

Analisis Sifat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Akustik: Jurnal Review

Nabilah A. Syabani^{1*}, Sovian Aritonang²

^{1,2)} Universitas Pertahanan Republik Indonesia

*Email: nabilah.annisa2004@gmail.com

ABSTRACT

Oil palm empty fruit bunch (EFB) fiber is an agricultural waste that has potential as an environmentally friendly acoustic material. The high cellulose and hemicellulose content in TKKS plays a role in its ability to absorb sound, making it a more sustainable alternative to synthetic materials. This research aims to summarize and analyze studies related to the acoustic characteristics of TKKS, fiber processing, and the value of the sound absorption coefficient produced at various frequencies. The methods used in processing acoustic composites made from TKKS include mixing with polyester resin and hand lay-up techniques. The results of the analysis show that the TKKS composite material has good sound absorption capability at low to medium frequencies, with an absorption coefficient that meets the ISO 11654 standard. In addition, this study identified variables such as fiber length, composite thickness, and chemical treatment as important factors in optimizing the acoustic performance of TKKS. The results of this review are expected to provide insights for the utilization of TKKS as a sustainable acoustic material solution in the construction and soundproofing industries.

Keywords: *Oil palm empty fruit bunch fiber, acoustic material, sound absorption, composite, polyester resin*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi besar dalam memanfaatkan limbah perkebunan kelapa sawit, khususnya serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai material akustik[1]. Tandan kosong ini merupakan sisa hasil pengolahan minyak sawit yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut, mengurangi dampak limbah lingkungan, dan meningkatkan nilai ekonomisnya. Sebagai biomaterial alami, serat TKKS mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang memberikan sifat mekanik dan struktur berpori yang bermanfaat dalam penyerap suara. Material akustik yang efektif umumnya harus memiliki kemampuan tinggi[2] dalam menyerap suara, yang tercermin dalam nilai koefisien absorpsi. Panel berbasis serat TKKS memiliki permukaan yang kasar dan berpori, yang membantu dalam mengurangi kebisingan melalui mekanisme disipasi energi suara. Selain itu, permukaan berpori ini memudahkan penetrasi dan penyerapan gelombang suara, menjadikan serat TKKS sebagai alternatif menarik untuk material akustik konvensional yang berbasis sintetis dan kurang ramah lingkungan[3].

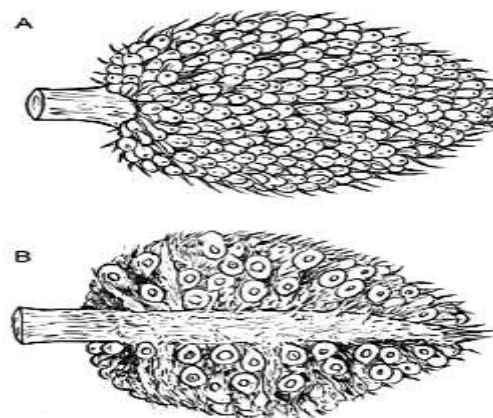
Dibandingkan dengan bahan penyerap suara sintetis seperti busa penyerap suara dan wol mineral, TKKS menawarkan solusi ramah lingkungan dengan biaya lebih rendah. Penelitian laboratorium menunjukkan bahwa serat TKKS yang ditempatkan dalam komposit resin poliester dapat meningkatkan penyerapan suara, terutama pada frekuensi rendah dan menengah[4]. Metode pengujian seperti metode tabung impedansi menunjukkan bahwa panel serat TKKS mampu mencapai nilai koefisien absorpsi di atas 0.15, memenuhi standar ISO 11654, yang menunjukkan kelayakannya sebagai bahan akustik berkualitas. Penggunaan TKKS sebagai bahan penyerap suara juga memberikan manfaat sosial dan[5] ekonomi bagi industri sawit, terutama di wilayah penghasil kelapa sawit di Indonesia. Dengan meningkatnya permintaan untuk bahan akustik ramah lingkungan di industri konstruksi dan transportasi, serat TKKS berpotensi mengurangi limbah dan menawarkan peluang bagi pengembangan produk inovatif berbasis bio-komposit[6].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan TKKS dalam meredam suara. Misalnya, penelitian menggunakan metode tabung impedansi[7] menunjukkan bahwa panel akustik dari TKKS memiliki koefisien absorpsi bunyi yang tinggi, menjadikannya kandidat kuat sebagai bahan akustik alami. Parameter seperti panjang serat, ketebalan, dan perendaman dengan

larutan NaOH diketahui mempengaruhi kualitas daya serap suara dari TKKS, yang semakin memperluas potensi aplikasinya dalam industri akustik[8].

Panel akustik berbasis serat alam, seperti TKKS, diharapkan dapat menjadi alternatif material yang ramah lingkungan, mengingat material konvensional[9] yang sering digunakan, seperti *fiberglass* atau busa sintetis, dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Serat TKKS mampu menyerap suara pada berbagai rentang frekuensi, menjadikannya pilihan tepat sebagai bahan penyerap suara yang murah dan dapat diperbaharui. Sebagai bahan komposit, TKKS dapat dipadukan dengan resin poliester untuk menghasilkan material dengan daya serap suara yang tinggi[10].

Pengembangan material akustik berbasis serat TKKS juga sejalan dengan tren global untuk menggantikan material sintetis dengan material yang lebih berkelanjutan. Penggunaan serat alam sebagai komposit akustik tidak hanya mengurangi biaya, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah kelapa sawit yang ramah lingkungan. Inovasi ini penting, mengingat potensi limbah TKKS yang sangat besar dari industri kelapa sawit di Indonesia, yang memproduksi jutaan ton limbah setiap tahunnya[11].



Gambar 1. Morfologi TKKS

Tabel 1. Karakteristik TKKS

Parameter	Kandungan (%)
Sari ekstraktif	7.78
Kadar abu	6.23
Selulosa	37.50
Hemiselulosa	28.57
Pentosan	26.69
Kelarutan dalam: 1% NaOH	29.96

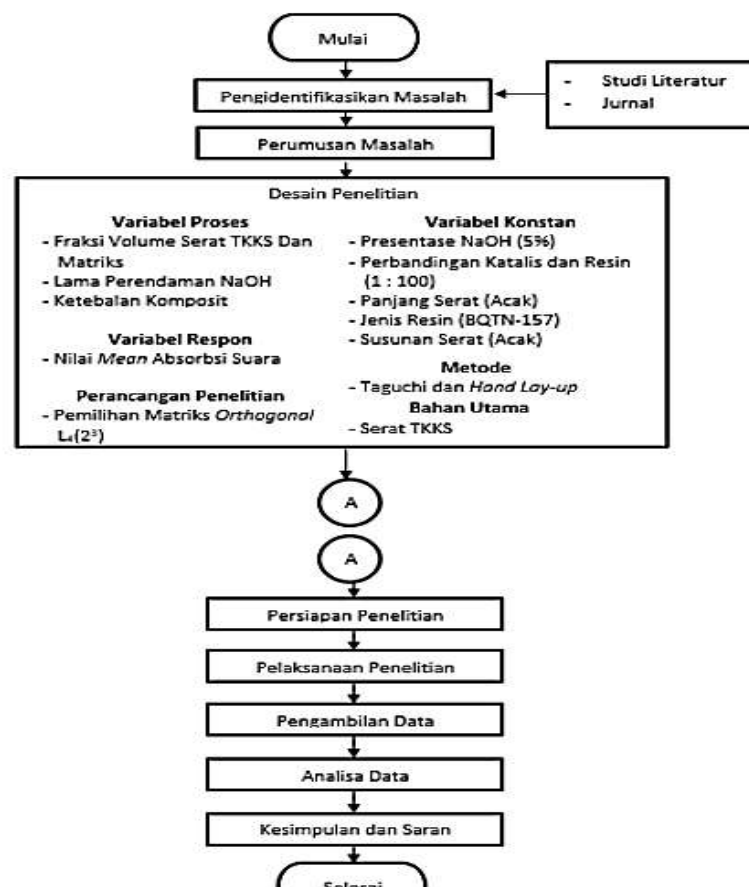
Serat dari kelapa sawit memiliki karakteristik keras dan kokoh. Rata-rata diameter pori-pori di permukaan serat ini sekitar 0.07 m, dan *morfologi* porinya[12] sangat bermanfaat untuk memperkuat ikatan mekanik dengan matriks resin ketika digunakan dalam pembuatan komposit. Selain itu, struktur berpori ini memungkinkan infiltrasi air melalui pembuluh serat, terutama jika serat tidak terlindung dari air[2]. Serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mengandung mikrofibril yang terdiri dari selulosa, lignin, dan hemiselulosa sebagai komponen utamanya. Tabel 1 menyajikan komposisi kimia serat kelapa sawit, di mana selulosa, lignin, hemiselulosa, dan holoselulosa menjadi senyawa yang paling dominan[13]. Holoselulosa dan hemiselulosa memiliki struktur kimia serupa dengan selulosa, namun juga memiliki karakteristik yang mendekati lignin. Selulosa berperan dalam pembentukan pori-pori pada komposit, sehingga struktur utama serat kelapa sawit terdiri dari lignin dan selulosa[14].

Tabel 2. Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit

Unsur (%)	Nilai
Selulosa	42.7 – 65
Lignin	13.2 – 25.31
Hemiselulosa	17.1 – 33.5
Holosekulosa	68.3 – 86.3
Kadar abu	1.3 – 6.04
Ekstraktif dalam air panas (100°C)	2.8 – 14.79
Kelarutan dalam air dingin (30°C)	8 – 11.46
Alkali larut	14.5 – 31.17
Alfa selulosa	41.9 – 60.6
Kelarutan <i>alcohol-benzene</i>	2.7 – 12
Pentason	17.8 – 20.3
Glukosa	66.4
Silika	1.8
Cu (g/g)	0.8
Kalsium (g/g)	2.8
Mn (g/g)	7.4
Fe (g/g)	10
Sodium (g/g)	11

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang diterapkan adalah kombinasi antara metode Taguchi dan metode *hand lay-up*. Metode Taguchi[15] berfungsi untuk menentukan komposisi dan jumlah sampel, sedangkan metode *hand lay-up* digunakan untuk proses pencetakan sampel komposit. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada *flowchart* pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

Dimensi komposit untuk penyerapan suara tidak memiliki ukuran standar tertentu, tetapi harus memenuhi syarat [16] sebagai penghalang antara dua sisi di mana satu sisi berfungsi sebagai sumber suara dan sisi lainnya yang terlindungi oleh komposit, dilengkapi alat untuk mengukur intensitas suara yang diterima. Dalam penelitian ini, komposit yang digunakan memiliki ukuran panjang dan lebar masing-masing 300 mm, dengan ketebalan 5 mm dan 10 mm, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5 [17]. Peralatan dan bahan yang digunakan meliputi: 1) Kotak uji, yang dirancang untuk meniru sebuah ruangan. Kotak ini terbuat dari triplek dengan ketebalan 10 mm, dengan lapisan karpet *glasswool* pada bagian dinding dalam untuk mengurangi kebocoran suara melalui dinding kotak. Dimensi kotak uji ini adalah panjang, lebar, dan tinggi masing-masing $300 \times 300 \times 400$ mm, seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Sampel Kotak Uji



Gambar 4. Sampel Kotak Uji Triplek

Gambar 5. *Sound Level Meter*

Sound level meter berfungsi untuk mengukur intensitas suara (dB) yang keluar dari celah kotak uji, yang akan ditutup menggunakan komposit pada frekuensi (Hz) tertentu sesuai pengaturan, seperti terlihat pada Gambar 5 [18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada frekuensi 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz. Setiap frekuensi diuji menggunakan sampel I dan sampel II, dengan masing-masing sampel diulang sebanyak tiga kali. Hasil dari pengujian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Sampel 1

No	Frekuensi (Hz)	Pengulangan			Mean (dB)
		I	II	III	
1	125	33.2	33.1	33.4	33.23
2	250	51.3	51.1	51.6	51.33
3	500	75.5	75.0	74.9	74.8
4	1000	60.5	59.7	59.9	60.03
5	2000	78.0	77.7	78.1	77.93
6	4000	76.1	76.5	75.9	76.17

Tabel 4. Uji Sampel 2

No	Frekuensi (Hz)	Pengulangan			Mean (dB)
		I	II	III	
1	125	33.1	33.4	33.1	33.2
2	250	49.3	48.6	48	48.63
3	500	74.1	74.6	73.5	74.07
4	1000	55.2	56	55.6	55.6
5	2000	75.2	74.8	75	75
6	4000	75.3	74.9	75	75.07

Komposisi orthogonal kedua terdiri dari 50% serat dan 50% matriks, dengan waktu perendaman serat selama 2 jam dan ketebalan komposit mencapai 10 mm. Pengujian absorpsi suara menunjukkan bahwa nilai tertinggi dicapai pada sampel I, yaitu komposit dengan perbandingan fraksi volume serat dan matriks sebesar 50%:50%, lama perendaman serat dalam larutan NaOH selama 1 jam, serta ketebalan komposit 5 mm. Nilai rata-rata yang diperoleh pada frekuensi 2000 Hz adalah 77.93 dB[19].

Peningkatan nilai impedansi akustik terjadi karena gelombang suara masuk ke panel akustik dan diubah menjadi getaran, panas, atau perubahan momentum. Perubahan energi suara ini menyebabkan gelombang suara kehilangan energi, sehingga meningkatkan penyerapan panel akustik dan mengurangi energi gelombang yang dipantulkan. Selain itu, perbedaan panjang serat tiap sampel juga mempengaruhi nilai impedansi akustik. Apabila gelombang suara yang mengenai panel akustik tidak dapat terserap dengan baik pada beberapa frekuensi tinggi, maka nilai impedansi akustik akan turun sebesar karena resistansi yang diberikan tidak optimal dan nilai impedansi akustik rendah. Meningkatnya nilai impedansi akustik disebabkan oleh gelombang suara yang masuk ke panel akustik dan diubah menjadi getaran, panas, atau perubahan momentum.


Hasil serupa menunjukkan adanya kandungan silika pada struktur serat TKKS. Pori-pori serat berperan penting dalam penyerapan suara. Proses ini terjadi karena energi akustik diubah menjadi panas. Ketika gelombang suara melewati bahan berpori, partikel udara di dalam pori-pori mulai bergetar dan bergesekan dengan dinding pori, menyebabkan peningkatan suhu. Energi akustik kemudian diubah menjadi energi panas melalui konduksi termal di dalam material. Oleh karena itu serat kelapa sawit yang berasal dari tandan kosong mempunyai potensi besar sebagai bahan penyerap suara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa sampel komposit terbaik pada penelitian ini adalah sampel yang mempunyai nilai rata-rata terendah yaitu komposit dengan fraksi volume serat dan matriks 60%:40%, serat perendaman Ketebalan komposit dengan perendaman 10 mm dalam NaOH selama 1 jam memberikan nilai rata-rata sebesar 32.97 pada frekuensi 125 Hz. Sebaliknya, sampel komposit yang terburuk adalah sampel yang mempunyai nilai rata-rata tertinggi yaitu komposit dengan gesekan volumetrik kolom terhadap matriks 50%:50%, serat direndam dalam NaOH selama 1 jam, tebal komposit 5 mm yaitu pada frekuensi 2000 Hz nilai rata-ratanya adalah 717.93 Itu akan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Taer, W. Sinta Mustika, S. Prodi Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Kampus Bina Widya, and J. Muchtar Luthfi Pekanbaru, "Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Karbon Aktif Untuk Pembersih Air Limbah Aktivitas Penambangan Emas," *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)*, vol. ISSN1, no. C, pp. 1412–2960, 2016.
- [2] A. A. Sumila, M. Arsyad, and dan Dwiria Wahyuni, "Uji Kinerja Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Reusable Adsorbent Logam Besi Pada Air Gambut," *Jurnal Fisika*, vol. 8, no. 2, pp. 2657–1900, 2023.
- [3] M. E. Rahmasita, Moh. Farid, and H. Ardhyanta, "Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.24332.
- [4] M. S. Ummah, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [5] M. E. Rahmasita, Moh. Farid, and H. Ardhyanta, "Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.24332.
- [6] H. Lydiasari, A. Y. Manalu, and R. Karolina, "Application of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibers in Strength Improvement As a Fiber Reinforced Concrete," *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, vol. 25, no. 3, pp. 160–170, 2017, doi: 10.22302/10.22302/iopri.jur.jpks.v25i3.33.
- [7] I. Emilia, Liani Ardila, and Putri Anggraini, "Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Pupuk Kompos Di Desa Suka Damai Kecamatan Tunggul Jaya Musi Banyuasin," *Environmental Science Journal (esjo) : Jurnal Ilmu Lingkungan*, pp. 34–39, 2024, doi: 10.31851/esjo.v2i2.15870.
- [8] F. Sulaiman and R. Sarwono, "C dan waktu operasi 3 jam. Kata kunci : tandan kosong kelapa sawit, glukosa, lignoselulosa, hidrotermal.," 2015.
- [9] A. Kusady, "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Bio Oil dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Proses Pirolisis Cepat dengan Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Tahun dengan Tugas Khusus Keteknikan Detail Reaktor Unggun Terfluidisasi," 2023.
- [10] S. Salmina, "Studi Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Oleh Masyarakat Di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang," *Jurnal Spasial*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.22202/js.v3i2.1604.
- [11] E. Sarwono, D. E. Rahayu, D. W. Millati, and Sariyadi, "Proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit (TKKS): analisis fisik dan kenampakan organisme," *Agrointek*, vol. 17, no. 2, pp. 317–327, 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i2.13935.
- [12] A. K. Agung, T. A. Adiprasetyo, and H. Hermansyah, "Penggunaan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Pupuk Npk Dalam Pembibitan Awal Kelapa Sawit," *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 21, no. 2, pp. 75–81, 2019, doi: 10.31186/jipi.21.2.75-81.
- [13] F. N. Kayati, S. Syamsiah, W. B. Sediawan, and S. Sutijan, "Studi Kinetika Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Proses Fermentasi Padat Menggunakan Jamur *Aspergillus niger*," *Reaktor*, vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2016, doi: 10.14710/reaktor.16.1.1-8.
- [14] A. Saleh, J. Yos Sudarso Km, R. Pekanbaru, and M. Anggraini, "Pengaruh Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Terhadap Nilai Penetrasi Indeks Aspal Pertamina Pen.60/70," *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, vol. 2, pp. 104–113, 2016.
- [15] F. Pandolfi *et al.*, "La leucemia linfatica cronica dei linfociti T. Inquadramento clinico-immunologico e nuovi dati epidemiologici relativi a casi correlati all'HTLV-I in Italia.," *Annali Italiani di Medicina Interna*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 1986.
- [16] M. S. Hidayat, A. Hasibuan, B. Harahap, and S. P. Nasution, "Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pupuk di PT Karya Hevea Indonesia," *Factory Jurnal Industri, Manajemen dan Rekayasa Sistem Industri*, vol. 1, no. 2, pp. 52–58, 2022, doi: 10.56211/factory.v1i2.172.

- ◆ 
- [17] M. Nikon and E. Elvaswer, “Karakterisasi Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Panel Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Tabung,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 3, pp. 493–499, 2023, doi: 10.25077/jfu.12.3.492-498.2023.
- [18] F. Mar’i Akbar, R. Napitupulu, and E. Yudo, “Karakteristik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Komposit Resin Polyester Untuk Mengetahui Nilai Absorpsi Suara,” *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 2, pp. 367–373, 2023, doi: 10.33504/jitt.v1i2.43.
- [19] P. Pratiwi, A. Rahman, and A. Yanto, “Measurement of the sound absorption coefficient of palm frond fiber composites with synthetic adhesives,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 131–137, 2022, doi: 10.21063/jtm.2022.v12.i2.131-137.