

Pemanfaatan Limbah Fiber Kelapa Sawit Sebagai Komposit Dengan Matriks Resin Epoksi

Adhi Setiawan^[1], Emie Santoso^[2], George Endri Kusuma^[3]

Jurusan Teknik Permesinan Kapal^{[1][2][3]}

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Surabaya, Indonesia

adhistw23@gmail.com

Abstrak—Penggunaan serat selulosa sebagai penguat dalam produk material komposit polimer telah meningkat dalam dua dekade terakhir. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh serat selulosa antara lain harganya murah, densitas yang rendah, jumlahnya melimpah, dan ramah lingkungan. Namun, penggunaan serat selulosa memiliki daya adhesi yang relatif lemah terhadap komponen matriks polimer sehingga sifat mekanik menjadi lebih rendah. Sabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah utama dalam industri pengolahan minyak goreng. Sabut kelapa sawit bersifat hidrofilik dan memiliki sejumlah besar gugus hidroksil. Sifat tersebut menghasilkan ikatan antarmuka yang relatif lemah antara matriks polimer yang bersifat hidrofobik dengan serat yang bersifat hidrofilik. Oleh karena itu diperlukan perlakuan basa (*alkali treatment*) terhadap serat selulosa untuk meningkatkan adhesi antarmuka matriks dan serat. Penelitian ini bertujuan mensintesis komposit serat dari sabut kelapa sawit yang diperkuat dengan polimer epoksi serta menganalisis pengaruh komposisi serat terhadap sifat mekanik komposit. Variasi konsentrasi serat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar tanpa serat, 2, 4, 6, dan 8% wt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan *tensile strength* maksimum terjadi pada konsentrasi serat sebesar 8% dengan nilai *tensile strength* sebesar 21,6 Mpa. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi serat menyebabkan terbentuknya *void* yang lebih banyak pada matriks sehingga berpotensi menurunkan *tensile strength* komposit serat.

Kata kunci— *composite; epoxy; palm fiber; tensile strength.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan material komposit dengan matriks polimer (PMC) saat ini berkembang sangat pesat bahkan telah menggantikan aplikasi logam dalam beberapa bidang rekayasa. Penggunaan serat selulosa sebagai penguat dalam produk material komposit polimer telah meningkat dalam dua dekade terakhir. Bahan *Polymer Matrix Composite* (PMC) dapat dibuat baik dengan menggunakan serat selulosa alami maupun sintetis. Serat sintetis pada umumnya diproduksi dari bahan baku minyak bumi atau bahan kimia. Komposit yang disintesis dari minyak bumi pada umumnya sulit diuraikan oleh lingkungan dibandingkan komposit berbasis serat selulosa alam yang lebih mudah diuraikan oleh lingkungan [1]. Hal itulah yang menyebabkan penggunaan dari material komposit serat berbasis serat alam meningkat penggunaannya

dalam beberapa tahun terakhir. Selain itu, serat alam mengandung selulosa yang memiliki sifat mekanik sangat baik baik dalam hal fleksibilitas, kekakuan, dan modulus dibandingkan serat sintetis. Komponen serat selulosa yang seringkali digunakan sebagai bahan komposit serat berupa sabut, sisal, rami, serbuk kayu, kenaf, serat daun nanas, pisang, bambu, jerami gandum atau bahan berserat lainnya.

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh serat selulosa antara lain harganya murah, densitas rendah, jumlahnya melimpah, ramah lingkungan, serta menciptakan kondisi kerja yang lebih sehat [2,3]. Namun, penggunaan serat selulosa memiliki daya adhesi yang relatif lemah terhadap komponen matriks polimer sehingga sifat mekanik menjadi lebih rendah. Selain itu, penggunaan serat selulosa terbukti dapat mengurangi berat sebesar 10%, menurunkan energi produksi sebesar 80% dan pengurangan biaya komponen sebesar 5% dibandingkan dengan komposit yang diperkuat serat gelas. Komposit yang diperkuat serat selulosa secara umum tidak mengalami dampak mekanis yang cukup besar serta merupakan komponen non-struktur yang relatif kuat dibandingkan dengan komposit serat sintetis yang seringkali digunakan pada aplikasi teknik berkinerja tinggi seperti di industri produksi pesawat terbang [4,5]. Sifat mekanik komposit serat dapat ditingkatkan dengan meningkatnya fraksi berat serat atau serat. Namun, bila fraksi berat seratnya terlalu besar maka kekuatan serat komposit dan kekuatan maksimal komposit akan berkurang. Sifat mekanik dari material komposit juga dipengaruhi oleh orientasi arah serat terhadap matriks polimer [6].

Sabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah utama dalam industri pengolahan minyak kelapa sawit. Sabut kelapa sawit bersifat hidrofilik dan memiliki sejumlah besar gugus hidroksil. Sifat tersebut menghasilkan ikatan antarmuka yang relatif lemah antara matriks polimer yang bersifat hidrofobik dengan serat yang bersifat hidrofilik serta ketahanan absorpsi air yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan permukaan terhadap material serat selulosa untuk meningkatkan adhesi antarmuka antara matriks dan serat di dalam komposit. Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mempelajari komposit yang diperkuat dari serat alami. Khanam dkk. [4] mempelajari pengaruh berbagai jenis modifikasi permukaan serat sisal terhadap kuat tarik dan

lentur komposit. Iovino dkk. [7] menginvestigasi biodegradasi aerobik komposit sabut kelapa yang diperkuat di dalam matriks *poly lactic acid* (PLA). Harish dkk. [6] membandingkan antara sifat mekanik komposit sabut/epoksi dengan komposit *glass*/epoksi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposit sabut/epoksi dapat digunakan sebagai komposit termoplastik *bearing* dengan beban rendah. Beberapa penelitian sebelumnya pada umumnya mempelajari penggunaan sabut kelapa maupun fiber *glass* sebagai material penguat dari komposit polimer. Padahal pada proses pembuatan serat komposit berbasis serat alam, tingkat adhesi antar muka matriks dan serat sangat menentukan sifat mekanik komposit. Tingkat adhesi permukaan fiber terhadap matriks polimer dipengaruhi oleh konsentrasi larutan basa yang digunakan pada saat proses perlakuan permukaan. Penelitian ini bertujuan mensintesis komposit fiber dari sabut kelapa sawit yang diperkuat dengan polimer epoksi serta menganalisis pengaruh komposisi fiber terhadap sifat mekanik komposit.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada sintesis komposit fiber yaitu sabut kelapa sawit yang diperoleh dari industri minyak goreng, NaOH pro-analysis (Merck), aquadest, resin epoksi dan *hardener*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cetakan komposit dari plat baja dengan ukuran 75 mm x 400 mm x 10 mm, oven pemanas, *Scanning Microscope Electron* (SEM) Inspect S50, Fourier Transform Infrared (FTIR) Thermo Scientific Nicolet iS10 dan peralatan uji tarik Shimadzu.

B. Sintesis Komposit

Pembuatan komposit fiber dilakukan melalui tiga tahapan yaitu preparasi, perlakuan kimia, dan pencampuran. Pada tahap preparasi, sebanyak 100 g sabut kelapa sawit dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan kotoran yang ikut terbawa bersama dengan serat. Sabut kelapa yang telah dibersihkan selanjutnya dikeringkan di oven selama 24 jam pada suhu 60 °C untuk menghilangkan kandungan air di dalam serat. Tahap perlakuan kimia serat dilakukan dengan merendam serat yang dikeringkan ke dalam larutan NaOH 2,5 M selama 24 jam. Serat yang telah direndam selanjutnya dicuci dengan aquadest dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 60 °C. Serat yang telah mengalami perlakuan kimia selanjutnya di campur dengan resin epoksi-*hardener*. Perbandingan volume resin epoksi-*hardener* yang digunakan sebesar 1:1. Variasi konsentrasi sabut kelapa yang digunakan sebagai komposit yaitu sebesar tanpa fiber, 2, 4, 6, dan 8% wt.

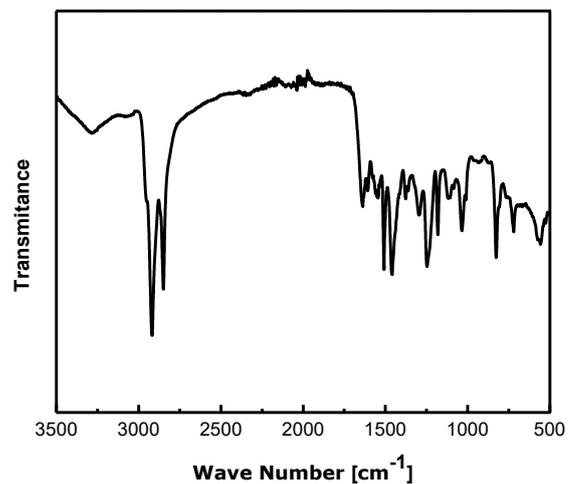
C. Karakterisasi Komposit

Morfologi komposit yang telah disintesis dari sabut kelapa sawit selanjutnya dianalisis menggunakan SEM yang dioperasikan pada 20 kV. Gugus fungsi yang mengindikasikan struktur kimia komposit dianalisis menggunakan FTIR. Sifat mekanik komposit dianalisis dengan menggunakan uji tarik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

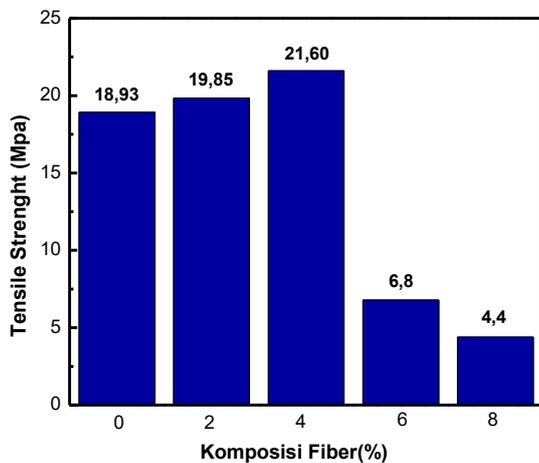
Gambar 1 menunjukkan hasil analisis FTIR dari komposit. Analisis FTIR mendeteksi adanya gugus fungsi dari molekul

yang terdiri dari dua komponen komposit yang terdiri dari fiber kelapa sawit dan matriks resin epoksi. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa pada area 3311 cm^{-1} terdeteksi puncak yang menunjukkan absorpsi gugus OH [8]. Pada area 2920 cm^{-1} terdeteksi puncak yang menunjukkan adanya gugus C-H yang terkandung di dalam molekul selulosa dan hemiselulosa. Pada area 1605 cm^{-1} terdeteksi puncak yang menunjukkan adanya komponen lignin dalam bentuk cincin aromatik. Gugus CH_2 terdeteksi pada area 1420 cm^{-1} sedangkan gugus C-O dari gugus asetil terdeteksi pada area 1231 cm^{-1} . Pada area 1607 cm^{-1} terdeteksi puncak yang menunjukkan gugus aromatic Ar-C=C-H di dalam molekul resin epoksi. Pada area 1247 cm^{-1} terdeteksi pada puncak yang merupakan gugus -C-C-O-C-. Pada area 1036 cm^{-1} terdeteksi pada puncak yang merupakan gugus -C-O-C- [9].

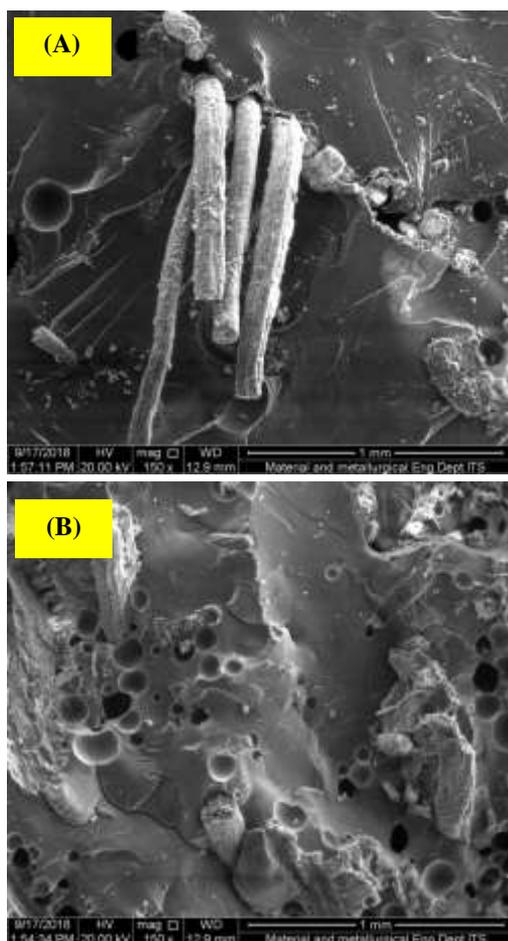


Gambar 1. Spektra FTIR dari komposit fiber

Gambar 2 menunjukkan hasil uji tarik dari komposit fiber di dalam matriks resin epoksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatkan konsentrasi fiber dari 2 sampai dengan 4% wt dapat meningkatkan tensile strength komposit. Nilai tensile strength tersebut menurun setelah dilakukan peningkatan konsentrasi fiber pada konsentrasi 6% wt dan 8% wt. Peningkatan tensile tersebut dapat mengindikasikan bahwa fiber dapat berperan sebagai transfer stress untuk matriks epoksi. Namun, pada konsentrasi fiber lebih besar dari 4% terjadi penurunan *tensile strength* komposit karena jumlah resin epoksi tidak mencukupi untuk mendispersikan fiber di dalam komposit. Hal itu menyebabkan kecenderungan dari penurunan sifat mekanik komposit pada konsentrasi yang tinggi [10].



Gambar 2. Tensile Strength Komposit pada Berbagai Konsentrasi Fiber



Gambar 3. Morfologi Daerah Patahan Komposit pada Konsentrasi Fiber (A) 2% wt (B) 8 % wt

Gambar 3 menunjukkan morfologi dari daerah patahan hasil uji tarik dari komposit pada konsentrasi fiber 2% wt dan 8% wt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit yang disintesis dengan konsentrasi fiber 8% wt cenderung

menghasilkan permukaan dengan fraksi *void* yang lebih besar bila dibandingkan dengan komposit dengan konsentrasi fiber 2% wt.

Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa *interfacial bonding* antara permukaan fiber dengan matriks epoksi dapat terikat secara baik sehingga dapat mengarah pada perbaikan sifat mekanik dari komposit. Perbaikan *interfacial bonding* antara matriks dan fiber pada komposit disebabkan adanya penggunaan perlakuan alkali (basa) yang menyebabkan hilangnya sebagian lapisan hemiselulosa dan pengotor pada permukaan sehingga menciptakan topografi permukaan yang lebih kasar serta dapat memfasilitasi terbentuknya *mechanical interlocking* yang dapat memperbaiki sifat mekanik komposit. Namun, peningkatan konsentrasi fiber pada komposit sebesar 8% wt menyebabkan terbentuknya fraksi *void* yang besar sehingga mengarah pada penurunan *tensile strength* komposit. Hal tersebut memperkuat hasil analisis dari uji tarik komposit pada konsentrasi fiber 8% yang memiliki kekuatan paling rendah dibandingkan dengan konsentrasi yang lain.

IV. KESIMPULAN

Serat kelapa sawit memiliki kandungan selulosa yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit dengan matriks epoksi. Hal tersebut didukung dari analisis FTIR yang mendeteksi adanya gugus OH, C-H, CH₂, C=O, serta cincin aromatik pada fiber kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi serat kelapa sawit mulai 0 % wt sampai dengan 4% wt menyebabkan peningkatan *tensile strength* komposit. Namun, terjadi penurunan setelah konsentrasi ditingkatkan menjadi 6% wt dan 8% wt. Peningkatan kekuatan komposit disebabkan adanya transfer stress dari matriks menuju ke fiber sedangkan penurunan *tensile strength* komposit karena jumlah resin epoksi tidak mencukupi dalam mendispersikan fiber di dalam komposit. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi fiber menyebabkan peningkatan fraksi *void* di dalam komposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh program DIPA PPNS Tahun 2018. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur, P3M, dan laboran kimia PPNS yang telah menyediakan fasilitas dan membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mayangsari, N.E., Setiawan, A., "Pemanfaatan limbah kertas untuk produksi biodegradable selulosa asetat", Seminar Master PPNS vol. 1 no. 1, 2016
- [2] Alves, C, Ferrao, P.M.C., Silva, A.J., Reis, L.G, Freitas, M., Rodrigues, L.B., Alves, D.E., "Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites", J. Cleaner Prod, 18, pp. 313–327, 2010.
- [3] Bakri, M.K., Jayamani, E., Heng, S.K., Hamdan, S., "Reinforced oil palm fiber epoxy composites: an investigation on chemical treatment of fibers on acoustical, morphological, mechanical and spectral properties", Materials Today: Proceedings, 2, pp. 2747– 2756, 2015.
- [4] Khanam, P.N., Abdul Khalil, H.P.S., Reddy, G.R, Naidu, S.V., "Tensile, flexural and chemical resistance properties of sisal fibre

- reinforced polymer composites: effect of fibre surface treatment”, *J. Poly. Environment*, 19, pp. 115-119, 2011.
- [5] Kumar, R., Kumar, K., Sahoo, P., Bhowmik, S., “Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite”, *Procedia Materials Science*, 6, pp. 551-556, 2014.
- [6] Harish, S., Michael, D.P., Bensely, A., Lal, D.M., Rajadurai, A., “Mechanical property evaluation of natural fiber coir composite”, *Materials Characterization*, 60, pp. 44-49, 2009.
- [7] Iovino, R., Zullo, R., Rao, M.A., Cassar, L., Gianfreda, L., Biodegradation of poly(lactic acid)/starch/coir bio-composites under controlled composting conditions, *Polymer Degradation and Stability*, 93, pp. 147-157, 2008.
- [8] Hay, A.A., Suardana, N.P.G., Jung, D.Y., Choi, K.S., Lim, J.K. Effect of diameters and alkali treatment on the tensile properties of date palm fiber reinforced epoxy composites, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13, pp. 1199-1206, 2012.
- [9] Nikolic, G., Zlatkovic, S., Cakic, M., Cakic, S., Lacnjevac, C., Rajic, Z., Fast Fourier Transform IR characterization of epoxy GY systems crosslinked with aliphatic and cycloaliphatic EH polyamine adducts, *Sensor*, 10, pp. 684-696, 2010.
- [10] Reddy, K.O., Maheswari, C.U., Reddy, R., Shukla, M., Muzenda, E., Rajulu, A.V., Effect of chemical treatment and fiber loading on mechanical properties of borassus (toddy palm) fiber/epoxy composites, *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 20, pp. 612-626