

Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy sebagai Material Bumper Mobil

Reynaldi Saputra*, Kardiman, Deri Teguh Santoso dan Al Ichlas Imran

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, Indonesia 41361

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo

Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu, Kec. Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara 93232

*Email: haloreynaldi10@gmail.com

Diterima: 12-10-2021; Direvisi: 01-11-2021; Dipublikasi: 30-04-2022

Abstrak

Material komposit merupakan material yang tersusun dari dua gabungan atau lebih material, yang mana menghasilkan suatu material baru dengan sifat-sifat material yang lebih baik dari material dasar sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanis dan sifat fisis serat sabut kelapa serat bambu matriks epoxy sebagai material bumper mobil. Komposit dibuat menggunakan lima variasi fraksi volume yaitu 5% serat sabut kelapa: 15% serat bambu: 80% matriks, 10% serat sabut kelapa: 10% serat bambu: 80% matriks, 15% serat sabut kelapa: 5% serat bambu: 80% matriks, 0% serat sabut kelapa : 20% serat bambu : 80% matriks dan 20% serat Sabut kelapa: 0% serat bambu : 80% matriks dan karakteristik sifat fisis meliputi data densitas, *swelling*, dan serapan air. Hasil pengujian sifat fisis komposit pada *swelling*, dan serapan air menunjukkan bahwa komposit yang dibuat telah memenuhi klasifikasi JIS A5908, sedangkan densitas komposit masih belum memenuhi klasifikasi JIS A5908. Hasil pengujian tarik pada komposit menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik maksimal yang paling besar diperoleh pada fraksi 20% serat bambu : 0% serat Sabut kelapa : 80% matriks dengan nilai 95,578 MPa, yang mana diikuti penurunan kekuatan tarik pada fraksi volume 5% serat sabut kelapa: 15% serat bambu: 80% matriks, 10% serat sabut kelapa: 10% serat bambu: 80% matriks, 15% serat sabut kelapa: 5% serat bambu: 80% matriks, dan 20% serat sabut kelapa: 0% serat bambu: 80% matriks Komposit yang dianalisis masih layak digunakan sebagai material pembuat bumper mobil karena kekuatannya tidak kurang dari standar bumper mobil yaitu 8,09 MPa.

Kata kunci: komposit; hand lay-up; epoxy; serat alam

Abstract

Composite material is a material composed of two or more materials combined, which produces a new material with better material properties than the previous base material. This study aims to analyze the mechanical and physical properties of coco fiber, bamboo fiber, epoxy matrix as a car bumper material. The composition was made using five variations of the volume fraction, namely 5% coco fiber: 15% bamboo fiber: 80% matrix, 10% coco fiber: 10% bamboo fiber: 80% matrix, 15% coconut coir fiber: 5% bamboo fiber: 80% matrix, 0% coco fiber: 20% bamboo fiber: 80% matrix and 20% coco fiber: 0% bamboo fiber: 80% matrix and physical characteristics include data density, swelling, and air absorption. The results of testing the physical properties of the composite on swelling, and air absorption indicate that the composites made have met the JIS A5908 classification, while the composite density still does not meet the JIS A5908 classification. The results of the composite tensile test showed that the maximum maximum tensile strength was obtained at the fraction of 20% bamboo fiber: 0% coconut fiber: 80% matrix with a value of 95,578 MPa, which was followed by a decrease in tensile strength in the volume fraction of 5% coconut fiber: 15% bamboo fiber: 80% matrix, 10% coco fiber: 10% bamboo fiber: 80% matrix, 15% coco fiber: 5% bamboo fiber: 80% matrix, and 20% coco fiber: 0% bamboo fiber: 80% of the analyzed Composite matrix is still suitable for use as a car bumper material because its tensile strength is not less than the standard car bumper, which is 8.09 MPa.

Keywords: composite; hand lay-up; epoxy; natural fiber

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi industri didalam bidang otomotif saat ini mendorong penggunaan material yang memiliki sifat kuat dan ringan seperti halnya dari material komposit [1]. Material komposit merupakan material yang terbentuk dari beberapa material yang tetap terpisah, yang mana menghasilkan suatu material baru dengan sifat-sifat lebih baik dari bahan dasar penyusunnya. Material komposit pada saat ini banyak digunakan sebagai komponen *spare part* otomotif

salah satunya untuk pembuatan bumper mobil, dan lain sebagainya. Faktor utama yang mendorong penggunaan material komposit yaitu memiliki densitas yang rendah, sifat mekanik spesifik yang tinggi dan mudah untuk dipabrikasi [2].

Bumper mobil yang pada umumnya terbuat dari logam ringan seperti paduan aluminium atau plat baja ringan yang tipis. Seiring perkembangan teknologi otomotif pada bumper mobil saat ini banyak yang terbuat dari komposit yang diperkuat serat alam [3]. Saidah, dkk (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa karakteristik standar bumper didapatkan dengan beberapa pengujian mekanik yaitu uji tarik, uji dampak dan uji bending. Salah satunya pengujian tarik yang mengacu pada standar *Society of Automotive Engineering* (SAE) J1717 [4].

Material komposit yang diperkuat serat alam, selain memiliki keunggulan harga yang murah, ringan dan ramah lingkungan juga mempunyai kelemahan yang mana kekuatan tarik spesifik dan beratnya tergantung pada jenis serat, anyaman dan proses penyiapan serat alam tersebut [5]. Pemanfaatan serat alam dalam pembuatan komposit salah satunya yaitu serat bambu, tanaman bambu memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan sifat *biodegradable* atau ramah lingkungan untuk diaplikasikan pada material komposit [6]. Agung Setiawan dan Dwi (2018) melakukan penelitian pengembangan komposit polimer *epoxy* berpenguat serat bambu dan serat Sabut kelapa untuk aplikasi *running boards* dilakukan dengan metode *hand lay-up*, yang mana hasil penelitian menunjukkan bahwa modulus elastis optimum komposit sebesar 214 MPa dengan fraksi serat 10% perbandingan serat 50:50 [7]. Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada bambu juga tinggi yaitu 83,8%. Selulosa pada serat bambu yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air [8].

Serat Sabut kelapa dapat juga digunakan dalam pembuatan komposit yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan fiber glass ataupun serat karbon, yang mana serat Sabut kelapa mudah didapat, dan lebih ramah lingkungan. Gopinath. Ajith, dkk (2018) menyatakan dalam penelitiannya, komposit berbahan dasar serat sabut kelapa dapat digunakan sebagai penguat untuk meningkatkan kekuatan tarik dan lentur pada komposit [9]. Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ekhlal Aboud Osman Al-Bahadly (2013) menyatakan, bahwa dengan matriks *epoxy* memiliki sifat mekanik yang baik yaitu dengan modulus young sebesar 3-6 GPa, tensile strength mencapai 35-100 MPa, tensile elongation 1-6 %, *density* 1,2-1,4 g/cm³, serta memiliki thermal yang baik dengan temperatur 140-220°C [10].

Pada pembuatan komposit serat alam dengan matriks resin, serat terlebih dahulu melalui proses alkalisasi yang akan meningkatkan sifat mekanik dari serat yang akan digunakan [11]. Selama perlakuan alkali serat alam, sebagian unsur penyusun pada serat dapat larut dalam larutan alkali tersebut. Unsur lignin dan hemiselulosa serta zat-zat lain seperti lilin, abu, dan kotoran lain dapat terbuang karena perlakuan alkalisasi terhadap serat. Rafael, dkk (2015) melakukan penelitian pengaruh alkali serat Sabut kelapa dengan matriks polyester, hasil alkalisasi yang dilakukan dengan perendaman 5% NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik optimal dengan nilai 21,075 MPa [12].

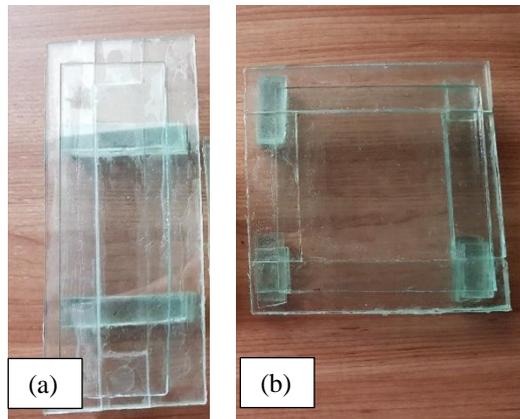
Berdasarkan uraian diatas maka penulis menganalisis sifat mekanis dan fisis komposit serat sabut kelapa serat bambu matriks *epoxy* sebagai bahan pembuat bumper mobil, dengan variasi fraksi volume 5% serat Sabut kelapa: 15% serat bambu: 80% matriks, 10% serat Sabut kelapa: 10% serat bambu: 80% matriks, 15% serat Sabut kelapa: 5% serat bambu: 80% matriks, 0% serat Sabut kelapa : 20% serat bambu : 80% matriks dan 20% serat Sabut kelapa: 0% serat bambu: 80% matriks, serta melakukan alkalisasi pada serat dengan perendaman 5% NaOH selama 2 jam.

2. Material dan metodologi

Pembuatan komposit dilakukan di Laboratorium Produksi Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang dan pengujian sifat mekanik komposit yaitu berupa uji tarik dilaksanakan di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung.

2.1. Alat dan bahan

Kaca alat yang digunakan dalam proses pencetakan komposit merupakan alat yang sebelumnya sudah dibentuk dan dihitung dimensinya sesuai dengan standar uji tarik ASTM D638 dan standar uji fisis JIS A5908, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Alat cetakan kaca.



Gambar 1. Cetakan Kaca (a) Cetakan Komposti Uji Tarik, dan (b) Cetakan Uji Fisis

Adapun bahan baku yang digunakan pada penelitian ini antara lain: serat bambu seperti yang ditunjukkan Gambar 2.(a), serat sabut kelapa seperti yang ditunjukkan Gambar 2.(b), resin *epoxy type A* dan hardener dari PT. Justus Kimiaraya seperti yang ditunjukkan Gambar 2.(c) sedangkan bahan yang lainnya adalah larutan NaOH, aquades, dan *wax mold release*.



Gambar 2. (a) Serat Bambu, (b) Serat Sabut Kelapa, dan (c) Resin *Epoxy*

2.2. Perlakuan serat

Serat bambu dan serat sabut kelapa yang sudah dipotong dengan ukuran rata-rata ± 18 cm, serat yang sudah dipotong kemudian serat direndam kedalam 1 liter larutan NaOH selama 2 jam. Serat yang sudah direndam lalu dibilas dengan aquades untuk menghilangkan kandungan alkali NaOH pada serat kemudian ditiriskan dan dikeringkan pada suhu ruang selama 7 hari.

2.3. Pembuatan komposit

Proses pencetakan komposit menggunakan metode *hand lay-up* dengan klasifikasi bentuk serat dan matriks, yang mana memiliki orientasi serat yang teratur dan disusun searah (*continuous fibre*). Serat ditimbang menggunakan timbangan digital serta matriks ditakar sesuai perbandingan fraksi volume. Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari material komposit adalah perbandingan serat dan matriks, karena kandungan serat yang digunakan mempengaruhi kekuatan material komposit itu sendiri. Fraksi volume yang digunakan dalam pembuatan komposit dapat dilihat lebih jelasnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Fraksi volume yang digunakan dalam pembuatan komposit, antara lain:

No	Sampel Uji	Komposisi serat Sabut kelapa (%)	Komposisi serat bambu (%)	Komposisi resin (%)
1	I	5	15	80
2	II	10	10	80
3	III	15	5	80
4	IV B	0	20	80
5	IV K	20	0	80

Dalam menghitung fraksi volume parameter yang perlu diketahui adalah volume cetakan dan massa jenis serat. Pembuatan komposit menggunakan cetakan kaca dengan dimensi (180 × 30 × 4) mm. Gambar 3.12(b) merupakan cetakan uji fisis dengan dimensi (100 × 100 × 5) mm. Massa jenis serat bambu yaitu 0,60 g/cm³ dan massa jenis serat Sabut kelapa yaitu 1,15 g/cm³.

Tahap pencetakan papan komposit diawali dengan mempersiapkan serat bambu dan serat Sabut kelapa yang telah melalui proses pencucian dan alkalisasi, lalu mempersiapkan resin *epoxy* murni. Proses pencetakan papan komposit ini menggunakan metode *hand lay-up* dengan klasifikasi bentuk serat dan matriksnya yaitu serat yang memiliki orientasi tertentu yang teratur dan disusun searah (*continuous fibre*). Metode *hand lay-up* merupakan metode pembuatan papan komposit dengan cara menyusun komponen material komposit perlayer dan diletakkan pada cetakan lalu diratakan dengan kuas atau spatula. Serat ditimbang menggunakan timbangan digital dan matriks ditakar menggunakan gelas takar dengan beberapa perbandingan fraksi volume sesuai dengan Tabel 1.

Pada proses pencetakan resin *epoxy* yang sudah dicampur hardener dengan perbandingan 2:1 sesuai fraksi volume yang diinginkan dimasukkan kedalam cetakan kaca yang sudah dilapisi *Wax Mold Release*, penuangan campuran resin dan hardener ini bertujuan untuk melapisi permukaan awal agar serat dapat menyatu dengan campuran resin dan hardener. Selanjutnya masukkan serat bambu dan serat Sabut kelapa yang sudah ditimbang sesuai fraksi volume yang diinginkan secara searah dan teratur, lalu masukkan campuran resin dan hardener kembali kedalam cetakan agar serat terendam sempurna. Kemudian dilakukan perataan menggunakan spatula dan kape bertujuan untuk menghilangkan void / gelembung udara yang terjebak diantara serat dan matriks. Setelah diratakan lalu cetakan ditutup dengan tutup kaca lalu cetakan kaca dijepit menggunakan jepitan buku. Keringkan pada suhu ruang selama 3 hari, lalu setelah kering keluarkan bahan komposit dari cetakan kaca. Pembuatan papan komposit ini dilakukan pengulangan sebanyak 20 kali yang mana 15 sampel untuk uji tarik dan 5 sampel untuk uji fisis.

2.4. Pengujian komposit

Komposit yang sudah kering lalu dikeluarkan dari cetakan untuk dipotong dan dibentuk sesuai standar uji Tarik ASTM D638 dengan ukuran 13 mm × 100 mm ditunjukkan pada Gambar 3(a), sedangkan untuk uji fisis JIS A5980 dengan ukuran 100 mm × 100 mm ditunjukkan pada Gambar 3(b).



Gambar 3. (a) Sampel Uji Tarik, dan (b) Sampel Uji Fisis

Sampel uji fisis direndam kedalam air selama 24 jam dengan ketinggian air 30 mm dari permukaan sampel uji, lalu diukur kembali menggunakan *vernier caliper* untuk mengetahui pertambahan panjang serta menggunakan *outside micrometer* untuk mengukur ketebalan komposit. Sampel uji tarik di uji dengan alat uji tarik *tensilon*, lalu hasil uji tarik nanti akan tervisualisasi kedalam bentuk grafik pada komputer yang terhubung langsung ke mesin uji tarik. Data pengujian tarik yang sudah terekam dikomputer selanjutnya diolah untuk mengetahui hasil kekuatan tarik (*tensile strength*).

3. Hasil dan pembahasan

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini menyangkut mengenai hasil pencetakan komposit serat bambu dan serat Sabut kelapa dengan matriks *epoxy* yang mana selanjutnya dilakukan pengujian fisis komposit dan uji tarik komposit.

3.1. Pencetakan komposit

Serat hasil alkalisasi yang ditunjukkan pada Gambar 4 (a), terlihat ukuran serat menjadi kecil dengan berkurangnya komponen non selulosa pembungkus serat. Serat yang sudah dilakukan alkalisasi selanjutnya dicetak menjadi komposit menggunakan metode *hand lay-up*. Gambar 4 (b) menunjukkan hasil pencetakan komposit yang mana terdiri dari sampel I, sampel II, sampel III, sampel IV B dan sampel IV K.

Pada Gambar 4 (b.I) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit uji tarik, dengan fraksi 5% serat Sabut kelapa: 15% serat bambu: 80% matriks. Pada Gambar 4 (b.II) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 10% serat Sabut kelapa: 10% serat bambu: 80% matriks. Pada Gambar 4 (b.III) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 15% serat Sabut kelapa: 5% serat bambu: 80% matriks. Pada Gambar 4 (b.IVB) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 0% serat Sabut kelapa: 20% serat bambu: 80% matriks. Pada Gambar 4 (b.IVK) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 20% serat Sabut kelapa: 0% serat bambu: 80% matriks. Pada papan komposit masing-masing memiliki dimensi yaitu 180 mm × 30 mm dengan ketebalan 4 mm. Setelah pencetakan papan komposit, papan komposit dibentuk menjadi sampel untuk pengujian tarik sesuai dengan Gambar 3.(a).

Gambar 4 (b.I), Gambar 4 (b.II), Gambar 4 (b.III) dan Gambar 4 (b.IVK) terlihat serat Sabut kelapa mengalami fiber pullout yang diakibatkan karena serat tidak menyatu sempurna dengan matriks dan serat tidak mudah diatur pada saat pencetakan papan komposit, yang mana hal tersebut mengakibatkan serat terlihat menjutai keluar setelah papan

komposit selesai dicetak. Sedangkan Gambar 4 (b.IVB) terlihat tidak mengalami fiber pullout pada papan komposit, papan komposit tersebut menggunakan serat bambu sebagai pengisinya yang mana serat bambu memiliki bentuk yang memanjang dan mudah diatur, ini mengakibatkan serat dapat terikat dengan matriks secara optimal [7].



Gambar 4. (a) Serat Hasil Alkalisasi dan (b) Hasil Pencetakan Komposit

Pada Gambar 4 (b.a) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit uji fisis, dengan fraksi 5% serat sabut kelapa: 15% serat bambu: 80% matriks. Pada Gambar 4 (b.b) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 10% serat Sabut kelapa: 10% serat bambu: 80% matriks. Pada gambar 4 (b.c) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 15% serat Sabut kelapa: 5% serat bambu: 80% matriks. Pada gambar 4 (b.d) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 0% serat Sabut kelapa: 20% serat bambu: 80% matriks. Pada gambar 4 (b.e) menunjukkan hasil pencetakan papan komposit dengan fraksi 20% serat Sabut kelapa: 0% serat bambu: 80% matriks. Pada papan komposit masing-masing memiliki dimensi yaitu: 100 mm × 100 mm dengan ketebalan 5 mm.

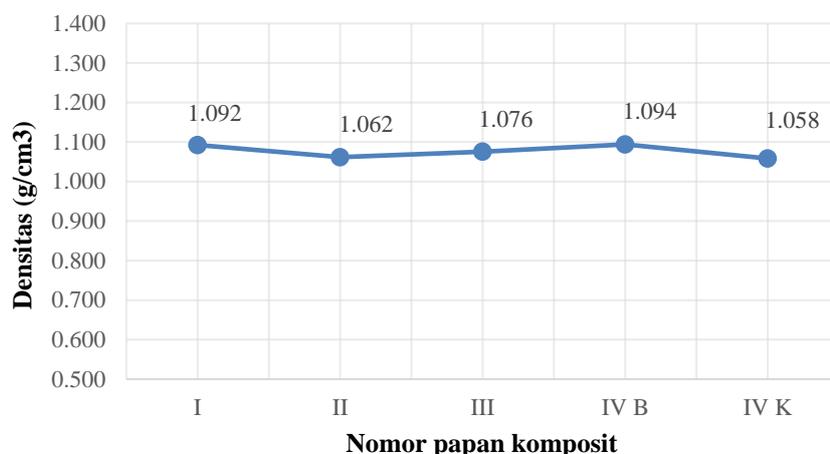
3.2. Pengujian fisis

Hasil pengujian fisis terhadap komposit serat bambu dan serat Sabut kelapa dengan matriks resin *epoxy* pada penelitian menghasilkan densitas (kerapatan), persentase pengembangan tebal (*swelling*) dan persentase serapan air. Spesimen pengujian fisis komposit sesuai pada Gambar 3 (b). Adapun hasil pengujian fisis terhadap serat bambu dan serat Sabut kelapa matriks resin *epoxy* ditunjukkan pada Tabel 2.

Densitas pada komposit yaitu menunjukkan jumlah massa bahan yang terkandung dalam setiap cm^3 volume pada papan komposit. Semakin banyak massa bahan maka densitas bahan semakin tinggi [13]. Hasil pengukuran densitas papan komposit untuk sampel I, sampel II, sampel III, sampel IV B, sampel IV K ditunjukkan pada tabel 2. Setelah itu data yang didapatkan dilakukan perhitungan densitas, dimana nilai yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 2. Hasil pengujian fisis komposit

Sampel	Awal				Akhir				Swelling (%)	Serapan air (%)
	P (mm)	L (mm)	T (mm ³)	V (mm ³)	m (g)	Densitas (g/cm ³)	T (mm)	m (g)		
I	103.38	100.70	5.01	52182.0	57.00	1.092	5.07	57.57	1.10	1.00
II	103.71	100.88	6.08	63610.6	67.53	1.062	6.15	68.30	1.19	1.14
III	103.54	101.18	6.24	65397.5	70.34	1.076	6.52	71.25	4.37	1.29
IV B	103.42	100.52	5.02	52160.8	57.06	1.094	5.07	57.64	1.11	1.02
IV K	103.81	101.13	7.28	76427.7	80.89	1.058	7.66	82.64	5.27	2.16

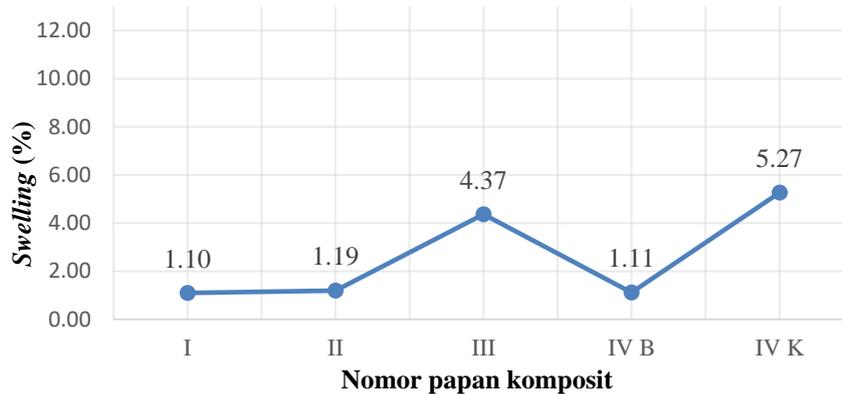


Gambar 5. Grafik hubungan antara densitas terhadap nomor papan komposit

Gambar 5 menunjukkan hasil perhitungan dan data densitas dari kelima papan komposit pada penelitian ini dapat diklasifikasikan menurut JIS A5908 yaitu kelima papan komposit tersebut masih belum memenuhi standar kerapatan medium dengan nilai kerapatan antara 0.40 g/cm³ – 1.0 g/cm³ [14]. Tingginya densitas papan komposit disebabkan tingginya massa jenis serat dan matriks, yang mana akan meningkatkan massa setiap volumenya [13].

Swelling merupakan persentase pengembangan tebal yang dilakukan dengan mengamati perubahan dimensi papan komposit yang direndam selama 24 jam. Kualitas papan komposit akan semakin baik jika pengembangan tebalnya semakin kecil [13]. Hasil pengukuran *swelling* papan komposit untuk sampel I, sampel II, sampel III, sampel IV B, sampel IV K ditunjukkan pada tabel 2. Setelah itu data yang didapatkan dilakukan perhitungan *swelling*, dimana nilai yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit dalam penelitian ini layak untuk dipakai karena persentase pengembangan tebal berada dibawah batas maksimum yang diperbolehkan dalam standar JIS A5908 yaitu dibawah 12% [14].

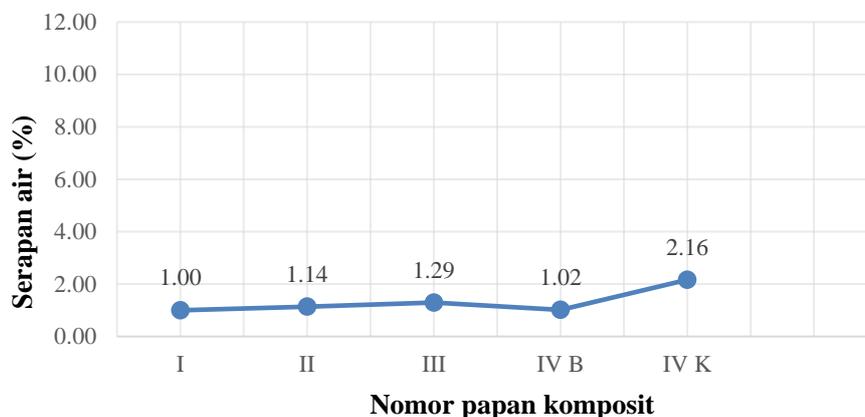
Dilihat pada Gambar 6 penyebab perbedaan hasil pengembangan tebal papan komposit yaitu adanya void atau gelembung udara yang terjebak didalam celah antara serat dengan matriks, maka tingkat absorpsi air oleh papan partikel akan meningkat. Semakin kecil persentase *swelling* pada komposit yang dihasilkan maka semakin baik [13].



Gambar 6. Grafik hubungan antara *swelling* terhadap nomor papan komposit

Persentase serapan air menunjukkan kecenderungan komposit menyerap dan menyimpan kandungan air. Hasil pengukuran persentase serapan air papan komposit untuk sampel I, sampel II, sampel III, sampel IV B, sampel IV K ditunjukkan pada tabel 2. Setelah itu data yang didapatkan dilakukan perhitungan persentase serapan air, dimana nilai yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada komposit dalam penelitian ini layak untuk dipakai, karena persentase serapan air berada dibawah batas maksimum yang diperbolehkan dalam JIS A5908(2003) yaitu 13% [14].

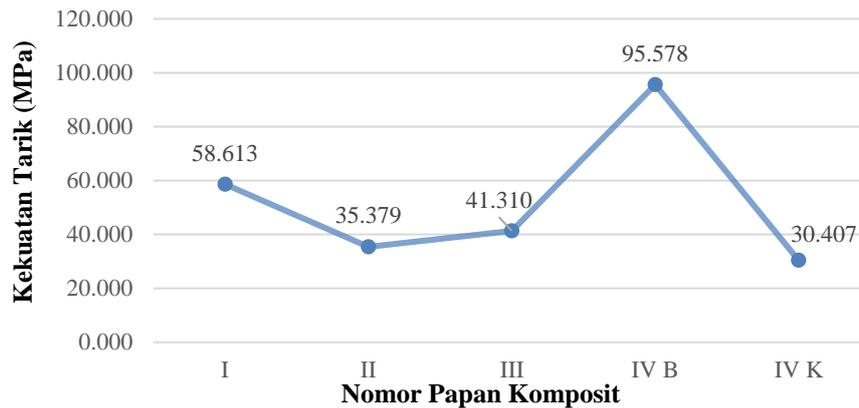
Dilihat dari data pada Gambar 7 dapat dijelaskan semakin kecil persentase serapan air pada komposit dihasilkan, maka kualitas komposit semakin baik dan tahan lama karena komposit dengan kecenderungan serapan air yang lebih tinggi lebih rentan mengalami kerusakan. Kandungan air yang terlalu banyak dan tersimpan pada komposit berpotensi merusak komposit [12].



Gambar 7. Grafik hubungan antara kadar air terhadap nomor papan komposit

3.3. Pengujian tarik

Hasil pengujian dari kelima sampel uji tarik terhadap komposit, tiap-tiap fraksi volume diketahui pada sampel I menghasilkan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar yaitu 58.613 MPa, pada sampel II memiliki kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar yaitu 35.379 MPa, lalu pada sampel III kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar yaitu 41.310 MPa, dan sampel IV B menghasilkan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar yaitu 95.578 MPa serta sampel IV K memiliki kekuatan tarik (*Tensile Strength*) paling besar yaitu 30,407 MPa. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



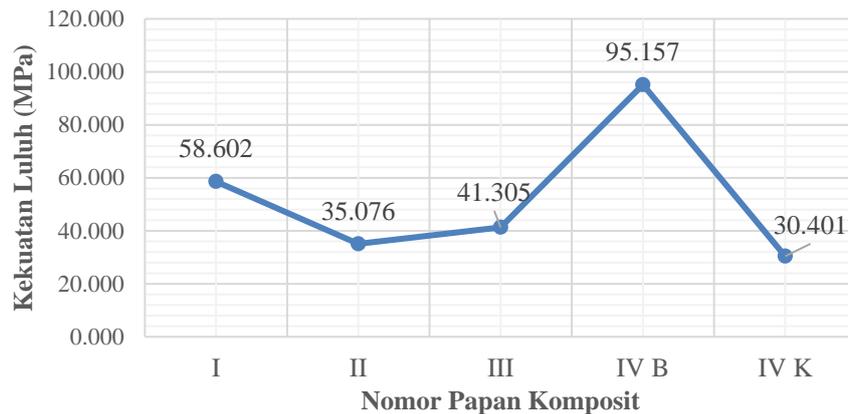
Gambar 8. Grafik hubungan antara kekuatan tarik terhadap nomor papan komposit

Berdasarkan Gambar 8 grafik hubungan antara kekuatan tarik terhadap nomor papan komposit terlihat kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh sampel IV B dengan hasil kekuatan tarik 95.578 MPa. Pada sampel IV B dapat diikat dengan *epoxy* secara optimal karena serat bambu memiliki bentuk serat yang memanjang dan serat mudah teratur serta disusun searah (*continuous fibre*). Yulianto, dkk (2016) telah melakukan penelitian bahwa komposit serat yang tersusun searah dengan teratur dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit [15].

Penambahan serat bambu pada komposit sebagai penguat dapat menambah kekuatan mekanik material. Arah orientasi serat merupakan salah satu hal yang penting dalam pembuatan papan komposit. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut dari serat, yang mana komposit akan mempunyai kekuatan yang lebih baik jika struktur serat dan gaya yang bekerja searah [7]. Peningkatan fraksi volume pada komposit serta orientasi serat yang searah dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Penelitian yang dilakukan oleh Gopinath, dkk (2018) menyatakan bahwa penambahan serat Sabut kelapa dapat mengurangi kekuatan tarik dari komposit, yang mana serat Sabut kelapa memiliki arah serat yang tidak teratur [9]. Melsiani, dkk (2017) telah melakukan penelitian bahwa kondisi serat yang tidak lurus dapat mempengaruhi aliran matriks ke serat yang mana serat tidak terdistribusi secara optimal, bahkan terjadi penumpukan serat (serat tidak teratur dengan rapih) sehingga pada saat diberikan beban atau tarikan mekanik maka tegangannya menurun [16].

Nilai kekuatan tarik terendah komposit ditunjukkan pada sampel IV K sebesar 30.407 MPa. Hasil kekuatan tarik yang rendah disebabkan adanya void pada komposit yang mana akan menurunkan tegangan tarik. Pencampuran serat dan matriks yang kurang homogen dapat menimbulkan munculnya void pada komposit [4, 17]. Semakin besar fraksi volume serat Sabut kelapa pada komposit maka akan semakin sedikit matriks dalam komposit, sehingga ikatan antara matriks dan serat Sabut kelapa semakin lemah. Massa jenis yang besar pada serat Sabut kelapa dapat meningkatkan massa serat pada pencampuran fraksi volume maka ini dapat menyebabkan sedikitnya matriks yang digunakan pada pembuat komposit [20].

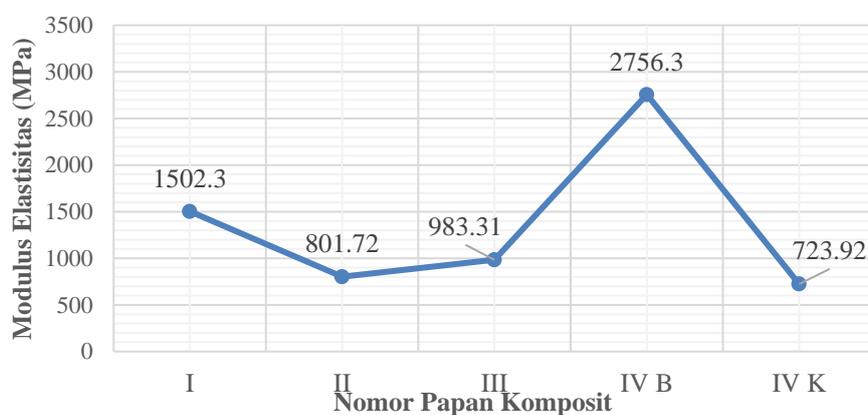
Kemampuan material mulai terdeformasi secara plastik atau disebut titik luluh (*Yield Strength*) atau kekuatan luluh. Kelima sampel uji tarik tiap-tiap fraksi volume diketahui pada sampel I kekuatan luluh tertinggi yaitu 58,602 MPa. Pada sampel II kekuatan luluh tertinggi yaitu 35,076 MPa. Pada sampel III didapatkan kekuatan luluh (*yield strength*) tertinggi yaitu 41,305 MPa. Pada sampel IV B kekuatan luluh tertinggi yaitu 95,157 MPa. Pada sampel IV K kekuatan luluh tertinggi yaitu 30,401 MPa. Gambar 9 menunjukkan hasil kekuatan luluh dari pengujian tarik.



Gambar 9. Grafik hubungan antara kekuatan luluh terhadap nomor papan komposit

Berdasarkan Gambar 9 grafik hubungan antara kekuatan luluh terhadap sampel uji terlihat kekuatan luluh tertinggi dihasilkan oleh sampel IV B yaitu 95,157 MPa. Hasil kekuatan luluh terendah dihasilkan oleh sampel IV K yaitu 30,401 MPa. Modulus Elastisitas atau *Young Modulus* adalah ukuran suatu material dalam ketahanan material tersebut terhadap deformasi (perubahan bentuk) elastis, yang mana semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil juga regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan pada saat pengujian tarik. Kelima sampel uji tarik tiap-tiap fraksi volume diketahui pada sampel I modulus elastisitas tertinggi yaitu 1502,3 MPa. Pada sampel II modulus elastisitas tertinggi yaitu 801,72 MPa. Pada sampel III modulus elastisitas tertinggi yaitu 983,31 MPa. Pada sampel IV B modulus elastisitas tertinggi yaitu 2756,3 MPa. Pada sampel IV K modulus elastisitas tertinggi yaitu 723,92 MPa. Gambar 10 menunjukkan hasil modulus elastisitas dari pengujian tarik.

Berdasarkan Gambar 10 grafik hubungan antara modulus elastisitas terhadap sampel uji terlihat modulus elastisitas tertinggi dihasilkan oleh sampel IV B yaitu 2756,3 MPa. Hasil modulus elastisitas terendah dihasilkan oleh sampel IV K yaitu 723,92 MPa. Gunawan, dkk melakukan penelitian mengenai pembuatan komposit dengan serat bambu, penambahan serat bambu pada komposit sebagai pengisi dapat meningkatkan modulus elastisitas [18]. Arah orientasi serat merupakan salah satu hal yang penting dalam pembuatan komposit. Modulus elastisitas komposit akan menurun dengan perubahan sudut dari serat, yang mana komposit akan mempunyai kekuatan yang lebih baik jika struktur serat dan gaya yang bekerja searah [19]. Komposit yang digunakan sebagai material bumper mobil perlu dilakukan pengujian mekanis. Salah satunya yaitu pengujian tarik yang mana pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *yield*, ulet dan getas pada material yang akan digunakan, sehingga material akan dapat dianalisis lebih lanjut [2, 20].



Gambar 10. Grafik hubungan antara modulus elastisitas terhadap nomor papan komposit

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah nilai kekuatan tarik tertinggi ditunjukkan pada sampel IV B sebesar 95.578 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah pada sampel IV K sebesar 30.407 MPa. Nilai kekuatan luluh tertinggi dihasilkan oleh sampel IV B yaitu 95,157 MPa. Hasil kekuatan luluh terendah dihasilkan oleh sampel IV K yaitu 30,401 MPa. Dari pengujian tarik juga didapatkan nilai modulus elastisitas tertinggi dihasilkan oleh sampel IV B yaitu 2756,3 MPa. Hasil modulus elastisitas terendah dihasilkan oleh sampel IV K yaitu 723,92 MPa. Komposit yang analisis masih layak digunakan sebagai material pembuat bumper mobil karena kekuatan tariknya tidak kurang dari standar bumper mobil yaitu 8,09 MPa. Hasil penelitian pada perhitungan densitas adalah nilai densitas tertinggi ditunjukkan pada sampel IV B sebesar 1.094 g/cm³ dan nilai densitas terendah pada sampel IV K sebesar 1.058 g/cm³. Dari perhitungan densitas menyatakan bahwa nilai densitas masih belum memenuhi standar densitas medium JIS A5908(2003) dengan nilai kerapatan antara 0,40 – 1,0 g/cm³. Penelitian pada perhitungan *swelling* nilai tertinggi ditunjukkan pada sampel IV K sebesar 5.27 % dan nilai terendah ditunjukkan pada sampel I sebesar 1.10 %. Dari hasil perhitungan *swelling* yang dihasilkan bahwa komposit ini layak untuk dipakai, yang mana persentase *swelling* masih dibawah standar JIS A5908(2003) sebesar 12 %. Lalu penelitian pada perhitungan persentase serapan air adalah nilai tertinggi ditunjukkan pada sampel IV K sebesar 2.16 % dan nilai terendah ditunjukkan pada sampel I sebesar 1.00 %. Dari hasil perhitungan serapan air menunjukkan komposit layak untuk dipakai, yang mana hasil perhitungan serapan air masih dibawah batas maksimum JIS A5908(2003) sebesar 13 %.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Direktorat Sumber Daya Ditjen Distristek, Kemendikbudristek yang telah memberikan pendanaan dalam penelitian ini, melalui program Talenta Inovasi Indonesia. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Singaperbangsa Karawang.

Daftar Pustaka

- [1] C. Prastyadi and W. Wijanarko, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume, Temperatur, Waktu Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Tekan Komposit Polyester-Hollow Glass Microspheres," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 196-200, 2017.
- [2] R. Hanifi, G. B. Dewangga, Kardiman and E. Widiyanto, "Analisis Material Komposit Berbasis Serat Pelepah Kelapa Sawit dan Matriks Polypropylene Sebagai Bahan Pembuatan Bumper Mobil," *Journal of Infrastructure & Science Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 15-23, 2019.
- [3] S. Arbintarso, E. Muttaqin and Fajar, "Simulasi Kegagalan Bemper Mobil Berbahan Komposit Diperkuat Serat Alam," *Jurnal FTI*, vol. 2, no. 3, pp. 23-36, 2015.
- [4] A. saidah, S. E. Susilowati and Y. Nofendri, "Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Serat Terhadap kekuatan Tarik Komposit Berbahan Serat Rami Epoxy Sebagai Bahan Alternatif Komponen Otomotif," *Seminar Nasional Teknik Mesin*, pp. 191-197, 2018.
- [5] H. S. R, "Review: Teknik Manufaktur Komposit HIjau dan Aplikasinya," *Jurnal Performa*, vol. 10, no. 1, pp. 9-18, 2012.
- [6] E. E. Ahaddin, M. Farid and V. M. Pratiwi, "Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Lentur dan Sifat Fisik Pada Pembuatan Komposit Polyurethan/Serat Bambu Betung Dengan Metode Hand Lay-up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 39-35, 2018.
- [7] D. R. Agung Setiawan, "Pengembangan Komposit Epoxy Berpenguat Serat Bambu dan Serat Sabut Kelapa Untuk Aplikasi Running Boards," *Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ*, vol. 5, no. 1, pp. 39-47, 2018.

- [8] A. Pambudi, "Proses Mafaktur Komposit Berpenguat Serat Bambu Betung (*Dedrocalamus Asper*) dan Matriks Undsaturated Polyester Dengan Metode Hand lay-up Untuk Aplikasi Otomitif," Indonesia, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, 2017, p. 102.
- [9] A. Gopinath, S. K. M and A. Babu, "Evaluation of Mechanical Properties and Microstructure of Polyester and Epoxy Resin Matrices Reinforced," *Journal Material Today*, vol. 5, no. 1, pp. 20092-20103, 2018.
- [10] E. A. O. Al-Bahadly, "The Mechanical Properties of Natural Fiber Composite," Australia, Swinburne University of Technology, 2013, p. 245.
- [11] A. E. Purkuncoro, "Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Serat Ijuk (*Arenga Pinata*) Terhadap Kekuatan Tarik," *Jurnal Transmisi*, vol. 13, no. 2, pp. 167-178, 2017.
- [12] R. D. N. Bifel, E. U. Maliwemu and D. G. Adoe, "Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester," *LONTAR Jurnal Teknik Mesin UNDANA*, vol. 02, no. 01, pp. 61-68, 2015.
- [13] T. Wulandari, A. Asri and I. D. Faryuni, "Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Limbah Kulit Buah Kakao Berpenguat Batang Kayu Jabon," *Prisma Fisika*, vol. 8, no. 1, pp. 33-39, 2020.
- [14] F. Yukichi, JIS (Japanese Industri Standard) A 5908: 2003, Japan, Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee and Technical Committee on Architecture, 2003.
- [15] S. Dody Yulianto, "Analisis Sifat-Sifat Mekanikal Bahan Komposit Campuran Serat Pelepah Sawit Dengan Serat Pelepah Kelapa," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Islam Riau*, vol. 10, no. 3, p. 40, 2016.
- [16] M. Saduk and F. P. Niron, "Analisis Kekuatan Bending Kekuatan Impact Komposit Epoxy Diperkuat Serat Pelepah Lontar," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 8, no. 3, pp. 121-127, 2017.
- [17] A. Fikri, C. N. Nasuha and Selamat, "Pengaruh Massa Filler Composite Dari Serat Jerami Terhadap Nilai Tegangan," *Jurnal Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 1-4, 2020.
- [18] G. Refiadi, N. Bayu, H. Judawisa and Mardiyati, "Serat Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*) Teralkalisasi Sebagai Penguat Komposit Polimer," *Jurnal Selulosa*, vol. 8, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [19] S. K. M. A. B. Ajith Gopinath, "Evaluation of Mechanical Properties and Microstructure of Polyester and Epoxy Resin Matrices Reinforced," *Journal Material Today*, vol. 5, no. 1, pp. 20092-20103, 2018.
- [20] M. Davoodi, S. Sapuan, D. Ahmad, A. Aidy, A. Khalina and M. Jonoobi, "Concept Selection of Car Bumper Beam With Developed Hybrid Bio-Composite Material," *Journal Material and Design*, vol. 32, no. 1, pp. 4857-4865, 2011.
- [21] U. D. o. Defense, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, Amerika Serikat: ASTM International.
- [22] D. S. Yulianto, "Analisis Sifat- Sifat Mekanikal Bahan Komposit Campuran Serat Pelepah Sawit Dengan Serat Pelepah Kelapa," *Jurnal Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau*, vol. 10, no. 3, p. 40, 2016.
- [23] S. Hastuti, H. S. Budiono, D. I. Ivadiyanto and M. N. Nahar, "Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (*Cocofiber*) yang Biodegradable," *Jurnal Fakultas Teknik UNITRI Reka Buana*, vol. 6, no. 1, pp. 30-37, 2021.
- [24] S. B. Sebastian, H. Sukma, A. Riyadi and R. Trisno, "Pengembangan Komposit Matriks Polimer Berpenguat Serat Serabut Kelapa," *Jurnal Mekanikal Teknik Mesin FTUP*, vol. 21, no. 01, p. 5, 2020.