

## Studi Pengaruh Variasi Fraksi Volum *Filler* Terhadap Sifat Mekanik Komposit Matriks Polimer (PMC) Berpenguat Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*)

Nurun Nayiroh<sup>1\*</sup>, Kusairi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Jl. Gajayana No.50 Malang 65144, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Jl. Gajayana No.50 Malang 65144, Indonesia

\* Corresponding author. Email: [nurun@fis.uin-malang.ac.id](mailto:nurun@fis.uin-malang.ac.id) (Nurun Nayiroh)

### ABSTRAK

Komposit matriks polimer telah dibuat dengan berpenguat partikel cangkang kerang hijau (*Perna Viridis L.*) sebagai upaya pemanfaatan potensi limbah kerang hijau untuk bahan *filler* komposit polimer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volum *filler* partikel cangkang kerang hijau terhadap sifat mekanik Komposit Matriks Polimer. Sifat mekanik yang diujikan adalah kekuatan tarik dan kekuatan impak bahan Komposit Matriks Polimer. Bahan matriks yang digunakan pada penelitian ini adalah polyester Yucalak157@BQTN-EX dengan katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* dan bahan *filler* berupa partikel cangkang kerang hijau ukuran 100 mesh dengan variasi fraksi volum *filler* 10%, 20%, 30% dan 40%. Metode pembuatan komposit ini adalah menggunakan metode *hand lay up*. Hasil penelitian ini, diperoleh nilai kekuatan tarik antara 32,81-39,77 MPa di mana kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan fraksi volum *filler* 40% dan terendah pada spesimen dengan fraksi volum *filler* 10%; dan kekuatan impak (keuletan) antara 0,190-0,317 J/mm<sup>2</sup> di mana nilai harga impak tertinggi terdapat pada sampel uji dengan fraksi volum *filler* 10% dan terendah pada spesimen dengan fraksi volum *filler* 40%. Peningkatan nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh penambahan komposisi

*filler* yang semakin besar. Sebaliknya keuletan/harga impak menurun seiring bertambahnya *filler* yang diberikan. Berdasarkan pengamatan mikrostruktur, semakin besar komposisi *filler* yang ditambahkan pada matriks dapat mengurangi ukuran void yang terbentuk pada komposit yang telah dibuat, dapat diartikan persebaran *filler* semakin merata.

**Kata Kunci** : Cangkang kerang hijau (*Perna Viridis L.*); fraksi volum *filler* ; kekuatan mekanik; komposit matriks polimer.

### ABSTRACT

A polymer matrix composite has been made to strengthen green mussel shell particles (*Perna Viridis L.*) as an effort to utilize the potential of green mussel waste for polymer composite filler material. The purpose of this study was to determine the effect of the volume fraction of the green mussel shell particles on the mechanical properties of polymer matrix composites. The mechanical properties tested are the tensile strength and impact strength of the Polymer Matrix Composite material. The matrix material used in this research is polyester Yucalak157 @ BQTN-EX with Methyl Ethyl Keton Peroxide as catalyst and filler material in the form of 100 mesh green mussel shell particles with a variation of the filler volume fraction of 10%, 20%, 30% and 40%. This composite manufacturing method is to use the hand lay up method. The results of this study, obtained tensile strength values between 32.81-39.77 MPa where the highest tensile strength was found in specimens with a filler volume fraction of 40% and the lowest in specimens with a filler volume fraction of 10%; and impact strength (ductility) between 0.190-0.317 J / mm<sup>2</sup> where the highest impact value was found in the test sample with a filler volume fraction of 10% and the lowest was in the specimen with a filler volume fraction of 40%. The increase in tensile strength value is influenced by the addition of a larger filler composition. On the other hand, the durability / impact price decreases with the increase in filler given. Based on microstructural observations, the greater the filler composition added to the matrix can reduce the size of the voids formed in the composites that have been made, it can be interpreted that the distribution of fillers is more evenly distributed.

**Keywords** : Green clam shells (*Perna Viridis L.*); filler volume fraction; mechanical strength; polymer matrix composites.

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi saat ini memicu peneliti untuk melakukan terobosan baru di bidang ilmu material yang ramah lingkungan (*green technology material science*). Selain itu juga untuk mengurangi pemakaian produk berbasis minyak bumi (*petroleum based product*) sehingga banyak perusahaan dunia yang memandang material komposit yang diperkuat serat alam mempunyai potensi sangat baik untuk menggantikan *petroleum based product* [1]. Serat alam dapat dikategorikan sebagai serat yang ramah lingkungan, murah, mudah dibudidayakan, serta memiliki kekuatan mekanik yang tinggi [2]. Serbuk cangkang kerang hijau (*perna viridis*.) termasuk partikel bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan filler pada komposit polimer.

Material komposit polimer mempunyai matriks yang disebut resin *epoxy* dan *polyester* yang di dalamnya juga terdapat kandungan katalis atau hardener sebagai pengeras bahan untuk mempercepat proses pengerasan pada pembuatan komposit. Resin dan katalis dicampur dalam satu wadah dan terjadi proses pengerasan atau polimerisasi. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan leleh (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis

(*modulus young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi [3]. Dalam penelitian ini, pembuatan komposit dimaksudkan untuk pembuatan bahan dasar papan komposit kapal, dimana resin polyester dipilih karena memiliki sifat daya tahan yang bagus dan tahan terhadap korosi. selain itu, hampir 75% resin ini digunakan dalam bidang perkapalan [4].

Telah banyak dilakukan penelitian komposit polimer untuk meningkatkan kualitas polimer antara lain dengan menggunakan serat atau pengisi alam dengan mencampurkannya dalam polyester guna meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Bahan-bahan yang ada di lingkungan sekitar bisa dimanfaatkan sebagai bahan penguat dari komposit polimer seperti cangkang kerang yang merupakan limbah laut yang jumlahnya melimpah di daerah pesisir. Dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang selain kita mampu mengurangi limbah di lingkungan, kita juga mampu mengurangi biaya operasional dan mendapatkan nilai tambah tersendiri. Mufidun telah melakukan penelitian komposit dengan matriks poliester dan *filler* cangkang kerang simping sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit. Dalam penelitian tersebut diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar

0.1705-1.462 MPa dan kekuatan lentur sebesar 39.4-132.8 MPa, selain itu juga dapat dilakukan penghematan komposisi matriks resin polyester hingga 40% w/w dengan komposisi filler lebih banyak jika dibandingkan dengan serbuk kalsit alam [5]. Perbedaan pada penelitian ini adalah bahan filler yang digunakan adalah cangkang kerang hijau dengan ukuran partikel 100 mesh.

Kerang hijau (*perna viridis*) merupakan binatang lunak (*molusca*) yang hidup dilaut terutama pada daerah litoral, memiliki sepasang cangkang (*bivalvia*) berwarna hijau agak kebiruan, insang berlapis-lapis dan berkaki kapak serta memiliki benang *byssus*. kerang hijau adalah “*suspension feeder*”, dapat berpindah-pindah tempat dengan menggunakan kaki dan benang *byssus*, hidup dengan baik diperairan dengan kisaran kedalaman kurang dari 10 m, dengan toleransi terhadap perubahan salinitas antara 27-35 per mil. Di perairan indonesia kerang hijau dapat ditemukan pada perairan pesisir, daerah mangrove dan muara sungai [6].

Kerang merupakan alat pelindung diri yang terdiri atas lapisan karbonat, dipisahkan oleh lapisan tipis protein di antara cangkang dan bagian tubuh (otot dan daging) [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Xu dan Zang menyebutkan bahwa periostrakum kerang hijau memiliki tiga lapisan, dimana lapisan dalam dan luar terdiri dari

protein, sedangkan lapisan tengah merupakan mineral  $\text{CaCO}_3$ . Kandungan mineral utama dalam cangkang kerang hijau sebagian besar adalah  $\text{CaCO}_3$  dan sebagian kecil  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  [8]. Berdasarkan analisis menggunakan EDXRF (*Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*) diperoleh hasil bahwa kandungan yang terdapat pada cangkang kerang hijau yaitu Ca 99,5%, Sc 0,24% dan Sr 0,47% [9].

Kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang cukup besar pada cangkang kerang hijau maka berpotensi untuk dijadikan bahan *filler* pada komposit polimer dengan matriks *polyester*. Pemanfaatan bahan alam cangkang kerang hijau diharapkan dapat membentuk daerah *interface* (antar muka) yang lebih baik dari kalsit alam sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanis dari suatu bahan komposit [10]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan fraksi volum *filler* sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap sifat mekanis bahan komposit matriks polimer.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Alat dan Bahan

Bahan matriks komposit yang digunakan pada penelitian ini adalah resin poliester merek dagang yukalac 157@BQTN-EX dengan katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKP). Sedangkan bahan *fillernya* adalah partikel cangkang kerang hijau yang

diperoleh dari daerah pantai di desa Mulyorejo, kecamatan Panceng, Gresik, Jawa Timur. Dan bahan untuk merendam cangkang adalah larutan NaOH 10%.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan untuk sampel uji tarik yang terbuat dari kaca dengan ukuran  $p \times l \times t = 16,5\text{cm} \times 14\text{ cm} \times 0,5\text{ cm}$  dan untuk uji impak dengan ukuran  $p \times l \times t = 70\text{cm} \times 70\text{cm} \times 10\text{cm}$ ; timbangan digital; gelas *beaker* 500 ml; gelas ukur 100 ml dan 10 ml; *mortar* dan *paste*; ayakan *screen* 100 mesh; spatula atau skrap; sarung tangan; gerinda; suntikan; pengaduk; oven; mesin uji tarik (LY- 1066A *Tensile Tester*); mesin uji impak; dan mikroskop optik digital untuk analisis struktur mikro pada daerah kegagalan uji.

## 2.2. Preparasi Sampel

Proses preparasi sampel dimulai dengan pencucian cangkang kerang hijau terlebih dahulu dari kotoran menggunakan air, kemudian direndam dalam larutan alkali NaOH 10% selama 4 jam [11]. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan bercak-bercak kotoran dan lapisan tipis yang masih menempel pada cangkang kerang. setelah perendaman selesai, cangkang kerang kemudian dicuci dengan aquades untuk menetralkan cangkang dari larutan NaOH. selanjutnya cangkang kerang dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam dan dikeringkan menggunakan oven pada

suhu 100°C selama 10 menit untuk mereduksi kandungan air dalam cangkang. Cangkang kerang 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.

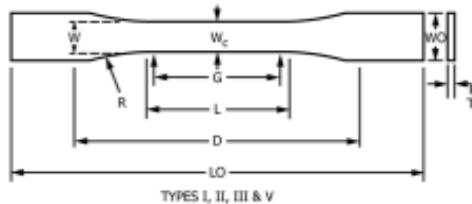
## 2.3. Pembuatan Komposit

Komposit dibuat dengan menggunakan metode *hand lay up*. Variasi fraksi volum *filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah 10%, 20%, 30% dan 40%. Resin poliester diukur volumenya menggunakan gelas ukur sesuai dengan ukuran variasi volum yang digunakan. Serbuk cangkang kerang hijau yang sudah ditimbang sesuai dengan variasi fraksi volum dimasukkan ke dalam resin poliester. ditambahkan katalis MEKP sebanyak 1% volume resin menggunakan pipet volume ukuran 1 ml dan diaduk menggunakan pengaduk logam hingga homogen [12]. Kemudian adonan dimasukkan ke dalam cetakan dan diratakan agar gelembung yang terjebak dapat dihilangkan. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis.

## 2.4. Pengujian Sifat Mekanik

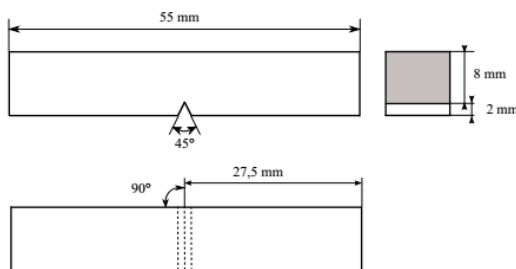
Pengujian sifat mekanis yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kekuatan tarik dan kekuatan impak (keuletan) pada sampel komposit. Pengujian kekuatan tarik

komposit mengacu pada standar ASTM (*American Standard Testing and Material*) D638-14 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [13].



Gambar 1. Sketsa spesimen benda uji tarik menurut ASTM D638-14.

Pengujian impak menggunakan alat mesin uji impak Charpy manual dengan dimensi spesiman mengacu pada standar astm E23-07a [14]. Analisa mikrostruktur menggunakan alat mikroskop optik digital dengan perbesaran 500 kali untuk mengetahui persebaran *filler* pada komposit.



Gambar 2. Sketsa spesimen uji impak berdasarkan ASTM E23-07a.

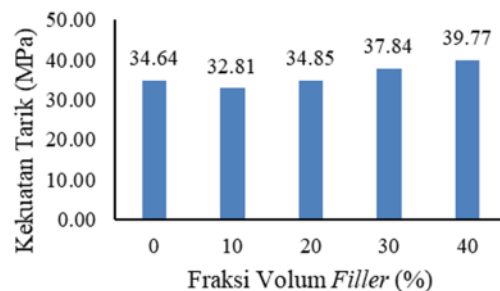
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian mekanik pada suatu material dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik material saat dikenai pembebanan. pengujian mekanik pada penelitian ini dilakukan dua jenis

pengujian, yaitu uji kekuatan tarik untuk mengetahui tegangan, regangan dan modulus elastisitas komposit dan uji kekuatan impak untuk mengetahui keuletan komposit.

#### 3.1 Pengujian Kekuatan Tarik

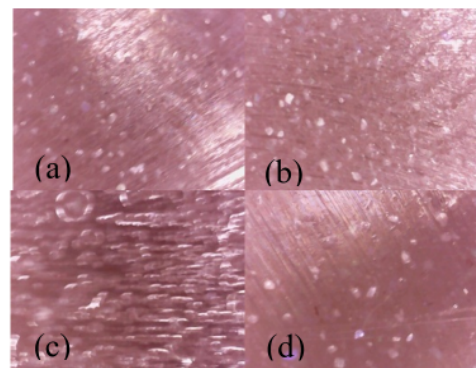
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan sampel uji terhadap pembebanan tarik. Pengujian tarik pada sampel uji komposit dilakukan pada sampel uji tanpa bahan *filler* dan sampel uji komposit dengan variasi fraksi volum filler partikel 10%, 20%, 30% dan 40% dengan orientasi partikel disusun secara acak. Pada pengujian tarik diperoleh data beban/gaya tarik, kekuatan tarik/tegangan, regangan dan elongasi/pertambahan panjang. Dari data tersebut dapat dihitung nilai modulus elastisitas dari masing-masing sampel uji komposit dari setiap variasi fraksi volum *filler*.



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai Kekuatan Tarik Komposit terhadap Variasi Fraksi Volum *Filler* Serbuk Cagkang Kerang Hijau.

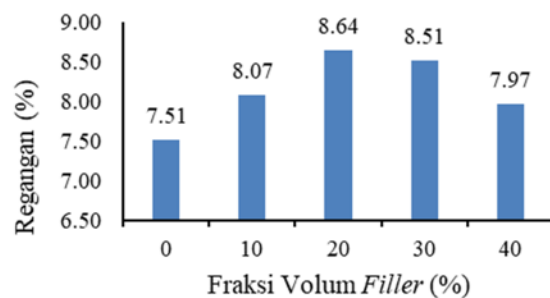
Gambar 3 menunjukkan bahwa secara umum peningkatan nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh penambahan komposisi *filler* di mana kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sampel uji dengan fraksi volum filler 40% sebesar 39,774 MPa. Peningkatan kekuatan tarik tersebut disebabkan oleh persebaran dan jarak antar partikel serbuk cangkang kerang hijau pada komposit semakin dekat akibat penambahan komposisi *filler* pada sampel komposit sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4 (d). Kekuatan tarik terendah terdapat pada sampel uji komposit dengan fraksi volum *filler* 10% yaitu sebesar 32,810 MPa. Nilai kekuatan tarik pada sampel uji dengan fraksi volum 10% lebih rendah dari pada sampel uji dengan fraksi volum 0% (resin murni). Hal ini disebabkan adanya *void* pada sampel uji seperti yang terlihat pada Gambar 4 (a), di mana terdapat daerah gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang lebih besar yang terjebak saat proses pembuatan sampel uji. Keberadaan *void* ini sangat mempengaruhi sifat mekanik dari suatu material menjadi lebih rendah.

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai regangan mengalami peningkatan pada sampel uji dengan fraksi volum 10% dan 20%, yakni masing-masing sebesar 8,07% dan 8,64%. Kemudian mengalami penurunan pada sampel uji dengan fraksi volum 30% dan 40% yakni masing-masing sebesar 8,51% dan 7,97%.



Gambar 4. Hasil Pengujian Mikrostruktur Sampel Komposit dengan Variasi Fraksi Volum *Filler* (a) 10%, (b) 20%, (c) 30%, dan (d) 40%.

Namun secara keseluruhan, nilai regangan sampel uji komposit lebih besar dari sampel uji resin murni (tanpa *filler*). Penurunan nilai regangan dipengaruhi oleh penambahan komposisi serbuk cangkang kerang hijau. Hal ini disebabkan sifat *filler* yang sangat getas dan sulit untuk menghantarkan beban pada matriks sehingga memungkinkan untuk mengalami deformasi sebelum daerah plastis.



Gambar 5. Hubungan nilai regangan terhadap variasi fraksi volum *filler* serbuk cangkang kerang hijau.

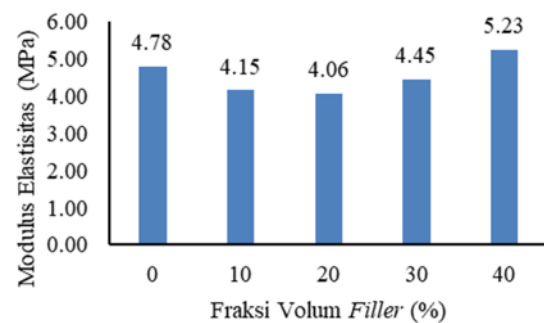
Gambar 6 menunjukkan bentuk patahan dari sampel uji 40% di mana mengalami patah getas yang memiliki ciri pada patahannya tidak terdapat *cup* dan *cone*. Pada patah getas tidak terjadi adanya *necking* sehingga spesimen langsung patah jika diberi beban melebihi *yield strenght*-nya. Sedangkan pada sampel uji dengan fraksi volum *filler* 10% dan 20% mengalami peningkatan nilai regangan dikarenakan perpatahan matriks terjadi lebih dahulu dan setelah itu *filler* baru bekerja untuk menahan pembebanan hingga mengalami kegagalan.



Gambar 6. Bentuk patahan pada sampel uji tarik dengan fraksi volum *filler* 40%.

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas mengalami penurunan secara berturut-turut pada fraksi volum filler 20%, 10% dan 30% masing-masing sebesar 4,06 MPa; 4,15 MPa; dan 4,45 MPa dan mengalami kenaikan pada fraksi volum filler 40% sebesar 5,23 MPa. Penurunan nilai modulus elastisitas disebabkan keberadaan daerah persebaran matriks yang rendah akibat peningkatan komposisi *filler*. Gambar 5 menunjukkan nilai regangan tertinggi

pada sampel dengan fraksi volum *filler* 20% dan terendah pada sampel 0% *filler*, yang mana sangat berpengaruh pada nilai modulus elastisitas. Sedangkan peningkatan nilai modulus pada fraksi volum *filler* 40% disebabkan oleh persebaran *filler* yang lebih merata pada matriks.



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

### 3.2. Pengujian Impak

Pengujian Impak dilakukan untuk mengetahui sifat keuletan maupun kegetasan dari suatu sampel uji. Pengujian dilakukan pada sampel uji tanpa bahan filler dan sampel uji dengan variasi fraksi volum filler 10%, 20%, 30% dan 40%. Dari pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai sudut  $\alpha$  dan  $\beta$  yang kemudian di hitung untuk memperoleh nilai Tenaga Patah dan Harga Impak (Keuletan) yang dimiliki oleh masing-masing sampel uji. Metode yang digunakan dalam pengujian Impak ini adalah metode Charpy.



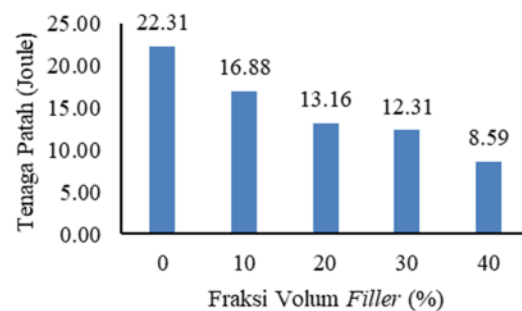
Tabel 1. Data hasil pengujian impak dan dimensi pada sampel uji dengan fraksi volum filler serbuk cangkang kerang hijau.

No.	Fraksi Volum Filler (%)	Sudut $\alpha$ Sampel Uji			Sudut $\beta$ Sampel Uji			Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) Sampel Uji		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		1	0	10	10	10	6	6	6	66,4
2	10	10	10	10	8	7	6	54,9	50,3	55,6
3	20	10	10	10	8	8	6	46,5	44,5	48,3
4	30	10	10	10	8	8	7	43,8	43,4	54,3
5	40	10	10	10	8	8	8	46,2	48,2	41,7

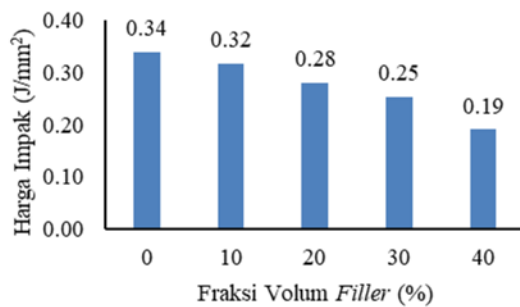
Berdasarkan data pada Tabel 1, selanjutnya akan dihitung nilai tenaga dan nilai Harga Impak (Keuletan). Gambar 8 menunjukkan bahwa secara umum tenaga patah sampel uji dengan filler memiliki nilai lebih kecil dari pada sampel uji tanpa bahan filler (sampel resin murni), di mana nilai rata-rata tenaga patah yang dimiliki sampel uji resin adalah 22,308 J, jauh lebih besar dari pada nilai rata-rata yang dimiliki sampel uji dengan fraksi volum filler 40% yaitu 8,593 J. Kemudian nilai rata-rata tenaga patah pada fraksi volum 10%, 20% dan 30% masing-masing adalah 16,885 J; 13,165 J dan 12,313 J. Komposisi filler pada sampel uji sangat berpengaruh pada nilai tenaga patah, dimana semakin besar komposisi filler pada sampel uji maka nilai tenaga patahnya semakin kecil.

Harga keuletan spesimen menunjukkan adanya penurunan ketika fraksi volum filler ditambahkan (lihat Gambar 9). Harga keuletan pada sampel

uji dengan fraksi volum filler 10% adalah 0,317 J/mm<sup>2</sup>, 20% adalah 0,280 J/mm<sup>2</sup>, 30% adalah 0,253J/mm<sup>2</sup>, dan 40% adalah 0,190 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk sampel uji resin memiliki harga keuletan tertinggi yaitu 0,340 J/mm<sup>2</sup>. Dengan demikian, harga keuletan bahan pada sampel tanpa filler (resin murni) merupakan sampel uji yang memiliki harga keuletan terbaik dibandingkan dengan sampel uji lain yang diberi tambahan filler.



Gambar 8. Hubungan nilai tegangan patah terhadap variasi fraksi volum filler serbuk cangkang kerang hijau



Gambar 9. Hubungan nilai harga impact/keuletan terhadap variasi fraksi volum *filler* serbuk cangkang kerang hijau.

Dari hasil pengujian impact dan pengolahan data yang dilakukan, ditemukan bahwa dengan penambahan fraksi volum *filler* pada sampel uji dengan matriks resin poliester tidak memiliki pengaruh yang signifikan dalam memperkuat bahan komposit. Dari data mengenai uji impact di atas juga dapat diasumsikan bahwa dengan bertambahnya variasi fraksi volum *filler* pada komposit dapat menyebabkan penurunan nilai tenaga patah dan nilai harga keuletan bahan seperti yang terlihat pada Gambar 8, di mana permukaan patahannya adalah mengkilap yang merupakan ciri dari sampel uji impact yang memiliki bentuk patahan getas (tidak ulet). Penambahan komposisi filler serbuk cangkang kerang hijau menyebabkan sampel uji pada komposisi semakin getas (*brittel*) karena dalam serbuk cangkang kerang hijau terdapat  $\text{CaCO}_3$  yang memiliki sifat getas.

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan tentang sifat mekanis Komposit Matriks Polimer berpenguat serbuk cangkang kerang hijau, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekuatan tarik diperoleh pada kisaran antara 32,81-39,77 MPa di mana kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan fraksi volum *filler* 40% dan terendah pada sampel uji 10% fraksi volum *filler*; dan kekuatan impact (keuletan) antara 0,190-0,317 J/mm<sup>2</sup> di mana nilai harga impact tertinggi terdapat pada sampel uji dengan fraksi volum *filler* 10% dan terendah pada 40% fraksi volum *filler*. Peningkatan nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh penambahan komposisi *filler* yang juga semakin besar. Sebaliknya keuletan/harga impact menurun seiring bertambahnya *filler* yang diberikan. Berdasarkan pengamatan mikrostruktur, semakin besar komposisi *filler* yang ditambahkan pada matriks dapat mengurangi ukuran *void* yang terbentuk pada komposit yang telah dibuat, dapat diartikan persebaran *filler* semakin merata.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

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

membantu dalam proses penelitian sehingga penelitian ini dapat dilaporkan dan dipublikasikan dengan baik.

## 6. Referensi

1. Omar, F., Andrzej K., H.P. Fink, M. Sain. (2013). *Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composite. Macromolecular Materials and Engineering*.
2. Akova E., *Development of Natural Fiber Reinforced Polymer Composite*, Transfer inovácií, pp. 25/201, 2013.
3. Sirait, D. H. (23 Juli 2019). *Citing Internet sources* URL <http://dedyhariantowordpress.com>.
4. Justus Sakti Raya (25 Juli 2019), *Citing Internet sources* URL <https://www.justus.co.id/?category/2/yukalac-unsaturated-polyster-resin/22/en>,
5. Mufidun, A., Abtokhi, A. (2016). Pemanfaatan Filler Serbuk Cangkang Kerang Simping (*Placuna Placenta*) Dan Matriks Poliester Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Papan Komposi. *Jurnal Neutrino*, 9(1):1-7.
6. Cappenberg, H.A.W. (2008). Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau Perna viridis Linnaeus 1758. *Jurnal Oseana*, 23(1): 33 – 40.
7. Setyono, D.E.D. (2006). Karakteristik Biologi dan Produk Kekekangan Laut, *Jurnal Oseana*, 21(1): 1 – 7.
8. Sinardi, Soewondo, P., Notodarmojo, S. (2013). Pembuatan, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Hijau (*Mytilus Virdis Linneaus*) Sebagai Koagulan Penjernih Air. *Konferensi Nasional Teknik Sipil* 7, 33 – 38.
9. Siriprom, W., Chumnanvej, N., Choeysupaket, A., Limsuwan, P. (2012). A Biomonitoting Study: Trace Metal Elements in Perna Viridis Shell. *Journal of Procedia Engineering*, 32: 1123 - 1126.
10. James, Martin, dkk. (2013). Modification of Fiber-Reinforced Plastic by Nanofillers. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 3(4): 234-240.
11. Saputra, Ariel T.E. (2017). Sifat Mekanik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah Bermatriks Poliester Justus 108 Menggunakan Fraksi Volume 10%, 20%, 30%. Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma.
12. Nurmaulita. (2010). Studi Analisis Karakteristik Polyester dan Serat Sabut Kelapa (SSK) Sebagai Komposit Untuk Produk Fiberboards. Skripsi, Jurusan teknik Mesin, USU.
13. Annual Hand Book ASTM D-638-14. (2002). *Standard Test for Tensile Propertis of Plastics*. Philadelphia, PA: American Society for Testing ang Material.
14. Annual Hand Book ASTM E23-07a. (2002). *Standard Test for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials 1*. Philadelphia, PA: American Society for Testing ang Material.