

**SKRIPSI**

**INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI  
LIMBAH SEKAM PADI**

**OLEH :**

**MUH.SALEH**

**D021171501**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**SKRIPSI**

**INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI  
LIMBAH SEKAM PADI**

**OLEH :**

**MUH.SALEH**

**D021171501**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL :

## INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI LIMBAH SEKAM PADI

Disusun dan diajukan oleh

**Muh. Saleh**

**D021 17 1501**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian

Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

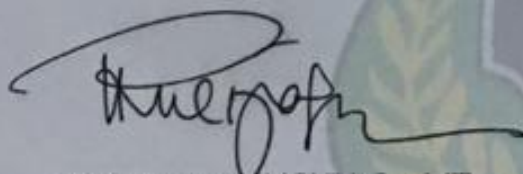
Pada tanggal 17 April 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

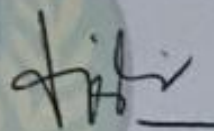
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT.

NIP. 19650630 199103 1 004



Dr. Eng. Hj. Asniawaty, S.T., MT.

NIP. 19710925 199903 2 001

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT.

NIP. 19720825 200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muh. Saleh

NIM : D021171501

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI LIMBAH SEKAM PADI

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 April 2023

Yang menyatakan



Muh. Saleh

## ABSTRAK

**Muh. Saleh.** *Inovasi Material Komposit Peredam Suara Dari Limbah Sekam Padi*  
(dibimbing oleh Zulkifli Djafar dan Asniawaty)

Sekam padi merupakan limbah dari proses penggilingan padi yang memiliki berat 20-22% dari bobot padi sehingga sekam padi menjadi limbah yang paling melimpah namun pemanfaatan sekam padi masih kurang dan belum optimal karena karakteristik sekam padi yang bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah sekam padi menjadi sebuah panel yang memiliki kemampuan serap suara dan bagaimana pengaruh komposisi sekam padi, resin *polyester* dan ketebalan sampel terhadap nilai *koefisien absorpsi*. Eksperimen ini dilakukan dengan membuat sebuah sampel pada cetakan kotak dengan variasi komposisi sekam, variasi komposisi resin *polyester*, variasi ketebalan kemudian sampel di potong dengan diameter 10 mm. Analisis data akan dilakukan dengan mengukur koefisien absorpsi material menggunakan tabung impedansi type 4206 pada frekuensi 150 Hz – 1.600 Hz. Nilai koefisien absorpsi maksimum material limbah sekam padi untuk pengukuran pada batas frekuensi 150 Hz – 1.600 Hz adalah material dengan komposisi 30% sekam padi : 70% resin ketebalan 40 mm dimana nilai koefisien absorpsinya pada angka 0.54 pada frekuensi 450 Hz. Nilai koefisien absorpsi minimum material limbah sekam pada untuk pengukuran pada batas frekuensi 150 Hz – 1.600 Hz adalah material dengan komposisi 20% sekam pada : 80% resin ketebalan 25 mm dimana nilai koefisien absorpsinya pada angka 0.15 pada frekuensi 1.050 Hz. Komposisi material berpengaruh pada nilai koefisien absorpsi dimana semakin bertambah sekam padi yang digunakan maka nilai koefisien absorpsinya juga semakin tinggi. Ketebalan material juga berpengaruh pada nilai koefisien absorpsi dimana semakin bertambah ketebalan material maka nilai koefisien absorpsinya juga semakin tinggi.

Kata Kunci : Sekam Padi, Resin *polyester*, Koefisien Absorption

## ABSTRACT

**Muh. Saleh.** Innovation of Sound Absorbing Composite Materials from Rice Husk Waste (supervised by Zulkifli Djafar and Asniawaty)

Rice husk is a waste from the rice milling process which has a weight of 20-22% of the weight of rice so that rice husk is the most abundant waste but the utilization of rice husk is still lacking and not optimal because of the characteristics of rice husk which is coarse, has low nutritional value, has a high density. low, and the ash content is quite high. The purpose of this study was to utilize rice husk waste to become a panel that has the ability to absorb sound and how the composition of rice husk, polyester resin and sample thickness affects the value of the absorption coefficient. This experiment was carried out by making a sample on a box mold with variations in the composition of the husk, variations in the composition of the polyester resin, variations in thickness and then the sample is cut with a diameter of 10 mm. Data analysis will be carried out by measuring the material absorption coefficient using a type 4206 impedance tube at a frequency of 150 Hz – 1.600 Hz. The maximum absorption coefficient value of rice husk waste material for measurement at the frequency limit of 150 Hz – 1.600 Hz is a material with a composition of 30% rice husk: 70% resin with a thickness of 40 mm where the absorption coefficient value is at 0,54 at a frequency of 450 Hz. The minimum absorption coefficient value of the husk waste material for measurements at the frequency limit of 150 Hz – 1.600 Hz is a material with a composition of 20% husk at: 80% resin with a thickness of 25 mm where the absorption coefficient value is at 0.15 at a frequency of 1.050 Hz. The composition of the material affects the value of the absorption coefficient where more rice husk is used, the value of the absorption coefficient is also higher. The thickness of the material also affects the value of the absorption coefficient where the thickness of the material increases, the value of the absorption coefficient is also higher.

Keywords : Rise Husk, Resins Polyester, coefficient Absorption

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	16
1.1 Latar Belakang .....	16
1.2 Rumusan Masalah .....	18
1.3 Tujuan Penelitian.....	18
1.4 Batasan Penelitian .....	18
1.5 Manfaat Penelitian.....	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 Tinjauan Umum Tentang Komposit .....	20
2.1.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya .....	22
2.1.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis matriksnya .....	23
2.2 Resin polyester .....	25
2.3 Tinjauan Umum Tentang Peredam Suara .....	26
2.3.1 Bahan Penyerap Berpori.....	28
2.3.2 Bahan Berserat Berpori .....	28
2.3.3 Metode Tabung Impedansi .....	29
2.3.4 Syarat material peredam suara .....	32
2.4 Tinjauan Umum Tentang Sekam Padi .....	33
2.4.1 Karakteristik Sekam Padi .....	35
2.4.2 Pengaplikasian Sekam Padi .....	36
2.5 Tinjauan Umum Tentang Limbah .....	38
2.6 Material Peredam Suara.....	40
2.6.1 Serat Kenaf .....	40
2.6.2 Sabut Kelapa.....	40

2.6.3 Serat Rami .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>43</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	43
3.2 Variabel Penelitian .....	43
3.2.1 Variabel Terikat .....	43
3.2.2 Variabel Bebas .....	43
3.2.3 Variabel control .....	44
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	44
3.4 Alat dan Bahan .....	44
3.4.1 Alat Yang Digunakan.....	44
3.4.2 Bahan Yang Digunakan.....	48
3.5 Flowchart Penelitian.....	50
3.6 variasi sampel .....	51
3.7 Komposisi Material Sekam Padi.....	51
3.8 Tahap Pembuatan Spesimen Komposit Sekam Padi .....	54
3.9 Metode Analisis .....	60
3.10 Prosedur Pengujian Komposit Sekam Padi .....	61
3.11 Analisis Data .....	64
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>66</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	66
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian .....	66
4.2.1 Komposisi 30% Sekam dan 70% Resin .....	66
4.2.2 Komposisi 25% Sekam dan 75% Resin .....	70
4.2.3 Komposisi 20% Sekam dan 80% Resin .....	74
4.3 Pengaruh ketebalan spesimen terhadap koefisien serap suara .....	78
4.4 Pengaruh komposisi spesimen terhadap koefisien serap suara .....	81
4.5 Perbandingan Dengan Material Komersil.....	84
4.6 Perbandingan semua material .....	86
4.7 Analisis Taguchi.....	88
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>94</b>
5.1 Kesimpulan .....	94
5.2. Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>100</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b>	Komponen Komposit.....	22
<b>Gambar 2.2</b>	Skema Tabung Impedansi.....	29
<b>Gambar 2.3</b>	Statistik produksi padi berbagai negara pada tahun 2017...	34
<b>Gambar 3.1</b>	Cetakan Spesimen.....	44
<b>Gambar 3.2</b>	Stopper.....	45
<b>Gambar 3.3</b>	Kunci L.....	45
<b>Gambar 3.4</b>	Timbangan Digital.....	46
<b>Gambar 3.5</b>	Wadah Baskom Besi.....	46
<b>Gambar 3.6</b>	Mesin Pemotong Jigsaw.....	47
<b>Gambar 3.7</b>	Alat Uji Sound Absorpsi.....	47
<b>Gambar 3.8</b>	Sekam Padi.....	48
<b>Gambar 3.9</b>	a). Resin Polyester b). Hardener.....	48
<b>Gambar 3.10</b>	Mirror Glaze.....	49
<b>Gambar 3.11</b>	Persiapan Cetakan.....	54
<b>Gambar 3.12</b>	Pemasangan Stopper.....	55
<b>Gambar 3.13</b>	Pengolesan Mirror Glaze.....	55
<b>Gambar 3.14</b>	Menimbang Sekam Padi.....	56
<b>Gambar 3.15</b>	Menimbang Resin Polyester.....	56
<b>Gambar 3.16</b>	Mengukur resin polyester.....	57
<b>Gambar 3.17</b>	Mencampur resin dan hardener.....	57
<b>Gambar 3.18</b>	a). Menuangkan resin ke sekam padi, b). Mengaduk resin dan sekam padi hingga merata.....	58
<b>Gambar 3.19</b>	a). Menuangkan sekam padi ke cetakan, b). Menutup cetakan.....	58
<b>Gambar 3.20</b>	Memasang cetakan pada alat press.....	59
<b>Gambar 3.21</b>	Gambar spesimen setelah dicetak.....	59
<b>Gambar 3.22</b>	Spesimen dengan diameter 10 mm.....	60
<b>Gambar 3.23</b>	Metode pengukuran impedansi tube.....	60
<b>Gambar 3.24</b>	a). Menyalakan komputer, b). Menyalakan Akustik material testing type 3560-B-130, c). Menyalakan Power amplifier type 2716C.....	61

<b>Gambar 3.25</b>	a). Memasang spesimen pada dudukan, b). Memasang dudukan kembali pada tabung microphone.....	61
<b>Gambar 3.26</b>	a). Membuka aplikasi Normal Incidence Absorption, b). Memilih jenis tabung Large, c). Mengatur tekanan atmosfer 100 hPa, d). Mengatur suhu pada 24 <sup>0</sup> C.....	62
<b>Gambar 3.27</b>	a). Kalibrasi Background Noise Measurement, b). Kalibrasi Signal Measurement.....	62
<b>Gambar 3.28</b>	a). Menukar mic A ke posisi mic B, b). Kalibrasi Interchanged Microphone Positions, c). Mengembalikan posisi mic A dan B pada posisi semula, d). Kalibrasi Normal Microphone Positions.....	63
<b>Gambar 3.29</b>	a). Pengujian spesimen, b). Data hasil pengujian, c). garfik hasil pengujian.....	64
<b>Gambar 4.1</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 30%:70% ketebalan 25 mm.....	67
<b>Gambar 4.2</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 30%:70% ketebalan 30 mm.....	68
<b>Gambar 4.3</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 30%:70% ketebalan 40 mm.....	69
<b>Gambar 4.4</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 25%:75% ketebalan 25 mm.....	71
<b>Gambar 4.5</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 25%:75% ketebalan 30 mm.....	72
<b>Gambar 4.6</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 25%:75% ketebalan 40 mm.....	73
<b>Gambar 4.7</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 20%:80% ketebalan 25 mm.....	75
<b>Gambar 4.8</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 20%:80% ketebalan 30 mm.....	76
<b>Gambar 4.9</b>	Kurva koefisien absorpsi spesimen komposisi 20%:80% ketebalan 40 mm.....	77
<b>Gambar 4.10</b>	Kurva perbandingan spesimen 30%:70% dengan ketebalan berbeda.....	78
<b>Gambar 4.11</b>	Kurva perbandingan spesimen 25%:75% dengan ketebalan berbeda.....	79
<b>Gambar 4.12</b>	Kurva perbandingan spesimen 20%:80% dengan ketebalan berbeda.....	80
<b>Gambar 4.13</b>	Kurva perbandingan spesimen ketebalan 25 mm dengan komposisi yang berbeda.....	81
<b>Gambar 4.14</b>	Kurva perbandingan spesimen ketebalan 30 mm dengan komposisi yang berbeda.....	82

<b>Gambar 4.15</b>	Kurva perbandingan spesimen ketebalan 40 mm dengan komposisi yang berbeda.....	83
<b>Gambar 4.16</b>	Panel MDF ( <i>Medium Density Fiber</i> ).....	84
<b>Gambar 4.17</b>	Kurva perbandingan komposit sekam padi dengan panel MDF.....	85
<b>Gambar 4.18</b>	Kurva perbandingan semua specimen.....	86
<b>Gambar 4.19</b>	Hubungan antara faktor dengan respon pada koefisien penyerapan suara pada frekuensi 500 Hz.....	89
<b>Gambar 4.20</b>	Hubungan antara faktor dengan respon pada koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.000 Hz.....	91
<b>Gambar 4.21</b>	Hubungan antara faktor dengan respon pada koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.600 Hz.....	92

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b>	Perbandingan Karakteristik Serat Alami dan Serat sintetis.....	25
<b>Tabel 2.2.</b>	Sifat mekanik jenis material polymers.....	26
<b>Tabel 2.3.</b>	Standar kebisingan kementrian lingkungan (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tanggal 25 Nopember 1996).....	33
<b>Tabel 2.4.</b>	Rincian limbah padat dan aplikasi potensialnya.....	39
<b>Table 3.1</b>	Variasi sampel penelitian.....	51
<b>Tabel 3.2</b>	Komposisi material sekam padi ketebal 25 mm.....	53
<b>Tabel 3.3</b>	Komposisi material sekam padi ketebalan 30 mm.....	54
<b>Tabel 3.4</b>	Komposisi material sekam padi ketebalan 40 mm.....	54
<b>Tabel 3.5</b>	Faktor dan variasi penelitian.....	64
<b>Tabel 3.6</b>	Matriks <i>Ortogonal Array L9</i> .....	65
<b>Tabel 3.7</b>	matriks <i>ortogonal array</i> penelitian.....	65
<b>Tabel 4.1</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 30%:70% tebal 25 mm.....	66
<b>Tabel 4.2</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 30%:70% tebal 30 mm.....	68
<b>Tabel 4.3</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 30%:70% tebal 40 mm....	69
<b>Tabel 4.4</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 25%:75% tebal 25 mm....	70
<b>Tabel 4.5</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 25%:75% tebal 30 mm....	72
<b>Tabel 4.6</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 25%:75% tebal 40 mm....	73
<b>Tabel 4.7</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 20%:80% tebal 25 mm....	74
<b>Tabel 4.8</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 20%:80% tebal 30 mm....	76
<b>Tabel 4.9</b>	Tabel koefisien absorpsi komposisi 20%:80% tebal 40 mm.....	77
<b>Tabel 4.10</b>	Data SAC Panel MDF.....	85
<b>Tabel 4.11</b>	Data SAC Sekam Padi.....	85
<b>Table 4.12</b>	Data koefisien penyerapan suara pada frekuensi 500 Hz.....	88
<b>Table 4.13</b>	Nilai respon koefisien penyerapan suara pada frekuensi 500 Hz terhadap nilai rata-rata.....	88
<b>Table 4.14</b>	Data koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.000 Hz.....	90
<b>Table 4.15</b>	Nilai respon koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.000 Hz terhadap nilai rata-rata.....	90

<b>Table 4.16</b>	Data koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.600 Hz.....	91
<b>Table 4.17</b>	Nilai respon koefisien penyerapan suara pada frekuensi 1.600 Hz terhadap nilai rata-rata.....	92

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan	Arti dan Keterangan
$\alpha$	Koefisien absorpsi
f	Frekuensi
T	Waktu
c	Cepat rambat bunyi
$\lambda$	Panjang gelombang
I	Intensitas bunyi
W	Daya akustik
A	Luas area yang ditembus tegak lurus oleh gelombang bunyi (m <sup>2</sup> )
$\bar{y}$	Mean data yang diteliti
n	Jumlah pengulangan atau jumlah data yang diteliti
$s^2$	Variasi dari y
$\rho$	Massa Jenis
v	Volume
m	Massa

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Dokumentasi persiapan alat dan bahan.....	89
<b>Lampiran 2</b>	Dokumentasi proses pembuatan specimen.....	89
<b>Lampiran 3</b>	Dokumentasi proses pengujian specimen.....	90
<b>Lampiran 4</b>	Tabel variasi komposisi ketebalan 25.....	91
<b>Lampiran 5</b>	Tabel variasi komposisi ketebalan 30.....	91
<b>Lampiran 6</b>	Tabel Variasi komposisi ketebalan 40.....	92
<b>Lampiran 7</b>	Tabel variasi ketebalan komposisi 3070.....	92
<b>Lampiran 8</b>	Tabel variasi ketebalan komposisi 2575.....	93
<b>Lampiran 9</b>	Tabel variasi ketebalan komposisi 2080.....	93
<b>Lampiran 10</b>	Analisis taguchi pada frekuensi 500 Hz menggunakan aplikasi Minitab.....	101
<b>Lampiran 11</b>	Analisis taguchi pada frekuensi 1.000 Hz menggunakan aplikasi Minitab.....	102
<b>Lampiran 12</b>	Analisis taguchi pada frekuensi 1.600 Hz menggunakan aplikasi Minitab.....	103

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah Azza Wa Jalla, atas banyaknya Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam serta shalawat kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi wasalam sebagai tauladan kami yang menghantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal dunia dan akhirat. Akhir penyusunan skripsi **“INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI LIMBAH SEKAM PADI”** sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Kami ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang telah memberikan rasa sayang, didikan, materi, serta doa yang selalu di panjatkan pada Allah kepada penulis. serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Kepada saudara, serta teman-teman yang selalu kebersamai kami kami ucapkan banyak terima kasi atas dukungannya.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, serta arahnya, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T., selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Asniawaty, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak dan ibu dosen serta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



5. Keluarga penulis yang selalu mengirimkan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
6. Kepada istri saya yang selalu memberi semangat serta dukungan dalam penulisan skripsi.
7. Kepada kak bayu yang selalu membantu dan memberi arahan saat pengerjaan spesimen.
8. Kepada Teman-teman ZYCROMEZH'17 yang memberikan arahan-arahan dan bantuannya dalam penulisan tugas akhir.
9. Kepada seluruh saudara-saudari yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, terima kasih telah memberi warna kehidupan penulis sebagai mahasiswa.

Akhir kata, *jazakumullah khairan katsiran* atas semuanya dan penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam ilmu material dan permesinan. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, 15 April 2023

Penulis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi semakin pesat di masa ini, dalam menunjang kehidupan manusia sehari-hari sehingga tercipta peralatan dan komponen dalam bidang industri maupun lainnya. Perkembangan teknologi yang pesat ini juga sejalan dengan perkembangan material yang ada. Berbagai macam material telah dikembangkan dan diinovasikan hingga mencapai kemampuan yang baik untuk dapat dimanfaatkan oleh manusia dan salah satu material yang banyak dikembangkan sekarang ini adalah material komposit, dimana material komposit ini telah menjadi salah satu material yang menjadi perhatian peneliti untuk dikembangkan karena potensinya yang sangat tinggi.

Sekam padi merupakan limbah dari proses penggilingan padi yang memiliki berat 20-22% dari bobot padi sehingga menjadikan sekam padi menjadi limbah yang paling melimpah. Pemanfaatan sekam padi ini masih relatif rendah dan belum begitu optimal. Hal ini disebabkan karakteristik sekam padi yang bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi.

Sekam padi terdiri dari lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8- 12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah.

Saat ini dengan pesatnya perkembangan proses industri dalam dunia modern, polusi suara sangat mengganggu dan mempengaruhi kehidupan sehari-hari yang dapat menyebabkan kerusakan yang cukup besar pada kesehatan fisik dan mental bagi manusia (Chen Y dkk 2019). Ini memiliki efek berbahaya seperti gangguan telinga, kurang konsentrasi, tekanan darah tinggi (Raj, Fatima, Tandon 2020).

Beberapa tahun terakhir, pengurangan kebisingan dengan menggunakan bahan penyerap suara telah menjadi salah satu metode yang paling efektif untuk mencegah kebisingan. Bahan penyerap suara berpori dengan kepadatan rendah dan porositas tinggi menjadi bahan penyerap suara yang paling luas penggunaannya (Chen Y dkk 2019).

Panel penyerap suara untuk aplikasi akustik ruangan biasanya terdiri dari bahan sintetik, rock wool, glass wool, yang biasanya mahal untuk memproduksi. Tumbuhnya implikasi terhadap lingkungan dan masalah kesehatan yang terkait dengan bahan-bahan ini telah meningkatkan perhatian terhadap bahan-bahan alami (Berardi, Iannace 2015).

Bahan peredam suara digunakan untuk mengurangi kebisingan dapat digunakan berupa bahan yang telah jadi seperti bahan berpori, resonator dan panel, namun dapat juga diganti bahan gabus maupun bahan yang memiliki komposisi serat yang baik dan bahan yang berlignoselulosa. Diantar bahan berlignoselulosa yang memiliki daya serap suara yang baik antara lain sekam padi, jerami, serat rami, dan sabut kelapa. Terdapat berbagai cara dalam pembuatan peredam suara, mulai dari bahan berserat tinggi, bahan yang berlignoselulosa maupun penggabungan bahan yang satu dengan yang lain yang biasanya dikenal dengan bahan komposit. Bahan komposit ini pada umumnya terdiri dari dua unsur yang pertama yaitu serat sebagai bahan pengisi dan yang kedua yaitu matrik sebagai bahan pengikat komposit. Penggunaan serat ini sendiri bertujuan untuk menentukan karakteristik dari bahan komposit, seperti kekuatan maupun sifat mekanisnya.

Hasil penyerapan bunyi dari komposit berdasarkan bahan pengisi alami dan biopolymer sangat menjanjikan dan memiliki potensi tinggi sebagai bahan peredam suara. Komposit ini menunjukkan perbedaan penyerapan suara tidak hanya tergantung pada jenis bahan pengisi/penguat, tetapi juga pada rentang frekuensi suara (Gliscinska dkk 2021)

Berdasarkan latar belakang diatas mendorong peneliti untuk melakukan penelitian yang berjudul **“INOVASI MATERIAL KOMPOSIT PEREDAM SUARA DARI LIMBAH SEKAM PADI”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana potensi limbah sekam padi dimanfaatkan untuk pembuatan panel ?
2. Bagaimana pengaruh komposisi sekam padi terhadap nilai koefisien serap suara panel ?
3. Bagaimana pengaruh komposisi resin polyester terhadap nilai koefisien serap suara panel ?
4. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan terhadap nilai koefisien serap suara panel ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan pembuatan panel
2. Untuk mengetahui berapa nilai koefisien serap suara dari material komposit untuk variasi komposisi serat sekam padi
3. Untuk mengetahui berapa nilai koefisien serap suara dari material komposit untuk variasi komposisi resin polyster
4. Untuk mengetahui berapa nilai koefisien serap suara dari material komposit untuk variasi ketebalan

## **1.4 Batasan Penelitian**

Adapun Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Material komposit yang digunakan yaitu paduan sekam padi dan resin polyster
2. variasi bahan yang dilakukan yaitu variasi komposisi sekam padi, variasi komposisi resin polyster, dan variasi ketebalan
3. variasi frekuensi yang digunakan pada saat pengujian yaitu 150 -1600 Hz
4. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian sound absorpsi sehingga pengujian kekuatan mekanik diabaikan

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan kajian dalam mengembangkan material komposit sebagai peredam suara berbahan serat alam sekam padi untuk penelitian selanjutnya
2. Memanfaatkan serat alam sekam padi yang sebelumnya hanya dibakar dan menjadi pencemaran lingkungan
3. Dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan panel

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum Tentang Komposit**

Komposit merupakan gabungan dua bahan yang salah satu bahannya disebut fasa penguat berupa serat, lembaran, atau partikel, dan tertanam dalam bahan lain yang disebut fase matriks. Bahan penguat dan matriks material dapat berupa logam, keramik, atau polimer. Komposit biasanya memiliki serat atau fase partikel yang lebih kaku dan lebih kuat dari fase matriks kontinu dan berfungsi sebagai elemen pembawa beban utama. Matriks bertindak sebagai media transfer beban antara serat, dan dalam kasus yang kurang ideal di mana bebannya kompleks, matriks bahkan mungkin harus menanggung beban melintang ke serat sumbu.

Matriks juga berfungsi untuk melindungi serat dari kerusakan lingkungan sebelum, selama dan setelah pemrosesan komposit. Ketika dirancang dengan benar, yang barubahan gabungan menunjukkan kekuatan yang lebih baik dari pada masing-masing bahan individu. (Elanchezhian et al., 2018)

komposit yang diperkuat serat menawarkan keunggulan dibandingkan bahan konvensional lainnya ketika sifat spesifiknya dibandingkan. Komposit ini menemukan aplikasi di berbagai bidang mulai dari peralatan hingga pesawat ruang angkasa. Serat alam ini adalah serat berbiaya rendah dengan densitas rendah dan sifat spesifik tinggi.

Sifat-sifat komposit yang diperkuat serat alam bergantung pada sejumlah parameter seperti fraksi volume serat, rasio aspek serat, adhesi matriks serat, transfer tegangan pada antar muka, dan orientasi. Sebagian besar studi tentang serat komposit alam melibatkan studi sifat mekanik sebagai fungsi dari kandungan serat, efek dari berbagai perlakuan. Sifat matriks dan serat keduanya penting dalam meningkatkan sifat mekanik komposit.

Kekuatan tarik lebih sensitif terhadap sifat matriks, sedangkan modulus bergantung pada sifat serat. Untuk meningkatkan kekuatan tarik, antarmuka yang kuat, konsentrasi tegangan rendah, orientasi serat diperlukan sedangkan konsentrasi

serat, pembasahan serat dalam fase matriks, dan rasio aspek serat yang tinggi menentukan modulus Tarik. Dalam komposit yang diperkuat serat pendek, terdapat panjang serat kritis yang diperlukan untuk mengembangkan kondisi tegangan penuhnya dalam matriks polimer. (Nabi & Jog, 1999)

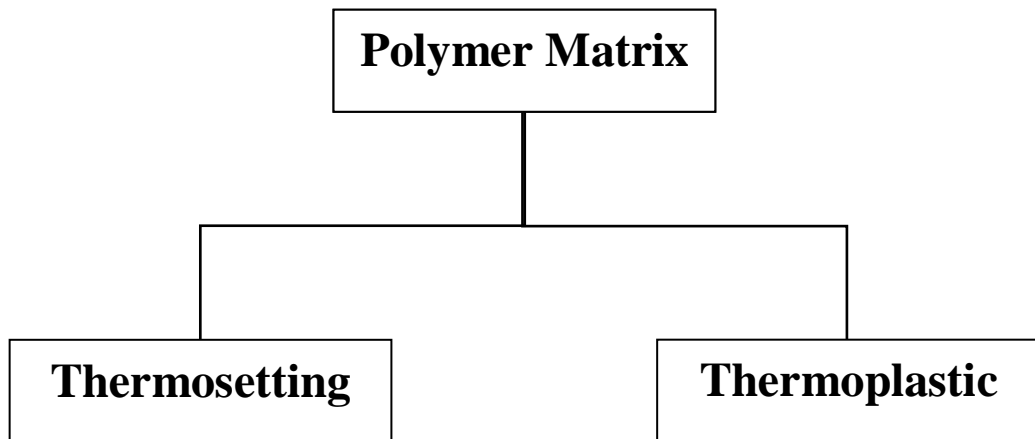
Minat pada bahan komposit polimer yang diperkuat dengan serat alami berkembang pesat baik dari segi industrinya, aplikasi dan riset fundamental. Karena mereka dapat diperbarui serta murah, dapat didaur ulang seluruhnya atau sebagian dan dapat terurai secara hayati. (Elanchezhian et al., 2018)

Komposit serat menawarkan banyak manfaat seperti kekuatan tinggi, ringan, tahan air, tahan bahan kimia, tinggi daya tahan, hambatan listrik, tahan api dan korosi. Serat alam dalam pengertian sederhana adalah serat yang tidak sintetis atau buatan. Mereka dapat bersumber dari tanaman atau hewan. Oleh karena itu, serat-serat ini sebenarnya banyak tersedia dunia.

Beberapa tanaman dari mana serat dapat bersumber adalah Sisal (*Agave sisalana*), Rami (*Cannabis sativa*), Bambu, Kelapa (*Cocos nucifera*), Rami (*Linum usitatissimum*), Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Rami (*Corchorus capsularis*) dan Ramie (*Boehmeria nivea*). Serat dari hewan adalah misalnya wol (Domba) dan bulu (Ayam). (Aravinthan et al., 2010)

Pada dasarnya, komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dari pengikat yang merupakan fase kontinu dan pengisi berserat sebagai penguat yang fase terputus-putus. Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan matriks dan berdasarkan penguatan. Berdasarkan matriks, ada tiga jenis; komposit matriks logam, matriks keramik dan komposit matriks polimer sedangkan berdasarkan bentuk penguatnya.

klasifikasi komposit dapat dibuat sebagai komposit partikulat, komposit berserat dan komposit laminasi. Komposit berserat adalah dibagi menjadi serat pendek (terputus-putus) diperkuat dan serat panjang (kontinu) diperkuat polimer komposit. Berdasarkan serat, komposit berserat dapat diklasifikasikan menjadi komposit serat alam yang diperkuat dan komposit serat sintetis yang diperkuat. (Kamath et al., 2017)



Gambar 2.1 (Kerni et al., 2020)

### 2.1.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya

#### 1. Komposit yang diperkuat partikel

Komposit yang penguatnya berupa partikel disebut partikel komposit yang diperkuat serbuk. Umumnya partikel tidak berserat dan tidak berdimensi panjang. Ukuran partikel dalam penguatan menentukan efeknya pada sifat-sifat gabungan. Dalam partikel komposit yang diperkuat partikel dibagi beban hingga batas yang sangat kecil dibandingkan dengan serat dikomposit berserat, oleh karena itu, partikel menawarkan kekakuan yang baik tapi tidak kuat untuk komposit. Partikel mungkin kubik tetragonal, bulat. Partikel digunakan untuk meningkatkan sifat bahan matriks. (Gaurav et al., 2019)

#### 2. Komposit yang diperkuat serat

Komposit yang dibuat dengan memasukkan serat ke dalam matriks disebut komposit yang diperkuat serat. Di sini matriks mengikat serat menjadi tempat yang tepat dan melalui matriks, beban ditransfer keserat. Matriks juga melindungi serat dari lingkungan dan kerusakan akibat penangan. Komposit berserat adalah kelas penting bahan karena mampu mencapai kekuatan seperti bahan konvensional. Komposit berserat lagi diklasifikasikan menjadi dua jenis serat kontinu (panjang) dan serat diskontinu (pendek). (Gaurav et al., 2019)



## **2.1.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis matriksnya**

### **1. Komposit Matriks Polimer**

Komposit dibentuk dengan memasukkan serat ke dalam polimer matriks yang dikenal sebagai komposit matriks polimer. Serat seperti carbon, nilon, rayon atau kaca adalah serat sintesis umum yang digunakan dalam polimer komposit matriks. Penguatan memberikan kekuatan tinggi dan kekakuan komposit. Polimer diklasifikasikan sebagai termoplastik dan termoseting. Polimer membentuk kembali dengan penerapan panas dan presser yang dikenal sebagai termoplastik. Contohnya adalah polietilen, polystyrene, poliamida dan nilon. Polimer tidak meleleh tetapi terurai pada pemanasan yang dikenal sebagai termoseting. Epoksi dan poliester adalah dua kelas penting resin termoset. (Gaurav et al., 2019)

### **2. Komposit Matriks Logam**

Dalam komposit ini, fase matriks adalah logam, yang meningkatkan kekuatan, kekakuan, ketahanan abrasi, konduktivitas termal, creepresistensi dan juga memberikan stabilitas dimensi pada komposit bahan. Titanium, magnesium, aluminium, dan tembaga adalah bahan matriks yang paling umum. Beberapa keuntungan dari bahan lebih dari komposit polimer adalah suhu operasi yang tinggi, tidak mudah terbakar, dan ketahanan terhadap degradasi oleh cairan organik, tetapi karena tingginya biaya penggunaan komposit matriks logam dibatasi. Komposit digunakan dalam poros penggerak, aerospace, industri manufaktur mobil. (Gaurav et al., 2019)

### **3. Komposit Matriks Keramik**

Komposit dibentuk oleh satu atau lebih bahan keramik tertanam ke dalam matriks keramik lain. Penguatan fase komposit matriks keramik seperti partikel, kumis atau serat. Keuntungan dari komposit matriks keramik termasuk tinggi kekerasan, ringan, kekuatan, keausan dan ketahanan korosi. Aplikasi komposit matriks keramik meliputi alat pemotong, gas komponen turbin dll. (Gaurav et al., 2019)

## **Serat Alam**

Serat alam adalah serat yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Ada tumbuhan primer dan sekunder yang menghasilkan serat alam berdasarkan penggunaannya. Tanaman yang ditanam hanya untuk kandungan seratnya dikenal sebagai tanaman Primer sedangkan tanaman dari mana serat diproduksi sebagai produk ganda disebut tanaman sekunder. Rami, kenaf dan sisal adalah tanaman utama dan nanas dan sabut adalah tanaman sekunder. (Kerni et al., 2020)

Saat ini pemanfaatan serat alam dalam komposit matriks polimer adalah alternatif baru untuk serat sintetis komposit karena sifat mekanik spesifiknya yang tinggi, rendah biaya, ringan dalam berat, kepadatan rendah, terbarukan, non-korosif dan lebih mudah untuk membuat properti. Kekuatan dan kekakuan serat tanaman tergantung pada geometri seratnya. Serat hewan diambil dari tubuh hewan seperti kulit hewan, rambut. Serat mineral adalah serat terkuat yang diketahui karena dibentuk dengan serat yang lebih rendah jumlah cacat permukaan. (Gaurav et al., 2019)

Serat alam dapat diklasifikasikan berdasarkan asalnya seperti, serat daun, buah, dan serat biji. Jangkauan luas serat alami telah digunakan untuk memperkuat polimer yang berbeda matriks. Serat tersebut antara lain kayu, bambu, kapas, sabut, jerami padi, jerami gandum, sekam padi, rami, ampas tebu, daun nanas, kelapa sawit, kurma, curaua, rami, jowar, kenaf, buah doum, limbah lobak, sisal, goni dll. (Al-Oqla et al., 2015)

serat alami digunakan sebagai pengisi atau bahan penguat untuk matriks polimer. Pemanfaatan serat alam yang tepat tidak hanya menyelesaikan permasalahan limbah dan masalah pembuangan tetapi juga mengurangi pencemaran lingkungan yang sangat berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Selain itu serat alami memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kaca seperti: ketersediaan, pengurangan keausan pahat dalam pemesinan, CO<sup>2</sup> penyerapan meningkatkan pemulihan energi, dan mengurangi kulit dan iritasi pernafasan. (Al-Oqla et al., 2015)

Komposit serat alam menawarkan manfaat yang sangat signifikan dibandingkan komposit serat sintetik. Selain memiliki bobot yang ringan tetapi juga ekonomis, komposit polimer berbasis serat alami sekarang semakin populer karena dapat didaur ulang dan bio degradabilitasnya. Serat alami memberikan kontribusi untuk CO<sup>2</sup> konsumsi gas. Kepadatan serat alami yang lebih rendah mencapai tingkat efisiensi yang tinggi. Serat alami memiliki keunggulan yang mirip dengan sintesis serat, seperti ketersediaan, biaya murah, termal dan akustik tinggi sifat insulasi, pemulihan energi, penurunan keausan pahat dalam proses pemesinan. (Ashothaman et al., 2021)

**Tabel 2.1.** Perbandingan Karakteristik Serat Alami dan Serat sintesis

S1. No	Kondisi	Serat Alami	Serat Sintetik
1	Kepadatan	Rendah	Tinggi
2	Kekuatan Spesifik	Tinggi	Rendah
3	Kekuatan dan Modulus	Rendah	Tinggi
4	Struktur	Tidak dapat dimodifikasi	Dapat dimodifikasi
5	Alam	Hidrofilik	Hidrofobik
6	Biodegradabilitas	Ya	Tidak
7	Dapat di daur ulang	Ya	Tidak
8	Penggunaan dan daya tahan	Rendah	Tinggi

Sumber : (Ashothaman et al., 2021)

## 2.2 Resin polyester

Matriks yang paling banyak digunakan dalam komposit polimer adalah resin polyester karena sifatnya yang menjanjikan seperti daya susut yang rendah, toksisitas rendah, sifat adhesi yang baik dan aplikasi industri yang tinggi. Kerapuhan dan ketangguhan patah yang rendah adalah faktor yang membatasi penggunaannya dalam industri. (Kerni et al., 2020)

Resin polyester memiliki sifat mekanik dan kimia yang sangat baik serta memiliki ketahanan terhadap korosi, stabilitas termal dan dimensi yang baik, dan

banyak digunakan dalam laminasi, perekat, pelapis, dan permukaan komposit (Ren et al., 2008). Untuk material komposit, resin polyester adalah pilihan yang jelas karena kekakuannya yang baik, stabilitas dimensi dan karakteristik ketahanan kimia (W. Liu et al., 2009). Komposit polyester yang ada pada serat alami yang berbeda bahan digunakan untuk aplikasi yang lebih baru. (Jawaid et al., 2011)

**Tabel 2.2.** Sifat mekanik jenis material polymers

Type	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	Ultimate tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)	At % Elongation of break	Izod impact strength (J)
Epoxy	1.2	70	60	2.25	5	0.3
phenolic	1.705	56	52	7	1.3	0.18
Polybutylene Terephthalate (PBT)	1.355	55	67	12	148	0.27
Nylon 66	1.095	62	63	2.1	152	7
Polyester	1.65	58	70	3.5	2.4	0.22
Polyethylene	0.925	16	16	0.25	350	1.068
Polypropylene	1.07	50	28	2.25	427	0.16
Polyvinyl Chloride (PVC)	1.305	47	38	3.1	62	5.3
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	1.17	62	69	2.9	15	0.16

Sumber : (Foundations of Materials Science and Engineering 6th 6E.Pdf, 2006)

### 2.3 Tinjauan Umum Tentang Peredam Suara

Saat ini dengan pesatnya perkembangan proses industri dalam dunia modern, polusi suara sangat mengganggu dan mempengaruhi kehidupan sehari-hari yang dapat menyebabkan kerusakan yang cukup besar pada kesehatan fisik dan mental

bagi manusia (Chen et al., 2020). Ini memiliki efek berbahaya seperti gangguan telinga, kurang konsentrasi, tekanan darah tinggi. (Raj et al., 2020) Beberapa tahun terakhir, pengurangan kebisingan dengan menggunakan bahan penyerap suara telah menjadi salah satu metode yang paling efektif untuk mencegah kebisingan. Bahan penyerap suara berpori dengan kepadatan rendah dan porositas tinggi menjadi bahan penyerap suara yang paling luas penggunaannya. (Chen et al., 2020)

Panel penyerap suara untuk aplikasi akustik ruangan biasanya terdiri dari bahan sintetik seperti, rockwool, glass wool, dan polyester, yang biasanya mahal untuk memproduksi. Tumbuhnya terhadap implikasi lingkungan dan masalah kesehatan yang terkait dengan bahan-bahan ini telah meningkatkan perhatian terhadap bahan-bahan alami (Berardi & Iannace, 2015). Kontrol kebisingan telah menerima banyak perhatian untuk meningkatkan kehidupan lingkungan. Peredam resonansi, seperti lubang mikropanel dan panel tipis, biasanya memiliki kemampuan penyerapan suara yang bagus. (R. Liu et al., 2020)

Bahan penyerap suara biasanya digunakan untuk mengontrol kebisingan diberbagai lokasi, seperti kantor, pabrik, pemandangan umum. itu umumnya berisi saluran, rongga atau celah sehingga energi suara dapat untuk memasuki bagian dalam material dan menghilang secara bertahap (Dong & Wang, 2021). Sehingga Sangat penting untuk menghasilkan bahan yang hemat biaya dan ramah lingkungan yang dapat mengurangi polusi suara. (Peng et al., 2015)

Hasil penyerapan bunyi dari komposit berdasarkan bahan pengisi alami dan biopolymer sangat menjanjikan dan memiliki potensi tinggi sebagai bahan peredam suara. Komposit ini menunjukkan perbedaan penyerapan suara tidak hanya tergantung pada jenis bahan pengisi/penguat, tetapi juga pada rentang frekuensi suara. Biasanya, penyerapan suara yang tinggi diamati pada frekuensi di atas 2000 Hz. Penyerapan suara dari rentang frekuensi yang dipilih ditentukan tergantung pada struktur, densitas, dan ketebalan absorber. Hasil untuk komposit daun nanas/epoksi menunjukkan bahwa untuk kepadatan material tertentu, dengan meningkatkan ketebalannya, kami memperluas rentang penyerapan menuju frekuensi yang lebih rendah. (Gliscinska et al., 2021)

Bahan penyerap suara adalah contoh dari teknik pengurangan kebisingan. Jenis peredam akustik ini (baik berpori atau berserat) biasanya terdiri dari pori-pori, kanal, retakan atau rongga di mana hilangnya energi akustik karena gesekan udara molekul dengan dinding dan efek kental mengubah energi akustik menjadi panas yang mengarah ke penyerapan akustik pada rentang frekuensi yang luas. Fitur penting lainnya seperti biaya yang rendah, sifat mampu bentuk yang baik, dan ringan telah membuat tesis peredam suara dan bahan yang ideal untuk pengendalian kebisingan di industri konstruksi, bangunan, dan transportasi. Meski demikian, sebagian besar peredam akustik saat ini diproduksi secara massal seperti fiberglass, poliester, wol mineral, poliuretan, dll., berasal dari sintetis, dan penggunaan secara luas telah berkontribusi terhadap masalah risiko lingkungan dan kesehatan yang signifikan sebagai serta masalah keamanan atas manusia. Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti telah menyelidiki berbagai bahan alami yang berkelanjutan sebagai pengganti bahan sintetis di bidang manufaktur peredam akustik terutama karena sifat spesifiknya seperti daya tahan, degradabilitas, keserbagunaan, hambatan listrik yang lebih tinggi, biaya rendah, konsumsi energi yang lebih rendah, dampak lingkungan yang rendah dan tidak beracun. (Taban et al., 2020)

### **2.3.1 Bahan Penyerap Berpori**

Berbagai macam bahan penyerap suara ada menyediakan sifat penyerapan tergantung pada frekuensi, komposisi, ketebalan, permukaan akhir, dan metode pemasangan. Namun, bahan yang memiliki nilai koefisien penyerapan suara yang tinggi biasanya berpori. Bahan penyerap berpori adalah padatan yang mengandung rongga, saluran atau celah sehingga gelombang suara dapat masuk melalui mereka. (Arenas & Crocker, 2010)

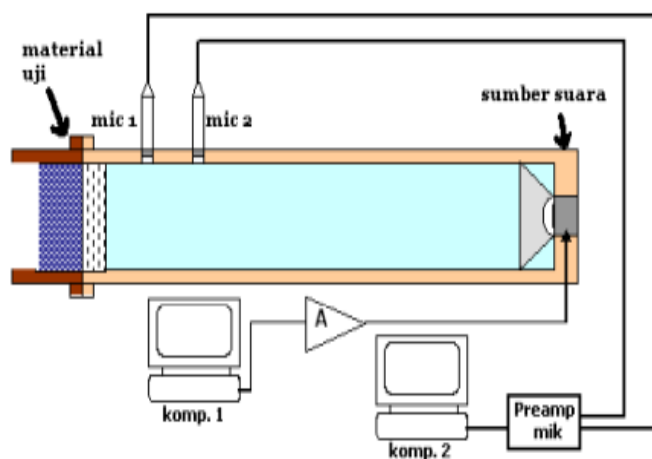
### **2.3.2 Bahan Berserat Berpori**

Sebagian besar bahan penyerap suara berpori secara komersial tersedia berserat. Bahan berserat terdiri dari satu setfilamen kontinu yang menjebak udara di antara mereka. Bahan penyerap ini diproduksi dalam gulungan atau lembaran dengan suhu, akustik, dan sifat mekanik. Serat dapat

diklasifikasikan sebagai serat alami atau sintetis (buatan). Serat alam dapat berupa nabati (kapas, kenaf, rami, rami, kayu, dll.), hewan (wol, bulu teresa) atau mineral (asbes-tos). Serat sintetis dapat berupa selulosa (serat bambu, misalnya), mineral (fiberglass, wol mineral, wol kaca, grafit, keramik, dll.), atau polimer (poliester, polipropilen, Kevlar, dll.). Bahan berserat sintetis yang terbuat dari mineral dan polimer adalah digunakan sebagian besar untuk penyerapan suara dan isolasi termal. Namun, karena terbuat dari ekstrusi suhu tinggi dan industri proses berdasarkan bahan kimia sintetis, seringkali dari petrokimia sumber, jejak karbon mereka cukup signifikan. (Gliscinska et al., 2021)

### 2.3.3 Metode Tabung Impedansi

Pada tabung impedansi dua mikrofon diletakkan pada salah satu ujung tabung impedansi dan disisi lain diletakkan sumber suara. Dua mikrofon diletakkan diantaranya yang digunakan untuk mengukur perbedaan impedansi akustik medan suara yang dihasilkan. Frekuensi yang digunakan dari sumber suara dapat diatur sesuai keperluan. (Lee & Joo, 2003)



**Gambar 2.2** Skema Tabung Impedansi

Gelombang suara datang dari sumber suara menuju sampel. Kemudian gelombang suara sebagian diserap dan dipantulkan oleh sampel. Gelombang suara ditangkap mikrofon dan dianalisis dengan analisator. Analisator akan dianalisis dan didapatkan perbedaan impedansi akustik. Dari perbedaan itu

kemudian akan didapatkan nilai koefisien absorpsi sampel. (Lee & Joo, 2003)

$$\text{koefisien absorpsi } (\alpha) = \frac{\text{jumlah suara yang diserap}}{\text{total energi yang datang}} \quad (1)$$

Nilai koefisien absorpsi minimum material untuk dapat dikategorikan sebagai peredam suara dan merupakan Standar Koefisien Absorpsi sebagai material penyerap suara adalah sesuai ISO 11654 yaitu dengan koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) diatas 0,15

### **Bunyi**

Bunyi merupakan suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan yang terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

### **Frekuensi**

Frekuensi merupakan banyaknya gelombang yang terjadi dalam satuan waktu. Besarnya frekuensi ditentukan dengan rumus:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Dimana :

f = Frekuensi (Hz)

T = Waktu (detik)

### **Cepat rambat bunyi**

Cepatan rambat bunyi tergantung dengan kerapatan massa dan suhu medium yang dilalui oleh bunyi tersebut. Makin renggang molekul medium yang dilalui dan makin tinggi suhu medium, kecepatan rambat bunyi cenderung akan semakin tinggi. Pada kecepatan rambat bunyi yang sama, makin rendah frekuensi, makin besar juga panjang gelombangnya.

$$c = f \times \lambda \quad (3)$$

Dimana :

c = Cepat rambat bunyi (m/s)



f = Frekuensi (Hz)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

### **Panjang gelombang**

Panjang gelombang merupakan jarak antara puncak gelombang atau antar lembah gelombang. Satuan panjang gelombang adalah meter.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

dimana:

$\lambda$  = Panjang gelombang bunyi (m)

c = Cepat rambat bunyi (m/s)

f = Frekuensi (Hz)

### **Amplitudo**

Amplitudo merupakan simpangan getar, yaitu jarak terjauh gelombang dari garis kesetimbangan. Makin besar amplitudonya, makin besar energy maka makin nyaring bunyinya. Amplitudo disebut juga kuat nada.

### **Intensitas bunyi**

Intensitas bunyi adalah aliran energi yang dibawa gelombang udara dalam suatu daerah per satuan luas. Intensitas bunyi dalam arah tertentu di suatu titik adalah laju energi bunyi rata-rata yang ditransmisikan dalam arah tersebut melewati satu-satuan luasan yang tegak lurus arah tersebut di titik bersangkutan. Untuk tujuan praktis dalam dalam pengendalian kebisingan lingkungan, tingkat tekanan bunyi sama dengan tingkat intensitas bunyi. Intesitas bunyi pada tiap titik dari sumber dinyatakan dengan:

$$I = \frac{W}{A} \quad (5)$$

dimana:

I = Intensitas bunyi (W/m<sup>2</sup>)

W = Daya akustik (Watt)

A = Luas area yang ditembus tegak lurus oleh gelombang bunyi (m<sup>2</sup>)

### **2.3.4 Syarat material peredam suara**

#### **1. Tingkat Densitas (Massa Jenis) Permukaan**

Bahan kedap suara yang memiliki densitas (massa jenis) permukaan yang lebih besar memiliki nilai kedap suara yang lebih besar pula. Densitas permukaan adalah berat bahan tipis yang mendekati nol dibagi dengan luas permukaan bahan tersebut. Satuan densitas permukaan adalah kilogram per meter persegi ( $\text{kg/m}^2$ ).

#### **2. Tingkat Tahanan Udara (*Flow Resistivity*)**

Material dengan tingkat tahanan udara yang tinggi memiliki nilai kedap suara yang lebih baik. Material dengan tingkat tahanan udara yang kecil umumnya memiliki pori rongga udara yang renggang. Sebagian besar orang menggunakan bahan berpori untuk membuat dinding kedap suara yang mana hasilnya sering kali mengecewakan. Material dengan pori rongga udara yang rapat menyulitkan gelombang suara untuk merambat melalui rongga udara antar serabut.

#### **3. Tidak Turut Bergetar atau Dapat Meredam Getaran**

Bahan kedap suara yang baik tidak mudah bergetar atau meneruskan getaran sehingga mampu meredam getaran.

#### **4. Memantulkan Suara**

Ciri lain bahan kedap suara yang baik adalah bahan tersebut memantulkan suara. Bahan yang memantulkan suara lebih besar cenderung memiliki nilai kedap suara yang lebih besar. Karena semakin besar energi suara yang dipantulkan, maka semakin sedikit energi suara yang diteruskan.

#### **5. Aman Bagi Manusia dan Lingkungan**

Syarat yang paling penting bagi bahan kedap suara adalah keamanan bagi manusia dan lingkungan. Keamanan dalam hal ini adalah aman buat kesehatan manusia, yaitu tidak beracun. Aman terhadap ancaman kebakaran karena tidak cepat merambatkan api. Selain itu, bahan kedap

suara harus bisa berumur panjang karena masa pakai sebuah properti bisa sampai 20 tahun lebih.

**Tabel 2.3.** Standar kebisingan kementerian lingkungan

Peruntukan Kawasan / lingkungan kesehatan	Tingkat kebisingan db(A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
- Bandar Udara	
- Stasiun Kereta Api	60
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau Sejenisnya	55
2. Sekolah atau Sejenisnya	55
3. Tempat Ibadan atau Sejenisnya	55

Sumber : (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tanggal 25 Nopember 1996)

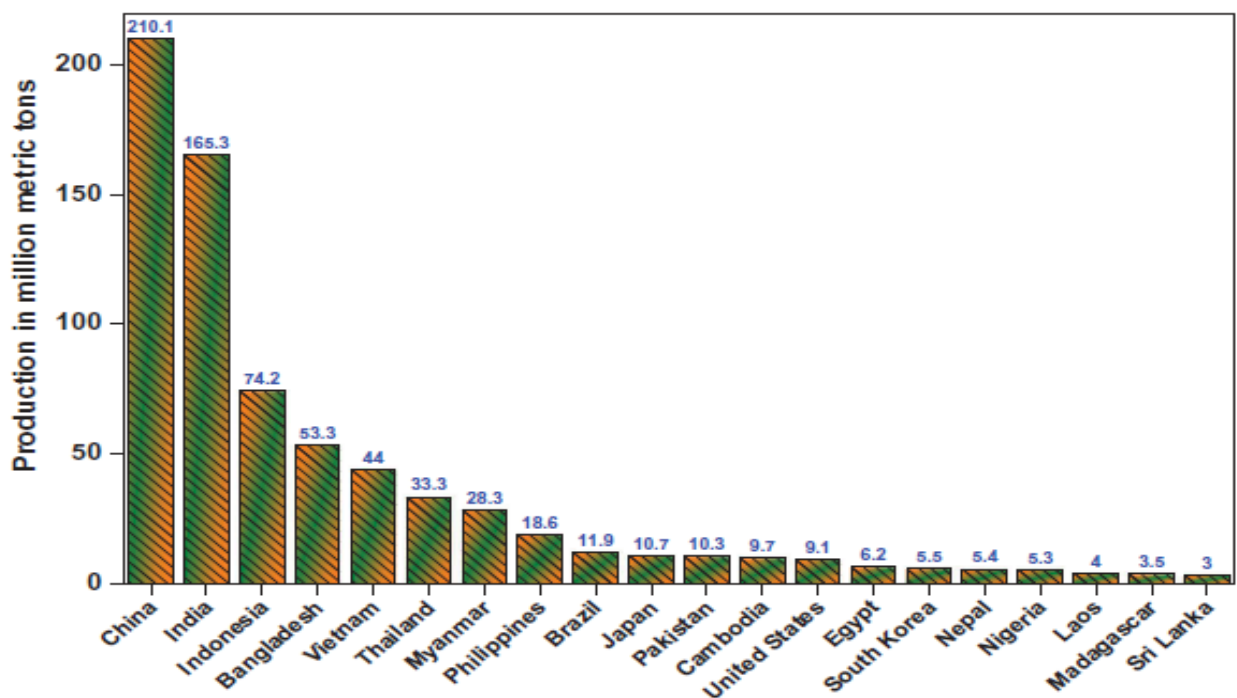
#### 2.4 Tinjauan Umum Tentang Sekam Padi

Sekam padi merupakan produk sampingan yang dihasilkan dalam proses penggilingan padi. Produksi sekam padi dunia sekitar 1,2 miliar ton per tahun, termasuk 40 juta ton di Cina. Sebagian besar sekam yang dihasilkan disimpan di dalam tanah tanpa perlakuan apapun. Sehingga dampak lingkungan dari tindakan ini adalah sekam padi membutuhkan waktu sekitar lima tahun untuk dapat terurai, dan menghasilkan metana (CH<sub>4</sub>) dalam jumlah yang besar. Cara lain untuk membuang sekam padi ini adalah pembakaran yang tidak terkendali di udara

terbuka, yang mengeluarkan sejumlah besar karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang sangat tidak baik untuk pernafasan (Hotza, 2001)

Sekam padi tidak dapat dengan mudah terurai oleh bakteri karena permukaannya yang keras, kandungan silikon dan lignin yang tinggi. Di dalam beberapa tahun terakhir, sekam padi telah digunakan untuk pembangkit listrik. Abu sekam padi yang dihasilkan di pembangkit listrik sangat berbahaya, karena bubuk silika ultrafine dalam abu memiliki efek persisten, karsinogenik dan bio-akumulatif, yang dapat mengakibatkan sindrom silikosis, kelelahan, sesak napas, kehilangan nafsu makan dan gagal napas. Metode pemanfaatan sekam padi sangat membantu untuk menghindari pelepasan bahan berbahaya ke lingkungan, dan untuk pelestarian melalui pembangunan berkelanjutan dan bersih pendekatan teknologi. (Zhang et al., 2015)

Silika adalah bahan baku penting untuk berbagai industri termasuk keramik yang di hasilkan dari proses pembakaran sekam padi. Silika memiliki berbagai macam aplikasi sebagai bahan baku di berbagai bidang industri seperti keramik. Kuarsa adalah bentuk kristal dari silika, yang terutama digunakan dalam industri. (Hossain et al., 2018)



**Gambar 2.3** Statistik produksi padi berbagai negara pada tahun 2017 (Hossain et al., 2018)

Sekam padi (RH) merupakan salah satu residu pertanian utama yang dihasilkan selama pengolahan beras. Biasanya sekam padi ini menjadi masalah bagi petani padi karena ketahanannya terhadap dekomposisi di tanah, pencernaan yang sulit dan rendah nilai gizi untuk hewan kandungan lignin dan hemiselulosa sekam padi lebih rendah dari kayu sedangkan kandungan selulosanya sama. Untuk alasan ini Sekam Padi dapat diproses pada suhu yang lebih tinggi dari pada kayu. (Okpara et al., 2016)

Sekam padi merupakan salah satu limbah padi yang berpotensi digunakan sebagai bahan pengisi polimer. Produksi sekam padi sekitar 122 juta ton selama periode 2003/2004 (García et al., 2007). Dalam sekam padi mengandung berbagai unsur kimia yang bervariasi dari sempel ke sempel lain, hal ini tergantung pada jenis padi, tahun panen, iklim dan geografis kondisi, selain persiapan sampel dan metode analisis. komposisi sekam padi dari berbagai negara antara lain dunia barat dan Asia dan memberikan rata-rata komposisi pada basis kering sebagai abu 20%, lignin 22%, selulosa 38%, pentosan 18% dan bahan organik lainnya 2%. (Chandrasekhar et al., 2003)

Mengingat jumlah beras yang dipanen setiap tahun, penting untuk menemukan aplikasi apa yang efisien untuk menghasilkan sebuah produk. Karakteristik sekam padi sangat menjanjikan untuk menjadi produk karena memiliki permukaan yang keras, ringan, memiliki porositas yang tinggi, dan sangat tahan terhadap dekomposisi bakteri. (Marques et al., 2020)

#### **2.4.1 Karakteristik Sekam Padi**

Beberapa kadungan dalam sekam padi adalah 70-80% zat organik seperti selulosa, lignin, dll, dan sisanya 20-30% terdiri dari mineral komponen alogis seperti silika, alkal. Karena sekam padi memiliki nilai kalorinya yang tinggi (16.720 kJ/kg) maka sebagian besar dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam boiler untuk produksi energi melalui pembakaran langsung atau dengan gasifikasi. Proses pembakaran pada sekam padi akan menghasilkan limbah baru, yang disebut abu sekam padi (RHA), yang kira-kira 25% dari berat kulit awal dan biasanya abu dari pembakaran ini yang menyebabkan pencemaran lingkungan serta masalah

pembuangan. Jadi, 1000 kg padi biji-bijian menghasilkan sekitar 200 kg (20%) RH, dan ketika sekam padi dibakar untuk menghasilkan energi, sekitar 50 kg (25%) RHA dihasilkan, volume yang mengandung sekitar 45 kg (85-95%) silika amorf. Sifat-sifat RHA tergantung pada keadaan ekologis asalnya sertaproses yang diterapkan untuk membakar kulit. (Hossain et al., 2018)

Sekam padi merupakan lapisan keras yang melindungi beras yang terdiri dari kariopsis yang memiliki dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam padi akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar.

Dari proses penggilingan padi biasanya akan menghasilkan sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8-12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan berbagai problema lingkungan. (Termal et al., 2012)

## **2.4.2 Pengaplikasian Sekam Padi**

### **1. Konstruksi dan Bahan Bangunan**

Beton kinerja ultra tinggi (UHPC) mengacu pada material dengan matriks semen dan karakteristik kuat tekan yang tinggi sekitar 150 MPa, mungkin mencapai 250 MPa, dan mengandung baja serat untuk mencapai perilaku ulet di bawah tegangan. Di UHPC, silika fume (SF) dengan kehalusan ekstrim dan amorf tinggi kandungan silika memainkan peran yang sangat penting dengan fisik (pengisi, pelumasan) dan efek pozzolan. Namun, terbatas sumber daya yang tersedia dan biaya tinggi membatasi penerapannya di industri konstruksi modern, terutama di negara berkembang. Oleh karenanya dengan alasan ini memberi motivasi untuk mencari bahan lain pengganti SF yang memiliki fungsi yang serupa. Salah satu yang dapat di gunakan pengganti SF adalah abu pembakaran sekam padi karena setelah proses pembakaran sekam padi mengandung 90-96% silika dalam bentuk amorf. (Van Tuan et al., 2011)

## **2. Abu Sekam Padi Sebagai Pengisi Karet**

Sekam padi, yang biasanya dianggap sebagai limbah pertanian, dapat digunakan sebagai sumber pembakaran untuk tenaga listrik tanaman, dari mana abu sekam padi (RHA) diperoleh. Penggunaan sekam padi sebagai pengisi dalam peracikan karet telah menarik meningkatkan minat karena penggunaan sekam padi mampu menekan biaya produksi yang lebih rendah, dapat melestarikan lingkungan, dan peningkatan tentang penggunaan sumber daya terbarukan. (Arayapraneet et al., 2005)

## **3. Aplikasi untuk Komposit Polimer**

Salah satu produk pangan utama dunia adalah Beras. Produksi menghasilkan jumlah limbah yang sama besar di dunia, yaitu sekam padi (RH). Sekam padi, merupakan bahan limbah murah yang digunakan untuk menghasilkan silika dan nano silika. Sekam padi adalah residu pertanian dengan produk tersedia melimpah. Pada suhu pembakaran di bawah 700 °C, abu, yang kaya dalam silika amorf, akan terbentuk. Abu sekam padi yang terbentuk mungkin mengandung beberapa pengotor logam seperti Mn, Fe, Na, K, Ca dll yang dapat menurunkan kemurnian dan permukaan silika sekam padi daerah. Silika nanopartikel (SiO<sub>2</sub>NPs) dari abu sekam padi dan digunakan sebagai nanofiller dalam Epoxy/SiO<sub>2</sub> –nano komposit. Silika amorf murni (SiO<sub>2</sub>) dibuat dari abu sekam padi (RHA) dengan perlakuan termal sekam padi pada 400 °C diikuti dengan perlakuan asam dan kemudian perlakuan termal abu pada 650 °C. (Moosa & Saddam, 2017)

## **4. Pembangkit Listrik**

Dominasi bahan bakar fosil untuk pemenuhan kebutuhan energi perlu dikurangi karena ketersediaan bahan bakar fosil di dunia yang semakin menipis dan proses pembentukan bahan bakar fosil membutuhkan waktu jutaan tahun sehingga perlu adanya alternatif baru yang dapat mengganti bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin berkurang. Salah satu alternatif

yang dapat di jadikan pengganti bahan bakar fosil adalah sekam padi yang ketersediaannya di alam sangat melimpah. Teknologi gasifikasi biomassa, khususnya di Indonesia, sangat terjamin karena melimpahnya ketersediaan biomassa yang ada di Indonesia. Biomassa yang paling melimpah di Indonesia adalah sekam padi, dengan jumlah produksi pada tahun 2014 mencapai 14,16 juta ton per tahun.

Pemanfaatan sekam padi sebagai umpan gasifikasi dapat mengurangi jumlah limbah pertanian sekaligus menambah nilai pemanfaatan sekam padi. Dengan diterapkannya teknologi ini, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dapat dikurangi. Lebih dari itu, pengembangan teknologi ini hingga skala nasional berpotensi mengatasi ketidakmerataan distribusi energi listrik pada berbagai daerah terpencil di Indonesia. (Pranolo et al., 2015)

## **2.5 Tinjauan Umum Tentang Limbah**

Di zaman sekarang, limbah pertanian, limbah industri, dan limbah rumah tangga mencemari masyarakat, menyebarkan penyakit dan merusak keindahan alam (Chandra Dubey et al., 2021). Limbah industri menimbulkan masalah ekonomi dan juga masalah lingkungan. Dia tidak terkendali untuk mendaur ulang dan mengelola limbah industri karena toksisitas tinggi dan metode pembuangan yang buruk (Girge et al., 2021). Pembuangan limbah organik menjadi penyebab keprihatinan di Selandia Baru. Mirip dengan negara industri lainnya, aplikasi lahan tetap ada proses utama yang digunakan untuk pengolahan limbah, yang telah menciptakan masalah yang terkait dengan limpasan residu, bau, dan ketersediaan lahan. (Das et al., 2015)

Pengelolaan limbah makanan dalam jumlah besar merupakan tantangan utama. Dalam kerangka ekonomi sirkular, tujuannya adalah untuk menghilangkan pemborosan dan menetapkan penggunaan sumber daya secara terus-menerus, seperti menggunakan limbah sebagai sumber daya (terbarukan) untuk membuat produk bernilai tambah. Penggunaan limbah dari sumber daya terbarukan dalam produk lebih disukai daripada penggunaan sumber daya yang terbatas untuk alasan keberlanjutan dan lingkungan. (Vandeginste, 2021)



Pemanfaatan sumber daya limbah padat adalah tugas utama yang perlu ditangani secara rasional lingkungan (Guerrero et al., 2020). Negara-negara yang kaya akan sumber daya mineral (misalnya, Cina, Polandia, AS) cenderung menumpuk limbah padat, terutama fosfogipsum, lumpur merah, abu terbang, dan gangue batubara (Shahba et al., 2017). Limbah padat dalam jumlah besar tidak hanya menempati lahan yang luas tetapi juga merusak ekosistem (Belyaeva & Haynes, 2012). Oleh karena itu, pengolahan yang wajar dan pemanfaatan sumber daya limbah padat industri sangat dibutuhkan. Karena sifat fisikokimia khusus seperti mengandung unsur logam yang kaya (Zhou et al., 2017)

**Tabel 2.4.** Rincian limbah padat dan aplikasi potensialnya

Limbah Padat	Detail Sumber	Aplikasi Potensial
Limbah Industri	Terak baja, puing-puing konstruksi, pembakaran batu bara residu, lumpur merah bauksit	Batu bata, semen, balok, cat, ubin, produk pengganti kayu, beton, produk keramik
Limbah Agro	Tangkai kapas, beras bagasi & sekam jerami gandum, gergaji limbah penggilingan, goni & batang pisang, kulit kacang, sisal & sisa sayuran.	papan insulasi, papan partikel, panel dinding, lembaran atap, pengikat bahan bakar, bukti asam semen, batu bata, komposit yang diperkuat serat sabut
Limbah Mineral Pertambangan	Limbah overburden pertambangan tailing dari besi, batu bara limbah paling cair, tembaga, emas, seng, aluminium industri	Bahan bakar agregat ringan, ubin, batu bata
Limbah Berbahaya	Limbah galvanis, residu metalurgi, penyamakan kulit limbah	Papan, ubin, batu bata semen
Limbah Proses Lainnya Yang Tidak Berbahaya	Limbah gipsum, limbah batu kapur lumpur, pengolahan kelereng, residu pecah dari kaca & keramik	Plester gipsum, gipsum berserat, papan, batu bata, balok, klinker semen, pengikat hidrolis semen super sulfat

Sumber : (Chandra Dubey et al., 2021)

## 2.6 Material Peredam Suara

### 2.6.1 Serat Kenaf

Serat kenaf, yang secara ilmiah dikenal sebagai *hibiscus cannabinus*, diperoleh dari batang tanaman. Kenaf tersebar luas di Afrika, Asia, dan India, di mana umumnya digunakan untuk membuat tas. Inggris mengimpor kenaf ke Eropa sebelum menyebar di Amerika Utara. panel kenaf tersedia secara komersial sebagai panel semi-kaku dengan kepadatan dan ketebalan yang berbeda. Selama proses fabrikasi, serat kenaf sering dicampur bersama dengan beberapa serat poliester untuk lipat kekakuan mereka. Sampel kenaf murni dengan ketebalan 4 cm dan 6 cm dan densitas berbeda diuji. Yang diukur nilai koefisien penyerapan suara tinggi pada frekuensi sedang dan tinggi, tetapi koefisien penyerapan diasumsikan nilai rendah pada frekuensi rendah. (Berardi & Iannace, 2015)

### 2.6.2 Sabut Kelapa

sabut kelapa bahan menunjukkan sifat penyerapan suara yang baik untuk frekuensisekitar 2500-3100Hz. Dengan membandingkan hasil keduanypendekatan itu terlihat jelas bahwa model Delany-Bazley menunjukkan tren yang sangat cocok dengan hasil eksperimen hingga 2900–3100 Hz. Sampel 7 mm, 14 mm, 21 mm, 28 mm dan 35 mm dengan massa jenis  $220 \text{ Kg/m}^3$  menunjukkan koefisien penyerapan suara sebesar 0,50, 0.69, 0.74, 0.78 dan 0.84 untuk frekuensi sekitar 2700–3100 Hz. Serat sabut kelapa menunjukkan penyerapan suara yang buruk pada frekuensi rendah. STL lebih lanjut untuk sampel setebal 21 mm, 28 mm, 35 mm dengan densitas  $220 \text{ Kg/m}^3$  diperoleh dengan menggunakan tabung impedansi. Contoh dengan ketebalan yang lebih tinggi menunjukkan hasil STL yang baik. Semua hasil nyata bahwa sabut kelapa dapat digunakan secara efektif untuk aplikasi akustik. (Bhingare & Prakash, 2020)

### 2.6.3 Serat Rami

Serat rami, secara ilmiah dikenal sebagai *ganja sativa*, berasal dari rami tekstil yang serat berkualitas rendah tidak dapat digunakan untuk aplikasi

tekstil. Tanaman ini tumbuh di daerah beriklim sedang dan umumnya tersedia dalam jumlah besar. Panel isolasi diproduksi dengan memperlakukan serat rami dengan soda atau garam boron untuk meningkatkan perilaku api maka bahan tersebut dikenakan untuk pengaturan panas untuk membentuk panel yang lebih kuat. Serat rami olahan tidak mengandung zat beracun dan tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan baik selama pemrosesan maupun selama masa manfaat panel. Serat rami memiliki sifat termal dan akustik yang baik. Ditunjukkan bahwa nilai koefisien absorpsi pada frekuensi menengah dan tinggi bersifat diskrit, sedangkan pada frekuensi rendah koefisien yang dihasilkan dapat diabaikan. (Berardi & Iannace, 2015)

### **Metode Taguchi**

Metode analisis Taguchi ditemukan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 ketika menjalankan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode ini adalah metode yang baru dipakai dalam bidang teknik dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas proses dan produk serta untuk menekan biaya dan sumber daya sekecil mungkin. Target dari metode Taguchi ini adalah dengan mengubah produk menjadi robust terhadap noise, sehingga metode ini sering disebut dengan metode Robust Design.

Tahap-tahap metode Taguchi dibedakan menjadi tiga tahap. Adapun tiga tahap itu adalah tahap perencanaan, tahap pelaksanaan dan tahap analisis. Tahap perencanaan adalah tahap yang paling berperan dari eksperimen karena fungsinya untuk memberikan informasi yang diharapkan.

Tahap kedua dari metode ini adalah tahap pelaksanaan, dimana ketika data hasil eksperimen telah diperoleh. Apabila eksperimen direncanakan dan dilakukan dengan baik, maka proses analisis akan menjadi lebih sederhana dan cenderung memberikan informasi positif terkait faktor serta level.

Tahap analisis adalah tahap dimana saat informasi positif atau negatif berikatan dengan faktor dan level yang telah dihasilkan dan dipilih dari dua tahap sebelumnya. Tahap analisis adalah tahap terakhir yang menentukan peneliti