

Penentuan Konduktivitas Termal Dan Akustikal Material Komposit Serat Batang Kelapa Sawit

Zulfadhli, Huda M

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
email : zulfadhli.tm@unsyiah.ac.id

Abstract

Aims of this study to obtain the value of the thermal conductivity and acoustical of the composite material of oil palm trunks (*Elaeis guineensis* Jacq), by utilizing waste oil palm trunks. Determination of the thermal conductivity value using the ASTM C177-92 test standard with the dimensions of the test specimen 250 x 250 (mm) and 15 mm thick, while the acoustic test refers to the ISO-354: 2003 standard with the dimensions of the test specimen 1000 x 1000 (mm) and a thickness of 15 mm. The ratio of fiber and matrix 30 : 70 (%) consists of three variations of the matrix. 23 : 23 : 24 : 23 (%); 30 : 20 : 20 : 30 (%) and 40 : 15 : 15 : 40 (%). From the test to determine the thermal conductivity value of the best oil palm trunk composite, it was obtained from sample 3 (three) with a value of $(k) = 0.019 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, while the lowest thermal conductivity value was obtained by sample 1 (one) with a thermal conductivity value of $0.015 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. In the acoustic test, the best sound absorption coefficient was obtained by pure oil palm trunk board with a sound absorption coefficient at a frequency of 4000 Hz = 0.45 at a frequency of 5000 Hz, = 0.47 and at a frequency of 6300 Hz, = 0.68. It can be concluded that this palm trunk board can be used as an acoustic material in a room for partitions and decorations and can also be used as an insulation material for relatively low temperatures.

Keywords: *Oil palm trunk, composite, sound absorption, thermal conductivity*

1. Pendahuluan

Menurut Data Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit tahun 2020, Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil kelapa sawit di dunia dengan luas areal perkebunan 8,9 juta hektar dan untuk daerah Aceh dengan luas area 488.00 Ha[1]. Pada umumnya tanaman kelapa sawit merupakan jenis tanaman perkebunan yang memiliki produksi yang besar disektor pertanian. Hasil produksi kelapa sawit tersebut menghasilkan timbunan limbah yang meningkat setiap harinya. Limbah tersebut berupa serat pelepah sawit, cangkang dan batang kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit ini memiliki umur ekonomis 25 tahun dimana setelah melewati umur ekonomis tersebut tanaman batang kelapa sawit biasanya ditebang untuk diremajakan [2].

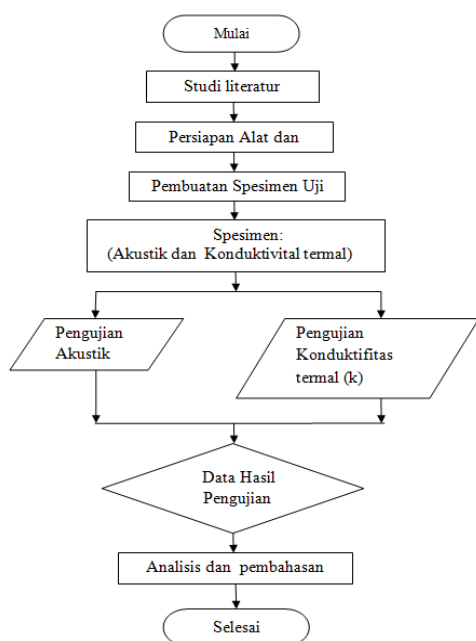
Limbah merupakan buangan yang terdiri dari zat atau bahan yang tidak mempunyai kegunaan lagi bagi masyarakat. Limbah ini merupakan sumber masalah pencemaran bagi manusia dan lingkungan. Sedangkan limbah batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq), masih belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat, sehingga batang kelapa sawit ini cenderung dibakar dan dibiarkan melapuk (membusuk).

Untuk mengolah dan menambah nilai ekonomis dari batang kelapa sawit yang ditebang ini, maka diupayakanlah pemanfaatan limbah batang kelapa sawit ini dengan memberdayakannya menjadi material komposit sehingga dapat dipergunakan pada kehidupan sehari-hari.

Diyakini bahwa material yang berpori dan/atau berongga dapat menyerap bunyi/suara, panas dan dapat mengatasi kebisingan. Hal ini dimiliki oleh limbah batang kelapa sawit yang digunakan. Oleh karenanya bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari limbah batang kelapa sawit. Serbuk (partikel) dari batang kelapa sawit ini diperoleh dari menghancurkan batang kelapa sawit menjadi serbuk (partikel) dengan mencampurkan pengisi (*filler*) dengan matrik dan serat batang kelapa sawit dengan berbagai komposisi. Matriks yang digunakan adalah dari semen PCC (*Portland Composite Cement*), tepung tapioka (*cassava flour*), perekat/lem sintesis PVAc (*Poly Vinil Acetate Co-Acrylic*) [3]. Bahan ini semua dicampur dan diaduk merata beberapa saat untuk memperoleh adonan yang homogen sehingga layak dijadikan bahan baku material komposit dengan perbandingan campuran dilakukan berdasarkan fraksi volume serat (vf). Material komposit dari serat batang kelapa sawit ini selanjutnya dilakukan pengujian penentuan nilai konduktivitas termal dan pengujian akustik supaya fungsi material penyerap suara dan penyerap panas dapat terpenuhi [4].

2. Metodologi dan Peralatan

Metode uji yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini adalah menggunakan metode uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Akustik dan Laboratorium Rekayasa Termal Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Syiah Kuala (USK). Alur proses pengujian yang dilaksanakan dapat di lihat pada *flowchart* sebagai berikut :



Gambar 1. flowchart penelitian

2.1 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal merupakan suatu nilai konstanta dari suatu bahan yang memberi keterangan kemampuan bahan meneruskan panas. Jika aliran kalor dinyatakan dalam watt, maka satuan untuk konduktivitas termal itu ialah watt per meter per derajat Celsius. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Untuk menentukan nilai konduktivitas termal (panas) dapat dilakukan dengan persamaan *Fourier* sebagai berikut ini:

$$k = \frac{q \cdot \Delta x}{A (\Delta T)} \quad (1)$$

dimana :

q = Laju perpindahan kalor (W/m)

ΔT = Beda temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Δx = Ketebalan permukaan (m)

k = Konduktivitas termal (W/m $^{\circ}\text{C}$)

A = Luas penampang benda (m^2) [6].

2.2 Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan energi yang menjalar dengan berfluktuasi sangat cepat melewati suatu medium gas, cairan ataupun padatan, hal ini disebabkan oleh perubahan tekanan (di dalam udara atau media penghantar lain) yang dapat ditangkap oleh telinga manusia. Fluktuasi tekanan berasal dari suatu objek yang bergetar seperti pita suara manusia atau makhluk hidup lainnya, diafragma *loudspeaker*, mesin, benturan suatu benda dan lain-lain. Bunyi yang dapat terdengar adalah bunyi yang dapat dirasakan oleh telinga manusia pada frekuensi 20 Hz s/d 20 KHz. Di luar daerah frekuensi tersebut tidak dapat didengar [5].

Untuk menentukan nilai koefisien absorpsi bunyi menggunakan persamaan *Brikmann* berikut ini:

$$\alpha_s = \frac{A}{S} \quad (2)$$

dimana :

S = Luar permukaan sampel (m^2)

A = Area penyerapan sampel bunyi (m^2)

α_s = Koefisiensi absorpsi bunyi [7].

2.3 Komposit

Komposit merupakan suatu material yang menggunakan campuran atau kombinasi dari dua atau lebih bahan untuk membentuk material baru yang lebih berguna. Secara umum material komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat dan matriks. Serat adalah unsur utama dari bahan komposit yang menentukan karakteristik suatu bahan, keuletan, kekakuan dll. Sedangkan matriks berfungsi sebagai bahan mengikat serat [8].

2.4 Bahan dan Material yang digunakan

Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Cetakan 1000 x 1000 x 20 (mm)
- 2) Gelas ukur
- 3) Timbangan
- 4) Serat limbah batang kelapa sawit
- 5) Semen PCC
- 6) Lem sintetis PVAc
- 7) Tepung tapioka
- 8) Air

2.5 Pembuatan Spesimen:

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan spesimen uji berupa papan serat batang kelapa sawit yang telah hancur yang dicampur dengan adonan matriks sesuai standar masing-masing pengujian, yang telah di *mixing* dan kemudian di tuang ke dalam cetakan dan dijemur hingga 28 hari. Perbandingan campuran serat-matriks dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Komposisi campuran

Spesimen	Serat %	Matrik %				Tebal mm	Luas mm^2
		Semen PCC	Lem Tapioka	lem sintetis PVAc	Air		
1	100	0	0	0	0	15	1000
2	30	23	23	23	23	15	1000
3	30	30	20	20	30	15	1000
4	30	40	15	15	40	15	1000



Gambar 2. Sampel uji akustik batang kelapa sawit

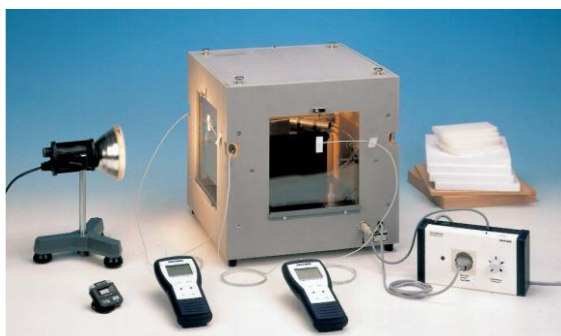


Gambar 3. Sampel uji akustik komposit kelapa sawit

2.6 Pengujian Konduktivitas Termal

Metode pengujian menggunakan *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus*, dan dijabarkan dalam spesifikasi ASTM C177-92 [10]. Untuk menentukan besarnya nilai konduktivitas termal material komposit serat batang kelapa sawit pengukuran dengan menggunakan formula *Fourier* persamaan (2) menggunakan peralatan *Heat Insulation/heat conduction* dari PHYWE pada laboratorium Rekayasa Termal Universitas Syiah Kuala. Sampel uji dengan luas 62500 mm² dan tebal 15 mm diletakkan pada 1 posisi. Skema pengukuran diperlihatkan seperti pada Gambar 5. Prosedur pengukuran dilakukan dengan mengukur permukaan sampel bagian luar dan dalam masing-masing tiga titik menggunakan alat ukur *Thermocouple NiCr-Ni* yang telah dikalibrasi. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran konduktivitas termal adalah sebagai berikut :

- Thermal regul. f. high insul. house
- Partitions, plastic foam, 5 off
- Lamp socket E27, mains conn.
- Filament lamp, 220 V/150 W, w. refl.
- Temp. meter 2_ NiCr-Ni, hand-held
- Thermocouple NiCr-Ni, 500 °C max.



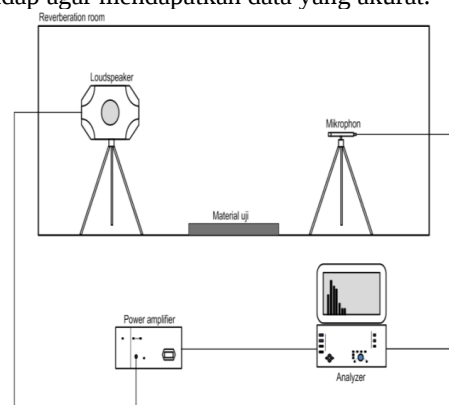
Gambar 4. Skema Pengukuran Konduktivitas Termal

2.7 Pengujian Akustik

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ISO-354 : 2003 (*Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room*)[9]. Untuk menentukan besarnya nilai koefisien penyerapan

suara pada bahan papan batang kelapa sawit dan material komposit serat batang kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan formula sabine persamaan (1) di dalam ruang dengung pada Laboratorium Akustik Universitas Syiah Kuala. Dalam sampel uji dengan ukuran 1000 x 1000 x 15 (mm) diletakkan pada 1 posisi. Skema pengukuran diperlihatkan pada Gambar 5. Prosedur pengukuran dilakukan dengan mengukur waktu dengung tanpa sampel bahan (T_1) dan dengan sampel uji (T_2) pada rentang frekuensi suara antara 500 Hz sampai 6000 Hz dalam 1/3 oktaf. Sumber suara menggunakan *pink noise*.

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran adalah *Real Timen Analyzer Nor-840* yang dikombinasi dengan *loudspeaker NOR-223* dan *microphone SA NOR-140*. Sebelum melakukan pengukuran *microphone* dikalibrasi terlebih dahulu terhadap agar mendapatkan data yang akurat.

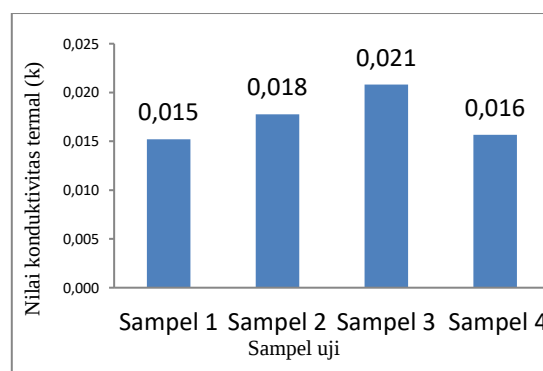


Gambar 5. Skema Pengukuran Waktu Dengung

3. Hasil dan Pembahasan

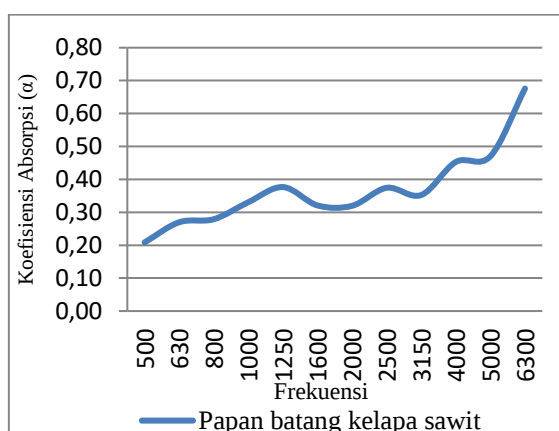
3.1 Data Penentuan Nilai Konduktivitas Termal

Nilai konduktivitas termal papan dan material komposit batang kelapa sawit disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 6. Pada grafik ini nilai konduktivitas thermal tertinggi dimiliki oleh sampel 3 (tiga) dengan nilai (k) 0,019 W/m°C, sedangkan nilai konduktivitas termal terendah dimiliki oleh sampel 1 (satu) dengan nilai konduktivitas termal 0,015 W/m°C.

Gambar 6. Hubungan Nilai (k) Sampel 1,2,3 & 4

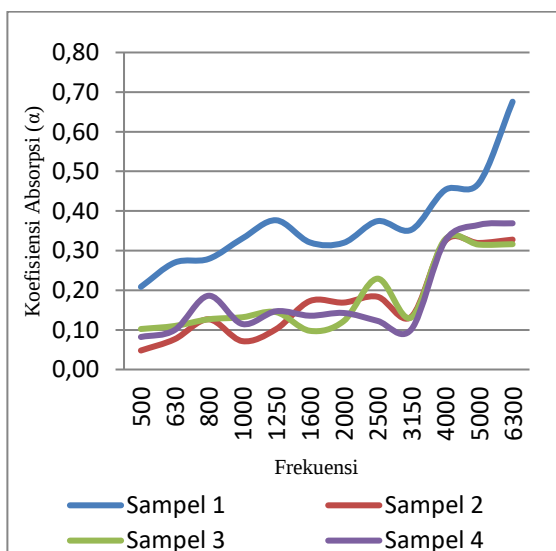
3.2 Data Hasil Pengujian Akustik

Nilai koefisien penyerap suara papan komposit batang kelapa sawit dengan ukuran 1000 x 1000 x 15 (mm) disajikan pada grafik Gambar 7. Besarnya nilai koefisien penyerap suara bervariasi terhadap frekuensi suara pada 1/3 oktaf. Nilai koefisien penyerapan suara papan batang kelapa sawit berbeda-beda untuk setiap frekuensi dalam 1/3 oktaf. Nilai koefisien penyerapan suara papan batang kelapa sawit pada frekuensi 500 Hz adalah sebesar $\alpha = 0,21$ relatif lebih rendah dari pada frekuensi 1250 Hz dengan $\alpha = 0,33$. Selain itu, nilai koefisien penyerapan suara pada frekuensi 6300 Hz sebesar $\alpha = 0,68$ relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nilai koefisien absorpsi pada frekuensi 500 Hz sampai dengan 5000 Hz.



Gambar 7. Nilai (α) Sampel 1 (Papan Batang Kelapa Sawit)

Hasil pengujian sampel material komposit serat batang kelapa sawit yang menggunakan matrik dari semen PCC (*Portland Composite Cement*), tepung tapioka (*cassava Flour*), lem sintetis PVAc (*Poly Vinil Acetate Co-Acrylic*) dan air disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Nilai (α) Sampel 1, 2, 3 & 4

Pada sampel 2 dengan variasi matriks 23 : 23 : 24 : 23 (%) mampu meningkatkan nilai koefisien penyerapan suara $\alpha = 0,13$ pada frekuensi 800 Hz, $\alpha = 0,17$ pada frekuensi 2500 Hz dan $\alpha = 0,33$ pada frekuensi 6300 Hz.

pada sampel 3 dengan variasi matriks 30 : 20 : 20 : 30 (%) mampu meningkatkan nilai koefisien penyerapan suara $\alpha = 0,13$ pada frekuensi 1250 Hz, $\alpha = 0,23$ pada frekuensi 2500 Hz dan $\alpha = 0,33$ pada frekuensi 4000 Hz

pada sampel 4 dengan variasi matriks 40 : 15 : 15 : 40 (%) mampu meningkatkan nilai koefisien penyerapan suara $\alpha = 0,19$ pada frekuensi 800 Hz, $\alpha = 0,37$ pada frekuensi 6300 Hz .

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap papan dan material komposit batang kelapa sawit dengan variasi komposisi matriks dan dengan melakukan penentuan nilai konduktivitas termal dan uji akustik dapat disimpulkan bahwa:

- Papan batang kelapa sawit murni memiliki nilai nilai konduktivitas termal dan koefisien penyerapan suara yang lebih baik dibanding dengan material komposit yang menggunakan matriks dengan variasi komposisi semen PCC (*Portland Composite Cement*), tepung tapioka (*cassava flour*), lem sintetis PVAc (*Poly Vinil Acetate Co-Acrylic*) dan air, dimana nilai konduktivitas thermal tertinggi dimiliki oleh sampel 3 (tiga) dengan nilai (k) 0,019 W/m°C, dan nilai konduktivitas termal terendah dimiliki oleh sampel 1 (satu) dengan nilai konduktivitas termal 0,015 W/m°C, koefisien penyerapan suara pada frekuensi 4000 Hz $\alpha = 0,45$, pada frekuensi 5000 Hz $\alpha = 0,47$ dan pada Frekuensi 6300 Hz $\alpha = 0,68$. Sehingga papan batang kelapa sawit ini dapat direkomendasikan sebagai material termal dan akustikal baik sebagai partisi dan/atau dekorasi suatu ruangan karena dapat berfungsi sebagai penyerap bunyi (suara) dan dapat menghambat panas (insulasi) untuk suhu yang relatif tidak terlalu tinggi.
- Penambahan matriks dari campuran semen PCC (*Portland Composite Cement*), tepung tapioka (*cassava flour*), lem sintetis PVAc (*Poly Vinil Acetate Co-Acrylic*) dan air, dapat mempengaruhi nilai koefisien penyerapan suara dan nilai konduktivitas termal.

Daftar pustaka

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020 “Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia”, Sekretariat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian, Jakarta.

- [2] Prayitno, T. A. dan Darnoko, 1994, "Karakteristik Papan Partikel dari Pohon Kelapa Sawit", Berita Pusat Penelitian Kelapa Sawit 2, Medan.
- [3] Nutong, C., 2001, *"Properties of Portland Cement Mixed whit Rice Husk Ash and Quickline"*, Electronic Journal of Civil Engineering Education. King Mongkurat's Institute of Technology Nort Bangkok. Available at <http://www.ejge.com>.
- [4] Zulfadhli, Zulfian, Dirhamsyah M., 2006, *"Study of Mechanical and Acoustical Properties of Palm Fiber Reinforced Composites"*, Proceeding of HEDS (SST), 06, 08 (1): 1-10.
- [5] Alton, Everest 1998 *"Master Handbook of Acoustics, Mexico"*.
- [6] Cahnel A. Yunus, 2002 *"Heat Transfer"* McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [7] Brinkmann, K 1995. Acoustic vol. 2. *"Int. Organization For Standarization"*, Geneve. Switzerland.
- [8] Jones, M. R, 1975, *"Mechanics of Composite Materia"*l, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- [9] ISO-354, 2003, *"Measurement of Sound Absorption in A Reverberation Room 2nd Edition"*, International Standard Organization.
- [10] ASTM C177-92. *"American Society for Testing Materials"*, Philadelphia, PA.