

# Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Bambu dan Matriks Asam Poli Laktat

## Sujito

**Abstrak:** Dalam makalah ini dibahas sintesis dan sifat mekanik bahan komposit ramah lingkungan berhasil disintesis dari resin asam poli laktat (PLA) dengan penguat serat bambu. Sintesis bahan komposit dilakukan dengan menggunakan tehnik pengepresan campuran antara serat bambu (panjang 10,0 mm, 20,0 mm, 30,0 cm, 40,0 cm, dan 100,0 cm) dan resin PLA, pada temperatur 125°C dan tekanan 140 MPa. Sifat mekanik, kekuatan tarik dan modulus Young, bahan komposit hasil sintesis ditentukan melalui uji tarik dengan menggunakan mesin uji Instron Universal Model 5567 dan kecepatan tarikan 1,0 mm/menit. Adapun dimensi bahan komposit ramah lingkungan untuk keperluan uji tarik ini adalah panjang 100,0 mm, lebar 10,0 mm, dan tebal 2,0 mm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan modulus Young bahan komposit ramah lingkungan hasil sintesis dipengaruhi oleh panjang serat. Bahan komposit ramah lingkungan hasil sintesis dengan penguat serat bambu panjang 100,0 mm memiliki kekuatan tarik paling besar.

**Kata kunci:** komposit ramah lingkungan, kekuatan tarik, modulus Young

## PENDAHULUAN

*Biodegradable* komposit atau yang juga dikenal sebagai *green* komposit atau komposit ramah lingkungan sebagian besar terbuat dari serat alam dan resin *biodegradable*. Penggunaan serat alam dari tumbuh-tumbuhan sebagai penguat dalam pengembangan bahan plastik berpenguat serat untuk menggantikan serat sintetis seperti serat gelas mendapat perhatian yang cukup besar. Hal ini dikarenakan adanya beberapa keuntungan yang dimiliki bahan serat alam tersebut diantaranya adalah bahwa serat alam merupakan bahan terbarukan, memiliki kepadatan rendah, dan memiliki

kekuatan yang tinggi. Akhir-akhir ini banyak penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki pengembangan bahan komposit ramah lingkungan dengan menggunakan serat alam seperti serat rami (Stuart *et al.*, 2006.), bambu (Takagi dan Ichihara, 2004; Sujito dan Takagi, 2011), nanas (Liu *et al.*, 2005.), sutra (Lee *et al.*, 2005), sisal (Alvarez dan Va'zquez, 2004), goni (Plackett *et al.*, 2003.), dan kenaf (Ochi, 2008) sebagai penguat dalam pengembangan bahan komposit ramah lingkungan.

Penelitian tersebut kebanyakan untuk menguji pengaruh kondisi molding, sifat mekanik, dan gaya

adhesi antara permukaan serat dan resin.

Di sisi yang lain, salah satu bahan biodegradable resin yang sering digunakan dalam sintesis bahan komposit ramah lingkungan adalah asam poli-laktat atau *poly-lactic acid* (PLA). PLA adalah kelas polimer termoplastik kristal biodegradable dengan relatif titik leleh tinggi dan sifat mekanik yang sangat baik. Saat ini PLA telah menjadi perhatian para peneliti karena ketersediaannya dari sumber daya terbarukan seperti jagung dan gula bit. PLA disintesis dengan kondensasi polimerisasi D-atau L-asam laktat atau polimerisasi pembukaan cincin laktida yang sesuai ( Garlota, 2002 dan Fang et al., 1999).

Dalam kondisi lingkungan tertentu, bahan PLA murni dapat terbiodegradasi menghasilkan karbon dioksida, air dan gas metana selama beberapa bulan sampai dua tahun. Ini merupakan keuntungan yang berbeda dibandingkan dengan bahan plastik yang berasal dari minyak bumi yang membutuhkan waktu lebih lama lagi untuk terbiodegradasi. Teknologi polimerisasi PLA dalam industri maju telah dikembangkan untuk mendapatkan bahan PLA murni yang memiliki berat molekul tinggi, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai

material struktur dengan waktu penggunaan cukup untuk mempertahankan sifat mekaniknya tanpa terhidrolisis dengan cepat.

Dalam paper ini sintesis bahan komposit ramah lingkungan dengan penguat serat bambu dan matriks PLA didiskusikan. Pengaruh panjang serat bambu dengan orientasi arah serat lurus sejajar terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis dikaji dalam paper ini.

## EKSPERIMEN

### Bahan

Serat bambu seperti ditunjukkan pada **Gambar 1** diperoleh dari ekstraksi batang bambu dengan menggunakan metode *steam explosion* pada temperatur 180°C selama 40 menit. Setelah perlakuan tersebut batang bambu menjadi rapuh, dan serat bambu dengan ukuran panjang tertentu dengan mudah dikeluarkan dari batang bambu dengan tangan. Sel-sel lunak yang melekat pada permukaan serat bambu dibersihkan dengan mengusapkan kain basah pada permukaan serat bambu. Kemudian serat bambu dipotong-potong dengan ukuran 1,0 cm, 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, dan 10,0 cm untuk digunakan sebagai penguat. Sementara itu resin PLA berbentuk emulsi diperoleh dari

Miyoshi Oil & Fat Co, Ltd; PL-2000 digunakan sebagai matriks (Sujito dan Takagi, 2011). Emulsi ini berisi partikel halus dengan ukuran

diameter sekitar 2,2  $\mu\text{m}$  tersuspensi dalam air dengan kandungan massa sekitar 40%. Karakteristik dari bahan resin ini ditunjukkan pada **Tabel 1**.



**Gambar 1.** Serat bambu yang digunakan dalam sintesis bahan komposit ramah lingkungan.

**Tabel 1.** Karakteristik bahan resin PLA (PL-2000).

Besaran	Nilai
Massa jenis	1.26 gram/cm <sup>3</sup>
Kekuatan tarik	11.5 MPa.
Modulus elastisitas	1.1 GPa.
Diameter partikel	2.2 $\mu\text{m}$

Pertama, potongan serat bambu (massa 5 gram) dengan panjang 1,0 cm disusun dengan arah orientasi serat sejajar di dalam cetakan yang terbuat dari bahan aluminium dengan dimensi panjang 10,0 cm, lebar 1,0 cm dan ketebalan 2,0 cm. Kemudian PLA yang berbentuk emulsi dengan massa 10,0 gram dituangkan di atas permukaan serat yang telah tersusun hingga merata, kemudian dikeringkan

dengan oven pada temperatur 75<sup>0</sup>C selama 12 jam. Setelah itu, campuran serat dengan PLA yang telah mengering dikeluarkan dari cetakan dan selanjutnya ditempatkan ke dalam cetakan logam pada mesin pengepres. Bahan komposit dalam cetakan pada mesin pengepres kemudian temperaturnya dinaikkan hingga 125<sup>0</sup>C dan dibiarkan

selama 5 menit, kemudian dipres dengan mesin pengepres, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**, pada tekanan 140 MPa selama 5 menit. Setelah itu cetakan logam dikeluarkan dari alat pengepres kemudian didinginkan hingga mencapai

temperatur ruangan. Terakhir, bahan komposit dikeluarkan dari alat cetakan logam dan disimpan di dalam desikator sebelum dilakukan uji tarik. Adapun dimensi bahan komposit hasil sintesis adalah sekitar, panjang 10,0 cm, lebar 1,0 cm dan tebal 0,2 cm.



**Gambar 2.** Mesin pengepres yang digunakan dalam pembuatan bahan komposit.

Dengan metode yang sama dilakukan sintesis bahan komposit berpenguat serat bambu dengan orientasi arah serat lurus sejajar yang panjangnya 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, dan 10,0 cm. Untuk keperluan uji kekuatan tarik, masing-masing bahan komposit dibuat sebanyak lima buah.

### Uji Tarik

Kekuatan tarik dan modulus elastisitas (E) bahan komposit hasil sintesis ditentukan dengan melakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji Instron (Model 5567) yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Pengujian tarik dilakukan pada kecepatan *crosshead*

1,0 mm/menit, dengan panjang *gauge* 30,0 mm. Uji tarik tidak dapat dilakukan untuk bahan komposit berpenguat serat bambu dengan panjang serat 1,0 cm. Hal ini dikarenakan bahan komposit berpenguat serat bambu dengan panjang serat 1,0 cm sintesis gagal dilakukan. Kekagalan ini disebabkan

panjang serat yang hanya 1,0 cm tidak mampu menahan PLA yang telah meleleh kemudian dipres dengan tekanan sebesar 140 MPa., cairan keluar dari sela-sela alat pencetak dan akhirnya pada bahan komposit dengan penguat serat bambu panjangnya 1,0 cm tidak dapat dilakukan uji tarik.



**Gambar 3.** Mesin uji tarik Instron Model 5567

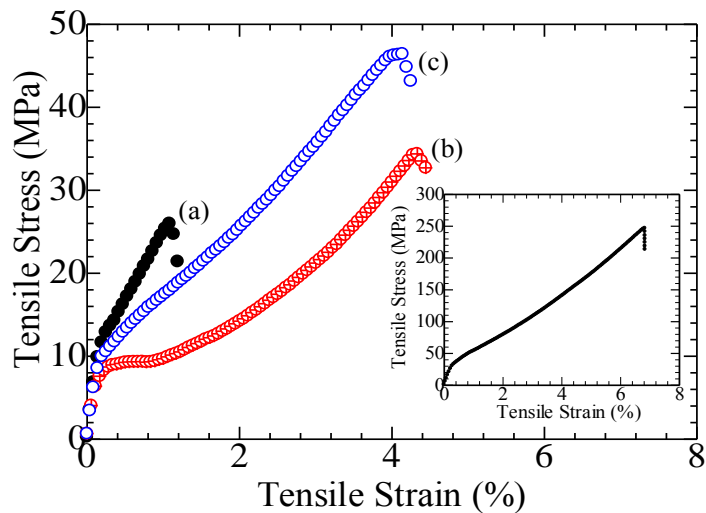
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Gambar 4** menunjukkan tipikal grafik hubungan antara tegangan tarik atau *stress* dan regangan atau *strain* hasil uji tarik terhadap bahan komposit hasil sintesis. Berdasarkan grafik tersebut tampak bahwa dalam batas-batas tertentu regangan bahan komposit bertambah secara linier dengan bertambahnya tegangan tarik.

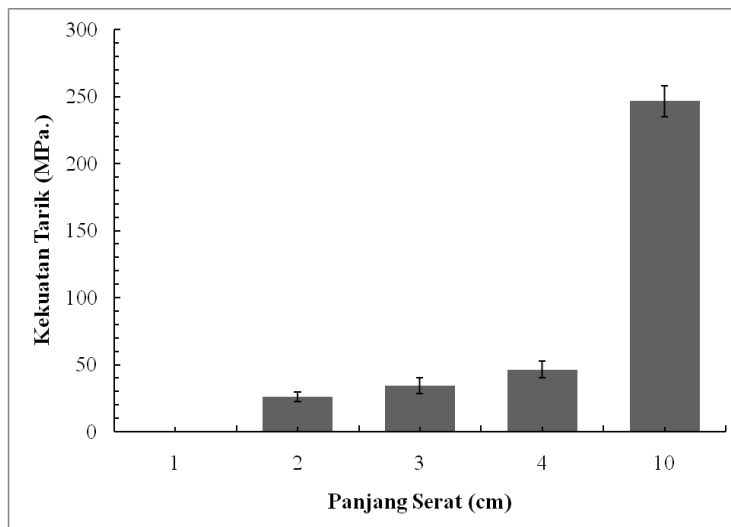
Kemudian bahan komposit bertambah panjang dengan bertambahnya tegangan tarik sehingga akhirnya putus. Nilai maksimum dari tegangan tarik sesaat sebelum bahan komposit putus disebut dengan tegangan tarik maksimum atau *ultimate tensile strength* (UTS). Sehingga, berdasarkan **Gambar 4**, tampak bahwa UTS untuk masing-masing bahan komposit hasil

sintesis berbeda antara yang satu dengan yang lain. Semakin besar nilai UTS bahan komposit maka bahan komposit tersebut bersifat semakin ulet. Hal inilah yang menyebabkan dengan demikian bahan komposit

tidak akan cepat putus pada saat dilakukan uji tarik. Nilai kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis sebagai fungsi panjang serat ditunjukkan pada **Gambar 5**. Berdasarkan gambar tersebut tampak bahwa nilai kekuatan



**Gambar 4.** Tipikal grafik hubungan antara tegangan tarik dengan regangan bahan komposit hasil sintesis dengan panjang serat: (a) 2,0 cm; (b) 3,0 cm, dan (c) 4,0 cm. Gambar inset untuk panjang serat 10,0 cm.

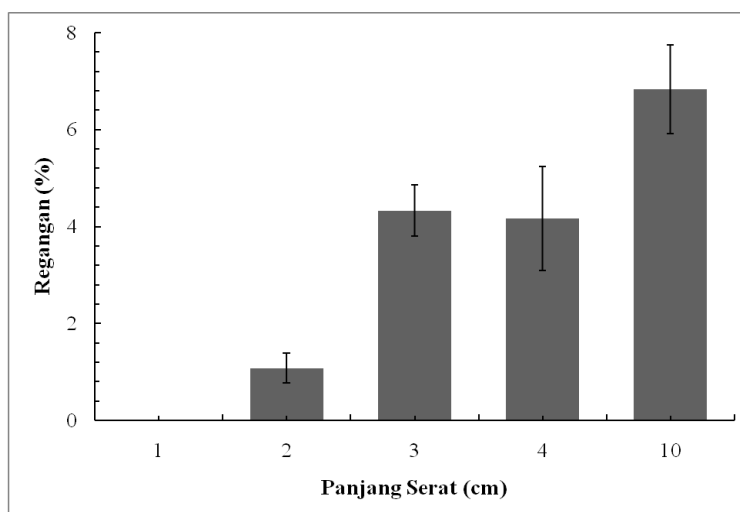


**Gambar 5.** Kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis sebagai fungsi panjang serat.

tarik bahan komposit hasil sintesis bertambah dengan bertambahnya panjang serat sebagai penguat pada bahan komposit hasil sintesis. Nilai kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis tersebut adalah  $(25,98 \pm 3,52)$  MPa.,  $(34,39 \pm 5,67)$  MPa.,  $(46,49 \pm 6,31)$  MPa., dan  $(246,63 \pm 11,53)$  MPa., yang masing-masing untuk bahan komposit dengan panjang serat 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, dan 10,0 cm.

Hal ini menunjukkan bahwa panjang serat pada bahan komposit mampu meningkatkan kekuatan tarik

bahan komposit hasil sintesis. Ini berarti bahwa beban tarik yang diterima bahan komposit didistribusikan secara merata kepada serat dengan orientasi arah lurus sejajar dan matriks, sehingga mengakibatkan kemampuan bahan komposit untuk menahan gaya tarik semakin besar dan regangan bahan komposit juga bertambah besar dengan bertambahnya panjang serat yang digunakan sebagai penguat. Nilai regangan bahan komposit hasil sintesis dengan penguat serat bambu dan matrik PLA, dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Nilai regangan sebagai fungsi dari panjang serat bambu pada bahan komposit hasil sintesis.

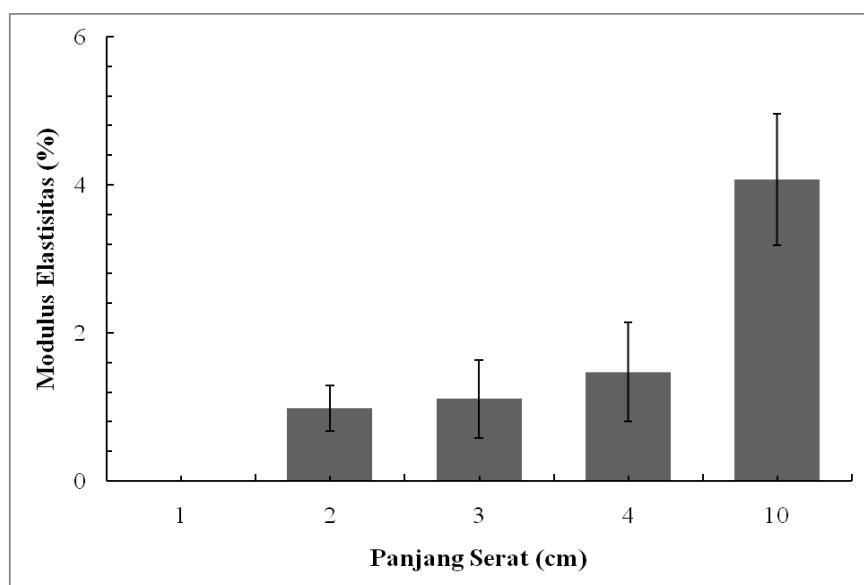
Sementara itu, nilai Modulus Elastisitas ( $E$ ) bahan komposit hasil sintesis ditentukan dengan menggunakan metode *offset*. Melalui titik regangan 0,2% dibuat garis sejajar

dengan garis/daerah elastis hingga memotong kurva pada grafik hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Nilai tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) dari titik potong tersebut

masing-masing disebut sebagai tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) dan regangan luluh ( $\epsilon_y$ ) bahan komposit hasil sintesis. Modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis kemudian ditentukan dengan menghitung nilai perbandingan antara tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) dan regangan luluh ( $\epsilon_y$ ). Nilai modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis tersebut sebagai fungsi panjang serat ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Berdasarkan **Gambar 7** diperoleh bahwa nilai E yang paling besar diperoleh pada bahan komposit dengan panjang serat 10,0 cm, yaitu sebesar  $(4,07 \pm 0,5)$  GPa. Hal ini menunjukkan bahwa bahan komposit hasil sintesis dengan panjang serat

bambu 10,0 cm memiliki sifat keuletan yang lebih baik dibandingkan dengan bahan komposit lain yang dihasilkan dalam penelitian ini. Ini berarti bahwa kemampuan bahan komposit dengan penguat serat bambu yang panjangnya 10,0 cm untuk menerima gaya dari luar tanpa mengalami deformasi setelah gaya dari luar tersebut tidak bekerja pada bahan lagi lebih besar dibandingkan dengan bahan komposit dengan penguat yang lain. Berdasarkan hasil tersebut di atas maka diperoleh bahwa penggunaan serat bambu dengan panjang 10,0 cm sebagai penguat dalam sintesis bahan komposit pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai modulus elastisitas bahan PLA murni sebesar kurang lebih 400%.



**Gambar 7.** Nilai modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis sebagai fungsi panjang serat.



## KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan sintesis bahan komposit ramah lingkungan dengan menggunakan penguat serat bambu dan emulsi *biodegradable* resin asam poli-laktat (PLA). Kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis bertambah besar dengan bertambahnya panjang serat pada bahan komposit ramah lingkungan hasil sintesis. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas terbesar dari bahan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini masing-masing adalah  $(246,63 \pm 11,53)$  MPa dan  $(4,07 \pm 0,5)$  GPa, diperoleh pada bahan komposit dengan penguat serat bambu yang panjangnya 10,0 cm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pemerintah Indonesia melalui Dirjen Dikti Kemendikbud Jakarta atas pendanaan yang telah diberikan untuk melakukan kegiatan penelitian melalui program PAR C Tahun 2010.

## DAFTAR PUSTAKA

Alvarez, V.A., Va'zquez, A., 2004. *Thermal degradation of cellulose derivatives/starch blends and sisal fibre biocomposites*. Polymer Degradation and Stability 84, 13–21.

Fang, Q., Hanna, M.A., 1999. *Rheological properties of amorphous and semicrystalline poly(lactic acid) polymers*. India Crop Production, 10, 47-53.

Garlotta, D.A., 2002. *Literature review of poly(lactic acid)*. Journal of Poland Environment, 9, 63-84

Lee, S.M., Cho, D., Park, W.H., Lee, S.G., Han, S.O., Drzal, L.T., 2005. *Novel silk/poly (butylene succinate) biocomposites: the effect of short fibre content on their mechanical and thermal properties*. Composites Science and Technology 65, 647–657.

Liu, W., Misra, M., Askeland, P., Drzal, L., Mohanty, A.K., 2005. *'Green' composites from soy based plastic and pineapple leaf fiber: fabrication and properties evaluation*. Polymer 46, 710–721.

Ochi, S., 2008. *Mechanical properties off kenaf fibers and kenaf/PLA composites*, Mechanics of Materials 40, 446-452.

Plackett, D., Andersen, T.L., Pedersen, W.B., Nielsen, L., 2003. *Biodegradable composites based on polylactide and jute fibres*. Composites Science and Technology 63, 1287–1296.

Stuart, T., Liu, Q., Hughes, M., McCall, R.D., Sharma, H.S.S., Norton, A., 2006. *Structural biocomposites from flax - Part I: effect of biotechnical fibre modification on composite properties*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 37, 393–404.

Sujito and Takagi, H., 2011. *Flexural strength and impact energy of microfibril bamboo fiber reinforced*

*environment-friendly composites based on poly-lactic acid resin.* International of Modern Physics B, Vol. 25, No. 31, 4195-4198.

Takagi, H. and Ichihara Y., 2004. *Effect of fiber length on mechanical properties of green composites using a starch-based resin and short bamboo fibers.* International Journal of Material Science and Engineering, Vol. 47, No. 4, 551-555.