate

3. Polyurethane B (Polyol)



**Gambar 3.4** Polyol



### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

#### 1. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji



**Gambar 3.5** cetakan pembuatan spesimen

#### 2. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan



**Gambar 3.6** Timbangan

#### 3. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong bambu agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



**Gambar 3.7** Gergaji



- 
- 
4. Penggaris digunakan untuk mengukur panjang serat, dan dimensi spesimen



**Gambar 3.8** Penggaris

5. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong serat



**Gambar 3.9** Gunting

6. Mesin Sieving

Mesin sieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.10** Mesin Sieving



7. Mesin Uji Absorpsi Suara

Mesin uji absorpsi suara milik Laboratorium Akustik Material di Jurusan Teknik Fisika ITS



**Gambar 3.11** Mesin uji absorpsi suara

8. Mesin SEM

Mesin SEM dengan nama Inspect S-50 yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS



**Gambar 3.12** Mesin Scanning Electron Microscope



### 9. Mesin Uji Bending

Mesin uji bending dengan nama AUTOGRAPH yang digunakan milik laboratorium UNAIR



**Gambar 3.13** Mesin Uji Bending

### 10. Mesin FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.14** Mesin FTIR



### 11. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik dengan nama AUTOGRAPH yang digunakan milik laboratorium UNAIR



Gambar 3.15 Mesin Uji Tarik

### 3.3 Variabel Penelitian

Pembuatan komposit serat gelas dengan matriks *Polyurethane* (70PPI:30PPG) dengan variasi komposisi serat gelas 5%,10%,15%

### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

No	Komposit PU-Serat gelas	Pengujian					
		Uji Lentur	Uji Tarik	SEM	Uji Densitas	FTIR	$\alpha$
1.	PU A (Isosyanate) : Pu B (Polyol) (70:30) Fraksi massa serat gelas 5%,10%,15%	v	v	v	v	v	v



---

## **3.5 Metode Penelitian**

### **3.5.1 Persiapan Bahan**

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

#### **3.5.1.2 Pengolahan Serat Gelas**

1. Serat gelas digunting kecil-kecil dan halus
2. Serat yang sudah kecil-kecil dan halus di meshing untuk didapatkan ukuran yang homogen sebesar 244 – 450 $\mu$ m

#### **3.5.1.3 Pengolahan Matriks Polyurethane**

1. Phenyl-Isocyanate (Polyurethane A) dan PolyPropylene Glycol (Polyurethane B) dimasukkan dalam wadah berbeda lalu ditimbang sesuai perhitungan

#### **3.5.1.4 Pembuatan Cetakan**

1. Untuk cetakan uji absorpsi suara terbuat dari pipa pvc dengan diameter 105 mm dan tinggi 10 mm
2. Untuk Cetakan Uji Bending terbuat dari seng dengan ukuran 128x25x4 mm

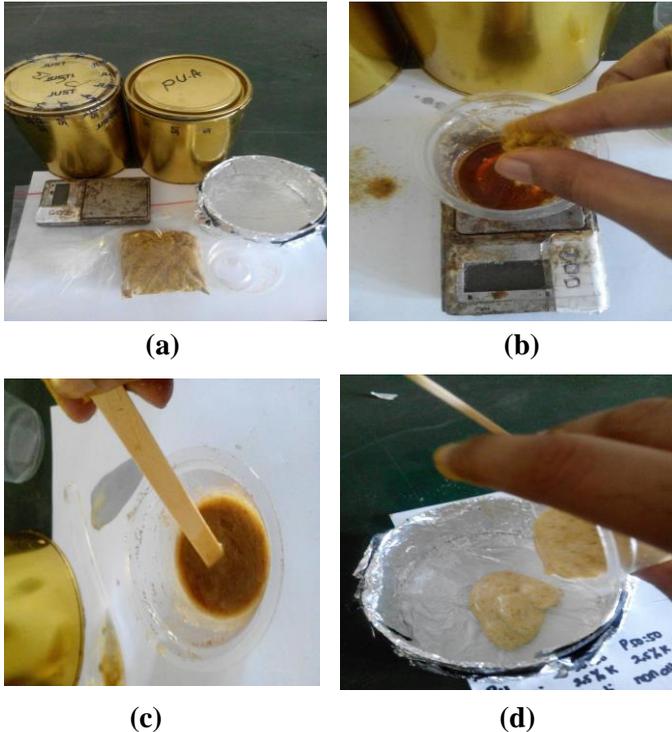
#### **3.5.1.5 Pembuatan Komposit**

##### **1. Metode Blending**

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan mencampurkan serat gelas, dan polyurethane berdasarkan komposisi yang telah disiapkan.
2. Setelah mencampurkan semuanya, semua bahan diaduk selama  $\pm 3$  menit.
3. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah tersedia. Di dalam cetakan diberikan



aluminium foil agar material mudah dikeluarkan dan menghindari adanya ikatan antara matriks beserta serat dengan cetakan PVC nya.



**Gambar 3.16** Proses blending (a) PU A, PU B, serat gelas (b) mencampurkan PU A, PU B dan serat gelas yang diukur dengan timbangan, (c) pengadukan secara merata, (d) menuangkan campuran PU A, PU B, dan serat gelas ke cetakan.

### 3.5.1.6 Pembongkaran Spesimen

1. Setelah spesimen komposit mengering dan mengeras, cetakan dapat dibongkar



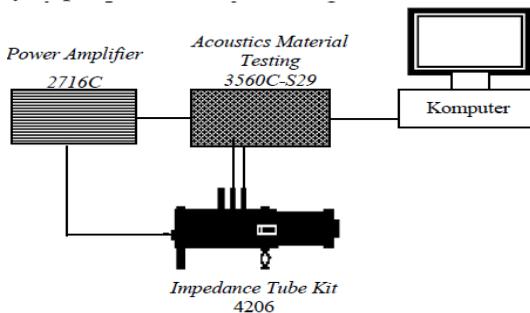
2. Spesimen dapat diambil dari cetakan tersebut.

### 3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

#### 3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E-1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 105mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impendansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



**Gambar 3.17** Rangkaian alat uji absorpsi suara

Rangkaian alat terdiri dari:

- 1) *Acoustic material testing* 3560C-S29: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
- 2) *Power Amplifier* 2716C: Untuk menguatkan gelombang bunyi
- 3) *Impedance Tube kit* 4206: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
- 4) *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian .



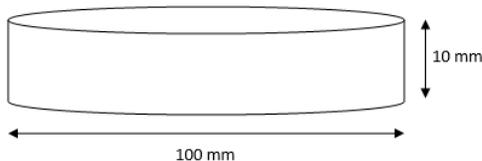
Pengujian *Absorption* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada ampliflier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter

Data yang diperoleh akan dimasukkan ke persamaan

$$L = L_{maks} - L_{min} \quad \text{Eq. (3.1)}$$

$$n = \log_{10}^{-1} \frac{L}{20} \quad \text{Eq. (3.2)}$$

$$\alpha = \frac{4}{n + \frac{1}{n} + 2} \quad \text{Eq. (3.3)}$$



**Gambar 3.18** Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara

Metode yang digunakan dalam uji absorpsi suara pada penelitian ini adalah *Two Microphone Impedance Tube Technique* (Transfer Function Method). Nilai koefiesn absorpsi suara ( $\alpha$ ) dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini :



$$R = \frac{H_l - H_r}{H_r - H_l} e^{j2k(l+s)} \quad \text{Eq. (3.4)}$$

Dimana :

R = Koefisien refleksi sample

$H_l$  = *Frequency Response Function* (FRF) dari tabung impedansi

$H_i$  = FRF terkait dengan komponen gelombang datang

$H_r$  = FRF terkait dengan gelombang pantul

$k$  = nomor gelombang

$l$  = Jarak antara microphone dan sample

$s$  = jarak antar microphone

$$\alpha = |1 - R|^2 \quad \text{Eq. (3.5)}$$

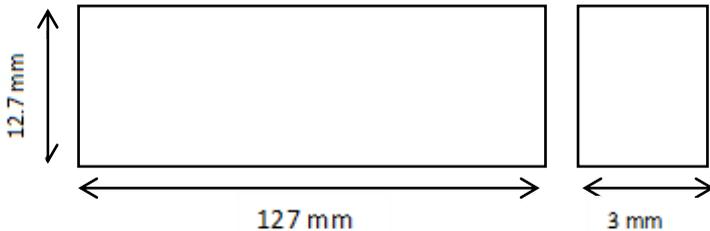


**Gambar 3.19** Spesimen Uji Absorpsi Suara



### 3.5.2.2 Pengujian Kelenturan

Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Unair Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 127x12.7x3 mm.



**Gambar 3.20** Dimensi spesimen uji lentur

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \quad \text{Eq. (3.6)}$$

Keterangan :

$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (Kg/cm<sup>2</sup>)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

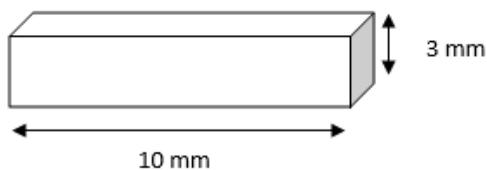
d = tebal spesimen (cm)



**Gambar 3.21** Spesimen Uji Bending

### 3.5.2.3 Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)

Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morphology (sifat permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 10x10x3mm



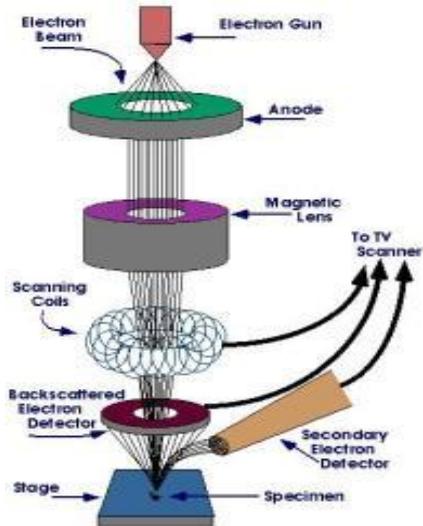
**Gambar 3.22** Dimensi spesimen Uji Morfologi

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik



Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar. 3.23 Prinsip Kerja SEM



**Gambar 3.24** spesimen uji SEM

#### **3.5.2.4 Uji FTIR**

Pada penentuan senyawa yang terdapat pada polyurethane 1 dan polyurethane 2 perlu dilakukan uji FTIR untuk mengetahui kandungan dan jenis polyol dan isocyanate yang berada diproduk tersebut. FTIR dengan nama thermo scientific nicoleet iS dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Bahan yang dilakukan uji FTIR adalah polyurethane A, polyurethane B, polyurethane murni (pencampuran PU A dan B), komposit PU-serat gelas.

Untuk pengujian FTIR sampel yang digunakan adalah PU A (Polypenil Isosyanate), PU B (Polypropylen Glycol), PU murni (PPI+PPG), Komposit (PU+serat gelas). Sementara uji densitas menggunakan spesimen dari absorpsi suara yaitu dengan cara menghitung massa spesimen dan volume spesimen. spesimen FTIR akan tampak seperti gambar 4.5 dibawah ini.



**Gambar 3.25** spesimen uji FTIR

### 3.5.2.5 Uji Densitas

Uji densitas menggunakan ASTM C271-99. Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa dan volume dari masing-masing spesimen komposit.



(a)

(b)

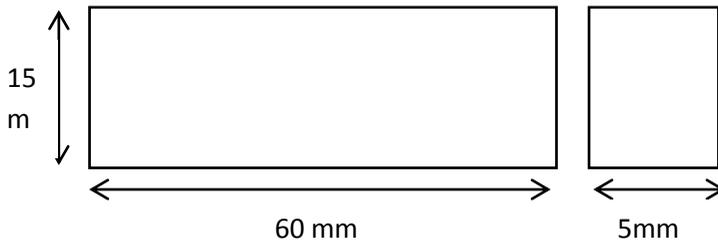
(c)

**Gambar 3.26** Pengujian Densitas (a) gelas ukur, (b) gelas ukur+spesimen, (c) gelas ukur+air+spesimen



### 3.5.2.6 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material serta modulus elastisitasnya. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Unair Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D-3039 00. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 60x15x5 mm



**Gambar 3.27** Dimensi spesimen uji tarik



**Gambar 3.28** Spesimen Uji Tarik



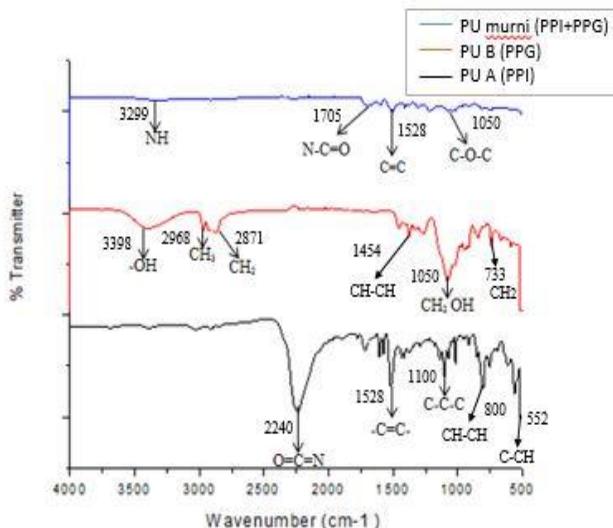
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

#### 4.1.1 Analisa Hasil FTIR Polyurethane

Proses pembuatan polyurethane dilakukan dengan mencampurkan antara isocyanate dan polyol. Di pasaran polyurethane dijual dalam 2 produk yaitu polyurethane A dan polyurethane B. Polyurethane A merupakan isocyanate dan polyurethane B adalah polyol.

Gambar 4.1 menunjukkan hasil uji FTIR penyusun polyurethane dan polyurethane murni. bergaris warna hitam tersebut terlihat ikatan  $O=C=N$  pada puncak gelombang tertinggi pada  $2240\text{ cm}^{-1}$ , ikatan inilah yang teridentifikasi bahwa polyurethane A merupakan isocyanate. Terdapat juga ikatan  $C=C$  pada puncak gelombang  $1528\text{ cm}^{-1}$ ,  $C-C-C$  pada  $1100\text{ cm}^{-1}$ .



**Gambar 4.1** Hasil Uji FTIR PU A (Isocyanate), PU B (polyol) dan PU murni (PPI+PPG)



**Tabel 4.1** Daerah serapan PU A (Isocyanate), PU B (polyol) dan PU murni (PPI+PPG)

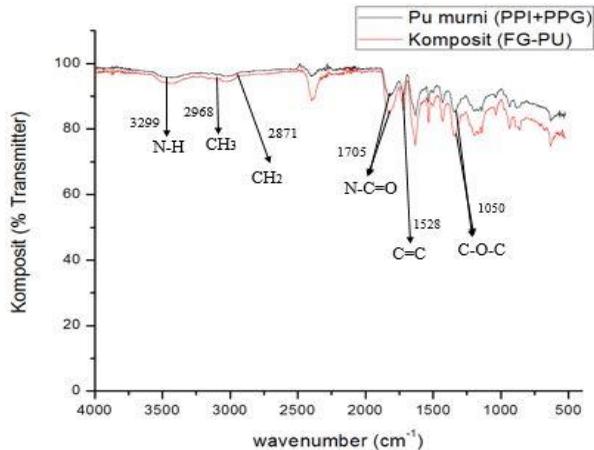
Wavenumber	Ikatan	Gugus
1528	C=C	Aromatic
1100	C-C-C	Alkana
2240	O=C=N	Isocyanate
1050	CH <sub>2</sub> OH	Hidroksil
2871	CH <sub>2</sub>	Alkana
2968	CH <sub>3</sub>	Alkana
3398	-OH	Hidroksil
1050	C-O-C	Eter
1705	N-C=O	Urethane
3299	NH	Alkohol

Pada gambar 4.1 bergaris warna merah, terlihat adanya ikatan OH pada puncak gelombang 3398 cm<sup>-1</sup> dan pada CH<sub>2</sub> puncak gelombang 2871 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus glycol. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Polyurethane B adalah Polyol. Selain itu terdapat juga ikatan CH<sub>3</sub> pada puncak gelombang 2968 cm<sup>-1</sup> serta ikatan CH<sub>2</sub>OH pada 1050 cm<sup>-1</sup>.

Gambar 4.1 bergaris warna biru menunjukkan terdapat gugus urethane yaitu N-C=O pada puncak gelombang 1223 cm<sup>-1</sup> serta ikatan NH pada puncak gelombang 3299 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan bahwa material tersebut merupakan Polyurethane. Selain itu terdapat ikatan C=C pada puncak gelombang 1528 cm<sup>-1</sup>, C-O-C pada 1050 cm<sup>-1</sup>.

#### 4.2.2 Analisa Hasil FTIR Komposit Serat Gelas

Komposit merupakan suatu material yang dibuat dengan cara mencampurkan kedua bahan yaitu matriks sebagai pengikat antar komponen dan reinforcement sebagai penguat atau filler. Dari hasil uji FTIR ini akan dianalisa komposit polyurethane dengan serat gelas. Analisa ini bertujuan untuk membuktikan bahwa tidak terjadi reaksi antara matriks dengan seratnya.



**Gambar 4.2** Perbandingan hasil uji FTIR komposit serat gelas dan polyurethane murni

**Tabel 4.2** Daerah serapan Komposit PU-Serat gelas dan PU Murni

Daerah Serapan	Ikatan	Gugus
497	C-H	Alkana
1223	C-N	Nitril
1307	CH-CH <sub>3</sub>	Alkana
2871	CH <sub>2</sub>	Alkana
2968	CH <sub>3</sub>	Alkana
3299	N-H	Alkana

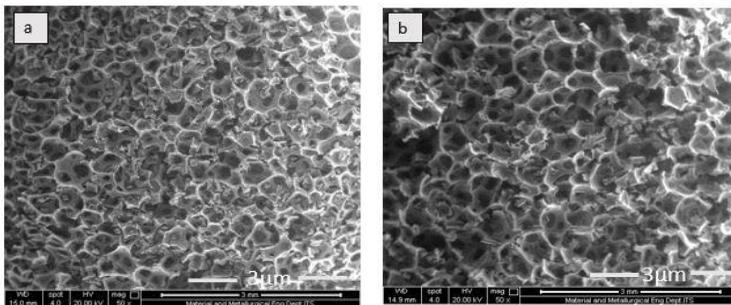
Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan antara komposit serat gelas dan polyurethane sebagai matriks. Grafik keduanya memiliki gelombang yang sama. Hal tersebut dapat mengindikasikan tidak terjadi reaksi antara serat gelas dan polyurethane untuk melihat adanya indikasi serat gelas di komposit dapat dilihat pada pembahasan pengujian SEM berikut ini.



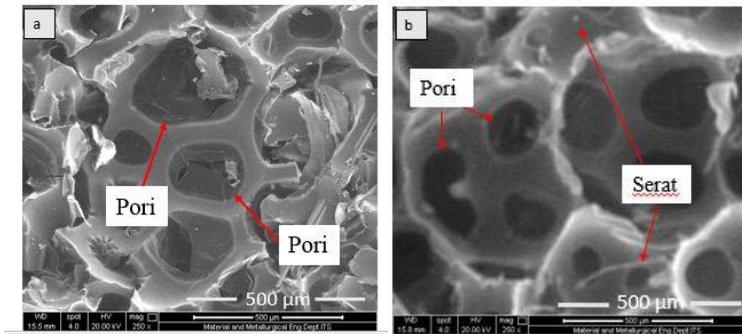
### 4.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

Morfologi dari polyurethane murni, komposit PU-serat dan komposit PU-serat gelas ditunjukkan dengan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*. Hasil morfologi ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Spesimen uji SEM dibuat dengan dimensi 10x10x10 mm lalu dilapisi coating AuPd setelah itu dimasukkan kedalam alat uji SEM.

Gambar 4.3 menunjukkan hasil SEM dengan perbesaran 50x. Pada pengamatan SEM tersebut terlihat bahwa morfologi yang dihasilkan pada polyurethane murni (70PPI:30PPG) memiliki struktur sel terbuka, memiliki pori yang kecil dan lebih rapat dibandingkan komposit PU-serat gelas yang memiliki pori yang sedikit lebih besar. ketika PU ditambahkan serat gelas 15%, maka morfologi komposit PU-serat gelas sel pori terbuka semakin besar. namun karena struktur sel pori terbuka membuat komposit sedikit lebih besar. Sebenarnya perbedaan keterbukaan pori antara PU murni dan komposit PU-serat gelas tidak terlalu berbeda. Tetapi karena bentuk serat serbuk maka dalam gambar SEM akan terlihat seperti titik titik dan distribusi seratnya akan tidak merata (non uniform). Serat akan berkumpul pada satu titik.



**Gambar 4.3** Hasil Uji SEM (a) polyurethane (70PPI:30PPG), (b) Komposit PU (70PPI:30PPG)-15%FG perbesaran 50x



**Gambar 4.4** Hasil Uji SEM (a) polyurethane (70PPI:30PPG),  
(b) Komposit PU (70PPI:30PPG)-15%FG  
dengan perbesaran 250x.

Pada penampakan Gambar 4.4 komposit PU-serat gelas dengan perbesaran 250x teridentifikasi serat gelas yang sangat sedikit, tersebut dapat diakibatkan karena dimensi serat yang terlalu kecil sehingga tidak tersebar merata dan serat berbentuk serbuk dengan ukuran 250-450 mikro mesh sehingga terlihat menyatu dengan menyusutnya pori komposit. Selain itu fraksi massa serat yang kecil (15%) membuat serat sulit untuk diobservasi. Tetapi ada satu serat yang tampak panjang terdektesi karena kurangnya pemotongan penghalusan serat. Pemilihan fraksi massa serat pada nilai tersebut dikarenakan komposit berpori tidak mengembang sempurna dan berlebihan ketika fraksi massa lebih dari 15%. Hal ini disebabkan karena penambahan filler meningkatkan viskositas pada campuran selama proses foaming. (R.Verdojo, dkk. 2009). Semakin besar fraksi massa serat, semakin besar spesimen komposit mengembang maka semakin besar pula pori yang terbentuk, hal ini terbukti dari penelitian (qomariyah, farid. 2016) dimana komposit PU-bambu 15% memiliki pori yang lebih besar. Pada komposit PU murni terlihat dinding pori sedikit mengalami perobekan karena pada saat pembuatan komposit yang memakai



---

serat PU lebih mengembang besar dibanding dengan serat gelas. Namun pori juga bisa tidak terlalu besar hal ini terbukti dari penambahan serat gelas pada komposit karena faktor. Komposit PU-serat gelas lebih rapat karena densitas dari serat gelas sendiri juga lebih besar dibanding serat bambu, pada saat pembuatan komposit hal ini membuat PU-serat gelas mengalami proses pengembangan yang tidak terlalu besar dibandingkan Komposit PU-serat bambu yang densitasnya lebih kecil sehingga PU mengembang dengan cepat dan semakin besar pula porinya akibat serat yang ringan.

#### 4.4 Koefisien Absorpsi Suara

Pengujian koefisien absorpsi dilakukan sesuai dengan standar metode ASTM E1050 tentang pengujian material akustik. Pengujian dilakukan di Laboratorium Vibrastic Teknik Fisika FTI ITS. Cetakan absorpsi suara sendiri dibuat dari potongan pipa PVC dengan dimensi 110mm dan tinggi 30mm. Perangkat yang digunakan meliputi dua mikrofon, amplifier, tabung impedansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Spesimen dipasang dalam tabung impedansi dengan posisi melintang menggunakan penyangga plastisin. Kemudian dipancarkan gelombang suara dengan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Gelombang yang datang dari mikrofon diserap oleh permukaan spesimen dan ditangkap kembali oleh mikrofon yang kedua. Hasil dari gelombang suara yang datang dan tertangkap kemudian dianalisis untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi. Nilai koefisien absorpsi suara kemudian diolah oleh software pulse 4.6 dan disajikan dalam bentuk nilai alfa. Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  memiliki range 0 sampai 1.

Hasil pengujian absorpsi suara yang telah dilakukan ditunjukkan oleh tabel 4.3 berikut:

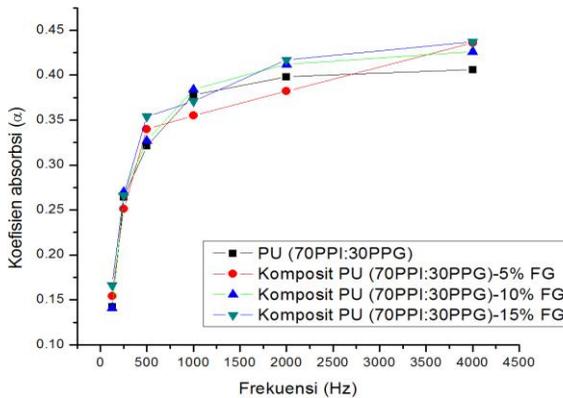


**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Frekuensi (Hz)	PU murni (70PPI:30PPG)	Komposit PU (70PPI:30PPG)-FG%		
		5%	10%	15%
125	0.142	0.154	0.141	0.166
250	0.264	0.251	0.270	0.266
500	0.321	0.340	0.327	0.354
1000	0.378	0.355	0.384	0.371
2000	0.398	0.382	0.412	0.417
4000	0.406	0.435	0.436	0.437

Berdasarkan tabel 4.3 tersebut terlihat bahwa  $\alpha$  tertinggi tercapai pada frekuensi tinggi. Hal ini menandakan komposit serat gelas dengan matriks polyurethane sebagai porous absorber. Nilai  $\alpha$  tertinggi terjadi karena kapasitas absorpsi suara terjadi (Howard, 2011)

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa penambahan serat meningkatkan nilai  $\alpha$  dari PU murni. Pertambahan nilai  $\alpha$  yang paling besar terjadi pada fraksi massa 15% serat gelas mencapai 0.437 pada frekuensi 4000Hz. Hal tersebut didukung oleh hasil SEM bahwa pori yang terbentuk pada komposit PU-serat gelas memiliki dimensi pori yang sedikit lebih besar dibandingkan PU murni. Dimana memang semakin besar pori maka semakin bagus kemampuan material untuk menyerap suara. Namun Pada komposit PU-serat gelas 15% terjadi penurunan nilai  $\alpha$  dibanding komposit PU-serat bambu 15% dikarenakan faktor densitas yang dimiliki komposit PU-serat gelas tinggi, sehingga ketika ada pertambahan fraksi serat bisa menyebabkan ukuran pori mengecil (Chan Wen Shan, 2012). Jika ukuran pori mengecil kemampuan material menyerap suara juga rendah. Dimana komposit pada PU-serat bambu memiliki nilai alfa 0,439 (qomariyah, farid. 2016)



**Gambar 4.5** Hasil Uji Absorpsi Suara ( $\alpha$ )

Nilai  $\alpha$  yang rendah yang dihasilkan dari pengujian bertolak belakang dengan konsep material penyerap suara yang memiliki struktur berpori. Meskipun matriks polyurethane merupakan material berpori, namun menurut penelitian S.Mahzan (2012) menyatakan bahwa semakin banyak presentase polyurethane dalam komposit serat gelas dapat menurunkan koefisien absorpsi suara komposit. Lalu menurut penelitian Bulent ekici dkk (2012) menyatakan bahwa faktor tebal spesimen bisa berpengaruh. Pengurangan ketebalan spesimen absorpsi suara dari 2cm ke 1cm menyebabkan nilai  $\alpha$  sangat rendah yaitu 0.2 pada frekuensi 2000 Hz.

#### 4.5 Uji Bending

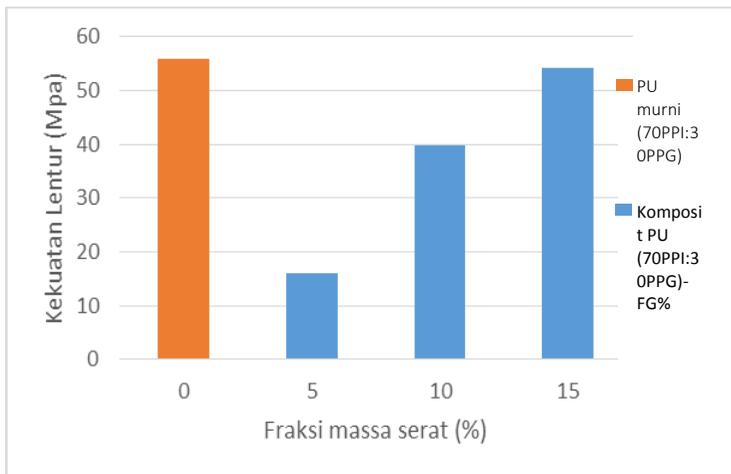
Komposit serat gelas pada penelitian ini juga membutuhkan pengujian mekanik termasuk bending dan Tarik perlu dilakukan guna mengetahui kemampuan mekanik komposit yang digunakan dalam penelitian ini sehingga dapat diaplikasikan di doorpanel demi kenyamanan dan keselamatan pengendara.



Uji bending komposit serat dilakukan di laboratorium farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian kekuatan lentur PU murni (70PPI:30PPG) komposit PU- serat gelas%

	PU murni (70PPG:30PPI)	Komposit PU (70PPI:30PPG)-FG%		
Fraksi massa (%)	-	5	10	15
Kekuatan Lentur (Mpa)	55.88	15.96	39.91	54.28



**Gambar 4.6** Hasil uji bending

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.6 menunjukkan hasil uji bending PU murni, komposit serat gelas dengan perbandingan penyusun polyurethane 70PPI:30PPG. Diketahui bahwa nilai kekuatan lentur polyurethane murni tanpa serat sebesar 55.88



---

MPa. Ketika ditambahkan serat gelas sebesar 5% kekuatan lentur menurun menjadi 15.96 MPa. Pada fraksi serat gelas 10% kekuatan lentur naik yaitu sebesar 39.91 MPa dan terus naik sebesar 54.28 MPa ketika fraksi massa serat sebesar 15%. Tapi ketika ditambahkan serat kekuatan lentur terus naik dari fraksi massa serat gelas 5%, 10%, dan 15%. Hal ini membuktikan bahwa jika semakin banyak serat gelas ditambahkan ke PU maka kekuatan lenturnya akan menyaingi kekuatan lentur PU murni.

Hal tersebut disebabkan karena memang pada dasarnya kekuatan mekanik pada serat gelas tinggi jika dibandingkan dengan serat natural bambu. khusus pada komposit PU-serat bambu, menurut Rahman (2011), penambahan serat ini akan mengakibatkan penurunan nilai kekuatan dan sifat mekanik dari material komposit. Sifat mekanik disini adalah bending (kelenturan) dan uji tarik. Dikarenakan pada proses alkalisasi bertujuan untuk meningkatkan ikatan interface pada komposit tetapi hal ini membuat serat menjadi sangat rapuh karena lignin yang di dalam serat dihilangkan lewat proses tersebut. Tetapi pada penambahan fraksi serat selanjutnya nilai kekuatan bending akan ikut meningkat.

Menurut Gayatri (2014) kurangnya serat yang ditambahkan akan menurunkan kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan, sehingga dapat dilihat dalam bentuk patahannya setelah dilakukan pengujian terlihat lebih getas dikarenakan kurangnya serat yang ditambahkan. Berdasarkan gambar 4.6 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan serat ke dalam komposit maka akan semakin meningkatkan nilai kekuatan lentur terhadap beban yang diterima oleh material komposit.

#### **4.6 Uji Tarik**

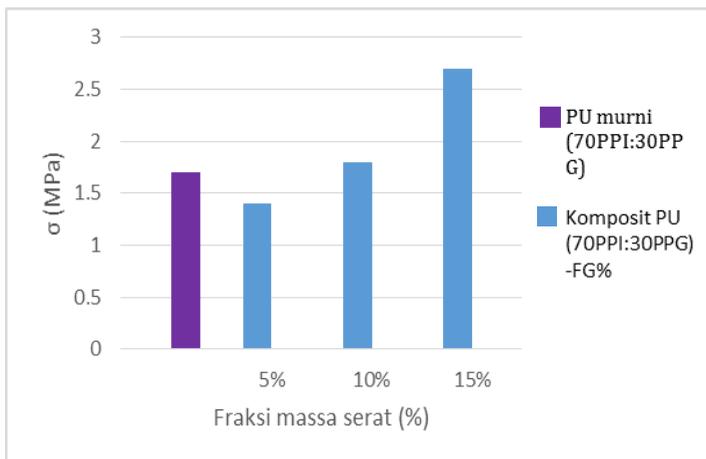
Cetakan untuk uji tarik dibuat menggunakan seng yang dibentuk dengan dimensi 100x10x5 mm sesuai dengan ASTM D-3039 00. Yang mana dibuat dengan metode blending. Dari



pengujian kekuatan tarik yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian kekuatan tarik PU murni (70PPI:30PPG), dan komposit PU-Serat gelas

	PU murni (70PPG:30PPI)	Komposit PU (70PPI:30PPG)-FG%		
Fraksi massa (%)	-	5	10	15
Kekuatan Tarik (N/cm <sup>2</sup> )	1.7	1.4	1.8	2.7



**Gambar 4.7** Hasil uji Tarik

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.7 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit PU-serat gelas dengan fraksi massa 15% serat gelas mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 2.7 MPa. Sedangkan pada spesimen 100%PU mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 1.7 MPa.



---

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan tarik terendah ada pada spesimen komposit PU-serat gelas 5% sebesar 1.4 MPa. Dari hasil pengujian tarik didapatkan hasil bahwa PU murni mempunyai nilai kekuatan tarik hampir sama dengan yang komposit PU-serat gelas 10% sebesar 1.8 MPa. Namun dengan penambahan serat gelas kekuatan tarik bisa lebih tinggi.

Sama halnya dengan spesimen uji kelenturan hal yang menyebabkan spesimen komposit PU-Serat gelas lebih tinggi adalah karena memang pada dasarnya kekuatan mekanik pada serat gelas lebih tinggi dibandingkan serat bambu. namun pada dasarnya kekuatan serat bambu hamper menyamai kekuatan serat gelas, tetapi pada penelitian (qomariah, farid. 2016) kekuatan Tarik pada komposit kayu yg dihasilkan rendah yaitu sebesar 0.9 pada fraksi massa serat 15% dan proses alkalisasi pada serat mengakibatkan ikatan interface yang semakin kuat akan tetapi mengakibatkan serat rapuh karena lignin yang hilang pada serat sehingga menurunkan kekuatan serat dalam menahan beban. (Rahman, 2011). Tetapi seiring bertambah banyaknya fraksi massa serat maka akan menambah kekuatan tarik dari material komposit tersebut (Gayatri, 2014).

#### 4.6 Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen untuk diketahui massa jenisnya.

Tabel 4.6 berikut merupakan tabel hasil uji densitas yang dilakukan pada spesimen PU murni dan komposit serat gelas. Pada hasil pengukuran komposisi penyusun polyurethane 70:30 murni didapat densitas sebesar  $0.115\text{g/cm}^3$ . Sementara pada komposisi komposit PU-Serat gelas diketahui bahwa pada fraksi massa 5% didapat densitas sebesar  $0.083\text{ g/cm}^3$ , kemudian pada fraksi massa 10% densitas meningkat menjadi  $0.11\text{ g/cm}^3$  dan pada 15% meningkat menjadi  $0.128\text{ g/cm}^3$ .

Sedangkan pada hasil pengujian komposisi penyusun polyurethane 70:30 murni didapat densitas sebesar  $0.11\text{g/cm}^3$ .

---



Sementara pada komposisi komposit PU-Serat gelas diketahui bahwa pada fraksi massa 5% didapat densitas sebesar  $0.05 \text{ g/cm}^3$ , kemudian pada fraksi massa 10% densitas meningkat menjadi  $0.09 \text{ g/cm}^3$  dan pada 15% meningkat menjadi  $0.10 \text{ g/cm}^3$ . Setiap penambahan serat akan menaikkan densitas. Densitas juga dipengaruhi oleh fraksi massa perbandingan PU A dan PU B. semakin besar fraksi massa PU A maka semakin besar nilai densitasnya.

**Tabel 4.6** Perbandingan densitas PU murni (70PPI:30PPG), komposit PU-serat gelas dengan Pengukuran

Fraksi massa (%)	PU murni (70PPG:30PPI)	Komposit PU (70PPI:30PPG)-FG%		
	-	5	10	15
Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	$0.115 \pm 0.0009$	$0.083 \pm 0.0039$	$0.11 \pm 0.0041$	$0.128 \pm 0.0078$

**Tabel 4.7** Perbandingan densitas PU murni (70PPI:30PPG), komposit PU-serat gelas dengan Pengujian

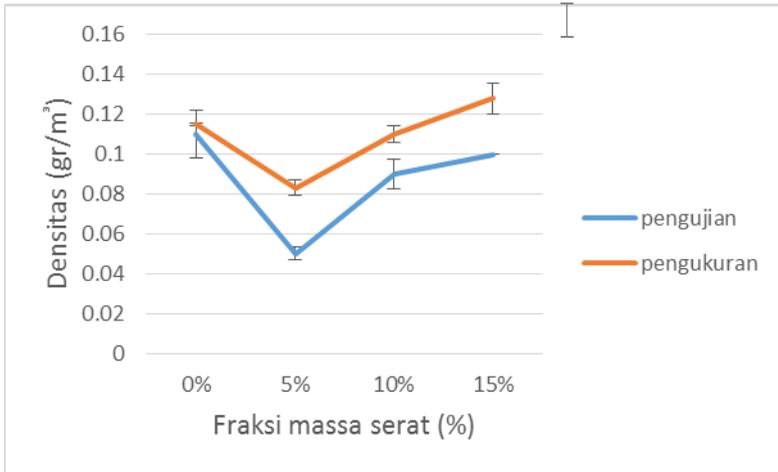
Fraksi massa (%)	PU murni (70PPG:30PPI)	Komposit PU (70PPI:30PPG)-FG%		
	-	5	10	15
Densitas	$0.11 \pm 0.01181$	$0.05 \pm 0.$	$0.09 \pm 0.$	$0.10 \pm 0$



---

---

(g/cm <sup>3</sup> )		00328	00738	
----------------------	--	-------	-------	--



**Gambar 4.8** Hasil Uji Densitas

Pada hasil pengukuran dan pengujian ternyata didapatkan perbedaan hasil densitas antara keduanya, namun trennya tetap sama. Dan dari Gambar 4.8 dapat diartikan bahwa semakin banyak penambahan serat maka akan semakin meningkatkan massa jenis atau densitasnya. Terbukti dengan bertambahnya fraksi massa serat maka nilai densitas akan terus meningkat dibuktikan dengan tabel 4.8

Tetapi bila dibandingkan dengan teori nilai densitasnya turun, dikarenakan gelembung atau foam dari spesimen polyurethane serat gelas lebih banyak dibanding PU. Menurut Katrine Sivertsen (2007), jumlah void yang banyak akan mengakibatkan jumlah gas dalam void akan bertambah. Gas ini mempunyai kekuatan mekanik yang dapat menurunkan sifat mekanik dari foam atau void tersebut. Berarti akan mengakibatkan turunnya densitas pula. Hal ini dibuktikan dengan



nilai densitas eksperimen yang lebih kecil daripada teori. Karena pada saat eksperimen, polyurethane mengembang dengan volume tertentu dan semakin mengembang akan semakin banyak void dan gas.



*(Halaman sengaja dikosongkan)*

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN**

**Massa Jenis Serat gelas**

$P = \text{Massa} / \text{Volume}.$

Volume silinder :  $3.14r^2t$

Keterangan :

Massa dalam gr

r dalam cm

t dalam cm

Diketahui:

Massa: 4 gr

r : 0.75cm

t : 2.4 cm

$$P = 4 / 3.14 \times 0.73^2 \times 2.4$$
$$= 1.719 \text{ gr/cm}^3$$

**Perhitungan Komposisi**

Massa Komposit : 20 gr

A. 5% serat

Serat :  $5\% \times 20 \text{ gr} = 1 \text{ gr}$

Polyurethane:  $20\text{gr} - 1 \text{ gr} = 19\text{gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 19 \text{ gr} = 13.3\text{gr}$

polyol :  $30/100 \times 19 \text{ gr} = 5.7 \text{ gr}$

B. serat 10%

Serat :  $10\% \times 20 \text{ gr} = 2 \text{ gr}$

Polyurethane:  $20\text{gr} - 2 \text{ gr} = 18 \text{ gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 18 \text{ gr} = 12.6 \text{ gr}$

polyol :  $30/100 \times 18 \text{ gr} = 5.4\text{gr}$

C. serat 15%

Serat :  $15\% \times 20 \text{ gr} = 3 \text{ gr}$

Polyurethane:  $20\text{gr} - 3 \text{ gr} = 17\text{gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 17 \text{ gr} = 11.9\text{gr}$

polyol :  $30/100 \times 17 \text{ gr} = 5.1 \text{ gr}$

## LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

### Hasil Pengujian Absorpsi Suara PU (70PPI:30PPG) -Murni



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 13/PRO/VIBRASTIC/VI/16  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 100% PU dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jumat, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 2 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alpha
125	0.147357
250	0.26421
500	0.321143
1000	0.378292
2000	0.398387
4000	0.406276

#### Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat disimpulkan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada di luar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika-ITS

Dr. Dhaou Anianto SI, M.Eng.  
NIP. 19731007 199802 1 001

## -5% Serat gelas



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 08/PRO/VIBRASTIC/VI/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 5% FG dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jumat, 03 Juni 2016 pukul 01.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 2,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0,15392
250	0,251568
500	0,340247
1000	0,355188
2000	0,382395
4000	0,43583

### Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

Dr. Dhanu Arifianto S.T., M.Eng  
NIP. 19731007 199802 1 001

## -10% Serat gelas



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 07/PRO/VIBRASTIC/VI/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 10% FG dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 01.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 2,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0,141025
250	0,270032
500	0,327208
1000	0,38363
2000	0,411704
4000	0,426203

### Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng  
NIP. 19731007 199802 1 001

## -15% Serat gelas



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 09/PRO/VIBRASTIC/VI/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 15% FG dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 01.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 3 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.16639
250	0.265681
500	0.354383
1000	0.371291
2000	0.417084
4000	0.437208

### Kesimpulan

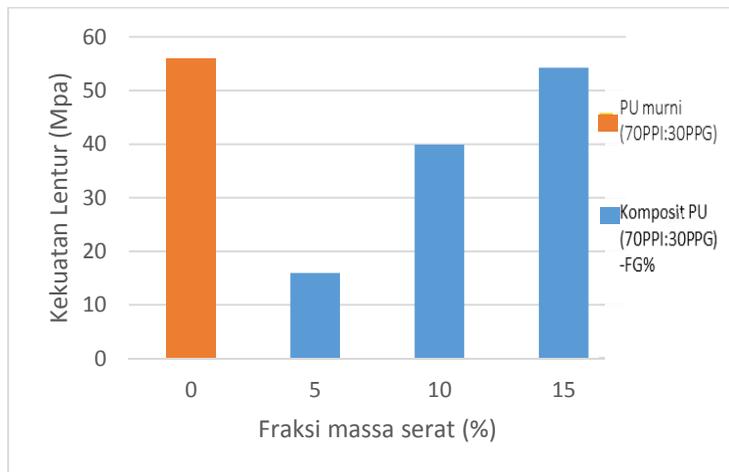
Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada di luar ruang tersebut.

Mengeluhi,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

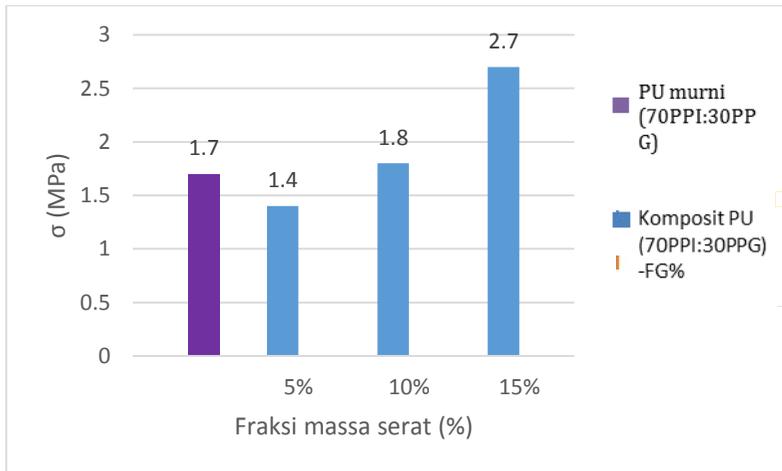
Dr. Dhany Arifianto S1, M.Eng  
NIP. 197310071998021001

## Hasil Uji Bending

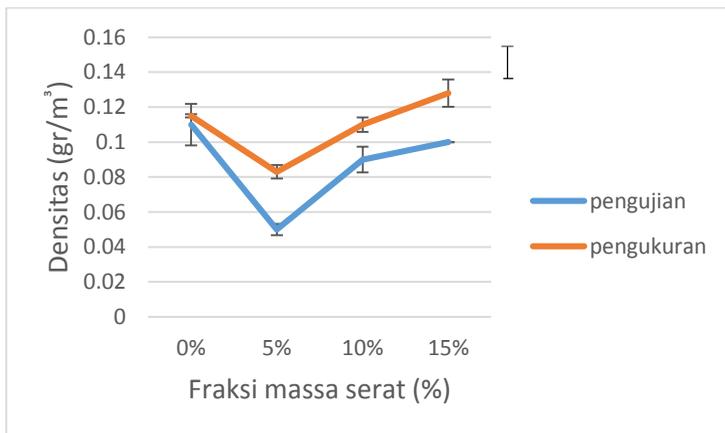
Polyurethane	Fraksi Massa Serat	beban patah (N)	Support Span	Lebar Spesimen	Tebal Spesimen	hasil	rata2
	0	60	73	12.7	3	57.48031496	55.8836
		55	73	12.7	3	52.69028871	
		60	73	12.7	3	57.48031496	
fiberglass	5	20	73	12.7	3	19.16010499	15.9668
		10	73	12.7	3	9.580052493	
		20	73	12.7	3	19.16010499	
	10	40	73	12.7	3	38.32020997	39.9169
		45	73	12.7	3	43.11023622	
		40	73	12.7	3	38.32020997	
	15	55	73	12.7	3	52.69028871	54.287
		65	73	12.7	3	62.27034121	
		50	73	12.7	3	47.90026247	



## Hasil Uji Tarik



## Hasil Uji Densitas



Komposisi	gelas ukur		gelas ukur + Sample		gelas ukur + Sample + Air	
	I (gram)	I (gram)	I (gram)	I (gram)	I (gram)	I (gram)
0%	128.80	128.79	128.91	128.92	177.71	177.70
5%	128.79	128.78	128.88	128.88	176.80	176.78
10%	128.96	128.95	129.03	129.03	178.01	178.00
15%	128.83	128.83	128.98	128.98	177.39	177.39

Sample		Air		Volume Air		Volume Sample		Densitas Sample			sdev
I (gram)	I (gram)	I (gram)	I (gram)	I (m <sup>3</sup> )	I	II	Rata-Rata				
0.11	0.13	48.80	48.78	49.02	49.00	1.05	1.07	0.10	0.12	0.11	0.01181
0.09	0.10	47.92	47.90	48.14	48.12	1.94	1.96	0.05	0.05	0.05	0.00328
0.07	0.08	48.98	48.97	49.20	49.19	0.87	0.88	0.08	0.09	0.09	0.00738
0.15	0.15	48.41	48.41	48.63	48.63	1.44	1.44	0.10	0.10	0.10	0



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Semakin banyak fraksi massa serat yang di tambahkan maka semakin besar nilai koefisien absorpsi suaranya yaitu pada 15% serat dihasilkan  $\alpha$  tertinggi sebesar 0.437.
2. Semakin banyak fraksi massa serat yang ditambahkan semakin tinggi kekuatan lentur dan tariknya. Kekuatan lentur paling tinggi dimiliki oleh Pu murni sebesar 5.88 Mpa, sedangkan pada kekuatan tarik komposit PU-serat gelas pada fraksi massa 15% memiliki kekuatan tertinggi sebesar 2.7 Mpa.
3. Serat yang ada tidak begitu tampak banyak dan jelas , serat menyebar secara ununiform, hal tersebut dapat diakibatkan karena dimensi serat yang terlalu kecil sehingga terlihat menyatu dengan menyutnya pori komposit.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material penyerap dengan sifat berpori
2. Untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya bisa ditambahkan coupling agent agar ikatan antara matriks dan fiber lebih kuat
3. Perlu diperhatikan pemilihan komposisi penyusun polyurethane agar material yang dihasilkan memiliki hasil yang konsisten.



*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- Alldi, Nurisiantoro dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- ASM Metal Handbook Vol. 21
- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.* ASTM Subcommittee E33.01
- ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Callister, William D, Jr. 2008. **Materials Science and Engineering : An Introduction 8<sup>th</sup> Edition.** New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Chang Li Chi, J. 2014. *Improving The Mechanical Performance of Wood Fiber Reinforced Bio-Based Polyurethane Foam.* Canada : Toronto University
- Farid dan Heriyanto (2013) menunjukkan adanya kinerja penyerapan suara material komposit berbasis serat rami dalam ruangan mencapai 99% dan hanya 1% energy suara yang direfleksikan pada frekuensi 1255 Hz.
- Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekwensi 125 Hz untuk

material polyester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material polyester berpenguat serat bambu.

- Gayatri. 2014. *Processing and Characterization of Pultruded Polyurethane Composites*. Huntsman International LLC. Michigan-USA.
- M.Farid, T. Heriyanto, (2013). *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyeste/Ramie Fibre Composite Materials*, Advanced Materials Research. Vol.789, pp. 269-273.
- M.Farid, H. Ardhyananta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, (2015). *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. Advanced Materials Research. Vol.1112, pp. 329-332.
- Hemond Jr, Conrad J. 1983. *Engineering Acoustics and Noise Control*. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
- Howard M David, dan Angus S A Jamie. 2009. **Acoustic and Psychoacoustic 4<sup>th</sup> Edition**. Oxford United Kingdom : Focal press is an imprint of Elsevier.
- Janssen, JJA. (1987). *The Mechanical Properties of Bamboo* : 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC,Canada
- Lee Joonmo, Kim Gue-Hyun, Ha Chang-Sik. 2012. *Sound Absorption Properties of Polyurethane/Nano Silica Nanocomposite Foams*. *Journal of Applied Polymer Science* DOI 10.1002/app.
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. *AUTEX Research Journal*. Vol. 3, No.2.
- Mahajan R Sharad , dan Bapad Vilas Prasad. 2013. “*Specialized Noise Control Materials in Automotive Industry*”.

**International Journal of Emerging Science and Engineering. 2 : 35-41**

- Mallick K P. 2007. *Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacture, and Design*. Michigan : CRC Press Taylor and Francis Group
- Owens N John. 2014. “*Design, Fabrication, and Testing of a Composite Side Door for a Mid-Size SUV*”. **GM Research and Development Material and Processes lab** : 1-24
- Sivertsen Katrine. 2007. “*Polymers Foams*”. 3.063 polymer physics.
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya**.
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya : ITS Press.
- Shan Wen Chan, Maizlinda Izwana Idris, and Mohd Imran Ghazali, "Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fibres and Tyre Particles," *International Journal of Applied Physics and Mathematics* vol. 2, no. 2, pp. 123-130, 2012.
- Varikh P D , Chen Y , dan Sun L. 2006. “Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber non Woven Floor Covering System”. **Textile Research Journal**. 76 : 813-820

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Astrit Kirana, lahir di Surabaya pada tahun 1994. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Agoes Pramoesinto dan Erna Ratnawati. Pendidikan yang penulis tempuh bermula dari TK Putra-Putri Baturaja, (2001-2000) SD Negeri 58 Palembang (2000-2006), SMP Negeri 4 Palembang (2006-2009), SMA Negeri 17 Palembang (2009-2012), dan dari 2012 sampai sekarang di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya masuk melalui jalur MANDIRI. Penulis aktif dalam berorganisasi, pada tahun kedua dikampus, penulis diamanahi sebagai Sekertaris Senat Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi. Penulis melakukan kerja praktek pada PT. Petrokimia, Gresik-Jawa Timur. Penulis mengambil studi pada bidang material polimer dan komposit untuk tugas akhir di jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email dan nomor handphone yang dapat dihubungi yaitu [astritkirana@ymail.com/](mailto:astritkirana@ymail.com) 085788114477.