

INOVASI TEKNOLOGI MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN DALAM MENDUKUNG PERKEMBANGAN INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI KERETA API

Willy Artha Wirawan^{1,*}, Akbar Zulkarnain¹, dan Fadli Rozaq¹

¹) Program Studi Teknik Mekanika Perkeretaapian, Akademi Perkeretaapian Indonesia, Jalan Tirta Raya I, Nambangan Lor, Mangu Harjo, Sambirejo, Jiwan, Madiun, Indonesia

Abstract

The development of infrastructure to support railway facilities requires innovation in materials that are lightweight, strong and environmentally safe. The biocomposite is one of the innovations in engineering technology of new materials made of natural fibers. In this study, the development of environmentally safe materials (biocomposite) was made by using bark fibers of waru trees. The waru bark fibers were analyzed by varying the compositions of treatment: 0% chemicals, 6% of NaOH, and 0.75% of silane. Afterwards, the waru bark fibers were formed using the vacuum infusion method by applying a polyester matrix. In this study, several analyses had been conducted on fiber composition, SEM, and fracture area. The results showed that the treatment of the structure of alkali-silane fibers (the content of lignin, cellulose, and hemicellulose), made the performance of materials better which had been proven by the decreased fracture area of 250.777 mm². The waru bark fiber biocomposite materials can be applied as an innovation in developing fiber replacement materials to support railway interior facilities that are cheaper and environmentally safe.

Key Words: *biocomposite, environmentally safe, material innovation.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat ini menjadikan sebuah tantangan dalam menciptakan material baru yang lebih ramah lingkungan salah satunya dalam bidang manufaktur perkeretaapian. Biokomposit merupakan salah satu inovasi dalam menciptakan material yang ramah lingkungan karena menggunakan bahan serat natural (*natural fiber reinforced*) namun bukan berarti meninggalkan komposit yang menggunakan bahan sintesis secara keseluruhan.

Biokomposit sangat cocok dan berpotensi dikembangkan di negara Indonesia hal ini didukung dengan jumlah serat alam yang melimpah serta sebagai isu dalam mendukung pemanfaatan serat alam sebagai material baru. Material yang dihasilkan dari bahan serat alam ini memiliki perbandingan kekuatan dengan densitas yang lebih tinggi sehingga lebih ringan. (Nishino, 2004)

Berbagai serat berbasis natural sebagai bahan *reinforcement* biokomposit telah banyak dikembangkan antara lain penggunaan serat knaf, serat rami, serat nanas dan serat sisal. Namun dari beberapa penggunaan serat tersebut masih mempunyai nilai kekuatan tarik yang sangat rendah. (Xue & Canada, 2007)

Kehandalan serat natural telah diteliti oleh Wirawan & Widodo (2018). Pada penelitiannya dapat ditemukan bahwa kekuatan tarik tunggal dengan menggunakan serat kulit waru yang telah dilakukan proses alkali silane mempunyai kekuatan tarik yang hampir menyerupai kekuatan serat karbon yaitu sebesar 207,30 Mpa sehingga memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai salah satu penunjang material baru pada infrastruktur perkeretaapian (Wirawan & Widodo, 2018)



Gambar 1. Serat kulit waru

Tanaman waru mempunyai nama latin *Hibiscus tiliaceus* adalah jenis tanaman yang banyak ditemukan di Indonesia. Pohon waru sering digunakan dan dimanfaatkan masyarakat dalam pembuatan kapal laut, roda pedati serta bahan bangunan karena mempunyai beberapa sifat antara lain kuat dan liat. Dari kulit pohon waru biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pembuatan tali atau disebut lulup dan bahan kerajinan anyaman. (Anonim, 2014)

Biokomposit secara umum terdiri bahan serat alam dan matrik sintetis yang memiliki sifat berbeda. Pada perbedaan ini menyebabkan beberapa pengaruh terhadap material komposit yang telah dibuat. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang tinggi pada komposit berbasis natural fiber dapat dilakukan proses rekayasa secara kimiawi guna meningkatkan ikatan matrik dan fiber.

Penggunaan kulit waru sebagai biokomposit juga diteliti oleh Nurdin, dkk (2011). dengan melakukan alkali treatment menggunakan larutan NaOH 5% selama 120 menit dapat meningkatkan kekuatan tarik dan bending pada biokomposit yang telah dibuat.

Selanjutnya, Arif, Achmad, & Winarno (2011) juga melakukan penelitian biokomposit kulit waru dengan variasi 3 layer yang ditambahkan 5% gliserol mempunyai sifat mekanik yang tinggi sebesar 50,58 Mpa. Pengamatan dari patahan dapat menunjukkan adanya ikatan yang cukup baik akibat penambahan gliserol.

Selain perlakuan alkali menggunakan NaOH serta penambahan gliserol, penambahan silane coupling agent dapat dilakukan untuk meningkatkan adhesi antara *interface* serat dengan matrik yang dapat mengubah serat menjadi *hydropobic* dan memberikan dampak yang signifikan terhadap kekuatan tarik biokomposit. (Wirawan, Setyabudi, Widodo, & Choiron, 2017).

Uraian tersebut menunjukkan bahwa serat kulit waru sangat mempunyai potensi yang sangat banyak jika dikembangkan sebagai bahan material salah satunya sebagai produk interior kereta api yang ramah lingkungan jika dibandingkan dengan serat sintetis.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan membuat biokomposit menggunakan serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) menggunakan matrik polyester. Untuk mengetahui morfologi dari serat kulit waru dilakukan pengujian komposisi (lignin, selulosa, hemiselulosa) dan pengamatan SEM menggunakan pebesaran 750X tipe VEGA 3 TESCAN setelah dilakukan proses alkali *treatment* menggunakan larutan NaOH dan penambahan *silane coupling agent*. Selanjutnya serat kulit waru dijadikan sebagai *reinforcement* dan

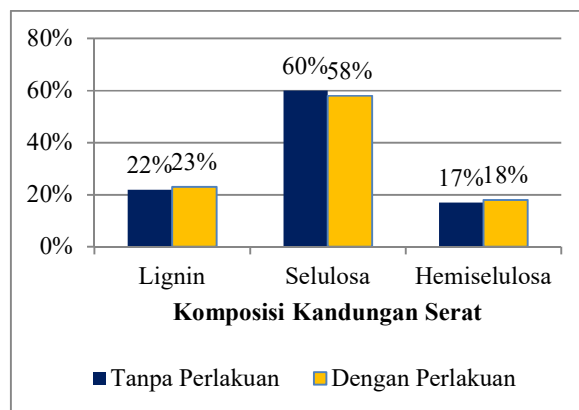
dilakukan proses pabrikasi dengan metode *vacuum infusion* sesuai standard ASTM D638-03. Analisis *fracture area* dilakukan dengan pengujian tarik UTM (universal testing machine) JTM-UTS510 dengan kecepatan 0,2 mm/s.



Gambar 2. Pabrikasi komposit metode *vacuum*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada uji komposisi kandungan serat dilakukan untuk mengetahui presentase dari lignin, selulosa dan hemiselulosa pada serat kulit waru seperti yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



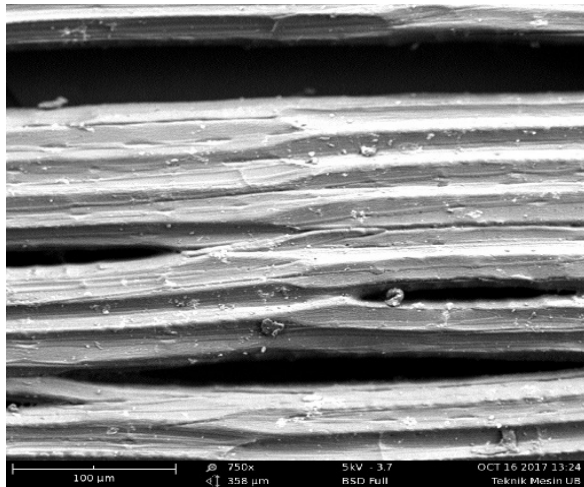
Gambar 3. Grafik kandungan serat kulit waru

Pada Gambar 3 diatas dapat diketahui bahwa perlakuan alkali dapat mempengaruhi kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa pada serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*). Serat kulit waru tanpa perlakuan alkali NaOH mempunyai kandungan lignin sebesar 22%, selulosa 60% dan hemiselulosa sebesar 17%. Sedangkan serat kulit waru dengan perlakuan alkali 6% NaOH mempunyai kandungan lignin sebesar 25%, selulosa 58% dan hemiselulosa sebesar 18%.

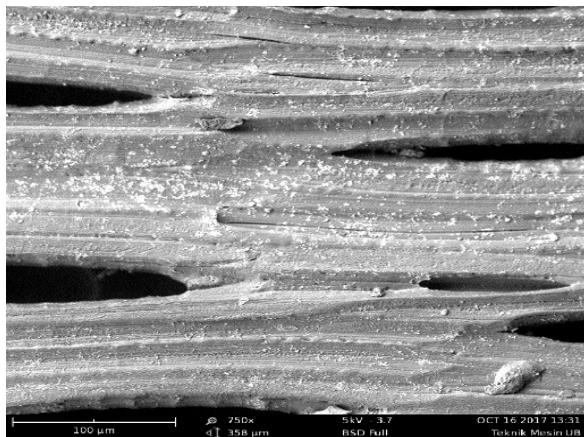
Berdasarkan hasil uji kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa di atas diketahui bahwa perlakuan NaOH dapat mempengaruhi kandungan komposisi pada serat kulit waru. Perlakuan NaOH dapat mengurangi atau mendegradasi kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa pada serat kulit waru sehingga kekuatan tarik serat tunggal kulit waru mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kekuatan serat tunggal kulit waru tanpa perlakuan NaOH (Diharjo, 2006). Akan tetapi pada hasil uji kandungan serat menunjukkan bahwa lignin dan hemiselulosa pada serat kulit waru yang diberikan perlakuan NaOH mempunyai komposisi yang lebih tinggi hal tersebut dapat dimungkinkan tidak homogenya serat kulit waru dan serat yang diambil dari kondisi yang berbeda-beda.

1. Analisis SEM (*scanning electron microscopy*)

Hasil pengamatan SEM yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Hasil pengamatan SEM serat kulit waru tanpa perlakuan



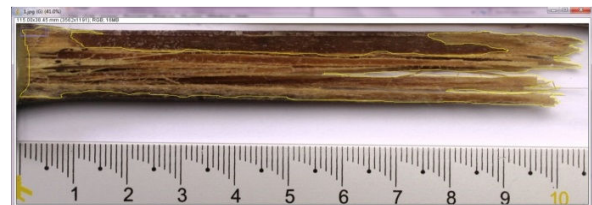
Gambar 5. Hasil pengamatan SEM serat kulit waru dengan perlakuan alkali-silane

Hasil pengamatan uji SEM pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 5 menunjukkan adanya perbaikan permukaan pada serat kulit waru (*Hibiscus tiliaceus*). Serat kulit waru tanpa perlakuan mempunyai permukaan serat yang tidak rata dan bergelombang.

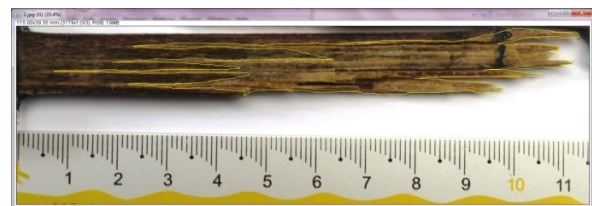
Serat dengan perlakuan alkali dan tambahan *silane coupling agent* menunjukkan adanya morfologi permukaan yang lebih baik. Permukaan serat kulit waru menjadi sangat bersih, rata, rapat dan sangat halus dibandingkan dengan permukaan serat tanpa perlakuan dan perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH. Dengan *interface* yang lebih baik dimungkinkan adanya kompatibilitas antara serat kulit waru dan matrik *polymer* yang lebih baik (Zhou, Cheng, & Jiang, 2014). Matrik dan serat kulit waru mampu berikatan dengan baik sehingga komposit dapat menerima beban secara merata dan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap meningkatkan kekuatan tarik komposit serat kulit waru. Sesuai dengan penelitian (Gan, Tian, & Yi, 2014).

2. Analisis *Fracture Area*

Dari hasil penelitian komposit menggunakan serat kulit waru (*Hibiscus tiliaceus*) dengan penambahan *silane coupling agent*, selain meningkatkan kekuatan tarik dari 337,78 Mpa menjadi 401,368 Mpa dapat memberikan pengaruh terhadap luas area patahan pada komposit serat kulit waru seperti pada penelitian Wirawan, dkk. (2017). Perbaikan *fracture area* pada komposit dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Hasil pengamatan *fracture area* menggunakan *software imageJ* biokomposit tanpa perlakuan



Gambar 7. Hasil pengamatan *fracture area* menggunakan *software imageJ* biokomposit dengan perlakuan alkali-silane

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan penurunan *fracture area* pada komposit serat kulit waru menjadi lebih baik sebesar 250,777 mm². *Fracture area* pada komposit dapat dihitung dengan menggunakan

software imageJ sehingga dapat diketahui luas dari daerah yang terjadi *fracture* pada komposit. Komposit tanpa penambahan *silane coupling agent* mempunyai luasan *fracture area* yang sangat besar yaitu 961,093 mm². Komposit yang ditambahkan *silane coupling agent* mempunyai luasan *fracture area* lebih kecil yaitu sebesar 710,316 mm². Hal ini dikarenakan dengan penambahan *silane coupling agent* dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matrik sedangkan orientasi serat dapat membentuk *interlocking* antar serat. dengan adanya ikatan yang baik dan *interlocking* maka beban dapat terdistribusi secara merata dan membentuk patahan yang lebih baik atau dapat diprediksi sehingga dapat direkomendasikan sebagai bahan material baru pengganti serat sintetis.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diketahui adanya perbaikan biokomposit serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) dibuktikan dengan penurunan *fracture area* sebesar 250,777 mm² yang dapat direkomendasikan sebagai bahan pengganti fiber untuk menunjang bidang manufaktur perkeretaapian yang ramah lingkungan. Untuk menunjang aplikasi yang lebih kompleks perlu adanya penelitian berkelanjutan seperti pengujian bending, impact, dan pengujian lainnya.

REFERENSI

Anonim (2014) Aneka pemanfaatan dari tanaman pohon waru (*hibiscus tiliaceus*). 10 November 2016.

<http://alampedia.blogspot.co.id/2014/09/pohon-waru-hibiscus-tiliaceus-tumbuhan.html>.

- Arif N., Achmad A.S., & Winarno Y. A. (2011). Karakterisasi kekuatan mekanik komposit berpenguat serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) kontinyu laminat dengan perlakuan alkali bermatrik polyester. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(3), 209-217.
- Diharjo K. (2006). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Kristen Petra Surabaya, 8(1), 8-13.
- Gan, H. L., Tian L., & Yi, C. H. (2014). Effect of sisal fiber surface treatments on sisal fiber reinforced polypropylene (PP) composites. *Advance Materials Research*, 906:167-77.
- Nishino T. (2004). Natural fiber sources, in: Bailie C, editor, *Green Composites Polymer Composite And The Environment*, England, Woodhead Publishing Limited, pp:49.
- Wirawan, W. A., Setyabudi S. A., Widodo, T. D., & Choiron, M. A. (2017). Surface modification with silane coupling agent on tensile propertiees of natural fiber composite, *Journal Of Energy Mechanical Material And Manufacturing Engineering*, 2(2), 98-103.
- Wirawan, W. A. & Widodo, T. D. (2018). Analisis penambahan coupling agent terhadap sifat tarik biokomposit kulit waru (*hibiscus tiliaceus*)-polyester, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(1), 35-41.
- Xue L. & Canada, A. (2007). *Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A review chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A Review*, (May 2014).
- Zhou F., Cheng G., & Jiang, B. (2014). Effect of silane treatment on microstructure of sisal fibers, *Applied Surface Science*, 292:806-12.