

Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong

Kris Witono, Yudy Surya Irawan, Rudy Soenoko, Heru Suryanto
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan. Mayjend Haryono 167, Malang 65145. Indonesia
Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291
Email: k_witono@yahoo.com

Abstract

Chemical modification on fiber by using Natrium Hydroxide (NaOH) solution directly affect to the fiber structure such as changing the chemical composition of the fiber and improve the performance of natural fiber as the composite reinforcement. The purpose of this study is to investigate the effects of NaOH solution to the tensile strength and the morphology of Mendong fiber. The concentration of NaOH solution were 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v on this experiment. Mendong fiber was soaked for 2, 4 and 6 hours in NaOH solution. The temperature on this study was 26 °C. The tensile strength of Mendong fiber was increased by increasing the NaOH solution concentration and duration of soaking after exceed the concentration of NaOH solution and duration of soaking the tensile strength would be decreased. The highest tensile strength was 497,34 MPa with NaOH solution concentration 5% v/v and the duration of soaking, 2 hours. The roughness of Mendong fiber by soaking in NaOH solution was higher than without soaking in NaOH solution. Soaking on the highest concentration of NaOH solution caused the highest roughness.

Keywords: NaOH solution, Mendong fiber, tensile strength, roughness.

PENDAHULUAN

Peningkatan kesadaran lingkungan di seluruh dunia telah mendorong desain bahan yang ramah lingkungan. Saat ini, serat sintetis seperti kaca (*glass*), karbon dan aramid banyak digunakan dalam komposit polimer karena kekakuan tinggi dan kekuatannya. Namun, serat-serat sintetis memiliki kelemahan serius dalam hal biodegradabilitas, biaya pengolahan awal yang tinggi, daur ulang, konsumsi energi, abrasi mesin dan bahaya bagi kesehatan. Dampak lingkungan yang merugikan telah mengubah perhatian dari penggunaan serat sintetis ke serat alami. Pengenalan biofiber seperti serat alami dari sumber daya terbarukan telah menarik perhatian untuk digunakan sebagai penguat dalam komposit polimer untuk memberikan manfaat terhadap lingkungan sehubungan dengan biodegradabilitas dan pemanfaatan bahan terbarukan [1].

Material komposit dengan penguat serat alam seperti bambu, sisal, hemp, dan pisang telah diaplikasikan pada dunia otomotif sebagai bahan penguat panel

pintu, tempat duduk belakang, dashboard, dan perangkat interior lainnya [2].

Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) merupakan tanaman yang tumbuh di lahan basah, di daerah berlumpur, dan memiliki air yang cukup. Hasil utama tanaman mendong adalah berupa batang serta tangkai bunga yang dikenal dengan istilah "mendong". Mendong merupakan jenis tanaman rumput yang memiliki serat yang cukup kuat. Oleh karena itu, mendong digunakan sebagai bahan baku industri kerajinan yang hasilnya dapat berupa dompet, tas, topi, taplak meja, dan tikar [3]. Berdasarkan kenyataan tersebut, maka serat mendong berpotensi untuk dijadikan material penguat komposit. Pemanfaatan serat mendong sebagai material penguat komposit akan mampu meningkatkan nilai tambah dari tanaman mendong.

Serat alam mengandung lignoselulosa yang bersifat hidrofilik karena mengandung banyak gugus hidroksil. Keterbatasan utama penggunaan serat alam sebagai penguat dalam matrik komposit

termoplastik ataupun termosetting adalah serat alam tidak kompatibel dengan matrik komposit yang bersifat hidrofobik. Inkompatibilitas ini menyebabkan adesi antarmuka yang rendah antara kutub-hidrofilik serat dan kutub hidrofobik matrik, dan kesulitan dalam pencampuran akibat pembasahan (*wetting*) yang rendah dari serat oleh matrik. Hal ini pada mengakibatkan komposit mempunyai kekuatan antarmuka yang lemah [4].

Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia berpengaruh secara langsung terhadap struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat, mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat, sehingga akan memberikan ikatan antara serat dengan matriks yang lebih baik. Hal ini akan menghasilkan sifat mekanik dan termal komposit yang lebih baik [5].

Kekuatan dan kekakuan dari serat tanaman terutama tergantung pada kandungan selulosanya, peningkatan kandungan selulosa adalah faktor kunci untuk meningkatkan sifat serat. Perlakuan alkali (NaOH) dari serat alami adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dikenal untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa dan lignin [6]. Perlakuan alkali adalah metode umum untuk membersihkan dan memodifikasi permukaan serat untuk menurunkan tegangan permukaan dan meningkatkan adhesi antarmuka antara serat alami dan matriks polimer [7].

Mengingat begitu pentingnya perlakuan permukaan sebagai perlakuan awal dalam proses pembuatan komposit berpenguat serat alam maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menjelaskan pengaruh perlakuan serat alkali (NaOH) terhadap kekuatan tarik dan morfologi serat mendong.

METODE

Jenis metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental sejati. Penelitian dilakukan di laboratorium material Jurusan Teknik Mesin dan

laboratorium material Jurusan MIPA Fisika Universitas Brawijaya Malang.

Perlakuan alkali (NaOH) pada serat mendong dengan variasi konsentrasi sebesar 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v, dengan variasi perendaman untuk masing-masing konsentrasi selama 2, 4, dan 6 jam, serta membandingkan hasilnya dengan serat mendong tanpa perlakuan alkali.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik serat mendong dengan variabel terkontrol berupa temperatur proses perlakuan dijaga agar tetap pada temperatur kamar ($\pm 26^{\circ}\text{C}$)

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut meliputi: (A) Mendong, berasal dari daerah Wajak, kabupaten Malang; (B) Matrik, jenis Epoxy Resin Bakelite[®] EPR 174 dengan Epoxy Hardener V-140 yang diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya, Surabaya; dan (C) Larutan Alkali jenis NaOH (Merck).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian tersebut meliputi: Mesin Uji Tarik Serat, Timbangan Digital, Mikroskop Optik, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Alat bantu lain yang di gunakan meliputi: micrometer, gunting, *cutter*, spidol, kuas, gelas ukur, cawan, penggaris, dan pisau.

Prosedur penelitian

Pengambilan sampel uji

Tanaman mendong diambil dari daerah yang sama, dipilih yang mempunyai batang dengan panjang relatif sama ± 100 cm dengan usia tanam sekitar 5 - 6 bulan, seperti terlihat pada Gambar 1.

Batang mendong yang akan dijadikan sampel serat diambil dari pangkal bawah ke atas sampai dengan panjang sekitar 60 cm [8].



Gambar 1. Batang Mendong

Proses Retting Serat

Proses *retting* serat dilakukan secara mekanis yaitu dengan memukul batang mendong yang masih basah secara berulang-ulang dan dibersihkan dalam media air sampai serat mendong terlepas dari jaringan ikatnya. Selanjutnya serat direndam dalam air selama kurang lebih satu minggu. Serat mendong selanjutnya diambil dan dibersihkan lalu dibiarkan kering angin, selanjutnya dilakukan pengamatan dan pengujian tarik.

Proses Perlakuan Alkali

Proses perlakuan alkali dilakukan dengan cara merendam serat mendong didalam cawan-cawan plastik yang telah diisi larutan alkali (NaOH) dengan variasi konsentrasi 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v dan lama perendaman masing-masing konsentrasi selama 2, 4, dan 6 jam. Setelah waktu perendaman tercapai, serat diangkat untuk dibilas dengan larutan aquades sebanyak 5 kali, lalu dikering-anginkan.

Pengukuran Densitas Serat

Pengukuran densitas serat mendong dilakukan menggunakan metode Archimedes, dengan cara menimbang berat wadah di udara (M_1), berat wadah didalam cairan methanol (M_2), berat wadah + serat mendong di udara (M_3), berat wadah + serat mendong didalam cairan methanol (M_4). Dengan memasukkan hasil penimbangan (M_1, M_2, M_3, M_4) dan densitas cairan methanol (ρ_l) sebesar 0,791 g/cm³ pada persamaan berikut:

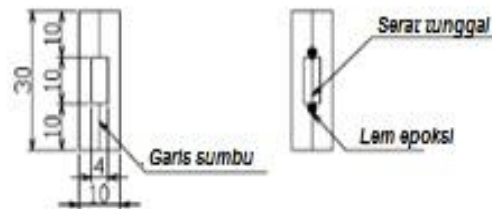
$$\rho_f = \frac{(M_3 - M_2) \rho_l}{\{(M_3 - M_2) - (M_4 - M_2)\}} \quad (1)$$

Pengujian Tarik Serat Tunggal Mendong

Uji tarik spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik serat dengan beban maksimum 5N. Luas penampang serat ditentukan melalui pengamatan mikroskop optik dengan cara serat difoto secara horizontal, selanjutnya dengan asumsi bahwa serat berpenampang bulat maka diukur diameter serat dengan program ImageJ pada 10 tempat di sepanjang serat pada foto. Hasil pengukuran tersebut dihitung luasannya

dan selanjutnya dibuat rata-rata luas penampang serat.

Sepuluh set spesimen disiapkan seperti Gambar 2 dan diuji kekuatan tarik dari masing-masing spesimen.



Gambar 2. Spesimen uji tarik serat tunggal

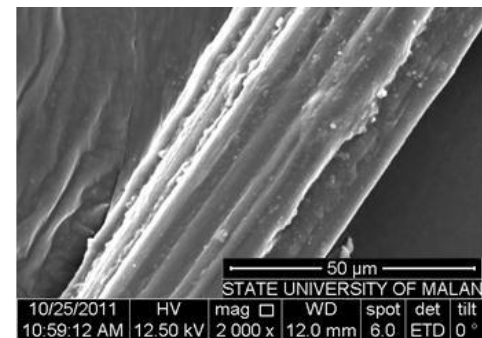
HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Serat Mendong Akibat Perlakuan Alkali

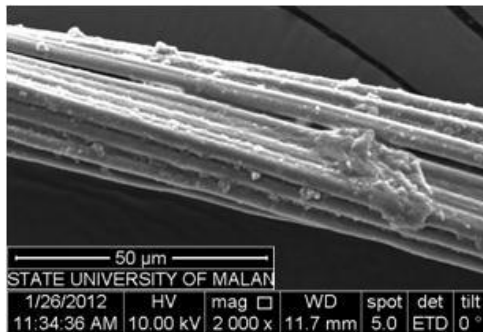
Setelah proses *retting* serat dari batang mendong maka diperoleh serat mendong yang berwarna putih kekuningan seperti tampak pada Gambar 3 dengan nilai densitas serat mendong terukur sebesar 0,892 g/cm³.



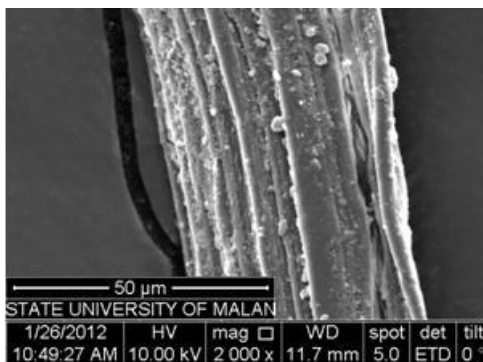
Gambar 3. Serat Mendong



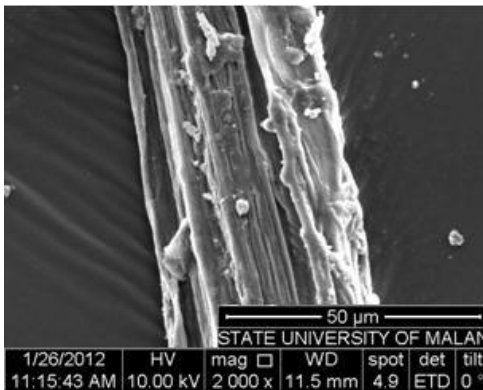
Gambar 4. Morfologi Serat Mendong sebelum Perlakuan Alkali, diamati dengan SEM



Gambar 5. Morfologi Serat Mendong setelah Perlakuan Alkali 2,5% NaOH selama 4 jam, diamati dengan SEM



Gambar 6. Morfologi Serat Mendong setelah Perlakuan Alkali 5% NaOH selama 4 jam, diamati dengan SEM



Gambar 7. Morfologi Serat Mendong setelah Perlakuan Alkali 7,5% NaOH selama 4 jam, diamati dengan SEM

Pengamatan morfologi terhadap serat mendong setelah proses retting serat dilakukan menggunakan SEM, yang ditampilkan pada Gambar 4, dan morfologi serat setelah mengalami perlakuan alkali 2,5%, 5% dan 7,5% berturut-turut

ditunjukkan oleh Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 4 – 7 dari hasil pengamatan dengan SEM, terlihat adanya perbedaan antara morfologi serat mendong sebelum dengan setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH). Morfologi serat mendong yang mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat lebih kasar daripada serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) dan semakin tinggi kadar NaOH, maka semakin kasar serat mendong tersebut.

Perubahan Komposisi Kimia Serat Akibat Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi kimia pada serat mendong. Perubahan komposisi kimia terjadi akibat dari larutan alkali (NaOH) yang melarutkan unsur-unsur seperti lignin, hemiselulosa, dan zat ekstraktif lainnya, sehingga persentase unsur selulosa didalam serat meningkat. Untuk mengamati perubahan komposisi kimia serat, maka dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan komposisi serat mendong sebelum dan setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH 5%), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Serat Mendong Sebelum dan Setelah Perlakuan Alkali (NaOH)

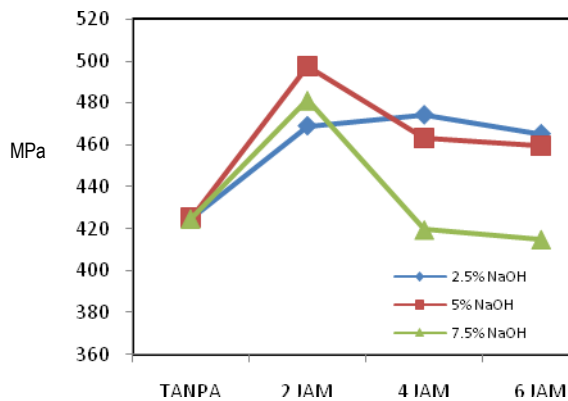
No	Jenis perlakuan serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Silikat (%)
1	Tanpa Perlakuan	36,51	3,01	7,84	1,40
2	Perlakuan 5% NaOH	47,89	0,24	9,71	1,27

Pengujian Kekuatan Tarik Serat

Pengujian kekuatan tarik dilakukan terhadap serat mendong tanpa perlakuan alkali (NaOH) dan serat mendong yang diberi perlakuan alkali (NaOH) variasi konsentrasi sebesar 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v, dan variasi perendaman untuk masing-masing konsentrasi selama 2, 4, dan 6 jam. Setiap jenis perlakuan dilakukan pengujian dengan pengulangan sebanyak 10 kali (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Tarik Serat Mendong

Kode	Beban Tarik Maks (N)	Diameter (mm)	Kekuatan Tarik Maks (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (GPa)
TANPA PERLAKUAN	0.384	0.034	424.884	2.73	17.400
2.5 % NaOH ; 2 JAM	0.390	0.032	468.847	2.79	16.891
2.5 % NaOH ; 4 JAM	0.411	0.033	474.064	2.80	20.529
2.5 % NaOH ; 6 JAM	0.405	0.033	465.020	2.58	18.822
5 % NaOH ; 2 JAM	0.293	0.027	497.336	2.53	20.359
5 % NaOH ; 4 JAM	0.358	0.031	463.077	2.78	19.705
5 % NaOH ; 6 JAM	0.357	0.031	459.308	2.82	17.147
7.5 % NaOH ; 2 JAM	0.265	0.026	481.350	2.90	18.640
7.5 % NaOH ; 4 JAM	0.280	0.028	419.571	2.77	16.985
7.5 % NaOH ; 6 JAM	0.277	0.029	414.960	3.03	15.249



Gambar 8. Kekuatan Tarik Serat Mendong

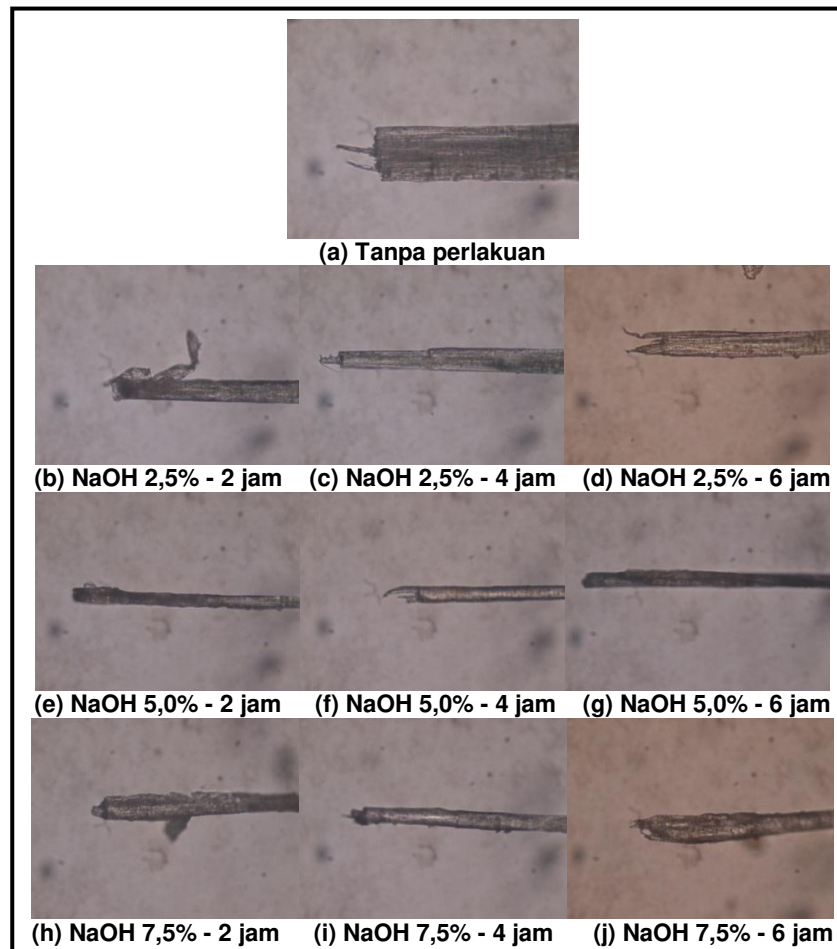
Berdasarkan grafik pada Gambar 8 terlihat bahwa serat mendong yang mengalami perlakuan alkali cenderung meningkat kekuatannya sampai pada batas waktu perendaman 2 jam, kecuali pada konsentrasi NaOH 2,5% v/v yang meningkat sampai batas waktu perendaman 4 jam, kemudian akan mengalami penurunan kembali. Kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada serat mendong yang mengalami perlakuan alkali pada konsentrasi NaOH 5% v/v dan waktu perendaman 2 jam, yaitu sebesar 497,34 MPa.

Uji statistik terhadap data hasil pengujian kekuatan tarik serat mendong serat mendong tanpa perlakuan alkali (NaOH) dan serat mendong yang diberi perlakuan alkali (NaOH) variasi konsentrasi sebesar 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v, dan variasi perendaman untuk masing-masing konsentrasi selama 2, 4, dan 6 jam, menggunakan analisis varian dua arah. Hasil dari analisa varian didapatkan menunjukkan bahwa (a) Variasi lama perendaman didalam NaOH berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik serat mendong; (b) Variasi persentase kadar NaOH berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik serat mendong, dan (c) Interaksi variasi persentase kadar dan lama perendaman didalam NaOH berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik serat mendong.

Pengamatan Fraktografi Serat

Pengujian fraktografi dilakukan untuk menentukan jenis patahan yang terjadi pada masing-masing spesimen tersebut. Hasil pengujian fraktografi ditampilkan pada Gambar 9a -9j.

Berdasarkan Gambar 9 dari hasil foto mikroskop, terlihat adanya perbedaan antara bentuk patahan serat mendong sebelum dengan setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH). Bentuk patahan serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat berbentuk patahan ulet (Gambar 9a), kemudian setelah mengalami perlakuan alkali selama 2 jam cenderung berubah menjadi patahan getas (Gambar 9b, 9e, 9h), kemudian saat mengalami perlakuan alkali (NaOH) selama 4 jam dan 6 jam cenderung berubah menjadi patahan ulet kembali (Gambar 9c, 9d, 9f, 9g, 9i, 9j). Jadi dapat disimpulkan bahwa perendaman alkali lebih dari 2 jam tidak terlalu efektif, karena semakin ulet patahan yang terjadi berarti semakin rendah kekuatan serat tersebut.



Gambar 9. Bentuk Patahan Uji Tarik Serat Mendong Pembesaran 400x

Peningkatan kekuatan tarik serat mendong setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH) terjadi karena adanya peningkatan kekakuan serat. Kekakuan serat meningkat karena peningkatan kandungan selulosa dan berkurangnya kandungan unsur lain seperti hemiselulosa, lignin, dll. Hal tersebut terlihat dari perubahan komposisi kimia serat hasil pengujian di laboratorium, yang disajikan pada Tabel 1.

Kekuatan tarik optimum terjadi setelah perlakuan perendaman dengan alkali selama 2 jam. Kekuatan serat kenaf meningkat dengan perendaman sampai konsentrasi 6% selama 3 jam dan peningkatan konsentrasi lebih dari 6% menyebabkan kekuatan serat menjadi menurun. Peningkatan kekuatan ini

disebabkan oleh terjadinya hidrolisis dari komponen amorf dalam serat sehingga persentase selulosa meningkat (Tabel 1). Hilangnya komponen hemiselulosa akibat oleh perlakuan alkali maka fibril tertata ulang menjadi lebih kompak [9], menghasilkan rantai seluler yang lebih baik [10]. Penataan ini menyebabkan diameter serat menjadi lebih kecil. Hal ini sesuai dengan hasil perbandingan diameter serat sebelum dan sesudah perlakuan perendaman dengan alkali pada Tabel 2 yang menunjukkan serat mengalami pengurangan diameter.

Peningkatan konsentrasi alkali dan lama perendaman yang berlebih menyebabkan kekuatan serat mendong menjadi menurun karena terjadi proses delignifikasi dan penetrasi pada rantai

selulosa yang berlebihan sehingga menyebabkan kelemahan atau kerusakan pada serat [1]

Pengamatan morfologi permukaan serat menunjukkan morfologi serat mendong yang mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat lebih kasar daripada serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) dan semakin tinggi kadar NaOH, maka semakin kasar serat mendong tersebut. Kekasaran permukaan serat mendong terjadi akibat berkurangnya beberapa unsur penyusun serat seperti hemiselulosa, lignin, dll.

Hasil kekuatan tarik serat mendong berdasarkan grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa kekuatan tarik cenderung meningkat pada ketiga macam konsentrasi NaOH (2,5% v/v; 5,0% v/v; 7,5% v/v) dengan waktu perendaman 2 jam, kemudian cenderung menurun. Sedangkan kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada konsentrasi NaOH 5% v/v dan waktu perendaman 2 jam, yaitu sebesar 497,34 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa pelarutan alkali (NaOH) dengan waktu lebih dari 2 jam akan menjadi tidak efektif, yang kemungkinan disebabkan mulai terlarutnya unsur selulosa, sehingga kekuatannya mulai menurun. Hal tersebut terlihat dari hasil perbandingan nilai modulus young dan elongasi yang terjadi. Nilai modulus young serat cenderung meningkat pada saat direndam selama 2 jam, kemudian berangsur menurun, kecuali pada konsentrasi NaOH 2,5% v/v, peningkatan tertinggi baru terjadi setelah direndam selama 4 jam, kemudian menurun. Sedangkan elongasi serat mengalami penurunan terendah atau terjadi kegetasan tertinggi pada serat yang direndam alkali dengan konsentrasi 5% v/v selama 2 jam%, yang menguatkan bukti terjadinya kekuatan tarik serat tertinggi.

Hasil analisis varian terhadap kekuatan tarik serat menunjukkan bahwa variasi konsentrasi alkali, variasi lama perendaman, dan interaksi kedua variasi tersebut berpengaruh terhadap kekuatan tarik serat mendong dengan tingkat signifikansi 5%.

Bentuk patahan serat juga membuktikan bahwa pelarutan alkali (NaOH) dengan waktu lebih dari 2 jam akan menjadi tidak efektif. Bentuk patahan serat tanpa perlakuan yang pada awalnya berbentuk patahan ulet kemudian berubah menjadi patahan getas pada saat direndam selama 2 jam, akan tetapi setelah melewati waktu perendaman 4 jam dan 6 jam kembali menjadi patahan ulet. Pada saat perendaman selama 2 jam, hanya terjadi pelarutan unsur-unsur selain unsur selulosa, seperti hemiselulosa, lignin, pektin, dan lain-lain. Hal tersebut akan meningkatkan kekakuan serat. Sedangkan pada perendaman 4 dan 6 jam, unsur selulosa mulai ikut terlarut, sehingga kekakuan serat akan menurun.

Pada peningkatan kadar konsentrasi NaOH 7,5% dengan waktu rendam 4 jam, terjadi penurunan kekuatan tarik dibawah kekuatan tarik serat mendong tanpa perlakuan. Hal tersebut menunjukkan adanya kerusakan pada unsur selulosa akibat tingginya konsentrasi NaOH dan terlalu lamanya waktu perendaman dalam larutan NaOH, sehingga disarankan untuk tidak melarutkan serat mendong pada larutan NaOH dengan konsentrasi 7,5% dan waktu perendaman lebih dari 4 jam.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa variasi konsentrasi, variasi perendaman, dan interaksi keduanya pada perlakuan alkali (NaOH) serat mendong memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik serat mendong. Kekuatan tarik serat mendong yang telah mengalami perlakuan alkali cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya, kemudian cenderung menurun setelah melampaui kadar NaOH dan lama perendaman tertentu. Kekuatan tarik tertinggi serat mendong yang telah mengalami perlakuan alkali didapat pada kadar NaOH 5% v/v dan lama perendaman 2 jam, sebesar 497,34 MPa. Morfologi serat mendong yang mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat lebih kasar daripada serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) dan semakin tinggi kadar NaOH, maka semakin kasar serat mendong tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kabir, M.M., Wang, H., Aravinthan, T., Cardona, F., and Lau, K.-T., 2011, *Effects Of Natural Fibre Surface On Composite Properties*.
- [2] Boeman, R. G., and Johnson, N. L., 2002, Development of a Cost Competitive, Composite Intensive, Body-in-white. *Journal SAE*. No. 2002-01-1905.
- [3] Dewandini, Sri K. R., 2010. Motivasi Petani dalam Budidaya Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) di Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman. *Tugas Akhir*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] John, M. J.J., Anandjiwala R. D., 2008, *Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites*.
- [5] Abdelmouleh, M., Boufis, S., Belgacem, M.N., & Dufresne, A., 2007, Short Natural-Fibre Reinforced Polyethylene and Natural Rubber Composites: Effect of Silane Coupling Agents and Fibre Loading. *Composite Science and Technology*, 67(7-8), 1627-1639.
- [6] Kim, J.T., Netravali, A.N., 2010, Mercerization of Sisal Fiber: Effect of Tension on Mechanical Properties of Sisal Fiber and Fiber-Reinforced Composites. *Composites: Part A* 41, 1245 -1252.
- [7] Bachtiar, D., Sapuan S.M., Hamdan M.M., 2008, The Effect of Alkaline Treatment on Tensile Properties of Sugar Palm Fibre Reinforced Epoxy Composites. *Materials and Design*. No. 29, 1285–1290.
- [8] Suryanto, H., Irawan, Y.S., Marsyahyo, E., dan Soenoko, R., 2012, Karakteristik Serat Mendong (*Fimbristylis Globulosa*): Upaya Menggali Potensi Sebagai Penguat Matriks Polimer. *Proceeding Seminar Nasional "Green Technology 3"*, Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- [9] Taha, I, L. Steuernagel, and G. Ziegmann. 2007. Optimization of the Alkali Treatment Process of Date Palm. *Composite Interfaces* 14 (7), 669– 684.
- [10] Symington, Mark C., S. David -West Opukuro, M. Bank William, and Richard A. Petrich. 2008. The Effect of Alkalisiation on The Mechanical Properties of Natural Fibres. In : *13th European Conference on Composite Materials (EECM 13)*, 2-5 June 2008, Stockholm, Sweden.