

PENGARUH ORIENTASI ANYAMAN DAN DENSITY KENAF ACAK TERHADAP KEKUATAN TARIK BAHAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KENAF ANYAM DAN ACAK

Kuncoro Diharjo, Santoso
Jurusan Teknik Mesin FT UNS
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126
Email: kuncorodiharjo@uns.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh orientasi sudut anyaman serat kenaf dan density kenaf acak terhadap kekuatan tarik bahan komposit berpenguat serat kenaf acak – anyam dengan matrik polyester. Bahan utama penelitian ini adalah serat kenaf anyam density 810 gr/m², serat kenaf acak, polyester dan hardener MEKPO. Serat tersebut dikenai perlakuan alkali (5% NaOH) selama 2 jam. Kandungan hardener MEKPO yang digunakan adalah 1% dari volume polyester. Sampel uji tarik komposit terdiri dari komposit serat anyam dengan orientasi sudut anyaman 0/90, 15/-75, 30/-60 dan ±45, serta komposit serat kenaf acak-anyam dengan variasi density kenaf acak 200, 300, 400 dan 500 gr/m². Pembuatan komposit dilakukan dengan metode cetak tekan hidrolis pada $v_f \approx 40\%$. Semua spesimen dilakukan pemanasan akhir pada suhu 60 °C selama 2 jam. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik merek Gotech. Kekuatan, modulus dan regangan tarik komposit serat kenaf anyam meningkat seiring dengan peningkatan orientasi sudut anyaman serat kenaf. Komposit serat kenaf anyam dengan orientasi anyaman ±45 memiliki kekuatan tarik tertinggi (31,39 MPa). Kekuatan dan modulus tarik komposit serat kenaf acak-anyam meningkat seiring dengan peningkatan density kenaf acak. Pada density 400 gr/m², kekuatan tarik meningkat signifikan (57,49 MPa). Komposit serat kenaf acak-anyam dengan density kenaf acak 200 dan 300 gr/m² memiliki penampang patahan yang kasar, sedangkan komposit dengan density kenaf acak 400 dan 500 gr/m² memiliki penampang patahan yang lebih seragam dan lebih halus.

Kata kunci: kenaf acak, kenaf anyam, polyester, komposit, kekuatan tarik

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada abad XXI, perkembangan teknologi komposit sudah mulai bergeser menuju pemanfaatan serat alam sebagai pengganti penguat serat sintetis. Sebagai contoh, sejak tahun 2001 perusahaan mobil terkemuka merek Toyota di Jepang telah memanfaatkan penggunaan serat alam kenaf sebagai bahan penguat komponen panel-panel interior jenis mobil sedan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Toyota, 2002). Perusahaan peng ekspor serat kenaf ke Jepang tersebut adalah PT. Abadi Barindo Autotech di Pasuruan (Turyanto, 2005). Ilustrasi tersebut menggambarkan betapa pentingnya memanfaatkan potensi serat alam yang berlimpah di Indonesia sebagai penguat bahan baru komposit.

Secara umum, berbagai jenis tanaman serat tumbuh subur di Indonesia, seperti kenaf, rosella, rami dan abaca. Besarnya produksi beberapa serat alam dunia adalah: kenaf 970.000 ton/tahun, rosella 250.000

ton/tahun, rami 100.000 ton/tahun dan abaca 70.000 ton/tahun (Eichhorn dkk, 2001). Salah satu faktor pendukung tingginya produksi serat kenaf (*hibiscus cannabinus*) adalah masa tanam yang pendek (4 bulan) dan tahan di lahan-lahan marginal, seperti lahan yang sering banjir, podsolik merah kuning, gambut dan tanah hujan, gangguan hama dan penyakit sedikit serta biaya produksi rendah. Menurut Turyanto (2005), ada 4 propinsi yang memiliki potensi untuk pengembangan budidaya tanaman kenaf yaitu Jawa Tengah (Pati, Jepara, Rambang, Delanggu, Ungaran), Jawa Timur (Lamongan, Nganjuk, Kertosono, Jombang, Kediri, Blitar, Banyuwangi, Lumajang, Malang, Jember), Kalimantan Timur (Samarinda, Kutai Barat, Kutai Kartanegara, Kutai Timur) dan Kalimantan Selatan (Pelaihari, Batola).

Hingga saat ini, di Indonesia hanya terdapat 2 industri yang memanfaatkan bahan baku serat kenaf, yaitu (1) PT. Abadi Barindo Autotech di Pasuruan Jawa Timur yang memproduksi fiberboard untuk komponen otomotif dengan pasar dalam dan luar negeri dan (2) PT. Indonesia Nihon Seima di Tangerang Banten yang

memproduksi karung goni dan geo-tekstil. Produk karung goni kenaf merupakan produk teknologi yang memiliki nilai ekonomisnya rendah sehingga perlu dikembangkan pemanfaatannya (adminibti, 2007). Bahan karung goni tersebut memiliki peluang untuk digunakan sebagai bahan lembaran serat alam untuk pembuatan panel-panel komposit serat alam yang lebih ramah lingkungan. Ditinjau dari sisi proses manufaktur dan optimasi kekuatan komposit, penggunaan serat kenaf anyam dan acak sebagai penguat komposit dipandang sangat menguntungkan. Untuk menghasilkan kekuatan yang tinggi perlu dilakukan optimasi penentuan orientasi arah anyaman serat kenaf dan penentuan density (massa per luas) kenaf acak.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh orientasi anyaman serat kenaf dan density kenaf acak terhadap kekuatan tarik bahan komposit berpenguat serat kenaf acak - anyam dengan matrik polyester.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Maeller dan Krobjilowski (2003), modulus, kekuatan, dan regangan tarik serat kenaf masing-masing adalah 53 GPa, 930 MPa, dan 1,6%. Massa jenis serat kenaf adalah sekitar 1,5 g/cm³. Di sisi lain, proses manufaktur komposit serat alam juga harus memperhatikan kandungan airnya karena serat alam mudah menyerap air dan polimer bersifat anti air. Menurut Diharjo dkk. (2008), kandungan air yang mudah menguap pada serat kenaf kering alami dapat dihapus dengan pemanasan pada suhu 105 °C selama 4 menit.

Perlakuan alkali (5% NaOH) serat *juce* selama 2 jam mampu mereduksi kandungan hemiselulosa secara signifikan. Kandungan α -selulosa dan lignin juga mengalami penurunan dengan laju yang lambat. Secara kuantitatif, massa serat *juce* perlakuan alkali 2 jam berkurang hingga 85% (Ray dkk., 2001). Penelitian yang mirip juga dilakukan oleh George dkk. (1996) terhadap serat daun nanas. Perlakuan alkali serat daun nanas dengan 0,5% NaOH selama 1,5 jam dapat mengubah topografi permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga memiliki *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik polimer. Pada $v_f = 30\%$, modulus elastisitas komposit serat daun nanas perlakuan alkali - LDPE meningkat sebesar 127% (1,4 GPa) dibandingkan dengan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan (1,1 GPa). Perlakuan alkali serat sisal juga mengubah morfologi serat sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik permukaan, tahanan kelembaban, pembengkakan, adhesi dan kompatibilitas dengan polimer (Eichhorn dkk., 2001). Diharjo dkk (2008) juga membuktikan bahwa komposit berpenguat serat kenaf acak perlakuan alkali (5% NaOH) selama 2 jam dengan matrik polyester memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat

serat kenaf acak tanpa dan dengan perlakuan alkali selama 4, 6 dan 8 jam.

Pada kandungan fraksi volume serat 23%, komposit serat kenaf acak - polyester memiliki kekuatan tarik tertinggi (40,41 MPa) pada kandungan hardener MEKPO 1%. Peningkatan kandungan hardener menyebabkan peningkatan modulus dan menurunkan regangan komposit tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan hardener dapat mengubah sifat komposit menjadi lebih getas (Diharjo dkk, 2007).

Kekuatan Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi berat serat (W_f). Fraksi volume fraksi berat serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$W_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \quad (1)$$

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / \rho_m} \quad (2)$$

Kekuatan tarik komposit dapat ditentukan dengan teori Rule of Mixture (ROM) dengan persamaan (Samadi dkk, 1986):

$$\sigma_c = \sigma_f v_f + \sigma_m v_m \quad (3)$$

Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik sempurna. Pergeseran antara serat dan matrik dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Data hasil pengujian tarik pada umumnya adalah beban dan perpanjangan, baik yang ditampilkan dalam bentuk angka maupun kurva beban vs perpanjangan. Besarannya tegangan, regangan, dan modulus tarik dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992; ASTM D-638):

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

$$\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (5)$$

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (6)$$

METODE

Bahan utama dalam penelitian ini adalah serat kenaf anyam dengan density 810 gr/m² (karung goni), serat kenaf acak, *unsaturated polyester resin* (UPR) dan hardener MEKPO (*methyl ethyl keton peroxide*). Serat kenaf diperoleh dari PT. Karung Goni Rosella Baru

Surahya, sedangkan resin *polyester* dan MEKPO diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya Jakarta. Serat kenaf acak dan anyam dilakukan perlakuan alkali (5% NaOH) selama 2 jam untuk mereduksi kandungan lignin di permukaan serat sesuai dengan hasil riset yang sudah dilakukan oleh Diharjo dkk (2005). Kandungan hardener MEKPO yang digunakan adalah 1% dari volume *polyester*. Sampel uji tarik komposit dan variabel penelitiannya ditunjukkan pada Tabel 1. Proses manufaktur komposit dilakukan dengan metode cetak tekan hidrolik pada fraksi volume serat rencana 40%.

Tabel 1. Sampel uji tarik komposit serat kenaf - polyester.

Tahapan Penelitian	Variabel	Jumlah Laminasi	Acuan
Efektif orientasi anyaman terhadap kekuatan tarik komposit serat kenaf anyam	Orientasi serat anyaman: 0/90, 15/75, 30/60 dan 45	3 lamina serat kenaf anyam	ASTM D-638
Efektif Density kenaf acak terhadap kekuatan tarik komposit berpagas kombinasi serat kenaf acak - anyam	Density serat kenaf acak: 200, 300, 400 dan 500 gr/m ²	5 lamina serat kenaf acak-anyam-acak-anyam-acak	ASTM D-638

Pemotongan plat komposit hasil cetakan dilakukan dengan menggunakan gerinda tangan untuk dijadikan spesimen uji tarik. Untuk menghaluskan bagian yang dipotong permukaannya dipoles dengan menggunakan amplas halus grade 600. Sampel uji yang sudah jadi dilakukan pemanasan akhir di dalam oven pada suhu 60 °C selama 2 jam. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses reaksi rantai ester polimer *polyester*. Pengujian tarik komposit dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik merek GOTECH dengan kapasitas beban maksimum 1 ton. Data hasil pengujian tarik yang diperoleh adalah besarnya beban dan perpanjangan maksimum serta kurva hubungan beban vs perpanjangan hasil pengujian yang diprint pada kertas milimeter blok. Data-data yang diperoleh tersebut digunakan untuk menghitung besarnya tegangan, regangan dan modulus tarik komposit dengan menggunakan Persamaan 5, 6 dan 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Orientasi Anyaman Serat Terhadap Kekuatan Komposit Kenaf Anyam

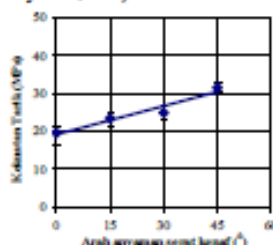
Data hasil pengujian komposit serat kenaf anyam - polyester ditunjukkan pada Tabel 2. Untuk mempermudah menganalisis data-data hasil penelitian ini maka hasilnya dipaparkan dalam bentuk kurva sifat tarik komposit seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Hasil pengolahan data pengujian tarik komposit serat kenaf anyam - polyester.

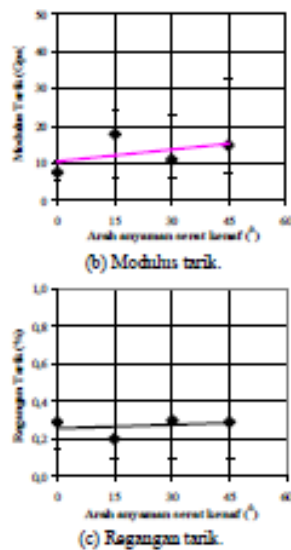
Orientasi Anyaman	Tegangan Tarik, MPa			Modulus Tarik, GPa			Regangan Tarik, %		
	Ma	Ma	Rata-rata	Ma	Ma	Rata-rata	Ma	Ma	Rata-rata
0	16,16	21,21	18,55	5,18	10,77	7,62	0,15	0,40	0,29
15	21,16	24,73	23,01	6,18	24,21	17,85	0,10	0,40	0,20
30	23,13	27,21	24,87	6,00	23,13	11,82	0,10	0,40	0,30
45	30,20	31,29	31,09	7,56	32,59	14,89	0,10	0,40	0,29

Secara umum, kekuatan, modulus dan regangan tarik komposit serat kenaf anyam meningkat seiring dengan peningkatan arah sudut orientasi anyaman serat kenaf, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Komposit serat kenaf anyam dengan orientasi anyaman 45 memiliki kekuatan tarik tertinggi (31,39 MPa), seperti ditunjukkan pada Gambar 1a. Kesimpulan ini berbeda dengan dengan karakteristik komposit serat gelas anyam yang menyatakan bahwa komposit serat gelas anyam memiliki kekuatan tertinggi pada orientasi anyaman 0/90 (Pramono dkk., 2007).

Rendahnya kekuatan tarik komposit serat kenaf anyam dengan orientasi arah anyaman 0/90 disebabkan oleh anyaman serat kenaf yang dibuat dari pilinan serat kenaf acak yang diskontinyu. Akibatnya adalah kekuatan anyaman serat kenaf arah 0 (searah beban) menjadi rendah (tidak setinggi kekuatan komposit serat kontinyu arah 0). Dengan demikian, kekuatan bagian komposit yang arah anyamannya 0 (searah beban) yang semestinya sebagai bagian utama untuk menahan beban tinggi menjadi rendah. Padahal pada $v_f = 30\%$, kekuatan tarik komposit serat kenaf kontinyu arah 0 - polyester mencapai lebih dari 100 MPa sedangkan pada $v_f = 53,4\%$ kekuatan komposit tersebut adalah 200 MPa (Diharjo dkk., 2005).



(a) Kekuatan tarik.



Gambar 1. Kurva hasil uji tarik komposit berpangsat serat kenaf anyam.

Modulus tarik juga meningkat seiring dengan peningkatan orientasi sudut anyaman serat kenaf (Gambar 1b). Hal ini menunjukkan bahwa komposit tersebut bersifat lebih kaku/ rigid. Kemampuan malar komposit pun sedikit meningkat seiring dengan peningkatan orientasi sudut anyaman serat kenaf (Gambar 1c). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan orientasi anyaman serat kenaf anyam hingga sudut ± 45 mampu menghasilkan komposit serat kenaf anyam yang memiliki sifat tarik tertinggi (kekuatan, modulus dan regangan tarik).

Secara teoritis, kemampuan menahan beban komposit serat anyam ± 45 masing-masing adalah $\sigma_0/\sqrt{2}$ dan $\sigma_0/\sqrt{2}$, dimana σ_0 adalah kekuatan tertinggi bagian komposit dengan orientasi serat 0° (searah beban), seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Komposit kenaf anyam 0/90, seperti ditunjukkan pada Gambar 2, memiliki dua daerah yang kekuatannya rendah, yaitu daerah perilangan anyaman sebagai daerah kaya matrik dan daerah anyaman dengan arah tegak lurus arah pembebanan. Jadi, daerah komposit yang memiliki kekuatan tinggi adalah hanya daerah kaya serat dengan arah anyaman searah pembebanan. Berhubung anyaman disusun dari serat kenaf acak, maka kekuatan daerah tersebut pun hampir sama dengan kekuatan komposit serat acak. Di sisi lain, komposit berpangsat serat kenaf anyam 0/90 memiliki

kemampuan menahan beban sebesar $\sigma_0 + \sigma_{90}$, dimana σ_{90} adalah kekuatan arahmendak bagian komposit dengan orientasi serat 90° (tegak lurus arah beban). Padahal, harga σ_{90} sangat jauh lebih kecil dibandingkan dengan σ_0 ($\sigma_{90} \ll \sigma_0$). Dengan lebih rendahnya kekuatan komposit serat anyam 0/90 dibandingkan dengan komposit serat kenaf anyam $\pm 45/45$, maka $\sigma_0/\sqrt{2} > \sigma_0 + \sigma_{90}$. Dengan demikian, komposit serat kenaf anyam (karang goni) memiliki kekuatan tertinggi pada orientasi anyaman serat kenaf ± 45 .



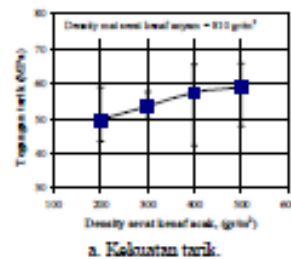
Gambar 2. Ilustrasi analisis kekuatan komposit serat kenaf anyam.

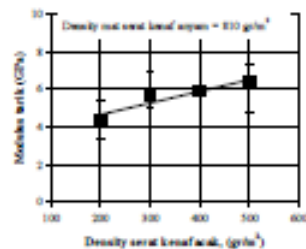
Pengaruh Density Serat Acak Terhadap Kekuatan Komposit Kenaf Acak-Anyam

Data hasil pengujian komposit berpangsat kombinasi serat kenaf acak-anyam bermatrik polyster dengan variasi density mat serat kenaf acak ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk mempermudah menganalisis data-data hasil penelitian ini maka hasilnya dipaparkan dalam bentuk kurva sifat tarik komposit seperti ditunjukkan pada gambar 4.

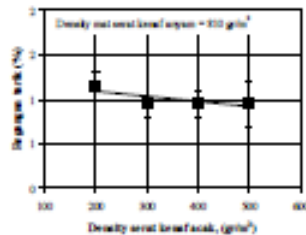
Tabel 3. Kekuatan tarik komposit serat kenaf acak-anyam dengan matrik polyster.

Density kenaf acak (g/m ²)	Tegangan Tarik, MPa			Modulus Tarik, GPa			Regangan Tarik, %		
	Min	Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata	Min	Max	Min
200	43.59	58.89	49.74	3.33	5.35	4.38	1	1.30	43.59
300	49.84	57.36	53.41	4.90	6.96	5.69	0.8	1.00	49.84
400	42.21	65.71	53.69	5.89	5.97	5.90	0.8	1.10	42.21
500	47.36	65.77	59.01	4.8	7.31	6.36	0.7	1.20	47.36





b. Modulus tarik.



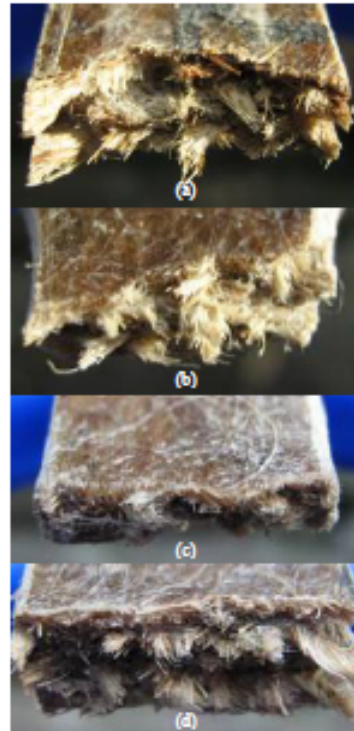
c. Regangan tarik.

Gambar 3. Kurva sifat tarik komposit berpenguat kombinasi serat kenaf anyam dan acak dengan matrik polyester pada $v_f \approx 40\%$.

Secara umum, kekuatan dan modulus tarik komposit berpenguat serat kenaf acak-anyam meningkat seiring dengan peningkatan *density* kenaf acak (Gambar 3a dan Gambar 3b). Hal ini disebabkan oleh adanya penguatan di daerah-daerah kaya matrik (daerah perulangan anyaman) yang diisi oleh penguat serat acak. Dengan demikian, kekuatan komposit menjadi lebih merata seiring dengan peningkatan *density* kenaf acak. Pada *density* serat kenaf acak 400 gr/m², komposit tersebut mengalami peningkatan kekuatan tarik yang signifikan (57,49 MPa), seperti pada Gambar 3a. Pada kondisi ini, peningkatan *density* kenaf acak mampu memberikan penguatan dengan baik dimana serat acak tersebut secara efektif mampu mengisi bagian-bagian daerah kaya matrik. Selanjutnya pada *density* serat kenaf acak 500 gr/m², kekuatan komposit mengalami peningkatan lagi dengan lebih lambat. Peningkatan kekuatan tersebut disebabkan oleh semakin besarnya kontribusi bagian komposit yang diperkuat serat acak, yang memiliki kekuatan lebih tinggi dari komposit serat anyam. Dengan demikian, kekuatan komposit serat acak secara nyata menunjukkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan komposit serat anyam. Kesimpulan ini sesuai dengan hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Diharjo dkk. (2008).

Peningkatan *density* kenaf acak juga meningkatkan modulus tarik komposit. Hal ini menunjukkan bahwa komposit tersebut memiliki kekakuan/kekokohan yang

lebih tinggi seiring dengan peningkatan *density* kenaf acak. Peningkatan modulus ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan kekuatan yang signifikan dan diiringi oleh penurunan regangan tarik. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan tegangan tarik yang diiringi oleh penurunan regangan tarik seiring dengan peningkatan *density* kenaf acak, seperti pada Gambar 3c. Penurunan regangan (seperti pada Gambar 3c) disebabkan oleh adanya dominasi kandungan penguat serat, dimana kemampuan meregang penguat serat lebih rendah dari kemampuan meregang polyester. Akibatnya adalah terjadi penurunan regangan seiring dengan semakin besarnya *density* kenaf acak.



Gambar 4. Penampang patihan komposit serat kenaf acak-anyam bermatrik polyester untuk *density* kenaf acak (a) 200 gr/m² (b) 300 gr/m² (c) 400 gr/m² (d) 500 gr/m²

Secara umum, kegagalan sampel uji komposit serat kenaf acak-anyam menunjukkan jenis kegagalan tarik yang sempurna. Hal ini ditunjukkan oleh terjadinya kegagalan pada daerah *gage length*. Kegagalan yang terjadi juga menunjukkan *fiber pull out* yang pendek (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa komposit

serat kenaf ini memiliki ikatan antara serat dengan matrik yang kuat. Kuatnya ikatan tersebut merupakan bukti efek perlakuan alkali serat kenaf selama 2 jam yang dapat mereduksi kandungan lignin sehingga dapat direkat oleh matrik dengan kuat.

Penampang patahan komposit serat kenaf acak-anyam dengan *density* kenaf acak 200 dan 300 gr/m² menunjukkan kegagalan dengan penampang patahan sangat kasar (Gambar 4a dan Gambar 4b). Hal ini disebabkan adanya daerah yang mengalami kandungan penguat serat banyak dan daerah kaya matrik sehingga terjadi perbedaan karakteristik kegagalan yang sangat kontras. Namun, penampang patahan komposit serat kenaf-anyam dengan *density* kenaf acak 400 dan 500 gr/m² menunjukkan kegagalan yang seragam dengan tekstur penampang patahan yang lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa komposit tersebut mengalami kegagalan secara bersamaan karena serat kenaf acak dapat mengisi kekosongan penguat di daerah kaya matrik.

KESIMPULAN

Kekuatan, modulus dan regangan tarik komposit serat kenaf anyam meningkat seiring dengan peningkatan orientasi sudut anyaman serat kenaf. Komposit serat kenaf anyam dengan orientasi anyaman ±45 memiliki kekuatan tarik tertinggi (31,39 MPa). Peningkatan orientasi sudut anyaman menyebabkan peningkatan kekuatan komposit. Kekuatan dan modulus tarik komposit berpenguat serat kenaf acak-anyam meningkat seiring dengan peningkatan *density* kenaf acak. Pada *density* 400 gr/m², komposit tersebut mengalami peningkatan kekuatan tarik yang signifikan (57,49 MPa). Peningkatan modulus tarik komposit dipengaruhi oleh peningkatan kekuatan tarik yang diiringi penurunan regangan tarik. Komposit serat kenaf acak-anyam dengan *density* kenaf acak 200 dan 300 gr/m² memiliki penampang patahan yang kasar, sedangkan komposit dengan *density* kenaf acak 400 dan 500 gr/m² memiliki penampang patahan yang lebih seragam dan lebih halus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Fundamental tahun anggaran 2008. Ucapan terima kasih yang tulus juga kami sampaikan kepada Suryo Budiharjo, S.T. selaku Teknisi Penelitian yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang	(mm ²)
E	= modulus tarik	(GPa)
P	= beban	(N)
v_f, v_m	= fraksi volume serat dan matrik	(%)
V_f, V_m	= volume serat dan matrik	(cm ³)

w_f	= fraksi massa serat	(%)
W_f, W_m	= massa serat dan matrik	(gr)
ϵ	= regangan tarik	(%)
σ	= kekuatan tarik	(MPa)
σ_c	= kekuatan tarik komposit	(MPa)
σ_f	= kekuatan tarik serat	(MPa)
σ_m	= kekuatan tarik matrik	(MPa)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adminbts, 2007. "Peta Industri Berbahan Baku Kenaf", Ditjen Perkebunan RI.
- [2] ASTM D-638, 1999. "Standard Test Method for Density of Tensile Properties of Plastics Materials", Annual Book of ASTM 1999, Vol. 08.01, ASTM, New York.
- [3] Diharjo K., Jamari, Soekriano dan Rochardjo H. S. B., 2008. "Kajian Sifat Fisis, Mekanis dan Akustik Komposit sandwich Serat Kenaf Bermatrik Polyester Dengan Core Kayu Sengon Laut", Draft Laporan Disertasi, Program Doktor Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- [4] Diharjo K., Jamari, Soekriano dan Rochardjo H. S. B., 2007. "Effect of Hardener Content on The Tensile Properties of The kenaf-Polyester Composite", Jurnal Ilmiah POROS-Terakreditasi B, ISSN 1410-6841, Vol. 10 No. 1, Teknik Mesin FT Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- [5] Diharjo K., Jamari, Soekriano dan Rochardjo H. S. B., 2005. "Tensile Properties of Unidirectional Continuous Kenaf Fiber Reinforced Polyester Composite", Proceeding of Kentingan Physics Forum, Sebelas Maret University, Surakarta.
- [6] Eichhorn S.J., Zafeiropoulos C.A.B.N., Ansel L.Y.M.M.P., Entwistle K.M., Escamilla P.J.H.F.G.C., Groom L., Hill M.H.C., Rials T.G., dan Wild P.M., 2001. "Review Current International Research into Cellulosic Fibres and Composites", Journal of Materials Science, pp. 2107-2131.
- [7] George J., Janardhan R., Anand J.S., Bhagawan S.S. dan Thomas S., 1996. "Melt Rheological behavior of Short Pineapple Fibre Reinforced Low Density Polyethylene Composites", Journal of Polymer, Volume 37, No. 24, Great Britain.
- [8] Mueller D. H. dan Krobjilowski A., 2003. "New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber", Jurnal of Industrial Textiles, 33, pp. 111-130.
- [9] Pramono C., Kusuma D., Sudrajat A., 2006. "Kajian Optimasi Kekuatan Bending dan Impak Panel Komposit Sandwich GFRP Dengan Core Limbah Kayu Sengon Laut Untuk Panel Struktur Car Body Otomotif", Laporan Penelitian PKMP, DP2M, Dikti, Jakarta.
- [10] Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan Bose N.R., 2001. "Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties", Bulletin of Materials

- Science, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, Indian Academy of science.
- [11] Sanadi A.r., Prasad S.V. dan Rohatgi P.K., 1986. "Sarthamp Fibre-Reinforced Polyester", *Journal of Materials Science* 21, pp. 4299-4304, UK.
 - [12] Shackelford, 1992. "Introduction to Materials science for Engineer", Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.
 - [13] Toyota, 2002. "Car Recycling Europe", Toyota Motor Marketing Europe, Environmental Affair Office, Brussels, October 2002. dalam <http://www.toyota-europe.com>.
 - [14] Turyanto, 2005. "Kanvas Alternatif Penghasil Pulp Yang Belum Dilirik", *Enterprise Portal, Bisnis Indonesia*, 13 Sept. 2005, dalam www.bisnis.com.