

PENGARUH VARIASI KOMPOSIT *HYBRID* LAMINA BERPENGUAT SERAT SISAL (*Agave Sisalana*) DAN SERAT KARBON TERHADAP *DENSITY* DAN *MODULUS OF ELASTICITY*

Diva Rifky Febrizio¹, Rita Desiasni*¹ dan Syamsul Bahtiar¹

¹Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa, Batu Alang, Sumbawa, 84371

rita.desiasi@uts.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tentang komposit berpenguat serat alam dan sintetis dalam aplikasi struktural banyak dilakukan guna menjadi bahan alternative pengganti logam. Pada penelitian ini terdapat dua jenis serat yang digunakan, yaitu serat sisal (*longitudinal*) 20cm dan serat anyam karbon. Ada tiga variasi yaitu serat sisal – serat sisal – serat sisal (SS-SS-SS), serat karbon – serat karbon – serat karbon (SK-SK-SK) dan serat karbon – serat sisal – serat karbon (SK-SS-SK). Metode yang digunakan yaitu *Vacuum Bag*. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kerapatan, uji kuat lentur dan uji kuat patah, uji morfologi dengan menggunakan standar SNI-01-4449-2006. Pengujian sifat fisik kerapatan tertinggi pada variasi (SK-SS-SK) yaitu 1,009 gr/cm³ dan kerapatan terendah pada variasi (SS-SS-SS) yaitu sebesar 1,001 gr/cm³. Hasil pengujian mekanik MOE variasi (SS-SS-SS) mendapatkan nilai uji terendah yaitu sebesar 1444,9 kgf/cm² dan nilai uji tertinggi pada variasi (SK-SS-SK) yaitu sebesar 3095,2 kgf/cm².

Kata Kunci: Komposit lamina; serat sisal; serat karbon; MOE dan MOR; kerapatan; mikrostruktur SEM.

ABSTRACT

Research on natural and synthetic fiber-reinforced composites in structural applications has been carried out in order to become an alternative material to replace metal. In this study, there were two types of fibers used, namely 20cm (longitudinal) sisal fiber and woven carbon fiber. There are three variations, namely sisal fiber - sisal fiber - sisal fiber (SS-SS-SS), carbon fiber - carbon fiber - carbon fiber (SK-SK-SK) and carbon fiber - sisal fiber - carbon fiber (SK-SS-SK). The method used is the Vacuum Bag. The tests carried out were density test, flexural strength test and fracture strength test, morphology test using SNI-01-4449-2006 standard. Testing the physical properties of the highest density on the variation (SK-SS-SK) is 1.009 gr/cm³ and the lowest density on the variation (SS-SS-SS) is equal to 1.001 gr/cm³. The results of the variation MOE mechanical test (SS-SS-SS) obtained the lowest test value, which was 1444.9 kgf/cm² and the highest test value for the variation (SK-SS-SK), which was 3095.2 kgf/cm².

Keywords: Lamina composite; sisal fiber; carbon fiber; MOE and MOR; density; SEM microstructure.

PENDAHULUAN

Permintaan bahan komposit yang diperkuat serat dalam aplikasi struktural meningkat dalam beberapa tahun terakhir, karena kekuatannya yang unggul, ketahanan aus, ketangguhan, dan biaya yang rendah (Jawaid dkk., 2011). Serat sebagai penguat dikategorikan menjadi dua, yakni serat alam dan serat sintetis. Serat sintetis diantaranya, aramid, *e-glass*, dan karbon pengaplikasiannya digunakan dalam penerbangan, kelautan, dan pertahanan yang mana biaya tinggi tidak lebih penting. Akan tetapi, komposit yang diperkuat dengan serat sintetis menghadapi masalah khusus diakhir kebergunaannya, karena tidak ramah lingkungan dan sulit untuk terurai (Subramonian dkk., 2016; Howarth dkk., 2014). Belakangan ini, para peneliti memfokuskan untuk mengatasi kelemahan dengan menyelidiki serat alam untuk meminimalisir masalah lingkungan, seperti pencemaran tanah, air, laut, bahkan udara. Pemanfaatan serat alam semakin meningkat karena kelebihannya, seperti ketersediaan melimpah, harga lebih murah, kepadatan rendah, kekakuan tinggi, tidak beracun, serta ramah lingkungan (Braga & Magalhaes, 2015). Selain manfaat ekologis, serat alam menawarkan kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan serat kaca, dan kelembapan yang baik dibandingkan dengan serat karbon (Shamsuyeva dkk., 2019).

Diantara serat alam, serat sisal merupakan salah satu penguat yang sering digunakan didalam pencetakan material komposit. Serat sisal memiliki daya keuletan yang lebih tinggi, densitas rendah dibandingkan serat *flax*, *jute* dan katun, dan dapat diaplikasikan pada lingkungan kadar garam yang tinggi (Hulle dkk., 2015). Potensi serat sisal sebagai penguat dalam pembuatan material komposit cukup tinggi, saat ini sedang dikembang perkebunan sisal seluas 5000 hektar di kawasan Poto Tano, Kabupaten Sumbawa Barat (Febrianti, 2018). Di samping itu, PT. Sumbawa Bangkit Sejahtera Labangka juga memproduksi 44 ton sisal setiap harinya dan untuk satu tahun bisa menghasilkan 633,6 ton serat sisal pada dua kali periode produksi (Sumbawa Bangkit Sejahtera, 2022). Serat alam menunjukkan keterbatasan seperti resistansi benturan yang rendah, kepekaan yang lebih tinggi terhadap penyerapan air karena sifatnya hidrofilik, stabilitas termal yang buruk, dan adhesi antarmuka yang buruk antara serat-matriks (Pandita dkk., 2014), sehingga menurunkan kinerja mekanik dari material komposit. Diantara serat sintetis, serat karbon merupakan salah satu penguat yang sering digunakan dan tersedia secara komersial. Beberapa keunggulan serat karbon dibandingkan dengan serat sintetis lainnya adalah jenis serat yang kuat namun ringan, kekuatan tarik tinggi, stabilitas termal yang sangat baik, dan memiliki sifat mekanik yang tinggi dibandingkan dengan serat alam. Serat sintetis menunjukkan keterbatasan seperti sukarnya terurai dengan alam dan biaya

yang tinggi (Rahmatulloh dkk., 2020). Oleh sebab itu, menggabungkan antara serat alam dan serat sintetis dalam satu matriks menawarkan keseimbangan yang baik antara sifat mekanik dan biaya serat (Jawaid dkk., 2011; Khan dkk., 2009).

Pada penelitian (Margabandu & Subramaniam, 2020) yang meneliti sifat mekanis, termal, dan daya serap air dari komposit *hybrid* yang diperkuat rami/karbon menghasilkan komposit *hybrid* dengan pola susunan rami/karbon/karbon/rami memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 234,68 MPa dibandingkan dengan susunan lainnya. Komposit *hybrid* dengan susunan karbon/rami/rami/karbon memiliki nilai dampak sebesar 108,45 kJ/m² dan daya serap air yang lebih baik. Penggabungan serat rami dan serat karbon menurunkan kekuatan tarik dan kekuatan dampak masing-masing sebesar 22% dan 14% dibandingkan dengan komposit *hybrid* dengan susunan karbon/karbon/karbon/karbon. Menurut (Flynn, 2016) yang meneliti sifat mekanik komposit *hybrid* rami-karbon dan menyimpulkan bahwa komposit *hybrid* rami-karbon menunjukkan kekuatan mekanik yang lebih tinggi. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk meneliti sifat mekanik dan sifat fisik dari material komposit *hybrid* serat sisal (*agave sisalana*) dan serat karbon.

METODOLOGI

Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan terhitung dari bulan April – Juni 2023.

Tempat Penelitian

Adapun tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah di Laboratorium Kimia Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral Universitas Teknologi Sumbawa (pembuatan sampel) dan Laboratorium Fisika Universitas Mataram (pengujian *Modulus Of Elasticity*).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, cetakan benda uji, mesin uji universal (*universal testing machine*), dan alat bantu lainnya.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat sisal, serat karbon, matriks *epoxy*, *release agent*, NaOH 5%, Aquadest.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Vacuum Bag*. Metode *vacuum bag* merupakan metode pembuatan material komposit dengan menggunakan tekanan

vakum untuk mengalirkan aliran resin di dalam cetakan. Material *fiber* diletakkan di dalam cetakan lalu dilakukan proses *vacuum* untuk menarik aliran resin yang telah mengisi cetakan. Selanjutnya aliran resin yang telah mengisi cetakan mengikat *fiber* yang selanjutnya mengeras dan membentuk material komposit (Azissyukhron dkk., 2020).

Prosedur Penelitian

Perlakuan Serat Sisal

- a. Pencucian
Pencucian dilakukan dengan air bersih dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada serat sisal.
- b. Pengeringan
Pengeringan dilakukan dengan dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari untuk mengurangi kadar air.
- c. Pemotongan
Pemotongan serat sisal sepanjang 35cm sesuai ukuran dengan ukuran cetakan.
- d. Perlakuan NaOH terhadap serat sisal
Siapkan larutan NaOH dengan konsentrasi 5%. Perlakuan NaOH pada serat sisal dilakukan dengan perendaman selama 2 jam. Kemudian bilas kembali dengan air bersih. Setelah itu dikeringkan selama 1 hari pada suhu ruang.

Perlakuan Serat Karbon

Pemotongan serat karbon sepanjang 35 x 20 cm sesuai dengan ukuran cetakan.

Proses Pembuatan Spesimen

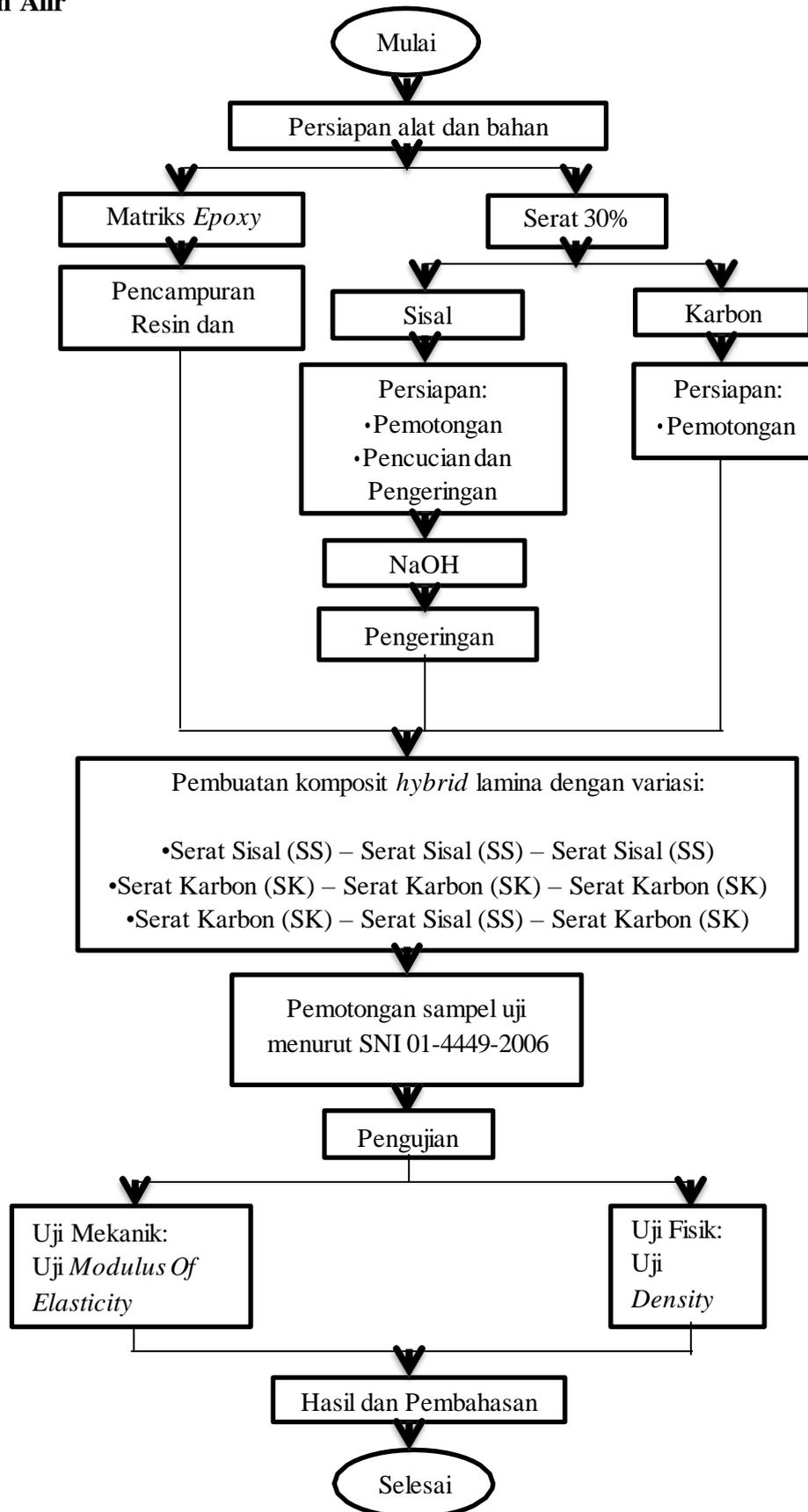
- a. Cetakan disiapkan, permukaan cetakan dilapisi *release agent*. Pelapisan dilakukan sebanyak 3 kali, setiap pelapisan dikeringkan terlebih dahulu. Pelapisan *release agent* dilakukan untuk mempermudah pelepasan spesimen dari cetakan.
- b. Selanjutnya dilakukan pengukuran volume resin dan volume katalis. Cetakan yang digunakan berukuran 35cm x 20cm x 1cm.
- c. Resin dan katalis dihitung pada sebuah gelas ukur dengan perbandingan 1ml resin : 1ml katalis.
 $V_{\text{resin}} = 286,65 \text{ ml}$
 $V_{\text{katalis}} = 286,65 \text{ ml}$
- d. Campuran resin katalis diaduk sampai merata dengan menggunakan pengaduk kaca selama ± 1 menit. Setelah campuran teraduk rata, kemudian dituang kedalam

- cetakan, sebanyak 4 kali penuangan bergantian dengan dimasukkannya serat kedalam cetakan.
- e. Kemudian bagian atas adonan papan komposit *hybrid lamina* dilapisi dengan *peel ply*, *release film*, *breather cloth*.
 - f. Lapisi bagian sisi cetakan dengan *double tape*.
 - g. Untuk bagian atas cetakan dilapisi dengan plastik yang direkatkan dengan *double tape* hingga tidak ada celah keluar masuknya udara dari samping cetakan.
 - h. Masukkan selang dari samping cetakan, tepatnya pada bagian atas lapisan *breather cloth* untuk menyedot udara yang terperangkap didalam adonan dan didalam cetakan.
 - i. Proses *vacuum* hingga beberapa saat hingga udara yang ada didalam cetakan benar-benar habis.
 - j. Kemudian tunggu hingga 24 jam sampai spesimen benar-benar kering dan keluarkan spesimen dari cetakan.
 - k. Hasil cetakan spesimen dipotong menurut standar pengujian.



Gambar 1. Variasi *Hybrid Lamina*

Diagram Alir

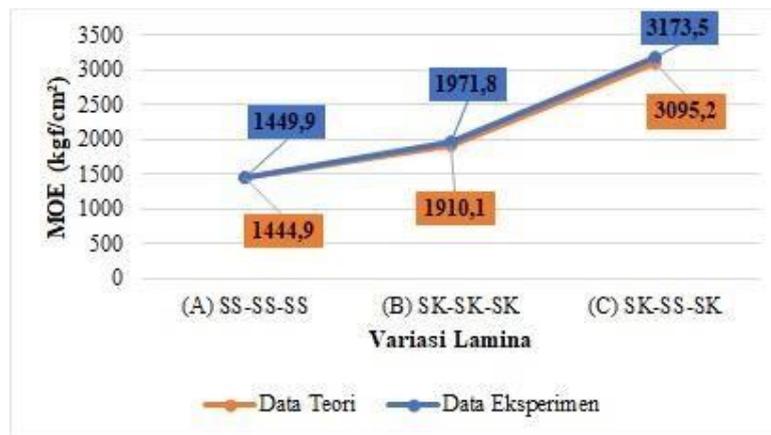


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

PEMBAHASAN

Uji MOE (*Modulus Of Elasticity*)

Pengujian MOE (*Modulus Of Elasticity*) merupakan ukuran ketahanan terhadap pemanjangan atau pemendekan suatu contoh benda uji dibawah tarikan atau tekanan (Kurniawati, 2015). Pengujian MOE dilakukan pada papan komposit *hybrid* lamina berukuran 20 x 5 x 1 cm, masing- masing variasi memiliki sebanyak tiga spesimen untuk pengujiannya. Adapun hasil pengujian MOE dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Variasi Komposit *Hybrid* Lamina Terhadap Nilai *Modulus Of Elasticity*

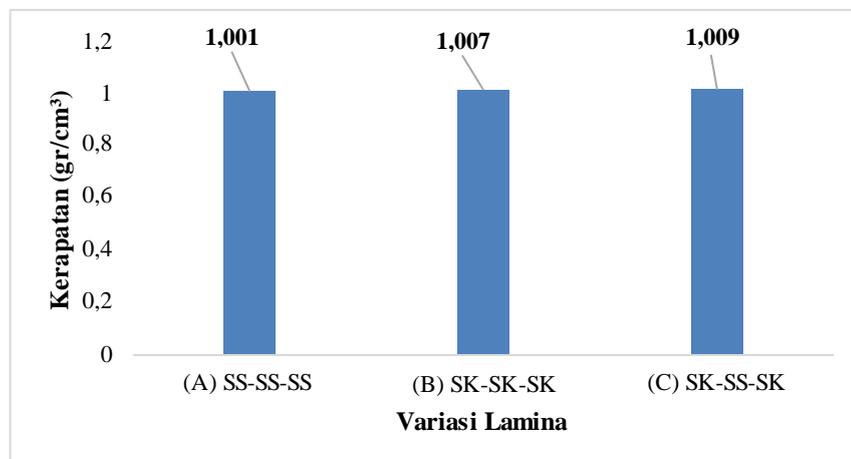
Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan bahwa nilai MOE pada papan komposit *hybrid* lamina variasi SS-SS-SS sebesar 1444,9 kgf/cm², nilai MOE pada papan komposit *hybrid* lamina variasi SK-SK-SK sebesar 1910,1 kgf/cm² dan nilai MOE pada papan komposit *hybrid* lamina variasi SK-SS-SK yaitu sebesar 3095,2 kgf/cm². Hal ini berarti bahwa nilai MOE terendah terdapat pada variasi SS-SS-SS, sedangkan nilai MOE tertinggi terdapat pada variasi SK-SS-SK. Nilai yang didapat mengalami peningkatan, dengan nilai yang dihasilkan oleh komposit *hybrid* lamina variasi SS-SS-SS menjadikan variasi tersebut masuk dalam syarat mekanis Tipe 15 standar SNI 01-4449-2006, begitu juga dengan variasi SK-SK-SK, yang mana syarat mekanis Tipe 15 standar SNI 01-4449-2006 yakni sebesar ≥ 1300 kgf/cm². Sedangkan variasi SK-SS-SK masuk dalam syarat mekanis Tipe 30 standar SNI 01-4449-2006 yakni nilainya sebesar ≥ 2500 kgf/cm². Hal ini sejalan dengan penelitian (Sathiyamoorthy & Senthilkumar, 2020) yang meneliti tentang komposit *hybrid* lamina berpenguat rami/karbon, yang mana hasil yang didapatkan dari sifat mekanis variasi lamina penggabungan dua serat (rami/karbon) memiliki nilai mekanis lebih tinggi dibandingkan variasi lamina satu serat alam. Oleh sebab itu, menggabungkan antara serat alam dan serat sintetis dalam satu matriks

menawarkan keseimbangan yang baik untuk sifat mekanik komposit (Jawaid dkk., 2011; Khan dkk., 2009).

Berdasarkan penjelasan teori tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai MOE dipengaruhi oleh susunan variasi komposit *hybrid* lamina. Nilai MOE yang dihasilkan papan komposit *hybrid* lamina berpenguat serat sisal/karbon sesuai dengan standar SNI 01-4449-2006.

Uji Kerapatan (*Density*)

Pengujian kerapatan merupakan pengujian fisik yang menunjukkan perbandingan massa benda terhadap volumenya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kerapatan papan komposit *hybrid* lamina berpenguat serat sisal dan serat karbon menghasilkan nilai ≥ 1 gr/cm³ dengan nilai kerapatan terendah pada papan komposit *hybrid* lamina variasi SS-SS-SS dan nilai kerapatan tertinggi pada variasi SS-SK-SS. Nilai kerapatan yang didapatkan sesuai dengan standar SNI 01-4449-2006 yaitu $>0,84$ yakni PSKT (Papan Serat Kerapatan Tinggi), hal ini disebabkan *reinforcement* dengan matriks saling merekat atau mengikat dengan baik sehingga menghasilkan papan komposit *hybrid* lamina sesuai dengan standarnya. Hasil pengujian kerapatan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Komposit *Hybrid* Lamina Terhadap Nilai *Density*

Meningkatnya nilai *density* dari material komposit disebabkan karena metode yang digunakan adalah metode *vacuum bag*. Metode *vacuum bag* merupakan salah satu cara untuk meminimalisir keberadaan udara yang menyebabkan adanya void menggunakan pompa *vacuum*. Selain itu meminimalisir adanya *void* juga dilakukan dengan alat *hot gun*, panas dari *hot gun* dapat mengurangi gelembung udara pada permukaan adonan sehingga dapat meningkatkan kerapatan material (Sukma, 2023). Selain itu, meningkatnya nilai *density* dari

material komposit *hybrid lamina* disebabkan karena daya rekat antara resin dengan tiap *layer reinforcement*.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian sifat fisik, mekanik dan morfologi yang telah dilakukan terhadap material komposit *hybrid lamina* dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kerapatan papan komposit *hybrid lamina* berpenguat serat sisal dan serat karbon terendah ke tertinggi berturut-turut 1,001 gr/cm³, 1,007 gr/cm³, dan 1,009 gr/cm³ dengan variasi lamina (SS-SS-SS), (SK-SK-SK), dan (SK-SS-SK). Jenis papan komposit *hybrid lamina* yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah PSKT (Papan Serat Kerapatan Tinggi) dan telah memenuhi standar SNI 01-4449-2006.
2. Nilai *Modulus Of Elasticity* (MOE) papan komposit *hybrid lamina* berpenguat serat sisal dan serat karbon terendah ke tertinggi berturut-turut 1444,9 kgf/cm², 1910,1 kgf/cm², dan 3095,2 kgf/cm² dengan variasi lamina (SS-SS-SS), (SK-SK-SK), dan (SK-SS-SK) dengan syarat mekanis Tipe 15, 15, dan 30 sesuai dengan standar SNI 01-4449-2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Azissyukhron, M., & Hidayat, S. (2020). *Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Layup dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite*. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, 9, 1–5.
- Braga, R. A., & Magalhaes, P. (2015). *Analysis of the mechanical and thermal properties of jute and glas fiber as reinforcement epoxy hybrid composites*. Mater. Sci. Eng. C. 56: 269-273.
- Febrianti. (2018). *Analisis Finansial Tanaman Sisal di Kabupaten Sumbawa Barat*. Universitas Mataram.
- Flynn, J., Amiri, A., & Ulven, C. (2016). *Hybridized carbon and flax fiber composites for tailored performance*. Mater. Des. 102: 21-29.
- Gay, D., Hoa, S., & Tsai, S. (2003). *Composite Materials Design and Applications*. Boca Raton, FL : CRC Press.
- Howarth, J., Mareddy, S. S., & Mativenga, P. (2014). *Energy intensity and environmental analysis of mechanical recycling of carbon fiber composite*. J. Clea. Prod.81: 46-50.
- Hull, D. a. (2001). *An Introduction to Composite Materials*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Hulle, A., Kadole, P., & Katkar, P. (2015). *Agave Americana Leaf Fibers*. *Fibers*, 3, 54-75.
- Jawaid, M., & Khalil, H. (2011). *Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: a review*. *Carbohydr. Polym.* 86: 1-18.
- Jawaid, M., Khalil, H., Bakar, A., & Khanam, P. (2011). *Chemical resistance, void content and tensile properties of oil palm/jute fiber reinforced polymer hybrid composites*. *Mater. Des.* 32: 1014-1019.
- Khan, M. A., Ganster, J., & Fink, H. (2009). *Hybrid composite of jute and man-made cellulose fibers with polypropylene by injection moulding*. *Compos. Part A: App. Sci. Manuf.* 40: 846-851.
- Pandita, S. D., Yuan, X., & Manan, M. A. (2014). *Evaluation of jute/glass hybrid composite sandwich: Water resistance, impact properties and life cycle assessment*. *J. Reinf. Plast. Compos* 33: 14-25.
- Rachmatulloh, A., & Irfai, M. (2020). *Pengaruh Fraksi Volume Komposit Hybrid Dengan Penguat Serat Rami Dan Serat Karbon Bermatriks Polyester Terhadap Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tarik*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Shamsuyeva, M., Hansen, O., & Endres, H. (2019). *Review on hybrid carbon/flax composites and their properties*. *Int. J. Polym. Sci.*
- Standar Nasional Indonesia SNI 01-4449-2006. (n.d.).
- Subramonian, S., Ali, A., & Amran, M. (2016). *Effect of fiber loading on the mechanical properties of bagasse fiber reinforced polypropylene composites*. *Adv. Mech. Eng.* 8:1-5.