

Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Poliester Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pranata¹, Fasya Savira¹, Nurmadina^{2,*}

¹Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Jalan Letjen Suprpto No.26
Cempaka Putih, Jakarta

²Program Studi Teknik Produksi Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, Jalan
Wanamarta Raya No. 20 Kawasan Industri Kendal

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Juni 2023
Direvisi: 13 Januari 2024
Diterima: 22 Februari 2024

Kata kunci:

Komposit
Poliester
Serat TKKS
Sifat Fisis
Sifat Mekanis

Keywords:

Composite
Polyester
POFB fiber
Physical properties
Mechanical properties

Penulis Korespondensi:

Nurmadina
Email: nurmadina@poltek-furnitur.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap sifat fisis (kerapatan) dan sifat mekanik yaitu *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) komposit polimer. Matriks yang digunakan dalam pembuatan komposit menggunakan resin poliester. Komposisi serat TKKS bervariasi yaitu 4%, 8%, 12%. Pembuatan komposit penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up* dengan tipe *randomly oriented discontinuous fiber composite* yang berukuran 2-3 cm. Pengujian sifat fisis dan mekanika mengacu Standar Nasional Indonesia. Pengujian sifat mekanika berupa MOE dan MOR menggunakan mesin *universal testing machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kerapatan, MOE dan MOR tertinggi terdapat pada 4% fraksi volume serat TKKS yaitu sebesar 1,29 g/cm³, 15.830,70 kgf/cm² dan 363 kgf/cm². Nilai kerapatan, MOE dan MOR meningkat seiring dengan penurunan variasi fraksi volume serat. Hasil yang diperoleh, memenuhi standar SNI 01-4449-2006 dan termasuk pada kriteria papan serat berkerapatan tinggi.

The purpose of this study was to determine the effect of variations in the volume fraction of Palm Oil Fruit Bunches (POFB) fibers on the physical properties (density) and mechanical properties, namely the Modulus of Elasticity (MOE) and Modulus of Rupture (MOR) of polymer composites. The matrix used in the manufacture of composites uses polyester resin. The manufacture of composites in this study used the hand lay-up method with randomly oriented discontinuous fiber composite fiber types measuring 2 - 3 cm. POFB fiber composition varies, namely 4%, 8%, 12%. The results showed that the highest density, MOE and MOR values were found in the 4% volume fraction of POFB fiber, namely 1.29 g/cm³, 15,830.70 kgf/cm² and 363 kgf/cm². Density, MOE and MOR values increased along with a decrease in fiber volume fraction variation. The results obtained meet the SNI 01-4449-2006 standard and are included in the criteria for high-density fiberboard.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang menghasilkan produk kelapa sawit terbanyak di dunia. Badan Pusat Statistik menyatakan, luas area perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2019 yaitu 14,456 ribu hektar dan tahun 2020 meningkat menjadi 14,858 ribu hektar (Badan Pusat Statistik, 2018). Dalam pengolahan 1 ton kelapa sawit didapatkan produk limbah berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebesar 22% (220 kg), limbah cangkang sawit sebesar 6 % (60 kg), lumpur kelapa sawit 4 % (40 kg), serabut kelapa sawit sebesar 13 % (130 kg), dan limbah cair kelapa sawit sebesar 28 % (Erivianto et al., 2020). Dari beberapa limbah yang telah disebutkan, limbah TKKS memiliki nilai persentase paling tinggi dibandingkan dengan limbah padat kelapa sawit yang lain.

Sejauh ini limbah TKKS digunakan sebagai pupuk organik, makanan ternak, bahan dalam membuat batako, matras dan sarana tumbuhnya jamur serta tanaman. Salah satu cara menangani permasalahan limbah TKKS yaitu dengan mengolahnya menjadi serat. Serat yang ada pada TKKS merupakan salah satu contoh serat alam. Kandungan serat TKKS mencapai 72,67%, dengan jumlah selulosa yang besar yaitu 45,80% (Purwito; Firmanti, 2005). Keberadaan selulosa menjadikan serat TKKS dapat digunakan sebagai bahan penguat pada komposit polimer (A et al., 2017)

Matriks dan penguat (*reinforcement*) merupakan 2 bagian utama dalam komposit matriks yang digunakan dalam proses pembuatan komposit. Matriks yaitu bahan yang berupa polimer, logam maupun keramik (Gibson, 2007). Poliester merupakan matriks polimer yang digunakan dalam pembuatan komposit. Bahan penguat komposit dapat terbuat dari serat dan partikel, serat yang digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat alam dan sintesis.

Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan serat sintesis, yaitu ringan, mudah diperoleh, tahan terhadap korosi, pemakaian material yang murah, sifat mekanik yang kuat dan ramah lingkungan (Widiarta et al., 2018). Selain keunggulan tersebut, serat alam juga memiliki kelemahan yang dapat mempengaruhi penurunan kemampuan resin dalam mengikat serat, yaitu memiliki kompatibilitas yang buruk dan daya serap air pada serat alam juga relatif tinggi. Sifat serat alam yang *hidrofilik* (suka air) dan polimer yang *hidrofobik* (tidak suka air) menyebabkan penurunan ikatan antara resin dan serat sehingga perlu perlakuan kimia untuk mengubah sifat permukaan serat (Fatra et al., 2016). Modifikasi kimia mempengaruhi struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat sehingga mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat sehingga memberikan ikatan antara serat dengan matriks yang lebih baik. Perlakuan alkali ialah perlakuan yang biasa digunakan dalam membuat produk komposit dengan resin termoplastik maupun termoset (Li et al., 2007). Kandungan hemiselulosa, lignin dan pektin pada serat dapat dikurangi dengan cara perlakuan alkali sehingga permukaan serat menjadi lebih kasar dan dapat meningkatkan kompatibilitas antara serat dan matriks. Perlakuan alkali menggunakan bahan NaOH termasuk perlakuan yang sering dijumpai dalam penelitian karena memiliki harga yang lebih ekonomis (Diharjo, 2008). Poliester termasuk ke dalam resin termoset, saat proses pencetakan, resin termoset tidak memerlukan tekanan karena memiliki viskositas yang tidak tinggi.

Konsentrasi dan lama waktu perendaman serat dapat mempengaruhi kekuatan komposit. Komposit serat kelapa sawit yang dilakukan perlakuan alkali dengan konsentrasi NaOH 5% memiliki kekuatan tarik lebih baik dibandingkan konsentrasi NaOH 10% dan NaOH 15% (Gultom et al., 2014). Perendaman NaOH 5% selama 2 jam pada komposit bermatriks poliester memperoleh kuat tarik lebih tinggi dibandingkan dengan waktu perendaman 0 jam dan (4 – 6) jam (Diharjo, 2008).

Selain perlakuan alkali, ukuran serat juga dapat mempengaruhi kekuatan komposit. Kekuatan komposit dapat dipengaruhi dari nilai kerapatannya. Serat yang berukuran kecil, memiliki nilai kerapatan yang lebih baik dibandingkan serat berukuran besar (Meliana & Asri, 2021). Dengan adanya nilai kerapatan komposit, dapat dihasilkan kekuatan komposit yang sesuai dengan syarat standar yang ada. Menurut (Siagian, 2017) nilai densitas (kerapatan) matriks dan serat berpengaruh terhadap nilai kerapatan komposit. Jika komposit memiliki nilai densitas matriks lebih besar dibandingkan dengan densitas serat, maka saat terjadinya peningkatan fraksi volume serat, nilai kerapatan komposit akan semakin rendah. Kerapatan yang rendah menyebabkan nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) rendah (Purba, 2011). Nilai kerapatan berbanding lurus dengan nilai MOE dan MOR komposit, nilai MOE dan MOR yang tinggi, disebabkan karena nilai kerapatan komposit yang tinggi (Hasan et al., 2020). Tekanan pengempaan juga mempengaruhi nilai kerapatan komposit. Jika komposit yang dibuat memiliki kerapatan yang tinggi, membutuhkan tekanan pengempaan yang besar (Handayani, 2016).

II. METODE

Pembuatan sampel dan pengujian sifat fisis papan partikel dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia dan LIPI Biomaterial, Bogor. Bahan yang digunakan yaitu serat TKKS, resin poliester, katalis *Methyl Ethyl Keton Peroksida* (MEKPO), NaOH 5%, wax, dan aquadest. Serat TKKS dibersihkan dengan air mengalir dan dijemur hingga kering. Setelah kering, serat TKKS direndam dengan larutan NaOH 5% selama 2 jam, kemudian serat TKKS dicuci kembali dengan air mengalir, setelah pencucian selesai, serat TKKS dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam. Serat TKKS kering dipotong kecil kemudian dihitung densitasnya menggunakan piknometer. Serat TKKS yang sudah diberi perlakuan alkali sudah dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit. Variasi serat TKKS dan poliester ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi serat TKKS dan poliester

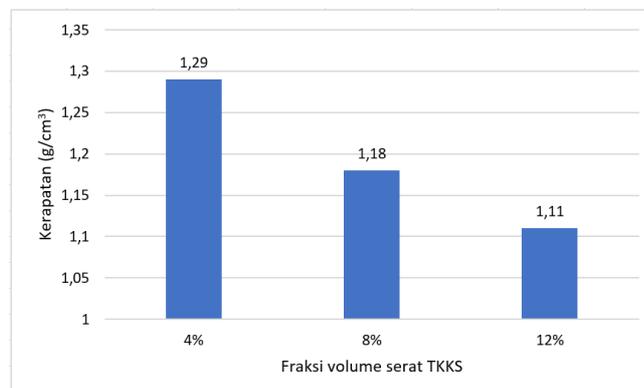
No	Serat TKKS (%)	Poliester (%)
1	4	96
2	8	92
3	12	88

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*. Serat TKKS yang sudah diberikan perlakuan alkali ditimbang sesuai dengan variasi komposisi. Cetakan kaca dibersihkan dan dioles wax supaya pelepasan komposit mudah. Resin poliester dan katalis MEKPO ditimbang sesuai dengan komposisi. Poliester dan katalis dicampur dengan cara pengadukan dengan putaran yang konstan dan tidak ada gelembung udara. Sebagian campuran resin dan katalis dituang ke dalam cetakan, lalu serat diratakan menggunakan kuas. Serat TKKS disusun secara acak dan merata di atas campuran cairan resin dan katalis dalam cetakan. Campuran resin dan katalis yang masih tersisa dituangkan seluruhnya ke dalam cetakan lalu diratakan kembali. Setelah seluruh bahan masuk ke dalam cetakan, cetakan ditutup menggunakan kaca supaya terhindar dari rongga yang terperangkap dalam cetakan. Komposit didiamkan hingga kering dan diuji sifat fisis dan mekanis. Komposit diuji kerapatan mengacu standar ASTM D792-00 dan uji mekanis berupa bending dengan standar ASTM D790-03 menggunakan *Universal Testing Machine*.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kerapatan

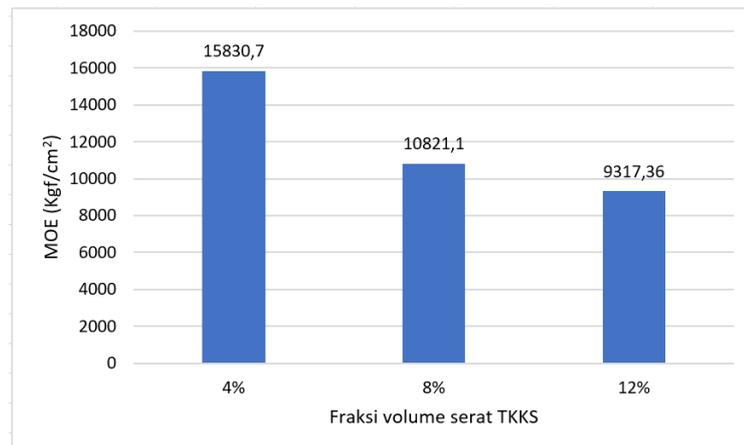
Hasil pengujian kerapatan dapat ditunjukkan pada Gambar 1, komposit fraksi volume serat TKKS 4% memiliki nilai kerapatan yang tinggi yaitu 1,29 g/cm³ dibandingkan dengan fraksi volume serat TKKS 8% dan 12% yaitu sebesar 1,18 g/cm³ dan 1,11 g/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume serat TKKS pada komposit, semakin kecil nilai kerapatannya. Hal ini disebabkan karena penyebaran matriks pada komposit tidak merata sehingga terdapat gelembung udara (*void*) pada komposit. Hal ini juga diduga terjadi karena densitas serat TKKS lebih kecil dibandingkan dengan densitas matriks. Menurut (Siagian, 2017) semakin banyak serat yang ada pada komposit, semakin menurunnya nilai densitas komposit, hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya densitas serat dibanding matriks. Berdasarkan SNI 01-4449-2006 komposit poliester berpenguat serat TKKS masuk ke dalam klasifikasi papan serat berkerapatan tinggi.



Gambar 1 Kerapatan Komposit Poliester Berpenguat Serat TKKS

3.2 Modulus of Elasticity (MOE)

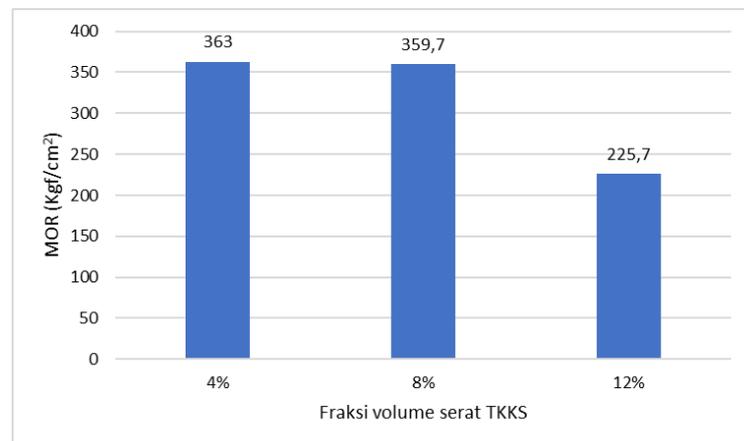
Gambar 2 adalah MOE poliester berpenguat serat TKKS. Berdasarkan persentase fraksi volume serat TKKS, komposit dengan fraksi volume TKKS 4% memiliki nilai MOE tertinggi yaitu 15.830,70 kgf/cm². Semakin besar fraksi volume serat TKKS maka nilai MOE semakin rendah. Hal ini didukung dari hasil kerapatan komposit yang cenderung mengalami penurunan akibat adanya *void* dalam komposit. Hasil ini sesuai dengan pernyataan (Kuswarini, 2009), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar perekat atau semakin kecil kadar serat, semakin besar nilai MOE. (Purba, 2011) dan (Hasan et al., 2020), juga mengatakan bahwa semakin tinggi kerapatan, nilai MOE semakin besar. Nilai MOE pada komposit dengan fraksi volume serat 4%, 8% dan 12% sesuai dengan papan serat standar SNI 01-4449-2006 yaitu ≥ 8200 kgf/cm².



Gambar 2 Modulus Of Elasticity (MOE) Poliester Berpenguat Serat TKKS

3.3 Modulus of Rupture (MOR)

Gambar 3 MOR poliester berpenguat serat TKKS dengan fraksi volume serat berbeda. Komposit dengan fraksi volume TKKS 4% memiliki nilai MOR yaitu 363 kgf/cm² yaitu tertinggi dibandingkan dengan komposit fraksi volume TKKS 8% dan 12% yaitu sebesar 259,7 kgf/cm² dan 225,7 kgf/cm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume serat TKKS, maka nilai MOR semakin rendah. Hal ini didukung dari hasil kerapatan komposit yang cenderung mengalami penurunan akibat adanya *void* dalam komposit. Hasil ini sesuai dengan pernyataan (Kuswarini, 2009), bahwa semakin tinggi kadar perekat atau semakin kecil kadar serat maka nilai MOR semakin besar. (Purba, 2011), dan (Hasan et al., 2020) menyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan, nilai MOE dan MOR semakin besar. Nilai MOR pada komposit dengan fraksi volume serat 4%, 8% dan 12% sesuai dengan papan serat standar SNI 01-4449-2006 yaitu ≥ 51 kgf.



Gambar 3 Modulus of Rupture (MOR) Poliester Berpenguat Serat TKKS

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan semakin tinggi fraksi volume serat TKKS dihasilkan semakin rendah nilai kerapatan, dan semakin rendah nilai MOE dan MOR. Komposit poliester berpenguat serat TKKS telah memenuhi standar papan serat sesuai dengan standar SNI 01-4449-2006.

DAFTAR PUSTAKA

- A, A. G., Farid, M., & Ardhyanta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 228–231.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Luas Areal Tanaman Perkebunan Menurut Jenis Tanaman Menurut Provinsi, (Ribu ha)*. Badan Pusat Statistik. <http://tinyurl.com/342yefym>
- Diharjo, K. (2008). Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra*.
- Eriyanto, D., P, B. A., & Notosudjono, D. (2020). Penggunaan Limbah Padat Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Tenaga Listrik Pada Existing Boiler. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 26(2), 85–93. <https://doi.org/10.37277/stch.v26i2.514>
- Fatra, W., Rouhillahi, H., Helwani, Z., Zulfansyah, & Asmura, J. (2016). Effect of alkaline treatment on the properties of oil palm empty fruit bunch fiber-reinforced polypropylene composite. *International Journal of Technology*, 7(6), 1026–1034.
- Gibson, R. F. (2007). *Principles of Composite Material Mechanics* (2nd Edition). CRC Press.
- Handayani, A. (2016). Uji Sifat Fisis Dan Mekanik Papan Komposit Dari Campuran Serat Bambu Dan Serbuk Gergaji Dengan Perekat Polyester Resin. 1–100.
- Hasan, A., Yerizam, M., & Ningtyas Kusuma, M. (2020). Papan Partikel Ampas Tebu (Saccharum Officinarum) Dengan Perekat High Density Polyethylene Bagasse (Saccharum Officinarum) Particle Board With High Density Polyethylene Adhesive. *Jurnal Kinetika*, 11(03), 8–13.
- Kuswarini, S. (2009). *Papan Partikel Dari Tabdab Kosong KELapa Sawit* (pp. 185–189). Jurnal Riset Industri.
- Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S. (2007). Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15(1), 25–33.
- Meliana, & Asri, A. (2021). Analisis Pengaruh Ukuran Serat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbahan Serat Batang Pisang Kepok. 9(3), 221–227.
- Purba, D. (2011). Pembuatan dan Karakterisasi Papan Partikel Komposit dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Pengikat Polietilena Kerapatan Tinggi Hasil Daur Ulang [Univeristas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/42122>
- Purwito; Firmanti, A. (2005). Pemanfaatan Limbah Sawit Dan Asbuton Untuk Bahan Pencegah Serangan Rayap Tanah. (p. 129). Pusat Pelatihan dan Pengembangan.
- Siagian, E. M. (2017). *Sifat komposit berpenguat serat pinang dengan fraksi berat 2%, 4%, 6% dan 8%* [Universitas Sanata Dharma]. <http://repository.usd.ac.id/id/eprint/12581>
- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceust) Dengan Matrik Poliester. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(1), 41.