

STUDI KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT SERAT ALAM/RESIN EPOXY**Lydia Rohmawati¹⁾, Woro Setyarsih**Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
Gedung C9 Lt. 1, Ketintang, Surabaya 60231¹⁾ E-mail: lydia_rahma@yahoo.com**INTISARI**

Material serat alam sebagai pengisi pada bahan komposit saat ini masih terus dikembangkan, terutama dalam bidang pertanian dan industri. Mengingat sifatnya yang ramah lingkungan dan kandungan material yang besar, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kekuatan mekanik serat alam sebagai pengisi pada resin *epoxy*. Serat alam pada penelitian ini antara lain serat enceng gondok (*Eichornia crassipes*), serat daun pandan alas (*pandanus dubius*), dan serat batang pisang raja (*Musa textilia*). Dalam penelitian yang dilakukan, serat alam dipotong halus hingga berbentuk serbuk, lalu diayak hingga ukurannya homogen. Setelah itu masing-masing serat alam dan resin *epoxy* dimasukkan ke dalam cetakan sesuai dengan ASTM D638. Selanjutnya cetakan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Variasi komposisi bahan penyusun komposit ini berdasarkan persentase berat serat antara lain 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 50%. Selanjutnya kekuatan mekanik komposit yang terbentuk diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa serat enceng gondok memiliki kekuatan tarik terbesar dibandingkan serat lainnya pada komposisi serat 40 %, yaitu 18,14 kgf/mm². Serat daun pandan alas memiliki regangan terbesar dibandingkan serat lainnya pada komposisi serat 40 %, yaitu sebesar 5 %, sedangkan modulus Young terbesar diperoleh pada serat enceng gondok pada komposisi serat 50 %, yaitu 551,44 kgf/mm².

Kata kunci : serat alam, resin *epoxy*, uji kekuatan mekanik.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan material komposit dengan pengisi (*filler*) serat alam mulai banyak dikenal dalam industri manufaktur. Material yang ramah lingkungan, mampu didaur ulang, serta terurai sendiri oleh alam merupakan tuntutan teknologi sekarang ini. Salah satu material yang diharapkan mampu memenuhi hal tersebut adalah material komposit dengan material pengisi serat alam. Penelitian ini dilakukan seiring dengan majunya eksploitasi penggunaan bahan alam dalam kehidupan sehari-hari. Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlah berlimpah, dapat diperbaharui dan didaur ulang, ramah lingkungan, biodegradasi, murah, memiliki densitas yang rendah [1], dan *nonabrasiveness* [2]. Untuk memperoleh sifat mekanik yang tinggi maka serat alam telah diberi berbagai macam perlakuan yang dapat meningkatkan sifat mekaniknya. Beberapa serat alam yang telah diteliti sebagai pengisi pada biopolimer antara lain: *flax* [3-5], rami [4], *jute* [6], bambu [7], nanas [8], *kenaf* [9], *henequen* [10], dan *hemp* [11].

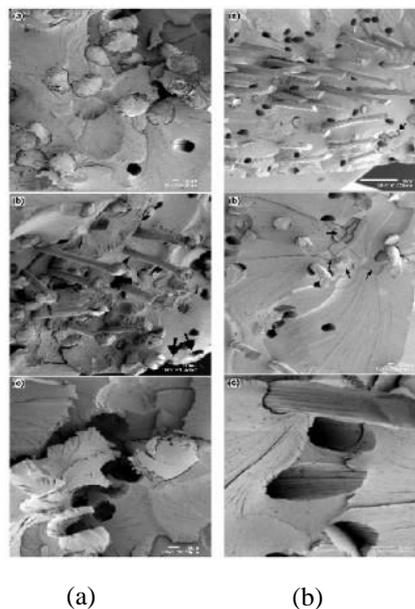
Pada penelitian ini dikaji sifat mekanik dari serat pisang raja (*Musa textilia*), pandan alas (*pandanus dubius*), dan enceng gondok (*Eichornia crassipes*). Serat alam tersebut merupakan pengisi dari bahan penyusunnya, yaitu resin *epoxy* sebagai matrik. Komposisi % berat antara matrik dan pengisi dapat mempengaruhi sifat mekaniknya, terutama sifat keuletan dan kekuatan dari bahan. Laly dkk. [12] dalam penelitiannya menyatakan bahwa serat pisang sebagai pengisi polyester pada komposit menunjukkan nilai optimum pada komposisi 40% berat. Interaksi antara serat dan matrik dapat dikaji dari hasil uji mekanik bahan. Pada penelitian tersebut modulus Young meningkat dan redaman rendah. Mariatti dkk. [13] mempelajari sifat ketidakjenuhan polyester dengan pengisi serat pisang dan serat pandan, dan ternyata serat pisang sebagai pengisi mempunyai kekuatan mekanik (kekuatan tarik dan kekuatan lentur) lebih besar dibandingkan dengan serat pandan. Akan tetapi pada penelitian yang dilakukan oleh Raghavendra dkk. [1], dengan meningkatnya kekuatan mekanik serat pisang, regangan (*tensile strain*) serat menurun. Hal ini terjadi karena interaksi adhesif-interfasial antara serat dan matrik mempengaruhi sifat mekanik komposit.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian berbagai macam serat alam yang ada di sekitar wilayah Jawa Timur. Setiap daerah memiliki bahan baku serat alam yang tentunya berbeda karakteristiknya dibandingkan dengan daerah lain. Sebagai studi pendahuluan, bahan baku serat alam diambil dari Lamongan (enceng gondok), Madura (pandan alas) dan Sidoarjo (pisang raja). Harapan pada penelitian ini

adalah serat alam yang diteliti memiliki sifat mekanik yang baik dan dapat dijadikan bahan pengganti *fiber glass* pada konstruksi kapal, bahan dasar genteng dan alternatif pembuatan panel interior otomotif.

II. KAJIAN PUSTAKA

Sifat mekanik bahan dari komposit alam bergantung pada beberapa parameter, antara lain kekuatan serat, modulus Young, dan ikatan antarpermukaan serat dan matrik terutama pada susunan/orientasi serat maupun panjang serat. Ikatan antarpermukaan yang baik memerlukan efektivitas *stress transfer* dari matrik ke serat. Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi material [14]. Zhu dkk. [15] melakukan pengujian kompatibilitas pada material komposit dengan serat BSS (*bone shaped short*) dan CSS (*conventional short straight*), dan terlihat perbedaan yang signifikan pada hasil uji dengan SEM pada Gambar 1. Pada serat BSS terdapat gelembung matrik yang terangkat ke atas, sedangkan pada serat CSS gelembung matrik relatif kecil. Rata-rata kekuatan komposit dengan serat BSS lebih besar dibandingkan komposit dengan serat CSS, yaitu berturut-turut sebesar 11,1% dan 22,4% untuk kedalaman serat 3 mm dan 4,5 mm.

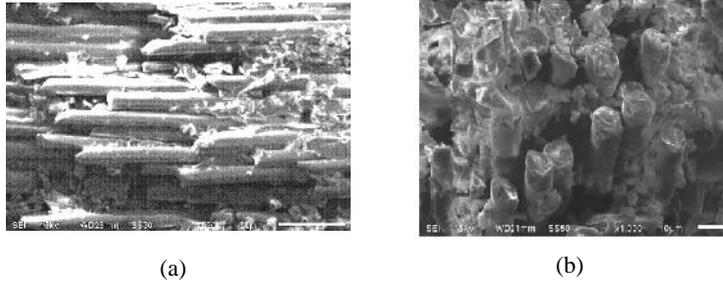


Gambar 1. (a) Mikrografi SEM permukaan patahan pada komposit dengan serat BSS.
(b) Mikrografi SEM permukaan patahan pada komposit dengan serat CSS.

Berdasarkan hasil penelitian Bushra dkk. [16], kekuatan lentur serat pisang (12% berat) dengan matrik resin *epoxy* mencapai 459,4 MPa hingga 527,5 MPa bila dibandingkan tanpa serat (resin murni). Begitu pula untuk uji kekuatan tekan, komposit dengan serat pisang mempunyai kekuatan tekan sebesar 95,5 MPa hingga 107,5 MPa. Kekuatan mekanik pada komposit disebabkan adanya ikatan antarpermukaan matrik dan serat yang relatif kuat, sehingga pada saat pengujian dengan pemberian beban, beberapa serat yang berada di bagian tertentu (dekat dengan pembebanan) akan terputus. Namun demikian residu pembebanan yang terjadi akan ditransfer ke seluruh bagian serat komposit sehingga dimungkinkan bahan tersebut tidak putus secara keseluruhan, kecuali pembebanan yang dilakukan melebihi batas kemampuan serat.

Singh dkk. [17] mempelajari komposit serat pisang untuk komposisi berat 10% dan memperoleh sifat dispersi yang baik terhadap matrik resin *epoxy* (lihat Gambar 2(a)). Adanya *voids* di sekitar serat mengindikasikan sifat adhesif yang kuat antara serat dan matrik *epoxy*. Berdasarkan SEM pada Gambar 2(b), pada penampang komposit serat pisang yang dipotong horisontal terlihat ikatan yang kuat, di mana serat tidak mengalami *stretching* dibandingkan dengan serat yang putus secara seragam, sedangkan untuk penampang komposit serat pisang yang dipotong vertikal tidak terjadi reaksi kimia antara serat dan resin *epoxy*.

Enceng gondok terdiri atas 12% lignin, 20% hemiselulosa dan 65,2% selulosa [18]. Karakteristik enceng gondok dapat dilihat pada Tabel I. Enceng gondok memiliki massa jenis yang kecil, tergolong halus dan sifat putih (*whiteness*) baik. Kekuatan tarik (*tensile strength*) dan ketahanan patah (*breaking tenacity*) enceng gondok cukup tinggi. Berdasarkan karakteristik tersebut, enceng gondok berpotensi menjadi serat dalam komposit karena memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan serat alam lainnya.



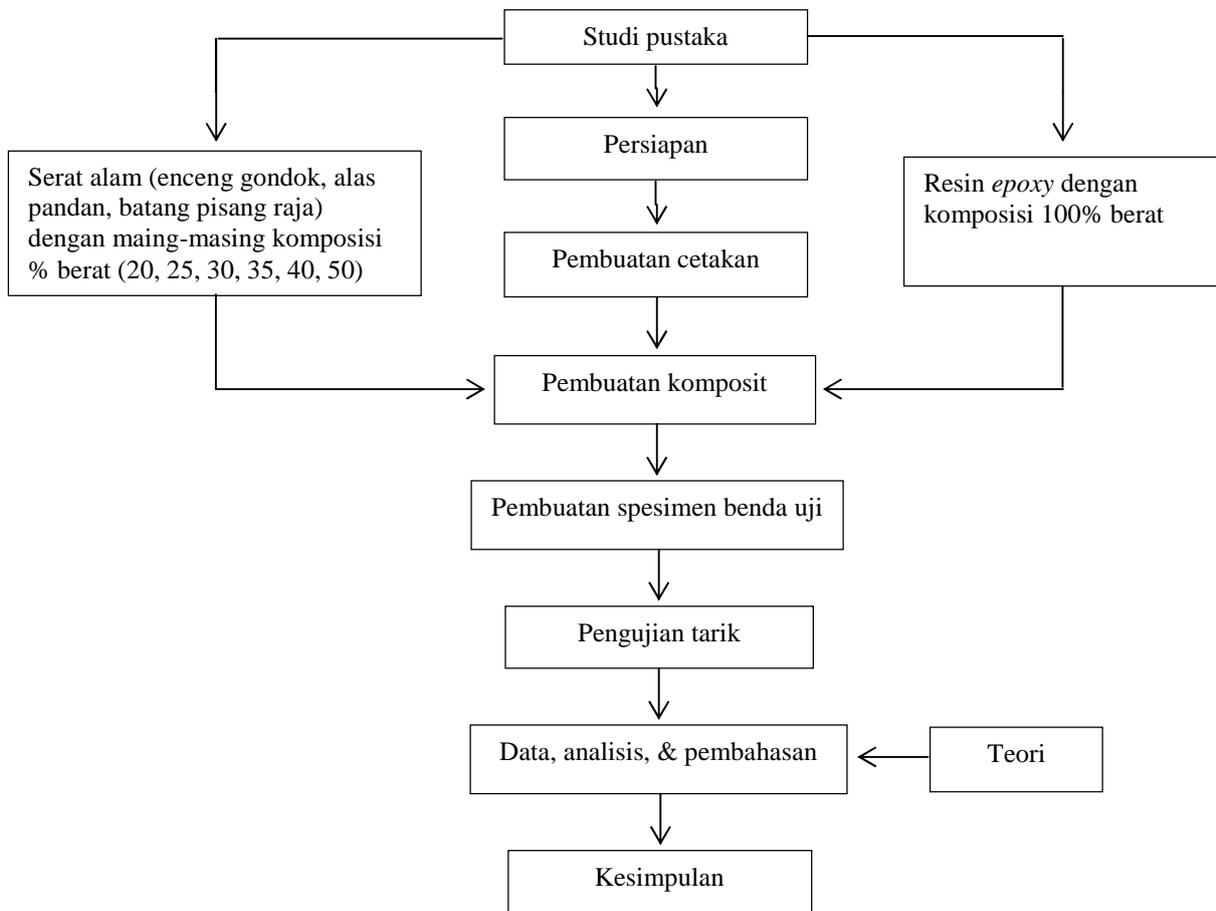
Gambar 2. (a) SEM untuk penampang komposit serat pisang dengan komposisi berat 10 % yang dipotong vertikal, (b) SEM untuk penampang komposit serat pisang dengan komposisi berat 10 % yang dipotong horisontal.

Tabel I. Karakteristik enceng gondok [18].

| Besaran | Nilai |
|----------------|------------------------|
| Massa jenis | 0,25 g/cm ³ |
| Kehalusan | 35 μ |
| Porositas | 69,6 – 74,1 % |
| Sifat putih | 22,2 % |
| Kekuatan tarik | 18 – 33 MPa |

III. METODE PENELITIAN

Bahan dasar pada penelitian ini adalah serat batang pisang raja, serat enceng gondok, serat daun pandan, dan resin *epoxy* serta katalis. Pertama dilakukan pembuatan serat alam, selanjutnya dilakukan proses pembuatan komposit.



Gambar 3. Diagram alir pembuatan komposit.

a. Serat batang pisang raja

Serat diambil dari kulit pisang, lalu dikeringkan selama ± 5 hari supaya bagian serat batang pisang dapat kering. Selanjutnya diambil serat dari batang pisang yang sudah kering.

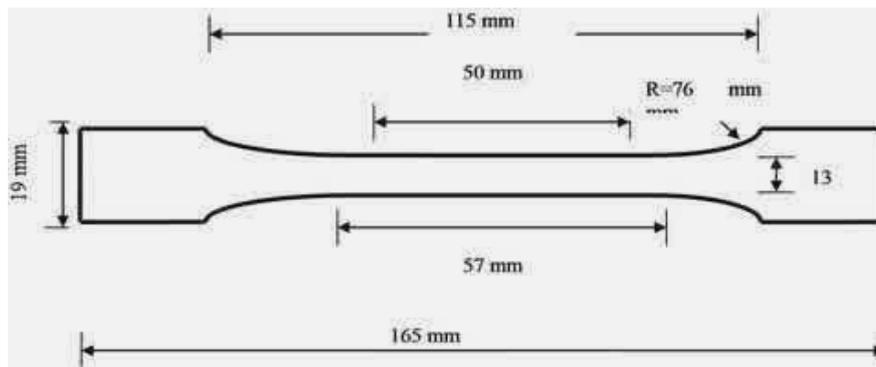
b. Serat daun pandan

Daun pandan yang sudah cukup tua diambil, kemudian duri di bagian sisinya dibuang. Setelah itu daun dikerok dengan pisau sehingga gajih daun dan serat terpisah. Selanjutnya serat tersebut dikeringkan untuk menghilangkan kadar air.

c. Serat enceng gondok

Tanaman enceng gondok dicuci dan dikeringkan selama ± 10 hari. Setelah kering, tanaman enceng gondok disikat menggunakan sikat kawat dengan cara membujur searah dengan sikat kawat tersebut, lalu serat akan memisah dari daging tanaman tersebut, setelah itu diblender hingga berbentuk serbuk halus. Masing-masing serat tadi diblender, kemudian diayak.

Setelah dilakukan pembuatan serat alam, dilakukan proses pembuatan komposit serat alam dengan menggabungkan resin *epoxy* sebagai matrik, seperti ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3. Sebelum dibuat bahan komposit, cetakan yang terbuat dari baja berbentuk tulang anjing dilapisi dengan plastik bening agar komposit yang terbentuk nanti mudah diambil dari cetakannya. Diukur volume perbandingan *epoxy* dan hardener dengan perbandingan 2:1. *Epoxy* dan hardener yang berbentuk fluida tersebut dicampur dengan serat berbentuk serbuk halus, kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan sesuai ASTM D638 (seperti ditunjukkan oleh Gambar 4). Bentuk susunan serat di dalam *epoxy* tersusun acak dan homogen, kemudian setelah menyatu atau telah terbentuk komposit, bahan dibiarkan dalam suhu ruang hingga 24 jam. Selanjutnya komposit yang sudah jadi tersebut diuji tarik sesuai dengan standard.



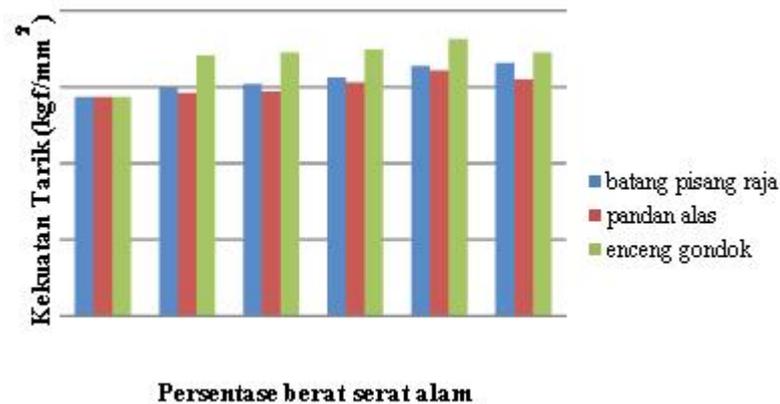
Gambar 4. Spesimen uji.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian mekanik, didapatkan data komposit untuk masing-masing serat alam dengan variasi persentase berat sebagaimana disajikan pada Tabel II. Terlihat bahwa setiap bahan serat alam memiliki sifat kekuatan mekanik tertentu, baik kekuatan tarik, regangan maupun modulus Young, dan digambarkan dalam bentuk grafik (Gambar 5). Terlihat bahwa sebelum dipadukan dengan serat alam, kekuatan tarik resin *epoxy* adalah sebesar $14,35 \text{ kgf/mm}^2$. Akan tetapi bila dipadukan dengan serat alam, ternyata kekuatan tariknya cenderung meningkat. Hal ini berarti pemberian serat alam sebagai pengisi dapat memberikan sifat lebih baik, yaitu bahan menjadi lebih kuat dibandingkan bahan sebelumnya yang masih bersifat getas dan plastis, karena resin *epoxy* pada penelitian ini merupakan bahan polimer. Nilai kekuatan tarik setiap komposisi bahan penyusun komposit juga berbeda-beda. Untuk pengisi serat enceng gondok memiliki kekuatan tarik yang paling besar dibandingkan dengan serat lainnya pada komposisi 40 % serat, yaitu sebesar $18,14 \text{ kgf/mm}^2$. sehingga selain kekuatan tariknya lebih tinggi, ketangguhannya juga besar. Pada komposisi yang sama serat batang pisang raja, kekuatan tariknya juga lebih besar dibandingkan dengan serat daun pandan, yaitu sebesar $16,38 \text{ kgf/mm}^2$. Tetapi pada komposisi 50 % serat, masing-masing serat kekuatan tariknya mengalami penurunan, artinya bahan tersebut cenderung bersifat keras tetapi getas, sehingga bahan lebih mudah patah. Jika dihubungkan dengan keuletan suatu bahan, maka hubungan ini berbanding terbalik khususnya pada bahan paduan ini, yaitu semakin kuat bahan paduan yang terbentuk maka bahan tersebut semakin elastis/kaku. Artinya kemampuan bahan untuk meregang relatif kecil dan akhirnya sebelum mengalami deformasi plastis bahan sudah patah terlebih dahulu (Gambar 6).

Tabel II. Data hasil pengujian mekanik.

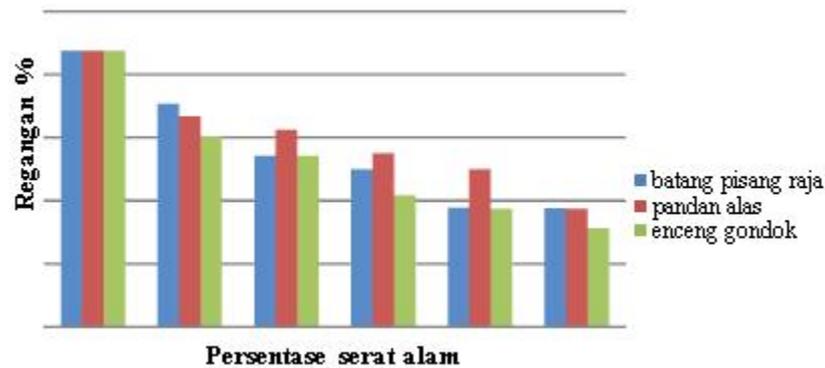
| No. | Komposisi bahan penyusun | Jenis serat/ <i>epoxy</i> | Kekuatan tarik (kgf/mm ²) | Regangan (%) | Modulus Young (kgf/mm ²) |
|-----|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 1 | 0/100 | batang pisang raja | 14,35 | 8,75 | 164,3 |
| 2 | 20/80 | daun pandan alas | | | |
| | | enceng gondok | | | |
| | | batang pisang raja | 14,91 | 7,08 | 210,59 |
| 3 | 25/75 | daun pandan alas | 14,61 | 6,68 | 218,71 |
| | | enceng gondok | 17,06 | 6,04 | 282,45 |
| | | batang pisang raja | 15,19 | 5,42 | 280,26 |
| 4 | 30/70 | daun pandan alas | 14,71 | 6,25 | 235,36 |
| | | enceng gondok | 17,26 | 5,42 | 318,45 |
| | | batang pisang raja | 15,67 | 5 | 313,4 |
| 5 | 40/60 | daun pandan alas | 15,3 | 5,5 | 278,18 |
| | | enceng gondok | 17,45 | 4,17 | 418,47 |
| | | batang pisang raja | 16,38 | 3,78 | 433,3 |
| 6 | 50/50 | daun pandan alas | 16,08 | 5 | 321,6 |
| | | enceng gondok | 18,14 | 3,75 | 483,73 |
| | | batang pisang raja | 16,57 | 3,76 | 440,69 |
| | | enceng gondok | 17,26 | 3,13 | 551,44 |

**Gambar 5.** Hubungan persentase berat serat alam dengan kekuatan tarik.

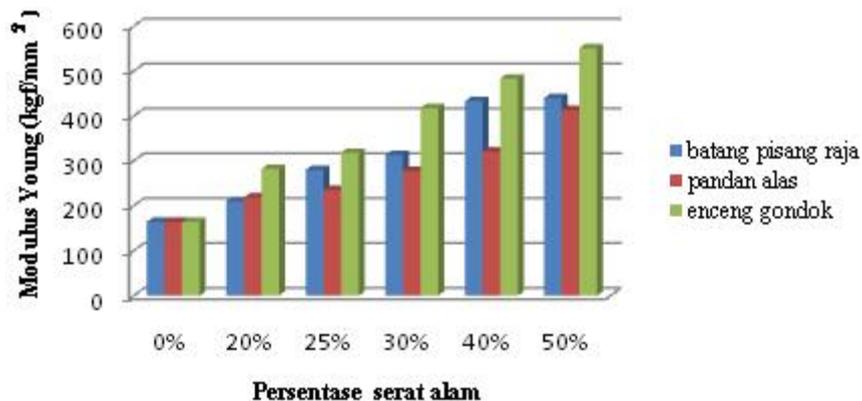
Gambar 6 menunjukkan sifat keuletan bahan komposit. Sebelum ada penambahan pengisi pada resin *epoxy*, regangannya sebesar 8,75 %. Setelah ada penambahan pengisi untuk beberapa komposisi, ternyata regangannya menurun. Hal ini menunjukkan bahwa paduan tersebut semakin kaku, bahkan dapat dikatakan semakin elastis. Semakin besar regangannya, maka sifat keuletan bahan semakin besar, artinya bahan mudah dibentuk, seperti halnya resin *epoxy*. Untuk pengisi serat batang pisang raja, pada komposisi 20 % berat serat, regangannya sebesar 7,08 %, dimana serat tersebut nilainya lebih besar dibandingkan serat lainnya, yaitu serat enceng gondok maupun serat daun pandan alas. Akan tetapi pada komposisi 25 % serat, regangan untuk serat daun pandan alas lebih tinggi dibandingkan serat lainnya, yaitu sebesar 6,25 %. Hal ini berarti dengan adanya penambahan pengisi serat pandan alas, bahan paduannya tetap lebih ulet dan mudah dibentuk tetapi tidak begitu kuat bila dibandingkan dengan kedua serat lainnya. Adapun untuk pengisi serat batang pisang raja keuletan bahan paduan mulai turun secara drastis hingga 40 % komposisi serat. Keadaan yang sama juga terjadi untuk pengisi serat enceng gondok. Sebaliknya pengisi serat daun alas pandan regangannya tetap besar yaitu 5 %.

Gambar 7 disajikan hubungan persentase serat alam dengan modulus Young, dan terlihat bahwa semakin kuat bahan paduannya, modulus Young juga semakin besar. Pada keadaan ini sifat tersebut dimiliki oleh serat enceng gondok, yaitu sebesar 483,73 kgf/mm² pada komposisi serat 40 %. Modulus Young yang besar dikarenakan ikatan antarpartikel besar/kuat, yaitu antara resin *epoxy* dengan serat alam. Kedua paduan tersebut membentuk ikatan yang kuat, mengisi pori-pori antara satu dengan lainnya serta jarak antaratom juga berdekatan, apalagi pada saat itu proses pencampuran serat alam sebagai pengisi tersebar secara merata dan

homogen. Pada saat proses pengeringan pada suhu ruang, dimungkinkan terjadi ikatan antara keduanya hingga akhirnya bahan paduan yang terbentuk mengeras dengan sendirinya.



Gambar 6. Hubungan persentase serat alam dengan regangan.



Gambar 7. Hubungan persentase serat alam dengan modulus Young.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan penambahan serat alam pada resin *epoxy*, kekuatan tarik suatu bahan paduan semakin besar, elastisitas bahan semakin besar dan modulus Young bahan tersebut juga semakin besar. Serat enceng gondok memiliki kekuatan tarik terbesar dibandingkan serat lainnya pada komposisi serat 40 % yaitu 18,14 kgf/mm². Serat daun pandan alas memiliki regangan terbesar dibandingkan serat lainnya pada komposisi serat 40 %, yaitu 5 %, sedangkan modulus Young terbesar pada serat enceng gondok pada komposisi serat 50 %, yaitu 551,44 kgf/mm². Disarankan ke depan dapat dilakukan pengujian lebih lanjut, yaitu dengan SEM, Vicker, dan Impact.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kajian ini merupakan bagian kegiatan awal proyek Penelitian Unggulan Pendamping 7 in 1 (IDB) yang dibiayai oleh Ditjen Dikti Kemendikbud, dengan nomor kontrak 0275/E5.1/PE/2014.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raghavendra S., Balachandrashetty, P., Mukunda, P.G., Sathyanarayan, K.G., 2012, "The Effect of Fiber Length on Tensile Properties of Epoxy Resin Composites Reinforced by the Fiber of Banana", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, **1**(6), 1-3.
- [2] Susheel, K., Kaith, B.S., 2008, "Mechanical Properties of Phenolic Composites Reinforced with Flax-g-Copolymers Prepared Under Different Reaction Conditions: a Comparative Study", *ejournal of Chemistry*, **5**(1), 177-184.

- [3] Wollerdorfer, M., Bader, H., 1998, "Influence of Natural Fiber on The Mechanical Properties of Biodegradable Polymers", *Industrial Crops and Products*, **8**(2), 105-112.
- [4] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin, J.F., 2003, "Natural Fiber as Reinforcement in Poly(lactic Acid (PLA) Composites", *Composites Science Technology*, **63**(9), 1317-1324.
- [5] Keener, T.J., Stuart, R.K., Brown, T.K., 2004, "Maleated Coupling Agents for Natural Fibre Composites", *Composites Part A: Applied Science & Manufacturing*, **35**(10), 357-362.
- [6] Plackett, D., Andersen, T.L., Pedersen, W.B., Nielsen, L., 2003, "Biodegradable Composites based on L-Polylactide and Jute Fibres", *Composites Science Technology*, **63**(9), 1287-1296.
- [7] Okubo, K., Fujii, T., 2002, "Eco-Composites Using Bamboo and Other Natural Fibers and Their Mechanical Properties", *Proceedings of the International Workshop on Green Composites*, 17-21.
- [8] Luo, S., Netravali, A.N., 1999, "Interfacial and Mechanical Properties of Environment-friendly "Green" Composites Made from Pineapple Fibers and Poly(hydroxybutyrate-co-valerate) Resin", *J. Mater. Sci.*, **34**(15), 3709-3919.
- [9] Nishino, T., Hirao, K., Kotera, M., Nakamae, K., Inagaki, H., 2003, "Kenaf Reinforced Biodegradable Composite", *Composite Science Technology*, **63**(9), 1281-1286.
- [10] Herrera-Franco, P.J., Valadez-González, A., 2004, "Mechanical Properties of Continuous Natural Fibre-Reinforced Polymer Composites", *Composites A: Applied Science & Manufacturing*, **35**(3), 339-345.
- [11] Mohanty, A.K., Wibowo, A., Misra, M., Drzal, L.T., 2004, "Effect of Process Engineering on the Performance of Natural Fiber Reinforced Cellulose Acetate Biocomposites", *Composites A: Applied Science & Manufacturing*, **35**(3), 363-370.
- [12] Laly, A., dkk., 2006, "The Role of Fiber/Matrix Interactions on the Dynamic Mechanical Properties of Chemically Modified Banana Fiber / Polyester Composites", *Composites part A: Applied Science & Manufacturing*, **37**(9), 1260-1969.
- [13] Mariatti, M., dkk., 2008, "Properties of Banana and Pandanus Woven Fabric Reinforced Unsaturated Composites", *J. Composite Materials*, **42**(9), 931-941.
- [14] Sigit, 2007, "Diskusi Pembuatan Komposit Sandwich", Madiun: PT. INKA.
- [15] Zhu, Y.T., Valdez, J., Beyerlein, I.J., Zhou, S.J., Liu, C. Stout, M.G., Butt, D.P., Lowe, T.C., 1998, "A Composite Reinforced with Bone-Shaped Short Fibers", *Journal Scripta Materialia*, **38**(9), 1321-1325.
- [16] Bushra, H.M., Rafah, A., Enass, M.H., 2010, "Study Of The Mechanical Properties For Unsaturated Polyester Reinforced By Natural Fibers", *Journal of Al-Nahrain University*, **13**(3), 65-68
- [17] Singh, V.K., Gope, P. C., Chauhan, S., Singh, B.D., 2012, "Mechanical Behavior of Banana Fiber Based Hybrid Bio Composites", *J. Mater. Environ. Sci.*, **3**(1), 185-194.
- [18] Gani, M.N., Alam, A.K.M., Rahma, M., Iqbal, S., 2002, "Comparative Effect of Water Hyacinth and Chemical Fertilizer on Growth and Fibre Quality of Jute", *Journal of Biological Sciences*, **2**(8), 558-559.