

**Bidang Unggulan: 2.b.4/pengembangan tebu sebagai  
bahan serat**

**Kode>Nama Rumpun Ilmu: 111/Fisika**

**ABSTRAK DAN RANGKUMAN EKSEKUTIF  
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**PENGEMBANGAN BAHAN KOMPOSIT  
RAMAH LINGKUNGAN BERPENGUAT  
SERAT AMPAS TEBU DAN RESIN  
*BIODEGRADABLE***

**Ketua Tim Peneliti**

**Drs. Sujito, Ph.D.**

**NIDN: 0004026110**

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS JEMBER  
TAHUN 2014**

# **Pengembangan Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Biodegradable***

Peneliti : Sujito<sup>1</sup>, Sudarmadji<sup>2</sup>, E. Purwandari<sup>1</sup>  
Mahasiswa Terlibat : Moh. Iqbalul Hasan A.<sup>1</sup>, Ali Imron Habibi<sup>1</sup>, Riska Dwi A<sup>1</sup>, Noviana Wulantika<sup>1</sup>, Zam Zam SA<sup>1</sup>  
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember Tahun 2014

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember

## ABSTRAK

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk memperoleh bahan komposit ramah lingkungan berpenguat modifikasi serat ampas tebu dan *biodegradable* resin *bacterial cellulose* (BC) yang memiliki sifat mekanik baik, sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengembangan teknologi struktur. Untuk mencapai tujuan tersebut telah berhasil dilakukan sintesis bahan komposit dengan orientasi arah serat/penguat ampas tebu searah dan acak dengan resin BC. Kekuatan tarik dan bending bahan komposit hasil sintesis diuji dengan standar ASTM D-638 menggunakan mesin uji TM 113 Universal 30 KN. Sementara itu, kemampuan biodegradasi bahan komposit hasil sintesis diuji dengan menggunakan metode penguburan di dalam tanah yang telah disediakan di dalam pot. Dari hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa telah berhasil dilakukan sintesis bahan komposit dengan orientasi arah *bundle* serat ampas tebu searah dan acak dengan fraksi massa serat 20%, 40% dan 60%. Bahan biokomposit dengan orientasi arah serat searah memiliki sifat mekanik (kekuatan tarik dan impak) lebih baik dibandingkan dengan dua bahan biokomposit yang lain yang dihasilkan dalam sintesis bahan biokomposit di penelitian ini. Bahan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan bahan komposit ramah lingkungan atau biokomposit karena mampu terbiodegradasi secara alami.

***Kata kunci:*** Komposit ramah lingkungan, kekuatan tarik, kekuatan bending, kemampuan biodegradasi, BC, ampas tebu

# Pengembangan Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Bacterial Cellulose*

Peneliti : Sujito<sup>1</sup>, Sudarmadji<sup>2</sup>, E. Purwandari<sup>1</sup>  
Mahasiswa Terlibat : Moh. Iqbalul Hasan A.1, Ali Imron Habibi<sup>1</sup>, Riska Dwi A<sup>1</sup>, Noviana Wulantika<sup>1</sup>, Zam Zam SA<sup>1</sup>  
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember Tahun 2014

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember

## LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

Penggunaan serat alami untuk memperkuat polimer biodegradabel sebagai alternatif untuk serat sintetis atau kaca telah dan terus menjadi subyek penelitian oleh para peneliti bahan komposit. Keuntungan dari penggunaan serat alam dan polimer *biodegradable* untuk menghasilkan bahan komposit yang ramah lingkungan atau *green composites* telah didokumentasikan dengan baik dan pada umumnya dilakukan dengan dasar pertimbangan pada faktor ramah lingkungan serta faktor kesehatan dan keselamatan (Avela, 2009). Hingga kini, berbagai serat alam yang ada telah digunakan untuk membuat bahan komposit ramah lingkungan, seperti misalnya serat bambu (Takagi et.al., 2003; Sujito, 2012; Sujito dan Takagi, 2011; Lee, 2005), kenaf (Ochi, 2008), rami (Badros, 2007), ganja (Garcia, 2008), jute (Hu et.al., 2007), serat kayu (Huda, 2006), dan serat ampas tebu (Rahman, 2011).

Sejalan dengan penggunaan serat ampas tebu dalam pembuatan bahan komposit, studi pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik bahan komposit berpenguat serat ampas tebu dan resin poliester telah dilakukan (Rahman et.al., 2011). Hasil pengujian kekuatan tarik bahan komposit berpenguat serat ampas tebu dengan arah orientasi unidireksional dan resin poliester menunjukkan bahwa dengan bertambahnya fraksi volume serat mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dan regangan tarik namun meningkatkan modulus elastisitasnya. Kekuatan tarik tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 32,19 MPa dan terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 18,58 MPa dan. Regangan tarik mengalami penurunan dengan nilai tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 9,11% dan terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 4,31%. Modulus elastisitas mengalami kenaikan dengan harga terendah pada  $V_f = 0\%$  yaitu 356,60 MPa dan tertinggi pada  $V_f = 40\%$  sebesar 485,60 MPa. Hasil pengamatan patahan menunjukkan patah tunggal pada fraksi volumen 0%, 10%, 20% dan 40%, sedangkan pada fraksi volume 30% terjadi patah banyak.

Sementara itu, salah satu polimer *biodegradable* yang telah banyak digunakan karena ketersediaan dari sumber daya alam yang terbarukan seperti

jagung, gandum, bit gula dan tapioka adalah poli-asam laktat (PLA). PLA adalah polimer termoplastik *biodegradable* dengan titik leleh yang relatif tinggi dan memiliki sifat mekanik yang baik. Biasanya, PLA yang merupakan polimer asam laktat disintesis dengan cara polimerisasi kondensasi dari L-asam laktat yang merupakan asam organik yang penting di industri, terutama di industri makanan (Datta et al. 1995). Selain tanaman dan beberapa hewan yang lebih rendah (misalnya Tunicata sp.), Selulosa juga diproduksi oleh genera bakteri (misalnya *Rhizobium sp*, *Agrobacterium sp.*, *Alcaligenes sp.*) (Vandamme, 1998). *Bacterial cellulose* (BC) adalah polisakarida rantai lurus dengan sama struktur kimia selulosa yang berasal dari tanaman. Namun, bakteri selulosa memiliki keuntungan karena tanpa mengandung lignin, pektin, hemiselulosa, dan lainnya produk biogenik yang biasanya terkait dengan dinding sel tumbuhan (Jonas, 2006). Karena kemurniannya yang tinggi dan karakteristik fisikokimia khusus, selulosa bakteri memiliki aplikasi dalam berbagai bidang termasuk makanan, biomedis, misalnya untuk perawatan luka (Czaja, 2006) dan jaringan engineering (Svensson, 2005 dan Klemmen, 2001) dan rekayasa nanokomposit (Gindl, 2004). Berdasarkan fenomena di atas penelitian yang mengarah pada pengembangan bahan komposit ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan manusia masih sangat diperlukan.

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari pelaksanaan kegiatan penelitian ini adalah memperoleh bahan komposit ramah lingkungan berpenguat modifikasi serat ampas tebu dan *biodegradable* resin *bacterial cellulose* – BC dari *nata de coco*, yang memiliki sifat fisis (mekanis dan thermal) sangat baik sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pembuatan papan panel-panel bagian interior rumah maupun panel interior industri transportasi (mobil, kereta api dan pesawat terbang). Dengan tercapainya tujuan khusus tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis ampas tebu yang pada gilirannya juga diharapkan mampu meningkatkan taraf hidup buruh tani atau petani tebu dan *stakeholders* lain yang terkait.

## **METODE PENELITIAN**

Sintesis bahan komposit dengan penguat serat ampas tebu dan resin BC dilakukan dengan menggunakan metode yang sama sebagaimana dilakukan pada tahun I. Hanya saja bedanya, resin PLA yang digunakan pada tahun 2013 digantikan dengan resin *Bacterial Cellulose* (BC) dari *nata de coco*. *Nata de coco* yang digunakan diperoleh dari industri rumahan *nata de coco* yang ada di Jember yang telah dijual di pasar-pasar tradisional di Kota Jember. Bahan resin BC *nata de coco* dicampur dengan serat ampas tebu yang telah disiapkan kemudian dikeringkan dan dipres pada kondisi yang sama seperti pada tahun I, yaitu pada temperatur 120<sup>0</sup>C, untuk mendapatkan bahan komposit ramah lingkungan yang diinginkan. Spesimen bahan komposit hasil sintesis dalam penelitian ini memiliki dimensi panjang 100,0 mm, lebar 10,0 mm lebar, dan tebal 2,0 mm ketebalan dibuat dan digunakan untuk pengujian kekuatan tarik. Sedangkan, spesimen

dengan dimensi panjang =100,0 mm, lebar 10,0 mm lebar, dan tebal 4,0 mm dibuat dan digunakan untuk pengujian kekuatan lentur/bending. Dalam hal ini disintesis tiga jenis bahan biokomposit dengan arah orientasi serat masing-masing adalah longitudinal, transversal, dan longitudinal.

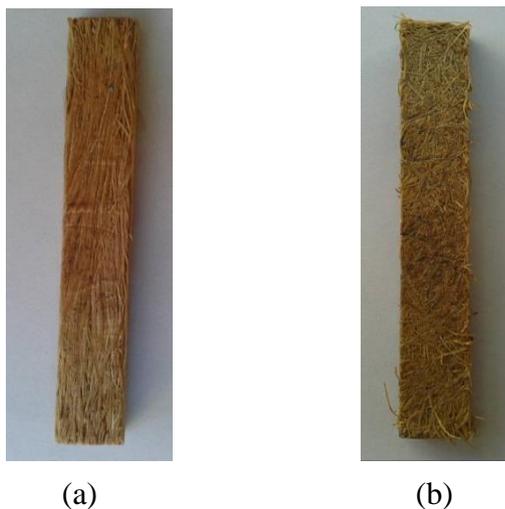
Pengujian tarik bahan komposit dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-638 dan dilakukan dengan mesin uji TM 113 Universal 30 kN. Hasil uji tarik dari spesimen dilakukan pada kecepatan *crosshead* sebesar 1,0 mm/menit dengan jarak *gauge* 30,0 mm. Uji bending bahan komposit juga dilakukan dengan menggunakan mesin yang sama dengan menggunakan metode 3-titik dengan panjang bentang 50,0 mm. Data hasil uji kemudian dianalisis untuk mengetahui kekuatan tarik, kekuatan bending, modulus elastisitas dan modulus bending bahan komposit hasil sintesis.

Uji degradasi bahan komposit hasil sintesis dilakukan dengan metode penguburan bahan komposit hasil sintesis sebagai bahan uji ke dalam tanah kompos yang diletakkan di dalam pot, untuk mengetahui kemampuan degradasi bahan komposit hasil sintesis. Perubahan massa bahan komposit setelah dikubur dan sebelum dikubur diukur sebagai fungsi waktu. Kemampuan biodegradasi bahan komposit hasil sintesis ditentukan dengan menggunakan persamaan seperti yang telah dilakukan oleh pengusul (Sujito, 2010). Pengamatan morfologi permukaan bahan komposit hasil sintesis setelah dilakukan penguburan dengan mikroskop optik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bahan biokomposit hasil sintesis

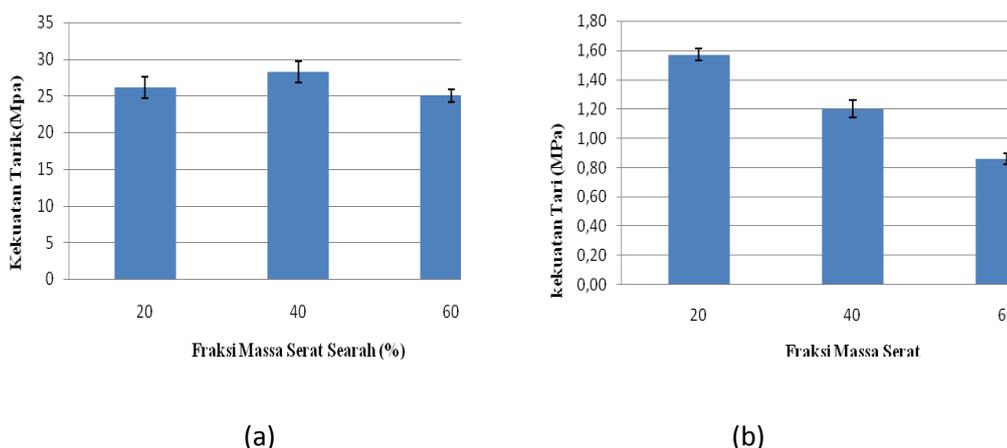
Gambar 1 menunjukkan bahan biokomposit hasil sintesis dengan orientasi arah serat yang berbeda, yaitu (a). Arah serat sejajar dan (b). Arah orientasi serat acak. Secara umum bahan komposit yang dihasilkan memiliki permukaan rata dan bentuk fisik yang relatif sama, dengan dimensi 10,0 cm x 1,0 cm x 0,3 cm.



**Gambar 1** Tipikal bahan biokomposit hasil sintesis; (a). Arah orientasi serat sejajar; dan (b). Arah orientasi serat acak.

## Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis ditentukan dengan mengambil nilai tegangan tarik maksimum atau *ultimate tensile strength* (UTS) dari hasil percobaan uji tarik dengan menggunakan mesin uji TM 113 Universal 30 kN. Gambar 2 menunjukkan kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis sebagai fungsi dari fraksi massa serat.



**Gambar 2** Kekuatan tarik ( $\sigma$ ) bahan komposit hasil sintesis sebagai fungsi dari fraksi massa serat, (a). orientasi arah serat sejajar dan (b). Orientasi arah serat acak.

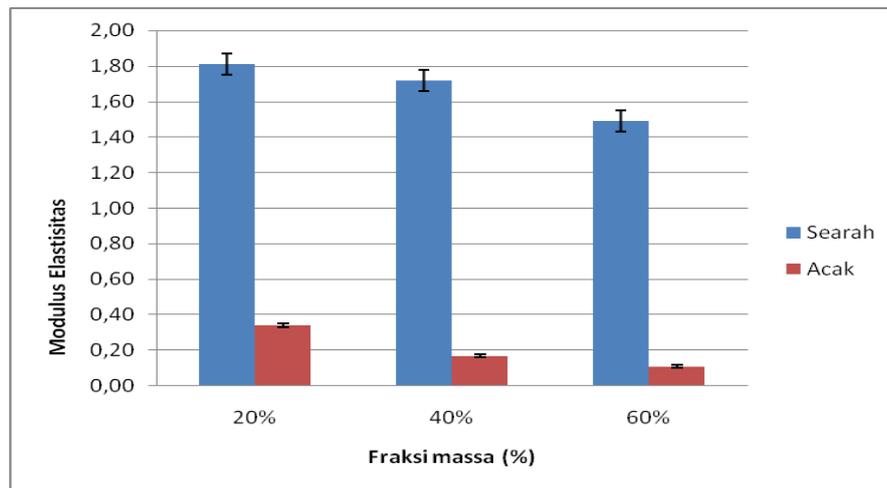
Berdasarkan Gambar 2 tampak bahwa masing-masing bahan biokomposit hasil sintesis memiliki kekuatan tarik yang berbeda. Nilai kekuatan tarik bahan komposit ditentukan oleh nilai tertinggi dari tegangan tarik sesaat sebelum bahan komposit tersebut putus yang disebut dengan tegangan tarik maksimum atau *Ultimate Tensile Strength* (UTS). Nilai *ultimate tensile strength* (UTS) rata-rata dari bahan komposit hasil sintesis disajikan dalam Gambar 5.2 tersebut. Dari Gambar 5.2 tampak bahwa nilai UTS untuk masing – masing bahan komposit hasil sintesis berbeda antara yang satu dengan yang lain. Nilai kekuatan tarik tertinggi ada pada bahan komposit hasil sintesis dengan fraksi massa 40% dan orientasi arah serat sejajar yaitu sebesar  $(28.27 \pm 1.42)$  MPa. dan kekuatan tarik minimum dimilikia oleh bahan komposit hasil sintesis dengan arah orientasi serat acak dan fraksi massa serat 60%, yaitu sebesar  $(0,82 \pm 0,06)$ MPa.

Jika suatu bahan memiliki nilai kekuatan maksimum (UTS) semakin besar maka regangan maksimum yang dimiliki bahan komposit juga semakin besar. Regangan maksimum menunjukkan nilai keuletan atau besarnya deformasi plastis yang dimiliki bahan pada saat bahan tersebut patah. Ini berarti bahwa semakin besar nilai keuletan bahan komposit maka bahan biokomposit hasil sintesis semakin tidak mudah putus pada saat dilakukan uji tarik.

Bervariasinya kekuatan tarik bahan biokomposit hasil sintesis di atas dalam menerima beban bergantung pada orientasi arah penguatnya, dimana untuk bahan biokomposit dengan orientasi arah penguat longitudinal memiliki kekuatan menahan beban yang paling tinggi dibandingkan dengan bahan komposit dengan orientasi arah penguat transversal dan campuran.

Sementara itu, nilai modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis ditentukan dengan menggunakan metode *offset* dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan garis linier, kemudian menggeser garis tersebut sampai di titik regangan 0,2% hingga memotong grafik, titik potong tersebut menyatakan titik luluh bahan

Gambar 3 menunjukkan nilai modulus elastisitas bahan sebagai fungsi orientasi arah serat. Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan yang dimiliki oleh suatu bahan. Oleh karena itu semakin besar modulus elastisitas suatu bahan komposit hasil sintesis maka semakin besar sifat kekakuan bahan komposit tersebut atau bersifat semakin tidak elastis.

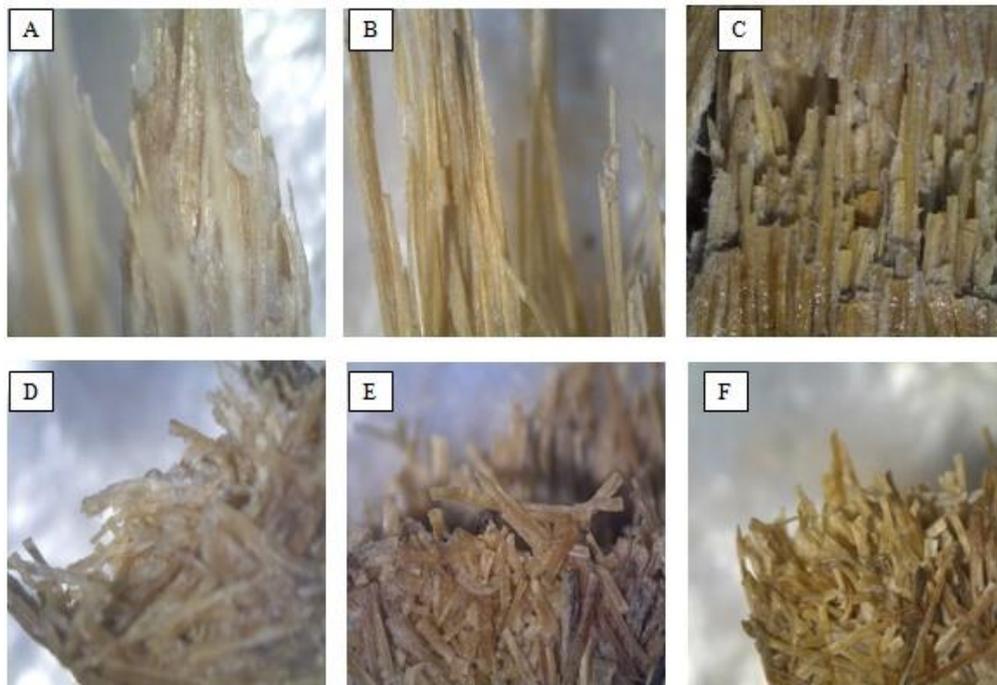


**Gambar 3** Histogram hubungan antara modulus elastisitas (E) terhadap orientasi arah dan fraksi massa serat.

Berdasarkan gambar 3 diperoleh bahwa nilai modulus elastisitas (E) dari bahan komposit hasil sintesis tersebut adalah  $(1.81 \pm 0.06)$  MPa,  $(1.72 \pm 0.06)$  MPa, dan  $(1.49 \pm 0.06)$  MPa masing-masing untuk fraksi massa 20%, 40%, dan 60% dengan orientasi arah serat searah, sedangkan untuk bahan komposit hasil sintesis berorientasi serat acak adalah  $(0.34 \pm 0.01)$  MPa,  $(0.17 \pm 0.01)$  MPa, dan  $(0.11 \pm 0.01)$  MPa, masing-masing untuk bahan komposit dengan fraksi massa 20%, 40% dan 60%. Dari data tersebut tampak bahwa nilai modulus elastisitas terbesar dari dua jenis bahan komposit yang dihasilkan adalah pada bahan komposit dengan fraksi massa 20% yaitu sebesar  $(1.81 \pm 0.06)$  MPa dan  $(0.34 \pm 0.01)$  MPa, masing-masing untuk bahan komposit orientasi searah dan orientasi acak. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa bahan komposit dengan fraksi massa 20% memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mempertahankan bentuknya sebelum terjadi deformasi permanen akibat beban tarik yang diberikan.

Hasil uji tarik seperti diuraikan di atas didukung dengan hasil analisis patahan bahan komposit karena uji kekuatan tarik, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan gambar 5.4 tampak bahwa bentuk patahan dari sampel dengan orientasi searah dapat digolongkan ke dalam *brush-type*, di mana serat mengalami patah banyak, *fiber pullout* dan *debonding*. Jenis patahan ini

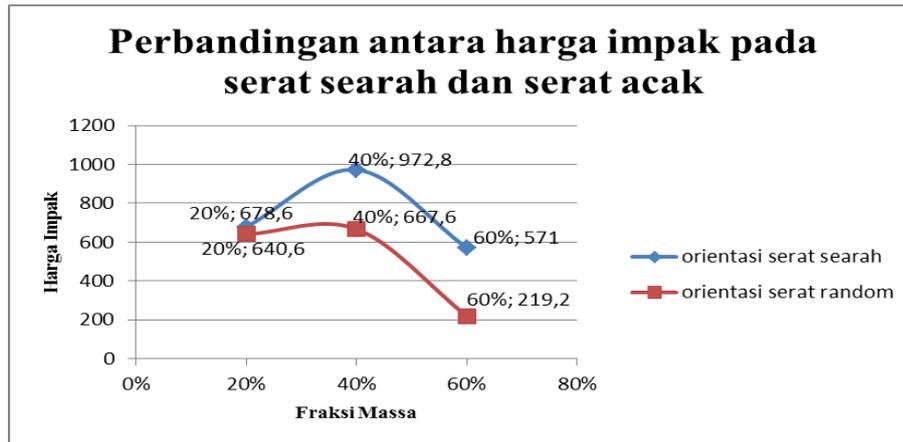
dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matrik, maupun fraksi volume serat dan matrik. Sedangkan pada bahan komposit hasil sintesis dengan orientasi acak memiliki bentuk patahan yang lebih rata dibandingkan dengan patahan pada bahan komposit hasil sintesis dengan orientasi searah atau disebut dengan patahan tunggal artinya di tempat yang relatif sama.



**Gambar 4.** Foto tipikal morfologi bentuk patahan bahan komposit hasil sintesis, masing-masing untuk bahan biokomposit dengan orientasi arah serat sejajar dengan fraksi massa serat 20% (A), 40% (B), 60% (C), dan arah orientasi serat acak dengan fraksi massa serat 20% (D), 40% (E), 60% (F).

#### **Kekuatan Impak.**

Kekuatan impak bahan biokomposit hasil sintesis sebagai fungsi dari fraksi massa serat dengan orientasi arah serat searah dan acak ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan gambar tersebut diperoleh bahwa nilai kekuatan impak tertinggi terdapat pada bahan biokomposit hasil sintesis dengan orientasi arah serat searah dan fraksi massa serat 40%, yaitu sebesar  $972,8 \text{ kJ/m}^2$ . Sementara itu, nilai kekuatan impak terendah dimiliki oleh bahan biokomposit dengan orientasi arah serat acak dan fraksi massa serat 60%, yaitu sebesar  $219,2 \text{ kJ/m}^2$ .



**Gambar 5** Grafik kekuatan impact bahan komposit hasil sintesia sebagai fungsi fraksi massa serat.

Perbedaan yang signifikan dari nilai kekuatan impact yang dimiliki oleh bahan biokomposit dengan orientasi arah serat searah dan acak diduga disebabkan karena persebaran beban yang diterima oleh bahan biokomposit dengan orientasi arah serat searah saat uji kekuatan impact dilakukan lebih merata dan ikatan antar serat dengan matriks lebih kuat bila dibandingkan dengan bahan biokomposit dengan orientasi arah serat acak. Hal ini disebabkan karena secara umum penambahan jumlah serat dalam bahan komposit akan mampu meningkatkan sifat mekanisnya, akan tetapi, setelah melampaui nilai optimum maka penambahan jumlah serat pada bahan komposit cenderung akan menurunkan sifat mekanis bahan, hal ini disebabkan karena matriks yang ada dalam bahan komposit tersebut tidak mampu mengikat serat dengan kuat sehingga berakibat nilai energi serap menurun.

Gambar 5.6 menunjukkan photograph patahan bahan biokomposit hasil sintesis setelah dilakukan pengukuran kekuatan impact. Berdasarkan gambar dari foto tersebut menunjukkan bahwa terdapat dua jenis patahan pada bahan biokomposit karena hasil uji kekuatan impact bahan, yaitu patahan getas dan patahan *crack* (tidak patah secara sempurna). Patahan *crack* ini teramati pada bahan biokomposit hasil sintesis dengan fraksi massa serat 60% dan orientasi arah serat searah. Hal ini terjadi karena ikatan antara matriks dan serat tidak terjadi secara sempurna.



(a) 20% serat searah



(b) 20% serat random



(c) 40% serat searah



(d) 40% serat random



(e) 60% serat searah

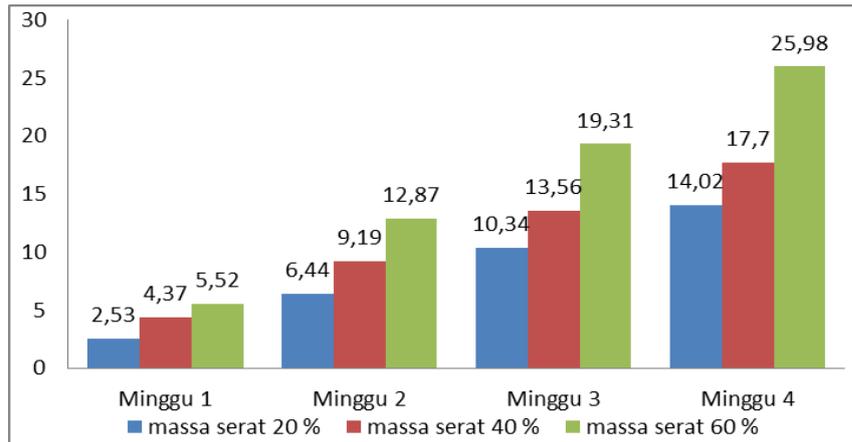


(f) 60% serat random

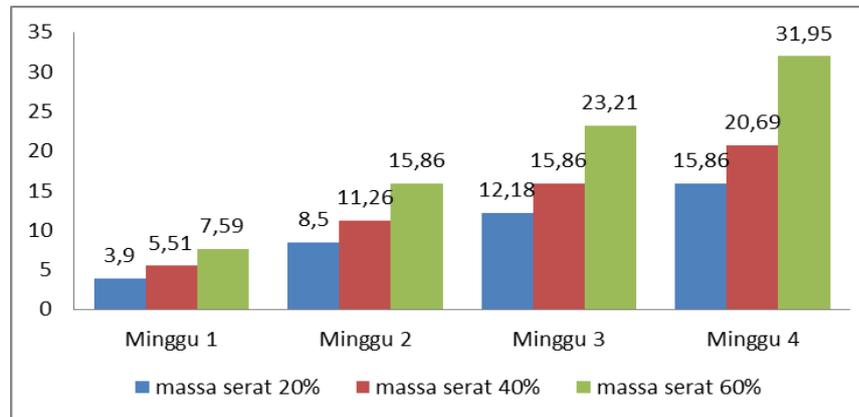
**Gambar 6** Foto patahan bahan biokomposit hasil sintesis setelah dilakukan uji kekuatan impak.

#### **Kemampuan Biodegradasi.**

Untuk mengetahui kemampuan bahan komposit hasil sintesis terdegradasi secara alami dilakukan dengan melakukan uji biodegradasi. Hasil perhitungan kemampuan bahan komposit terbiodegradasi secara alami ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7** Histogram hubungan antara derajat biodegradasi dan lama penguburan bahan biokomposit hasil sintesis dengan orientasi arah serat searah.



**Gambar 8** Histogram hubungan antara derajat biodegradasi dan lama penguburan bahan biokomposit hasil sintesis dengan orientasi arah serat acak.

Berdasarkan gambar 7 dan 8 tampak bahwa bahan biokomposit hasil sintesis hingga 4 minggu waktu penguburan telah terbiodegradasi. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya penurunan massa bahan biokomposit. Penurunan massa tersebut membuktikan bahwa mikroorganisme yang terdapat pada media penguburan (pupuk kompos) telah menguraikan sebagian dari bahan biokomposit tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa bahan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan bahan komposit yang ramah lingkungan atau biokomposit. Kemampuan biodegradasi bahan biokomposit hasil sintesis, terbesar terdapat pada bahan komposit berfraksi massa 60% dengan orientasi arah serat searah yaitu sebesar  $(25,98 \pm 0,19)\%$  dan pada bahan komposit dengan fraksi massa 60% dan orientasi arah serat random sebesar  $(31,95 \pm 0,28)\%$ .

Proses degradasi terbesar terdapat pada bahan komposit dengan fraksi massa serat 60% dikarenakan jumlah matriks yang mengikat antar serat dan sebagai polimer bioplastik tersebut paling sedikit yakni hanya 40% dari massa total bahan komposit sehingga memungkinkan mikroorganisme lebih mudah

untuk menguraikan bahan tersebut. Pada bahan komposit berfraksi massa 60% dengan orientasi serat random menunjukkan proses degradasi terbesar selain dikarenakan jumlah matriks pengikat sebagai polimer bioplastik juga dikarenakan kondisi serat tidak berikatan sekuat pada bahan komposit dengan orientasi arah serat searah sehingga lebih banyak menyediakan sela yang dapat dimasuki oleh mikroorganisme, hal ini menyebabkan serat sepanjang 0,5 cm yang digunakan pada bahan komposit sebagian rontok pada media penguburan yang tidak memungkinkan untuk dikumpulkan dan disertakan dalam proses penimbangan akhir.

Meningkatnya nilai persentase massa bahan komposit yang terbiodegradasi seiring dengan lamanya waktu penguburan disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan komposit sehingga bahan komposit menjadi rapuh. Sehingga semakin lama waktu penguburan bahan komposit maka bahan tersebut akan semakin berkurang massa dan kekuatannya karena terbiodegradasi secara alami saat dilakukan penguburan.

## **KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan dengan hasil seperti diuraikan pada bab sebelumnya adalah:

- Telah berhasil dilakukan sintesis bahan komposit dengan orientasi arah *bundle* serat ampas tebu searah dan acak dengan fraksi massa serat 20%, 40% dan 60%.
- Bahan biokomposit dengan orientasi arah serat searah memiliki sifat mekanik (kekuatan tarik dan impak) lebih baik dibandingkan dengan dua bahan biokomposit yang lain yang dihasilkan dalam sintesis bahan biokomposit di penelitian ini.
- Bahan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan bahan komposit ramah lingkungan atau biokomposit karena mampu terbiodegradasi secara alami.

*Kata kunci:* Komposit ramah lingkungan, kekuatan tarik, kekuatan bending, kemampuan biodegradasi, BC, ampas tebu

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Avella M., A. Buzarovska, M.E. Errico, G. Gentile and A. Grozdanov, 2009, "Review-eco-challenges of bio-based polymer composites". *Bahans*, Vol. 2, pp 911-925.
- Bodros E., I.Pillin, N. Montrelay and C. Baley, "Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fibres be used in structural applications", *Compos. Sci. Technol.*, Vol. 67, No. 3-4, pp 462-470, 2007.
- Czaja, W., et al., 2006, Microbial cellulose--the natural power to heal wounds. *Biobahans*, Vol. 27(2): p. 145-151.
- Datta R, Tsai SP, Bonsignore P, Moon SH, Frank JR., 1995, "Technological and Economic-Potential of Poly(Lactic Acid) and Lactic-Acid Derivatives", *Fems Microbiology Reviews* 16(2-3), 221-231.

- García M., I. Garmendia and J. García, 2008, "Influence of natural fiber type in eco-composites", *J Appl. Polym. Sci.*, Vol. 107, No. 5, 2994-3004.
- Gindl, W. and J. Keckes, 2004, Tensile properties of cellulose acetate butyrate composites reinforced with bacterial cellulose. *Composites Science and Technology*, Vol 64(15): p. 2407-2413.
- Hu R., and J-K. Lim, 2007, "Fabrication and mechanical properties of completely biodegradable hemp reinforced PLA composites", *J. Compos. Mater*, Vol. 41, No. 13, pp 1655-1669.
- Jonas, R. and L.F. Farah, 1998, Production and application of microbial cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 59: p. 101-106.
- Klemmen, D., et al., 2001, Bacterial synthesized cellulose artificial blood vessels for microsurgery, *Progress in Polymer Science*, Vol. 26(9): p. 1561-1603.
- Lee S., and S. Wang, 2005, "Biodegradable polymers/bamboo fiber bio-composite with bio-based coupling agent", *Composites Part A: Appl. Sci. and Manufact.*, Vol. 37, No. 1, pp 80–91.
- Ochi S., 2008, "Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites", *Mechanics of Bahan*, Vol. 40, No. 4-5, pp 446–452.
- Rahman M.B.N. dan Kamil B.P., 2011, Pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat-sifat tarik komposit diperkuat unidirectional serat tebu poliester, *J. Ilm. Semesta Teknika*, Vol. 14, No. 2, 133-138.
- Sujito and Takagi H., 2011, Flexural Strength and Impact Energy of Microfibril Bamboo Fiber Reinforced Environment-Friendly Composites Based on Poly-Lactic Acid Resin, *Int. J of Mod. Phys. B*, Vol. 25, No. 31, 4195-4198.
- Sujito, 2012, *Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Bambu dan Matriks Asam Poli Laktad*, Flux, Vol. 9, No. 1, 49-58.
- Svensson, A., et al., , 2005, Bacterial cellulose as a potential scaffold for tissue engineering of cartilage. *Biobahans*, Vol. 26(4): p. 419-431.
- Takagi H. and Y. Ichihara, 2004, "Effect of fiber length on mechanical properties of "green" composites using a starch-based resin and short bamboo fibers". *JSME Intl. J.*, Series A, Vol. 47, No. 4, 551-555, 2004.