

## Pengaruh Komposisi Partikel Styrofoam dan Resin Epoksi pada Komposit Peredam Suara

<sup>1)</sup>\*Bima Kusuma Ary Prastianto, <sup>2)</sup>\*Gatut Rubiono, <sup>3)</sup>\*Ikhwanul Qiram

<sup>1)</sup>\*Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas PGRI Banyuwangi

<sup>2,3)</sup>\*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas PGRI Banyuwangi

<sup>1)</sup>\*Email: kbima059@gmail.com

<sup>2)</sup>\*Email: g.rubionov@unibabwi.ac.id

<sup>3)</sup>\*Email: ikhwanulqiram@gmail.com

Diterima: 02.08.2023, Disetujui: 27.10.2023, Diterbitkan: 01.11.2023

### ABSTRACT

*Styrofoam (Extruded Polystyrene) waste can be used as a soundproofing material. This study aims to determine the effect of the particle composition of Styrofoam and epoxy resin on the performance of soundproofing composites. The composition between Styrofoam particles and epoxy resin is 20:20; 20:30; and 20:50 grams. Sound absorption test using PVC impedance tube 100 cm long, 15 cm diameter and 5 mm thick. The variation in the placement distance of the composite from the sound source is 25; 50; and 75 cm and measured using the sound level meter application. This type of test sound uses a single tone in the frequency range of 0-600 Hz which is recorded per 5 seconds. Composite performance analysis is reviewed based on media density, composite morphological characteristics of Image-J software, and sound absorption coefficient values. The results showed that the greater the composition had increased the density value of composite particles accompanied by a decrease in pore area in the composite media which resulted in a sound absorption coefficient of 15.61 dB at a composition of 20:50 with a distance of 25 cm from the sound source.*

**Keywords:** styrofoam, epoxy resin, composite, reducer.

### ABSTRAK

Sampah styrofoam (*Extruded Polystyrene*) dapat digunakan sebagai material peredam suara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi partikel styrofoam dan resin epoksi terhadap kinerja komposit peredam suara. Komposisi antara partikel styrofoam dan resin epoksi sebesar 20:20; 20:30; dan 20:50 gram. Pengujian serap suara menggunakan tabung impedansi berbahan PVC sepanjang 100 cm, diameter 15 cm dan tebal 5 mm. Variasi jarak penempatan komposit dari sumber suara adalah 25; 50; dan 75 cm dan diukur menggunakan aplikasi *sound level meter*. Jenis suara uji menggunakan *single tone* pada rentang frekuensi 0-600 Hz yang dicatat per-5 detik. Analisis kinerja komposit ditinjau berdasarkan densitas media, karakteristik morfologi komposit dari *software Image-J*, serta nilai koefisien serap suara. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa semakin besar komposisi telah meningkatkan nilai densitas partikel komposit yang disertai dengan penurunan luas pori pada media komposit yang menghasilkan koefisien serap suara sebesar 15,61 dB pada komposisi 20:50 dengan jarak 25 cm dari sumber suara.

**Kata Kunci:** styrofoam, resin epoksi, komposit, peredam

### I. Pendahuluan

Pada tahun 2020, Indonesia memproduksi sampah hingga 67,8 juta ton/tahun dalam jenis organik maupun anorganik (Rahayu, Mustopa, and Bayani 2022). Indonesia menjadi negara terbesar kedua penyumbang sampah anorganik berupa plastik setelah Cina (Stephen, Raymond, and Santoso 2019). Salah satu sampah anorganik yang dihasilkan adalah

sampah styrofoam kemasan makanan (Rizal, Tua, and Ginting 2020). Sampah jenis ini merupakan sampah plastik berbahaya ke-5 di dunia. Pembakaran sampah styrofoam dapat menghasilkan zat kimia seperti *styrene*, *polyaromatic hydrocarbons* (PAHs), karbon monoksida, dan *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) yang dapat merusak lapisan atmosfer bumi (Irawan, Aliah, and Ardiansyah 2018; Sumardiono et al. 2021). Proses

pendegradasian sampah styrofoam secara alami memerlukan waktu hingga ratusan tahun (Melyna 2021).

Beberapa upaya telah dilakukan untuk mengurangi sampah styrofoam dengan memanfaatkan sebagai kerajinan yang ekonomis (Harahap, Fatah, and Mahfiana 2020; Lestari and Febrianti 2018; Sunarya 2020), material bangunan yang ramah lingkungan serta mampu meredam panas dan kebisingan yang baik (Miswar 2018; Moraes et al. 2019; Nugroho et al. 2019; Utami et al. 2019), dan komposit peredam suara (Rohman, Yulianto, and Nurbaiti 2022; Satriyatama et al. 2020). Karakteristik fisik styrofoam yang mengandung udara karena berdensitas rendah (Marina 2020), dan berpori (Aksit et al. 2019; Siti and Zulfiana 2018), dapat meningkatkan kemampuannya dalam meredam kebisingan (Febrian 2020). Biaya penggunaan styrofoam sebagai material peredam lebih ekonomis daripada bahan aluminium foil, *glasswool*, *buble pack*, dan *polythylene* (Hidayah et al. 2021).

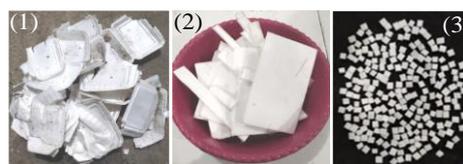
Porositas adalah salah satu syarat yang harus dimiliki komposit dalam meredam suara. Fungsi dari pori-pori material adalah sebagai pemecah dan mensirkulasikan gelombang suara di dalam suatu material sehingga terjadi proses peredaman (Idris, Mangalla, and Sudia 2018).

Pemanfaatan styrofoam sebagai komposit memiliki sifat fisik yang baik dalam menahan beban, getaran, suhu dan kelembaban udara. Sifat fisik komposit umumnya dipengaruhi oleh tekanan, jenis bahan, dan komposisi antara *matriks* dengan *filler* (Ritonga 2021). Hubungan antara *matriks* dengan *filler* dapat saling melengkapi satu sama lain sehingga dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi (Cahuan et al. 2020). Salah satu *matriks* yang biasa digunakan pada komposit adalah *matriks* polimer berjenis resin epoksi (Yani, Suroso, and Rajali 2019).

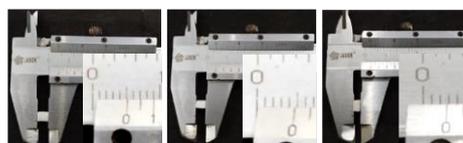
Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan pengolahan sampah styrofoam sebagai komposit dengan memperhatikan komposisi antara partikel styrofoam dan resin epoksi untuk meredam kebisingan.

## II. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan



(a) Pemrosesan partikel styrofoam

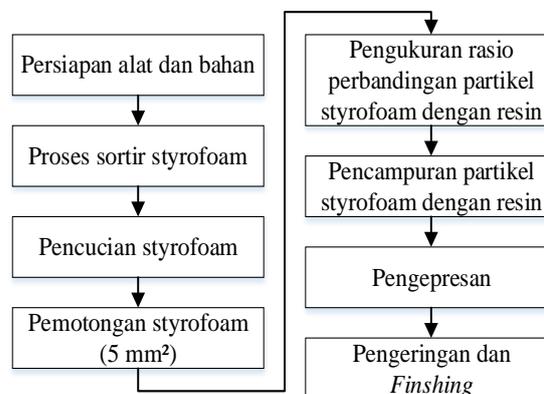


(b) Ukuran partikel styrofoam ( $p \times l \times t$ )

Gambar 1. Pengolahan filler komposit, (a) pemrosesan partikel styrofoam, dan (b) ukuran partikel styrofoam (p) panjang, (l) lebar, dan (t) tebal

Komposit dibuat dari bahan sampah styrofoam kemasan makanan berjenis *Extruded Polystirene* yang berfungsi sebagai *filler* dan direkatkan dengan *matriks* polimer yaitu resin epoksi yang dilengkapi dengan hardener untuk proses pengeringannya. Perbandingan resin dan hardener yang digunakan adalah 1:1 % dalam satuan berat (gram).

### 2.2. Prosedur pembuatan komposit



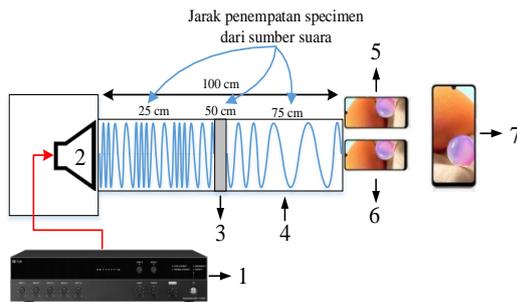
Gambar 2. Diagram prosedur pembuatan komposit

Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up* dengan prosedur seperti pada gambar 2. Proses pencampuran antara partikel styrofoam dengan resin epoksi menggunakan perbandingan 20:20; 20:30; dan 20:50 gram yang diaduk secara manual menggunakan sendok didalam wadah hingga merata.

Pencetakan komposit menggunakan ukuran 16×16×1 cm. Proses pengepresan dilakukan selama 1 jam pada suhu lingkungan ±28,8°C. Setelah satu jam, komposit dilepas dari cetakan dan didiamkan selama 24 jam hingga mengering. Proses finishing dilakukan untuk menyesuaikan ukuran komposit pada diameter dalam tabung impedansi.

### 2.3. Instrumen Penelitian

#### a) Skema alat uji serap suara



Gambar 3. Skema alat uji serap suara

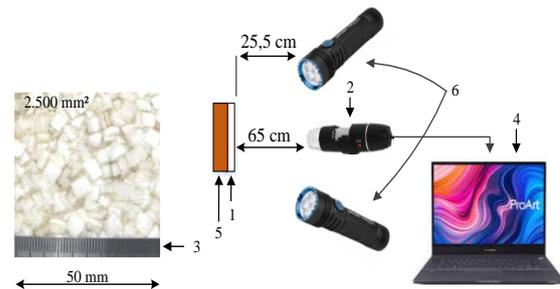
Keterangan:

1. Amplifier,
2. Speaker,
3. Komposit,
4. Tabung impedansi,
5. Aplikasi video penghasil frekuensi suara,
6. Aplikasi *sound level meter* (HQ Pro),
7. Kamera perekam data.

Proses uji serap suara menggunakan tabung impedansi berbahan PVC sepanjang 100 cm, berdiameter 15 cm, dan tebal 5 mm. Jarak penempatan komposit dari sumber suara adalah 25; 50; dan 75 cm. Jenis suara yang digunakan dalam pengujian adalah *single tone* dengan frekuensi yang semakin meningkat dari

frekuensi suara 0-600 Hz dan dicatat dalam rentang waktu per-5 detik. Pengukuran intensitas suara menggunakan aplikasi *sound level meter* (HQ Pro) yang dapat dikalibrasi.

#### b) Skema alat uji morfologi



Gambar 4. Skema alat uji morfologi komposit

Keterangan:

1. Spesimen uji,
2. Kamera digital,
3. Garis skala pada spesimen uji,
4. Laptop,
5. Papan kayu,
6. Flashlight.

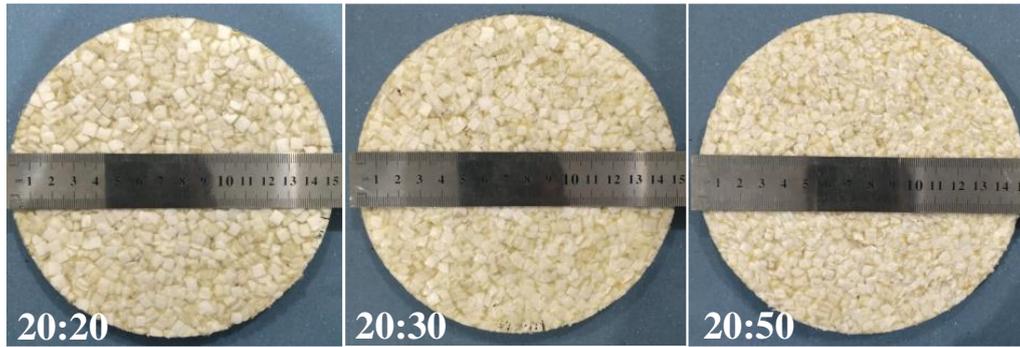
Pengambilan data karakteristik permukaan komposit sebesar 2.500 mm<sup>2</sup>. Pengambilan data menggunakan kamera digital USB tipe 2.0 dengan resolusi gambar hingga 1920\*1080. Pengambilan data dilakukan dalam ruang yang hampir kedap cahaya dan digunakan *flashlight* dengan masing-masing intensitas cahaya adalah 191 Lux. Proses analisis pori komposit menggunakan *software Image-J* tipe ij153-win-java8.

## III. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Pencetakan

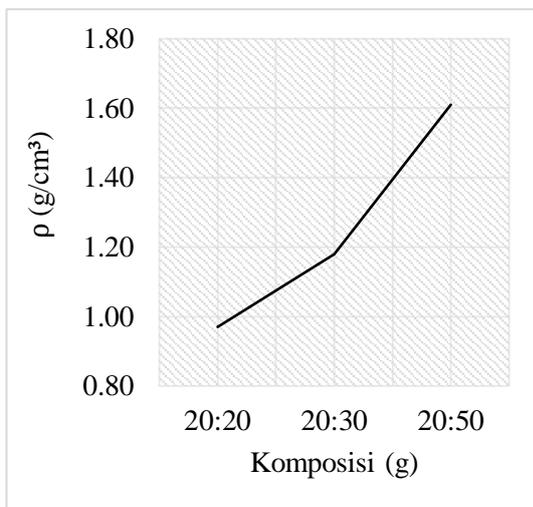
Tabel 1. Data karakteristik fisik komposit

Styrofoam:Resin epoksi (g)	Berat setelah dipotong (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
20:20	30	31,02	0,97
20:30	36	30,43	1,18
20:50	49	30,43	1,61



Gambar 5. Hasil pencetakan komposit setiap variasi komposisi (g)

### 3.2. Densitas Komposit

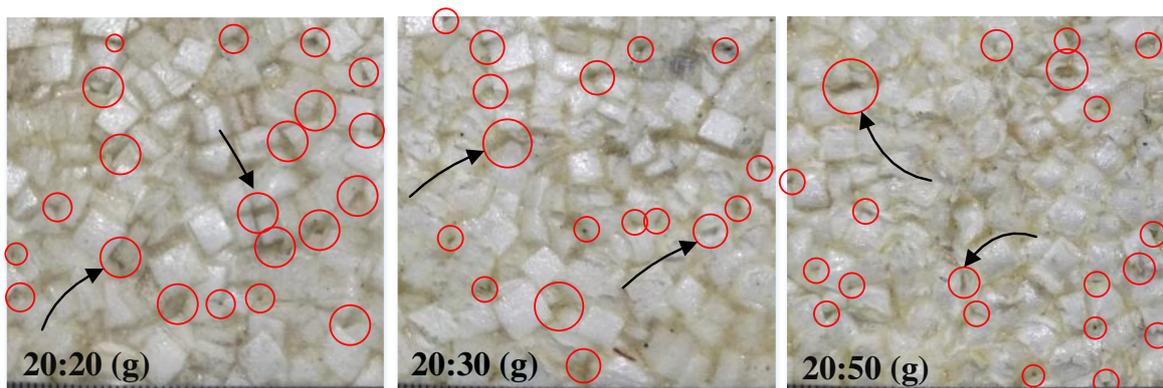


Gambar 6. Grafik densitas komposit

Gambar 6 menunjukkan semakin bertambahnya penggunaan resin epoksi pada komposit, menjadikan nilai densitas komposit yang semakin tinggi. Pada variasi komposisi 20:20 g, memiliki nilai densitas terendah yaitu  $0,97 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan pada variasi komposisi 20:50 g, memiliki nilai densitas tertinggi sebesar  $1,61 \text{ g/cm}^3$ .

Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya penggunaan resin epoksi, volume dan berat komposisi komposit menjadi semakin meningkat. Sehingga ketika dilakukan pengepresan pada ukuran cetakan yang sama, menjadikan komposisi 20:50 lebih tertekan oleh beban pengepresan yang menjadikan variasi komposisi 20:50 lebih padat dibandingkan dengan komposisi yang lain.

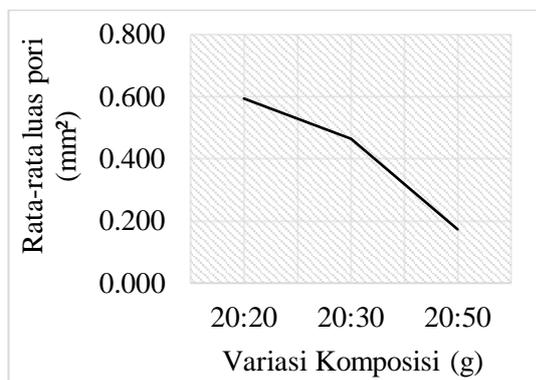
### 3.3. Karakteristik Pori Komposit



Gambar 7. Pori-pori komposit pada setiap variasi

Tabel 2. Hasil analisis pori

Komposisi (g)	Total area (mm <sup>2</sup> )	Average size (mm <sup>2</sup> )	% Area
20:20	124,098	0,594	4,964
20:30	82,704	0,465	3,027
20:50	46,922	0,173	1,717



Gambar 8. Grafik nilai rata-rata luas pori komposit

Karakteristik pori komposit didapatkan dari hasil pengolahan data menggunakan *software Image-J*. Porositas komposit ditandai dengan lingkaran berwarna merah pada gambar 7. Luas permukaan hasil pengukuran menggunakan *software image-J* (lihat tabel 2) selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 8 semakin bertambahnya penggunaan resin epoksi, menjadikan nilai rata-rata luas pori yang semakin kecil. Nilai rata-rata luas pori terbesar dihasilkan oleh komposisi 20:20 g sebesar 0,594 mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai rata-rata ukuran luas pori terkecil dihasilkan oleh komposisi 20:50 g yaitu 0,173 mm<sup>2</sup>.

Meningkatnya penggunaan resin epoksi berpengaruh terhadap proses pengepresan komposit yang ditandai dengan semakin berubahnya bentuk partikel styrofoam dan ukuran luas pori komposit yang semakin kecil. Pori-pori komposit terbentuk akibat rekatan antara partikel styrofoam yang tidak terisi dengan resin epoksi. Pada variasi komposisi 20:20 g regangan antara partikel styrofoam terlihat semakin jelas dan besar.

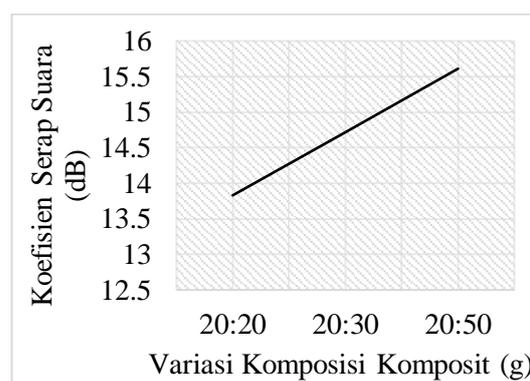
Berdasarkan nilai densitas komposit, variasi komposisi 20:20 g memiliki nilai densitas terendah. Hal ini menjadikan karakteristik permukaan komposit memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar dan bentuk partikel styrofoam cenderung tidak mengalami

perubahan yang signifikan. Pada variasi komposisi 20:50 g terlihat bahwa bentuk partikel styrofoam yang semakin abstrak dan ukuran rata-rata luas pori yang semakin kecil. Hal ini disebabkan karena, penggunaan resin epoksi pada variasi tersebut sebesar 50 g atau lebih banyak dibandingkan dengan variasi komposisi yang lain dan menjadikan variasi komposisi tersebut mengalami peningkatan massa dan volume.

### 3.4. Koefisien Serap Suara Berdasarkan Variasi Komposisi

Tabel 3. Nilai koefisien serap suara

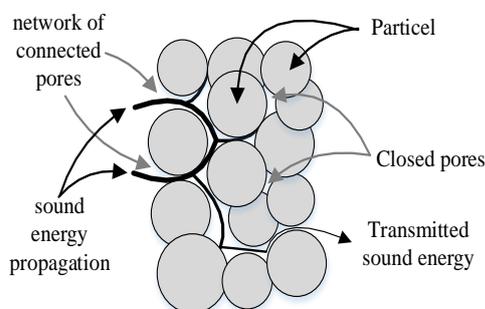
Frekuensi suara (Hz)	Intensitas awal (dB)	Nilai koefisien serap suara/Komposisi (g)		
		20:20	20:30	20:50
115	70	9,33	13,00	13,33
206	80	18,33	17,33	21,67
302	83	9,67	11,33	13,33
392	83	13,33	15,00	17,33
492	81	16,33	13,67	13,67
587	84	16,00	18,00	14,33
<b>Rata-rata koefisien serap suara (dB)</b>		13,83	14,72	15,61



Gambar 9. Grafik nilai rata-rata koefisien serap suara

Nilai koefisien serap suara pada setiap variasi komposisi didapatkan dari hasil rata-rata tiga titik penempatan dari sumber suara pada setiap variasi komposisi seperti pada tabel 3. Gambar 9 menunjukkan semakin bertambahnya penggunaan resin epoksi, menjadikan nilai rata-rata koefisien serap suara yang semakin meningkat. Nilai rata-rata koefisien serap suara terendah dihasilkan oleh

komposisi 20:20 g dengan nilai 13,83 dB. Sedangkan nilai rata-rata koefisien serap suara tertinggi dihasilkan oleh komposisi 20:50 g sebesar 15,61 dB. Meningkatnya koefisien serap suara disebabkan karena semakin bertambahnya penggunaan resin epoksi, dapat meningkatkan nilai densitas, menghasilkan luas pori yang semakin kecil dan berpotensi dapat mempengaruhi permeabilitas komposit. Semakin tinggi nilai densitas komposit, rambatan gelombang yang masuk kedalam pori komposit akan mengalami kesulitan dalam menembus material tersebut. Fenomena gelombang suara ketika melewati celah material, akan mengalami pelenturan sehingga intensitas suara akan semakin melemah seiring melemahnya gelombang suara. Fenomena ini dapat diilustrasikan seperti pada gambar 10 berikut.

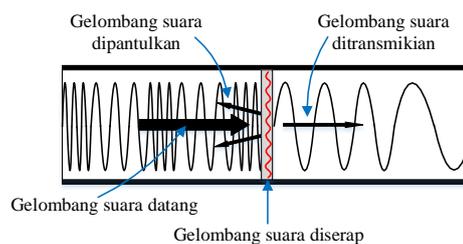


Gambar 10. Proses peredaman suara pada pori komposit

Ketika gelombang suara menghantam material berpori, sebagian akan dipantulkan kembali, sebagian akan diserap, dan sebagian akan ditransmisikan (Cao et al. 2018). Proses pemantulan gelombang suara terjadi akibat kurang mampunya material dalam menyerap gelombang suara. Karakteristik material yang berpotensi dalam memantulkan gelombang suara adalah bersifat keras, licin, dan halus. Proses peredaman suara pada material dapat diilustrasikan seperti gambar 11 berikut.

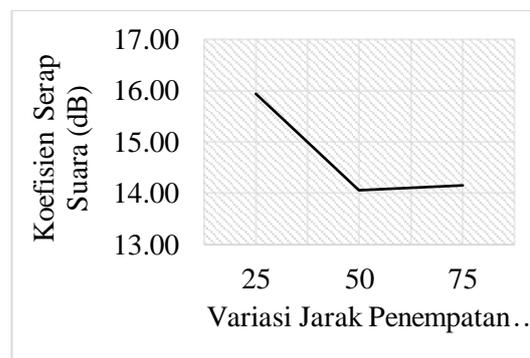
Proses penyerapan gelombang suara terjadi karena sifat fisik partikel styrofoam yang elastis dapat meredam getaran dari gelombang suara. Selain itu, sisa dari gelombang suara akan mengalami proses konversi energi dari energi kinetik menjadi energi panas. Hal ini terjadi ketika gelombang suara memasuki pori material dan terjadi gesekan dengan dinding pori material (Cao et al. 2018; Harman 2019). Gelombang suara yang tidak dapat diredam kemudian akan

ditransmisikan ke titik pengukuran oleh komposit.



Gambar 11. Proses peredaman gelombang suara secara keseluruhan

### 3.5. Koefisien Serap Suara Berdasarkan Titik Penempatan Komposit



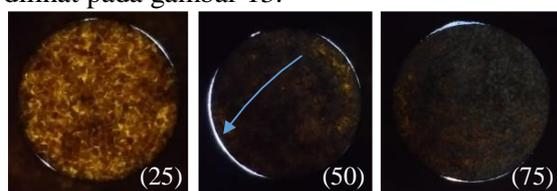
Gambar 12. Grafik koefisien serap suara berdasarkan titik penempatan komposit dari sumber suara

Nilai koefisien serap suara berdasarkan titik penempatan komposit didapatkan dari hasil rata-rata nilai koefisien serap suara per-variabel jarak pada masing-masing variasi komposisi. Pada gambar 12 nilai rata-rata koefisien serap suara pada setiap variasi jarak antara komposit dari sumber suara memiliki nilai koefisien serap suara yang relatif menurun seiring semakin jauh penempatan komposit dari sumber suara. Pada jarak 25 cm dari sumber suara memiliki nilai rata-rata koefisien serap suara tertinggi yaitu 15,94 dB. Untuk variasi jarak 50 cm dari sumber suara memiliki nilai rata-rata koefisien serap suara terendah yaitu 14,06 dB. Sedangkan nilai rata-rata koefisien serap suara variasi jarak 75 cm dari sumber suara adalah 14,16 dB.

Semakin menurunnya nilai koefisien serap suara seiring bertambahnya jarak penempatan komposit dari sumber suara dikarenakan nilai intensitas suara berbanding terbalik dengan nilai amplitudo (Sihombing 2021). Melemahnya gelombang suara akibat semakin besarnya amplitudo menghasilkan intensitas suara yang semakin rendah.

Sehingga pada jarak 25 cm dari sumber suara, dapat meningkatkan nilai koefisien serap suara pada komposit karena gelombang suara yang di transmisikan akan melemah hingga di titik pengukuran.

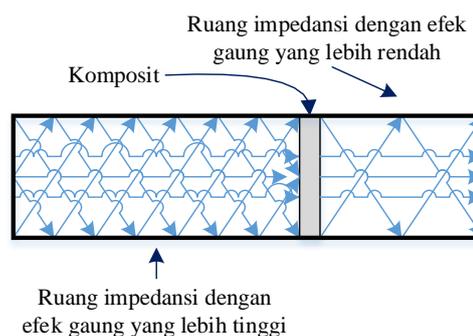
Untuk variasi jarak 50 cm dari sumber suara memiliki nilai rata-rata koefisien serap suara terendah yaitu 14,06 dB dan sedangkan untuk variasi jarak 75 cm memiliki nilai rata-rata koefisien serap suara yaitu 14,16 dB. Hal ini disebabkan celah antara pipa uji dengan spesimen pada variasi jarak 50 cm lebih besar daripada celah pada variasi jarak 25 cm dan 75 cm sehingga intensitas suara mengalami kebocoran yang lebih besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Celah antara tabung dengan komposit

Bertambahnya jarak penempatan komposit dari sumber suara cenderung mengalami efek gaung yang lebih tinggi. Efek gaung terjadi akibat penyebaran rambatan gelombang suara ke segala arah sesuai dengan diameter dan panjang tabung atau titik penempatan komposit dari sumber suara. Hal ini disebabkan karena apabila semakin jauh komposit dari sumber suara, gelombang suara membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat teredam oleh komposit akibat jarak penempatan komposit yang semakin jauh.

Apabila jarak penempatan komposit semakin dekat dengan sumber suara, maka rambatan gelombang suara membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk dapat teredam oleh komposit. Sehingga, efek gaung menjadi semakin rendah dan komposit menjadi semakin mudah dalam meredam gelombang suara. Hal ini menjadikan gelombang suara yang ditransmisikan akan semakin melemah ke titik pengukuran. Fenomena ini dapat diilustrasikan pada gambar 14 berikut.



Gambar 14. Ilustrasi pemantulan gelombang suara pada tabung impedansi.

## IV. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa komposisi antara partikel styrofoam dengan resin epoksi berpengaruh terhadap densitas komposit. Nilai densitas tertinggi dihasilkan oleh komposisi 20:50 g dengan nilai 1,61 g/cm<sup>3</sup> dan nilai densitas terendah dihasilkan oleh komposisi 20:20 g dengan nilai 0,97 g/cm<sup>3</sup>.

Meningkatnya densitas, dapat menurunkan nilai luas pori-pori. Nilai luas pori-pori terbesar dihasilkan oleh komposisi 20:20 g dengan nilai rata-rata 0,594 mm<sup>2</sup> dan nilai luas pori-pori terkecil dihasilkan oleh komposisi 20:50 g dengan nilai 0,173 mm<sup>2</sup>. Nilai koefisien serap suara pada komposit juga semakin meningkat. Nilai koefisien serap suara tertinggi dihasilkan oleh komposisi 20:50 g dengan nilai rata-rata 15,61 dB. Nilai koefisien terendah dihasilkan oleh komposisi 20:20 g dengan nilai rata-rata 13,83 dB.

Variasi jarak penempatan komposit dari sumber suara dengan nilai koefisien serap suara tertinggi dihasilkan oleh variasi jarak 25 cm dengan nilai 15,94 dB. Untuk variasi jarak 50 cm dari sumber suara memiliki nilai rata-rata koefisien serap suara terendah yaitu 14,06 dB. Dari seluruh variasi komposisi yang digunakan, nilai koefisien serap suara masih tergolong rendah karena memiliki nilai rata-rata dibawah 50%.

#### 4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian serupa selanjutnya adalah dapat merubah variasi bentuk partikel styrofoam, ukuran komposit, dan komposisi campuran antara matrik dan filler yang berbeda untuk mendapatkan karakteristik fisik yang lebih baik. Sehingga dapat menghasilkan komposit peredam suara dan panas yang lebih baik.

#### Daftar Pustaka

- Aksit, Merve, Chunjing Xhao, Bastian Klose, Klaus Kreger, Hans-Werner Schmidt, and Volker Altstadt. 2019. "Extruded Polystyrene Foams with Enhanced Insulation and Mechanical Properties by a Benzene-Trisamide-Based Additive." *Polymers* 11(2):1–10. doi: 10.3390/polym11020268.
- Cahuan, Arvind Kumar, Amarjeet Singh, Deepak Kumar, and Kuldeep Mishra. 2020. "Properties of Composite Materials Databook." Pp. 61–78 in *Composite Material*. Vol. 50.
- Cao, Leitao, Qiuxia Fu, Yang Si, Bin Ding, and Jianyong Yu. 2018. "Porous Materials for Sound Absorption." *Composites Communications* 10(May):25–35. doi: 10.1016/j.coco.2018.05.001.
- Febrian, S. 2020. "Performance Study between Polyurethane and Styrofoam as Diesel Engine Sound Insulating Materials on the Traditional Passenger Ship." Pp. 1–5 in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1469.
- Harahap, Lukman, Muhammad Husin Al Fatah, and Layyin Mahfiana. 2020. "Pemberdayaan Ekonomi Kreatif Melalui Pemanfaatan Limbah Styrofoam Menjadi Barang Bernilai Ekonomis Di Kampung Sentra Pengrajin Mainan Pesawat Terbang." *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 4(1):42–50. doi: 10.29062/engagement.v4i1.108.
- Harman, Said. 2019. "Analisa Mampu Redam Suara Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Matriks Polyvinyl Acetate (Lem Fox)." *Fibres, Films, Plastics and Rubbers* 4(1):66–71. doi: 10.1016/b978-0-408-15960-9.50013-9.
- Hidayah, Nur Yulianti, Dino Rimantho, Anggina Sandy Sundari, and Ayu Herzanita. 2021. "Analisis Uji Kemampuan Komposit Berbahan Dasar Limbah Dalam Fungsi Penyerapan Suara." *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)* 5(1):18–24. doi: 10.18196/jmpm.v5i1.12140.
- Idris, Lukas Kano Mangalla, and Budiman Sudia. 2018. "Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Berbahan Gypsum, Serat Ijuk Pohon Aren Dan Resin Polyester Terhadap Kemampuan Meredam Suara." *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* 3(2):1–11.
- Irawan, Chairul, Aliah, and Ardiansyah. 2018. "Biodegradable Foam Dari Bonggol Pisang Dan Ubi Nagara Sebagai Kemasan Makanan Yang Ramah Lingkungan." *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 10(1):33–42.
- Lestari, Neta Dian, and Ayu Febrianti. 2018. "Analisis Kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan (Pkm-K) Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Kaleng, Kaca, Styrofoam, Kardus, Kulit Telur)." *PROMOSI (Jurnal Pendidikan Ekonomi)* 6(2):13–21. doi: 10.24127/pro.v6i2.1686.
- Marina, Nurul Fitria. 2020. "Dampak Lapisan Konstruksi Atap Terhadap Suhu Ruang." *Agregat* 5(2):481–86. doi: 10.30651/ag.v5i2.6601.
- Melyna, Ella. 2021. "Hidrokarbon Hasil Perengkahan Sampah Polystyrene Foam." *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan* 3(1):1–5.
- Miswar, Khairul. 2018. "Beton Ringan Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam." *Portal: Jurnal Teknik Sipil* 10(1):33–39. doi: 10.30811/portal.v10i1.981.
- Moraes, E. G. De, L. Sangiacomo, N. P. Stochero, S. Arcaro, L. R. Barbosa, A. Lenzi, C. Siligardi, and A. P. Novaes De Oliveira. 2019. "Innovative Thermal and Acoustic Insulation Foam by Using Recycled Ceramic Shell and Expandable Styrofoam ( EPS ) Wastes." *Waste Management* 89(2019):336–44. doi: 10.1016/j.wasman.2019.04.019.

- Nugroho, Samsu Adi, Muhammad Dikri Fadilah, Thesalonika Br Ginting, and Asri Nurdiana. 2019. "Hexalock Brick: Inovasi Batako Pendukung Konsep Prefabricate Building Yang Ringan, Ekonomis Dan Ramah Lingkungan." *Journal Proyek Teknik Sipil* 2(1):25–30.
- Rahayu, Devi Dwi, Bintang Alya Binurika Mustopa, and Cinto Bayani. 2022. "Analisis Penyelenggaraan Bank Sampah Asyik 19 Bojonggede Tahun 2021." *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan* 16(1):1–8. doi: 10.26630/rj.v16i1.2975.
- Ritonga, Endang Sagita. 2021. "Pengaruh Komposisi Campuran Styrofoam Danserbuk Kulit Buah Kakao Terhadap Karakteristik Papan Partikel." Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
- Rizal, Reda, Lomo Mula Tua, and Sargi Br Ginting. 2020. "Husk as a Substitute for Styrofoam Plastic Products Manufacturing Packaging." Pp. 1–13 in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1569.
- Rohman, Allif Silfiyana, Agus Yulianto, and Upik Nurbaiti. 2022. "Aplikasi Styrofoam Sebagai Absorpsi Bunyi." *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika* 10(1):1–10. doi: 10.23960/jtaf.v10i1.2817.
- Satriyatama, Adhi, Haris Amaldi, M. Maulana Ibrahim, and Aditianto Ramelan. 2020. "Komposit Grafit-Polistirena Diperkuat Poliuretan Sebagai Penyerap Gelombang Akustik." *Jurnal Metalurgi Dan Material Indonesia* 2(3):14–20.
- Sihombing, Zulkarnain. 2021. "Analisis Tingkat Kebisingan Pada Kawasan Pemukiman Sekitar Bandara Internasional Kualanamu." Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Siti, Haisah, and Indah Sari Zulfiana. 2018. "Efektifitas Material Akustik Pengendali Kebisingan Pada Ruang Genset Di Pusat Perbelanjaan Di Gorontalo." *JST (Jurnal Sains Terapan)* 4(2):116–21. doi: 10.32487/jst.v4i2.515.
- Stephen, Raymond, and Handri Santoso. 2019. "Aplikasi Convolution Neural Network Untuk Mendeteksi Jenis-Jenis Sampah." *Explore – Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika* 10(2):122–32.
- Sumardiono, S., I. Pudjihastuti, R. Amalia, and Y. A. Yudanto. 2021. "Characteristics of Biodegradable Foam (Bio-Foam) Made from Cassava Flour and Corn Fiber." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1053(1):1–7. doi: 10.1088/1757-899x/1053/1/012082.
- Sunarya, I. Ketut. 2020. "Pengembangan Bahan Kerajinan Berbasis Oplosan." *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah* 37(1):69–78. doi: 10.22322/dkb.V36i1.4149.
- Utami, Linda Sekar, Islahudin, Zulkarnain, Ahyati Kurniamala Niswariyana, and Nursina Sari. 2019. "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Untuk Menghasilkan Batako Ringan Sebagai Pendukung Ketersediaan Material Rumah Anti Gempa Desa Gontoran Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat." *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan* 3(1):131. doi: 10.31764/jpmb.v3i1.1278.
- Yani, M., Bekti Suroso, and Rajali. 2019. "Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 2(1):74–83. doi: 10.30596/rmme.v2i1.3071.