

PENGARUH JENIS SERAT ALAM TERHADAP KOEFISIEN ABSORPSI BUNYI SEBAGAI PEREDAM KEBISINGAN

Putri Mutia¹, Ngatijo², Helga Dwi Fahyuan¹

¹ Fisika, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

² Kimia, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email: helgadwifahyuan@unja.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh jenis serat alam yang berbeda yaitu serat ampas tebu, serat sabut kelapa dan serat buah bintaro terhadap koefisien absorpsi bunyi dengan menggunakan metode tabung impedansi. Sampel yang digunakan yaitu material akustik dengan massa serat 0,3 gr. Rentang frekuensi yang digunakan adalah 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel serat maka semakin tinggi nilai koefisien absorpsi bunyi dan semakin tinggi tingkat porositas permukaan sampel yang digunakan maka semakin tinggi nilai koefisien absorpsi bunyi $\alpha = 0.99$ pada material komposit serat ampas tebu dengan massa 0,3 gr dan serat sabut buah kelapa dengan massa 0,3 gr frekuensi 500 Hz. Densitas material dengan kerapatan yang baik digunakan berkisar $0,4 \text{ gr/cm}^3 - 0,9 \text{ gr/cm}^3$, penelitian ini menghasilkan nilai densitas yang tinggi $\rho = 1,29 \text{ gr/cm}^3$. Hal tersebut didukung oleh jumlah matriks yang cukup banyak yaitu 20 gr sehingga menghasilkan kerapatan yang tinggi, koefisien serapan material komposit yang memiliki permukaan berpori dan selaput sebagai jalur keluar masuknya udara sehingga meningkatkan nilai koefisien absorpsi.

Kata Kunci: Serat Alam; Koefisien Absorpsi Bunyi; Koefisien Serapan; Peredam Kebisingan

PENDAHULUAN

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan (α). Nilai koefisien serap bunyi berada antara 0 dan 1, misalnya pada 500 Hz bila suatu bahan akustik menyerap 65% dari energi bunyi yang datang dan memantulkan 35% darinya, maka koefisien penyerapan bunyi bahan itu adalah 0,65. Permukaan interior yang keras seperti bata, masonri, dan beton biasanya menyerap energi bunyi yang datang padanya kurang dari 5% Dan memantulkan energi bunyi yang datang 95% atau lebih (Doelle, 1993).

Koefisien absorpsi bunyi suatu bahan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap. Koefisien absorpsinya tinggi maka material tersebut semakin baik digunakan untuk bahan penyerap bunyi. Nilai penyerapan bunyi diperlihatkan pada Persamaan (1)

$$a = 1 - \left(\frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Metode untuk mengukur koefisien absorpsi bunyi diantaranya adalah metode tabung impedansi dan metode pengukuran revebrasi sabin. Metode tabung impedansi material uji yang digunakan sama dengan diameter tabung sehingga lebih mudah dalam pengujian. Metode impedansi lebih sesuai dengan analisa teoritis. Metode Revebrasi Sabin digunakan dengan menggunakan ruang kosong dengan waktu dengung yang panjang. Material penyerap bunyi dipasang pada ruang kosong sehingga mengurangi waktu dengung (Doelle, 1986).

Bahan yang digunakan sebagai penelitian ini berupa serat alam yaitu serat ampas tebu, serat sabut buah kelapa dan serat bintaro sebagai penguat material komposit. Bahan penyerap suara serat alam berpori berbentuk panel dari serat ampas tebu (bagasse) yaitu bahan limbah berserat yang telah mengalami ekstraksi, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan diolah menjadi papan panel (Indriani, 1992). Serat sabut buah kelapa memiliki beberapa sifat

yaitu tahan lama, kuat terhadap gesekan dan tidak mudah patah, tahan terhadap air (tidak mudah membusuk), tahan terhadap jamur dan hama (Ulfa, 2014). Selain itu, sabut kelapa juga mempunyai kelebihan dapat menahan kandungan air dan potensial didayagunakan sebagai *adsorben* (penyerap) polutan logam berat yang sangat berbahaya bagi manusia. Serat sabut buah bintaro merupakan salah satu bahan baku berlignoselulosa bukan kayu yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan panel (Jamieson, 1967).

Menggunakan serat ampas tebu, serat sabut buah kelapa dan serat sabut buah bintaro tersebut karena serat dapat digunakan sebagai material akustik dengan kandungan lignoselulosa, kuat dan tidak mudah membusuk, maka dipilih serat tersebut untuk menentukan daya serapnya terhadap bunyi. Pemilihan serat tersebut karena serat mengandung lignoselulosa dan pemilihan serat tersebut digunakan sebagai perbandingan nilai koefisien absorpsi bunyi di mana berdasarkan pendapat Husainy, (2011), menyatakan bahwa besaran kecilnya ukuran dari partikel sesuai dengan teori bahwa semakin kecil ukuran partikel maka akan lebih mudah terdistribusikan merata keseluruh bagian matriks dan akan membentuk daerah antarfasa yang lebih luas, sehingga transfer tegangan antara matriks dan pengisi dapat terjadi. Selain serat, bahan perekat yang digunakan yaitu resin poliester-MEKPO.

Unsaturated Poliester resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri Yukalac 157 BQTN-EX Series. Resin poliester tak jenuh (UPR) merupakan jenis resin termoset atau lebih populernya sering disebut poliester saja. UPR berupa resin cair dengan viskositas yang cukup rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya (Nur Maulita, 2010). Menggunakan resin poliester dengan katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroxide*) karena dapat mengeras pada suhu kamar dan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan, tidak perlu diberi penekanan untuk pencetakan. Secara umum,

resin ini tahan terhadap kelembaban dan sinar UV (Surdia dan Saito, 1999).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan yaitu *Oven*, sikat besi, tabung impedansi, *power amplifier*, osiloskop, generator sinyal, catudaya, mikrofon, *loudspeaker*, komputer, talenan, baskom, cetakan, saringan, pengaduk, alumunium foil dan timbangan digital.

C. Preparasi Bahan

Semua bahan utama yaitu serat dikeringkan kemudian dipotong untuk memperoleh serat berukuran ± 2 , timbang serat dan resin *polyester-MEKPO*.

D. Pencampuran Bahan

Bahan serat dan perekat ditimbang sesuai kebutuhan yang didasarkan pada jumlah serat dan perekat, dalam penelitian ini jumlah perekat yang digunakan sebanyak 20 gr, serat yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam baskom, begitu juga dengan perekat resin poliester-MEKPO.

E. Pembuatan Serat Komposit

Setiap satu jenis serat dicampur dengan matriks dan diaduk didalam baskom, kemudian dimasukkan kedalam cetakan dan diberi tekanan agar bahan merata, dalam selang waktu tertentu setelah itu sampel didiamkan selama ± 2 hari pada suhu kamar supaya kadar air lembaran material akustik yang dibuat seragam pada seluruh bagian material.

F. Pembuatan Lembaran

Sampel yang dibuat sesuai dengan ukuran lingkaran tabung yaitu 8 cm dan panjang 125 cm. Pembuatan silinder sampel dengan diameter 8 cm ini dimaksudkan agar sampel dapat dengan tepat dimasukkan ke dalam tabung impedansi untuk diukur koefisien serapnya. Pada bagian bawah dan atas cetakan dilapisi dengan alumunium foil. Campuran serat dan perekat yang dimasukkan harus dipastikan tersebar secara merata di dalam cetakan agar menghasilkan material

akustik dengan kerapatan yang seragam. Setelah sampel kering, sampel dipisahkan dari cetakan dengan diameter rata-rata 8 cm.

G. Pengujian menggunakan Tabung Impedansi

Pengujian koefisien serap bunyi dilakukan menggunakan tabung impedansi untuk mengetahui kemampuan material komposit serat dalam menyerap bunyi. Frekuensi yang diberikan pada saat pengujian yaitu 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz dan 4000 Hz setiap masing-masing bahan (Ridhola, 2015).

H. Analisa Data

Data yang diambil adalah menentukan nilai koefisien absorpsi bunyi, adapun langkahnya: Mikrofon digeser menjauhi sampel sehingga osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan maksimum (A+B)

$$A + B = \text{Amplitudo}_{maks} \times \text{volt} / \text{div} \times \text{probe} \quad (2)$$

Kemudian digeser lagi sehingga tampilan osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan minimum (A-B) dan dilakukan pengukuran.

$$A + B = \text{Amplitudo}_{min} \times \text{volt} / \text{div} \times \text{probe} \quad (3)$$

Data pengukuran untuk menentukan nilai koefisien absorpsi bunyi diperoleh dari amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimum. Perbandingan amplitudo tekanan ini dinamakan rasio gelombang tegak (*Standing Wave Ratio, SWR*). Secara matematis nilai rasio gelombang tegak dapat dinyatakan pada persamaan 5.

$$SWR = \frac{A + B}{A - B} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dengan A+B adalah amplitudo tekanan maksimum, A-B adalah amplitudo tekanan minimum. Sedangkan koefisien absorpsi bunyi (α) dapat ditentukan dari persamaan 2 (Ridhola, 2015).

Pengujian selanjutnya yaitu uji kerapatan yang dilakukan pada kondisi kering udara dan volume kering udara dengan menimbang massanya, lalu diukur rata-rata panjang, lebar dan tebalnya untuk menentukan volumenya, kerapatan sampel uji komposit dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana ρ adalah kerapatan (g/cm^3), m adalah massa sampel uji (g) dan v adalah volume sampel uji (cm^3) (Emiwati, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Jenis Serat Terhadap Koefisien Absorpsi

Serat yang digunakan yaitu serat ampas tebu (T1), serat sabut buah kelapa (K1) dan serat buah bintaro (B1). Berdasarkan massa serat yang sama pada variasi jenis serat, dapat dilihat perbandingan serat yang baik digunakan sebagai material akustik peredam kebisingan, hal tersebut disajikan pada Gambar 1 yang menyatakan nilai koefisien absorpsi pada sampel T1, K1 dan B1 memiliki nilai koefisien absorpsi tertinggi pada frekuensi optimum yaitu frekuensi 500 Hz-1000 Hz merupakan frekuensi optimum ruang akustik dimana pada frekuensi tersebut terjadi pembuangan energi pada sampel mengakibatkan terjadinya peningkatan koefisien absorpsi bunyi (Sinaga, dkk., 2012) dan terendah pada frekuensi 2000 Hz kecuali pada sampel T1 terjadi peningkatan koefisien absorpsi bunyi. Dapat dilihat tingkat perbandingannya pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan koefisien absorpsi bunyi pada komposit serat ampas tebu, serat sabut kelapa dan serat buah bintaro dengan massa serat 0,3 g terhadap frekuensi.

Serat	T1	K1	B1
Frekuensi	(0,3g)	(0,3g)	(0,3g)
500 Hz	0,99	0,99	0,97
1000 Hz	0,95	0,99	0,91
2000 Hz	0,96	0,89	0,90
4000 Hz	0,78	0,94	0,91

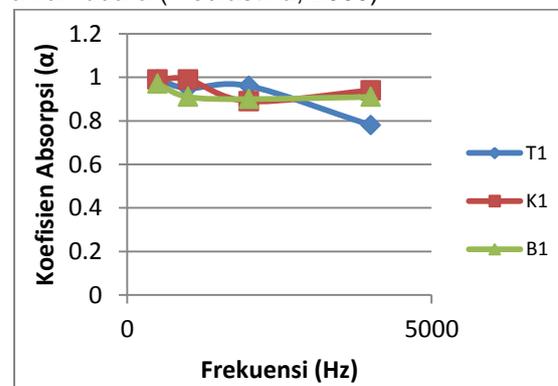
Berdasarkan Tabel 1, nilai koefisien absorpsi antara serat ampas tebu, serat sabut buah kelapa dan serat buah bintaro pada massa serat yang sama yaitu 0,3 g terlihat nilai koefisien absorpsi yang tinggi pada frekuensi optimum, untuk ketiga sampel pada frekuensi 2000 Hz terjadi penurunan nilai koefisien absorpsi yang sesuai dengan literatur yaitu sampel K1 dan B1, sedangkan pada sampel T1 terjadi kenaikan koefisien absorpsi.

Naiknya nilai koefisien absorpsi pada sampel T1 frekuensi 2000 Hz diasumsikan karena terjadi interferensi konstruktif yang disebabkan oleh aliran udara yang terbuka sebelum bergesekan dengan penggeser mikrofon sehingga menyebabkan pori permukaan tertutup secara tidak beraturan pada saat pengujian. Pada frekuensi 4000 Hz terjadi peningkatan nilai koefisien absorpsi sesuai dengan literatur yaitu pada sampel K1 dan B1, sedangkan pada sampel T1 justru terjadi penurunan koefisien absorpsi, turunnya nilai koefisien absorpsi pada T1 diasumsikan karena porositas bagian permukaan ataupun resistansi aliran udara terhambat. Diantara ketiga jenis serat tersebut, serat yang paling baik dalam menyerap bunyi berdasarkan hasil penelitian adalah serat sabut buah kelapa (K1) dengan tingkat nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi sesuai dengan literatur. Menurut Sinaga, (2012), frekuensi 500 Hz-1000 Hz merupakan frekuensi optimum, dimana nilai koefisien absorpsi harusnya bernilai optimum dan pada frekuensi 2000 Hz seharusnya terjadi penurunan nilai koefisien absorpsi karena sifat material cenderung resesif pada frekuensi tertentu, yaitu setelah terjadi pembuangan energi pada frekuensi optimum. Pada frekuensi 4000 Hz terjadi kenaikan nilai koefisien absorpsi bunyi.

B. Hubungan Frekuensi terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada frekuensi optimum 500 Hz-1000 Hz memiliki nilai koefisien absorpsi yang tinggi pada frekuensi 2000 Hz untuk setiap sampel, nilai koefisien absorpsi bunyinya bernilai rendah jika dibandingkan dengan frekuensi lainnya yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena pada frekuensi tersebut, gelombang bunyi yang merambat di dalam tabung memiliki panjang gelombang (λ) yang pendek. Material komposit tersebut memiliki sifat resesif pada frekuensi tertentu sehingga gelombang yang dipantulkan lebih besar dibandingkan gelombang diserap oleh material, kecuali pada sampel T1 mengalami peningkatan pada frekuensi 2000 Hz. Pada frekuensi 4000 Hz terjadi peningkatan koefisien absorpsi bunyi kecuali pada sampel T1. Proses kenaikan nilai

koefisien absorpsi bunyi disebabkan oleh terjadinya interferensi konstruktif pada frekuensi tersebut, sehingga koefisien absorpsi meningkat (Sinaga, dkk., 2012). Sampel T1 dan K1 menunjukkan koefisien absorpsi bunyi tertinggi pada saat frekuensi 500 Hz. Hal ini disebabkan karena porositas permukaan sampel yang tinggi dan berselaput, belum mengalami sifat resesif pada material akustik akibat bagian sampel yang bertumbukkan dengan lingkaran besi mikrofon sehingga selaput permukaan tetap terjaga. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan bunyi pada material akustik yaitu ukuran serat, porositas (rongga pori), densitas dan resistansi aliran udara (Mediastika, 2009).



Gambar 1. Pengaruh Jenis Serat yang Berbeda dan Massa Serat 0,3 g

Dilihat dari Gambar 1, sampel K1 dan B1 memiliki nilai koefisien absorpsi yang tinggi pada frekuensi optimum ruang akustik 500-1000 Hz, turun pada frekuensi 2000 Hz dan naik pada frekuensi 4000 Hz terjadi peningkatan nilai koefisien absorpsi bunyi. Hal ini disebabkan karena terjadi interferensi konstruktif yang dapat memberikan penyerapan bunyi lebih banyak ketika berada pada posisi tertentu dimana kecepatan partikel dari gelombang bunyi akan mencapai nilai maksimum pada jarak $1/4\lambda$, $3/4\lambda$ dan seterusnya. Sehingga, pada material berpori nilai koefisien absorpsi bunyi lebih efisien pada frekuensi optimum dibandingkan pada frekuensi rendah (Doelle, 1986). Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tingkat porositas sampel juga semakin tinggi nilai koefisien absorpsi bunyi, disamping terjadinya interferensi konstruktif. Hal tersebut juga berpengaruh dari banyak pencampuran antara resin dan serat sabut yang terbentuk, sehingga

bunyi datang mudah masuk ke dalam pori-pori jika porositas permukaan tinggi, lalu di dalam pori-pori terjadi resonansi yang menyebabkan bunyi datang diubah menjadi energi panas, sisanya energi yang telah berkurang dipantulkan oleh permukaan bahan.

Pori-pori pada sampel sangat ditentukan oleh perbandingan massa antara serat dan matriks. Komposisi matriks yang sedikit akan menyerap bunyi lebih baik daripada matriks dengan komposisi banyak karena gelombang bunyi yang datang akan diserap oleh material yang banyak mengandung pori-pori atau material dengan porositas yang tinggi sehingga gelombang bunyi lebih banyak diserap daripada dipantulkan.

C. Uji Densitas (ρ) Sampel Uji

Uji densitas merupakan pengujian kerapatan, dimana kerapatan adalah ukuran kekompakan suatu partikel di dalam sebuah lembaran yang dilakukan pada kondisi kering udara dan volume kering udara, sampel uji berukuran diameter 8 cm ditimbang massanya, lalu diukur rata-rata tebalnya untuk menentukan volumenya. Massa serat pada pengujian ini adalah 0,3 g, sedangkan massa matriks tetap yaitu 20 g. Kerapatan sampel uji papan akustik komposit dihitung dengan rumus persamaan 5, data hasil perhitungan yang diperoleh terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Densitas pada Sampel Uji

Serat	m_{sampel} (g)	V_{sampel} (cm^3)	ρ (g/cm^3)
T1	18,18		1,21
K1	17,93	15,08	1,19
B1	17,76		1,18

Syarat kerapatan panel akustik sesuai standar JIS A 5908 tipe 8 (2003) yaitu berkisar $0,4 \text{ g}/\text{cm}^3$ sampai $0,9 \text{ g}/\text{cm}^3$. Pada pengujian sampel ini memiliki kerapatan yang tinggi karena menghasilkan nilai densitas lebih dari aturan standar yang ditetapkan. Secara umum, diperoleh bahwa penambahan serat pada matriks resin poliester-MEKPO dapat meningkatkan nilai densitas material. Hal ini disebabkan semakin banyak serat dicampurkan dengan matriks maka serat tersebut mengisi pori-pori sehingga dapat

meningkatkan densitas, namun hal ini disesuaikan juga antara massa serat dan matriksnya, jika terlalu banyak serat dalam jumlah matriks yang rendah dapat mengurangi tingkat kerapatan material akustik. Adapun jika terjadi penurunan densitas pada penambahan serat dan matriks, hal ini disebabkan oleh pemindahan komposit kedalam cetakan sampel yang kurang dikontrol sehingga hal tersebut mempengaruhi volume sampel yang juga berpengaruh terhadap nilai densitas. Dari jenis bahan serat yang berbeda dan massa serat yang sama, biasanya diasumsikan bahwa nilai densitas yang tinggi berarti mempunyai rongga pori bagian dalam material yang rendah.

Berdasarkan nilai koefisien absorpsi terbaik yang diperoleh pada sampel K1 bahwasanya sampel K1 memiliki nilai densitas yang rendah sehingga porositas bagian dalam dan permukaan sampel tinggi dengan memiliki ukuran partikel yang kecil mengakibatkan jumlah serat lebih banyak dibandingkan serat bintaro yang memiliki ukuran partikel lebih besar pada massa serat yang sama. Hal tersebut berpengaruh pada banyaknya rongga pori yang terbentuk pada sampel dan terjadi resistensi aliran udara pada permukaan sampel yang berselaput sehingga gelombang bunyi terserap lebih banyak daripada terpantul. Sedangkan pada sampel B1 memiliki densitas yang lebih rendah daripada sampel K1, namun memiliki nilai koefisien absorpsi yang rendah pula. Hal tersebut diakibatkan oleh ukuran partikel yang lebih besar dari serat sabut kelapa sehingga tidak banyak terbentuk rongga pori pada bagian dalam dan permukaan sampel.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa material akustik dengan menggunakan serat ampas tebu, serat sabut buah kelapa dan serat buah bintaro dapat diperoleh sesuai dengan prosedur pembuatan material akustik sehingga dapat digunakan sebagai material peredam kebisingan. Pengaruh jenis serat yang berbeda menyatakan bahwa hasil material akustik yang baik digunakan sebagai peredam

kebisingan yaitu pada serat sabut buah kelapa K1 dikarenakan hasil koefisien absorpsi yang diperoleh sesuai dengan gambaran literature yang telah disebutkan bahwa nilai koefisien absorpsi pada frekuensi optimum 500-1000 Hz bernilai tinggi akibat terjadi interferensi konstruktif, pada frekuensi 2000 Hz terjadi penurunan nilai koefisien absorpsi karena setelah terjadi pembuangan energi dari proses interferensi konstruktif dan naik kembali pada frekuensi 4000 Hz. Sedangkan, jenis serat yang kurang baik sebagai peredam kebisingan yaitu pada serat buah bintaro. Nilai koefisien absorpsi dari material akustik terendah pada frekuensi 4000 Hz jenis serat ampas tebu T1 dengan nilai $\alpha = 0,78$. Nilai α tertinggi yaitu saat frekuensi 500 Hz menghasilkan nilai α sebesar 0,99 pada serat ampas tebu T1 dan serat sabut buah kelapa K1. Kenaikan nilai α karena terjadi interferensi konstruktif pada frekuensi optimum.

SARAN

Penelitian yang akan datang sebaiknya melakukan uji koefisien absorpsi dengan menggunakan sampel uji yang terbuat dari resin tanpa serat sebagai nilai perbandingan dasar sebelum dan setelah melakukan penambahan serat. Melakukan uji BET (Brunauer-Emmet-Teller) untuk karakterisasi permukaan material meliputi *surface area*, diameter pori dan volume pori. Pada proses pembuatan sampel agar memperhatikan ketelitian saat penimbangan sampel dan saat proses pengujian sampel dalam menggunakan tabung impedansi. Pada tahap pengambilan data, diharapkan agar teliti memperhatikan tekanan amplitudo maksimum dan tekanan amplitudo minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Doelle, L. L. 1986. *Terjemahan Lea Prasetya, AkustikLingkungan*, Erlangga, Jakarta.
- Doelle, L. L. 1993. *Akustik Lingkungan*, Erlangga, Jakarta.

- Emiwati. 2008. *Fisika Bangunan*. Andi.Yogyakarta.
- Harsanto. 1985. *Noise Control Principles and Practices 2nd Edition*, Denmark, Naerum Offset.
- Indriani dan Sumiarsih. 1992. *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- ISO 11654. 1997. *Acoustical Sound Absorbers for Use in Building-Rating of Sound Absorbtion*.
- Jamieson and J. Reynolds, F. 1967. *Tropical Plant Types*.Pergamon Press. Oxford.
- Nurmaulita.2010. *Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa dengan Resin Poliester Terhadap Karakteristik Papan Lembaran*, Tesis Magister Sains, USU, Medan.
- Ridhola, F. 2015. Pengukuran Koefisien Absorpsi Material Akustik dari Serat Alam Ampas Tebu Sebagai Pengendali Kebisingan, *Jurnal Ilmu Fisika Vol. 7, 1: 2*.
- Sinaga, D., Defriyanto, I., dan Krisman, M., Pengukuran koefisien Absorpsi Bunyi dari Limbah Batang Kelapa Sawit, *Jurnal Fisika*, UNRI, vol. 9, No. 5, hal 415-423.
- Surdia, T. dan S. Saito. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Ulfa, M. 2014. *Rekayasa Sabut Kelapa Sebagai Papan Partikel Peredam Panas Pada Interior Perumahan. Program Kreatifitas Mahasiswa. Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Malang*.
- Mediastika, C. E. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi Pada Bangunan*, Erlangga, Yogyakarta.