



Sifat Fisis Dan Mekanis Wood Plastic Composite Berbahan Serbuk Kayu Lamtoro Dan Limbah Plastik

Cindy Ayu Lestary^{1*}, Azrul Azwar¹, Asifa Asri¹

¹ Program Studi Fisika, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi Pontianak
78124, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: c.ayulestary@student.untan.ac.id (Cindy Ayu Lestary),
Telp: +62-895-622286786

ABSTRAK

Wood plastic composite (WPC) berbahan serbuk kayu lamtoro dan polipropilena dari limbah gelas plastik telah berhasil dipabrikasi untuk ukuran partikel 6 mesh dan 12 mesh dengan variasi rasio komposisi serbuk kayu terhadap plastik 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, dan 70:40. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa secara umum, sifat fisis dan mekanis sampel WPC tersebut telah memenuhi *Japanese Industrial Standards* (JIS) A 5908-2003. Peningkatan rasio plastik terhadap serbuk kayu akan menyebabkan nilai kerapatan, *modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR), *internal bonding* (IB), dan kuat pegang sekrup cenderung meningkat, namun pengembangan tebal, kadar air, dan daya serap air akan cenderung menurun. Dari sampel WPC yang telah dibuat dan dilakukan pengujian, WPC dengan perbandingan komposisi serbuk kayu lamtoro terhadap polipropilena sebesar 30:70 memiliki kualitas terbaik.

Kata Kunci : Komposit kayu plastik; Kayu lamtoro; Polipropilena; Limbah plastik;



ABSTRACT

Wood plastic composite (WPC) made from lamtoro sawdust and polypropylene of plastic waste was successfully fabricated for two different particle sizes of 6 mesh and 12 mesh with sawdust and plastic composition 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, and 70:30. The characterization results show that the physical and mechanical properties of WPC are generally following the standard specified by Japanese Industrial Standards (JIS) A 5908-2003. Further, with increasing the ratio of plastic to wood, the density, modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, and screw holding strength of composite tend to increase, while the thickness swelling, moisture content, and water absorption tend to decrease. WPC with the ratio of lamtoro sawdust and polypropylene 30:70 exhibits the best quality.

Keywords : Wood plastic composite; Lamtoro wood; Polypropylene; Plastic waste;

1. Pendahuluan

Komposit plastik kayu atau biasa dikenal dengan *wood plastic composite* (WPC) merupakan material komposit dari elemen berbasis kayu seperti partikel kayu, tepung kayu maupun serat kayu yang dikombinasikan dengan material termoplastik di bawah pemanasan dan tekanan tertentu [1]. WPC banyak digunakan pada bidang *furniture* baik interior maupun *outdoor*, serta untuk keperluan infrastruktur, konstruksi, dan otomotif [2]. Keunggulan dari WPC yaitu memiliki daya tahan jangka panjang, fleksibilitas bentuk, hemat biaya, ringan,

dapat didaur ulang, dan ramah lingkungan [3].

Saat ini permintaan produksi kayu semakin tinggi namun ketersediaan bahan baku semakin menurun, sehingga dibutuhkan alternatif bahan baku kayu dengan spesies yang dapat tumbuh cepat untuk mendukung produksi industri kayu [4](Tajaanglaing et al., 2019). Salah satu spesies kayu yang dapat tumbuh dengan cepat adalah kayu lamtoro (*Leucaena leucocephala*) atau dikenal sebagai petai cina [5]. Di beberapa negara seperti Malaysia, Thailand, Hawaii, dan lain sebagainya telah menggunakan batang lamtoro sebagai bahan baku dalam



industri pembuatan papan komposit, namun di Indonesia pohon ini masih jarang digunakan selain buah dan daunnya sebagai obat-obatan dan pakan ternak [6]. Permasalahan sampah plastik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Industri Plastik Indonesia (INAPLAS), Indonesia menduduki peringkat kedua terbesar di dunia setelah Tiongkok sebagai negara penghasil sampah pada tahun 2018. Jumlah sampah plastik yang dihasilkan Indonesia mencapai 64 juta ton setiap tahunnya [7].

Persoalan lingkungan berupa sampah plastik ini dapat diatasi dengan pengelolaan atau daur ulang sampah agar menjadi produk yang bermanfaat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan diantaranya adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai perekat dalam pembuatan WPC [8]. Penelitian ini bertujuan untuk memfabrikasi WPC berbahan serbuk kayu lamtoro dan plastik polipropilena dari limbah gelas air mineral serta menguji pengaruh variasi komposisi dan ukuran partikel pada sifat fisis dan mekanisnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hammermill* untuk mencacah batang kayu lamtoro menjadi serbuk kayu; ayakan ukuran 6 dan 12 mesh untuk menyeleksi ukuran partikel; cetakan papan komposit yang terbuat dari kayu dengan ukuran 30cm × 30cm × 1cm; mesin kempa panas (*hotpress*); oven listrik; *universal testing machine* (UTM); desikator; timbangan analitik; jangka sorong; pelat seng dan pelat besi.

Adapun bahan yang digunakan sebagai *filler* komposit adalah serbuk kayu lamtoro, yang diambil dari batang pohon lamtoro berusia ± 3 tahun dari daerah Pasir Panjang, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Batang lamtoro melalui proses pencacahan dan pengayakan hingga menjadi serbuk. Kemudian dijemur selama 7 hari di bawah sinar matahari dan dipanaskan menggunakan oven listrik selama 24 jam dengan suhu 105°C, hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air pada serbuk kayu.

Adapun bahan yang digunakan sebagai matriks komposit yaitu limbah gelas air mineral 240 ml yang diperoleh dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) daerah Batulayang, Kota Pontianak, Kalimantan

Barat. Gelas plastik yang telah dikumpulkan kemudian dibersihkan dan dikeringkan, lalu dicacah manual menggunakan gunting secara acak.

2.2. Pembuatan Papan Komposit

Serbuk kayu dan plastik PP ditimbang sesuai dengan target kerapatan $0,70 \text{ g/cm}^3$. Massa bahan total yang dibutuhkan untuk membuat satu papan komposit kerapatan \times volume cetakan ($0,70 \text{ g/cm}^3 \times 900 \text{ cm}^3 = 630 \text{ g}$). Adapun perbandingan komposisi serbuk kayu dan plastik PP ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan komposisi serbuk kayu dan plastik PP

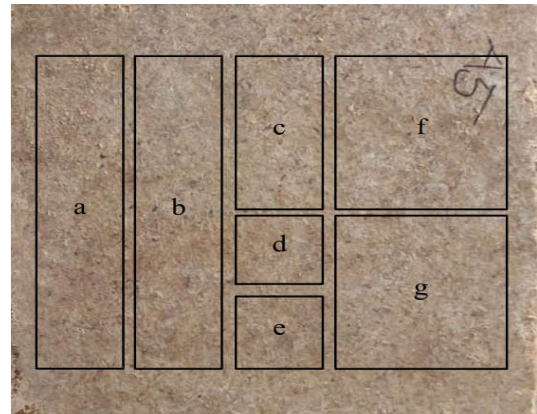
Ukuran Partikel	Variasi Komposisi	Serbuk Kayu (g)	Plastik PP (g)
6&12 mesh	30:70	189	441
	40:60	252	378
	50:50	315	315
	60:40	378	252
	70:30	441	189

Pembuatan papan komposit dimulai dengan menyiapkan cetakan komposit $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}$. Serbuk kayu dicampurkan dengan plastik menggunakan metode *back* 15%, *core* 70%, dan *face* 15% pada cetakan komposit, hal ini bertujuan agar plastik dapat tersebar merata ke seluruh bagian papan komposit. Pengempaan

papan dilakukan dengan suhu 180° C dan tekanan sebesar 25 kgf/cm^2 dalam waktu pengempaan selama 10 menit.

2.3. Pengujian Papan Komposit

Papan komposit dipotong sesuai dengan pola berdasarkan JIS A 5908-2003 seperti pada Gambar 1 [9].



Gambar 1. Pola pemotongan bahan uji papan komposit dengan keterangan; a) $20 \times 5 \times 1 \text{ cm}$, untuk MOE, b) $20 \times 5 \times 1 \text{ cm}$, untuk MOR, c) $10 \times 5 \times 1 \text{ cm}$, untuk kuat pegang sekrup, d) $5 \times 5 \times 1 \text{ cm}$, untuk DSA dan PT, e) $5 \times 5 \times 1 \text{ cm}$, untuk IB, f) $10 \times 10 \times 1 \text{ cm}$, untuk kerapatan, g) $10 \times 10 \times 1 \text{ cm}$, untuk kadar air.

Pengujian sifat fisis WPC antara lain uji kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal. Pada pengujian kerapatan, sampel berukuran $10 \times 10 \times 1 \text{ cm}$ ditimbang massa kering udaranya, kemudian dilakukan pengukuran panjang, lebar, dan tebal bahan uji. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besar volume



sampel. Pada pengujian kadar air, sampel berukuran $10 \times 10 \times 1$ cm ditimbang massa kering udaranya, kemudian dipanaskan menggunakan oven listrik selama 24 jam dengan suhu 105°C . Hal ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung pada sampel WPC. Pada pengujian daya serap air dan pengembangan tebal, sampel berukuran $5 \times 5 \times 1$ cm ditimbang massa kering udaranya dan diukur ketebalan sampel, kemudian dilakukan perendaman ke dalam air selama 24 jam. Selanjutnya massa sampel ditimbang kembali dan diukur ketebalannya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penyerapan air dan bertambahnya ketebalan setelah dilakukan perendaman.

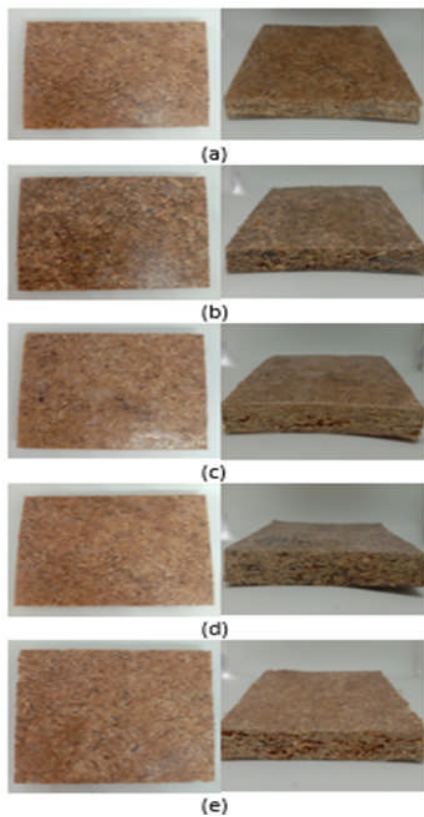
Pengujian sifat mekanis WPC antara lain MOE, MOR, IB, dan kuat pegang sekrup. Pada pengujian MOE dan MOR, sampel berukuran $20 \times 5 \times 1$ cm diletakkan pada jarak sangga di mesin UTM. Kemudian diberikan beban pada sampel hingga mengalami patah, besarnya beban maksimum tercatat pada mesin UTM. Pada pengujian IB, sampel berukuran $5 \times 5 \times 1$ cm direkatkan dengan balok aluminium di mesin UTM. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik hingga kedua permukaan sampel terbelah menjadi dua

bagian. Besar beban maksimum saat pengujian tarik tercatat pada mesin UTM. Pada pengujian kuat pegang sekrup, sampel berukuran $10 \times 5 \times 1$ cm ditancapkan sekrup dengan kedalaman 8 mm. Sampel kemudian ditarik menggunakan mesin UTM hingga sekrup tercabut dari papan, nilai beban maksimum tercatat pada mesin UTM.

3. Hasil dan Pembahasan

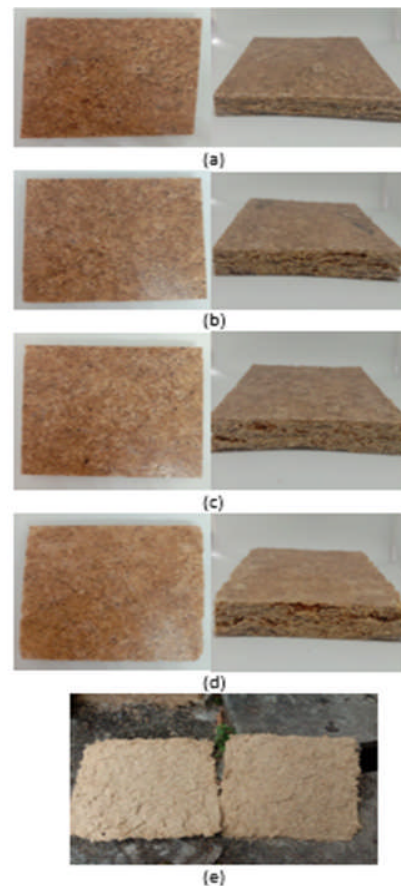
3.1. Hasil Pabrikasi

WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh telah berhasil dibuat dengan 5 variasi komposisi yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pabrikan WPC berukuran $10 \times 10 \times 1$ cm pada *filler* 6 mesh dengan variasi komposisi serbuk dan plastik PP untuk setiap sampel dari tampak atas (kiri) dan tampak samping (kanan); (a) 30:70, (b) 40:60, (c) 50:50, (d) 60:40, (e) 70:30

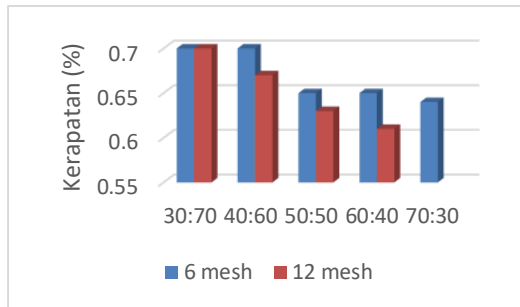
WPC dengan *filler* berukuran 12 mesh juga dibuat dengan 5 variasi komposisi yang berbeda, namun sampel 70:30 (S:P) dikategorikan tidak berhasil karena kedua sisi papan tidak dapat merekat dengan sempurna. Hasil pabrikan papan WPC dengan *filler* 12 mesh ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pabrikan WPC berukuran $10 \times 10 \times 1$ cm pada *filler* 12 mesh dengan variasi komposisi serbuk dan plastik PP untuk setiap sampel dari tampak atas (kiri) dan tampak samping (kanan); (a) 30:70, (b) 40:60, (c) 50:50, (d) 60:40, (e) tidak berhasil pada komposisi 70:30

3.2. Sifat Fisis WPC

a) Kerapatan



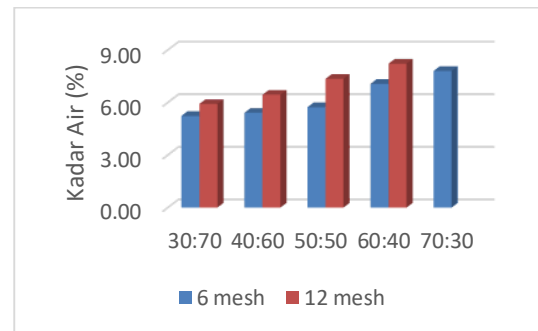
Gambar 4. Kerapatan WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi serbuk kayu dan plastik PP

Berdasarkan Gambar 4, nilai kerapatan yang sesuai dengan target $0,70 \text{ g/cm}^3$ yaitu sampel 30:70 dan 40:60 untuk *filler* 6 mesh, dan sampel 30:70 untuk *filler* 12 mesh. Pada sampel WPC lainnya, nilai kerapatan tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Hal ini diduga dengan adanya plastik PP yang keluar dari cetakan saat proses pengempaan.

Berdasarkan hasil pengujian semua sampel diperoleh nilai kerapatan WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berkisar antara $0,64 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ hingga $0,70 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$, sedangkan *filler* berukuran 12 mesh berkisar antara $0,61 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ hingga $0,70 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$. Dari hasil pengujian kerapatan dapat dinyatakan bahwa semua sampel WPC telah memenuhi JIS A 5908-2003 yang

mensyaratkan nilai standar kerapatan papan komposit berada dalam rentang nilai $0,40\text{-}0,90 \text{ g/cm}^3$.

b) Kadar Air



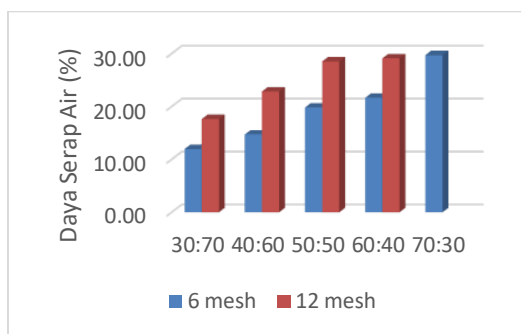
Gambar 5. Kadar air papan WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi serbuk kayu dan plastik PP

Gambar 5 menunjukkan kecenderungan nilai kadar air yang semakin meningkat seiring dengan penambahan serbuk kayu pada komposisi. Nilai kadar air yang terkandung pada WPC dengan *filler* 12 mesh memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan 6 mesh. Disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel penyusun WPC, maka nilai kadar air yang terkandung akan semakin tinggi. Karena WPC yang terbuat dari partikel dengan ukuran lebih kecil memiliki lebih banyak jumlah sebaran partikel dalam volume yang sama jika dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih besar.

Berdasarkan hasil pengujian semua sampel diperoleh nilai kadar air WPC

dengan *filler* berukuran 6 mesh berkisar antara $5,23 \pm 0,51\%$ hingga $7,80 \pm 0,19\%$, sedangkan untuk *filler* 12 mesh berkisar antara $5,92 \pm 0,18\%$ hingga $8,22 \pm 0,15\%$. Dari hasil pengujian kadar air dapat dinyatakan bahwa semua sampel WPC telah memenuhi JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai standar kadar air papan komposit berada dalam rentang nilai 5-13%.

c) Daya Serap Air



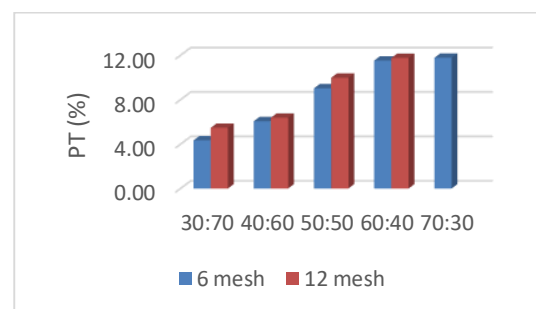
Gambar 6. Nilai daya serap air WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi komposisi serbuk kayu dan plastik PP

Gambar 6 menunjukkan kecenderungan nilai daya serap air yang semakin meningkat seiring dengan rasio penambahan serbuk kayu lamtoro. Sebaliknya semakin tinggi rasio plastik PP, maka nilai daya serap air akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan serbuk kayu memiliki kandungan

ligniselulosa yang bersifat higroskopis yaitu dapat menyerap air.

Berdasarkan hasil pengujian semua sampel diperoleh nilai daya serap air WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berkisar antara $11,96 \pm 1,75\%$ hingga $29,73 \pm 4,62\%$, sedangkan WPC dengan *filler* berukuran 12 mesh berkisar antara $17,63 \pm 2,57\%$ hingga $29,10 \pm 3,13\%$. Nilai daya serap air menunjukkan seberapa besar kemampuan papan WPC dalam menyerap air. Meskipun nilai daya serap air tidak terdapat pada standar JIS A 5908-2003, namun pengujian ini tetap dilakukan untuk mengetahui ketahanan WPC dalam menyerap air sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam penggunaan interior maupun eksterior.

d) Pengembangan Tebal



Gambar 7. Nilai pengembangan tebal WPC 6 mesh dan 12 terhadap variasi komposisi serbuk kayu dan plastik PP

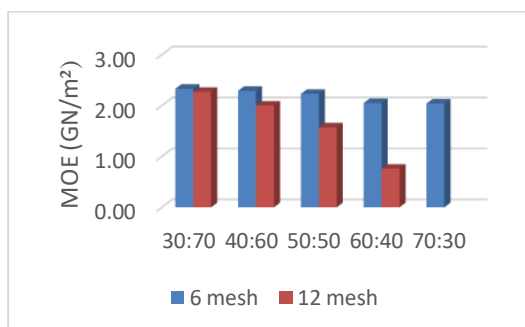
Gambar 7 menunjukkan nilai pengembangan tebal meningkat seiring

dengan besarnya rasio serbuk kayu. Hal ini berkorelasi dengan nilai daya serap air, yaitu semakin tinggi kemampuan untuk menyerap air maka nilai pengembangan tebalnya juga akan semakin meningkat. Sebaliknya, semakin besar rasio plastik PP maka pengembangan tebal akan semakin rendah. Karena plastik PP memiliki sifat hidrofobik yang dapat menahan air, sehingga WPC tidak mudah menyerap air dari lingkungan [10].

Berdasarkan hasil dari pengujian nilai pengembangan tebal WPC dengan *filler* 6 mesh berkisar antara $4,33 \pm 0,44\%$ hingga $11,77 \pm 0,70\%$, sedangkan *filler* 12 mesh berkisar antara $5,46 \pm 0,48\%$ hingga $11,76 \pm 1,30\%$. Maka keseluruhan sampel WPC telah memenuhi nilai standar pengembangan tebal maksimal 12% oleh JIS A 5903-2003.

3.3. Sifat Mekanis WPC

a) *Modulus of Elasticity* (MOE)



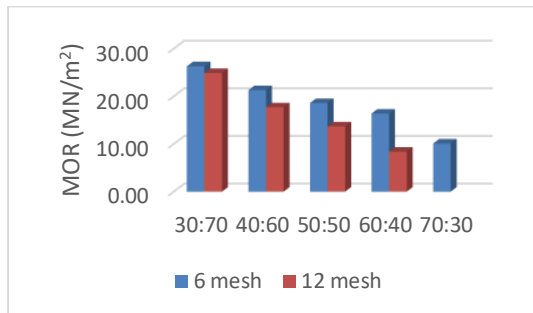
Gambar 8. Nilai MOE papan WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi

komposisi serbuk kayu dan plastik PP

Gambar 8 menunjukkan kecenderungan nilai MOE yang semakin menurun seiring dengan berkurangnya rasio plastik PP. Hal ini dikarenakan plastik sebagai perekat memiliki pengaruh yang baik terhadap kekuatan lentur yang dimiliki oleh WPC. Plastik berfungsi sebagai matriks untuk mengikat *filler*, sehingga semakin besar jumlah matriks yang digunakan maka akan semakin besar pula kemampuan matriks tersebut untuk mengikat *filler*.

Berdasarkan hasil pengujian nilai MOE WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berkisar antara $2,04 \pm 0,15$ GN/m² hingga $2,33 \pm 0,38$ GN/m², sedangkan WPC dengan *filler* 12 mesh berkisar antara $0,76 \pm 0,01$ GN/m² hingga $2,27 \pm 0,35$ GN/m². Standar JIS A 5908-2003 menetapkan nilai minimum MOE papan komposit sebesar 2 GN/m², maka dari hasil pengujian seluruh sampel WPC 6 mesh telah memenuhi standar, sedangkan sampel WPC 12 mesh yang memenuhi standar hanya pada komposisi 30:70 (S:P) dan 40:60 (S:P) untuk perbandingan serbuk kayu dan plastik PP.

b) *Modulus of Rupture* (MOR)

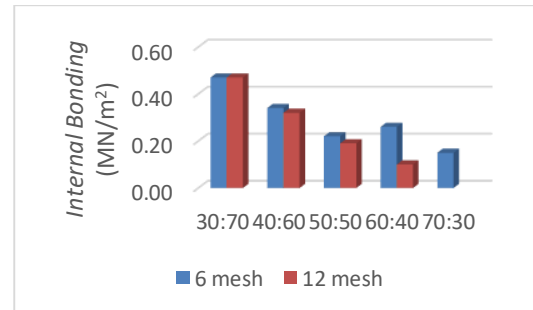


Gambar 9. Nilai MOR papan WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi komposisi serbuk kayu dan plastik PP

Gambar 9 menunjukkan kecenderungan nilai MOR yang menurun seiring dengan berkurangnya rasio plastik PP, baik pada WPC dengan *filler* 6 mesh maupun 12 mesh. Disimpulkan bahwa semakin besar rasio plastik PP, maka akan meningkatkan nilai MOR pada WPC, karena sifat dari plastik PP yaitu sebagai perekat yang berfungsi untuk mengikat seluruh partikel dalam komponen WPC sehingga menyebabkan papan menjadi lebih kuat.

Secara keseluruhan nilai MOR pada sampel WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berada dalam rentang $10,1 \pm 1,9$ MN/m² hingga $26,3 \pm 3,7$ MN/m², sedangkan sampel WPC dengan *filler* berukuran 12 mesh berada dalam rentang $8,4 \pm 2,7$ MN/m² hingga $24,9 \pm 5,7$ MN/m². Hasil ini telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang menetapkan nilai MOR minimum sebesar 8 MN/m².

c) Internal Bonding (IB)

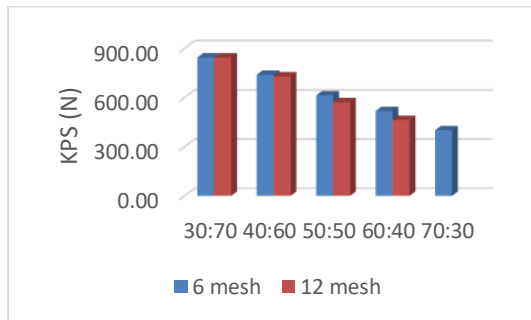


Gambar 10. Nilai IB WPC 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi komposisi serbuk kayu dan plastik PP

Berdasarkan Gambar 10, terdapat kecenderungan yang menunjukkan nilai IB menurun seiring dengan berkurangnya rasio plastik. Plastik berfungsi sebagai matriks untuk mengikat *filler*, sehingga semakin banyak jumlah matriks yang digunakan akan menyebabkan ikatan antar penyusun WPC semakin kuat.

Secara keseluruhan nilai IB papan WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berada dalam rentang $0,15 \pm 0,01$ MN/m² hingga $0,47 \pm 0,03$ MN/m². Nilai IB papan WPC dengan *filler* berukuran 12 mesh berada dalam rentang $0,1 \pm 0,01$ MN/m² hingga $0,47 \pm 0,03$ MN/m². Secara umum nilai tersebut telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang menetapkan nilai IB minimum sebesar 0,15 MN/m², kecuali sampel 60:40 (S:P) pada WPC 12 mesh.

d) Kuat Pegang Sekrup



Gambar 11. Nilai kuat pegang sekrup WPC 6 mesh dan 12 mesh berdasarkan variasi komposisi serbuk kayu dan plastik PP

Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin besar rasio serbuk kayu, maka nilai kuat pegang sekrup semakin rendah. Sebaliknya semakin besar rasio plastik PP, maka nilai kuat pegang sekrup juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh plastik yang berfungsi sebagai perekat berperan untuk memberikan kekuatan pada papan WPC ketika diberi perlakuan.

Secara keseluruhan nilai kuat pegang sekrup WPC dengan *filler* berukuran 6 mesh berada dalam rentang 400 ± 7 N hingga 844 ± 7 N, sedangkan nilai kuat pegang sekrup WPC dengan *filler* 12 mesh berada dalam rentang 463 ± 4 N hingga 844 ± 4 N. Nilai kuat pegang sekrup WPC telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai minimum kuat pegang sekrup sebesar 304 N.

4. Simpulan

WPC berbahan serbuk kayu lamtoro dan limbah plastik PP berdasarkan variasi ukuran partikel 6 mesh dan 12 mesh terhadap variasi komposisi telah berhasil dipabrikasi dan secara umum telah memenuhi standar JIS A 5908-2003. Sampel 70:30 (S:P) WPC dengan *filler* 12 mesh tidak berhasil dipabrikasi, karena ukuran *filler* yang jauh lebih kecil menyebabkan matriks tidak dapat mengikat *filler* dengan baik di bawah rasio 40%.

Selain pengujian sifat fisis dan mekanis, diperlukan adanya pengujian lain seperti pengujian *indoor* maupun *outdoor* dan ketahanan terhadap serangga agar penggunaan papan WPC dari kayu lamtoro dapat bersaing dengan WPC jenis lainnya.

5. Referensi

- [1] Gardner, D. J., Han, Y., & Wang, L. (2015). Wood-Plastic Composite Technology. *Current Forestry Reports*, 1(3), 139–150.
- [2] Jamili, F., Mirjalili, M., & Zamani, H. A. (2019). Antibacterial Wood-Plastic Composite Produced From Treated and Natural Dyed Wood Fibers. *Polymers and Polymer Composites*, 27(6), 347–355.



- [3] Ratanawilai, T., & Taneerat, K. (2018). Alternative Polymeric Matrices for Wood-Plastic Composites: Effects on Mechanical Properties and Resistance to Natural Weathering. *Construction and Building Materials*, 172, 349–357.
- [4] Tajaanglaing, A. R. C., Yani, A., & Yusro, F. (2019). *Alfonsus Rodriquez Caesario Tajaanglaing, Ahmad Yani, Fathul Yusro*. 7, 956–972.
- [5] Sa'ad, M. F., Yunus, N. Y., Rahman, H. A., & Rahman, W. M. N. W. A. (2019). Leucaena Particleboard: A Commercial Trial. *BioResources*, 14(2), 3506–3511.
- [6] Rivai, H. (2021). *Petai Cina (Leucaena leucocephala): Penggunaan Tradisional, Fitokimia, dan Aktivitas Farmakologi* (Issue February). DEEPUBLISH.
- [7] Kholidah, N., Faizal, M., & Said, M. (2019). Polystyrene Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst. *Science and Technology Indonesia*, 3(1), 1–6.
- [8] Setiawan, A., Azwar, A., & Nurhanisa, M. (2020). Komposit Plastik Kayu Berbahan Polipropilena dari Limbah Gelas Air Mineral dan Pelepah Kelapa. *Prisma Fisika*, 8(2), 122.
- [9] Yukichi, F. (2003). *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908-2003* (First Engl). Japanese Standards Association.
- [10] Rita, R., Setyawati, D., & Usman, F. H. (2015). Sifat Fisik dan Mekanik Papan Komposit dari Batang Singkong dan Limbah Plastik Berdasarkan Pelapisan dan Komposisi Bahan Baku. *Jurnal Hutan Lestari*, 3, 337–346.