



Pengaruh Kandungan Partikel Cangkang Kerang Darah Dan Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Bending Dan Impak Komposit Bermatrik Epoxy

Effect of Anadara granosa Shell Particle Content and Pineapple Leaf Fiber on the Bending Strength and Impact of Epoxy Matrix Composites

S. Sugiman^{1*}, P. D. Setyawan², A. Noval³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahitno.62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

E-mail: mmirmanto@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:
Received
Accepted
Available online

Keywords:
Epoxy
Anadara Granosa
Ananas Comosus
Bending
Impact

Composites are an alternative to produce materials with better mechanical properties than other materials. Epoxy thermosets belong to a group of polymers that can be used as adhesive coating materials, and as a matrix (binder) in composite materials. To increase the strength properties, fillers are added. The purpose of this study was to determine the effect of filler volume fraction on the mechanical properties of bending and impact by using pineapple leaf fibers and sea shells as fillers. The materials for this research were filler for clam shells and pineapple leaf fibers with epoxy resin and epoxy hardener matrices. The heavy fraction of filler used (0%, 5% and 10%) while the heavy fraction of fiber (40% and 50%) is in the composite. The tests carried out are bending tests referring to ASTM D790 and impact ASTM D256. Parameters measured were bending strength, modulus of elasticity, and impact strength. The results showed that the lowest bending strength value was 101.5230 MPa for the fiber weight fraction of 40% and 0% filler, and the highest bending strength value was 149.4394MPa for the 50% fiber weight fraction and 0% filler. The lowest modulus of elasticity was 3332.1 Mpa for the 40% fiber weight fraction with 0% filler and the highest elastic modulus value was 7377 Mpa for the 50% fiber weight fraction and 0% filler. The lowest impact strength value was in the 40% fiber weight fraction with 0% filler of 0.014 J/mm², and the highest impact strength value was in the 50% fiber weight fraction and 0% filler of 0.043 J/mm².



1. PENDAHULUAN

Prinsip ramah lingkungan berupa *recycle*, *reuse*, dan *reduce*, belakangan marak dilakukan di berbagai negara di dunia. Pemanfaatan bahan ramah lingkungan yang melimpah di alam mulai dilirik industri untuk menghasilkan produk bermutu dengan modal lebih terjangkau. Oleh karena itu, perkembangan ilmu material sekarang ini banyak melakukan studi mengenai pemanfaatan bahan yang berasal dari alam. Produk material dengan bahan alami mempunyai sifat mekanik tidak sebaik bahan konvensional, namun demikian penggunaan bahan alami yang murah, mudah didapat, melimpah di alam, dan ramah lingkungan dalam dunia industri lebih diminati karena mempunyai nilai ekonomis untuk jangka panjang.

Penggunaan bahan alami yang banyak digunakan berupa serat alam sebenarnya telah cukup lama dikenal dan berkembang, terutama dalam bidang automotif. Material serat alam ini diperkenalkan Henry Ford pada tahun 1930-an dengan memanfaatkan *hemp fiber* untuk memperkuat *soy resin* untuk *body panels* pada bagian eksterior mobil (Holbery & Houston, 2006). Sejak saat itu banyak penelitian material komposit yang dilakukan dengan memanfaatkan polimer sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat. Berdasarkan laporan Jitendra et al., penambahan jumlah serat yang sesuai dapat meningkatkan properti mekanik material. Kemudian, penambahan *filler* berukuran nano diharapkan juga dapat meningkatkan sifat-sifat mekaniknya.

Dalam penelitian ini matriks yang digunakan adalah *epoxy* resin mempunyai kekuatan dan kekakuannya relatif lebih besar dibandingkan dengan polimer jenis lainnya. Selain itu *epoxy* resin mempunyai penyusutan yang kecil dibandingkan dengan polimer yang lain. Namun pada keadaan padatnya *epoxy* resin biasanya bersifat *brittle* dan tidak resistan terhadap keretakan namun jika dikombinasikan dengan nanopartikel, maka sifat mekanisnya menjadi lebih baik.

Bahan penguat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat alam yang berasal dari daun nanas. Penggunaan serat nanas merupakan salah satu perwujudan gerakan *go green* berupa *reduce*. Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) merupakan salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu *ananas cosmosus*, termasuk dalam *family bromeliaceae*, pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Di Indonesia tanaman tersebut sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau Jawa dan Sumatera yang antara lain terdapat di daerah Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang, yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi (Hidayat, 2008).

Penelitian Rahman, (2010) mengenai pengaruh fraksi volume serat terhadap peningkatan kekuatan impact komposit berpenguat serat nanas (*Bromeliaceae*), kontinyu searah dengan *matrik unsaturated polyester* adalah bahwa saat fraksi volume serat meningkat, kekuatan tumbukan meningkat secara linier. Kekuatan impact material komposit dengan kadar serat masing-masing 34,44% dan 39,85% sama yaitu 0,0046 J/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa fraksi volume kekuatan impact komposit yang optimal adalah sekitar 35%.

Kerang darah ataupun yang memiliki nama latin *Anadara granosa* ialah jenis kerang yang populer di Indonesia Kandungan kalsium hidroksida terdapat pada dekomposisi cangkang pada berbagai temperatur, meskipun kekuatannya kecil akibat reaksi kalsium oksida dengan uap air di udara membentuk kalsium hidroksida. Pada temperatur 900-1100°C mempunyai puncak yaitu 20, 18,2°, 18,1° dan 18,0° yang merupakan puncak kalsium silikat. Hal ini dikarenakan selain kalsium karbonat, silikat merupakan salah satu komponen cangkang kerang darah. Menurut Setyaningrum (2009) dalam Vitalis (2016) kulit kerang adalah bahan mineral hewan laut yang mempunyai kandungan kimia karbonat tinggi.

Berdasarkan uraian diatas diatas akan menjadi dasar untuk mencoba membuat material rekayasa dengan pengkombinasian antara resin *epoxy* dengan serbuk cangkang kerang darah dan serat daun nanas sebagai penguat dengan tujuan untuk menghasilkan komposit dengan sifat mekanik yang lebih tinggi dengan *cost* yang lebih rendah. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kekuatan sifat bending dan impact yang kuat.

Untuk menghindari permasalahan yang meluas maka dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan matrik komposit yang digunakan yaitu resin epoxy.
2. Fraksi volume serat daun nanas adalah 40 dan 50 (%) dan serbuk kerang darah 0,5,10,15 (%)
3. Pengujian yang dilakukan yaitu bending dan impact.
4. Serat yang digunakan serat panjang searah.
5. Serbuk cangkang kerang darah berukuran 200 mesh.

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pengaruh kandungan *filler* serbuk cangkang kerang darah terhadap kekuatan *bending* dan impact komposit serat daun nanas bermatrik *epoxy*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang komposit serat daun nanas telah dilakukan beberapa peneliti seperti sebagai berikut. Sudiarsa (2018) meneliti tentang pengaruh fraksi berat serat daun nanas terhadap kekuatan tarik dan fleksibilitas komposit polyester menunjukkan bahwa adanya hubungan antara kekuatan tarik komposit dengan fraksi berat serat yang variatif, dimana kekuatan tarik tertinggi ditunjukkan pada fraksi berat serat 20% dengan nilai 24,870 Mpa.

Hasil penelitian Pranandita, dkk (2022) secara eksperimental pada kekuatan mekanik daun nanas hutan, menunjukkan bahwa perlakuan NaOH 5% mempengaruhi kekuatan tarik daun nanas hutan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai uji tarik serat daun nanas yang diberi perlakuan NaOH 5% selama 2 jam adalah 84,4 MPa, dan nilai modulus elastisitas sebesar 17933 Mpa, nilai kekuatan impak sebesar 163.2 kJ/m² merupakan nilai yang paling optimum pada penelitian ini.

Halimatuddahlia, dkk (2015) melakukan penelitian pengaruh komposisi kulit kerang darah terhadap kekuatan tarik pada komposisi 30%, nilai kekuatan tarik mencapai 5,50 MPa dan kemudian nilai kekuatan tarik komposit mulai menurun pada komposisi pengisi sebesar 40% dan 50%, seperti pada komposisi 50% dengan ukuran 80 mesh, nilai kekuatan tarik menurun hingga mencapai 1,31 MPa, hal ini disebabkan karena ketika komposisi pengisi telah melewati suatu titik optimum, partikel pengisi akan mengalami aglomerasi membentuk suatu partikel yang lebih besar dan tidak merata sehingga menurunkan kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik komposit *epoxy* juga cenderung mengalami peningkatan seiring dengan menurunnya ukuran partikel. Nilai kekuatan tarik yang terbesar terdapat pada komposit dengan ukuran pengisi 200 mesh pada komposisi pengisi 10% sampai 30%, hingga mencapai nilai 5,50MPa pada ukuran 200 mesh dan komposisi 30%. Semakin kecil ukuran partikel akan lebih memudahkan penyebaran partikel pengisi sehingga interaksi fisik antara pengisi dan matriks menjadi lebih bagus dan mengakibatkan efek penguatan yang diberikan oleh pengisi dapat lebih merata sehingga dapat meningkatkan sifat kekuatan tarik komposit. Namun ukuran partikel pengisi yang terlalu kecil juga mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kekuatan tarik komposit, seperti pada ukuran 230 dan 260 mesh. Pada komposisi pengisi 40% dan 50%, kekuatan tarik dari komposit *epoxy* mengalami fluktuasi seiring dengan menurunnya ukuran partikel.

2.1. Komposit

Diharjo dkk, (1999) mengemukakan bahwa kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri yang diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti: kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan pengisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

2.2. Unsur penyusun komposit

1. Serat

Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan kompositkomposit partikel (*Particulate Composites*). Banyak jenis serat, baik serat alam maupun serat sintetik. Serat alam yang utama adalah kapas, wol, sutra dan rami (*hemp*). Sedangkan seratsintetik adalah rayon, polyester, akril, dan nilon. Masih banyak serat lainnya dibuat untuk memenuhi keperluan, sedangkan yang disebut di atas adalah jenis yang paling banyak dikenal. Secara garis besar dapat disebutkan bahwa serat alam adalah kelompok serat yang dihasilkan dari tumbuhan, binatang dan mineral. Penggunaan serat alam di industri tekstil dan kertas secara luas tersedia dalam bentukserat sutera, kapas, kapuk, rami kasar (*flax*), goni, rami halus dan serat daun. Komposit dengan penguat serat (*fibrous composite*) sangat efektif, karena bahan dalam bentuk serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding bahan yang sama dalam bentuk padat (*bulk*). Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, kadang-kadang dalam orde mikron. Ukuran yang kecil tersebut menghilangkan cacat-cacat dan ketidaksempurnaan kristal yang biasa terdapat pada bahan berbentuk padatan besar, sehingga serat menyerupai kristal tunggal yang tanpa cacat, dengan demikian kekuatannya sangat besar.

2. Matriks

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. *Polymer* (plastik) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas. *Polyester*, *vinilester* dan *epoxy* adalah bahan-bahan *polymer* yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks.

2.3 Uji Bending

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan (lihat Gambar 2.9). Akibat pengujian bending, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi terhadap tegangan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat pengujian bending, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima.

Kekuatan bending suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I}$$

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot L$$

Keterangan :

σ = Kekuatan bending (Mpa)

M = Momen (N.mm)

I = Inersia (mm^4)

c = Jarak dari sumbu netral ke serat spesimen (mm)

L = Jarak antar tumpuan specimen (mm)

Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*), maka tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan :

σ = Kekuatan bending (Mpa)

P = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

b = Lebar batang uji (mm)

d = Tebal batang uji (mm)

2.4 Uji Bending

Ada dua cara pangujian yang dapat digunakan yaitu metode charpy dan metode Izod, batang uji dijepit pada satu ujungnya sehingga takikan berada didekat penjepitnya. Bandul yang diayunkan dari ketinggian tertentu akan memukul ujung yang lain dari arah takikan. Pada metode charpy, batang uji diletakkan mendatar dari ujung-ujungnya ditahan pada arah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul berayun akan memukul batang uji tepat diarah takikan. Untuk pengujian ini digunakan sebuah mesin dimana suatu batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi berat. Batang uji diletakkan dibagian bawah mesin dan takikan tepat berada pada bidang lintasan pemukul.

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu

$$\text{Energi yang diserap (Joule)} = E_p - E_m$$

$$= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2$$

$$= m \cdot g (h_1 - h_2)$$

$$= m \cdot g (\lambda(1 - \cos \alpha) - \lambda (\cos \beta - \cos \alpha))$$

$$= m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

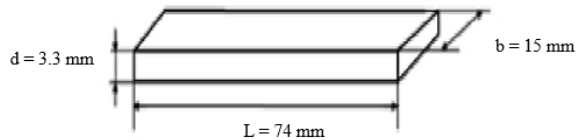
$$\text{Energi yang diserap} = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Keterangan:

- Ep = Energi Potensial
- Em = Energi mekanik
- m = Massa Pendulam (Kg)
- g = Gravitasi 9,81 m/s
- h₁ = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)
- h₂ = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)
- λ = Jarak lengan pengayun (m)
- cos α = Sudut posisi awal pendulum
- cos β = Sudut posisi awal pendulum

2.5 Standar Spesiemn Uji Bending

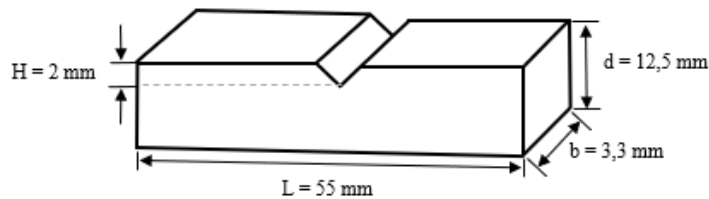
Bentuk spesimen pengujian kekuatan bending yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar uji ASTM D 790 dengan dimensi (74x15x3.3) mm. Bisa dilihat pada gambar 1 disamping.



Gambar 1. Spesimen uji bending ASTM D790

2.6 Standar Spesiemn Uji Impak

Bentuk spesimen pengujian kekuatan bending yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar uji ASTM D 790 dengan dimensi (55x3.3x12.5) mm. Bisa dilihat pada gambar 2 disamping.



Gambar 2. Spesimen uji impak ASTM D256

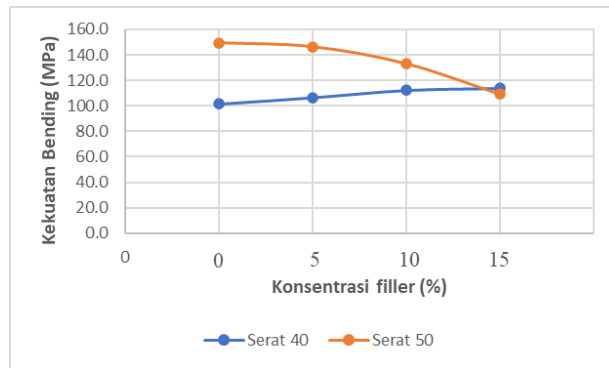
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Bending

Hasil penelitian yang akan ditampilkan pertama adalah hasil nilai kekuatan bending yang dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil kekuatan bending

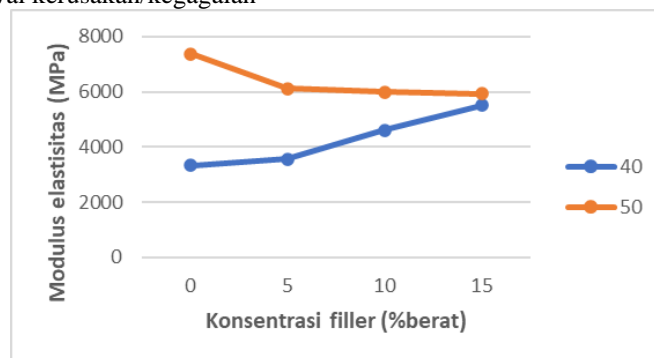
Fraksi volume serat (%)	Kekuatan Bending (MPa)			
	Fraksi volume <i>filler</i>			
	0%	5%	10%	15%
40%	101.5230	106.589	112.4401	113.9558
50%	149.4394	146.3854	133.0293	109.0546



Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan bending dengan variasi fraksi volume serat dan *filler*

Dari gambar 3 terlihat bahwa secara umum kekuatan bending pada fraksi volume 40% serat mengalami kenaikan seiring meningkatnya *filler*. Nilai kekuatan bending tertinggi pada *filler* 15 % sebesar 113.9558 Mpa dan nilai kekuatan terendah tanpa *filler* sebesar 101.5230 MPa. Pada serat 40% nilai kekuatan meningkat seiring meningkatnya *filler* cangkang kerang darah hal ini sesuai dengan pernyataan Wu et al (2002) yang menyatakan bahwa penambahan pengisi dapat meningkatkan kekuatan mekanik komposit dikarenakan adanya interaksi antara matriks dengan pengisi, interaksi ini mengakibatkan perpindahan stres yang lebih baik antara serat dengan matriks. Selain itu penambahan *filler* kerang dara dapat meningkatkan kekuatan spesimen dikarenakan komposisi dominan dari kulit kerang yaitu magnesium oksida (MgO) dan kalsium oksida (CaO) hal ini sesuai dengan pernyataan Deya'a et al (2011) penggunaan magnesium oksida dapat meningkatkan kekuatan mekanik dari komposit *epoxy*.

Pada fraksi serat 50% nilai kekuatan bending cenderung menurun seiring meningkatnya *filler* cangkang kerang darah hal ini disebabkan oleh jumlah serat dan *filler* yang banyak mengakibatkan matrik tidak dapat mengikat dengan baik sehingga mengalami penurunan kekuatan dikarenakan ketika komposisi pengisi telah melewati suatu titik optimum, partikel pengisi akan mengalami aglomerasi membentuk suatu partikel yang lebih besar dan tidak merata sehingga menurunkan kekuatan komposit. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rong et al (2015) bahwa aglomerasi partikel dapat menurunkan kekuatan mekanik apabila penambahan pengisi yang terlalu banyak dikarenakan penurunan interaksi pengisi dengan matriks yang disebabkan oleh efek aglomerasi partikel pengisi yang menyebabkan awal kerusakan/kegagalan



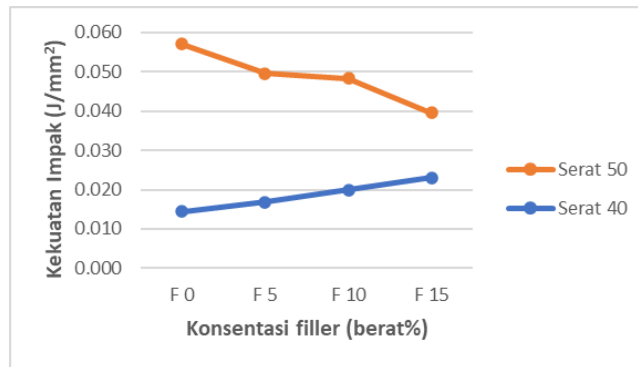
Gambar 4. Grafik modulus elastisitas bending

Dari Gambar 4 terlihat bahwa secara umum modulus elastisitas uji bending pada nilai modulus elastisitas spesimen serat daun nanas dan *filler* serbuk kerang kerang darah semakin meningkat seiring bertambahnya *filler* pada fraksi volume serat 40% dan pada fraksi volume serat 50% nilai modulus elastisitas menurun hal ini dikarenakan ketika komposisi pengisi telah melewati suatu titik optimum, *filler* akan mengalami aglomerasi membentuk suatu partikel yang lebih besar dan tidak merata sehingga menurunkan kekuatan komposit. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rong et al (2015) bahwa aglomerasi partikel dapat menurunkan kekuatan mekanik apabila penambahan *filler* yang terlalu banyak, hal ini dikarenakan penurunan interaksi pengisi dengan matriks yang disebabkan oleh efek aglomerasi partikel pengisi yang menyebabkan awal kerusakan/kegagalan. Secara umum modulus elastis komposit dengan kandungan serat 50% lebih tinggi dibanding kandungan serat 40%, yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volum serat memberikan peningkatan modulus elastis yang signifikan.

3.2 Hasil Uji Impak

Uji impak dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanik seperti ketangguhan (energi patahan) spesimen.

Fraksi volume serat (%)	Kekuatan impak (J/mm ²)			
	Fraksi volume filler (%)			
	0%	5%	10%	15%
40%	0.014	0.0168	0.0199	0.0230
50%	0.043	0.033	0.028	0.016

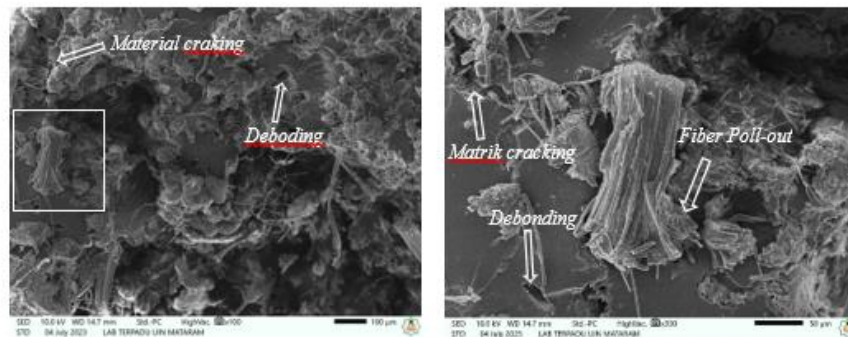


Gambar 5. Grafik kekuatan impak

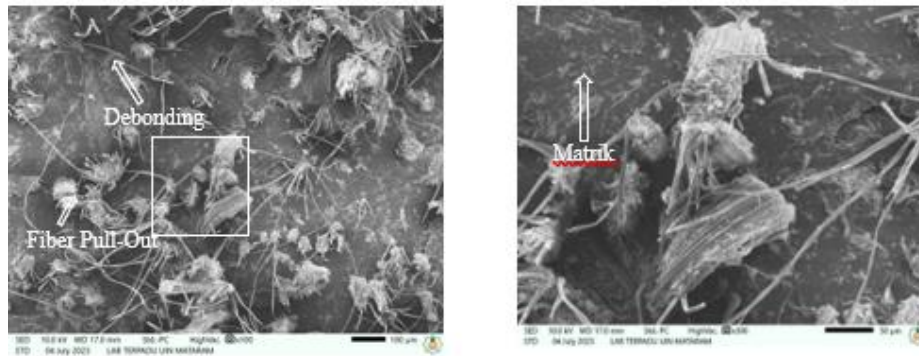
Dari Gambar 5 terlihat bahwa secara umum kekuatan impak pada fraksi volume serat 40% yang ditambahkan filler cenderung naik dengan bertambahnya fraksi volume *filler* nya. Nilai kekuatan tertinggi pada *filler* 15% sebesar 0.0230 J/mm², nilai kekuatan terendah pada tanpa filler. Penurunan kekuatan impak setelah penambahan fraksi volume serat 50% semakin besar kandungan *filler* semakin besar pula penurunan kekuatan impak. Penurunan terbesar terjadi pada fraksi volume *filler* 15% sebesar 0.016 J/mm², untuk nilai tertinggi tanpa *filler* sebesar 0.043 J/mm². Hal ini dikarenakan serat dan *filler* yang banyak mengakibatkan tidak saling terikat dengan baik. Secara umum kekuatan impak komposit dengan kandungan serat 50% lebih tinggi dibanding kandungan serat 40%, yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volum serat memberikan peningkatan kekuatan impak yang signifikan.

3.3 Analisa uji *Scanning Electron Mycroscope* (SEM) Hasil Uji Impak

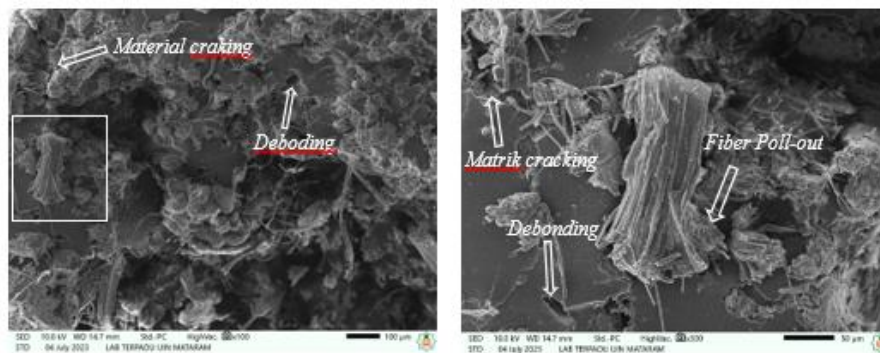
Uji SEM dilakukan pada permukaan patah spesimen uji impak pada kandungan serat 40% dan 50% dengan konsentrasi partikel serbuk kerang darah 0% dan 15%, untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit akibat uji impak. Hasil uji SEM menunjukkan struktur permukaan dari material yang diperbesar mulai dari 100x dan 300x. Gambar 6-7 menunjukkan hasil mikroskop optik dan uji SEM pada permukaan patah komposit



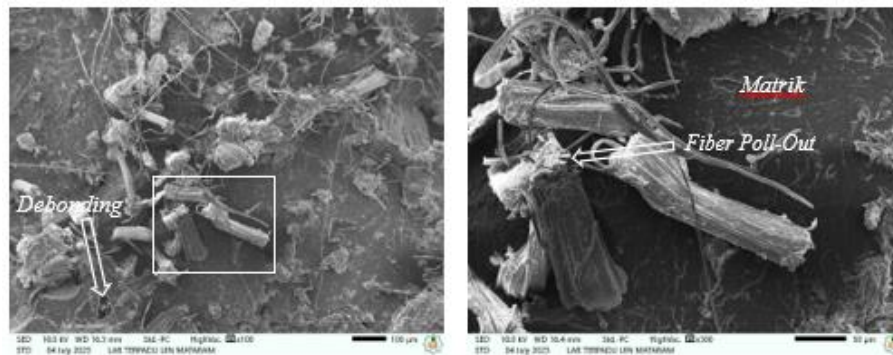
Gambar 6. Hasil uji SEM Serat 40% dan *filler* 0%



Gambar 7. Hasil uji SEM Serat 40% dan *filler* 15%



Gambar 8. Hasil uji SEM Serat 50% dan *filler* 0%



Gambar 9. Hasil uji SEM Serat 50% dan *filler* 15%

Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil mikroskop electron pada spesimen dengan serat 40% dan *filler* masing-masing 0 dan 15%. Pada *filler* 0%, hasil patahan matrik memperlihatkan gambar daerah patahan halus dibandingkan dengan patahan pada gambar 4.5 (*filler* 15%) yang terlihat patahan kasar akibat dari *filler*. Patahan serat 40% *filler* 15% terlihat banyak serat terputus sehingga menyebabkan nilai kekuatan impak meningkat, sedangkan pada serat 40% tanpa *filler* terlihat serat banyak tercabut akibat dari matrik dengan serat tidak saling mengikat dengan baik sehingga menyebabkan penurunan kekuatan mekanik pada penambahan serat 40 % tanpa *filler*. Gambar 8 dan 9 masing-masing menunjukkan patahan impak pada kandungan serat 50% dengan *filler* masing-masing 0 dan 15%. Patahan spesimen gambar 9 terlihat lebih kasar dibanding patahan pada Gambar 8. Serat lebih banyak putus dibanding serat yang tercabut pada Gambar 9. Penambahan *filler* mengakibatkan patahan matrik lebih kasar, tetapi kontribusi patahan kasar matrik tidak sebesar kontribusi patahan serat terhadap kekuatan impak. Pada gambar 9 *fiber pull out* cenderung lebih banyak yang mengakibatkan nilai kekuatan menurun.

4. KESIMPULAN

Penambahan fraksi volume *filler* cangkang kerang darah pada fraksi volume serat daun nanas 40% cenderung naik kekuatan *bending*, modulus elastis *bending* dan kekuatan impact, tetapi pada fraksi volume serat 50%, penambahan *filler* cenderung menurunkan kekuatan *bending*, modulus elastis *bending* dan kekuatan impact. Berdasarkan hasil analisa variasi (ANOVA), fraksi volume serat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending*, sementara fraksi volume *filler* cangkang kerang darah tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending*.

Pada uji impact, berdasarkan hasil analisa variasi (ANOVA) volume serat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact dan interaksi *filler* cangkang kerang darah berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact.

Secara umum kekuatan *bending*, modulus elastisitas *bending* dan kekuatan impact komposit dengan fraksi volume 50% lebih tinggi dari komposit dengan fraksi volume 40%. Pada uji impact, berdasarkan hasil analisa variasi (ANOVA) volume serat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact dan interaksi *filler* cangkang kerang darah berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact.

DAFTAR PUSTAKA

- Diharjo, K., Dan Triyono, T., (1999), Buku Pegangan Kuliah Material Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Deya'a, B.M., Hussein, F.M., Dway, I.G. 2011. *Studying the Impact Strength of Epoxy with TiO₂ and MgO₂ Composite*. Eng and Tech Journal Vol 29, No. 10.
- Holbery, James., & Houston. (2006). *Natural fiber reinforced polymer composites in automotive applications*. Proquest Science Journals, 58, 11, pg. 80.
- Hidayat, P. (2008). *Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- I Gede Sudiarsa, T. G. T. N. I. W. S., (2018). *Pengaruh Fraksi Berat Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester*. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Vol. 2, No.1.
- Ilham Setyadi., Yulianto., Dan Nanda Pranandita (2022). *Analisa Pengaruh Serat Daun Nanas Terhadap Sifat Mekanik Pada Material Polyester Dengan Jenis Daun Nanas Smooth Cayenne*. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Vol. 1, No.433-437.
- Natalia, M., Wirananditami, H., & Doni, R.W. (2019). *Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable*.
- Nayan, A., Hafli, T. (2022). *Analisa Struktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang*. Jurnal of Mechanical Science and Technolgy, Vol 6, No 1.
- Rong. Zhidan., Wei Sun, Haijun Xiao, and Guang Jiang. 2015. *Effects of Nano-SiO₂ Particles on The Mechanical and Microstructural Properties of Ultra-High Performance Cementitious Composites*. Journal of Cement & Concrete Composites. Vol 56 : 25- 31.
- Vitalis, Samsurizal, Supriyadi. (2016). *Pengaruh Tambahan Cangkang Kerang Terhadap Kuat Beton*. Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura.
- Wu, Lei Chun. 2002 Ming Qiu Zhang, Min Zhi Rong, dan Klaus Friedrich. *"Tensile Performance Improvement of Low Nanoparticles Filled Polypropylene Composites"*. Journal of Composites Science and Technology, Vol 62 pages 1327-1340.