

Sifat-Sifat Mekanik dan Kemampuan Biodegradasi Bahan Biokomposit *Poly Lactic Acid* dengan Penguat Lembaran Tipis Bambu dan Kayu Sengon

Mechanical Properties and Biodegradability of Poly Lactic Acid Biocomposites Reinforced with Bamboo and Sengon Wood Thin Sheets

Sujito^{*)}, Hanim Munawaroh dan Endhah Purwandari

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember

^{*)}Email: sujito.unej@gmail.com

ABSTRACT

Development of biocomposite materials based on the natural fibers and friendly environmentally resins to replace composite materials made from plastic and synthetic fibers give the consideration that the biocomposite materials are environmentally friendly materials. In this paper, we discuss the synthesis and characterization of biocomposite materials using a combination of thin sheets of bamboo reinforcement and resin sengon and poly lactic acid (PLA). As controls were also carried out the synthesis and characterization of biocomposite material with a thin layer of reinforcement only sengon bamboo and wood. Characterization of tensile strength and modulus of elasticity of the material is done by using the Tensile Test Machine ASTM D 638. In the mean time, biodegradability of materials are observed made by the method of burial for 1-4 weeks. Tensile test results show that the biocomposite material reinforced with a thin sheet bamboo has a tensile strength and modulus of elasticity greater than that of the other biocomposite materials produced in this study. Meanwhile, biocomposite materials with thin layers of wood sengon reinforced easily biodegradable ($dG = 13.21 \pm 0.59\%$), compared to a biocomposite material with a thin layer of bamboo reinforcement ($dG = 10.69 \pm 0.79\%$). From these results it can be concluded that the composite material with a thin layer of bamboo boosters are more likely to be applied to replace metallic materials.

Keywords : Biocomposites, tensile strength, elastic modulus, biodegradability, bamboo and sengon wood thin layer.

PENDAHULUAN

Pengembangan bahan biokomposit berbasis serat alam dan polimer *biodegradable* sebagai alternatif pengganti bahan logam merupakan subyek penelitian yang menarik minat para peneliti. Berkaitan dengan hal tersebut, Avela (2009) menyatakan bahwa telah banyak dilakukan penelitian dalam rangka memperoleh bahan biokomposit yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan logam.

Saat ini, pengembangan bahan biokomposit dengan memanfaatkan serat alam sebagai komponen penguat telah banyak dilakukan, seperti penggunaan serat kenaf (Wicaksono, 2006), serat kayu sengon (Soleha, 2012), serat manila (Holila, 2012), ampas tebu (Yudo dan Jatmiko, 2008) dan serat bambu (Ifannossa, 2010, Sujito et al., 2011). Sementara itu, penggunaan *Poly Lactic Acid* (PLA) sebagai resin yang memiliki sifat *biodegradable* dalam sintesis bahan biokomposit telah juga banyak

dilakukan (Shinji Ochi, 2007). Adapun penggunaan resin yang bersifat *biodegradable* sebagai komponen matriks telah dilakukan dengan memanfaatkan resin *Poli Lactic Acid* (PLA) yang berasal dari sumber daya alam terbarukan seperti jagung, gandum, bit gula dan tapioka. PLA sendiri bersifat termoplastik dengan titik leleh yang cukup tinggi (Kaavessina, 2011) dan memiliki sifat mekanik yang baik (Febrianto, 2011).

Kombinasi antara serat alam dan resin *biodegradable* sebagai penyusun material biokomposit mampu menghasilkan bahan dengan sifat mekanik yang baik. Pada tahun 2007, Shinji Ochi melakukan penelitian biokomposit berbasis serat kenaf sebagai penguat dan resin PLA sebagai matriks, dengan kekuatan tarik dan kekuatan bending biokomposit hasil sintesis masing-masing sebesar 223 MPa dan 254 MPa. Di samping itu, dengan menggunakan serat serabut kelapa dan matriks PLA, Ristandi (2011) telah

menunjukkan bahwa kekuatan *bending* tertinggi diperoleh dari hasil sintesis pada komposisi fraksi volume serat 50%, sedangkan kekuatan *bending* terendah diperoleh pada fraksi volume serat 80%. Sementara itu, pemanfaatan serat bambu dan matriks PLA, dengan komposisi kandungan serat optimum sebesar 40%, menunjukkan sifat lentur bahan dan energi impak dari material komposit yang paling baik (Sujito, 2011). Hasil penelitian di atas memberikan peluang terhadap pengembangan material biokomposit melalui inovasi terhadap berbagai jenis bahan penguat yang dapat menghasilkan biokomposit dengan kekuatan mekanik yang baik.

Disisi lain, sintesis bahan biokomposit dengan matriks PLA dan penguat kombinasi yang dari dua buah jenis serat alam, menjadi kajian yang menarik untuk diteliti. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh bahan biokomposit baru dengan sifat mekanik yang lebih baik dari pada sebelumnya. Bertolak dari hal tersebut di atas telah dilakukan penelitian sistesis dan karakterisasi bahan biokomposit dengan penguat kombinasi lembaran tipis bambu dan kayu sengon. Di dalam paper ini akan dipaparkan hasil penelitian uji tarik dan kemampuan biodegradasi bahan biokomposit dari hasil sintesis.

METODE

Preparasi Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah lembaran tipis kayu sengon dan lembaran tipis bambu petung, masing-masing berukuran 1×10 cm. Pemotongan dilakukan masing-masing menurut arah serat longitudinal. Bahan yang sudah dipotong dikeringkan melalui proses penjemuran di bawah terik matahari selama 6 jam selama 4 hari. Bahan yang telah siap digunakan selanjutnya diberi perlakuan NaOH 2% selama 5 menit, kemudian dicuci dengan menggunakan aquades dan dikeringkan kembali. Kedua bahan ini nantinya digunakan sebagai komponen penguat dari biokomposit yang disintesis. Sebagai matriks, digunakan larutan PLA dengan konsentrasi 60% dari massa total bahan biokomposit.

Pembuatan Bahan Komposit

Bahan biokomposit disintesis dengan perbandingan antara komposisi fraksi massa penguat dan matriks adalah 40% : 60%. Bahan biokomposit dibuat dalam empat variasi

penguat yaitu; sampel A terdiri atas 9 lembar kayu sengon, sampel B berupa 9 lembar bambu, sampel C tersusun dari 5 lembar kayu sengon dan 4 lembar bambu, dan sampel D dengan komposisi 5 lembar bambu dan 4 lembar kayu sengon. Kepada masing-masing sampel, larutan PLA dituangkan dan dicampur hingga merata untuk kemudian dikeringkan dalam ruang terbuka. Penguat yang sudah tercampur dengan PLA dimasukkan ke dalam cetakan untuk kemudian dilakukan proses pengepresan menggunakan *hot press machine* pada temperatur 120°C dan tekanan ± 10 MPa selama 5 menit. Sintesis bahan diakhiri dengan proses pendinginan sampel (dalam kondisi masih di dalam cetakan) hingga temperatur ruang.

Karakterisasi Bahan

Karakteristik mekanik bahan biokomposit diuji dengan menggunakan mesin uji TM 113 Universal 30 KN. Pengujian kekuatan mengacu standar ASTM D638 dengan spasi antar penjepit sampel sebesar 5 cm. Modulus elastisitas bahan uji, yang diperoleh berdasarkan grafik regangan-tegangan dari uji mekanik, ditentukan menggunakan metode *offset*. Adapun uji biodegradasi bahan dilakukan dengan menggunakan metode *land fill*, dimana bahan dikubur dalam tanah selama 4 minggu dan disiram air ± 150 cc/hari. Pengamatan terhadap bahan uji dilakukan setiap minggu, dengan melihat perubahan fisik dari bahan menggunakan mikroskop dan menghitung prosentase perubahan massa relatif, yang terjadi akibat penguburan bahan.

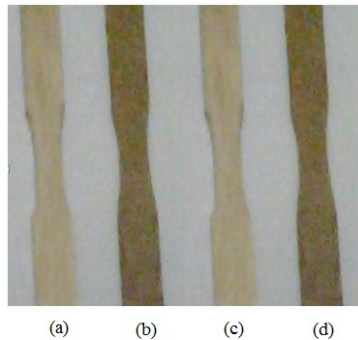
HASIL

Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan bahan biokomposit hasil sintesis dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Perbedaan warna yang nampak memberikan ciri/karakteristik fisik kepada bahan dimana warna yang lebih gelap pada sampel (b) dan (d) disebabkan karena bagian terluar bahan biokomposit merupakan lapisan tipis bambu, sedangkan warna yang lebih terang pada sampel (a) dan (c) disebabkan karena bagian terluar bahan biokomposit merupakan lembaran tipis kayu sengon.

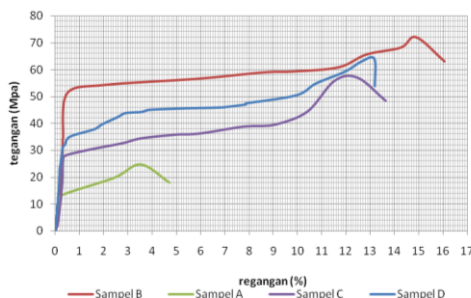
Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan tegangan dan regangan bahan hasil uji tarik.



Gambar 1. Morfologi biokomposit hasil sintesis dengan variasi jumlah lembar penguat: (a) 9 lapisan tipis kayu sengon, (b) 9 lapisan tipis bambu, (c) 5 lapisan tipis kayu sengon dan 4 lapisan tipis bambu, dan (d) 5 lapisan tipis bambu dan 4 lapisan tipis kayu sengon.

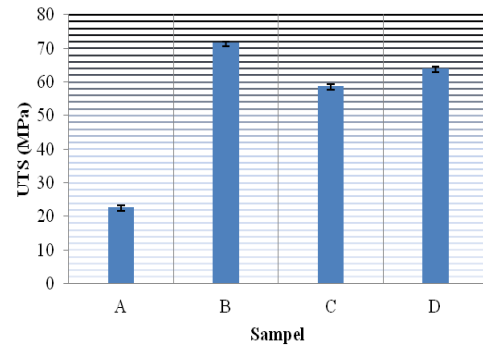
Menurut Zemansky (1990), nilai kekuatan tarik dari suatu bahan ditunjukkan berdasarkan nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) yaitu nilai tegangan maksimum yang mampu diterima oleh bahan sebelum bahan uji mengalami kerusakan atau putus.



Gambar 2. Tipikal grafik hubungan antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ) bahan biokomposit hasil sintesis.

Berdasarkan pendapat tersebut dan grafik antara tegangan dan regangan yang ditunjukkan pada Gambar 2, tampak bahwa kekuatan tarik dari bahan ditunjukkan pada bagian puncak kurva dari grafik. Nilai kekuatan tarik bahan biokomposit hasil sintesis dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, tampak bahwa kekuatan tarik terbesar dari bahan uji dimiliki oleh bahan biokomposit yang banyak mengandung lembaran tipis bambu, yaitu sampel B (kurva warna merah), yaitu bahan komposit dengan penguat 9 lembaran tipis bambu dengan nilai kekuatan tarik sebesar $(71,60 \pm 0,53)$ MPa.

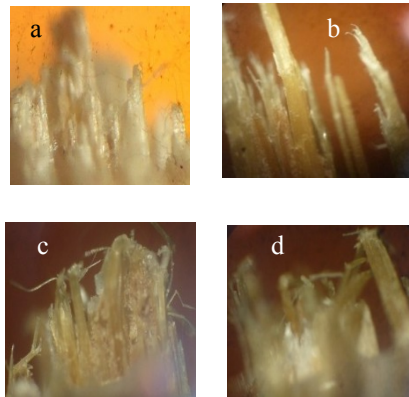


Gambar 3. Histogram nilai UTS dari keempat bahan biokomposit hasil sintesis

Kemudian berturut-turut diikuti oleh bahan komposit dengan penguat kombinasi 5 lembar lapisan tipis bambu dan 4 lembar lapisan tipis kayu sengon dengan nilai kekuatan tarik $(64,00 \pm 0,44)$ MPa, bahan biokomposit dengan penguat kombinasi 4 lembar lapisan tipis bambu dan 5 lembar lapisan tipis kayu sengon dengan nilai kekuatan tarik $(58,76 \pm 0,50)$ MPa, dan kekuatan tarik terkecil dimiliki oleh bahan biokomposit dengan penguat 9 lembaran tipis kayu sengon (sampel A), dengan nilai kekuatan tarik sebesar $(22,70 \pm 0,58)$ MPa.

Berdasarkan hasil tersebut tampak bahwa bahan biokomposit dengan kandungan penguat lapisan tipis bambu yang semakin banyak memiliki kekuatan tarik yang semakin besar. Ini berarti bahwa lapisan tipis bambu memiliki kekuatan lebih besar bila dibandingkan dengan lapisan tipis kayu sengon. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kayu sengon hanya memiliki kekuatan tarik sebesar 14,5 MPa sampai 27,5 MPa (Sandi, 2009). Sementara itu, bambu dengan ketebalan 10 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 97 MPa (Morisco, 1996). Perbedaan yang cukup antara kekuatan tarik bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis bambu dengan hasil penelitian Morisco lebih disebabkan karena ketebalan bahan uji pada penelitian Morisco lebih besar dibandingkan dengan ketebalan bahan uji dan perbedaan struktur penguat. Dalam penelitian ini struktur penguat berupa paduan lembaran tipis bambu, sementara itu penelitian Morisco bambu yang digunakan memiliki struktur yang utuh.

Besarnya kekuatan tarik bahan biokomposit hasil sintesis tersebut di atas sesuai dengan hasil pengamatan bentuk patahan bahan dari hasil uji tarik yang disajikan pada Gambar 4.

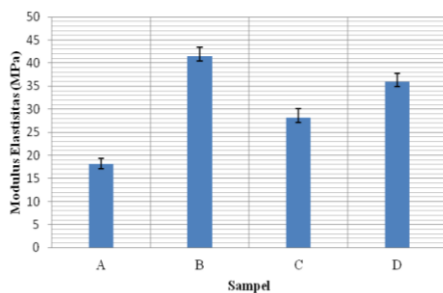


Gambar 4. Foto morfologi bentuk patahan bahan biokomposit hasil sintesis, (a) Sampel A; (b) Sampel B; (c) Sampel C; dan (d) Sampel D.

Dari gambar tampak bahwa lapisan tipis bambu memiliki serat patahan yang relatif panjang dibandingkan dengan lapisan tipis kayu sengon. Hal ini menunjukkan lapisan tipis kayu sengon patah lebih dahulu dibandingkan dengan lapisan tipis bambu, dengan kata lain lapisan tipis bambu lebih kuat dibandingkan dengan lapisan tipis kayu sengon.

Sementara itu, bentuk patahan bahan biokomposit yang dihasilkan termasuk dalam jenis patahan banyak (*splitting in multiple area*) dan tidak rata (Diharjo, 2006). Bahan biokomposit yang demikian cenderung memiliki kekuatan yang tinggi, sebab arah serat dari lembaran kayu dominan searah dengan pembebanan, sehingga kemampuannya menahan gaya tarik cukup kuat (Soleha, 2011).

Gambar 5 menunjukkan nilai modulus elastisitas, ditentukan dengan menggunakan metode *offset*, bahan komposit hasil sintesis. Bahan dengan jumlah penguat bambu lebih banyak memiliki modulus elastisitas paling besar.



Gambar 5. Histogram Modulus Elastisitas dari keempat bahan biokomposit hasil sintesis

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bambu memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk dapat mempertahankan bentuknya sebelum terjadi deformasi permanen akibat beban tarik yang diberikan. Jika suatu bahan memiliki daerah elastis yang besar, maka ikatan antar molekul dalam bahan semakin kuat. Setelah melewati daerah elastis, ikatan antar molekul akan mengalami perubahan. Sehingga daerah ini merupakan batas dimana bahan mengalami pertambahan panjang yang sebanding dengan besarnya tegangan yang diberikan (Zemansky, 1992).

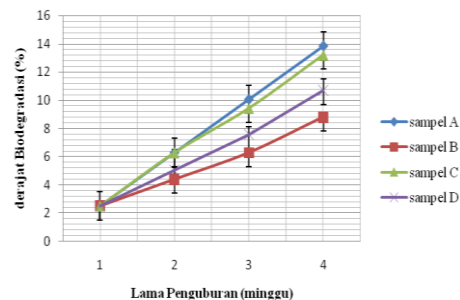
Kemampuan Biodegradasi Bahan

Hasil uji biodegradasi bahan biokomposit hasil sintesis ditunjukkan pada Tabel 1. Dari minggu pertama hingga minggu keempat, terjadi penurunan massa dari bahan uji. Hal ini menunjukkan adanya penurunan kualitas bahan biokomposit yang disintesis akibat penguburan.

Tabel 1. Nilai rata-rata derajat biodegradasi bahan biokomposit hasil sintesis

Sampel	Rata-rata derajat biodegradasi (%)			
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
A	2,52±0,19	6,29±0,19	10,06±0,19	13,84±0,19
B	2,52±0,19	4,40±0,19	6,29±0,19	8,81±0,19
C	2,52±0,19	6,29±0,19	9,43±0,59	13,21±0,59
D	2,52±0,19	5,03±0,19	7,55±0,59	10,69±0,79

Setelah selang waktu 4 minggu, penurunan massa terbesar dialami oleh bahan biokomposit yang banyak mengandung lembaran tipis kayu sengon yaitu sampel A, kemudian berturut-turut diikuti oleh bahan biokomposit dengan kandungan lembaran tipis kayu sengon yang semakin kecil, yaitu Sampel C, D dan B (tidak mengandung lembaran kayu sengon). Gambar 4 menunjukkan histogram hubungan antara lama penguburan dengan besarnya derajat biodegradasi bahan biokomposit hasil sintesis.



Gambar 6. Grafik hubungan antara lama penguburan dengan besarnya derajat biodegradasi bahan biokomposit hasil sintesis

Dari Gambar 6 nampak bahwa sampel A dan sampel C, yang mengandung jumlah lembaran kayu sengon lebih banyak, mudah terbiodegradasi dibandingkan dengan bahan dengan kandungan lembaran bambu lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis bambu lebih sukar untuk terbiodegradasi.

KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan sintesis bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis bambu dan lapisan tipis kayu sengon serta kombinasi keduanya. Bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis kayu bambu memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih besar dibandingkan dengan bahan biokomposit berpenguat lapisan tipis kayu sengon dan kombinasi antara lapisan tipis bambu dan kayu sengon. Demikian juga Sementara itu, kemampuan biodegradasi bahan biokomposit berpenguat lapisan tipis bambu lebih rendah bila dibandingkan dengan kemampuan biodegradasi bahan biokomposit berpenguat lapisan tipis kayu sengon dan kombinasi antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan tipis bambu memiliki kekuatan lebih besar dibandingkan lapisan tipis kayu sengon. Sehingga bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis atau serat bambu memiliki potensi untuk menggantikan bahan logam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, MSc, PhD dan Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si yang telah banyak meluangkan waktu untuk berdiskusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Avella M., A. Buzarovska, M. E. Enrico, G. Gentile, A. Grozdanov. 2009. *Review eco-challenges of bio-based polymer composites*. Materials. Vol 2, pp911-925.
- Diharjo, K. Tanpa Tahun. *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Firdaus. F., Mulyaningsih, S., Anshory, H. 2008. *Green Packaging Berbasis Biomaterial: Karakteristik Mekanik Dan Ketahanan Terhadap Mikroba Pengurai Film Kemasan Dari Komposit Pati Tropis-PLA-Khitosan*. UII Yogyakarta.
- Gopar, M. 2010. *Aplikasi Komposit Polipropilena-Mikrofibril Selulosa Tandan KosongKelapa Sawit Untuk Bahan Baku Industri Komponen Otomotif*. Unit Pelaksana Teknis balai penelitian dan Pengembangan Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Hanif. Tanpa tahun. *Serat pendek sabut kelapa sebagai penguat papan Komposit dengan styrofoam sebagai matriks*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Ifannossa, A., A., E., Hadi, B., K., Kusni, M. 2010. *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Laminat Helai dan Wooven yang Dibuat dengan Metode Manufaktur Hand Lay-Up*. Program Studi Aeronotika dan Astronotika Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung.
- Kaavessina, M . 2011. *Plastik Ramah Lingkungan*. Arab Saudi : King Saud University (KSU) Riyadh, Saudi Arabia.
- Khlolila, H. 2012. *Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat Manila Terhadap Sifat Mekanik Bahan Komposit Dengan Matriks Polyester*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
- Morisco. 1996. *Bambu Sebagai Bahan Rekayasa*. Yogyakarta.UGM.
- Mujiyono, J., Santoso B., R., Heru, S., Gentur, P., J. 2010. *Rekayasa Biokomposit Dari Kutulajk Dan Serat Rami*. Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian Teknologi, MIPA dan Pendidikan Vokasi Yogyakarta.
- Nurhudha, K. 2011. *Sifat Mekanik dan Kemampuan Degradasi Bahan Komposit Modifikasi Serbuk Kacang Tunggak (Vigna Unguiculata L.) dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu Sengon*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Ristadi, F, A. 2011. *Studi Mengenai Sifat Mekanis Komposit Polylactic Acid (PLA) Diperkuat Serat Rami*. Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Soleha, W. 2012. *Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas dan Kemampuan Biodegradasi Bahan Komposit dengan Penguat Limbah Pengeolahan Kayu Lapis dan Resin Poly*

Laktc Acid (PLA). Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

- Subiyanto, B., Masyeni, Mardikanto, R., T., Sadiyo, S. 1996. *Peningkatan Sifat Fisis Dan Mekanis Kayu Sengon (Paraserienthes Falcataria) Dengan Teknologi Pemampatan*. Seminar Fisika.
- Wicaksono, A. 2006. *Karakterisasi Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Kombinasi Serat Kenaf Acak dan Anyam*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- Yudo, H., Jatmiko, S. 2008. *Analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (baggase) ditinjau dari kekuatan tarik dan impak*. Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Vol. 5, No.2, Juni 2008