

Analisis Sifat Mekanis Komposit Matriks *Polyester* dengan Penguat Cangkang Kerang Hijau

Lambang Putri Ayu Ariska, Mohammad Agus Sahlan, dan Utiya Hikmah ✉

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima:
09 September 2022
Disetujui:
28 April 2023
Dipublikasikan:
31 Juli 2023

Keywords:
Filler volume fraction, Green mussel shell, Polyester matrix, Tensile strength

ABSTRAK

Sebagai upaya pemanfaatan potensi limbah cangkang kerang hijau (*Perna Viridis L.*), cangkang kerang hijau dapat dimanfaatkan sebagai penguat (*filler*) pada komposit dengan matriks *polyester*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis sifat mekanis komposit matriks *polyester* dengan *filler* cangkang kerang hijau. Pada penelitian ini digunakan beberapa bahan matriks berupa Resin *Polyester* dan *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKP) yang berfungsi sebagai katalis. Sampel yang telah dibuat selanjutnya dilakukan karakterisasi uji tarik menggunakan mesin *Universal Tensile Machine* (UTM). Pengujian tarik terhadap komposit ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik matriks polimer dengan penguat cangkang kerang hijau. Penelitian ini menggunakan cangkang kerang hijau berukuran 100 mesh, kemudian variasi fraksi volume *filler* yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi fraksi volume *filler* 10% dengan nilai sebesar 18,49 MPa.

ABSTRACT

As an effort to utilize the potential of green shell waste (Perna Viridis L.), green mussel shells can be used as reinforcement in composites with a polyester matrix. The purpose of this study was to analyze the mechanical properties of the polyester composite matrix with green mussel shell filler. In this study, several matrix materials such as Polyester Resin and Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKP) were used as catalysts. The sample that has been made will then be characterized by a tensile test using a Universal Tensile Machine (UTM) machine. Tensile testing of this composite was carried out to determine the strength of the polymer matrix with green mussel shell reinforcement. This study used green shell particles with a size of 100 mesh, then variations in the volume fraction of the filler used were 0%, 10%, 20% and 30%. The hand lay up method used in the manufacture of this composite material. The data obtained from the research with the highest tensile strength value is found in the 10% filler volume fraction variation with a value of 18.49 MPa.

✉ Alamat korespondensi:
Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
E-mail: utiyahikmah@fis.uin-malang.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu fisika khususnya di bidang material memicu peneliti untuk melakukan berbagai penelitian terhadap ilmu material yang ramah lingkungan. Sejalan dengan perkembangan teknologi material komposit dengan penguat serat alam mempunyai potensi yang sangat baik karena bisa menekan biaya produksi dan kemudahan proses fabrikasi. Serat alam selain ramah lingkungan dan mudah dibudidayakan, serat alam juga memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, misal dalam penerapan material komposit polimer yang akan dilakukan (Akova, 2013). Selain itu banyak perusahaan dunia mengurangi pemakaian produk berbasis minyak bumi kemudian memandang material komposit yang diperkuat serat alam bisa menggantikan *petroleum based product*. Cangkang kerang hijau (*Perna viridis L.*) yang telah berbentuk serbuk juga digolongkan partikel bahan alam yang sangat potensial jika dimanfaatkan untuk bahan filler pada komposit.

Penelitian mengenai material komposit polimer telah banyak dilakukan dengan menggunakan serat alam yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat fisisnya. Pemanfaatan bahan yang ada di lingkungan dapat sebagai penguat, seperti cangkang kerang. Bahan ini awalnya adalah limbah laut yang jumlahnya melimpah di pesisir. Material komposit memiliki perekat yang biasa disebut dengan matriks, misalnya yaitu resin *epoxy* dan *polyester*. Selain itu terdapat katalis atau hardener yang terkandung dalam komposit yang berfungsi untuk mempersingkat waktu pengerasan pada komposit. Pencampuran atau penyatuan resin dan katalis dilakukan pada wadah yang kemudian terjadi proses pengerasan atau polimerisasi. Material komposit banyak dimanfaatkan karena mempunyai banyak kelebihan diantaranya tidak terkorosi dan mempunyai ketahanan terhadap degradasi lingkungan, mempunyai ketahanan *fatigue* tinggi, mempunyai sifat *tailoring* dan mempunyai kekuatan spesifik dan kekakuan yang lebih tinggi. Aplikasi dari komposit tersebut sebagai bahan dasar papan komposit pada kapal. Bahan dengan daya tahan yang baik dan tahan dari korosi maka dipilih resin *polyester*. (Raya, 2019).

Indonesia merupakan negara maritim, sehingga Indonesia sebagai negara yang mempunyai potensi besar penghasil hewan laut contohnya kerang, ikan, udang, dan lain sebagainya. komoditi laut favorit yaitu kerang, namun masyarakat pada umumnya memanfaatkan kerang hanya terbatas pada daging pada kerang yang dikonsumsi. Sebagaian besar warga menggemari kerang hijau. Kerang hijau digolongkan komoditas sumberdaya dalam perairan dengan potensi yang sangat tinggi di wilayah Indonesia. (Sutaman, 2016). Dalam kawasan indo-pasifik kerang hijau tersebar sangat luas. Dalam pengamatan pada Bulan April sampai Mei, Agustus dan November, kerang hijau mencapai puncak pemijahan di Indonesia (Cappenberg, 2008). Kerang hijau dapat dibudidayakan dengan biaya yang rendah bisa dipanen setelah berumur 6-7 bulan. Dalam per hektarnya bisa memanen 200-300 kerang utuh dan tiap tahunnya menghasilkan 60-100 ton daging kerang (Siregar, 2009). Sisanya yaitu cangkang kerang yang biasanya digunakan masyarakat sebagai kerajinan atau kesenian dekoratif. Bisa juga cangkang kerang dijadikan campuran makanan ternak hewan untuk memenuhi kadar kalsium hewan ternak. (Nadjib, 2008).

Kabupaten Gresik diamati sebagai daerah produksi yang membudidayakan kerang hijau terbanyak di wilayah yang mencapai berat $\pm 3.036,3$ ton yang tercatat pada tahun 2010 (Noegroho, 2013). Sejalan dengan meningkatnya konsumsi masyarakat Indonesia terhadap hewan laut, tentunya akan menghasilkan limbah dari hewan laut tersebut seperti cangkang kerang. Kebanyakan masyarakat hanya membuang limbah cangkang kerang hijau tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut akan menyebabkan gangguan keseimbangan pada lingkungan. jadi dapat menyebabkan lingkungan tidak berfungsi sebagaimana semestinya dalam hal kesehatan lingkungan, kesejahteraan pada masyarakat dan keselamatan hayati (Kusuma, 2012).

Habitat dari kerang hijau diamati yaitu pada perairan estuari yang subur dengan kedalaman diperkirakan kurang lebih 20 meter, dengan suhu berkisar antara 26° – 32° C, dan salinitas dalam

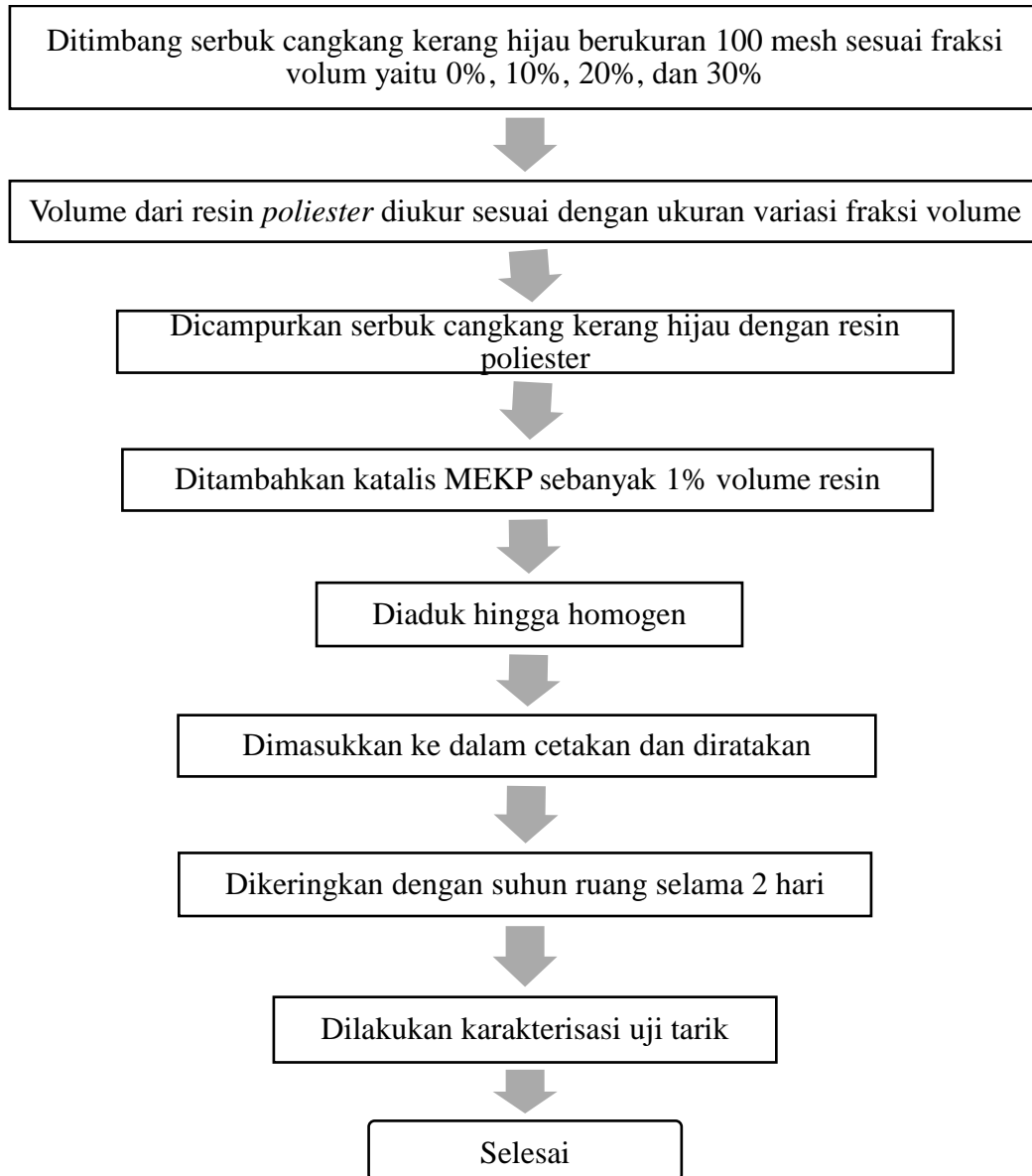
rentang antara 27-35 per mil. Kerang hijau dapat hidup dengan baik dalam lingkungan yang tepat misalnya di muara sungai dan hutan bakau. Lingkungan tersebut terdapat campuran pasir dan perairan dengan dasarnya berlumpur serta cahaya matahari dan pergerakan airnya tercukupi serta tidak terlalu tinggi kandungan garamnya.

Kerang hijau biasa disebut binatang lunak (*mollusca*) yang cangkangnya bewarna hijau dan termasuk kelas *pelecypoda*, jadi mempunyai bivalvia atau disebut sepasang cangkang katup (Kimball, 1983). Cangkang pada kerang hijau terkandung dilamnya yaitu kalsium fosfat, kalsium karbonat, Ca_3S , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, serta kalsium aktif (Gregoire, 1972). Kalsium fosfat bisa dijadikan kristal serta membentuk hidroksiapatit yang dapat di implantasikan karena memiliki sifat bioaktif serta osteokanduktif yang berguna pada mineralisasi tulang (Sugandi dkk., 2014). Analisis mengacu *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* didapatkan hasil bahwa terdapat kandungan unsur pada cangkang kerang hijau diantaranya kandungan Ca sebanyak 99,5%, Sc sebanyak 0,24%, dan Sr sebanyak 0,47% (Siriprom dkk., 2012). Cangkang kerang hijau berpotensi digunakan untuk penguat atau *filler* pada komposit polimer dengan matriks resin *polyester* karena kandungan CaCO_3 yang cukup besar. Dapat membentuk daerah antar muka yang lebih baik jika kita memanfaatkan cangkang kerang hijau karena dapat meningkatkan kekuatan mekanik (James dkk., 2013).

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini menggunakan cangkang kerang hijau sebagai *filler*. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membuat komposit dengan matriks *polyester* dan cangkang kerang hijau sebagai *filler*. Selanjutnya sampel dilakukan uji karakterisasi sifat mekanis berupa uji tarik menggunakan *Universal Tensile Machine* (UTM).

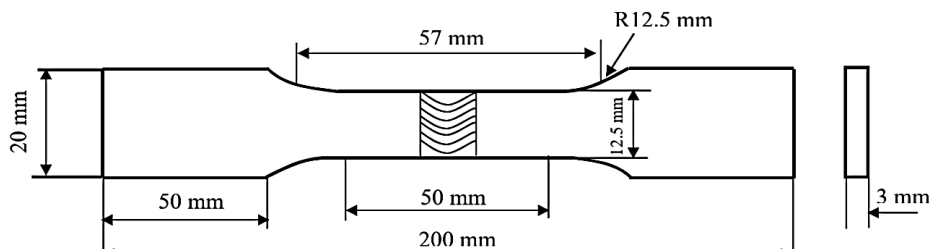
METODE

Bahan yang digunakan adalah resin polyester *yukalac 157@BQTN-EX*, *methyl ethyl keton peroxide* (MEKP) sebagai katalis, dan cangkang kerang hijau dengan ukuran 100 mesh sebagai *filler*. Serbuk cangkang kerang hijau ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai variasi fraksi volume dan dicampurkan dengan resin *polyester* yang telah diukur volumenya. Ditambahkan katalis *methyl ethyl keton peroxide* (MEKP) sebanyak 1% dari volume resin menggunakan pipet dan kemudian diaduk dengan pengaduk sampai homogen (Nurmaulita, 2010). Sebelum adonan dituangkan ke dalam cetakan ASTM D638-14, sebaiknya cetakan dilapisi wax agar permukaannya licin dan tidak ada resin yang menempel. Adonan dituang ke dalam cetakan kemudian diratakan dan dipastikan tidak ada gelembung yang terjebak didalamnya. Proses pembuatan komposit tersebut dilakukan berulang-ulang sesuai dengan banyaknya variasi fraksi volume diinginkan. Komposit dikeringkan dengan suhu ruang dalam waktu 2 hari. Sampel di uji tarik dengan mesin uji tarik (LY-1066A *Tensile Tester*). Tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* metodologi penelitian

Penelitian ini untuk menguji kekuatan tarik pada sampel komposit dengan menggunakan standart ASTM (American Standart Testing Material) D638-14 pada Gambar 2 (Nurmaulita, 2010).



Gambar 2. Sketsa benda uji tarik sesuai dengan ASTM E8 (Widodo & Iman, 2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

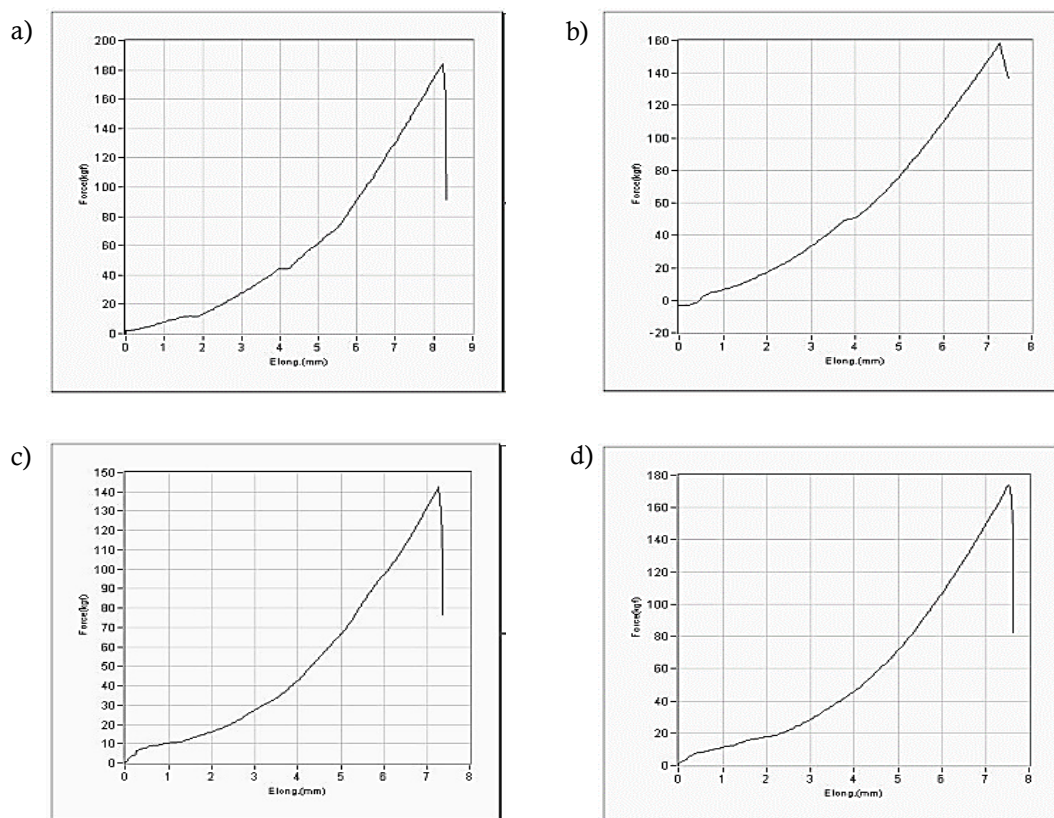
Sampel komposit cangkang kerang hijau dengan matriks polymer yang telah berhasil dibuat dapat dilihat pada Gambar 3. Selanjutnya sampel dilakukan uji tarik dengan pemberian pembebanan (*force*) dalam upaya memperoleh data berupa kekuatan, regangan, dan modulus elastisitas dari sampel komposit. Pengujian tarik pada sampel uji komposit dilakukan pada uji sampel tanpa bahan *filler* (fraksi volume *filler* partikel 0%) dan uji sampel komposit variasi fraksi volum *filler* 10%, 20% dan 30% dengan penyusunan partikel secara acak.



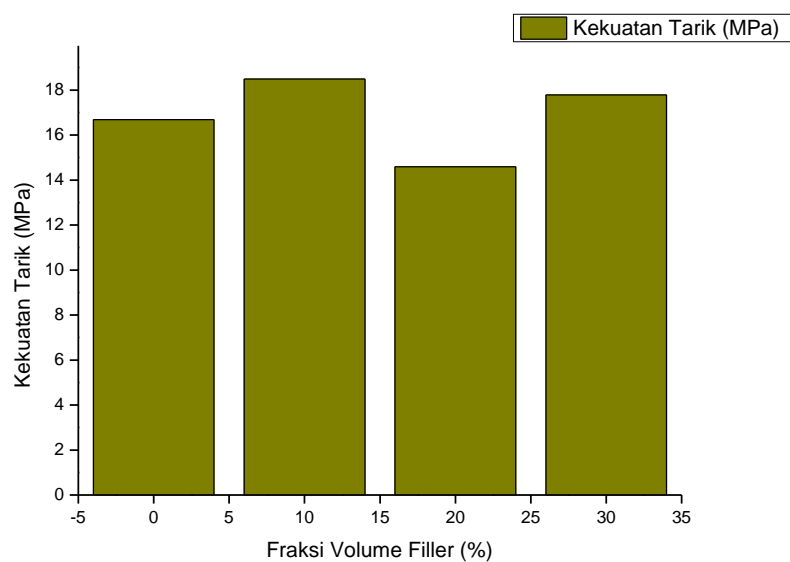
Gambar 3. Spesimen uji komposit dengan filler filler a) 0%, b) 10%, c) 20%, dan d) 30%

Pada hasil uji tarik diperoleh data *tensile test* dari setiap variasi fraksi volume *filler* yang dapat dilihat pada Gambar 4. Elongation (regangan) dan waktu (yang dibutuhkan sampel sampai batas maksimum menerima tegangan) dapat diperoleh dari analisis pada Gambar 4. Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menarik material hingga putus. Jika nilai kekuatan tarik pada suatu material semakin besar maka gaya yang dibutuhkan unruk menarik suatu material tersebut semakin besar pula. Dari data yang diperoleh, didapatkan *range force* yang dapat diterima oleh sampel adalah 140-180 Kgf, dengan tegangan tertinggi sebesar 180 Kgf yaitu pada sampel variasi fraksi volume filler 0%. Untuk waktu rata-rata yang dibutuhkan hingga sampel putus yaitu 4,5 s pada semua variasi sampel, kecuali untuk variasi sampel 0% dibutuhkan waktu 5,5 s hingga sampel putus. Sedangkan untuk regangan pada sampel komposit lebih kecil dibandingkan dengan sampel tanpa filler.

Perubahan nilai kekuatan tarik disebabkan oleh perubahan banyaknya *filler* pada fraksi volume *filler* 10% memiliki kekuatan tarik sebesar 18,489 MPa, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan pada fraksi volume *filler* 20% dianalisis sebagai kekuatan tarik terendah yaitu sebesar 14,594 MPa. Nilai kekuatan tarik pada sampel uji komposit dengan fraksi volum *filler* 20% lebih rendah daripada sampel uji dengan fraksi volume *filler* 0% (resin murni). Persebaran partikel serbuk cangkang kerang hijau mempengaruhi nilai kekuatan Tarik (Nurhafid, 2017). Dengan kata lain, persebaran serbuk cangkang hijau fraksi volum *filler* 10% lebih merata dibandingkan dengan fraksi volume *filler* 20%. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik pada sampel yaitu adanya gelembung udara (void). Gelembung udara (void) bisa menyebabkan volume resin berkurang dan beban tidak akan tersalurkan secara maksimum ke seluruh permukaan material komposit. Hal tersebut menjadikan tidak menyatunya antar partikel dan matriks dalam sampel. Hal tersebut menjadikan tidak maksimalnya fungsi partikel sebagai pengisi dalam material.

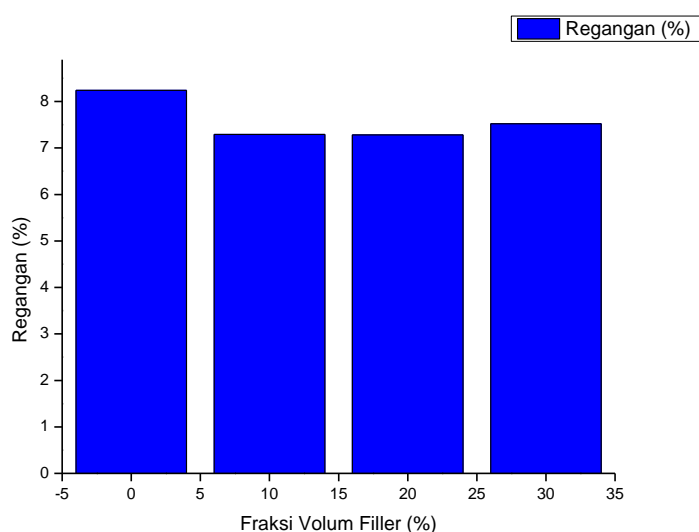


Gambar 4. Grafik *Tensile Test* pengujian tarik komposit dengan variasi fraksi volume filler a) 0%, b) 10%, c) 20%, dan d) 30%

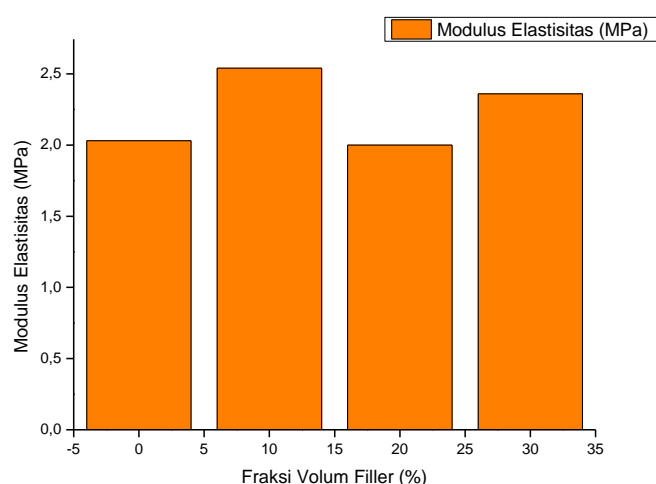


Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai regangan terhadap Variasi Fraksi Volum *Filler* Serbuk Cagkang Kerang Hijau

Berdasarkan Gambar 6 nilai regangan tertinggi yaitu pada fraksi volume *filler* 0% (resin murni) sebesar 8,24%. Nilai regangan mengalami penurunan pada sampel uji dengan fraksi volume *filler* 10% dengan nilai regangan 7,287%. Kenaikan pada sampel uji dengan fraksi volume *filler* 20% dan 30%, yakni masing-masing sebesar 7,279% dan 7,521%. Secara keseluruhan, nilai rengangan sampel uji resin murni lebih besar daripada sampel uji komposit dengan cangkang kerang hijau. Hal ini dikarenakan sifat resin murni yang fleksibel. Dibandingkan dengan sifat cangkang kerang hijau yang keras dan getas, akibatnya sifat dari resin yang fleksibel semakin menurun setelah penambahan fraksi volume *filler* sehingga menjadi getas (Nayiroh & Kusairi, 2021). Dari hasil uji tarik dapat dihitung modulus elastisitas dari sampel. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh modulus elastisitas sebagaimana pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik hubungan nilai regangan terhadap variasi fraksi volum *filler* serbuk cangkang kerang hijau



Gambar 7. Grafik hubungan nilai modulus elastisitas terhadap variasi fraksi volum *filler* serbuk cangkang kerang hijau

Meninjau pada Gambar 7 sampel uji komposit dengan fraksi volume *filler* 10% memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 2,54 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah yaitu sampel uji komposit dengan fraksi volume *filler* 20% yakni sebesar 2 MPa. Nilai modulus elastisitas menurun dikarenakan rendahnya persebaran matriks karena jumlah filler meningkat pada sampel komposit serta persebaran *filler* yang kurang merata. Nilai modulus elastisitas pada fraksi volume *filler* 10% menunjukkan bahwa persebaran *filler* yang lebih merata pada sampel komposit.



Gambar 8. Bentuk patahan pada sampel uji Tarik dengan fraksi volume filler a) 0%, b) 10%, c) 20%, dan d) 30%

Berdasarkan Gambar 8. menunjukkan patahan dari fraksi volume 30% di mana sampel mengalami patah getas. Ciri dari patah getas adalah permukaan patahan pada sampel terlihat mengkilap dan rata, tidak disertai dengan deformasi plastis, dan penyerapan energi yang sedikit.

SIMPULAN

Nilai kuat tarik pada komposit cangkang kerang hijau dengan matriks polymer didapatkan nilai berkisar antara 14,59-18,49 MPa. Dimana kekuatan tarik paling tinggi pada spesimen dengan fraksi volum *filler* 10% dan 30% fraksi volum filler; yaitu 18,49 MPa dan 17,78 MPa. Meningkatnya nilai kekuatan tarik dikarenakan adanya penambahan jumlah *filler* yang semakin besar dan ruang matriks yang semakin rendah serta pesebaran antar partikel filler. Untuk nilai regangan diperoleh pada kisaran antara 7,28-8,24 % dimana regangan tertinggi terdapat ada spesimen dengan fraksi volum filler 0% yaitu 8,24%. Nilai regangan sampel uji resin murni lebih besar disebabkan karena sifat resin murni yang fleksibel. Dan untuk modulus elastisitas diperoleh pada kisaran antara 2-2,54 MPa. Dimana nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu 2,54 MPa yang terdapat pada fraksi volume filler 10%. Besar nilai modulus elastisitas bisa disebabkan oleh persebaran *filler* dan peningkatan komposisi *filler*.

REFERENSI

- Akova, E. (2013). Development of Natural Fiber Reinforced Polymer Composite. *Transfer Inovacii*, 25/201.
- Cappenberg, H. (2008). Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Oseana*, 33(1), 33-40.
- Grégoire, C. (1972). Structure of the molluscan shell. *In Chemical Zoology*, eds. M. Florkin and B.T. Sheer, vol. 7, Mollusca, 45–102. New York: Academic Press.
- James, M., George, M., Mathew, C., George K. E., & Mathew, R. (2013). Modificatio of Fiber-Reinforced Plastic by Nanofillers. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 3(4), 234-240.

- Kimball, J. (1983). *Biologi Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Kusuma, E. (2012). *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block*. Skripsi. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Nadjib, M. (2008). Pemanfaatan Kerang sebagai Bahan Penyusun pada Pembuat Lem Kaca. Diakses dari <https://berkalahayati.org/index.php/jurnal/article/download/363/278/>.
- Nayiroh, N., & Kusairi. (2021). Studi Pengaruh Variasi Fraksi Volume Filler Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polimer (PMC) Berpenguat Cangkang Kerang Hijau (Perna Viridis L. *Wahana Fisika*, 5(6), 48-58.
- Noegroho, A. (2013). *Profil kelautan dan perikanan provinsi jawa timur untuk mendukung industrialisasi*. Jakarta: Pusat Data, Statistik dan Informasi.
- Nurhafid, A., Jokosisworo, S., & Budiarto, U. (2017). Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Alumunium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding. *Jurnal Teknik perkapalan*, 2(5), 473-481.
- Nurmaulita. (2010). *Studi Analisis Karakteristik Polyester dan Serat Sabut Kelapa (SSK) sebagai Komposit untuk Produk Fiberboards*. Tesis. Sumatra Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Raya, J. S. (2019). *Citing internet Source*. Diakses dari https://www.justus.co.id/?category/2/yukalac_unsaturated_polyster_resin/22/en.
- Siregar, S. (2009). *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoxy terhadap Karakteristik Beton Polimer*. Tesis. Sumatra Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Sugandi, Siregar, H. A., & Darsini, E. (2014). Pemanfaatan Cangkang Kerang Hijau (Perna viridis L.) sebagai Bone Substitute Berporogen Selulosa Nata de coco. Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Siriprom, W., Chumnanvej, N., Choeysuppaket, A., & Limsuwan, P. (2012). A Biomonitoting Study: Trace Metal Elements in Perna Viridis Shell. *Journal of Procedia Engineering*, 32, 1123-1126.
- Sutaman, M. (2016). Strategi Pengembangan Budidaya Kerang Hijau (Pernaviridis) dengan Metode Floating Box. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif*, 353-357.
- Widodo, A., & Ilman, M. N. (2022). Pengaruh Frekuensi Getaran terhadap Sifat Fisis dan Mekanik pada Sambungan LAS MIG Aluminium Paduan AA 6061-T6. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(1), 171-178.