

Pengaruh Modifikasi Permukaan Serat Karbon Terhadap Sifat Bending dan Daya Serap Air Komposit Hibrida Sisal/Karbon/PVC

Alfan Khalim^{a*}, Harini Sosiati^a, Sudarisman^a

^aTeknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
alfan.khalim.2014@ft.umy.ac.id

Abstrak

Komposit hibrida serat karbon dengan serat sisal telah dikembangkan sebagai kandidat bahan aplikasi perangkat olahraga karena memiliki kekuatan mekanis tinggi dan lebih ramah lingkungan. Ikatan antar *filler* dan matriks berperan penting dalam nilai kekuatan mekanis komposit, serat sisal yang bersifat hidrofilik dan serat karbon bersifat hidrofobik menyebabkan sulitnya mencapai dispersi homogen. Perlakuan serat sisal dengan NaOH dan serat karbon dengan nitrogen cair diharapkan mampu mengatasi masalah tersebut. Fabrikasi komposit hibrida dilakukan dengan mesin *hot press* hasil rekayasa pada temperatur 170°C dengan tekanan 1700 Psi selama 15 menit. Perbandingan matriks/*filler* yaitu 80/20 % berat dan perbandingan serat hibrida sisal dan karbon 1 : 1 dengan variasi lama perlakuan karbon nitrogen cair selama 5 menit, 10 menit, dan 20 menit. Pengujian bending mengacu ASTM D790 dan pengujian daya serap air mengacu ASTM D570 dilakukan pada semua spesimen komposit hibrida. Karakterisasi struktur patahan uji bending dilakukan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) dan mikroskop optik. Hasil menunjukkan komposit hibrida PVC/sisal/karbon dengan tegangan bending dan modulus elastisitas tertinggi pada komposit perlakuan serat karbon nitrogen cair selama 10 menit yaitu 100,66 MPa dan 1,85 GPa. Hasil tersebut dijelaskan dari hasil karakterisasi struktur patahan dengan SEM dan foto makro yang menunjukkan ikatan serat dengan matriks lebih baik.

Kata kunci: PVC, Serat sisal, Serat karbon, dan komposit hibrida

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat industri-industri terus bersaing guna menciptakan inovasi-inovasi terbaru yang belum pernah ada. Inovasi yang marak dikembangkan saat ini yaitu inovasi dalam modifikasi meningkatkan kualitas, daya saing, dan ramah lingkungan (Kusumastuti, 2009). Salah satunya yaitu pengembangan teknologi material, dimana material ramah lingkungan seperti komposit saat ini menjadi alasan utama untuk menggantikan material logam yang sulit terurai dengan cepat (Smallman dan Bishop, 2000). Akhir-akhir ini pengembangan dan pemanfaatan material komposit hibrida serat alam telah diaplikasikan secara komersial di berbagai bidang seperti bidang perangkat olahraga (Lei, 2015).

Kekuatan mekanis komposit hibrida dengan *filler* serat alam lebih rendah daripada komposit dengan *filler* serat sintetis (Severinia, 2002). Meskipun serat sintetis mempunyai kekuatan mekanik yang sangat baik, kerugian yang dimiliki yaitu sulit untuk didaur ulang (*non-biodegradable*). Keuntungan lain dari serat sintetis adalah ketahanan terhadap kelembaban atau resapan air, sedangkan serat alam mempunyai ketahanan resapan air yang kurang baik membuat penggunaan komposit *filler* serat alam kurang menarik (Noorunnisa dkk, 2010). Untuk menekan kelemahan dari masing-masing serat *filler*, dapat dilakukan kombinasi *filler* pada satu matriks komposit (komposit hibrida). Penggabungan serat pada satu matriks polimer dalam komposit hibrida diketahui dapat menyebabkan perubahan substantial dalam sifat mekanik komposit (Haneefa dkk, 2008).

Perlakuan hibridasi dengan serat sintetis karbon dipilih karena serat karbon mempunyai kekuatan mekanis yang sangat tinggi dibandingkan serat sintetis lain (Park dkk, 2000).. Akan

tetapi serat karbon mempunyai sifat mengikat yang kurang baik dengan matriks polimer. Oleh sebab itu untuk meningkatkan daya ikat dari karbon terhadap matriks polimer perlu dilakukan perlakuan permukaan dengan nitrogen cair (Zhang dkk, 2004). Perlakuan permukaan serat karbon dilakukan dengan direndam nitrogen cair selama 30 detik mampu menghilangkan dan membersihkan bagian serat karbon yang lemah (Rashkovan dkk, 1997). Zhang dkk (2004) telah melakukan penelitian terhadap perlakuan permukaan serat karbon menggunakan nitrogen cair dengan variasi waktu lebih lama yaitu 5, 10, dan 20 menit. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa perendaman dengan nitrogen cair selama 10 menit mampu meningkatkan daya ikat serat karbon serta mampu meningkatkan kekuatan mekanis pada komposit.

Penelitian lain terkait komposit hibrida pernah dilakukan oleh Noorunnisa dkk (2010) tentang kekuatan mekanik serat sisal dan karbon yang di gabungkan dengan matriks resin polyester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit hibrida serat sisal dan karbon mempunyai kekuatan mekanis tarik yang tinggi yaitu 84,74 MPa, serta tegangan bending yang relatif baik sebesar 90,55 MPa. Penelitian komposit dengan *filler* serat sisal dan karbon sudah pernah dilakukan, namun untuk penelitian tersebut dengan serat karbon perlakuan nitrogen cair belum dilaporkan. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai komposit PVC dengan *filler* serat sisal dan serat karbon dengan perlakuan nitrogen. Pemilihan perlakuan nitrogen pada serat karbon karena perlakuan dengan nitrogen cair mampu meningkatkan daya ikat serat karbon sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanis komposit sebagai material alternatif raket komposit.

2. METODE

2.1 Preparasi Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua jenis serat yaitu serat sisal alkalisasi NaOH dan serat karbon perlakuan nitrogen cair. Serat sisal alkalisasi dilakukan menggunakan NaOH 6% selama 4 jam pada suhu ruangan. Serat karbon dilakukan perlakuan nitrogen cair dengan perbedaan waktu 5 menit, 10 menit, dan 20 menit. Panjang *filler* serat dibuat seragam 5mm. Matriks lembaran PVC dipotong sesuai dengan ukuran cetakan. Perhitungan serat menggunakan fraksi volume serat 20% dan matriks 80% dengan perbandingan serat hibrida 1:1.

2.2 Pembuatan Komposit

Komposit dibuat dari serat karbon, serat sisal dan PVC yang sudah dihitung dan ditimbang. Menggunakan metode manual *hand lay-up* dan serat acak, komposit difabrikasi menggunakan alat *hot press* hasil rekayasa dengan tekanan 1700 Psi *hold* selama 15 menit dengan suhu 170°C. Variasi komposit dibuat dengan perbedaan lama perlakuan serat karbon 5 menit, 10 menit, dan 20 menit. Spesimen dibuat dua jenis, untuk pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790-02 dan pengujian daya serap air mengacu pada standar ASTM D570.

2.3 Uji Mekanis dan Karakterisasi

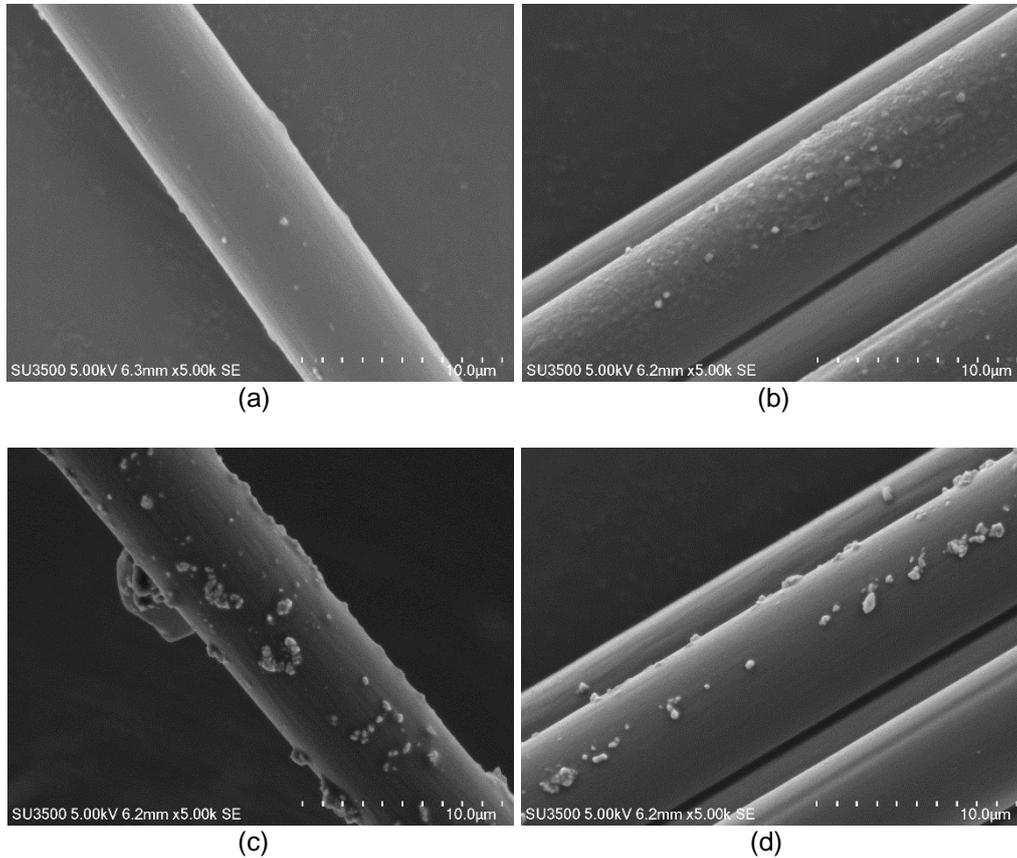
Pengujian mekanis dilakukan pada semua spesimen komposit hibrida yang telah berhasil difabrikasi. Uji bending dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D790 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Material, Universitas Negeri Sebelas Maret (UNS) dengan panjang span 64 mm dan *rate speed* pengujian 2.1 mm/min. Lima sampel untuk setiap spesimen telah diuji, dan rata-rata *fexural strength*, modulus elastisitas (Eb) dan *elongation at max stress* (ϵ_b) telah diperoleh dari kurva tegangan-defleksi. Data yang ditampilkan dibuat dalam bentuk rata-rata. Sedangkan uji daya serapan air dilakukan dengan standart ASTM D570. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan cara merendam spesimen kedalam air akuades kadar Ph 6 selama 24 jam dengan pengambilan data dilakukan setiap 6 jam. Didapat data pertambahan berat dan pertambahan tebal spesimen. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata.

Karakterisasi morfologi permukaan patahan hasil uji bending diamati menggunakan mesin *scanning electron microscope* (TESCAN SEM, VEGA 3, RUSIA) pada tegangan 10 kV. Area

pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan micam software untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada komposit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

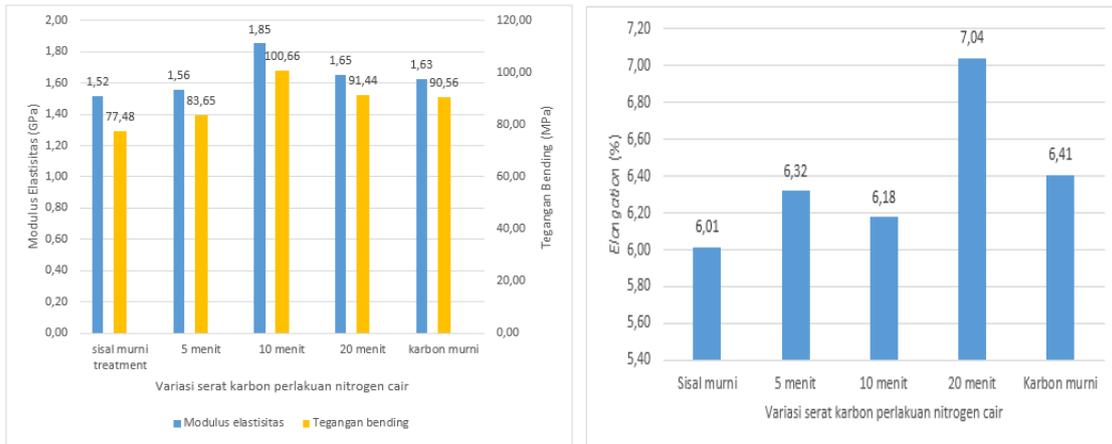
3.1 Analisis SEM Serat Karbon



Gambar 3. 1 Struktur permukaan serat karbon : (a) tanpa perlakuan; perlakuan nitrogen cair (b) 5 menit (c) 10 menit (d) 20 menit

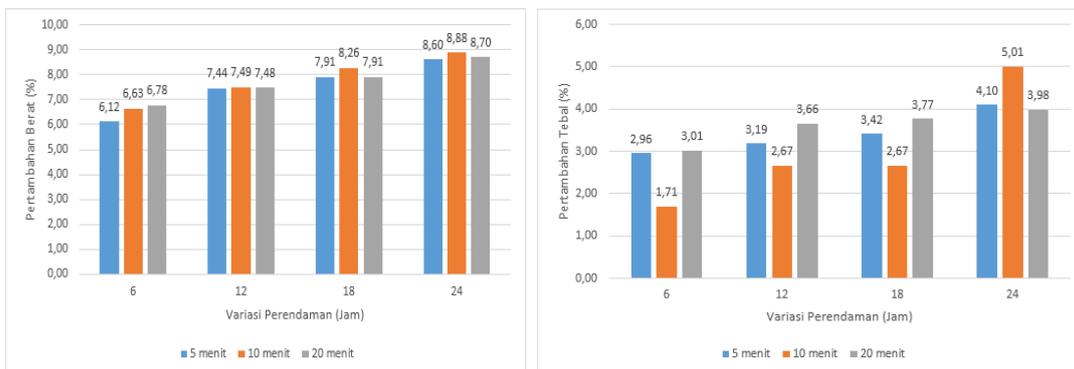
Berdasarkan gambar tersebut terlihat bagaimana citra SEM pada serat karbon tunggal dari karbon tanpa perlakuan dan karbon perlakuan nitrogen cair. Perbedaan terlihat pada serat karbon tanpa perlakuan (Gambar 3.1 (a)), dimana tampak relatif halus dan ada beberapa kotoran kecil pada permukaan serat. Pada gambar 3.1 (b) terlihat perbedaan struktur permukaan serat akibat perlakuan nitrogen cair selama 5 menit yang ditandai dengan munculnya permukaan kasar. Kemudian pada gambar 3.1 (c) dimana perlakuan nitrogen yang lebih lama yaitu 10 menit, permukaan serat karbon menjadi sangat kasar dan banyaknya fragmen kecil yang menempel pada dinding-dinding di sepanjang permukaan serat. Akan tetapi pada perlakuan yang lebih lama yaitu 20 menit, kekasaran permukaan serat cenderung berkurang, terlihat pada gambar 3.1 (d). Pada saat yang sama hal tersebut menyebabkan pengurangan diameter serat dimana berkurang dan menghilangnya struktur lapisan amorf karbon. Bentuk permukaan serat berpengaruh terhadap ikatan antar serat, tingkat kekasaran optimal serat meningkatkan ikatan serat (Zhang dkk, 2004). Sehingga berdasarkan tingkat kekasaran permukaan dan waktu perlakuan nitrogen cair, perlakuan selama 10 menit dapat dikategorikan lebih optimal.

3.2 Analisis Pengujian Mekanis



Gambar 3.2. Grafik tegangan bending, modulus elastisitas, dan regangan bending

Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa komposit PVC hibrida serat sisal/karbon mempunyai tegangan bending yang lebih besar dibandingkan dengan komposit PVC dengan satu material pengisi. Komposit PVC serat sisal murni dan komposit PVC serat karbon murni masing-masing mempunyai tegangan bending 77,48 MPa dan 90,56 MPa. Tegangan bending komposit PVC meningkat jika dilakukan hibridasi kedua material pengisi dengan komposisi dan perlakuan yang sesuai. Komposit PVC hibrida serat sisal/karbon dengan fraksi perbandingan volume serat : matrik 20 : 80 dengan sisal alkalisasi dan karbon alkalisasi 10 menit mempunyai tingkat tegangan bending dan modulus elastisitas paling tinggi yaitu 100,66 MPa dan 1,85 GPa. Hal tersebut dikarenakan proses alkalisasi perendaman nitrogen cair 10 menit mampu menghilangkan sifat amorf (*amorphous*) serat karbon secara optimal, sehingga meningkatkan ikatan antar serat (Zhang dkk, 2004). Dari grafik regangan di atas dapat diketahui bahwa komposit hibrida PVC/sisal/karbon perlakuan nitrogen cair 20 menit memiliki regangan yang paling tinggi dengan nilai 7,04 %. Hal ini berarti bahwa dengan semakin lama perlakuan serat karbon dengan nitrogen cair maka komposit hibrida PVC/sisal/karbon akan terdefleksi sebelum mengalami patah saat diberi pembebanan bending. Perlakuan karbon dengan nitrogen cair 20 menit mengakibatkan serat karbon lebih bergerombol, oleh karena persebaran serat yang tidak merata dan bergerombol tersebut meningkatkan nilai defleksi maksimal sebelum patah yang korelasi dengan naiknya nilai dari regangan bending.



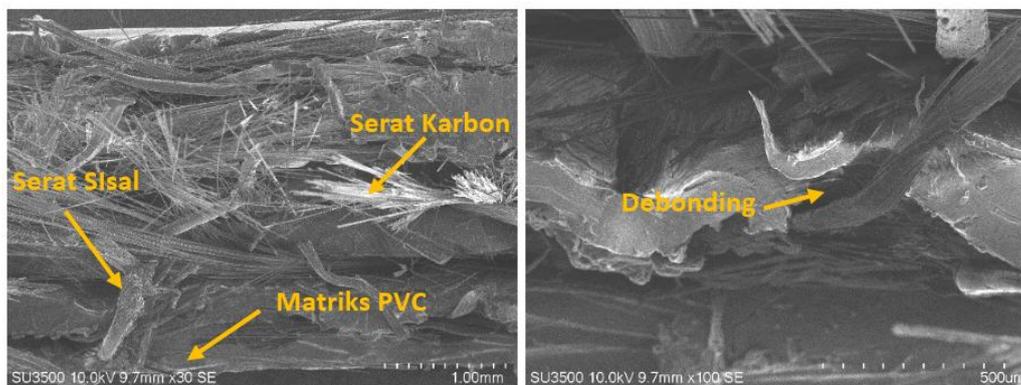
Gambar 3.3. Grafik daya serap air dan *thickness swelling*

Dari Gambar 3.3. Pada komposit dengan karbon alkalisasi nitrogen 5 menit mempunyai kenaikan daya serap air secara signifikan pada waktu 6 – 12 jam. Hal tersebut karena sifat amorf yang dimiliki oleh karbon alkalisasi 5 menit lebih banyak sehingga meningkatkan daya serap air spesimen dibandingkan dengan karbon alkalisasi 10 dan 20 menit. Kandungan selulosa pada

serat alam yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan kelembaban dalam serat karena ikatan hidrogen dari molekul air ke gugus hidroksil dalam dinding sel serat. Dihasilkan kelembaban uap air pada dinding sel serat dan antar muka serat mengakibatkan adanya penebalan ukuran serat (Sosiati dkk, 2015). Karena fraksi volume yang sama dihasilkan besar daya serap air yang relatif sama. Pengamatan visual menunjukkan serat karbon perlakuan nitrogen cair selama 5 menit cenderung menggumpal yang mengakibatkan daya serap air yang lebih tinggi.

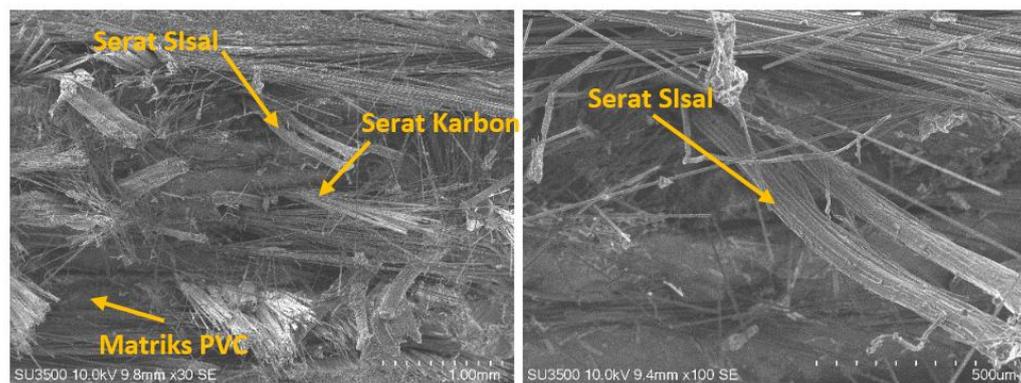
Semakin lama perendaman yang dilakukan sebanding dengan meningkatnya ketebalan spesimen. Pertambahan tebal paling besar terjadi pada perendaman 6 jam pertama, terjadi pada variasi karbon alkali 20 menit yaitu 3,10 % ke 3,19 %. Kemudian pertambahan tebal naik secara konstan pada perendaman 6 – 18 jam, bahkan pada waktu perendaman 12 jam menuju 18 jam komposit alkalisasi karbon 10 dan 20 menit tidak terjadi pertambahan tebal.

3.3 Analisis SEM Permukaan Patahan Komposit



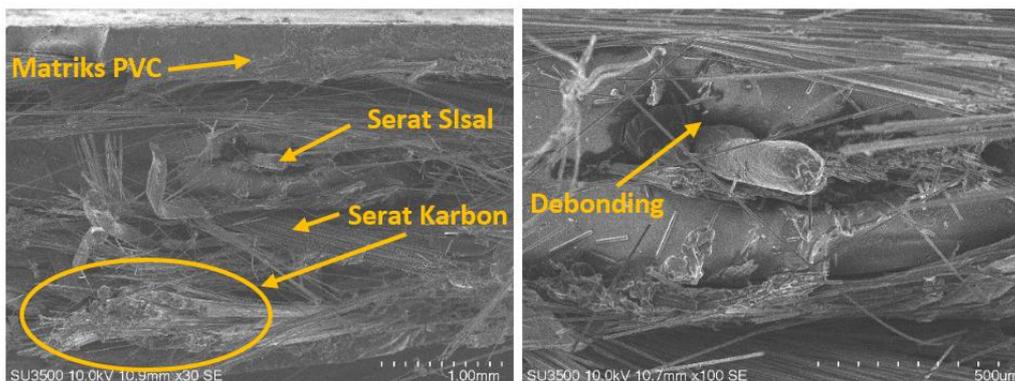
Gambar 3.4. Struktur patahan komposit PVC/sisal/karbon treatment N2 5 menit

Berdasarkan gambar 3.4 tersebut terlihat struktur patahan komposit PVC/sisal/karbon treatment N2 5 menit masih kurang merata, diantaranya distribusi serat-serat karbon yang masih bergerombol pada titik tertentu. Distribusi atau persebaran serat yang tidak merata dapat mempengaruhi kekuatan mekanis suatu komposit. Kemudian masih terdapat titik debonding pada ikatan serat dengan matriks yang juga dapat mengakibatkan penurunan kekuatan mekanik komposit.



Gambar 3.5. Struktur patahan komposit PVC/sisal/karbon treatment N2 10 menit

Pada gambar 3.5 tersebut terlihat serat karbon dapat terdistribusi secara lebih optimal, serta terlihat ikatan yang lebih baik dengan serat sisal dan matriks. Kemudian secara keseluruhan ikatan antara serat dan matriks dapat mengikat dengan baik. Serat-serat hibrida yang terlihat tertanam dengan baik pada komposit menunjukkan bahwa perlakuan serat sisal dengan NaOH dan serat karbon dengan nitrogen cair 10 menit berpengaruh terhadap daya mengikat serat pada matriks PVC.



Gambar 3.6. Struktur patahan komposit PVC/sisal/karbon treatment N2 20 menit

Berdasar gambar citra SEM tersebut menunjukkan masih terdapatnya ikatan debonding pada serat dan matriks. Dengan memaksimalkan perlakuan permukaan serat dapat dimungkinkan menurunnya ikatan debonding antar serat dan matriks, dengan demikian dapat meningkatkan kekuatan mekanis komposit. Hasil SEM penampang patahan bending komposit PVC/sisal/karbon perlakuan nitrogen cair 20 menit (Gambar 3.6) menunjukkan terbentuknya aglomerasi (bergerombol) serat karbon. Serat karbon yang bergerombol mungkin dikarenakan pada perendaman nitrogen cair yang terlalu lama dan proses pencampuran yang secara manual.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposit hibrida sisal alkalisasi/karbon alkalisasi bermatriks polivinil klorida (PVC) dengan perbandingan volume matriks/serat hibrida (80/20) dan fraksi volume serat hibrida sisal alkalisasi/karbon alkalisasi (50/50) dengan variasi perlakuan karbon lama perendaman cairan nitrogen selama 5 menit, 10 menit, dan 20 menit telah berhasil difabrikasi.
2. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa lama perendaman cairan nitrogen pada serat karbon berpengaruh terhadap kekuatan bending. Komposit hibrida dengan karbon alkalisasi 10 menit mempunyai tegangan bending paling tinggi yaitu 100,66 MPa dibandingkan dengan karbon 5 dan 20 menit masing-masing yaitu sebesar 83,65 MPa dan 91,44 Mpa, sehingga dapat disimpulkan bahwa perendaman dengan cairan nitrogen yang optimal yaitu selama 10 menit. Hal tersebut dikarenakan proses alkalisasi perendaman dengan cairan nitrogen 10 menit mampu menghilangkan sifat amorf (amorphous) serat karbon secara optimal, permukaan serat karbon menjadi sangat kasar, dan terdapat banyak fragmen kecil sehingga meningkatkan ikatan antar serat.

REFERENSI

- Ayora M., Rios R., Quizano J. dan Marquez A., 1997. "Evaluation by torque-rheometer of suspensions of semi-rigid and flexible natural fibres in a matrix of poly (vinyl chloride)", *Journal of Polymer Composites* 18(4): 549-560.
- Akil H. M., Omar M. F., Mazuki A. A. M., Safiee S., Ishak Z. A. M. dan Bakar A.A., 2011. "Kenaf Fiber Reinforced Composites : A Riview", *Journal of Materials and Design* Vol. 4107-4121.
- Gibson, O. F., 1994. "Principle of Composite Materials Mechanic. International Edition", McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Haneefa A., Bindu P., Aravind I. dan Thomas A. S., 2008. "Studies on Tensile and Flexural Properties of Short Banana/Glass Hybrid Fiber Reinforced Polystyrene Composites". *Journal of Composite Materials*, Vol. 42, No. 15/2008.

- Joseph K., Thomas S. dan Pavithran C., 1996, "Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibrereinforced poly-ethylene composites" *Journal of Polymer*, 37, pp.5139-5149.
- Kusumastuti, Adhi. 2009. "Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer". *Jurnal Kompetensi Teknik* Vol. 1, No. 1.
- Mallick P. K. 2007. "Fiber Reinforced Composites, Materials, Manufacturing and Design". *Journal of*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis, pp 201-226.
- Noorunnisa K. P., Khalil A., Jawaid M. dan Naidu V. S., "2010. Sisal/Carbon Fibre Reinforced Hybrid Composites: Tensile, Flexural and Chemical Resistance Properties". *Journal of : J Polym Environ* (2010) 18:727–733.
- Park S. J., Kim M. H., Lee J. R. dan Choi S., 2000. "Effect of Fiber–Polymer Interactions on Fracture Toughness Behavior of Carbon Fiber-Reinforced Epoxy Matrix Composites". *Journal of Colloid and Interface Science* 228, 287–291.
- Putra K. T., 2013. "Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Mekanik Komposit Kenaf – Polypropilene". Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rashkovan I.A. dan Korabelnikov Y., 1997. "The Effect Of Fibre Surface Treatments On Epoxy Composites. II. Enhancement Of Wear Resistance". *Journal of Composite Sci Technology* 1997;57;1017-22.
- Schwartz, M.M., 1984, "Composite Material Handbook", Mc Graw-Hill Inc., New York, USA.
- Severinia F., Formarob L., Pegoraroa M. dan Poscac L., 2002. "Chemical modification of carbon fiber surfaces". *Journal of Carbon* vol. 40, pp. 735–741.
- Smallman R.E. dan Bishop R. J., 2000. "Metalurgi fisik modern dan rekayasa material". Djaprie S, penerjemah. Jakarta : Erlangga. Terjemahan dari *Modern Physical Metallurgi & Materials Engineering* 6th Edition.
- Sosiati H., Pratiwi D.A. dan Soekrisno. 2015. "The Influens of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morfology of Cellulose Microfibrils". *Journal of Advance Materials Research* Vol. 1123 pp 147-150.
- TieHuan, Sun. 2014. "Studi on Composite Materials used in The Tennis Racket. A review". *Journal of Applied Mechanics and Materials*, Vol. 540, pp 52-55.
- Zhang H., Zhang Z. dan Breidt C., 2004. "Comparison Of Short Carbon Fibre Surface Treatments On Epoxy Composites I". *Enhancement Of The Mechanical Properties. Journal of Composites Science and Technology* 64 (2004) 2021–2029.
- Zhang, Lei. 2015. "The application of composite fiber materials in sports equipment". 5th International Conference on Education, Management, Information and Medicine (EMIM 2015).