

PENGEMBANGAN KOMPOSIT POLIMER EPOXY BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN SERAT SABUT KELAPA UNTUK APLIKASI RUNNING BOARDS

by Dwi Rahmalina

Submission date: 19-Nov-2020 11:18AM (UTC+0700)

Submission ID: 1450757571

File name: 21_TEKNOBIZ_VOL5_NO1_agung_s.pdf (671K)

Word count: 3541

Character count: 20839

**PENGEMBANGAN KOMPOSIT POLIMER *EPOXY* BERPENGUAT
SERAT BAMBU DAN SERAT SABUT KELAPA UNTUK APLIKASI
*RUNNING BOARDS***

Agung Setiawan *, Dwi Rahmalina**

PT. Energi Tata Persada, Jakarta*

Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila Jakarta**

ABSTRAK

Pengembangan material komposit plastik pengganti aluminium untuk aplikasi running boards perlu dilakukan, dikarenakan aluminium merupakan sumber daya mineral yang tidak dapat diperbaharui, sehingga perlu usaha efisiensi dan skala prioritas dalam penggunaannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekakuan dan ketangguhan material komposit polimer epoxy berpenguat serat bambu dan serat sabut kelapa untuk aplikasi running boards. Hasil simulasi modeling menggunakan Autodesk Inventor Professional 12, diperoleh target modulus elastis sebesar 214 MPa. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode Hand lay-up, dengan variabel bebasnya adalah fraksi volume serat dengan variasi 5%; 7.5%; 10%, rasio serat hybrid serat bambu (SB) dan serat sabut kelapa (SSK) 30%:70% ; 50%:50% ; 70%:30%, orientasi arah serat bambu (0) dengan variasi : 90 ; 45 ; 0 dan Orientasi arah serat sabut kelapa (0) dengan variasi : 90 ; -45 ; 0. Dan variabel tetapnya adalah perlakuan alkali 5% pada serat selama dua jam, dan panjang masing-masing serat 10 cm

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa modulus elastis optimum komposit sebesar 320.19 MPa terdapat pada spesimen dengan fraksi volume serat 10%, rasio serat hybrid SB:SSK adalah 50:50, orientasi arah serat SB 90⁰, dan orientasi arah serat SSK 0⁰ telah memenuhi syarat kekakuan running boards dengan pembebanan statis sebesar 227 kg dan defleksi yang diijinkan sebesar 5mm. Sedangkan ketangguhan optimum komposit sebesar 0.4623 J/mm² dapat dicapai pada spesimen dengan fraksi volume serat 7.5%, rasio serat hybrid SB:SSK adalah 30:70, orientasi arah serat SB 45⁰, dan orientasi arah serat SSK 0⁰

Kata kunci: *Running boards, epoxy, hand lay-up.*

ABSTRACT

The polymer composite material necessary to develop for replacement aluminium as running boards applications material. The efficiency and priority in use of aluminum material to refer that aluminium is a limited mineral and unrenewable. This study was conducted to determine the stiffness and toughness of epoxy polymer composite reinforced bamboo fiber and coco fiber for applications running boards material. Results the target modulus of elasticity from simulation modeling using Autodesk Inventor Professional 12 is 214 MPa. Manufacture of composites made with Hand lay-up method, determine of variations variable is, volume fraction of fibers : 5%; 7.5%; 10%, ratio of hybrid fiber bamboo (SB) and coconut coir (SSK) : 30:70; 50:50; 70:30, bamboo fiber direction (°) : 90; 45; 0 and coconut coir fiber direction (°) with variations: 90; -45; 0. The variables controlled is fibers treatment for two hours with 5% alkali liquid, and define each fiber length are 10 cm.

The experimental results showed the optimum composite modulus of elasticity is 320.19 MPa at specimen with fiber volume fraction 10%, ratio of hybrid fiber SB: SSK is 50:50, fiber direction SB 90⁰, and fiber direction SSK 0⁰ are qualified stiffness running boards with a static load 227 kg and the allowable maximum deflection is 5mm. While the optimum composite toughness is 0.4623 J / mm² can be achieved at the specimen with fiber volume fraction 7.5%, ratio of hybrid fiber SB: SSK is 30:70, fiber direction SB 45⁰, and fiber direction SSK 0⁰.

Keywords: *Running boards, epoxy, hand lay-up.*

I PENDAHULUAN

Road map dan kebijakan pengembangan kluster industri alat angkut kedepan menekankan pada kendaraan ramah lingkungan dan hemat energi dengan tren penjualan yang terus meningkat [1]. Prospek ini merupakan momentum bagi produsen komponen otomotif untuk pasar *original equipment manufacturer (OEM)* dan komponen untuk pasar *aftermarket* untuk melakukan inovasi dan strategi yang tepat. Salah satu komponen otomotif *aftermarket* adalah *running boards*. Selain sebagai aksesoris, *running boards* berfungsi sebagai pijakan kaki pada saat naik maupun turun pada kendaraan dengan *ground clearance* tinggi seperti *Sport Utility Vehicle (SUV)*, *Truck*, dan *Bus* [2].

Aluminium dipilih sebagai material *running boards*, dengan pertimbangan mempunyai sifat yang kaku, kuat, ringan dan tahan terhadap korosi. Seiring meningkatnya kebutuhan aluminium untuk aplikasi produk di berbagai bidang [3], maka perlu dilakukan usaha efisiensi dan skala prioritas dalam penggunaannya, karena aluminium merupakan sumber daya kritis yang tidak dapat diperbaharui.

Pengembangan komposit plastik untuk aplikasi *running boards* telah dilakukan untuk menggantikan material logam. Dan penguat komposit plastik bergeser pada penggunaan serat alam sebagai pengganti serat sintetik [4]. Keunggulan serat alam adalah memiliki massa jenis yang rendah, dapat diperbaharui dan konsumsi energi yang rendah dalam memproduksinya.

Penggunaan serat alam juga dipicu oleh adanya regulasi tentang persyaratan habis pakai (*end of life*) produk komponen otomotif dari negara-negara seperti Uni Eropa [5]. Oleh karena itu, sebagian besar pabrikan otomotif terus mengevaluasi dampak lingkungan terhadap umur pakai kendaraan secara keseluruhan mulai dari bahan baku, proses manufaktur sampai pada proses pembuangannya ketika sudah tidak terpakai lagi.

II METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dipilih sebagai variabel bebas dan batasan desain yang dipilih adalah :

1. Faktor besarnya fraksi volume serat (%) dengan variasi 5; 7.5; 10

2. Perbandingan hybrid (%), serat bamboo (SB) : serat sabut kelapa (SSK) dengan variasi 30:70; 50:50; 70:30
3. Orientasi arah serat SB (⁰) : 90; 45; 0
4. Orientasi arah serat SSK (⁰) : 90; -45; 0

Untuk memudahkan dalam pemberian kode, dibuat singkatan kode yang disesuaikan dengan variabel yang dipergunakan dalam penelitian ini. Antara lain: E untuk polimer jenis Epoksi, serat bambu dengan kode B, dan serat sabut kelapa dengan kode SSK. Pengkodean variasi variabel bebas pada komposit dan arah serat tertentu yang ditetapkan, ditandai sesuai dengan nomor pengujian masing-masing yaitu 1 sampai dengan 9.

Table 1. Perincian Batasan Desain

Kode	Faktor Kendali	Level	Level	Level
		1	2	3
A	Besarnya fraksi volume serat komposit (%)	5	7.5	10
B	Perbandingan Hybrid (%), serat bambu : serat sabut kelapa	30:70	50:50	70:30
C	Orientasi serat bambu (⁰)	90	45	0
D	Orientasi serat sabut kelapa (⁰)	90	-45	0

Dalam penelitian ini digunakan bahan matrik dan serat bambu apus dan serat sabut kelapa hijau sebagai bahan utama. Bahan matrik yang digunakan adalah Epoxy Resin dengan merek dagang Bakelite® EPR 174 yang diproduksi oleh Bakelite, Korea dan dipasarkan di Indonesia oleh PT Justus Kimiaraya, Jakarta. Sedangkan Epoxy Hardener yang digunakan adalah EPH 555 yang juga dipasarkan oleh PT Justus Kimiaraya, Jakarta. Bakelite® EPR 174 merupakan cairan standar Epoxy Resin dengan bahan dasar Bisphenol-A, yang memiliki tingkat viskositas antara sedang sampai dengan tinggi. Epoxy Resin jenis ini ketika telah mengeras (*curing*) memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan panas. Tabel menunjukkan karakteristik Bakelite EPR 174

Peralatan yang digunakan dalam penelitian [1] dibedakan atas peralatan untuk preparasi sampel dan peralatan uji spesimen. Peralatan Preparasi meliputi : timbangan digital, gelas

ukur, mistar, gelas plastik, pengaduk, cetakan spesimen, jangka sorong, roll aluminium, gerinda tangan. Sedangkan peralatan uji spesimen adalah : Mesin uji tarik dan mesin uji impak.

Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan, cetakan dan peralatan.
2. Menyiapkan tempat adonan *epoxy* dan *hardener*, dapat berupa gelas plastik yang bersih.
3. Memoles permukaan cetakan pada bagian dalam dengan *mirror glaze* dilakukan memutar sampai lapisannya benar-benar merata.
4. Agar didapatkan hasil yang lebih baik, perlu ditunggu beberapa menit sampai pelicin tersebut menjadi kering.
5. Mencampur epoxy dan hardener dengan takaran 2:1
6. Menuangkan adonan *epoxy* dan *hardener* kedalam cetakan dan meratakan dengan menggunakan spatula.
7. Selanjutnya serat ditambahkan keatas lapisan dengan takaran dan arah serat sesuai penelitian.
8. Campuran *epoxy* dan *hardener* ditambahkan diatas lapisan serat tersebut kemudian dipress dengan tekanan 0.5 MPa untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan. Proses pengepresan juga untuk menghindari adanya gelembung, sebab gelembung akan mengakibatkan komposit mudah keropos.
9. Pelepasan komposit dilakukan apabila lapisan adonan tersebut sudah kering dan mengeras.
10. Merapikan komposit setelah dilepaskan dari cetakannya dengan menggunakan gergaji, gunting, atau gerinda.
11. Spesimen kemudian diukur geometrinya agar sesuai dengan standar ASTM yang telah ditentukan. Jika belum sesuai, spesimen digerinda hingga geometrinya sesuai dengan standar yang digunakan.



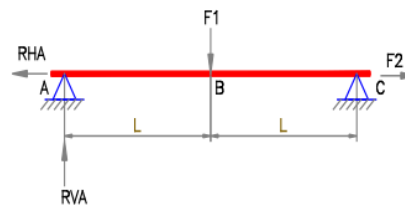
Gambar 1. Proses Pengepresan

Pengujian tarik dilakukan pada semua komposisi sampel, karakterisasi sifat kekuatan tarik dilakukan dengan alat uji tarik dengan standar ASTM D638. Pengujian impak dilakukan pada semua komposisi sampel, karakterisasi sifat kekuatan impak dilakukan dengan alat uji impak metode Charpy dengan standar ASTM 23, ukuran sampel 15 mm x15 mm x60 mm.

Teknik pengumpulan dan pengolahan data hasil dari hasil pengujian dibuat, dianalisis, dan dituangkan kedalam Tabel. Konsep dari analisis ini adalah mencari respon atau pengaruh dari masing-masing level dari variabel bebas terhadap nilai-nilai rata parameter yang dihitung.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

Gaya Yang Bekerja Pada *Running Boards* dapat diuraikan menjadi komponen vertikal dan horizontal atau mengikuti sumbu x dan y. Dimana F_x adalah gaya horizontal sejajar sumbu x dan F_y adalah gaya vertikal, sejajar sumbu y. Gaya yang bekerja pada bidang *running board* sepanjang garis AB, dimana AB adalah jarak pembebanan dari tumpuan A, dan AC adalah jarak antar tumpuan (*bracket*) pada *running boards*.



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada *running boards*

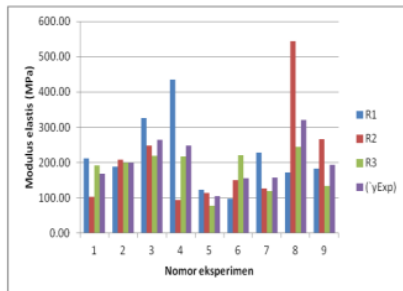
$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &\rightarrow RHA = F2 \\ \sum F_y = 0 &\rightarrow RVA = F1 \\ \sum MA = 0 &\rightarrow F1.L - MA = 0 \end{aligned}$$

MA = F1.L

Agar target karakteristik material yang akan dicapai terpenuhi, maka perlu dibuat simulasi pada modeling *running boards*. Spesifikasi *running boards* dalam penelitian ini adalah tipe *flat surfboard* berpenguat rib, dengan dimensi 1000 mm(P) x 220 mm(L) x 55 mm(T). Simulasi menggunakan Autodesk Inventor Profesional Versi 12, menjelaskan maksimum defleksi sebesar 4.791 mm pada kondisi simulasi bending dengan asumsi material polybutylene dan desain modeling seperti terlihat pada Gambar 4.2 dimana pembebanan sebesar 2227 N searah sumbu z diaplikasikan ditengah diantara *bracket running boards*. Dari hasil simulasi pada model (detail Gambar dapat dilihat pada lampiran) didapat parameter yang berpengaruh terhadap kekakuan adalah modulus elastisitas sebesar 214 MPa, yang akan menjadi target dalam penelitian ini.

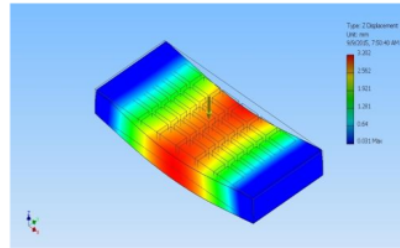
3.1 Analisis Hasil Eksperimen Uji Tarik

Modulus elastis rata-rata optimum didapat pada eksperimen dengan nilai 320.19 MPa. Data eksperimen nomor 8 menunjukkan faktor kendali yang meliputi : fraksi volume serat sebesar 10%, perbandingan SB:SSK adalah 50:50, orientasi arah serat SB 90⁰, dan orientasi arah serat SSK 0⁰. Gambar 3 menunjukkan perbandingan nilai modulus elastis eksperimen hasil uji tarik.



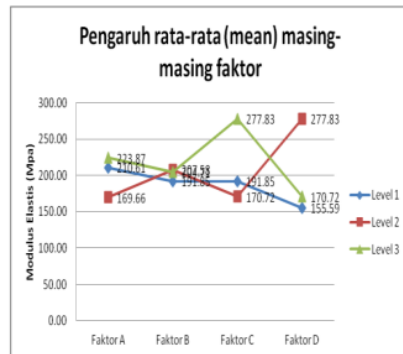
Gambar 3. Perbandingan Modulus Elastis

Simulasi bending dengan modulus elastis optimum hasil uji eksperimen, yaitu menghasilkan maksimum defleksi sebesar 3.202 mm searah sumbu z, dengan gaya sebesar 2227 N searah sumbu z yang diaplikasikan terpusat diantara jarak *bracket running boards*.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Simulasi bending dengan modulus elastis hasil eksperimen

Perhitungan efek dari mean pada faktor-faktor tersebut dilakukan dengan mengurangi rata-rata respon terbesar dengan rata-rata respon terkecil, sehingga diperoleh hasil perhitungan nilai efek rata-rata (*mean*) dan nilai efek pada tiap faktor. Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih yang nilainya paling besar untuk disarankan sebagai rancangan usulan karakteristik kekakuan komposit karena karakteristik mutu kekakuan adalah *larger the better*, yaitu rancangan usulan A3, B2, C3 dan D2

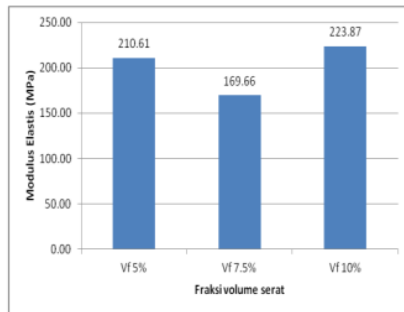


Gambar 5. Grafik pengaruh rata-rata faktor modulus elastis

1 Dalam pengembangan model untuk memprediksi sifat mekanik ini, didasarkan pada beberapa **1** asumsi ikatan *interface* sempurna dan distribusi semua serat merata. Model mikromekanik digunakan untuk memprediksi sifat mekanik dari suatu komposit. Model mikromekanik yang sering digunakan adalah model *Rule of Mixture* (ROM). Pada model ROM dapat digunakan **1** ik untuk serat panjang kontinu ataupun serat pendek. Untuk **1**plikasi pada serat panjang model ROM. Dari persamaan *Rule of Mixture* dapat terlihat bahwa kekuatan atau kinerja dari suatu komposit sangat

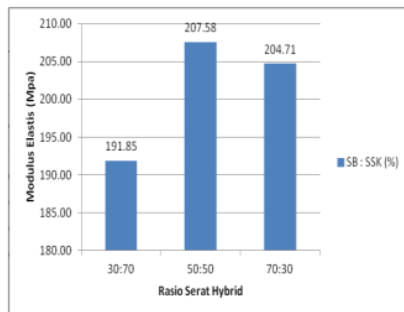
ditentukan oleh kekuatan fiber dan juga fraksi volume fiber, dimana modulus komposit ditentukan oleh fiber modulus (E_f) dan fraksi volume (V_f).

Nilai modulus atau kekakuan dari komposit yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai, modulus dari penguat, dispersi penguat dalam matrik polimer serta derajat kristalinitas polimernya. Faktor peningkatan fraksi volume serat alam berpengaruh pada nilai modulus komposit, dengan fraksi volume serat 10% menghasilkan modulus elastis komposit sebesar 223.87 MPa.

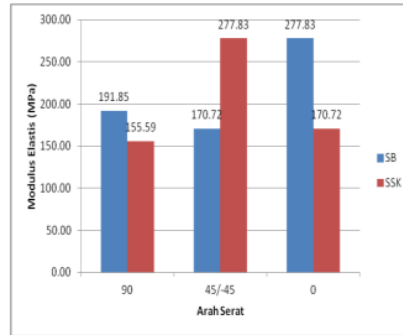


Gambar 6. Pengaruh Fraksi Volume Serat pada Modulus Elastis

Pengaruh faktor rasio serat bambu dan serat sabut kelapa dimana rasio sebesar 50:50 menunjukkan nilai optimum yang berpengaruh terhadap modulus elastis komposit yaitu sebesar 207.58 MPa.



Gambar 7. Pengaruh Rasio Serat Hybrid pada Modulus Elastis



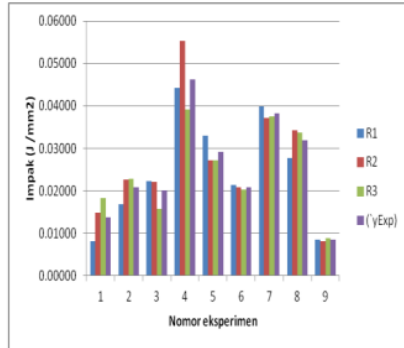
Gambar 8. Pengaruh Orientasi Arah Serat pada Modulus Elastis

Arah orientasi serat merupakan hal penting dalam penguatan komposit, karena arah orientasi berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit. Komposit diperkuat serat kontinu pada arah yang sama dengan arah tegangan merupakan kekuatan maksimal. Jadi dapat diketahui bahwa serat paling maksimum jika arah serat searah (teratur). Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut dari serat, sehingga komposit akan mempunyai kekuatan yang baik jika struktur serat dan gaya yang bekerja adalah searah. Apabila orientasi serat membuat sudut θ dengan arah tegangan tarik yang diterapkan, maka terjadi penurunan gradien kurva kekuatan untuk nilai V_f (fraksi volume serat) yang lebih besar dari V_m . Efek pengurangan ini diperoleh dengan memasukkan faktor orientasi η dalam persamaan kekuatan dasar. Kekuatan komposit tipe *anisotropic* ini bervariasi secara linier dengan fraksi volume serat. Susunan alternatif dari serat terhadap tegangan kerja yaitu filamen tersusun secara seri, dimana tegangan kerja yang diberikan tegak lurus terhadap filamen. Distribusi dari serat paling maksimum jika arah serat paralel dengan arah pebebanan. Hal ini bisa dilihat pada hasil penelitian dimana faktor orientasi arah serat bambu 0° dan arah serat sabut kelapa -45° menunjukkan nilai modulus elastis yang optimum yaitu sebesar 277.83 MPa.

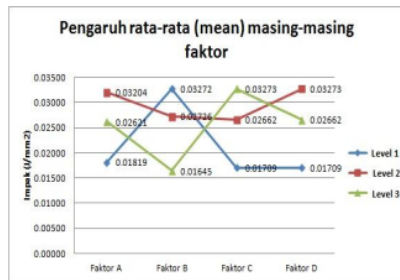
3.2 Analisis Hasil Eksperimen Uji Impak

Nilai impak rata-rata optimum didapat pada eksperimen bernomor 4 dengan nilai $0.046\text{J}/\text{mm}^2$. Data eksperimen nomor 4 menunjukkan faktor kendali yang meliputi : fraksi volume serat sebesar 7.5%,

perbandingan SB:SSK adalah 30:70, orientasi arah serat SB 45^0 , dan orientasi arah serat SSK 0^0 .



Gambar 9. Perbandingan hasil uji impact

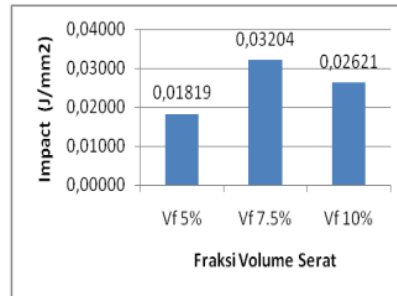


Gambar 10 Grafik pengaruh rata-rata faktor impact

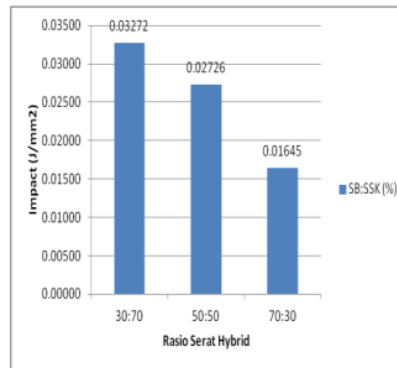
Perhitungan efek dari mean pada faktor-faktor tersebut dilakukan dengan mengurangi rata-rata respon terbesar dengan rata-rata respon terkecil, sehingga diperoleh hasil perhitungan nilai efek rata-rata(mean) dan nilai efek pada tiap faktor. Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih nilai paling besar untuk disarankan sebagai rancangan usulan karakteristik mutu ketangguhan komposit adalah *larger the better*, yaitu rancangan usulan A2, B1, C3 dan D2.

Sifat material pada umumnya mempunyai nilai impact yang berbanding terbalik dengan nilai kekuatan material tersebut. Pada material komposit, hal tersebut menjadi lebih kompleks dengan adanya penguat. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai impact polimer matrik komposit antara lain: diameter serat, panjang serat terhadap panjang serat kritis (l_c), aspek rasio, distribusi serat penguat, dan perlakuan permukaan terhadap serat sebagai

penguat. Pada Gambar 11 diketahui bahwa pengaruh fraksi volume serat sebesar 7.5% mempunyai nilai ketangguhan optimum sebesar 0.03204 J/mm^2 .

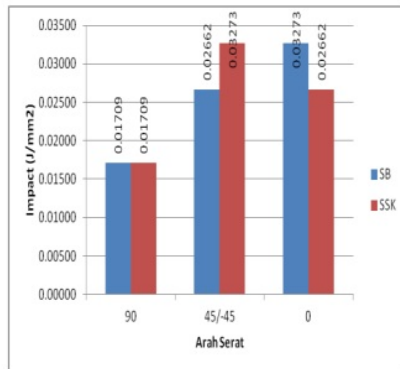


Gambar 11. Pengaruh Fraksi Volume pada Kekuatan Impact



Gambar 12. Pengaruh Rasio Serat Hybrid pada Kekuatan Impact

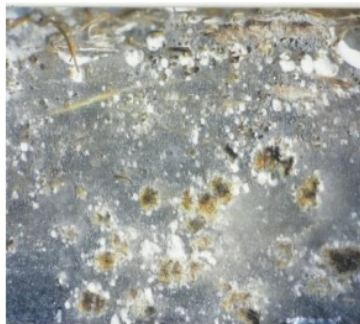
Pengaruh rasio *hybrid* serat bambu (SB) dan serat sabut kelapa (SSK) pada Gambar 12 menunjukkan nilai impact optimum sebesar 0.03272 J/mm^2 diperoleh pada komposit dengan perbandingan SB:SSK yaitu 30:70. Pada nilai impact ini, disimpulkan bahwa komposisi dominan serat sabut kelapa mampu menyerap energi beban kejut yang lebih tinggi jika dibandingkan serat bambu.



Gambar 13. Pengaruh Orientasi Arah Serat pada Kekuatan Impak

Pada Gambar 13 pengaruh orientasi serat menunjukkan ketangguhan optimum komposit sebesar 0.03273 J/mm² yang terletak pada orientasi arah serat bambu 0⁰ dan arah serat sabut kelapa 45⁰. Arah serat bambu tegak lurus terhadap arah gaya yang bekerja pada komposit yang menunjukkan nilai optimum ketangguhan komposit. Sedangkan beban terdistribusi pada arah serat sabut kelapa pada arah 45⁰.

3.3 Analisis Struktur Mikro



Gambar 14. Pengamatan komposit dengan SEM

Gambar 14 menunjukkan hasil pengamatan penampang potongan komposit dengan SEM, dimana terlihat warna coklat yang menandakan sebaran serat bambu dan serat sabut kelapa. Warna abu-abu gelap disekitarnya menunjukkan matrik pada komposit, dimana terlihat padat dan merata yang menandakan proses manufaktur

berjalan dengan baik, namun void kecil yang terlihat pada daerah antar muka, menandakan adanya udara yang terjebak saat penuangan dan hal ini dapat menyebabkan timbulnya retak pada matrik. Dalam eksperimen ini rasio perbandingan epoxy dan hardener adalah 2:1. dengan waktu curing 10 jam, dan 30 menit menjadi semi solid. Penekanan dilakukan pada kondisi semi solid atau berbentuk gel untuk mencapai ketebalan yang diinginkan dan mengeluarkan udara yang terjebak dalam komposit. Temperatur saat proses curing dapat menyebabkan serat terpapar panas sehingga menyebabkan kekuatan serat berkurang.

Serat yang disusun secara teratur juga akan menghasilkan sifat mekanik yang baik, karena apabila serat disusun secara teratur maka gaya yang bekerja pada komposit akan searah memiliki ikatan antarmatrik dengan seratnya cukup baik, ini berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit

IV KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisis pada komposit polimer epoxy berpenguat serat bambu dan serat sabut kelapa dapat disimpulkan.

1. Kekakuan komposit sebagai material *running boards* dengan modulus elastis optimum sebesar 320.19 MPa telah tercapai pada spesimen dengan fraksi volume serat 10%, rasio serat hybrid SB:SSK adalah 50:50, orientasi arah serat SB 90⁰, dan orientasi arah serat SSK 0⁰.
2. Ketangguhan optimum komposit sebesar 0.4623 J/mm² dapat dicapai pada spesimen dengan fraksi volume serat 7.5%, rasio serat hybrid SB:SSK adalah 30:70, orientasi arah serat SB 45⁰, dan orientasi arah serat SSK 0⁰.
3. Faktor yang berpengaruh terhadap kekakuan komposit sebagai material *running boards* diperoleh pada fraksi volume serat 10%, dengan rasio serat hybrid SB:SSK adalah 50:50, orientasi arah serat bambu 0⁰, dan orientasi arah serat sabut kelapa 45⁰.
4. Faktor yang berpengaruh terhadap ketangguhan optimum komposit diperoleh pada fraksi volume serat

7.5%, rasio serat hybrid SB:SSK adalah 30:70, orientasi arah serat bambu 0° , dan orientasi arah serat sabut kelapa -45° .

5. Dari segi kekuatan komposit, diperoleh modulus elastis sebesar 214 MPa hasil simulasi modeling menggunakan Autodesk Inventor Professional 12, dimana komposit polimer epoxy berpenguat serat bambu dan serat sabut kelapa telah memenuhi persyaratan sebagai material untuk aplikasi *running boards* dengan nilai modulus elastis sebesar 320.19 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Departemen Perindustrian. (2009). Kelompok Klaster Industri Alat Angkut Pengembangan Klaster Industri Prioritas Industri Alat Angkut, Buku III Tahun 2010 – 2014, 19-23
- [2]. Deaver D, McIlvaine J. (2005). Use of Structural Long Glass Fiber Composites to Replace Steel in Automotive Running Boards,SAE 2005-01-1679
- [3]. Hydro, 2013, Annual Report 2013, 31-51
- [4]. Van der Wiel, J.W., 2012, Future of Automotive Design & Materials, Trends and Developments in Design and Materials, ATC, 3,4
- [5]. Lucas R., 2001, End of life vehicle regulation in Germany and Europe problems and perspectives, Wuppertal Institut , 0949-5266.
- [6]. PE International, 2012, Life Cycle Assessment of Polymers in an Automotive Assist Step, American Chemistry Council.
- [7]. Deaver D., McIlvaine J., 2005, Use of Structural Long Glass Fiber Composites to Replace Steel in Automotive Running Boards,SAE
- [8]. Naveen PNE, Yasaswi M., 2013, Experimental analysis of coir-fiber reinforced polymer composite materials, ISSN 2278 – 0149
- [9]. Lokantara P, Suardana G, 2007, Analisis arah dan perlakuan serat tapis serta rasio epoxy komposit tapis/epoxy, jurnal ilmiah teknik mesin cakram 1,15-21
- [10]. Setyanto RH, et. al, 2013, A Preliminary Study: The Influence of Alkali Treatment on Physical and Mechanical Properties of Coir Fiber, Journal of Materials Science Research, 2,4,80-88
- [11]. Aprillia W, et. al, 2013. Sifat mekanis komposit berpenguat bilah bambu dengan matriks polyester akibat variasi susunan, Pillar of physics, 2, 51-58
- [12]. Purboputro PI, 2006. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan impak komposit enceng gondok dengan matriks poliester, Media mesin, 7,2, 70-76.
- [13]. Mahmuda E, Savetlana S, Sugiyanto, 2013. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk dengan matrik epoxy, Jurna fema 1,3, 79-84.
- [14]. Bukit N, Frida E, 2010. Pengaruh fraksi volume serat ijuk dan serat sabut kelapa sebagai bahan komposit hibrid, Jurnal saintech 2, 3, 77-83
- [15]. Effendy E, 2012. Perubahan sifat mekanis komposit hibrid poliester yang diperkuat serbuk batok kenari dan serat kelapa akibat variasi fraksi volume, Jurnal simetrik, 1,1, 1-8.
- [16]. Gawande A, Bedha V, Welukar D, 2015, Design for Affordability – Composite Running Board, SAE Technical Paper 2015-26-0070.
- [17]. Deaver D., McIlvaine J., 2005, Use of Structural Long Glass Fiber Composites to Replace Steel in Automotive Running Boards,SAE.
- [18]. Kaw, A.K., 2006, Mechanics of Composites Materials, CRC Pres 2, 61-65.
- [19]. Li X, Tabil LG, Li X, Tabil LG, 2007. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, Journal Polymer and The Environment, 15:25–33
- [20]. Jacob M, Joseph S, Pothan LA, Thomas S. (2005). A study of advances in characterization of interfaces and fiber surfaces in lignocellulosic fiber-reinforced composites, Composite Interfaces, 12(1-2), 95–124
- [21]. Gibson RF, 1976. Principles of composite material mechanics, Mcgraw-hill, 01-07-023451-5,1,5

- [22]. Hoa, S.V., 2009, Principles of the Manufacturing of Composite materials, Destech Publications 10, 42-45.
- [23]. Hoa, S.V., 2009, Principles of the Manufacturing of Composite materials, Destech Publications 10, 65-70.
- [24]. Hirmawan B, et. al, Sifat mekanik komposit serat bambu akibat pengaruh musim hujan dengan/tanpa pelapisan, 1-8
- [25]. Girisha.C, Sanjeevamurthy, Srinivas G, 2012, Sisal/Coconut Coir Natural Fibers – Epoxy Composites: Water Absorption and Mechanical, IJEIT 2, 166-170
- [26]. Hoa, S.V., 2009, Principles of the Manufacturing of Composite materials, Destech Publications 10, 146-155.

PENGEMBANGAN KOMPOSIT POLIMER EPOXY BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN SERAT SABUT KELAPA UNTUK APLIKASI RUNNING BOARDS

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

es.scribd.com

Internet Source

3%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 3%

Exclude bibliography Off