

Investigasi Kekuatan Tarik Dan Impak Komposit Serat Nanas Bali/Epoxy Yang Dimodifikasi Partikel Karet Dari Ban Bekas

Paryanto Dwi Setyawan^a, Sugiman^b

^{a,b} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Jl. Majapahit 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, 83125.

^ae-mail: paryanto_ds@yahoo.com

Abstrak

Penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan permukaan dan kandungan serat sisal Nanas Bali pada kekuatan tarik dan impak komposit serat acak serat Nanas Bali/epoxy. Perlakuan permukaan serat Nanas Bali menggunakan larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi 5-20% (berat) dengan lama perendaman 1-3 jam. Partikel karet dari ban bekas digunakan untuk memodifikasi resin epoxy. Kandungan partikel karet bervariasi antara 5-15 phr (*part per hundred resin*). Kandungan serat acak nanas bali bervariasi antara 10-30 % (berat). Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan permukaan dengan larutan 5% dengan lama perendaman 1 jam memberikan kekuatan tarik komposit yang optimal. Secara umum, penambahan partikel karet dalam resin epoxy menurunkan kekuatan tarik komposit, karena karet mempunyai modulus yang lebih rendah dari resin. Pada kandungan serat 30% berat diperoleh kekuatan tarik yang paling tinggi dan penurunan kekuatan tarik resin akibat penambahan partikel karet diperbaiki. Morfologi patahan dengan pengamatan mata telanjang menunjukkan bahwa serat tanpa perlakuan permukaan rata-rata tercabut dari matrik, sedangkan serat dengan perlakuan permukaan mengalami patah yang menunjukkan terjadi ikatan yang baik antara serat dengan matrik. Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) mengklarifikasi lebih lanjut hasil pengamatan tersebut. Hasil pengamatan dengan SEM pada komposit dengan partikel karet menunjukkan bahwa partikel karet berikatan dengan baik dengan matrik yang memberi efek pada penangguhan resin yang ditunjukkan dengan peningkatan kekuatan impak pada kandungan partikel karet 10 phr.

Keywords: perlakuan permukaan, serat sisal, partikel karet, kekuatan tarik, kekuatan impak.

1. Pendahuluan

Efisiensi bahan bakar untuk otomotif dapat ditingkatkan dengan mengurangi berat konstruksinya. Konstruksi yang semula terbuat dari bahan logam diganti dengan bahan komposit yang lebih ringan. Komposit polimer yang diperkuat *fiberglass* atau serat karbon mampu memberikan konstruksi yang lebih ringan dengan kekuatan jenis yang tinggi. Namun dengan adanya regulasi pemerintah atau pun dunia tentang lingkungan, maka serat-serat alam mulai dijadikan alternatif pengganti serat-serat sintesis. Komposit yang diperkuat serat-serat alam lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi/bahan non-terbarukan, emisi polusi yang lebih rendah, emisi rumah kaca yang lebih rendah, meningkatkan perolehan kembali energi, dan komponen yang mampu urai (*biodegradable*) (Joshi dkk., 2004).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, komposit serat alam dari serat hemp, sisal, kapas, flek, coir dan jute adalah yang paling banyak

dilakukan, tetapi serat alam dari bahan nanas belum banyak dilakukan. Di pulau Lombok tumbuh tanaman sejenis nanas yang disebut Nanas Bali yang potensial untuk digunakan sebagai serat alam. Nanas Bali termasuk dalam famili *Agave* yang serumpun dengan nanas buah, tetapi nanas Bali tidak menghasilkan buah. Tanaman tersebut mudah tumbuh dan mempunyai serat yang cukup panjang sekitar 1 – 1,5 m. Serat dari tanaman tersebut oleh penduduk setempat biasanya hanya digunakan sebagai bahan tali untuk industri gerabah. Pemanfaatan untuk komponen komposit belum pernah dilakukan, sehingga serat ini sangat potensial untuk diteliti sebagai penguat bahan polimer untuk industri otomotif. Seperti kebanyakan pada serat-serat alam lain kekuatan komposit sangat ditentukan oleh ikatan antara serat dan matrik. Sifat serat alam yang hidropilik dan polimer yang hidropobik membuat ikatan serat alam dan polimer tersebut lemah. Ikatan antara serat dan matrik yang lemah menyebabkan kekuatan dan ketangguhan komposit yang rendah, sehingga dalam penelitian ini difokuskan pada usaha meningkatkan ikatan antara serat dengan

matrik dan meningkatkan ketangguhan komposit melalui penggunaan bahan isian pada sistem serat-matrik.

Dalam meningkatkan ketangguhan polimer termoset biasanya digunakan penangguh yang mempunyai modulus lebih rendah seperti bahan elastomer atau karet. Media penangguh yang sering digunakan pada saat ini adalah *Carboxy Terminated Butadiene Acrylonitrile* (CTBN) (Sultan dkk., 1973; Yee dkk., 1985; Bagheri dkk., 1996) dan partikel karet bercangkang (*core-shell rubber particle*) (Marieta dkk., 2003; Day dkk., 2001; Bagheri dkk., 2000; Sue dkk., 1996), namun kedua jenis partikel tersebut mahal karena prosesnya yang rumit dan membutuhkan banyak energi. Dari penelitian Sugiman dan Setyawan (2005), partikel karet dari ban bekas kendaraan bermotor efektif untuk meningkatkan ketangguhan resin *polyester* tak jenuh, sehingga partikel karet ini potensial untuk media penangguh polimer berpenguat serat. Namun mekanisme penangguhan pada polimer murni akan berbeda dengan polimer berpenguat. Mekanisme penangguhan pada polimer berpenguat tentu lebih kompleks, sehingga mekanisme tersebut sangat penting untuk dipelajari.

2. Metode Eksperimen

2.1 Spesimen

Serat alam yang digunakan adalah serat dari Nanas Bali yang diperoleh dari wilayah Lombok (Gambar. 1). Serat ini diekstrak secara mekanik dengan menggunakan peralatan tradisional. Serat yang diperoleh mempunyai panjang 1-1,5 m. Sebagai medium untuk perlakuan permukaan serat digunakan larutan NaOH.



Gambar 1. Tanaman Nanas Bali dan serat yang diekstrak dari daun Nanas Bali.

Perlakuan serat dilakukan dengan rentang konsentrasi NaOH yang lebih lebar yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dengan lama perendaman 1, 2 dan 3 jam. Serat dipotong rata-rata 10 mm, kemudian ditaburkan dalam cetakan secara merata, resin dituangkan dalam cetakan dan kemudian dipres. Hasil cetakan kemudian dipotong-potong menjadi 3 bagian sesuai dengan standar spesimen

ASTM D638. Hasil pengujian kemudian dianalisa untuk mengetahui kekuatan tarik setiap parameter.

Hasil perlakuan permukaan terbaik dari serat alam pada pengujian pertama digunakan untuk tahap selanjutnya. Pada tahap selanjutnya setiap resin dipertangguh dengan partikel karet dengan kandungan masing-masing 5, 10 dan 15% berat. Partikel berukuran maksimal 200 mesh (75 mikrometer). Permukaan partikel karet dimodifikasi dengan menggunakan larutan NaOH dan larutan kaporit secara berurutan. Partikel karet dimasukkan dalam larutan NaOH jenuh dalam bejana *stainless steel* dan kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu air mendidih (100°C). Setelah itu partikel karet direndam lagi dalam larutan kaporit 40% selama 1 jam pada suhu kamar. Kandungan serat dalam komposit divariasikan 10, 20, dan 30% berat. Orientasi serat yang digunakan adalah serat searah dan serat pendek acak. Panjang serat pendek acak adalah antara 10-20 mm. Spesimen untuk setiap pengujian dipotong dari hasil cetak sesuai standar ASTM D638 untuk spesimen tarik serat acak (Gambar 2), ASTM D265 untuk uji impak.



Gambar 2. Spesimen tarik untuk serat acak ASTM D638.

2.2 Pengujian Mekanik

Pengujian tarik ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik, elongasi dan juga modulus elastisnya dari setiap parameter yang diselidiki. Pengujian ini menggunakan spesimen serat acak sesuai dengan parameter yang ingin diukur. Masing-masing tiga spesimen dipersiapkan untuk setiap perlakuan. Pengujian menggunakan *Universal Testing Machine Hung Ta* kapasitas 10 ton. Kecepatan pengujian 5 mm/menit diset dari mesin uji. Sedang uji impak dilakukan dengan metode Izod.

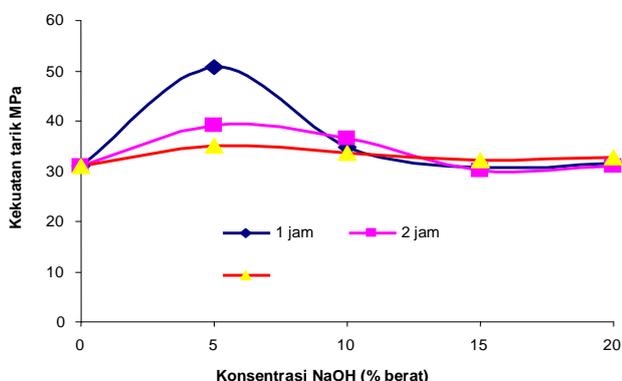
Setelah pengujian, permukaan patahan spesimen kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop optik untuk melihat patahan makro. Di samping itu untuk mempelajari mekanisme perpatahannya, pengamatan yang lebih detil dilakukan dengan menggunakan mikroskop electron (*SEM*). Uji SEM dilakukan di Lab. Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika LIPI, Bandung.

Mesin uji menggunakan JEOL T330A dengan metode uji *Secondary Electron Image (SEI)*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh perlakuan permukaan pada kekuatan tarik komposit

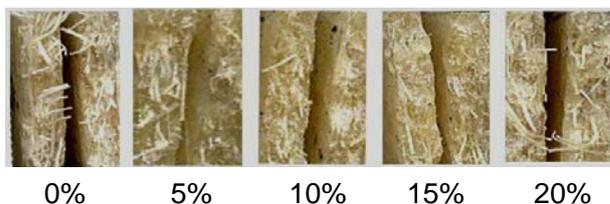
Perlakuan permukaan ini berfungsi memberikan kondisi permukaan serat yang baik sehingga dapat menimbulkan ikatan yang kuat dengan matrik epoxy. Mekanisme ikatan tergantung pada kondisi permukaan yang terjadi akibat perlakuan permukaan. Namun serat dengan perlakuan menggunakan NaOH terjadi penggantian ion H⁺ pada gugus hidroksil serat oleh ion alkali (ion Na⁺).



Gambar 3. Pengaruh perlakuan permukaan pada kekuatan tarik komposit tanpa partikel karet.

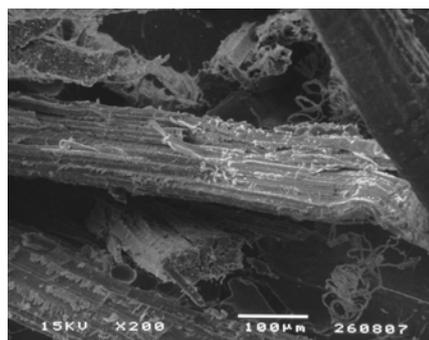
Pengaruh perlakuan permukaan terhadap kekuatan komposit serat acak Nanas Bali dengan matrik epoxy seperti pada Gambar 3. Kekuatan komposit cenderung naik sampai kandungan 5% dan kemudian setelah kandungan tersebut kekuatan komposit menunjukkan penurunan. Nampak bahwa kekuatan komposit tertinggi terjadi pada kandungan NaOH 5% untuk masing-masing lama perendaman 1, 2 dan 3 jam. Dan hasil yang paling optimal terjadi pada lama perendaman 1 jam. Pada kandungan lebih dari 10% lama perendaman tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan NaOH memegang peranan yang dominan dalam mempengaruhi kondisi permukaan serat. Secara teori waktu sebenarnya tidak terpisahkan dengan kandungan dalam proses reaksi tersebut. Pada kandungan NaOH kurang dari 10% pada grafik Gambar 3, nampak adanya perbedaan yang mencolok dalam kekuatan tarik antara lama perendaman 1, 2 dan 3 jam, tetapi setelah kandungan 10% nampak tidak adanya perbedaan pengaruh waktu (grafik cenderung berimpit).

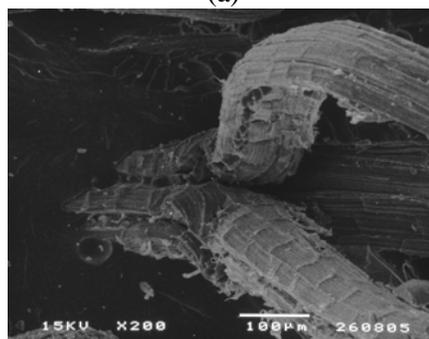


Gambar 4. Hasil foto permukaan patahan spesimen uji tarik komposit dengan lama perendaman 1 jam.

Gambar 4 menunjukkan hasil foto permukaan patahan spesimen tarik acak untuk serat dengan perlakuan permukaan dengan larutan NaOH antara 0 dan 20% dengan lama perendaman 1 jam. Terlihat bahwa serat tanpa perlakuan banyak yang tercabut sedang serat dengan perlakuan permukaan lebih sedikit yang tercabut yang menunjukkan ikatan antara serat dan matrik yang lebih baik. Pengamatan yang lebih detail menggunakan SEM seperti Gambar 5. Permukaan serat tanpa perlakuan yang masih diselubungi oleh lignin membuat serat tidak dapat dengan baik berikatan dengan matrik (Gambar 5a).



(a)



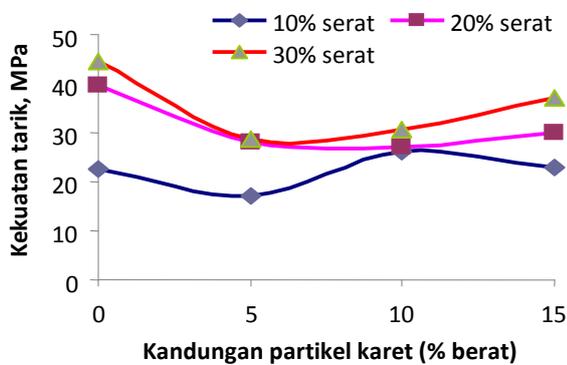
(b)

Gambar 5. Morfologi patahan spesimen uji tarik. (a) serat tanpa perlakuan, (b) serat dengan perlakuan 10% berat NaOH lama perendaman 1 jam.

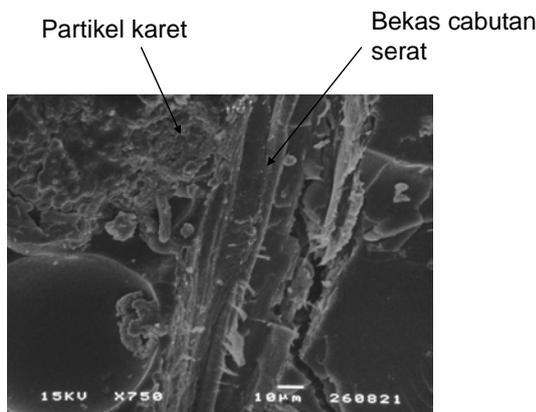
Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan Nanas Bali dengan larutan NaOH pada kandungan 5% berat dan lama perendaman 1 jam memberikan hasil yang optimal, sehingga serat dengan perlakuan tersebut digunakan untuk penelitian selanjutnya seperti di bagian bawah ini.

3.2 Pengaruh kandungan serat dan partikel karet terhadap kekuatan tarik komposit serat acak

Gambar 6 menunjukkan kekuatan tarik komposit serat acak dengan adanya partikel karet. Kekuatan tarik serat acak juga menunjukkan peningkatan dengan bertambahnya kandungan serat. Kandungan serat lebih dari 20% juga menunjukkan peningkatan yang mulai melandai. Penambahan partikel karet menimbulkan penurunan pada kekuatan tarik komposit serat acak ini. Namun penambahan partikel karet memberikan pengaruh positif pada kandungan 10-15%. Bahkan penambahan 15% partikel karet pada kandungan 30% serat terjadi pengaruh positif yang sinergis.



Gambar 6. Kekuatan tarik komposit serat acak sebagai fungsi kandungan partikel karet pada berbagai kandungan serat.

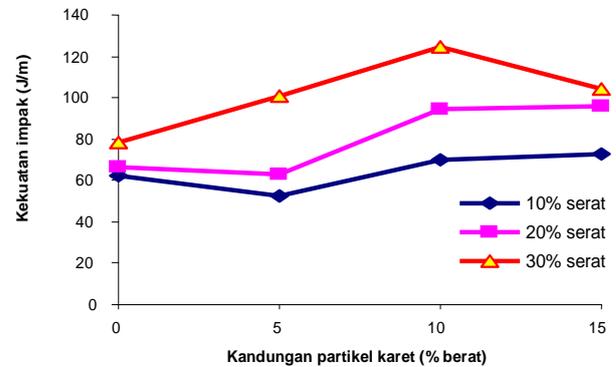


Gambar 7. Permukaan patah spesimen uji tarik pada kandungan partikel karet 10% dan serat 30% berat.

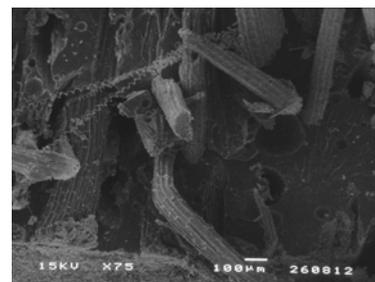
Gambar 7 menunjukkan patahan uji tarik serat longitudinal dan impact untuk kandungan partikel karet 10% dan serat 30%. Peran partikel adalah berfungsi sebagai pusat konsentrasi tegangan yang dapat menginisiasi retak mikro. Adanya garis-garis deformasi merupakan petunjuk terjadinya tegangan yang besar di sekitar partikel karet. Adanya

partikel ini menurunkan kekuatan tarik tetapi meningkatkan ketangguhan.

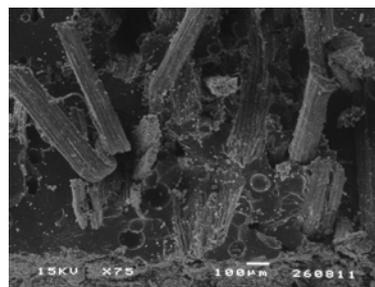
3.3 Pengaruh kandungan serat dan partikel karet terhadap kekuatan impact komposit serat acak



Gb. 8. Kekuatan impact komposit serat acak, sebagai fungsi pengaruh kandungan partikel karet pada berbagai kandungan serat.



(a)



(b)

Gambar 9. SEM spesimen uji impact acak. (a) serat tanpa perlakuan, (b) serat perlakuan NaOH 5% kandungan serat 20%. Arah panah menunjukkan arah perambatan retak.

Gambar 8 menunjukkan kekuatan impact untuk komposit serat acak. Kekuatan impact meningkat dengan meningkatnya kandungan serat hampir linier. Sedang pengaruh partikel karet memberikan pengaruh sinergis pada kandungan 10% karet dan 30% serat, dimana pada kandungan-kandungan tersebut kekuatan impact meningkat sebesar 50%.

Gambar 9 menunjukkan hasil SEM patahan uji impak dengan serat tanpa dan dengan perlakuan pada kandungan serat 20%. Serat tanpa perlakuan menunjukkan tanda tercabut, sedang serat dengan perlakuan NaOH 5% menunjukkan patah di serat, hal tersebut menunjukkan terjadinya ikatan antara serat dan matrik yang lebih baik. Permukaan patahan yang lebih kasar terlihat pada serat dengan perlakuan.

4. Kesimpulan

Perlakuan permukaan serat Nanas Bali dengan larutan NaOH 5% perendaman 1 jam memberikan peningkatan kekuatan tarik komposit acak serat Nanas Bali/epoxy yang optimal.

Meningkatnya kandungan serat pada komposit acak Nanas Bali-partikel karet/epoxy memberikan hasil positif dengan atau adanya partikel karet, namun penambahan partikel karet cenderung menurunkan kekuatan tarik komposit. Namun penambahan partikel karet 10 phr mampu meningkatkan kekuatan impak.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2008 dengan nomer kontrak 07-SP.RD/H18.12/PL/2008.

Referensi

Bagheri, R., Pearson, R.A., Role of particles cavitation in rubber toughened epoxies: 1.

Microvoid toughening, *Polymer*, 37, pp. 4529-4538 (1996).

Bagheri, R., Pearson, R.A., Role of particles cavitation in rubber toughened epoxies: 2. Inter particle distance, *Polymer*, 41), pp. 269-276 (2000).

Day, R. J., Lovell, P.A., Wazzan, A.A., Toughened Carbon/Epoxy Composites By Using Core/Shell Particles, *Comp. Science and Technology* 61, pp. 41-46 (2001).

Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K., Arora, S., Are Natural Fiber Composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites, *Composite Part A* 35, pp. 371-376 (2004).

Marieta, C., Remiro, P.M., Garmendia, G., Harismendy, I., Mondragon, I., AFM Approach Toward Understanding Morphology In Toughened Thermosetting Matrices, *European Polymer Journal* 39, pp. 1965-1973 (2003).

Sue, H.-J., Garcia Meitin, E.I., Pickelman, D.M., Bott, C.J., Fracture Mechanism In Rigid Core-Shell Particle Modified High Performance Epoxies, *Colloid Polymer Science* 274, pp. 342-349 (1996).

Sugiman, Setyawan, P.D., Pengaruh Konsentrasi Partikel Karet Terhadap Sifat Mekanik Polyester Tak Jenuh, *Journal Rekayasa Universitas Mataram* Vol. 12 (2005).

Sultan, J.N., McGarry, M.J., *Polymer Science and Engineering*; 13:19 (1973).

Yee, A.F., Pearson, R.A., Toughening of Plastics II, *Plastic. Rubber Institute, London*, p. 2/1 (1985).