

Optimalisasi *Filler* Batang Kelapa Sawit dan Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanis Komposit Gypsum Hibrida

Indra Mawardi^{1*}, Nurdin¹, Zuhaimi¹, Saifuddin¹, A.Jannifar¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

^{1*}indratm@pnl.ac.id

Abstrak—Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat mekanis komposit adalah penguat, lebih fokus lagi jenis penguat dan komposisinya. Penelitian ini bertujuan mendapatkan komposisi optimal hibridisasi kayu kelapa sawit dan sekam padi sebagai penguat komposit gypsum terhadap karakteristik kekuatan lentur dan tekan. Metode penelitian dimulai penyediaan kayu kelapa sawit, sekam padi, proses partikelisasi *filler*, perlakuan awal partikel, dan pembentukan komposit hibrida. Perlakuan awal dilakukan untuk kedua *filler* pada air panas dan larutan alkali. Komposit hibrida dibentuk menggunakan gypsum sebagai matriks dengan variasi *filler* 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, dan 50%. Pengujian lentur dan tekan dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan lentur komposit gypsum hibrida berkisar 0,82 MPa - 3,39 MPa dan kekuatan tekan berkisar 3.15 MPa - 7,27 MPa. Sifat mekanis terbaik didapat pada persentase *filler* 20% dan terendah pada persentase 60% *filler*.

Kata kunci— Komposit gypsum hibrida, Kayu kelapa sawit, Sekam padi, Kekuatan lentur, Kekuatan tekan.

Abstract— One factor that affects the mechanical properties of composites is reinforcement, and more focus is on the type of reinforcement and its composition. This study aims to obtain the optimal composition of oil palm wood and rice husk hybridisation as a gypsum composite reinforcement for flexural and compressive strength characteristics. The research method begins with the supply of oil palm wood, rice husks, *filler* particularization process, particle pretreatment, and the formation of hybrid composites. Pretreatment was carried out for both *fillers* in hot water and an alkaline solution. Hybrid composites were formed using gypsum as a matrix with *filler* variations of 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, and 50%. Flexural and compressive tests were carried out. The results showed that the flexural strength of the hybrid gypsum composite ranged from 0.82 MPa to 3.39 MPa, and the compressive strength ranged from 3.15 MPa to 7.27 MPa. The gypsum composites with a 20% *filler* percentage and the lowest at 60% have higher mechanical properties.

Keywords— Hybrid gypsum composite, Oil palm wood, Rice husk, Flexural strength, Compressive strength

I. PENDAHULUAN

Komposit berpenguat *filler* dari alam memiliki beberapa keunggulan, seperti: densitas yang rendah, ketersediaan yang berlimpah, harga yang lebih murah, ramah lingkungan, tidak membahayakan bagi kesehatan dan dapat didaur ulang. Meskipun memiliki beberapa kelebihan, *filler* alami memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan *filler* sintesis. Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja komposit berpenguat *filler* alami adalah dengan proses hibridisasi. Proses hibridisasi bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisis komposit. Saat ini, banyak penelitian telah meneliti kombinasi dua jenis serat alami dengan tujuan mengurangi biaya bahan dan meningkatkan sifat mekanis maupun fisis [1] dan [2].

Dalam beberapa dekade terakhir, banyak peneliti telah meneliti penggunaan serat alam sebagai alternatif dari serat sintesis, salah satunya pada material komposit gypsum. Komposit gypsum banyak digunakan sebagai material pada bangunan terutama pada bagian interior. Disamping penggunaan serat sintesis, beberapa peneliti terdahulu telah melaporkan komposit gypsum berpenguat serat alam dari limbah pertanian maupun komposit hibrid sebagai material bangunan [3]–[6].

Gypsum adalah mineral non-logam kristal, berserat, dan kental yang dibentuk oleh penguapan air laut. Gypsum sangat mudah ditemukan di alam dan biasanya banyak ditemukan pada batuan sedimen dan lunak. Gypsum memiliki komposisi kalsium oksida (CaO) tertinggi sebesar 32,57%, diikuti oleh kalsium 23,28%, air 20,93%, sulfur 18,62% dan hidrogen 3,34%. Gypsum yang juga dikenal sebagai kalsium sulfat dihidrat (CaSO₄ 2H₂O) adalah bahan finishing yang banyak

digunakan dalam bangunan dan industri konstruksi karena kemudahan aplikasi, kinerja yang sangat baik, tahan api, dan keramahan lingkungannya [3], [7]. Tepung gypsum dapat digunakan sebagai campuran dari pembuatan interior rumah seperti panel, lis profil gypsum, plafon dan bahan bangunan lainnya.

Beberapa material seperti komposit gypsum berpenguat serat sintesis telah banyak diaplikasi saat ini. Penggunaan bahan sintesis berefek buruk terhadap lingkungan, tidak terbarukan, dan tidak dapat didaur ulang. Selain itu, bahan sintesis mempunyai harga yang mahal dikarenakan diimpor dari luar negeri. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dikembangkan material alternatif untuk bangunan dengan konsep ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Material komposit merupakan gabungan dua atau lebih material yang berbeda secara makroskopik membentuk suatu material baru yang memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya. Selain serat, komposit juga diperkuat oleh partikel atau sering disebut dengan *filler* [8]. Menurut [9], komposit hibrida adalah komposit yang dibentuk dari dua atau lebih penguat/*filler* atau menggunakan satu atau lebih matriks yang berbeda.

Manurut Ramesh [5], [10], *filler* dalam material komposit terutama pada komposit digunakan untuk tujuan meningkatkan sifat tertentu dari produk asli. Misalnya dalam beberapa aplikasi, hanya penambahan *filler* saja untuk meningkatkan sifat tahan air saat dalam aplikasi tertentu penambahan pengisi terutama untuk meningkatkan sifat tahan api. *Filler* komposit dapat berupa organik atau anorganik tergantung pada sifat-sifat yang dibutuhkan dalam produk akhir. Limbah pertanian telah digunakan sebagai *filler* untuk meningkatkan kekuatan lentur dan tekan kekuatan komposit

gypsum. Ditunjukkan bahwa serat limbah pertanian memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi, lebih sedikit abrasif dan biaya lebih rendah dibandingkan dengan bahan penguat anorganik jenis pengisi [3], [5], [11].

Salah satu potensi *filler* alam yang tersedia dalam jumlah besar adalah batang kelapa sawit dan sekam padi. Luas lahan sawit Indonesia tahun 2017 tercatat 12,3 juta hektare [12] dan akan menghasilkan batang sawit sekitar 81,5-110 juta meter kubik per tahun [13], demikian juga luasnya pertanian yang dimiliki Indonesia. Dengan besarnya volume kedua *filler* alam tersebut, sangat potensial dijadikan *filler* pada komposit gypsum. Penggunaan berbagai jenis serat alam telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya [14]–[17].

Penggunaan penguat serat KKS dan sekam padi pada komposit akan meningkatkan sifat mekanis dari gypsum pada batas-batas tertentu. Selain itu penggunaan serat juga akan merubah perilaku mekanis dari komposit. Besarnya jumlah penguat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis dan hibridisasi kedua serat yang berbeda menjadi permasalahan dalam karakteristik komposit gypsum hibrida. Permasalahan inilah yang menjadi fokus pada penelitian ini yaitu seberapa banyak (persen) serat KKS dan sekam padi yang optimal untuk komposit gypsum terhadap sifat mekanis.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan komposisi KKS dan sekam padi yang optimal sebagai penguat komposit gypsum hibrida terhadap karakteristik sifat mekanis, yaitu kekuatan lentur dan tekan. Hasil ini menjadi referensi dalam menghasilkan material varian baru untuk bangunan yang ramah lingkungan, berkelanjutan dan mempunyai nilai jual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Material

Tepung gypsum jenis *casting* digunakan sebagai matriks dalam pembentukan komposit gypsum. Tepung gypsum ini menggunakan air dalam penggunaannya dengan ratio 1:0.65. Kayu kelapa sawit (KKS) yang berfungsi sebagai penguat/pengisi diambil dari batang kelapa sawit dari perkebunan rakyat di kabupaten Aceh Utara provinsi Aceh. Batang kelapa sawit yang digunakan telah berumur 25-30 tahun. KKS kemudian dipotong menjadi chip kecil kemudian dihaluskan menggunakan mesin penepung dengan ukuran kurang dari 1 mm. Sekam padi yang juga berfungsi sebagai penguat/pengisi berasal dari penggilingan padi di kota Lhokseumae. Gambar 3.2 memperlihatkan sekam padi yang digunakan.

B. Perlakuan Filler

Partikel KKS dan sekam padi sebagai penguat komposit gypsum sebelum digunakan mendapat perlakuan awal. Proses perlakuan awal serat pada proses pembuatan komposit berpengaruh positif terhadap sifat mekanis dan fisis komposit partikel [18]. Perlakuan awal partikel KKS dilakukan dengan memasak partikel dalam air panas pada temperatur 100°C selama 30 menit. Partikel KKS yang telah dimasak dalam air panas kemudian dikeringkan.

Sekam padi yang telah di haluskan menjadi ukuran < 1 mm kemudian dilakukan proses alkalisasi. Sekam padi direndam di dalam larutan 5% NaOH selama 60 menit. Sekam padi kemudian dicuci dengan air sampai pH netral dan dikeringkan di bawah sinar matahari.

C. Pembentukan Komposit

Komposit gypsum dibentuk dengan menggunakan penguat/pengisi KKS dan sekam padi. Komposit gypsum dibentuk dalam lima variasi dengan *filler* sebagai berikut; 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, dan 50%. Komposisi 0% *filler* digunakan sebagai spesimen kontrol. Proses pembentukan dimulai dengan memasukan tepung gypsum yang telah ditimbang sesuai dengan komposisi dan volume cetakan ke dalam wadah. Masukan kedua *filler* dengan perbandingan yang sama (50:50) sesuai dengan variasi komposisi dari komposit gypsum. Tepung gypsum dan *filler* kemudian dimixer hingga rata, selanjutnya masukan air sebanyak dan dimixer kembali hingga menjadi menjadi adonan semen gypsum. Adonan kemudian dituang ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Ratakan adonan sesuai dengan ketebalan cetakan. Proses pengerasan adonan komposit gypsum akan mengeras lebih kurang 2 jam. Proses akhir adalah membongkar cetakan dan spesimen dijemur hingga kering

D. Pengujian

Kekuatan lentur (*bending strength*) adalah pengujian untuk menguji fleksibilitas material. Pengujian lentur menggunakan *metode three point bending* dengan kecepatan penekanan 2 mm/menit (Gambar 1). Pengujian ini menggunakan universal testing machine (UTM). Spesimen uji lentur dibuat sebanyak 3 buah dengan dimensi 405 x 105 x 15 mm, mengikuti standar ASTM C473.



Gambar 1. Pengujian lentur komposit gypsum

Untuk mendapatkan kekuatan tekan, tiga spesimen komposit gypsum dari masing-masing variasi dicetak berbentuk kubus dengan ukuran (50 mm × 50 mm × 50 mm), sesuai standar ASTM C472. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin UTM merek Tensilon RTF 1350 dengan laju pembebanan 100 kg/s (Gambar 2). Kuat tekan komposit gypsum diperoleh dengan membagi beban maksimum yang dicapai dengan total luas penampang spesimen.



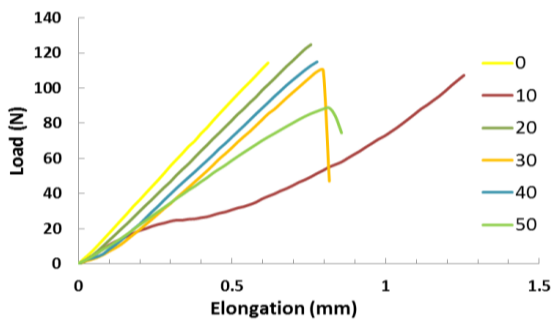
Gambar 2. Pengujian tekan komposit gypsum

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

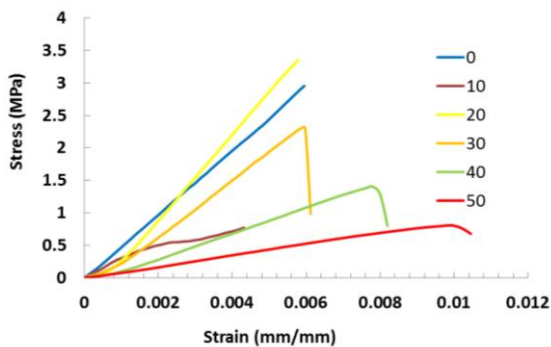
A. Kekuatan Lentur

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan grafik tipikal dari beban vs elongation dan stress vs strain dari hasil pengujian lentur komposit gipsum dengan variasi persentase *filler* sekam padi dan KKS. Dari tipikal curva yang terbentuk memperlihatkan tidak adanya yield point, ini menyatakan komposit gipsum yang dibentuk bersifat getas.

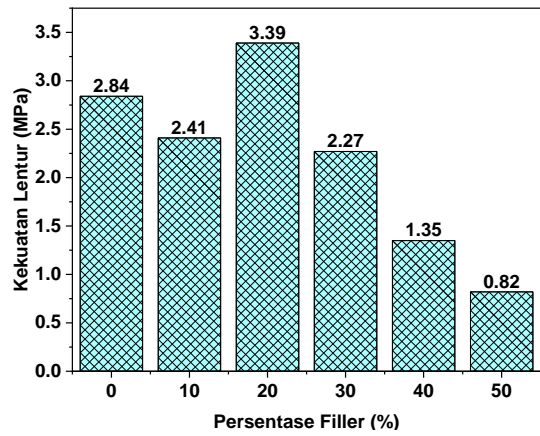
Kekuatan lentur komposit gipsum berkisar antara 0,82 - 3,39 MPa (Gambar 5). Kekuatan lenur tertinggi dihasilkan pada komposit gipsum dengan persentase *filler* 20% dan terendah pada persentase 50% *filler*. Pertambahan jumlah *filler* dapat menurunkan kekuatan lentur dari komposit gipsum. Fenomena ini terjadi dikarenakan matriks (gipsum) tidak dapat mengikat *filler* dengan baik. Memburuknya ikatan antar muka antara *filler* dan matrik ini berefek kepada penurunan kekuatan lentur dari komposit gipsum.



Gambar 3. Grafik tipikal beban vs perpanjangan komposit gipsum dengan berbagai persentase *filler*



Gambar 4. Grafik tipikal kekuatan lentur komposit gipsum dengan berbagai persentase *filler*

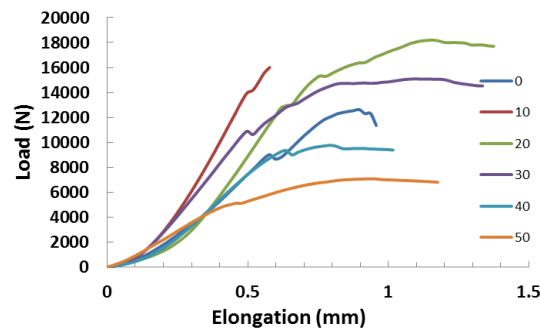


Gambar 5. Kekuatan lentur komposit gipsum dengan berbagai persentase *filler*

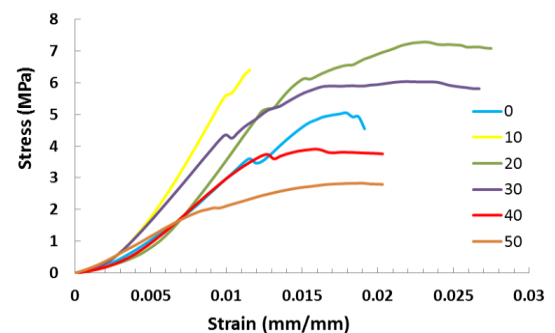
Pada studi ini juga ditemukan, persentase *filler* yang lebih kecil juga mempengaruhi kekuatan lentur. jumlah *filler* dengan persentase kecil tidak cukup menaikkan kekuatan lentur dikarenakan efek dari penguatan *filler* kurang berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan. Pada studi ini, jumlah *filler* yang optimal berada pada persentase 20%. Nilai kekuatan lentur komposit menurun dengan pengurangan ukuran partikel dan penambahan penguat (hybridisasi) juga ditemukan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan perkuatan yang berbeda seperti kayu, jerami padi, dan bambu dengan menggunakan bio resin sebagai bahan pengikat [19]–[21].

B. Kekuatan Tekan

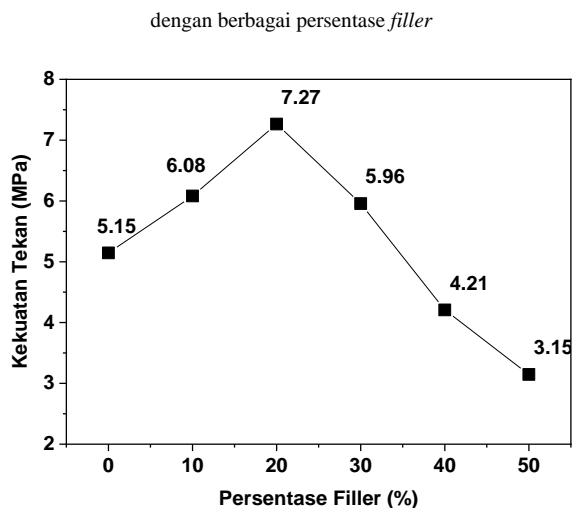
Gambar 6 dan 7 memperlihatkan grafik tipikal dari beban vs elongation dan stress vs strain dari hasil pengujian tekan komposit gipsum dengan variasi persentase *filler* sekam padi dan KKS. Grafik kekuatan tekan mengikuti trend yang sama dengan curva beban terhadap elongation (Gambar 7)



Gambar 6. Grafik tipikal beban vs perpanjangan komposit gipsum dengan berbagai persentase *filler*



Gambar 7. Grafik tipikal kekuatan tekan komposit gipsum



Gambar 8. Kekuatan tekan komposit gipsium dengan berbagai persentase *filler*

Pengaruh variasi persentase *filler* terhadap kuat tekan komposit gipsium dapat dilihat pada Gambar 8. Sample komposit gipsium dengan persentase *filler* 50% menghasilkan nilai kuat tekannya paling kecil yaitu 3,15 MPa. Nilai kuat tekan mulai meningkat pada komposit gipsium dengan persentase *filler* 10% dan pada persentase gipsium 20% menghasilkan nilai kuat tekan paling besar yaitu 7,27 MPa. Nilai kuat tekan mengalami penurunan setelah penambahan *filler* melebihi 20%. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa nilai optimum kuat tekan komposit gipsium diperoleh pada persentase gipsium 20%.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan kekuatan lentur komposit gipsium berkisar antara 0,82 - 3,39 MPa. Kekuatan lentur tertinggi dihasilkan pada komposit gipsium dengan persentase *filler* 20% dan terendah pada persentase 50% *filler*. Kekuatan tekan komposit gipsium berkisar antara 3,15 - 7,27 MPa dengan kekuatan tekan tertinggi dihasilkan pada persentase *filler* 20% dan terendah pada persentase 50% *filler*. Komposisi *filler* KKS dan sekam padi 20% menunjukkan kondisi optimal sebagai penguat pada komposit gipsium hibrida terhadap sifat mekanis lentur dan tekan.

REFERENSI

[1] A. M. Radzi, S. M. Sapuan, M. Jawaid, and M. R. Mansor, "Water absorption, thickness swelling and thermal properties of roselle/sugar palm fibre reinforced thermoplastic polyurethane hybrid composites," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 3988–3994, 2019.

[2] A. N. Raut and C. P. Gomez, "Thermal and mechanical performance of

oil palm fiber reinforced mortar utilizing palm oil fly ash as a complementary binder," *Constr. Build. Mater.*, vol. 126, pp. 476–483, 2016.

[3] C. Zhu, J. Zhang, J. Peng, W. Cao, and J. Liu, "Physical and mechanical properties of gypsum-based composites reinforced with PVA and PP fibers," *Constr. Build. Mater.*, vol. 163, pp. 695–705, 2018.

[4] V. Hospodarova, N. Stevulova, J. Briancin, and K. Kostelanska, "Investigation of waste paper cellulosic fibers utilization into cement based building materials," *Buildings*, vol. 8, no. 3, p. 43, 2018.

[5] M. Ramesh, K. Palanikumar, and K. H. Reddy, "Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 79, pp. 558–584, 2017.

[6] K. Regulska and A. Repelewicz, "Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 585, no. 1, p. 12105.

[7] A. A. Khalil, A. Tawfik, and A. A. Hegazy, "Plaster composites modified morphology with enhanced compressive strength and water resistance characteristics," *Constr. Build. Mater.*, vol. 167, pp. 55–64, 2018.

[8] I. Mawardi and H. Lubis, *Proses Manufaktur Plastik Dan Komposit*. Penerbit Andi.

[9] V. Guna, M. Ilangovan, M. G. Ananthaprasad, and N. Reddy, "Hybrid biocomposites," *Polym. Compos.*, vol. 39, pp. E30–E54, 2018.

[10] M. Doleželová, L. Scheinherrová, J. Krejsová, M. Keppert, R. Černý, and A. Vimmrová, "Investigation of gypsum composites with different lightweight fillers," *Constr. Build. Mater.*, vol. 297, p. 123791, 2021.

[11] A. Ashori, "Hybrid thermoplastic composites using nonwood plant fibers," in *Hybrid Polymer Composite Materials*, Elsevier, 2017, pp. 39–56.

[12] D. J. Perkebunan, "Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2015-2017," *Jakarta Kementerian. Pertanian* p81, 2017.

[13] Kompas, "Batang Sawit Bernilai Tinggi," *kompas*, Jakarta, 08-Aug-2013.

[14] J. António, A. Tadeu, B. Marques, J. A. S. Almeida, and V. Pinto, "Application of rice husk in the development of new composite boards," *Constr. Build. Mater.*, vol. 176, pp. 432–439, 2018.

[15] M. E. Selamat, R. Hashim, O. Sulaiman, M. H. M. Kassim, N. I. Saharudin, and O. F. A. Taiwo, "Comparative study of oil palm trunk and rice husk as fillers in gypsum composite for building material," *Constr. Build. Mater.*, vol. 197, pp. 526–532, 2019.

[16] I. Mawardi, S. Aprilia, M. Faisal, and S. Rizal, "Characterization of Thermal Bio-Insulation Materials Based on Oil Palm Wood: The Effect of Hybridization and Particle Size," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 19, p. 3287, 2021.

[17] I. Mawardi, S. Aprilia, M. Faisal, and S. Rizal, "An investigation of thermal conductivity and sound absorption from binderless panels made of oil palm wood as bio-insulation materials," *Results Eng.*, p. 100319, 2021.

[18] I. Mawardi, S. Rizal, S. Aprilia, and M. Faisal, "Thermal Characteristics of Oil Palm Wood and Ramie Fiber as Raw Materials for Thermal Insulation Bio Board," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Experimental and Computational Mechanics in Engineering*, 2021, pp. 21–31.

[19] T. Pham Van, C. Schöpfer, A. Klüppel, and C. Mai, "Effect of wood and panel density on the properties of lightweight strand boards," *Wood Mater. Sci. Eng.*, vol. 16, no. 4, pp. 237–245, 2021.

[20] D. M. Nguyen, A.-C. Grillet, Q.-B. Bui, T. M. H. Diep, and M. Woloszyn, "Building bio-insulation materials based on bamboo powder and bio-binders," *Constr. Build. Mater.*, vol. 186, pp. 686–698, 2018.

[21] M. Viel, F. Collet, and C. Lanos, "Development and characterization of thermal insulation materials from renewable resources," *Constr. Build. Mater.*, vol. 214, pp. 685–697, 2019.