

Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Laminat Partikel Cangkang Kerang Simpson/E-Glass dengan Matriks Poliester

Kusairi* dan Nurun Nayiroh

Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

*Corresponding author. E-mail: kusairi@uin-malang.ac.id

Diterima (10 Januari 2022), Direvisi (30 Juni 2022)

Abstrak: Pembuatan perahu tradisional berbahan dasar kayu yang meningkat bisa menyebabkan hutan gundul selain itu juga mengakibatkan terjadinya kelangkaan dan naiknya harga bahan dasar kayu sehingga biaya produksi semakin mahal. Selain itu, faktor pembusukan oleh jamur, pemanasan, pelapukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan pada proses pembuatan kapal tradisional adalah melalui pembuatan perahu berbahan dasar papan komposit laminat serat E-Glass yang murah dan berkualitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi volume serat E-glass dan partikel cangkang kerang simping terhadap kekuatan tarik komposit hibrida. Pembuatan komposit hibrida dengan mencampur filler cangkang kerang simping, serat E-Glass dengan matrik. Prosentase Fraksi volume 0C:0E, 10C:20E, 15C:15E dan 20C:10E. Hasil penelitian didapatkan Kekuatan tarik maksimum pada fraksi volume 10C:20E sebesar 34,2694 MPa, hasil ini lebih tinggi dari persyaratan maksimal yang ditetapkan oleh BSN tahun 2006 yaitu 0,304 MPa. Adanya ikatan yang kuat antara serat dengan matrik dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit serta adanya pengaruh partikel cangkang kerang simping yang dapat membantu matriks untuk menerima beban/tegangan eksternal sehingga kekuatan komposit meningkat.

Kata kunci: Fraksi volum filler, cangkang kerang simping, sifat mekanik, poliester, komposit hibrida.

Abstract: The increasing number of traditional boats made from wood can cause the forest to be deforested. Besides, it also results in scarcity and an increase in the price of basic wood materials so that production costs are increasingly expensive—also, the factors of decay by mould, heating, weathering. One of the efforts that can be made in the traditional shipbuilding process is through making boats made from cheap and high-quality E-Glass fibre laminate composite boards. The purpose of this study was to determine the effect of volume composition of E-glass fibres and scallop shell particles on the tensile strength of hybrid composites. Making hybrid composites by mixing scallop shell filler, E-Glass fibre and matrix. Percentage volume fraction 0C: 0E, 10C: 20E, 15C: 15E and 20C: 10E. The results showed that the maximum tensile strength at the volume fraction of 10C: 20E was 34,2694 MPa, this result was higher than the maximum requirements set by BSN in 2006, namely 0.304 MPa. The existence of a strong bond between the fibres and the matrix can increase the tensile strength of the composite as well as the influence of the scallop shell particles which can help the matrix to accept external loads/stresses so that the composite strength increases.

Keywords: Filler volume fraction; scallop shells; mechanical properties; polyester; hybrid composites.

PENDAHULUAN

Pembuatan perahu-perahu tradisional di daerah pesisir Indonesia masih banyak memanfaatkan kayu sebagai bahan dasarnya. Meningkatnya kebutuhan dasar kayu untuk pembuatan kapal tradisional mengakibatkan terjadinya kelangkaan dan naiknya harga bahan dasar kayu. Hal ini

sangat berdampak pada biaya produksi perahu tradisional yang semakin mahal. Faktor lain seperti pembusukan oleh jamur, pemanasan, pelapukan, dan bahan kimia [1]. Pembuatan perahu berbahan dasar papan komposit laminat serat *E-glass* yang murah dan berkualitas merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan pada

proses pembuatan kapal tradisional dengan cara mencari bahan campuran yang dipadukan dengan serat *E-glass* yang mudah didapatkan oleh masyarakat nelayan, mudah diolah dan memiliki sifat mekanis yang baik.

Penelitian tentang polimer telah banyak dilakukan antara lain dengan menggunakan serat atau pengisi alam dengan mencampurkannya dalam *polyester* untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Mufidun telah melakukan penelitian komposit dengan matriks poliester dan *filler* cangkang kerang sipping sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit yang diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 1,322 MPa dan keteguhan lentur 132,84 MPa pada fraksi volume partikel 40% dengan ukuran partikel 100 mesh [2]. Limbah kerang sipping relatif mudah ditemukan dan masih banyak digunakan sebagai bahan dasar cinderamata, masih jarang dimanfaatkan untuk bahan dasar papan komposit [3]. Lapisan *nacre* pada cangkang kerang sipping mengandung senyawa kalsit (CaCO_3) yang memiliki mikrostruktur berlapis-lapis, bahannya bersifat isotropik, nilai kekerasan, dan densitas dissipasi energinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kristal kalsit alam [4].

Jarakumjon K. *et al.* telah membuat komposit laminat hibrida 10 (wt%) serat sisal dan 20 (wt%) serat *E-Glass*/polypropylene dengan mesin injeksi yang menghasilkan kekuatan tarik 31,59 MPa (kekuatan maksimal) [5]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Haryanto mengenai pengaruh fraksi volum serat kenaf anyam dan serat *E-Glass* anyam bermatriks polyester terhadap kuat tarik komposit, yang menggunakan metode fabrikasi komposit laminat (berlapis) [6]. Menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volum serat berbanding lurus dengan semakin banyaknya lapisan *E-Glass* dengan kekuatan tarik maksimum

mencapai 90,47 MPa. Berbagai variasi fabrikasi komposit hibrida telah digunakan oleh Jarakumjon K. *et al.*, dan Haryanto namun pada komposit hibrida sisal dan *E-Glass*/PP masih memiliki kekuatan mekanik rendah sehingga perlu dilakukan variasi lebih lanjut untuk mendapatkan kekuatan mekanik tinggi [5][6].

Salah satu peningkatan kualitas papan komposit serat *E-glass* yang diharapkan dapat dilakukan melalui penambahan material lain yang memiliki sifat menguatkan dan memperluas daerah interface. Penggunaan bahan filler partikulat bersama serat dapat menghasilkan peningkatan kekuatan mekanis bahan komposit [7].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian komposit *glass fiberreinforce polymer* (GFRP) masih perlu diteliti secara komprehensif untuk mencapai kekuatan mekanik tinggi dengan memahami faktor-faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik komposit. Uraian tersebut menunjukkan bahwa pembuatan komposit laminat serat sintetis yang dipadukan dengan partikel bahan alam penting untuk dikaji. Pada penelitian ini difokuskan pada pembuatan komposit laminat serat *E-glass* dengan campuran partikel cangkang kerang sipping sebagai bahan dasar papan komposit yang berpotensi untuk diaplikasikan pada bidang perkapalan.

Kerang sipping memiliki nama ilmiah *Amusium pleuronectes* dan merupakan anggota dari famili *pectinidae*. Terdapat lebih dari 30 marga dan sekitar 350 spesies dalam famili *pectinidae*. Habitat dari kerang sipping yaitu di daerah perairan laut dasar yang beriklim tropis [8].

Uji nano-indentasi pada Kerang sipping yang dilakukan oleh lie pada tahun 2014 dengan menggunakan Metode *oliver-pahr* bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan yang ada pada kerang sipping dan membandingkannya dengan kristal kalsit yang berasal dari alam sehingga dihasilkan nilai modulus dan kekerasan

pada kerang simping dari pengujian indentasi adalah $E_{o-p} = 71.11 \pm 3.25$ GPa, $H_{o-p} = 3.88 \pm 0.17$ GPa sedangkan pada kristal kalsit didapatkan nilai $E_{o-p} = 73.4 \pm 1.7$ GPa, $H_{o-p} = 2.51 \pm 0.04$ GPa. Secara signifikan cangkang kerang simping meningkatkan ketahan terhadap deformasi plastik yang ditunjukkan oleh peningkatan sebesar $\sim 50\%$ dalam hal nilai kekerasan relatif terhadap kristal kalsit [4].

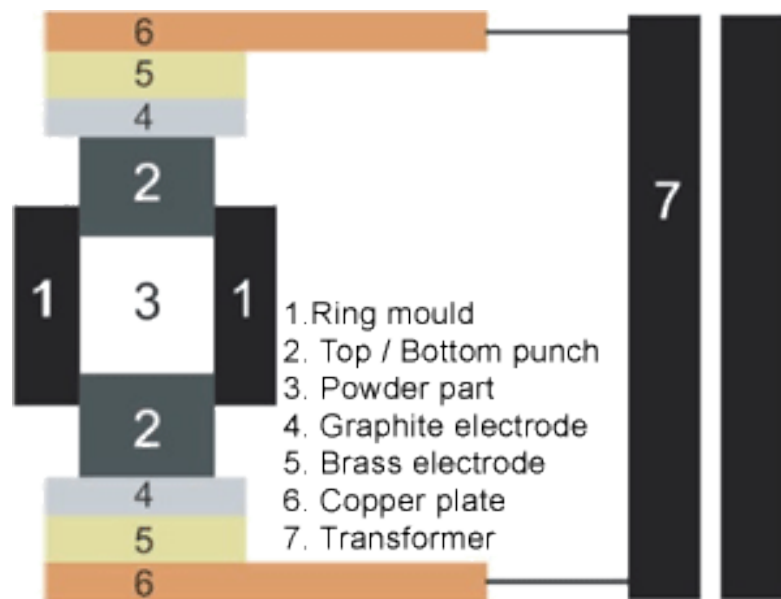
Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material penyusun sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik dan kekakuan jenis (modulus Young/density) [9]. Mike Ashby menyebutkan bahwa kekuatan material komposit telah dapat mencapai diatas 1000 MPa dan melebihi kekuatan beberapa material dari bahan logam [10] sehingga komposit menjadi pilihan utama dalam pengembangan produk karena memiliki nilai kekuatan yang tinggi dan keunggulan lain seperti ringan dan tahan korosi [11].

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat)
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat)
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel/serbuk) [9].

Penyusun komposit terdiri dari matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), fiber sebagai penguat (penahan beban utama), interfasa (pelekat antar dua penyusun) dan interface (permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain) [11].

Fabrikasi adalah proses penyusunan material-material menjadi satu kesatuan dengan aturan yang mengacu pada standar tertentu. Dalam hal ini proses fabrikasi komposit mengacu pada *American society for testing and materials* (ASTM). Proses fabrikasi komposit digolongkan berdasarkan polimer yang digunakan, *thermoset* dan *thermoplastic* [12]. Fabrikasi dengan proses tipe polimer *thermoplastics* menggunakan mesin hidrolik press panas dengan system *field assisted sintering technique direct hot pressing* (FAST-DHP)[13].



Gambar 1. Skema sistem FAST-DHP [12]

Shackelford (1992) dalam Amin (2012) menyatakan bahwa Kekuatan tarik komposit sangat tergantung pada seberapa besar perbandingan antara serat sebagai penguat dan matrik yang dipergunakan. Perbandingan ini sering disebut sebagai fraksi volume serat (V_f) dan fraksi berat serat (W_f). Akan tetapi kebanyakan digunakan fraksi volume serat dengan pertimbangan yang berpengaruh dalam kekuatan tarik adalah luas penampang serat bukan berat serat. Fraksi volume serat dapat dihitung dengan **persamaan 1**:

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / \rho_m} \quad (1)$$

Analisis kekuatan komposit banyak dilakukan dengan mengasumsikan ikatan antara serat dan matrik adalah solid tanpa adanya geseran dan dianggap deformasi serat dan matrik adalah sama. Sehingga kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan **persamaan 2**:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Regangan dapat dihitung dengan **persamaan 3**:

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3)$$

Berdasarkan kurva $\sigma - \varepsilon$ dapat dicari modulus elastisitas dengan menggunakan **persamaan 4**:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah studi eksperimental dengan melakukan pendekatan penelitian secara kualitatif. Hasil penelitian dideskripsikan dari hubungan antara komposisi matriks *polyester* dan *filler* partikel cangkang kerang simping - serat *E-glass* terhadap kekuatan tarik komposit hibrida.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan untuk sampel uji tarik yang terbuat dari kaca dengan ukuran $p \times l \times t = 16,5\text{cm} \times 14 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$, Cup plastic, Masker, Sarung Tangan,

Suntikan, Jangka sorong, Ayakan 100 mesh (0.149 mm), Pengaduk, Pipet tetes, Penumbuk batu, Blender listrik merk Panasonic, Bak air, Kuas, Mikrometer, Neraca analitik merk shimadzu, Uji Tarik merk LY-1066A dan *Scanning Electron Mycroscopy* (SEM) Merk FEI, Type: Inspect-S50. Sedangkan untuk bahannya adalah Resin polyester merk dagang yukalac 157@BQTN-EX, katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKP), Serat E-Glass, Cangkang kerang simping, Mirror glazes, Air dan Kaca untuk cetakan

Proses pembuatan partikel cangkang kerang simping yaitu Cangkang kerang simping dikumpulkan dan dibersihkan dari kotoran dengan cara direndam selama 6 jam dengan larutan sabun dan disikat. Cangkang kerang simping dijemur selama 1 sampai 2 jam. Cangkang yang sudah kering kemudian direndam dalam larutan NaOH 10% (alkalisasi) selama 2 jam. Setelah itu dibilas dengan air sampai bersih. Cangkang kerang simping ditumbuk menggunakan mortar dan alu hingga pecah, lalu dihaluskan dengan blender listrik hingga menjadi serbuk. Serbuk diayak dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan.

Sebelum komposit laminat hibrida dicetak dilakukan perhitungan massa *filler* partikel cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* dan matriks *polyester*. Perbandingan fraksi volume *filler* dan matriks 30:70 dengan variasi perbandingan fraksi volume *filler* partikel cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* 10:20, 15:15, dan 20:10.

Langkah pembuatan spesimen adalah Serat *E-Glass* dipotong dengan ukuran 10 mm. Resin, katalis, serat *E-glass* dan serbuk cangkang kerang simping diukur sesuai volume yang dibutuhkan. Ketiga bahan dicampur (resin, katalis, serbuk cangkang kerang simping) dan diaduk secara merata sehingga tidak ada gelembung atau void. Cetakan dilumasi dengan *release agent* atau *body lotion* sebagai bahan pelepasannya.

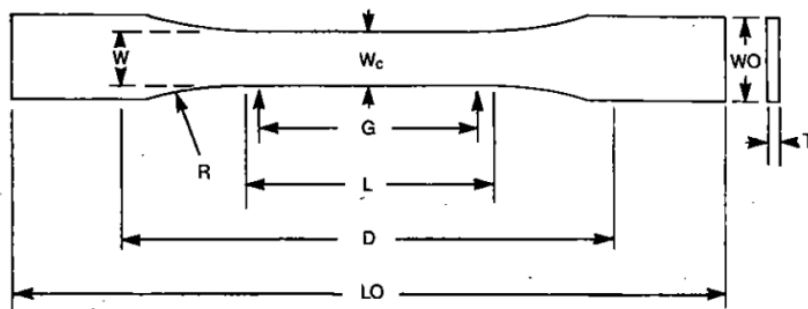
Pembuatan komposit hibrida menggunakan metode laminat atau *layer*, adonan komposit dituang ke dalam cetakan ukuran 17 cm x 2 cm dengan jumlah 13 lapis dan jumlah serat *E-Glass* dibagi menjadi 12 bagian, dimasukkan kedalam cetakan secara bergantian agar matriks dan serat bercampur secara merata . Jangan ada gelembung yang terjebak dalam adonan saat proses pengeringan karena akan menurunkan sifat mekanis. Ditunggu hingga sampel kering lalu dihaluskan dan dilakukan pengujian.

Alat yang digunakan pada pengujian tarik komposit hibrida adalah Tensile Tester. Dimensi dan bentuk sampel uji tarik komposit yang digunakan adalah berdasarkan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*) D368-02 (**Gambar 2**). Setelah papan komposit terbentuk sesuai dengan standar maka permukaan spesimen yang masih kasar dihaluskan menggunakan amplas. Semua spesimen diberi tanda dan nomor spesimen untuk membedakan masing-masing spesimen kemudian dilakukan uji tarik komposit hibrida.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian mekanis yakni kekuatan tarik komposit hibrida. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan sampel uji terhadap pembebanan tarik. Pengujian tarik pada sampel uji komposit dilakukan pada sampel uji tanpa bahan filler/penguat (0%) dan sampel uji komposit dengan variasi fraksi volum filler partikel 10%, 15%, 20% dengan orientasi partikel disusun secara acak. Pada pengujian tarik diperoleh data kekuatan tarik/tegangan.

Data hasil pengujian sampel uji komposit diurutkan dari sampel uji tanpa filler (0% fraksi volum filler), dilanjutkan dengan sampel uji dengan variasi fraksi volum filler 10%, 15%, 20%. Masing-masing jenis sampel uji terdiri dari 5 sampel uji. Kemudian diambil rata-rata dari setiap fraksi volum yang akan dijadikan perbandingan dengan rerata sampel uji tanpa bahan *filler*.

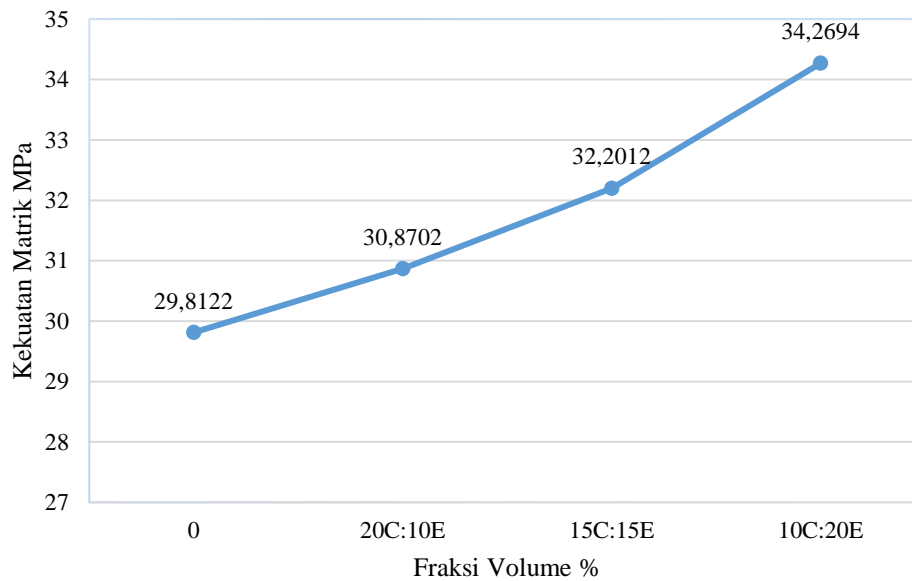


TYPES I, II, III & V

Gambar 2. Model spesiman ASTM D368-02 tipe I, II, III, dan IV (ASTM D368-02).

Tabel 1. Standar ukuran specimen pengujian kekuatan tarik (ASTM D368-02)

Dimensions	Type I
W- Width of narrow section	13
L- Length of narrow section	57
WO- Width overall, min ^G	19
LO- Length Overall, min ^H	165
G-Gage length	50
D- Distance between grips	115
R-Radius of fillet	76
RO-Outer radius	25



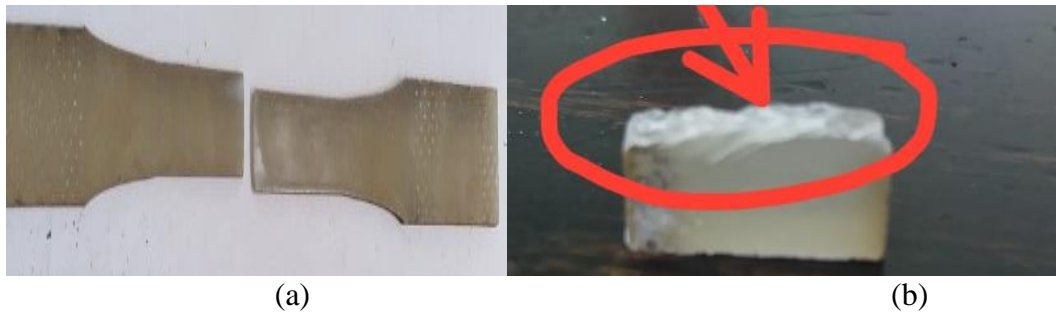
Gambar 3. Hubungan kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat

Grafik pada **gambar 3** adalah hubungan kekuatan tarik terhadap volume serat *E-Glass* yang menunjukkan adanya peningkatan setiap bertambahnya volume serat *E-Glass* dari perbandingan 0%, 10%, 15% dan 20% komposit hibrida.

Hasil pengujian komposit hibrida didapatkan tiga parameter uji yaitu kekuatan tarik, regangan tarik (*strain*) dan Modulus elastisitas. Kekuatan tarik komposit hibrida yang telah dilakukan dengan memanfaatkan serbuk cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* didapatkan nilai kekuatan tarik komposit tertinggi pada fraksi volume serat *E-Glass* dengan perbandingan 10C:20E sebesar 34,269 MPa, regangan (*strain*) sebesar 7,59 % pada fraksi volume serat dan *E-Glass* 20C:10E dan modulus elastisitas sebesar 4,93 MPa pada fraksi Volume 15C:15E. Berbeda dengan yang dilakukan oleh nayan regangan tarik fraksi volume 40% dihasilkan nilai sebesar 0,69% [14]. Jika dibandingkan dengan hasil uji resin poliester nilai kekuatan tarik yang dihasilkan lebih rendah dari hasil komposit hibrida yaitu 29,81 MPa, hal ini menunjukkan bahwa komposisi *filler* dan serat sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis dari

suatu komposit. Selain itu kekuatan tarik juga disebabkan oleh adanya ikatan (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks dan distribusi serat *E-Glass* terhadap matriks polypropylene yang merata. Kekuatan tarik komposit hibrida ini lebih tinggi jika dibanding dengan penelitian yang dilakukan oleh mufidun yang menunjukkan bahwa komposit dengan matriks poliester dan *filler* cangkang kerang simping sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 1,322 MPa pada fraksi volume partikel 40% dengan ukuran partikel 100 mesh [2]. Nilai kekuatan tarik maksimal pada fraksi volume 10C:20E sebesar 34,2694 MPa, nilai ini lebih tinggi dari persyaratan maksimal yang ditetapkan, yaitu 0,304 MPa (BSN, 2006).

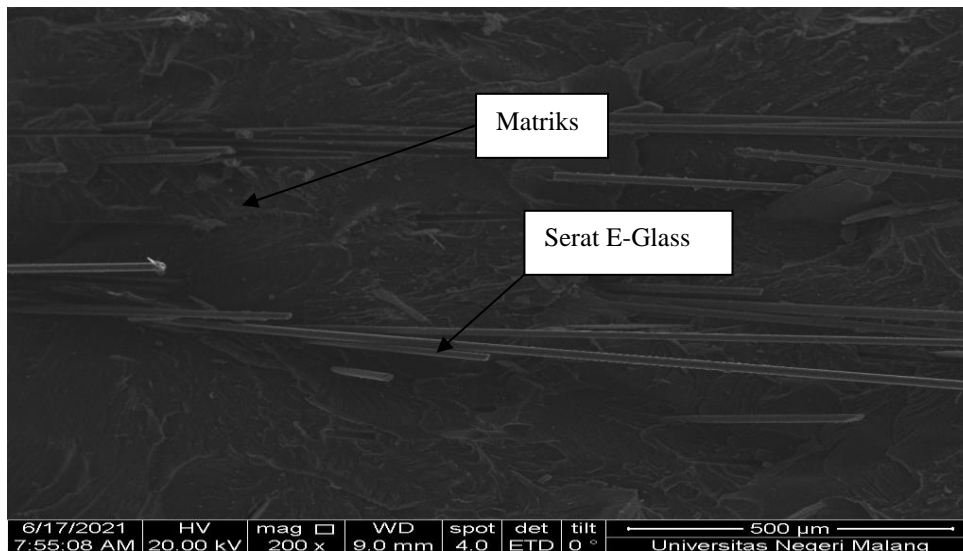
Analisis struktur patahan dengan Uji SEM bertujuan untuk mempelajari morfologi struktur ikatan antara serat dengan matriks, sehingga dapat diketahui penyebab terjadinya penurunan atau kenaikan mekanik pada komposit. Sampel yang dilakukan uji adalah bagian patahan hasil uji tarik seperti yang ditunjukkan pada **gambar 4**.



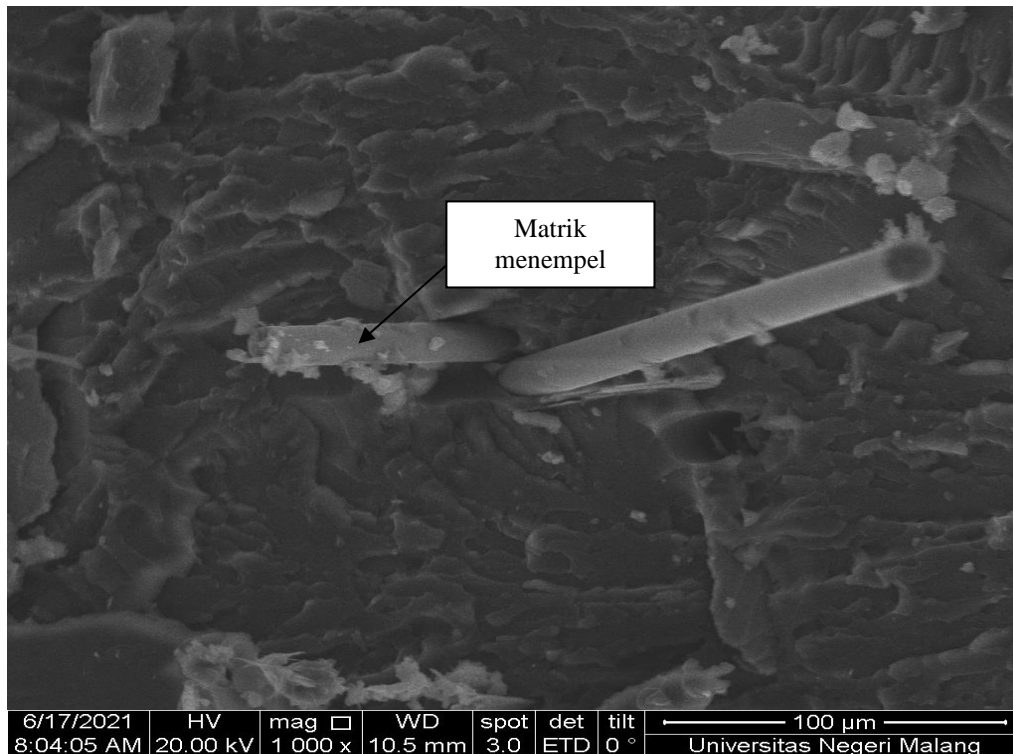
Gambar 4. Hasil uji tarik komposit (a) setelah dilakukan uji tarik, (b) permukaan patahan hasil uji tarik

Ikatan antara matrik dengan serat memiliki peran penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat fisis komposit hibrida. Menurut widodo (2008) dalam Bale (2020) Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada

komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum [15]. Semakin tinggi ikatan antar matriks dengan serat semakin tinggi pula kekuatan mekanik dan fisiknya. Berikut hasil uji SEM dengan perbesaran 200x (Gambar 5).



Gambar 5. Foto permukaan patahan komposit hibrida



Gambar 6. Bentuk patahan serat E-Glass

Foto morfologi (**Gambar 5**) berdasarkan hasil Uji SEM menggunakan perbesaran 200x skala 500 μ m menunjukkan patahan struktur makro komposit hibrida setelah dilakukan uji tarik yang terdiri dari serat *E-Glass*, matriks *polypropylene* dan serbuk cangkang. Dari hasil Uji SEM menunjukkan bahwa distribusi serat *E-Glass* tidak merata karena pada proses pencampuran serat terjadi secara tidak sempurna serta metode yang dilakukan masih manual (*hand lay up*).

Gambar 6 merupakan bentuk patahan serat E-Glass yang terlihat adanya matrik yang menempel dipermukaan serat *E-Glass* hal ini menunjukkan bahwa adanya ikatan pada matrik yang membuat kekuatan mekanik komposit hibrida menjadi tinggi. Ada faktor lain yang menyebabkan menurunnya kekuatan mekanik komposit yaitu adanya udara yang terjebak pada matrik (*mikro void*) yang disebabkan karena pada proses pembuatan komposit dilakukan secara manual dan cetakan komposit tidak vakum.

KESIMPULAN

Pembuatan komposit hibrida dengan perbandingan Komposisi volume kerang simping dan serat E-Glass 0;0, 10:20, 15:15 dan 10:20 diperoleh nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 34,269 MPa pada fraksi volume 10:20. Semakin banyak perbandingan fraksi volume serat pada komposit hibrida nilai kekuatan tarik semakin meningkat hal ini disebabkan adanya ikatan antar serat dan matrik serta distribusi serat *E-Glass* yang merata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada LP2M UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan hibah bantuan penelitian pada pada program BOPTN 2020

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Boesono, "Pengaruh lama perendaman terhadap organisme penempel dan modulus elastisitas pada kayu," *Ilmu Kelaut.*, vol. 13, no. 3, pp. 177–180, 2008.

- [2] Mufidun, Ahmad, and Ahmad Abtokhi. "Pemanfaatan Filler Serbuk Cangkang Kerang Semping (*Placuna Placenta*) Dan Matriks Poliester Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Papan Komposit," *Jurnal Neutrino*, 2016, vol 9. no.1 pp. 1-7.
- [3] S. Wipranata, B. I., & Leman, "Meningkatkan Peran seni Kriya Kerang dan siput pada sektor Industri Kreatif di Indonesia," in *Prosiding Seminar Mollusca*, 2009, pp. 15–19.
- [4] L. Li and C. Ortiz, "Pervasive nanoscale deformation twinning as a catalyst for efficient energy dissipation in a bioceramic armour," *Nat. Mater.*, vol. 13, no. 5, pp. 501–507, 2014, doi: 10.1038/nmat3920.
- [5] N. S. Jarukumjorn, Kasama, "Effect of glass fiber hybridization on properties of sisal fiber–polypropylene composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 40, no. 7, pp. 623–627, 2009.
- [6] A. Hariyanto, "Peningkatan Kekuatan Tarik Dan Impak Pada Rekayasa Dan Manufaktur Bahan Komposit Hybrid Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Kenaf Bermatrik Polyester Untuk Panel Interior Automotive," *J. Tek. Mesin*, vol. 2005, no. 6, pp. 63–71, 2015.
- [7] R. James, M., Manoj, G. K., Mathew, C., George, E. K., & Mathew, "Modification of fiber-reinforced plastic by nanofillers," *Int. J. Eng. Innov. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 234–240, 2013.
- [8] C. R. D. Swennen, "The Molluscs of The Southern Gulf of Thailand," *Thai Stud. Biodivers.*, vol. 4, pp. 141–148, 2001.
- [9] M. . Schwartz, *Composite Material Handbook*. Singapura: Mc Graw-Hill, 1984.
- [10] D. Ashby, M. F., & Cebon, "Materials selection in mechanical design," *Le J. Phys. IV*, vol. 3, no. C7, pp. C7-1-C7-9, 1993.
- [11] R. Turnip, "Penggunaan Komposit Epoksi Berpenguat Serat Kevlar Sebagai Bahan Alternatif Mengatasi Kebocoran Pipa," Universitas Indonesia, 2010.
- [12] P. Schreyer, "Direct Hot-pressing Makes Sintering of Near-net-shape Parts Quick and Easy," in *In CFI. Ceramic forum international*, 2009, vol. 86, no. 4.
- [13] A. T. E. Saputra, "Sifat Mekanik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah Bermatriks Poliester Justus 108 Menggunakan Fraksi Volume 10%, 20% Dan 30%," Universitas Sanata Dharma, 2017.
- [14] Nayan, Ahmad, and Teuku Hafli, "Analisa Stuktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang," *Malikussaleh Journal of Mechanical Science Technology*, vol. 6, no.1, pp. 15-24, 2022.
- [15] Bale, Jefri S., Yeremias M. Pell, Kristomus Boimau, and Finsensius Lelu. "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Chip Daun Gewang Dan Serat Pendek E-Glass," *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, vol. 7, no. 01. pp. 28-33, 2020.

Kusairi: Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Laminat Partikel Cangkang Kerang Simping/E-Glass dengan Matriks Poliester