Komposit Plastik Kayu Berbahan Polipropilena dari Limbah Gelas Air Mineral dan Pelepah Kelapa

Agus Setiawan, Azrul Azwar, Mega Nurhanisa*

Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak

*Email : meganurhanisa@physics.untan.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini, komposit plastik kayu berbahan polipropilena dari limbah gelas air mineral dan pelepah kelapa telah berhasil difabrikasi. Metode penelitian dengan memvariasikan komposisi dari kedua bahan tersebut terhadap sifat fisik dan mekanik komposit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa secara umum telah dihasilkan papan komposit yang memenuhi *Japan Industrial Standards* (JIS) A 5908-2003. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap 4 sampel yang telah dibuat, sifat fisis dan mekanis komposit sangat dipengaruhi oleh variasi komposisi plastik dan pelepah kelapa. Semakin besar komposisi plastik, nilai densitas, *internal bonding* (IB), dan kuat pegang sekrup cenderung meningkat. Sebaliknya, kadar air, pengembangan tebal, dan daya serap air cenderung menurun seiring dengan penambahan komposisi plastik. Selain itu, hasil pengukuran nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) yang menunjukkan adanya indikasi bahwa kedua besaran tersebut memiliki nilai maksimum untuk komposisi plastik dan pelepah kelapa 1:2.

Kata Kunci: komposit, plastik, pelepah kelapa, polipropilena.

1. Latar Belakang

Komposit plastik kayu atau sering dikenal sebagai WPC (*Wood Plastic Composite*) merupakan salah satu material komposit generasi baru yang terbuat dari tepung kayu, partikel kayu atau serat kayu yang dicampur dengan material termoplastik melalui proses pengempaan dan pemanasan[1]. Di negara-negara maju, penggunaan WPC untuk keperluan konstruksi sebagai pengganti kayu semakin populer. Pada tahun 2011, estimasi perbandingan antara penggunaan kayu dan WPC di Amerika Serikat mencapai 66%:30% (4% sisanya adalah material pengganti kayu yang lain[2]. Tingginya minat penggunaan WPC ini didasari oleh beberapa keunggulannya yang ditawarkan oleh WPC. Dapat digunakan dalam jangka waktu lama, ringan, harga yang bersaing, dapat memiliki bentuk yang fleksibel serta ramah lingkungan[3]. Keunggulan lain yang menarik dari WPC ini adalah dapat difabrikasi dari limbah biomassa seperti serbuk gergaji, ampas tebu, sekam padi dan lain sebagainya[1]. Hal ini tentu membuka peluang untuk memanfaatkan limbah biomassa menjadi produk-produk inovatif yang ekonomis. Meskipun perlu ditegaskan bahwa sifat fisis dan mekanis dari WPC yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis dan kualitas bahan bakunya. Saat ini, WPC telah digunakan di bidang konstruksi, infrastruktur serta dalam industri otomotif[4]. Sampah plastik masih menjadi salah satu persoalan lingkungan bagi bangsa Indonesia. Pada tahun 2018, Indonesia tercatat sebagai negara penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah negara Tiongkok. Jumlah sampah plastik yang dihasilkan di

Indonesia mencapai 64 juta ton pertahunnya[5]. Masalah lingkungan lain yang dihadapi oleh Indonesia adalah penurunan luas areal hutan secara drastis akibat tingginya kebutuhan kayu. *World Resources Institute* Indonesia pada tahun 2018 telah memperkirakan besarnya pengurangan luas hutan Indonesia dalam rentang waktu 2001-2017 berkisar antara 40.000 ha hingga 250.000 ha setiap tahunnya[6]. Oleh karena itu diperlukan material alternatif pengganti kayu untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dua persoalan lingkungan yang dikemukakan di atas menjadi alasan kuat untuk mengembangkan WPC dengan memanfaatkan limbah plastik dan limbah kayu sehingga menjadi solusi integratif terhadap permasalahan ini.

Salah satu limbah kayu yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan WPC adalah limbah biomassa dari tanaman kelapa (*Cocos nucifera*). Tanaman ini telah lama dikenal sebagai tanaman tropis yang memiliki banyak manfaat. Indonesia merupakan negara produsen kelapa terbesar di dunia. Berdasarkan statistik tahun 2017, luas kebun kelapa di Indonesia mencapai 3.544.393 ha, khusus di Kalimantan Barat sekitar 106.514 ha[7]. Dengan areal perkebunan yang sangat luas ini menghasilkan limbah pelepah kelapa yang sangat banyak dan belum termanfaatkan dengan baik. Hal ini tentu menjadi potensi besar dalam pengembangan WPC berbahan pelepah kelapa. Sebelumnya telah dilakukan penelitian pembuatan papan partikel menggunakan sekam padi oleh Fauziah (2015), dengan perbandingan sekam kasar dan halus 60:40, dari hasil penelitian tersebut didapatkan sifat fisik dari papan partikel telah memenuhi

standar JIS sedangkan sifat mekaniknya tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan dalam JIS A5908-2003[8]. Dalam penelitian ini dikaji tentang pemanfaatan limbah plastik polipropilena dari gelas air mineral bekas dan limbah pelepah kelapa serta menguji pengaruh komposisi pada sifat fisis dan mekanisnya sehingga diperoleh WPC yang sesuai standar.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah parang, gunting, gergaji, neraca digital, cetakan dimensi (30 × 30) cm, mikrometer sekrup, jangka sorong, desikator, *furnace*, *Universal Testing Machine*, dan mesin kempa panas. Bahan yang digunakan pelepah kelapa dan plastik polypropilena (PP).

2.2. Persiapan bahan baku

Persiapan fabrikasi diawali dengan persiapan bahan utama berupa pelepah kelapa tua yang telah jatuh dari pohonnya. Pelepah kemudian dibuang bilah-bilah daunnya hingga bersih dengan menggunakan parang. Pelepah kemudian dipotong dengan ukuran panjang kurang lebih 10-50 cm menggunakan gergaji. Kemudian potongan tersebut dibelah dan dicacah manual dengan dimensi sekitar 2-3 cm. Pelepah kelapa dijemur hingga kadar airnya berkurang agar merekat sempurna ketika proses perekatan atau pengempaan. Persiapan bahan lanjutan yaitu dengan pengumpulan plastik PP yang berasal dari gelas air mineral bekas dengan ukuran volume 240 ml. Gelas plastik bekas selanjutnya dibuang bagian tutupnya lalu dicuci, dibersihkan dan dikeringkan untuk menghilangkan noda-noda pada gelas plastik. Gelas plastik bersih dan kering dicacah menggunakan gunting dengan bentuk acak dengan luasan sekitar 2-5 cm².

2.3. Pembuatan papan WPC

Partikel pelepah kelapa yang digunakan pada penelitian ini berukuran panjang ± 3 cm, lebar 0,2-0,3 cm dan tebal 0,05-0,1 cm. Kemudian disiapkan plastik bekas gelas mineral yang telah dicacah dan dijemur hingga kering. Partikel pelepah kelapa dan plastik ditimbang sesuai dengan perhitungan target kerapatan yaitu 0,8 g/cm³, sehingga massa bahan total yang dibutuhkan ialah kerapatan × volume cetakan (0,8 g/cm³ × 900 cm³ = 720 g). Jumlah perbandingan plastik dan cacahan pelepah kelapa pada setiap sampelnya A = 2:6, sampel B = 2:5, sampel C = 2:4, dan sampel D = 2:3. Bahan-bahan yang telah dicampurkan dimasukkan

dalam cetakan yang berukuran 30 cm × 30 cm × 1 cm yang telah diberi alas plat besi untuk mengkondisikan ukuran ketebalan yang diinginkan sebesar 1 cm.

2.4. Pengujian papan WPC

Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan proses pengkondisian selama 2 minggu, agar partikel kering secara maksimal. Setelah itu papan WPC dipotong untuk dibuat contoh uji[9]. Proses pembuatan sampel uji didasarkan pada JIS A 5908-2003 dengan dimensi seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Pola pemotongan contoh uji papan partikel (tampak atas)

2.5. Analisis Hasil

Analisis data dilakukan sesuai dengan Standar uji sifat fisik dan mekanik papan partikel JIS A 5908-2003 yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar uji fisik dan mekanik didasarkan JIS A 5908-2003.

Sifat Fisis dan Mekanis	Standar JIS A 5908:2003
Kerapatan	0,4-0,9 g/cm ³
Kadar Air	5-13 %
Pengembangan Tebal	Maks. 12 %
Daya Serap Air	-
MOR	Min. 80 kgf/cm ²
MOE	Min. 2 x 10 ⁴ kgf/cm ²
Internal Bond	Min. 15 kgf/cm ²
KuatPegang Sekrup	Min. 31 kgf

3. Hasil dan Pembahasan

a. Densitas

Gambar 2. Kerapatan (densitas) papan WPC

Nilai rata-rata kerapatan WPC terhadap komposisi plastik dan pelepah kelapa ditunjukkan dalam Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan adanya indikasi dan kecenderungan bahwa nilai kerapatan akan semakin meningkat seiring dengan semakin banyak jumlah plastik dalam sampel komposit plastik-pelepah kelapa. Diketahui kerapatan plastik PP lebih besar dari kerapatan pelepah kelapa kering, sehingga semakin banyak jumlah plastik dalam sampel maka semakin tinggi kerapatan sampel tersebut. Nilai rata-rata kerapatan WPC dalam penelitian ini berkisar antara $0,53 \text{ g/cm}^3$ hingga $0,71 \text{ g/cm}^3$.

Tampak dalam Gambar 2, sampel C dengan komposisi plastik-kayu 2:4 memiliki kerapatan tertinggi dengan nilai sebesar $0,66 \text{ g/cm}^3$. Nilai tersebut tidak dapat dipastikan sebagai nilai densitas tertinggi, karena apabila ketidakpastian dalam pengukuran ikut dipertimbangkan maka nilai kerapatan sampel B, C dan D terlihat dapat saling tumpang tindih (*overlap*). Meskipun demikian, kesimpulan yang dapat diperoleh dari semua sampel WPC yang telah dibuat telah memenuhi dari JIS A 5909-2003 yang mensyaratkan bahwa kerapatannya harus berada dalam rentang nilai $0,4\text{--}0,9 \text{ g/cm}^3$.

b. Kadar air

Gambar 3. Nilai kadar air WPC untuk berbagai variasi komposisi.

Nilai rata-rata kadar air untuk hasil pengujian terhadap semua sampel WPC yang telah dibuat ditampilkan dalam Gambar 3. Berdasarkan Gambar tersebut terlihat bahwa kadar air sampel WPC ini cenderung menurun. Hasil ini tentu dapat dipahami karena plastik bersifat tidak menyerap air. Jika semakin banyak jumlah plastik yang digunakan maka kadar airnya semakin menurun. Sampel A memiliki nilai kadar air tertinggi sedangkan sampel C dengan komposisi plastik-pelepah kelapa 2:4 memiliki nilai kadar air terendah. Nilai ini belum bisa dipastikan sebagai nilai minimum, karena ketidakpastian pengukuran. Nilai kadar air sampel B, C, dan D berada dalam rentang yang saling tumpang tindih. Dengan melakukan analisis ketidakpastian dalam pengukuran diperoleh bahwa nilai kadar air dari sampel WPC yang telah dibuat berada dalam rentang $7,3\% - 10,8\%$. Hasil ini telah sesuai dengan JIS A 5908-2003 yang menetapkan bahwa nilai optimum untuk kadar air adalah $5\% - 13\%$.

c. Daya serap air

Gambar 4. Kebergantungan daya serap air pada variasi komposisi.

Hasil pengujian kebergantungan daya serap air dari WPC pada komposisi sampel diberikan dalam Gambar 4. Dari Gambar tersebut secara umum terlihat bahwa daya serap air WPC plastik-pelepah kelapa memiliki kecenderungan untuk menurun seiring dengan meningkatnya massa plastik yang digunakan dalam WPC. Dalam eksperimen ini, penurunan tersebut tampak tidak monoton karena nilai rata-rata daya serap air sampel C lebih besar dari sampel B, padahal massa plastik di sampel B lebih kecil dari pada massa plastik yang ada di sampel C. Terlihat bahwa daya serap air akan menurun seiring dengan penambahan massa plastik dapat diterima. Hal ini tentu dapat dipahami mengingat bahwa air dalam WPC terikat pada pori-pori pelepah kelapa. Jika komposisi pelepah kelapa berkurang akibat meningkatnya massa plastik

yang digunakan dalam pembuatan WPC maka semakin sedikit pula pori-pori yang dapat mengikat air.

d. Pengembangan tebal

Hasil pengujian pengembangan tebal seluruh sampel WPC menunjukkan adanya variasi nilai pengembangan tebal terhadap perubahan komposisi, namun belum ditemukan model kebergantungan konsisten dari dua variabel ini. Nilai rata-rata uji pengembangan tebal pada papan partikel ini berkisar 9% hingga 14%. Nilai rata-rata pengembangan tebal tertinggi dimiliki oleh sampel C dengan perbandingan plastik dan pelepah kelapa 2:4 yaitu 14 % dan nilai rata-rata pengembangan tebal terendah dimiliki oleh sampel D dengan komposisi plastik dan pelepah kelapa 2:3 yaitu 9 % seperti yang terlihat dalam grafik pada Gambar 5.

Gambar 5. Nilai pengembangan tebal terhadap variasi komposisi.

Terlihat dari Gambar 5., nilai rata-rata untuk sampel A 13 %, sampel B 10 %, sampel C 14% dan sampel D 9 %. Berdasarkan standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan maksimal pengembangan 12% maka dua sampel tidak memenuhi standar yaitu sampel A dan C. Dua sampel memenuhi standar yaitu sampel B dan sampel D.

e. Modulus Of Elasticity

Hasil pengujian modulus elastis (MOE) terhadap semua sampel WPC plastik-pelepah kelapa untuk berbagai variasi komposisi diberikan dalam Gambar 6. Terlihat bahwa terdapat indikasi kuat yang menunjukkan adanya komposisi plastik-pelepah kelapa yang menghasilkan WPC dengan nilai MOE maksimum sehingga diperlukan pengujian lebih teliti untuk menguatkan kesimpulan ini. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sampel C dengan komposisi plastik-pelepah kelapa sebesar 2:4 menghasilkan WPC dengan nilai MOE terbesar

dengan nilai $(8 \pm 1) \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$. Secara umum nilai MOE dari seluruh sampel WPC yang telah dibuat berada dalam rentang $4,4 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ hingga $9,0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$. Semua nilai ini telah sesuai dengan standar JIS A 5809-2003 menetapkan minimal nilai MOE dari papan partikel sebesar $2,0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$.

Gambar 6. Kebergantungan nilai MOE pada komposisi sampel

f. Modulus of Rupture

Gambar 7. Kebergantungan nilai MOR pada variasi komposisi

Hasil pengujian terhadap nilai MOR dari WPC yang telah dibuat disajikan dalam Gambar 7. Berdasarkan Gambar tersebut terlihat adanya indikasi bahwa terdapat komposisi plastik-pelepah kelapa yang menghasilkan WPC dengan nilai MOR maksimum. Kesimpulan ini tentu perlu didukung oleh data eksperimen yang lebih teliti. Dalam percobaan ini, sampel C dengan komposisi plastik-pelepah kelapa 2:4 memiliki nilai MOR terbesar. Secara keseluruhan nilai MOR yang didapatkan dari eksperimen ini berkisar antara 108 kgf/cm^2 sampai 182 kgf/cm^2 . Hasil ini telah memenuhi standar JIS A5809-2003 yang

menetapkan bahwa nilai MOR minimal ialah 80 kgf/cm².

g. Internal bonding

Hasil pengujian *internal bonding* (IB) disajikan dalam Gambar 8. Tampak bahwa nilai IB cenderung untuk naik apabila jumlah massa plastik yang digunakan semakin besar, meskipun hal ini tidak terjadi untuk sampel C yang menunjukkan sedikit penyimpangan. Peningkatan nilai IB ini dapat terjadi karena sifat plastik yang berperan sebagai perekat. Semakin banyak perekat yang digunakan maka ikatan antar penyusun WPC cenderung akan menjadi semakin baik sehingga nilai IB nya meningkat. Akan tetapi, jumlah perekat bukan merupakan satu-satunya faktor penentu nilai IB, karena nilai tersebut pada hakikatnya merupakan akumulasi dari kekuatan perekat dan susunan partikel. Hal ini diduga menjadi penyebab terjadinya penyimpangan pada sampel C. Merujuk pada nilai standar JIS A 5809-2003 yang mensyaratkan nilai IB minimal sebesar 15 kgf/cm² dapat disimpulkan bahwa WPC yang berhasil dibuat dalam penelitian ini telah memenuhi standar.

Gambar 8. Kebergantungan nilai *internal bonding* (IB)

h. Kuat pegang sekrup

Nilai rata-rata kuat pegang sekrup WPC yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 9. Terlihat bahwa nilai kuat pegang sekrup cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah plastik yang digunakan dalam WPC, meskipun tampak ada penyimpangan kecil untuk sampel B. Penyimpangan ini diduga terkait dengan ketidakpastian pengukuran. Peningkatan nilai kuat pegang sekrup ini mengindikasikan bahwa plastik dapat berperan secara efektif sebagai perekat pada WPC. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan

bahwa nilai minimum kuat pegang sekrup minimal sebesar 31 kgf maka dapat disimpulkan bahwa WPC yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar tersebut.

Gambar 9. Nilai rata-rata kuat pegang sekrup untuk berbagai komposisi

4. Kesimpulan

Nilai kerapatan, kadar air, daya serap air, Pengembangan tebal, MOE, MOR, *internal bonding* dan kuat pegang sekrup semua sampel telah memenuhi Japan Industrial Standar (JIS). Sampel terbaik dimiliki oleh sampel C dengan komposisi 2:4.

Daftar Pustaka

- [1] Delviawan, A., Suzuki, S., Kojima, Y., & Kobori, H, The Influence of Filler Characteristics on The Physical And Mechanical Properties Of Wood Plastic Composite (S), *Journal of Agricultural Science*, 7, 1-9, 2019.
- [2] Kloyosov, A., *Wood - Plastic Composite*. Willey- interscience, 2007.
- [3] Ratnawilai, T., Taneerat, K., Alternative polymeric for wood-plastic composites: effect on mechanical properties and resistance to natural weathering, *Journal Elsevier*, 172, 349-357, 2018.
- [4] Jamili, F., Mirjalili, M., & Zamani, H. A. *Antibacterial Wood-plastic Composite Produced from Treated and Natural dyed wood fibers*. Journal of sagepub, 27(6), 347-355. 2019.
- [5] BPS, *Statistik Produksi Kehutanan 2015*, Jakarta, 2016.
- [6] World Resources Institute, Deforestation Indonesia, <https://wriindonesia.org/id/blog/deforestasi-indonesia-turun-drastis-hingga-60-persen-di-2017-namun-masih-banyak-yang-bisa-kita>. 2018.
- [7] Direktorat Jendral Perkebunan, Statistik Perkebunan Indonesia, 2015-2017, <http://ditjenbun.pertanian.go.id>, 2018.

- [8] Fauziah, Wahyuni D., Lapanporo B. P., Analisis sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel berbahan dasar Sekam Padi. *Jurnal Positron*, Volume. IV, 2, 60-63. 2014.
- [9] Eko S., *Sifat Fisik dan Mekanik Oriented Strand Board Dari Api-Api Putih (Avicenniamarina) dan Bambu Ampel (Barbusa Vulgaris)*, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, 2018. (Skripsi)