

PENGARUH PERSENTASE PEREKAT POLYETHYLENE TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS *WOOD PLASTIC COMPOSITE* (WPC) BERBAHAN BAKU SERBUK KAYU KERUING (*Dipterocarpus Spp.*)

SUSILASTRI^{1,2}, ALDRI FRINALDI¹, DASMAN LANIN¹, REMBRANDT¹, GENIUS UMAR¹, FIRMAN HIDAYAT², YEFNIKA FAZIRA¹

Universitas Negeri Padang¹, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat²

Corresponding author email : susilastri39@gmail.com¹

Abstract: *This study aims to determine the effect of polyethylene (HDPE) adhesive percentage on the physical and mechanical properties of Wood Plastic Composite (WPC) made from Dipterocarpus spp. (keruing) sawdust. The research is driven by the decreasing availability of natural wood and the increasing volume of plastic waste, highlighting the need for innovative, environmentally friendly, and sustainable material alternatives. The method used was a Completely Randomized Design (CRD) with five treatment compositions of keruing sawdust and polyethylene: A (80:20), B (75:25), C (70:30), D (65:35), and E (60:40), each with three replications. The observed parameters included physical properties (density, moisture content, water absorption, and thickness swelling) and mechanical properties (Modulus of Rupture/MOR and Modulus of Elasticity/MOE). Data were analyzed using ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results showed that increasing the proportion of polyethylene significantly affected most physical and mechanical properties of WPC. The highest density (1.1 g/cm³) was observed in treatments D and E, although not significantly different statistically. Moisture content, water absorption, and thickness swelling decreased significantly with increased adhesive. The best performance was found in treatment E (60% wood, 40% polyethylene) with moisture content at 1.54%, water absorption at 197.82%, and thickness swelling at 9.19%, meeting the JIS A 5908-2003 standard. Mechanically, MOR and MOE values also increased, with the highest values recorded at 99.47 kgf/cm² and 30 kgf/cm², respectively, although still below JIS standards. In conclusion, increasing the proportion of polyethylene adhesive improves both physical and mechanical properties of keruing-based WPC. A formulation of 60% keruing sawdust and 40% polyethylene is recommended as the optimal composition for producing high-quality WPC from wood and plastic waste.*

Keyword: *Wood Plastic Composite, polyethylene, keruing sawdust, physical properties, mechanical properties, HDPE.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase perekat polyethylene (HDPE) yang optimal terhadap sifat fisis dan mekanis *Wood Plastic Composite* (WPC) berbahan baku serbuk kayu keruing (*Dipterocarpus spp.*). Latar belakang penelitian ini didasarkan pada semakin berkurangnya ketersediaan kayu alam dan meningkatnya limbah plastik, sehingga diperlukan inovasi bahan alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan komposisi serbuk kayu keruing dan polyethylene: A (80:20), B (75:25), C (70:30), D (65:35), dan E (60:40), masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter uji yang diamati meliputi sifat fisis (kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal) serta sifat mekanis (Modulus of Rupture/MOR dan Modulus of Elasticity/MOE). Analisis data menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut DNMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar polyethylene berpengaruh nyata terhadap sebagian besar sifat fisis dan mekanis WPC. Nilai kerapatan tertinggi (1,1 g/cm³) diperoleh pada komposisi D dan E, namun tidak berbeda nyata berdasarkan uji ANOVA. Nilai kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal menurun secara signifikan seiring peningkatan perekat. Komposisi E (60% kayu dan 40% polyethylene) menunjukkan performa terbaik dengan kadar air 1,54%, daya serap air 197,82%, dan pengembangan tebal 9,19% (memenuhi standar JIS A 5908-2003). Untuk sifat mekanis, nilai MOR dan MOE juga meningkat, dengan nilai tertinggi masing-masing 99,47 kgf/cm² dan 30 kgf/cm² pada perlakuan E, meskipun belum sepenuhnya

memenuhi standar JIS. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan perekat polyethylene secara proporsional meningkatkan kualitas papan komposit dari segi fisis dan mekanis. Formulasi dengan komposisi 60% serbuk kayu dan 40% polyethylene direkomendasikan sebagai komposisi terbaik untuk pembuatan WPC berbasis limbah keruing dan plastik.

Kata kunci: Wood Plastic Composite, polyethylene, serbuk kayu keruing, sifat fisis, sifat mekanis, HDPE

A. Pendahuluan

Kayu merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sudah mengalami penurunan produksi karena semakin meningkatnya kebutuhan. Dimana peningkatan jumlah penduduk akan berbanding lurus dengan jumlah kebutuhan dan semakin berkurangnya areal hutan untuk pemukiman penduduk sehingga membuat ketersediaan kayu sebagai bahan baku juga semakin berkurang. Keadaan ini mendorong untuk menggunakan kayu secara efektif dan untuk mencari material lain sebagai pengganti kayu. Selain itu produksi sampah di Indonesia sudah sangat mengawatirkan. Menurut direktur pengelolaan sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) “produksi sampah nasional mencapai sekitar 65,8 juta ton pertahunnya dimana 16 persennya adalah sampah plastik” (Putra, 2018). Salah satu alternatif yang bisa dijadikan sebagai pengganti kayu dan penanggulangan sampah dimasa depan adalah *Wood Plastic Composite* (WPC).

Wood Plastic Composite (WPC) merupakan material komposit yang terdiri dari campuran serbuk kayu dan plastik dengan berbagai jenis bahan tambahan untuk meningkatkan kualitas produk (Wolcott & Englund, 1999). Salah satu bahan baku potensial yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan WPC adalah limbah serbuk gergajian kayu keruing (*Dipterocarpus spp.*) yang banyak tersedia di industri penggergajian namun belum dimanfaatkan secara optimal

Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kualitas WPC adalah komposisi perekat yang digunakan dalam proses produksinya. Perekat berfungsi untuk mengikat serbuk kayu dan plastik, sehingga mempengaruhi kekuatan, ketahanan, dan sifat fisik dari WPC yang dihasilkan. Berbagai jenis perekat, seperti polyethylene, memiliki karakteristik yang berbeda-beda, yang dapat mempengaruhi interaksi antara serbuk kayu dan plastik (Iwko et al., 2024). Oleh karena itu, pemilihan dan proporsi perekat yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas WPC yang optimal. Penelitian sebelumnya menunjukkan daya rekat, ketahanan terhadap air serta kekuatan mekanik dari WPC. Oleh karena itu, penting mengeksplorasi pengaruh komposisi perekat polyethylene terhadap kualitas WPC berbahan baku serbuk kayu keruing. Polyethylene adalah polimer termoplastik dan jenis plastik yang paling umum dan paling banyak digunakan oleh manusia. Plastik polyethylene dipakai untuk pembuatan kantong plastik, kemasan makanan, botol minuman, dan lain-lain. Beberapa keunggulan dari polyethylene adalah ringan, ketahanan kimia yang baik, dan ketangguhan yang baik. Polyethylene sangat mudah untuk diproduksi injection molding, sheet extrusion, film extrusion, dan lain-lain (Callister, 2007)

Penelitian yang membahas mengenai pembuatan papan komposit kayu plastik (WPC) dari sabut kelapa dengan menggunakan perekat serbuk plastik polyethylene. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas papan komposit yang dibuat dengan menggunakan komposisi bahan serbuk sabut kelapa dan perekat serbuk plastik polyethylene terhadap perbedaan suhu pengempaan. Adapun standar pengujian yang digunakan ialah JIS 5908:2003 (Prasetyawan, 2009). Selain itu juga ada penelitian oleh **Pirma et al. (2024)** mengkaji pengaruh variasi suhu pengepresan terhadap sifat fisik dan mekanik papan komposit dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan plastik HDPE. Hasil menunjukkan bahwa suhu 170°C menghasilkan sifat terbaik dengan densitas 0,95 g/cm³, daya serap air 0,09%, dan MOR 134,40 kg/cm². Penelitian ini membuktikan bahwa kondisi proses, seperti suhu pengepresan, sangat berpengaruh terhadap kualitas WPC.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Februari sampai Maret 2025. Penelitian dilakukan di laboratorium Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mesin Fakultas Teknik Politeknik Negeri Padang.

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Cetakan 30 cm x 30 cm x 1cm, Plat Seng, Timbangan, Aluminium foil, Sarung tangan, Kuas, Gelas ukur, Jangka sorong, Wadah plastik, Mesin kempa panas, Desikator, Oven, Alat tulis tangan.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Serbuk gergajian kayu keruing, Serbuk Plastik Polyethylene (HDPE), Plastisize, Air.

Data yang telah diperoleh, dilakukan analisis keanekaragaman untuk mengetahui apakah hasilnya berbeda nyata atau tidak dengan menggunakan program SPSS yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Analisis sidik ragam (ANOVA)

Sumber keragaman (sk)	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (jk)	Kuadrat tengah (kt)	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG		
Galat/error	t(r-1)	JKG	KTG			
Total	Rt-1	JKT				

Sumber : Suhaemi (2011)

Keterangan:

t :Perlakuan

r : Ulangan

JKP : Jumlah Kuadrat Perlakuan

JKT : Jumlah Kuadrat Error

KTP : Kuadrat Tengah Perlakuan

KTG : Kuadrat Tengah

C. Hasil dan Pembahasan

Kerapatan

Kerapatan menunjukkan seberapa banyak massa yang terkandung dalam suatu volume dari suatu benda atau zat, seberapa padat atau rapat partikel-partikel penyusunan suatu benda. Berdasarkan data yang telah didapatkan, hasil pengujian sifat fisis papan *Wood Plastic Composite* menunjukkan bahwa nilai rata-rata kerapatan berkisar antara 0,8 g/cm³-1,1 g/cm³. Nilai rata-rata kerapatan terendah yang diperoleh pada perlakuan B dan C. Sedangkan nilai rata-rata kerapatan yang tertinggi terdapat pada perlakuan D dan ke E. Adapun hasil nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Kerapatan Papan *Wood Plastic Composite*

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata (g/cm ³)
	1	2	3		
A	0,9	0,8	1,0	2,7	0,9
B	0,8	0,9	0,7	2,4	0,8
C	0,8	0,8	0,9	2,5	0,8
D	1,1	1,0	1,1	3,2	1,1
E	1,2	1,2	1,0	3,4	1,1
Total				14,1	0,9

Sumber: Analisis Data 2025

Keterangan:

A=80% serbuk kayu keruing 20% perekat

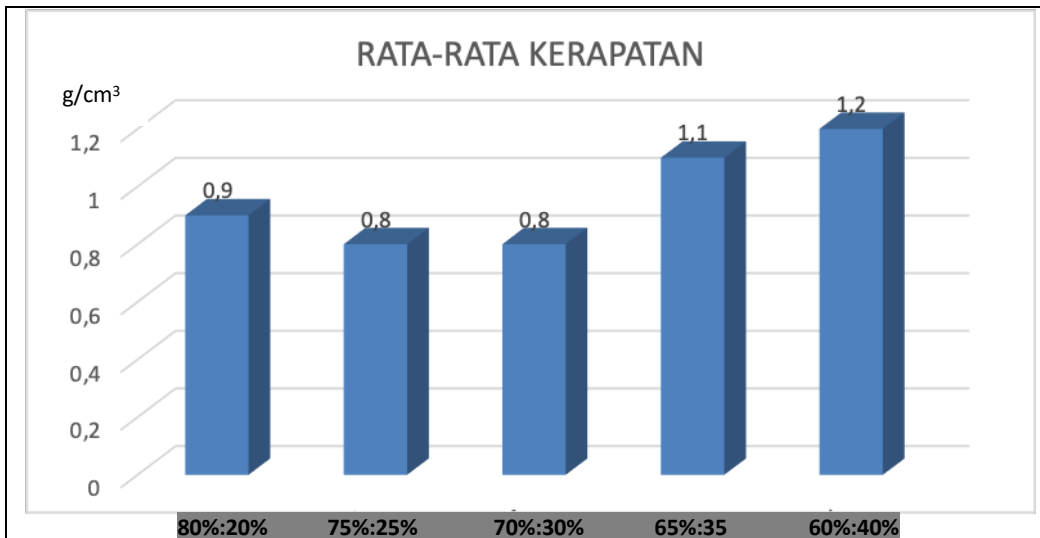
B=75% serbuk kayu keruing 25% perekat

C=70% serbuk kayu keruing 30% perekat

D=65% serbuk kayu keruing 35% perekat

E=60% serbuk kayu keruing 40% perekat

Untuk melihat nilai rata-rata kerapatan tersebut dapat diamati pada gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Nilai Rata-Rata Kerapatan WPC

Kadar Air

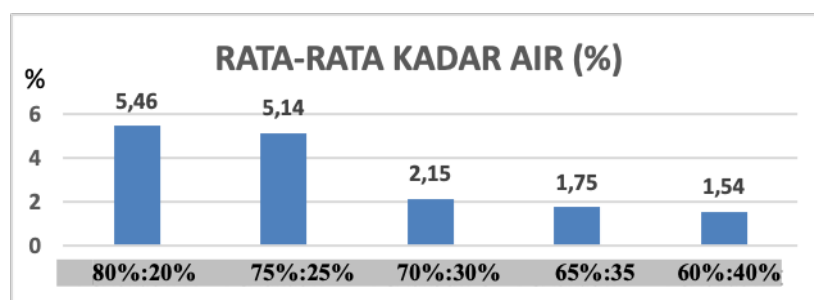
Nilai kadar air *Wood Plastic Composite* dari serbuk kayu keruing menunjukkan nilai rata-rata berkisar antara 4,61%-5,46%. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan A yaitu 5,26%, sedangkan nilai terendah pada perlakuan E yaitu 1,24%. Adapun hasil nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Kadar Air *Wood Plastic Composite*

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata (%)
	I	II	III		
A	4,48	6,63	5,26	16,37	5,46
B	5,43	5,32	4,68	15,43	5,14
C	1,59	2,59	2,28	6,46	2,15
D	2	1,92	1,32	5,24	1,75
E	2,06	1,31	1,24	4,61	1,54
Total				48,11	3,21

Sumber: Analisis Data 2025

Berikut grafik nilai rata-rata kadar air:



Gambar 2. Grafik Nilai Rata-Rata Kadar Air

Daya Serap Air

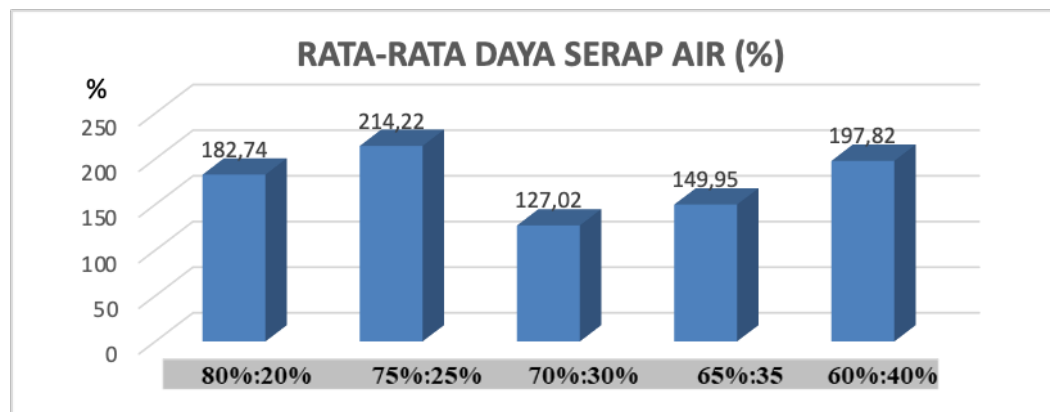
Nilai daya serap air *Wood Plastic Composite* dari serbuk kayu keruing berkisar antara 127,02%-214,22%. Nilai daya serap air tertinggi pada wood plastic composite pada perlakuan B yaitu dengan nilai 214,22% dan nilai terendah pada perlakuan C yaitu dengan nilai 127,02%. Adapun hasil nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Daya Serap Air Wood Plastic Composite

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata (%)
	1	2	3		
A	213,86	150,77	183,59	548,22	182,74
B	177,32	209,16	256,18	642,66	214,22
C	130,51	133,01	117,54	381,06	127,02
D	122,22	138,67	188,95	449,84	149,95
E	199,71	195,57	198,19	593,47	197,82
Total				2615,25	174,35

Sumber: Analisis Data 2025

Salah satu penyebab nilai daya serap air adalah masih banyaknya celah pada rongga pori yang terdapat diantara ikatan material material komposit dengan sifat material itu sendiri yang dapat menyerap air dan uji serapan air membuktikan hal ini, penurunan kekuatan material disebabkan adanya kekosongan (void) pada hasil sampel. Nilai daya serap air ini terjadi dengan adanya lama waktu perendaman papan WPC selama berada di dalam air. Hal ini senada dalam penelitian (Pramono et al., 2022) mengatakan bahwa semakin lama waktu perendaman, semakin banyak air yang dapat diserap, maka semakin rendah kekuatannya. Berikut grafik nilai daya serap air papan WPC, dapat dilihat pada grafik 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Nilai Rata-Rata Daya Serap Air WPC

Pengembangan Tebal

Berdasarkan pengujian pengembangan tebal yang telah dilakukan selama 24 jam, diperoleh nilai rata-rata berkisar antara 9,19%-79,63%. Nilai pengembangan tebal tertinggi pada wood plastic composite pada perlakuan A yaitu dengan nilai 79,63% dan nilai terendah pada perlakuan E yaitu dengan nilai 9,19%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal yang diperoleh tidak seragam, sehingga penyebab terjadinya variasi pada nilai pengembangan tebal ini diduga penyebab terjadinya distribusi serbuk plastik pada permukaan papan WPC kurang merata. Adapun hasil nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 5, sebagai berikut.

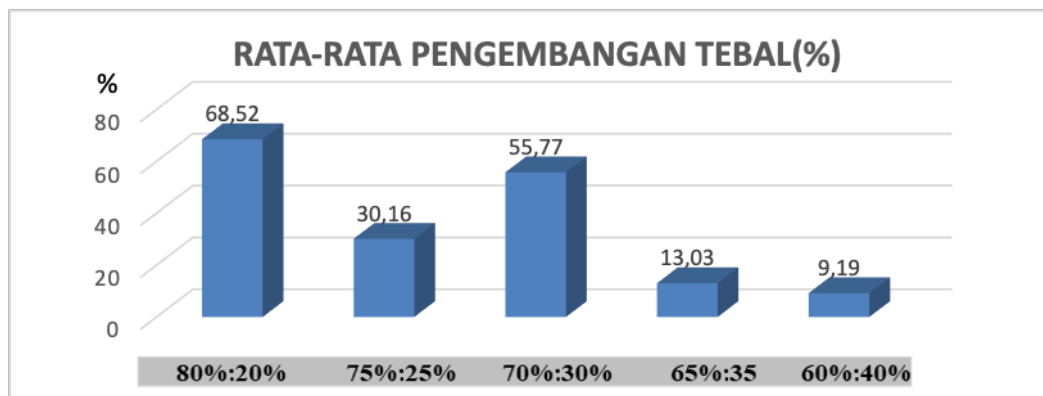
Tabel 5. Nilai Pengembangan Tebal Wood Plastic Composite

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	62,5	88,89	87,5	238,89	79,63
B	20,18	32,67	37,62	90,47	30,16
C	57,5	51,25	58,57	167,32	55,77

D	11,01	15	13,08	39,09	13,03
E	8,62	8,04	10,91	27,57	9,19
Total				563,34	37,56

Sumber: Analisis Data 2025

Nilai pengembangan tebal yang diperoleh tidak homogen, sehingga penyebab terjadinya variasi pada nilai pengembangan tebal ini diduga penyebab terjadinya distribusi serbuk plastik pada permukaan papan WPC kurang merata. Menurut Setyawati et al., (2008), bahwa pengembangan tebal papan komposit pada penelitian ini tidak berbanding lurus terhadap penyerapan airnya. Hal ini menyatakan bahwa papan komposit ini memiliki rongga-rongga yang memungkinkan air masuk di dalam permukaan, tetapi plastik bersifat hidrofobik mencegah serbuk keruing mengembang sepenuhnya. Adapun grafik nilai pengembangan tebal papan WPC ini dapat diamati pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-Rata Pengembangan Tebal WPC

Sifat Mekanis

Modulus Of Rapture

Berdasarkan pengujian MOR papan *Wood Plastic Composite* pada satu ulangan, nilai yang diperoleh dari pengujian papan WPC dengan komposisi serbuk kayu keruing dan serbuk plastik polyethylene dapat dilihat pada tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai MOR *Wood Plastic Composite*

Perlakuan	Berat Total (gr)	MOR (Kgf/cm ²)
A (ulangan 3)	850,5	8,4
B (ulangan 2)	850,5	8,4
C (ulangan 2)	850,5	22,5
D (ulangan 2)	850,5	62,5
E (ulangan 1)	850,5	99,47

Sumber: Analisis Data 2025

Modulus Of Elasticity

Berdasarkan pengujian MOE papan *Wood Plastic Composite* pada satu ulangan, nilai yang diperoleh dari pengujian papan WPC dengan komposisi serbuk kayu keruing dan serbuk plastik polyethylene dapat dilihat pada tabel 7, sebagai berikut:

Tabel 7. Nilai MOE *Wood Plastic Composite*

Perlakuan	Berat Total (gr)	MOE (Kgf/cm ²)
A (ulangan 3)	850,5	4x10 ⁴
B (ulangan 2)	850,5	8x10 ⁴
C (ulangan 2)	850,5	16x10 ⁴
D (ulangan 2)	850,5	20x10 ⁴
E (ulangan 1)	850,5	30x10 ⁴

Sumber: Analisis Data 2025

D.Penutup

Dapat disimpulkan bahwa:

1. Secara fisis, peningkatan kadar perekat terbukti mampu meningkatkan nilai kerapatan dan menurunkan kadar air, daya serap air, serta pengembangan tebal pada papan komposit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak perekat yang digunakan, semakin padat dan stabil struktur WPC yang terbentuk. Komposisi yang optimal diperoleh pada campuran 60% serbuk kayu dan 40% polyethylene, dengan kerapatan mencapai 1,1 g/cm³ serta nilai pengembangan tebal yang paling rendah, yaitu 9,19%, yang sesuai dengan standar JIS A 5908-2003.
2. Dari aspek mekanis, peningkatan kadar polyethylene juga meningkatkan kekuatan lentur (MOR) dan elastisitas (MOE) dari WPC. Komposisi dengan 40% polyethylene menunjukkan nilai MOR tertinggi sebesar 99,47 kgf/cm² dan MOE sebesar 30 kgf/cm². Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi bahan yang tepat, khususnya dengan meningkatkan kadar polyethylene, dapat menghasilkan papan komposit yang lebih berkualitas dan berdaya guna tinggi, terutama untuk penggunaan interior.

Daftar Pustaka

- Adhikary, K. B., Pang, S., & Staiger, M. P. (2008). Dimensional Stability and Mechanical Behaviour Of Wood-Plastic Composites Based on Recycled and Virgin High-Density Polyethylene (HDPE). *Composites Part B: Engineering*, 39(5), 807–815. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2007.10.005>
- Amalia, S. (2009). *Pengaruh Perendaman Panas dan Dingin Sabut Kelapa Terhadap Kualias Papan Partikel yang Dihasilkannya*. IPB.
- Ashori, A., & Nourbakhsh, A. (2009). Characteristics of Wood-Fiber Plastic Composites Made of Recycled Materials. *Waste Management*, 29(4), 1291–1295. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2008.09.012>
- Bowyer, P. L., Kramer, J., Kielhofner, G., Maziero-Barbosa, V., & Girolami, G. L. (2007). Measurement properties of the Short Child Occupational Profile (SCOPE). *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 27(4), 67–85. https://doi.org/10.1300/J006v27n04_05
- Callister, W. D. (2007). *Materials Science and Engineering : An Introduction* (7th Ed.). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1007/BF01184995>
- Clemons, C. (2002). Wood-Plastic Composites In The United States : The Interfacing of Two Industries. *Forest Products Journal*, 52(6), 10–18.
- Dinwoodie, J. . (2000). *Timber: Its Nature and Behaviour* (2nd ed.). Spon.
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1201/9781420014242>
- Gulo, W. Y., Sinuhaji, P., & Syukur, M. (2013). *Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray Dengan Matriks Epoksi*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Harahap, P. S. (2021). *Pemanfaatan Campuran Sampah Plastik Jenis Polypropylene (Pp) Dan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bahan Bakar Alternatif*. Universitas

- Jambi.
- Hibbeler, R. C. (2017). *Engineering mechanics statics*. Pearson Prentice Hall.
- Iwko, J., Anwajler, B., Trzaska, O., Noszczyk, P., Wróblewski, R., & Szulc, P. (2024). Composite Materials Made From Polymer Waste and Wasted Fillers As Thermal Insulation Materials. *Rynek Energii*, 2024(6), 93–103.
- Klyosov, A. A. (2014). *Wood-Plastic Composites*. Harvard Medical School. <https://doi.org/10.1002/9780470165935>
- Kollmann, F., & Cote, W. (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag.
- Panshin, A. J., & de Zeeuw, C. (1980). *Textbook of Wood Technology*. Mc Graw hill.
- Pirma, D. S., Malrianti, Y., Kasim, A., & Syukri, D. (2024). Plastic Composite Boards from Oil Palm Empty Fruit Bunches (OP-EFB) with Variation of Pressing Temperature: Physical and Mechanical Properties. *Journal of Fibers and Polymer Composites*, 3(1), 49–61. <https://doi.org/10.55043/jfpc.v3i1.99>
- Pramono, G. E., Saputro, I. A., Waluyo, R., & Ahmad, A. R. (2022). Pengaruh variasi jenis plastik terhadap sifat fisik dan mekanik Wood plastic composite (WPC). *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(1), 9. <https://doi.org/10.32832/ame.v8i1.6680>
- Prasetyawan, D. (2009). *Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit dari Serbuk Sabut Kelapa (Cocopeat) dengan Plastik Polyethylene*. IPB (Bogor Agricultural University).
- Putra, Y. M. P. (2018, April). *KLHK: Produksi Sampah Nasional 65,8 Juta Ton per Tahun*. Republika.
- Schwartz, M. . (1984). *Composite Materials Handbook*. McGraw-Hill.
- Setyawati, D., Hadi, Y. S., Massijaya, M. Y., & Nugroho, N. (2008). Plastik Polipropilena Daur Ulang Berlapis Anyaman Bambu. *Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(1998), 18–26.
- Sitanggang, J. P., Sucipto, T., & Azhar, I. (2015). Pengaruh Kadar Perekat Urea Formaldehida Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Kayu Gamal (*Gliricidia sepium*). *Peronema Forestry Science Journal*, 1(1), 1–9.
- Waluyo, R., Ahmad, A. R., Pramono, G. E., & Kurniansyah. (2021). Pengembangan Wood Plastic Composite (Wpc) Melalui Pemanfaatan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(11), 1–8.
- Widodo, A. P., Rakhmawati, A., & Arnandha, Y. (2018). Pengaruh Kuat Lentur Papan Wood Plastic Composite Limbah Kayu Sengon dan Plastik Daur Ulang HDPE Terhadap Intensitas Sinar UV. *World of Civil and Environmental Engineering*, 01(1), 9–14. <http://jom.untidar.ac.id/index.php/sipil/index>
- Wolcott, M. P., & Englund, K. (1999). A Technology Review of Wood-Plastic Composites. *33rd International Particleboard/Composite Materials Symposium, Proceedings, January 1999*, 103–111.
- Yaswan, R., Kasim, A., Nazir, N., Malrianti, Y., & Ilyas, R. (2025). The Effect of Comparative Differences in Composition of Oil Palm Empty Fruit Bunches (OP-EFB) and HDPE Plastics: Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composite (WPCs). *Journal of Fibers and Polymer Composites*, 1(2), 148–163.
- Fadhilah, Zalfa. 2024. “Perbedaan Komposisi Berat Total Komponen Program Studi Kehutanan.”