

Analisis Uji Kemampuan Komposit Berbahan Dasar Limbah Dalam Fungsi Penyerapan Suara

Nur Yulianti Hidayah^a, Dino Rimantho^b, Anggina Sandy Sundari^c, Ayu Herzanita^d,

^{a,b,c}Teknik Industri Universitas Pancasila, Jl. Srengsengsawah, Jagakarsa, DKI Jakarta, Indonesia, +62217864730 ext.119

e-mail: nurhidayah@univpancasila.ac.id ; dino.rimantho@univpancasila.ac.id ; anggina.sandy@univpancasila.ac.id

^dTeknik Sipil Universitas Pancasila, Jl. Srengsengsawah, Jagakarsa, DKI Jakarta, Indonesia, +62217864730

e-mail: ayu.herzanita@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Kata kunci:

Kemampuan redam;
Koefisien redam;
Komposit;
Limbah

Peningkatan permasalahan lingkungan baik berupa masalah kebisingan maupun limbah padat organik dan anorganik memunculkan berbagai upaya untuk menanganinya. Di sisi lain terjadi peningkatan penggunaan komposit di segala bidang merupakan rekayasa bahan yang banyak dilakukan peneliti untuk mendapatkan bahan alternatif yang baru. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kemampuan papan komposit akustik berbahan dasar limbah organik dan anorganik memiliki kemampuan menyerap suara yang sama baik ditinjau dari parameter ketebalan. Pengujian dilakukan dengan mengukur tingkat kebisingan suara pada *chamber* sebelum dan setelah dipasang papan komposit. Nilai *Loss* diperoleh dengan mengurangi tingkat suara yang masuk ke *chamber* sebelum media akustik dipasang dan suara yang diterima/dipantulkan setelah dipasang media akustik (papan komposit). Dari hasil pengujian diperoleh nilai koefisien penyerapan bunyi di semua variasi ketebalan spesimen komposit menghasilkan nilai yang baik pada frekuensi 125 Hz dan 500 Hz.

ABSTRACT

Keyword:

Damping ability;
Damping coefficient;
Composite; Waste

Increasing environmental problems in the form of noise problems as well as organik and inorganik solid waste raises various efforts to deal with them. On the other hand, the increasing use of composites in all fields is a material engineering that many researchers do to get new alternative materials. The purpose of this study was to determine whether the ability of acoustic composite boards made from organik and inorganik waste has the same sound absorption ability in terms of thickness parameters. The test is carried out by measuring the noise level in the chamber before and after the composite board is installed. Loss value is obtained by subtracting the sound level entering the chamber before the acoustic media is installed and the sound received/reflected after the acoustic media (composite board) is installed. From the test results, the sound absorption coefficient values in all variations of the thickness of the composite specimen resulted in good values at the frequencies of 125 Hz and 500 Hz.

1. PENDAHULUAN

Lingkungan hidup dihadapkan pada tingginya kompleksitas permasalahan saat ini. Sehingga, hal ini menjadi dasar pentingnya meningkatkan kepedulian lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan kembali limbah sebagai salah satu material dalam pembuatan produk baru. Terdapat beberapa alasan pemanfaatan limbah sebagai material baru, yaitu: (1) peningkatan kepedulian lingkungan, (2) perlindungan terhadap SDA, (3) pengurangan emisi karbon, dan (4) peningkatan kegiatan daur ulang. Pemanfaatan sumberdaya alam dalam mendukung keberhasilan pembangunan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi berpotensi mendorong terjadinya risiko negatif bagi lingkungan. Dari perspektif lingkungan, tercapainya kelestarian lingkungan merupakan tolok ukur keberhasilan pembangunan yang tidak memperhatikan tiga pilar pembangunan berkelanjutan (sosial,

ekonomi dan lingkungan) saat pembangunan tersebut dilaksanakan. Kelestarian lingkungan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perlindungan sumberdaya alam yang pada akhirnya dapat memberikan dukungan pada terwujudnya pembangunan yang berkelanjutan. Lebih jauh, kelestarian lingkungan dapat diartikan bahwa lingkungan terbebas dari pencemaran yang ada baik di lingkungan darat, perairan dan udara.

Salah satu perwujudan kelestarian lingkungan adalah terciptanya lingkungan udara yang bersih dan bebas dari pencemaran udara, baik yang diakibatkan oleh aktivitas kendaraan bermotor maupun aktivitas dari industri. Lebih lanjut, kebisingan saat ini menjadi salah satu perhatian para peneliti yang berkecimpung dalam area penelitian pencemaran udara. Studi yang dilakukan oleh Gabriel memberikan definisi tentang kebisingan sebagai suara yang tidak diinginkan atau disukai [1]. Secara umum, tingkat kebisingan identik dengan tingkat intensitas suara yang dinyatakan dengan satuan *decibel (dB)* [2]. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1405 Tahun 2005 menetapkan ambang batas kebisingan sebesar 85 *dB*. Akan tetapi, tingkat kebisingan ini melampaui batas atas standar yang diijinkan bagi masyarakat perkotaan.

Permasalahan lingkungan lainnya yang dapat menghalangi terciptanya kelestarian lingkungan adalah limbah padat yang dihadapi oleh masyarakat yang bermukim di perkotaan. Limbah padat ini dapat berwujud organik dan anorganik yang berasal dari aktivitas industri, daerah komersial, perumahan dan lain-lain. Limbah padat atau sampah merupakan hasil akhir dari aktivitas manusia yang sudah tidak dapat digunakan kembali atau tidak diinginkan kembali. Rendahnya tingkat kepedulian menjadi salah satu faktor pendorong pembuangan sampah di hampir semua lokasi. Sebagai akibatnya, hal tersebut mendorong timbulnya pencemaran lingkungan, banjir, bau kurang sedap dan hilangnya nilai estetika.

Berbagai upaya dilakukan oleh manusia dalam rangka mengurangi beban pencemaran bagi lingkungan dengan memanfaatkan kembali limbah padat menjadi produk yang dapat meningkatkan potensi ekonomi. Limbah padat atau sampah dapat digunakan kembali melalui proses daur ulang, *composting* dan lain-lain sehingga dari sampah tersebut akan menghasilkan berbagai produk kerajinan yang pada akhirnya berpotensi mendorong peningkatan nilai ekonomi [3].

Sampah organik secara umum merupakan jenis sampah yang lebih mudah diolah dan cenderung tidak berpotensi mencemari lingkungan. Jenis sampah organik dapat terdiri dari limbah dapur, limbah dari taman, hasil dari industri kecil pemotongan kayu, aktivitas usaha kecil menengah kelapa muda. Selain limbah organik terdapat pula limbah anorganik yang dapat berupa kertas yang secara umum dihasilkan dari berbagai aktivitas perkantoran, tempat pendidikan dan lain-lain. Lebih lanjut, limbah anorganik lainnya yang juga dapat ditemukan di lingkungan adalah *EPS* yang biasanya dapat dengan mudah ditemukan dalam bentuk kemasan barang elektronika.

EPS merupakan suatu produk yang dihasilkan dari bahan polistiren kemudian dikembangkan (*expanded polystyrene*). *EPS* memiliki berat jenis yang relatif ringan yaitu sebesar 13 kg/m³ sampai 16 kg/m³ [4]. Lebih lanjut, *EPS* digolongkan sebagai sampah anorganik yang tidak dapat diurai secara alami di lingkungan. Limbah jenis ini jarang diambil atau dimanfaatkan oleh para pengumpul limbah atau pemulung karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Dengan demikian, keberadaan *EPS* di lingkungan berpotensi menghasilkan dampak buruk bagi lingkungan hidup itu sendiri.

Salah satu upaya dalam menurunkan pencemaran udara dan limbah padat adalah dengan memanfaatkan limbah padat sebagai salah satu material komposit peredam suara. Hal ini dapat memiliki arti penting dan dapat diaplikasikan dalam berbagai aspek kehidupan seperti akustik ruang, studi musik, perkantoran, pendidikan. Material komposit peredam suara sering dikenal sebagai material akustik yang memiliki fungsi untuk menyerap dan mengurangi tingkat kebisingan. Secara umum, material akustik terbuat dari *glasswool* dan *rockwool* sebagai media untuk mengurangi pencemaran suara. Akan tetapi, kedua material ini memiliki harga yang sangat tinggi dan hal ini mendorong para peneliti dalam melakukan inovasi guna menemukan material lainnya sebagai alternative yang lebih praktis, tidak mahal dan memiliki ketersediaan bahan baku yang melimpah di lingkungan. Salah satu bahan baku yang kerap digunakan oleh para peneliti adalah bahan yang mempunyai kandungan selulosa yang dikenal memiliki kemampuan menyerap bunyi, misalnya ampas tebu, sekam padi, jerami dan bahan lainnya yang mempunyai kandungan selulosa.

Kandungan selulosa juga dapat ditemukan dalam limbah organik dan anorganik yang dapat memiliki potensi sebagai material komposit peredam suara. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dalam pengembangan serat atau partikel organik dalam peredam suara seperti pemanfaatan sabut kelapa [5]; studi terkait pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai partikel komposit [6] ; [7]; paduan Jerami dan serbuk kayu [8]; pemanfaatan kertas dan plastik [9] dan penggunaan serat pohon aren [10].

Kajian pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu, sabut kelapa muda, kertas dan *EPS* sebagai material komposit peredam suara juga telah dilakukan. Dasar pertimbangan dari penggunaan material berbahan dasar limbah tersebut adalah agar dapat meningkatkan nilai fungsi dan memiliki nilai ekonomi yang lebih baik. Lebih lanjut, pemanfaatan limbah juga dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan. Jenis limbah tersebut secara umum memenuhi syarat karena mempunyai keunggulan terhadap resin yang cukup baik dalam prosesnya. Dengan demikian, apabila material komposit peredam suara dapat dihasilkan dari pengolahan limbah tersebut dapat menghasilkan sebuah komposit yang memiliki kekuatan yang lebih baik.

Studi yang dilakukan sebelumnya oleh Rimantho dkk., menunjukkan bahwa bahwa limbah serbuk gergaji kayu, limbah kelapa muda, kertas dan *EPS* dengan komposisi 140 gram pulp kertas, 300 gram serabut kelapa, 140 gram serbuk kayu dan 75 gram *EPS* memberikan hasil nilai koefisien redam suara sebesar 0,82 untuk material uji yang memiliki ketebalan 3 cm [11]. Akan tetapi penelitian tersebut belum menguji tingkat perbedaan kemampuan redam suara berdasarkan tingkat ketebalan materialnya. Dengan demikian dibutuhkan suatu pengujian mengenai tingkat peredaman suara dari papan komposit ditinjau dari parameter ketebalan papan komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan papan komposit untuk penyerapan suara (*coefficient of sound absorption*) dan mendapatkan informasi terkait kemampuan untuk mengurangi suara (*sound transmission loss*) dengan berbagai ukuran ketebalan.

2. METODE

Tahap awal dari penelitian ini adalah mempersiapkan bahan-bahan yang akan diberi perlakuan tersendiri seperti: pencacahan kelapa muda, pamarutan untuk memperoleh ukuran yang relatif kecil. Limbah kelapa yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah kelapa muda yang didapatkan dari aktivitas UMKM pedagang es kelapa muda. Alasan utama pemilihan material ini karena jenis limbah ini belum banyak digunakan oleh masyarakat dalam kesehariannya.

Tahapan berikutnya adalah persiapan perendaman kertas untuk menghasilkan bubur kertas. Adapun jenis kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kertas yang berasal dari aktivitas perkantoran. Perendaman kertas dilakukan agar memudahkan proses penghancuran untuk mendapatkan bubur kertas. Proses penghancuran kertas menggunakan blender agar diperoleh ukuran partikel bubur kertas yang lebih halus.

Selanjutnya, dilakukan proses pamarutan material *EPS*. Proses pamarutan ini dilakukan secara manual untuk memperoleh ukuran partikel dari *EPS* yang seragam dan lebih kecil. Selain itu, tahapan persiapan bahan komposit dari material serbuk gergaji hanya dilakukan dengan pengayakan saja untuk mendapatkan ukuran yang lebih halus dan seragam.

Matrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran dari *pulp* kertas, bubuk gergaji, serat kelapa muda dan *EPS*. Komposisi dari matrik akan dibuat dengan 3 macam ketebalan yaitu 1 cm, 2 cm dan 2,5 cm. Matrik dibuat bervariasi untuk melihat pengaruh ketebalan papan komposit terhadap kemampuan redam suara.

Seluruh material akan ditimbang dengan komposisi tertentu sebelum dilakukan proses pencampuran. Proses pencampuran seluruh material dilakukan dengan menggunakan blender dan selanjutnya dipindahkan ke wadah baskom untuk diteruskan dengan proses pencampuran secara manual. Dalam proses pencampuran juga diberi tambahan air dan lem kayu.

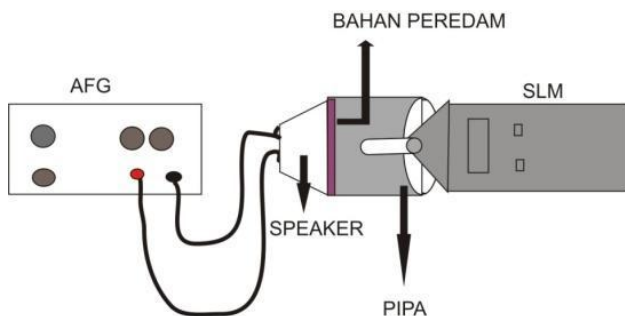
Setelah campuran dianggap rata maka adonan yang rata tersebut dipindahkan ke dalam cetakan. Proses pencetakan menggunakan tutup pipa paralon yang sebelumnya diberi plastik untuk menghindari hasil cetakan lengket dengan cetakannya. Selanjutnya dilakukan proses pengepresan secara konvensional (manual). Setelah cetakan mencapai tingkat ketebalan material yang diinginkan maka proses berikutnya adalah penjemuran untuk mengurangi kadar air. Proses pengeringan dilakukan di bawah terik matahari selama tujuh hari. Spesimen uji yang telah kering selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan

pengujian. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan informasi kemampuan serap suara dengan menggunakan alat uji, audio frekuensi dan *sound level meter*.

Alat uji yang digunakan adalah sistem tabung impedansi untuk mengetahui koefisien serap bunyi komposit dari berbagai serat alam [12]. Pada penelitian ini, sistem tabung impedansi menggunakan *loudspeaker* yang berfungsi sebagai media penangkap energi gelombang bunyi yang diterima oleh suatu medium. Selain itu, *sound level meter* akan memiliki fungsi sebagai media guna mendapatkan informasi besarnya energi gelombang bunyi yang dipantulkan oleh medium tersebut.

Efisiensi absorpsi bunyi pada suatu material pada kondisi frekuensi tertentu terhadap bunyi yang datang pada bahan merupakan nilai dari koefisien absorpsi bunyi. Nilai dari koefisiensi ini sering diungkapkan dalam notasi α . Secara umum nilai α berada antara rentang 0 dan 1. Semakin banyak suara yang dipantulkan akan menghasilkan nilai koefisien serap suara yang semakin kecil. Atau dengan kata lain bahwa semakin baik penyerapan suara sangat bergantung pada koefisien absorpsi suatu material akustik. Terdapat beberapa hal yang dapat menentukan tingkat koefisien absorpsi seperti kerapatan, modulus elastisitas, kandungan airnya serta kecepatan suara yang masuk ke material tersebut. Material akustik layak dianggap sebagai material penyerap suara bila diperoleh nilai koefisien lebih besar dari 0,2. Di sisi lainnya jika nilai koefisien ini kurang dari 0,2, maka dikenal sebagai bahan pemantul [12]. Papan komposit yang akan diuji sebanyak 6 buah yaitu tebal 1 cm sebanyak 2 sampel, 2 cm sebanyak 2 sampel dan 2,5 cm sebanyak 2 cm.

Frekuensi suara yang diberikan yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz dan 4.000 Hz. Penentuan frekuensi ini mengacu pada penelitian sebelumnya dimana pengukuran dimulai dari frekuensi yang rendah hingga tertinggi [11]. Pengujian dilakukan dengan mengukur tingkat kebisingan suara pada *chamber* sebelum dan setelah dipasang papan komposit. Nilai *Loss* diperoleh dengan mengurangkan tingkat suara yang masuk ke *chamber* sebelum media akustik dipasang dan suara yang diterima/dipantulkan setelah dipasang media akustik (papan komposit). Sistem tabung impedansi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tabung Impedansi

Prinsip kerja dari tabung Impedansi merupakan suara yang dihasilkan dari generator (*audio frequency*), selanjutnya suara dikirim ke *loudspeaker* yang didistribusikan melalui tabung hingga ke permukaan material uji. Sebelum tabung dipasang material uji, terlebih dahulu diukur suara yang datang dengan menggunakan *sound level meter*. Setelah diketahui besarnya suara yang datang, maka tabung dipasang spesimen komposit. Setelah suara menyentuh permukaan material uji, sebagian suara akan diserap dan sebagian akan dipantulkan. Sebagian suara yang terpantul akan diukur menggunakan alat *sound level meter*. Setelah data bunyi suara yang datang dan bunyi suara yang dipantulkan diperoleh akan dihitung nilai kemampuan redam dan besarnya koefisien serap bunyi/suara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian di laboratorium dilakukan analisis dan interpretasi hasil pengolahan data untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh sebagai bahan pertimbangan dalam desain komposit. Adapun tingkat frekuensi masuk yang digunakan dalam pengujian adalah 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz dan 4000 Hz. Kemampuan penyerapan suara (nilai *Loss*) untuk masing-masing spesimen

dengan ketebalan dan tingkat frekuensi suara yang diberikan pada setiap spesimen uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran kemampuan redam/Loss (dB)

Tebal Papan (cm)	Sampel	Kemampuan Redam (dB)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	1	24,80	17,80	23,30	12,30	18,00	21,10
	2	19,50	12,80	22,80	6,97	18,00	19,90
2	1	23,50	18,60	22,90	19,00	16,20	21,80
	2	23,70	16,40	24,30	18,80	13,40	20,80
2.5	1	21,60	14,40	22,80	19,10	13,70	22,80
	2	22,60	14,10	24,80	15,80	13,90	21,60

Tabel 1 memperlihatkan pada pemberian frekuensi sebesar 125 Hz suara/energi yang datang memiliki tingkat kebisingan sebesar 88,30 dB, setelah diberi papan redam dengan tebal 1 cm suara/energi yang diterima/dipantulkan menjadi sebesar 63,50 dB sehingga papan komposit dengan tebal 1 cm dengan frekuensi 125 Hz mampu meredam suara (*Loss*) atau memiliki energi serap sebesar 24,80 Hz. Kemampuan redam suara (nilai *Loss*) diperoleh dengan cara mengurangi suara/energi datang (*before*) dan suara/energi diterima/dipantulkan (*after*).

Sementara koefisien serap bunyi/suara diperoleh dengan cara:

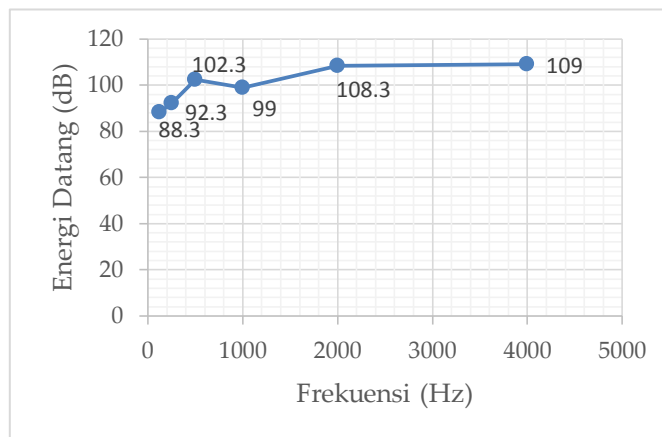
$$\alpha = W_a/W_i \tag{1}$$

Dimana :

α = Koefisien serap bunyi

W_a = Bunyi/energi yang mampu diserap

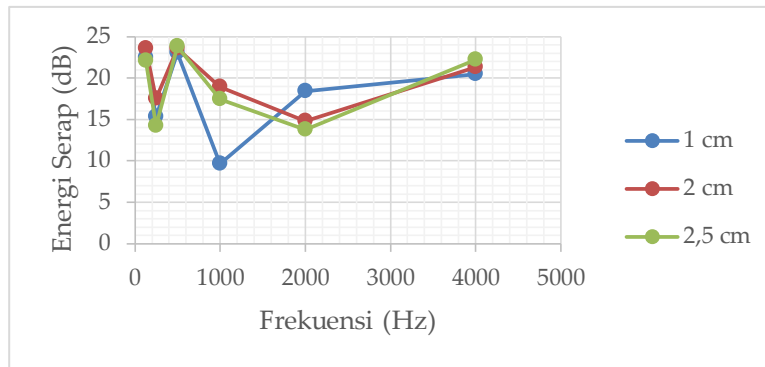
W_i = Bunyi/energi yang datang



Gambar 2 Energi datang berdasarkan frekuensi bunyi

Gambar 3 menunjukkan hasil kemampuan redam suara menunjukkan nilai yang bervariasi pada setiap spesimen uji. Suara/energi datang tertinggi adalah 109 dB di frekuensi 4.000 Hz sedangkan suara/energi datang terendah adalah 88,30 dB di frekuensi 125 Hz. Sementara itu, suara/energi serap (*Loss*) tertinggi (nilai rata-rata) adalah 23,80 dB di frekuensi 500 Hz pada ketebalan spesimen 2,5 cm. Sedangkan suara/energi serap terendah adalah 9,64 dB pada frekuensi 1.000 Hz dengan ketebalan spesimen 1 cm.

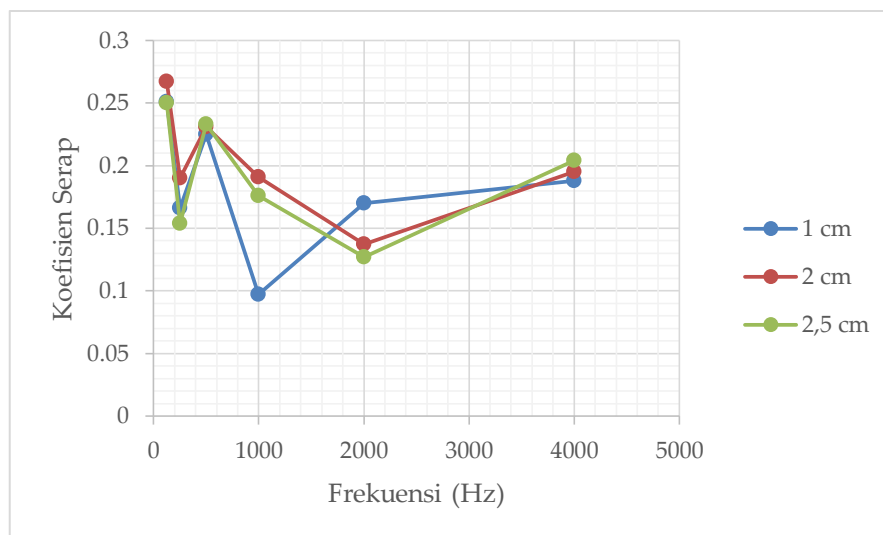
Nilai koefisien serap menunjukkan hasil yang bervariasi, hal ini dapat disebabkan spesimen yang diuji tidak homogen. Adapun yang mempengaruhi ketidak homogen bahan komposit dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu secara teori komposit dibuat dari dua atau lebih penyusun yang tidak saling melarutkan, proses pencampuran tidak homogen menyebabkan hasilnya tidak seragam ke seluruh bagian sehingga cenderung menghasilkan porositas yang besar. Semakin keras bunyi, suatu material dengan kerapatan tinggi cenderung memantulkan [11].



Gambar 3 Energi serap berdasarkan frekuensi bunyi

Tabel 2 Nilai rata-rata kemampuan redam (Loss)

Frekuensi (Hz)	Energi Datang (dB)	Energi Serap (dB)			Koefisien Serap (α)		
		1 cm	2 cm	2,5 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
125	88,30	22,50	23,60	22,10	0,251	0,267	0,250
250	92,30	15,30	17,50	14,25	0,166	0,190	0,154
500	102,30	23,05	23,60	23,80	0,225	0,231	0,233
1.000	99,00	9,64	18,90	17,45	0,097	0,191	0,176
2.000	108,30	18,40	14,80	13,80	0,170	0,137	0,127
4.000	109,00	20,50	21,30	22,20	0,188	0,195	0,204



Gambar 4 Koefisien serap bunyi berdasarkan frekuensi

Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai koefisien penyerapan bunyi yang diperoleh pada frekuensi 125 Hz dan 500 Hz di semua variasi ketebalan spesimen komposit menghasilkan nilai yang baik (lebih besar dari 0,2). Dari hasil pengujian akustik komposit ini diperoleh untuk ketebalan spesimen 1 cm, 2 cm dan 2,5 cm terlihat bahwa kemampuan meredam bunyi/koefisien absorpsi (α) terendah adalah 0,097 pada ketebalan komposit 1 cm dengan frekuensi 1.000 Hz dan tertinggi adalah 0,267 untuk spesimen dengan ketebalan 2 cm pada frekuensi 125 Hz.

4. KESIMPULAN

Problem lingkungan hidup dewasa ini menghadapi masalah yang cukup kompleks dan dilematis. Hal ini mendorong kepedulian terhadap lingkungan dan energi menjadi sangat penting, salah satu peningkatan kepedulian ini dapat diwujudkan dengan penggunaan material yang berasal dari limbah sebagai salah satu material komposit peredam suara. Hasil kemampuan redam suara menunjukkan nilai yang bervariasi pada setiap spesimen uji. Suara/energi datang tertinggi adalah 109 dB di frekuensi 4.000 Hz sedangkan suara/energi datang terendah adalah 88,30 dB di frekuensi 125 Hz. Sementara itu, suara/energi serap (*Loss*) tertinggi (nilai rata-rata) adalah 23,80 dB di frekuensi 500 Hz pada ketebalan spesimen 2,5 cm, sedangkan suara/energi serap terendah adalah 9,64 dB pada frekuensi 1.000 Hz dengan ketebalan spesimen 1 cm. Penelitian ini dapat menjadi informasi awal terkait dengan pemanfaatan limbah anorganik sebagai material komposit peredam suara dan dapat dikembangkan di masa mendatang.

REFERENCES

- [1] Gabriel J.F., Fisika Lingkungan. Jakarta: Hipokrates. 2001. 53-60.
- [2] Giancoli, DC., Fisika. Edisi Kelima. Jilid Dua. Terjemahan: Hanum, Yuhilza. Erlangga: Jakarta. 2001. 411-415
- [3] Marliani N., Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup, *Jurnal Formatif*. 2014. 4(2): 124-132
- [4] Satyarno I., Penggunaan Semen Putih untuk Beton EPS Ringan (BATAFOAM), Program Swadaya Teknik Sipil FT UGM, 2004, 36-45. Terdapat pada: https://www.researchgate.net/publication/323120404_Penggunaan_Semen_Putih_untuk_Beton_EPS_Ringan_BATAFOAM. Diakses pada: 25 April 2021
- [5] Khuriati A., Nur M. Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya. *Jurnal Berkala Fisika*. 2006: Vol 9 No 1. hal 15-25, ISSN: 1410 – 9662.
- [6] Thamrin S., Tongkukut SHJ., As'aria. Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel Dari Bahan Serbuk Kayu Kelapa. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. 2013: 2 (1): 56-59.
- [7] Wassilieff. C. Sound Absorption of Wood-based Materials. *Applied Acoustic*. 1996: 48:339-356.
- [8] Yang, H, Jun KD., Joong KH. Rice Straw-Wood Particle Composite For Saund Absorbing Wooden Construction Materials. *Bioresource Technology*. 2003: 86:117-121
- [9] Miasa IM. Penelitian Sifat-Sifat Akustik dari Bahan Kertas dan Plastik sebagai Penghalang Kebisingan. *Media Teknik*. 2004: No 1 Tahun XXVI. hal 68-71.
- [10] Ismail L., MaHzan S., Zaidi AMA. Sound Absorption of Arenga Pinnata Natural Fiber. World Academy of Science, *Engineering and Technology*. 2010. p 67.
- [11] Rimantho D., Yulianti NH., Pane EA., *Pemanfaatan Limbah Organik dan Anorganik Sebagai Material Akustik*, 2019. UP2M Press:Jakarta
- [12] Cok Istri P. K. K., Sugita K.G., Priambadi G.N. Analisis Koefisien Absorpsi Bunyi Pada Komposit Penguat Serat Alam Dengan Menggunakan Alat Uji Tabung Impedansi 2 Microphone. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 2016. Vol. 9 No. 1. 105-108.