

PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT PANDAN DURI TERHADAP KETANGGUHAN *IMPACT* KOMPOSIT SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF BUMPER MOBIL

Rizqi Luhur Pambudi¹ dan Heri Yudiono²

¹Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang

²Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang
rizqiluhur@gmail.com

ABSTRAK: Seiring dengan berkembangnya teknologi dan sains, manusia telah melakukan beberapa inovasi dalam penggunaan teknik material komposit untuk mendapatkan material yang memiliki kualitas lebih baik. Pengujian *impact* adalah salah satu pengujian mekanik yang dilakukan untuk mengetahui nilai *impact* pada suatu material. Pada penelitian ini digunakan komposit serat pandan duri dengan variasi orientasi sudut serat dan bumper mobil Toyota Avanza sebagai pembanding yang kemudian dilakukan pengujian *impact* untuk mengetahui nilai *impact* pada komposit. Hasil pengujian *impact* menunjukkan bahwa spesimen komposit *sample A* ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) memiliki nilai *impact* yang lebih tinggi dibandingkan spesimen komposit lainnya yaitu dengan rata – rata energi serap 0,44 J, rata – rata ketangguhan *impact* $0,0124 \text{ J/mm}^2$, dan sudut akhir (β) $145,96^{\circ}$. Akan tetapi nilai *impact* spesimen komposit *sample A* jauh dibawah nilai *impact* spesimen bumper mobil dengan rata – rata energi serap 1,42 J, rata – rata ketangguhan *impact* $0,0388 \text{ J/mm}^2$, dan sudut akhir (β) $139,05^{\circ}$.

Kata kunci: komposit, bumper mobil, pandan duri, dan pengujian *impact*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya dunia teknologi dan sains, manusia telah melakukan beberapa inovasi di dalam penggunaan teknik material komposit untuk mendapatkan material yang memiliki kualitas lebih baik dari material yang sudah ada sebelumnya. Sebuah perkembangan di dalam pemahaman jenis material adalah bentuk langkah kemajuan teknologi (Callister, Jr dan Rethwisch, 2010).

Komposit adalah pencampuran antara dua atau lebih material yang memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda untuk mendapatkan sifat material baru

dengan komposisi pencampuran material tersebut. Komposit adalah penggabungan dua atau lebih bahan material yang berbeda untuk mendapatkan sifat material yang lebih baik yang tidak dapat diperoleh dari masing – masing bahan (Salahudin, 2012). Komposit adalah dimana dua atau lebih material yang terpisah dikombinasikan untuk menjadi satu struktur material yang baru (Gibson, 2012).

Komposit merupakan salah satu bentuk kemajuan di dalam teknologi material bahan guna untuk mengganti material yang sudah ada dengan material dengan sifat mekanik yang lebih baik

dari sebelumnya. Material komposit mudah dibentuk sesuai kebutuhan sehingga material komposit digunakan sebagai bahan alternatif pengganti material logam (Yudiono, et al. 2017).

Bumper mobil harus dibuat sangat kuat sehingga apabila terjadi benturan, *bumper* mobil masih bisa menahan benturan tersebut tanpa menimbulkan kerusakan yang serius pada mobil. *Bemper* dirancang dan dibentuk agar dapat menyerap energi kinetik ketika terjadi benturan (Kleisner dan Zemčik, 2009).

Penggunaan serat alam sering digunakan di dalam pencampuran bahan material komposit dibandingkan dengan serat sintetis. Komposit serat alam memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan serat gelas antara lain jumlahnya yang banyak karena ada di sekitar lingkungan, lebih ramah lingkungan dan harganya lebih murah (Munandar, et al., 2013).

Pandan duri (*Pandanus tectorius*) adalah salah satu tanaman dari jenis *Pandanaceae* yang tumbuh liar dengan memiliki bentuk fisik daun berduri di sisi – sisinya, ujung lancip segitiga dan memiliki warna daun hijau atau hijau muda. Tanaman pandan merupakan salah satu jenis tanaman perdu dengan memiliki tinggi sekitar 11 m yang terdiri dari batang, daun, bunga, buah, biji, dan akar (Harahap dan Purba, 2014).

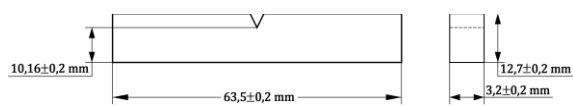
Pengujian *impact* pada dasarnya memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai ketangguhan *impact* atau benturan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian dan seberapa besar kekuatan yang dapat ditahan oleh spesimen sampai terjadi patahan pada spesimen tersebut dengan diberi beban kekuatan secara tiba – tiba. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana

beban tidak selamanya terjadi secara perlahan – lahan melainkan datang secara tiba – tiba (Hardiana, et al., 2016).

2. METODE

Pada penelitian yang dilakukan digunakan metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan *impact* yang sebagai variabel terikat dari serat pandan duri sebagai material alternatif *bumper* mobil dengan menggunakan matriks resin epoksi dengan variasi orientasi dengan sudut ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) sebagai *sample* A, ($0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$) sebagai *sample* B, ($0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$) sebagai *sample* C, dan ($0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$) sebagai *sample* D yang sebagai variabel bebas menggunakan standar pengujian ASTM D256.

Pandan duri diambil dengan direbus selama 3 jam, kemudian direndam di dalam air selama 1 minggu. Setelah itu serat daun pandan diambil dengan cara dikerok menggunakan ujung benda tumpul. Kemudian serat direndam dalam larutan alkali dengan persentase sebesar 2,5% selama 2 – 2,5 jam untuk menghilangkan lignin, selulosa, dan zat – zat lain yang tidak dibutuhkan ketika proses pengambilan serat dilakukan. Kemudian serat dibilas menggunakan air mengalir dan dikeringkan menggunakan suhu ruangan. Alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain mesin uji *impact* GOTECH GT-7045-MD, jangka sorong, kuas, sarung tangan, amplas, gergaji besi, timbangan digital, cetakan spesimen, gelas ukur. Bahan yang digunakan untuk membuat komposit dalam penelitian ini antara lain serat pandan duri, resin epoksi, katalis atau *hardener*, mentega. Langkah proses penelitian ini dimulai dari pengambilan serat pandan duri yang direndam dalam larutan alkali, kemudian merancang desain spesimen benda uji yang disesuaikan dengan metode desain ASTM D256.

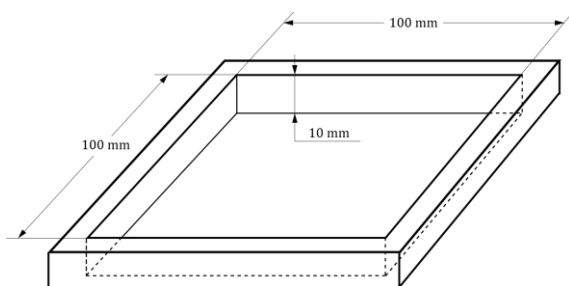


Gambar 1. Spesimen benda uji berdasarkan metode desain ASTM D256



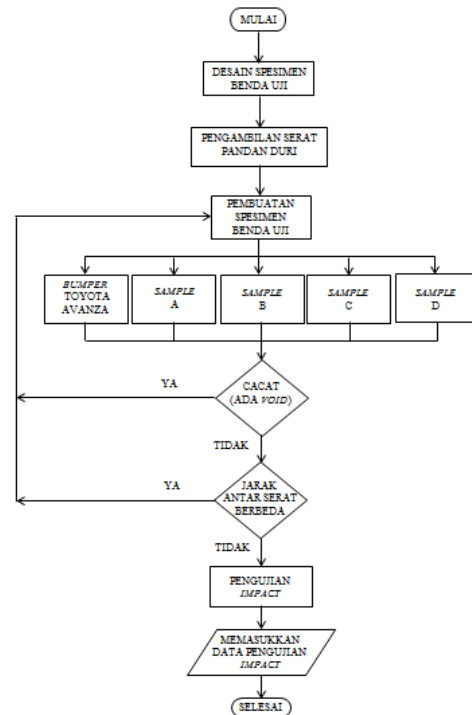
Gambar 2. Spesimen benda uji komposit

Selanjutnya dibuat cetakan dengan *stopper* setinggi 4 mm yang bertujuan untuk memudahkan pembuatan sepsimen benda uji.



Gambar 3. Dimensi cetakan spesimen benda uji

Kemudian dibuat spesimen benda uji dengan komposisi fraksi volume perbandingan serat dan matriks (15/85)% dengan perbandingan resin epoksi dan hardener 2 : 1. Setelah spesimen pada cetakan sudah jadi, kemudian spesimen dipotong dengan ketentuan dimensi sesuai standar ASTM D256. Selanjutnya spesimen yang sudah memenuhi syarat untuk diuji kemudian dilakukan pengujian *impact* dengan metode *charpy* dan sesuai dengan standar pengujian ASTM D256. Data yang didapat akan muncul pada monitor mesin uji *impact* kemudian data dimasukkan ke dalam tabel pengamatan pengujian *impact*, selanjutnya data disajikan dalam bentuk grafik batang.

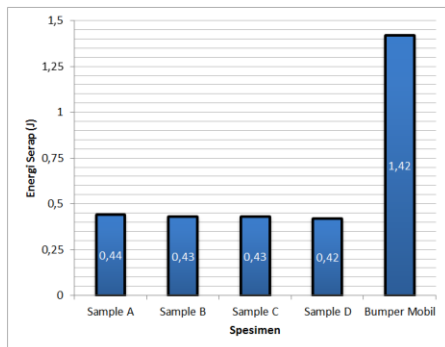


Gambar 4. Diagram alir penelitian pengujian *impact* komposit serat panduan duri matriks epoksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

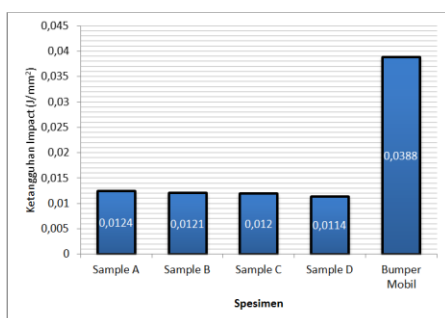
Jumlah spesimen tiap sample yang akan digunakan untuk pengujian *impact* sebanyak 4 buah spesimen dengan 1 buah spesimen sebagai cadangan apabila hasil dari pengujian *impact* memiliki nilai hasil *impact* yang jauh dari spesimen uji lainnya. Total spesimen yang digunakan untuk pengujian *impact* berjumlah 20 buah dengan total 5 buah spesimen cadangan. Spesimen yang diuji yaitu komposit dengan orientasi sudut serat, tiap spesimen memiliki kode tersendiri antara lain *sample A* dengan orientasi sudut $(0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ})$, $(0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ})$ sebagai *sample B*, $(0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ})$ sebagai *sample C*, $(0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ})$ sebagai *sample D*, dan *bumper* mobil yang ukurannya sudah disesuaikan dengan desain spesimen benda uji seperti Gambar 1. *Bumper* mobil digunakan untuk acuan atau kontrol hasil nilai *impact* dari spesimen komposit.

Hasil pengujian *impact* didapatkan nilai energi serap, ketangguhan *impact*, dan sudut akhir bandul (β) pada setiap *sample* benda uji. Hasil tersebut kemudian akan diambil rata-rata pada setiap *sample* benda uji kemudian dibuat dalam bentuk grafik batang. Hasil pengujian *impact* dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



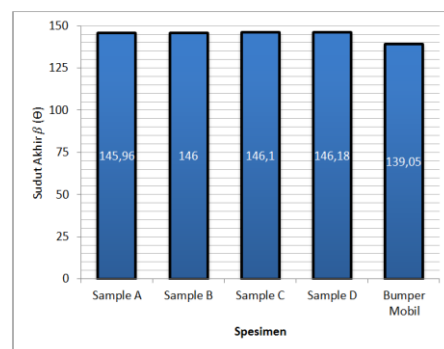
Gambar 5. Grafik rata-rata energi serap spesimen

Dari grafik rata-rata energi serap yang dihasilkan oleh pengujian *impact* spesimen, hasil penelitian menunjukkan bahwa *sample* A ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) komposit serat daun pandan duri memiliki nilai energi serap yang lebih tinggi dibandingkan dengan *sample* komposit lainnya yaitu dengan nilai 0,44 J. Akan tetapi hasil energi dari spesimen *sample* A jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai energi serap yang didapat pada spesimen *bumper* mobil yaitu dengan nilai energi serap sebesar 1,42 J.



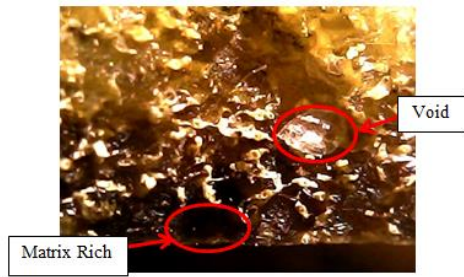
Gambar 6. Grafik rata-rata ketangguhan *impact* spesimen

Selanjutnya dilihat dari grafik rata-rata ketangguhan *impact* spesimen, hasil penelitian menunjukkan bahwa *sample* A ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) komposit serat daun pandan duri memiliki nilai ketangguhan *impact* yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen komposit pandan duri lainnya dengan nilai 0,0124 J/mm². Akan tetapi, pada spesimen *bumper* mobil didapatkan hasil ketangguhan *impact* yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen *sample* A yaitu dengan nilai 0,0388 J/mm².

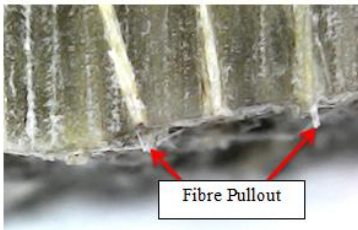


Gambar 7. Grafik rata-rata sudut akhir pengujian *impact*

Hasil selanjutnya yaitu sudut akhir pengujian *impact*, maksudnya adalah hasil dari sudut bandul ketika dilakukan proses pengujian *impact* yaitu dari titik awal bandul ke titik akhir pengayunan bandul. Apabila nilai sudut akhir bandul yang didapatkan lebih rendah, maka spesimen yang diuji memiliki energi *impact* yang tinggi. Dari grafik rata – rata sudut akhir pengujian *impact* menunjukkan bahwa *sample* A ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) komposit serat daun pandan duri memiliki nilai sudut akhir yang lebih rendah yaitu sebesar 145,96^o dibandingkan dengan spesimen *sample* komposit lainnya. Akan tetapi pada spesimen *bumper* mobil memiliki hasil sudut akhir yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan spesimen *Sample* A yaitu sebesar 139,05^o. Hasil foto makro yang didapatkan pada *sample* patahan hasil pengujian *impact* adalah sebagai berikut:



(A)

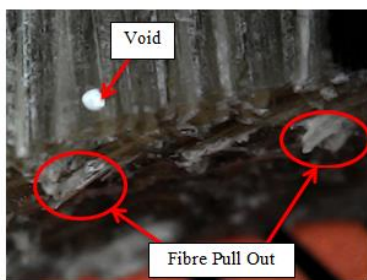


(B)

Gambar 8. Foto permukaan patahan *impact* pada spesimen *sample A* (A) tampak depan, (B) tampak atas

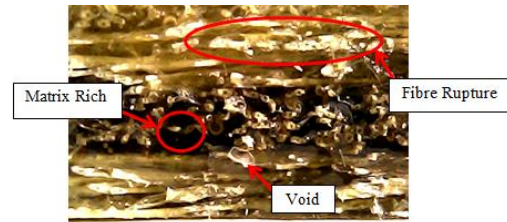


(A)

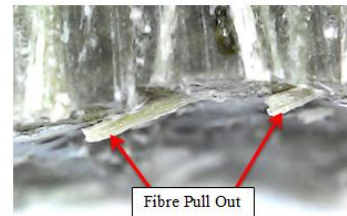


(B)

Gambar 9. Foto permukaan patahan *impact* pada spesimen *sample B* (A) tampak depan, (B) tampak atas

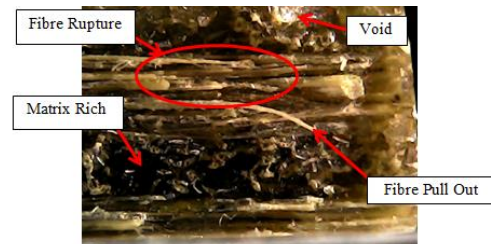


(A)

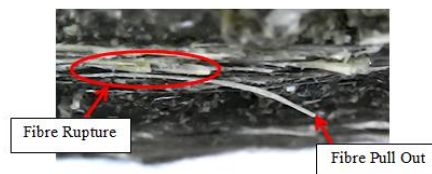


(B)

Gambar 10. Foto permukaan patahan *impact* pada spesimen *sample C* (A) tampak depan, (B) tampak atas

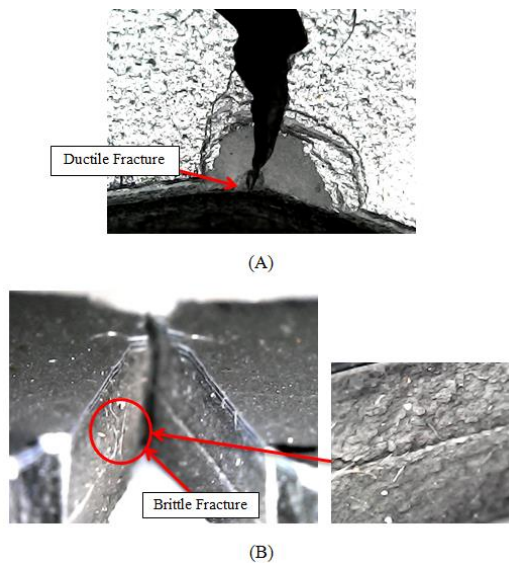


(A)



(B)

Gambar 11. Foto permukaan patahan *impact* pada spesimen *sample D* (A) tampak depan, (B) tampak atas



Gambar 12. Foto permukaan patahan *impact* pada spesimen *bumper mobil* (A) tampak atas, (B) tampak depan

Dilihat dari hasil penelitian pengujian *impact* komposit dengan orientasi sudut serat pandan duri, menunjukkan bahwa perbedaan orientasi sudut serat mempengaruhi hasil dari nilai pengujian *impact* yang dilakukan antara lain energi serap, ketangguhan *impact* dan sudut akhir. Hal ini menunjukkan bahwa dimana susunan sudut orientasi serat yang semakin kecil akan mempengaruhi nilai energi *impact* yang didapatkan, semakin bertambahnya arah orientasi sudut serat pada komposit maka nilai energi *impact* akan semakin kecil. Seperti halnya pada pengujian *impact* yang dilakukan pada komposit, apabila arah sudut serat tegak lurus dengan arah gaya *impact* yang diberikan maka energi *impact* yang dihasilkan dari komposit tersebut akan semakin besar. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas, et al. (2017) yang menyatakan tentang pengaruh perlakuan arah sudut terhadap hasil pengujian bahwa pada pengujian *impact* pemberian varian arah sudut serat apabila semakin kecil arah sudut maka akan semakin besar hasil nilai energi dan keuletan spesimen. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Lasikun, et al. (2018) menyatakan bahwa nilai

kekuatan bending dan kekuatan *impact* pada komposit dengan orientasi sudut serat akan optimal apabila orientasi sudut serat sebesar 0° akan tetapi nilai lebih kecil apabila orientasi sudut serat sebesar 90° .

Dari hasil penelitian pengujian *impact* yang sudah dilakukan didapatkan spesimen komposit *sample A* memiliki nilai pengujian *impact* yang tertinggi dibandingkan dengan spesimen komposit lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh orientasi sudut serat pada spesimen *sample A* lebih kecil daripada orientasi sudut serat pada spesimen komposit lainnya yaitu ($0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ$). Hasil pengujian arah serat sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian bending dan impak, semakin kecil sudut arah serat maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian (Setiawan, et al., 2017). Selain dari arah sudut susunan serat, panjang susunan serat juga dapat mempengaruhi hasil dari pengujian *impact*. Susunan serat pada komposit yang memiliki panjang serat yang lebih pendek akan menghasilkan nilai *impact* yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit yang memiliki susunan serat yang lebih panjang. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Dyah S., et al. (2012) yang menyatakan tentang pengaruh panjang susunan serat terhadap nilai *impact* bahwa serat yang lebih pendek memiliki kemampuan menerima beban yang lebih lemah dan tingkat elastisitas serat yang lebih pendek akan lebih lemah dibandingkan serat yang panjang. Selain itu Pamungkas, et al. (2018) yang melakukan penelitian tentang panjang serat komposit menyatakan bahwa nilai kekuatan bending dan kekuatan *impact* akan lebih tinggi apabila komposit memiliki susunan serat yang lebih panjang dibandingkan dengan susunan serat yang lebih pendek.

Dari semua teori yang dilakukan pada penelitian sebelumnya sejalan dengan

hasil pengujian *impact* yang dilakukan kali ini yaitu hasil nilai *impact* pada spesimen komposit *sample A* dengan orientasi serat ($0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$) memiliki nilai yang paling optimal dibandingkan dengan spesimen komposit lainnya antara lain *sample B* ($0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$), *sample C* ($0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$), dan *sample D* ($0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$). *Sample A* memiliki nilai energi *impact* tertinggi dengan nilai energi serap sebesar 0,44 J, ketangguhan *impact* sebesar 0,0124 J/mm² dan sudut akhir sebesar 145,96°. Sedangkan nilai energi *impact* terendah didapatkan pada spesimen komposit *sample D* dengan nilai energi serap sebesar 0,42 J, ketangguhan *impact* sebesar 0,0114 J/mm², dan sudut akhir sebesar 146,18°. Dilihat dari hasil tersebut, nilai energi *impact* pada *sample A* tertinggi karena pada spesimen *sample A* memiliki orientasi sudut serat yang paling rendah diantara spesimen komposit lainnya sehingga berpengaruh pada hasil energi *impact* yang dihasilkan yaitu lebih tinggi. Selain itu pada *sample A* memiliki susunan serat yang panjang dibandingkan dengan susunan serat pada spesimen komposit lainnya sehingga pada spesimen *sample A* memiliki tingkat elastisitas dan kemampuan serat dalam menerima beban yang tinggi.

Akan tetapi, hasil pengujian *impact* dari spesimen komposit *sample A* jauh lebih rendah dibandingkan dengan spesimen *bumper* mobil Toyota Avanza. Hasil nilai energi *impact* yang didapatkan dari pengujian *impact* pada spesimen *bumper* mobil yaitu energi serap sebesar 1,42 J, ketangguhan *impact* sebesar 0,0388 J/mm², dan sudut akhir 139,05°. Hal tersebut dikarenakan bahan pembuatan dari *bumper* mobil Toyota Avanza menggunakan Nylon 6/Clay atau NCH yang memiliki nilai energi mekanik yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan polimer lainnya. Toyota telah menggunakan nylon 6-clay thermolastic

nanocomposites yang memiliki nilai mekanik yang lebih baik yaitu penambahan kekuatan modulus menjadi dua kali lipat dan penambahan kekuatan mekanik material menjadi lebih dari 50% (Hussain, et al., 2006). Selain dari material pembuatan, proses atau teknik pembuatan *bumper* Toyota Avanza juga berbeda dengan proses pembuatan komposit pada umumnya. Pada pembuatan *bumper* Toyota telah menggunakan teknik *in situ polymerization* yaitu teknik pembuatan dengan menambahkan *filler* ke *monomer* pada *nanocomposite* sehingga partikel *nano* akan menyebar secara baik dan memberikan hasil *nanocomposite* yang lebih baik juga ketika diproduksi (Motaung, et al., 2017).

Hasil dari foto makro pada penampang patah spesimen komposit setelah dilakukan pengujian *impact* menunjukkan bahwa sering terjadi *fiber pullout*, *void*, dan *matrix rich*. *Void* atau gelembung udara terjadi disebabkan oleh proses pembuatan spesimen komposit menggunakan teknik *hand lay-up*, pada saat pengadukan resin dengan hardener terjadi gelembung udara yang terperangkap di dalam resin, selain itu pada saat penuangan matriks pada susunan serat pandan duri yang memungkinkan udara terperangkap diantara sela – sela susunan serat. *Fiber pullout* terjadi diakibatkan karena serat tidak menyatu sempurna dengan matriks, hal tersebut mengakibatkan serat terlihat menjuntai keluar setelah dilakukan pengujian *impact*. Saat dilakukan pengujian *impact* serat menopang beban energi *impact* dari bandul sehingga pada saat terjadi patahan serat mengalami dampak berupa *fiber pullout* (Mulyo dan Yudiono, 2018).

Matrix rich terjadi karena daerah resin yang terbentuk tanpa mengikat serat penguat sehingga mengakibatkan energi *impact* pada komposit kurang

optimal. Sejalan seperti penelitian yang dilakukan oleh Razali, et al. (2014) tentang kerusakan yang sering terjadi pada komposit laminasi antara lain *matrix cracking, fibre fracture, fibre pull-out, dan delamination*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa orientasi sudut susunan serat pandan duri sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian *impact* yang dilakukan yaitu semakin kecil sudut penyusunan serat maka hasil dari pengujian *impact* akan lebih tinggi. Hasil pengujian *impact* tertinggi didapatkan pada spesimen komposit *sample A* dengan orientasi sudut serat (0°/0°/0°/0°) yaitu dengan nilai energi serap 0,44 J, ketangguhan *impact* 0,0124 J/mm², dan sudut akhir 145,96°. Akan tetapi hasil pengujian *impact* dari spesimen komposit *sample A* tidak bisa melebihi dari hasil spesimen *bumper* mobil Toyota Avanza. Hasil foto makro spesimen komposit menunjukkan pada penampang patahan spesimen sering terjadi *void, fiber pullout, dan matrix rich*.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, Jr, W. D. dan David G. Rethwisch. 2010. *Material Science and Engineering: an Introduction*. 8th Ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Dyah S., Emmy, et al. 2012. Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Impact dan Bending Material Komposit *Polyester – Fiber Glass* dan *Polyester – Pandan Wangi*. *Dinamika Teknik Mesin* 2(1): 15 – 27.
- Gibson, Ronald, F. 2012. *Principles of Composite Material Mechanics*. 3rd Ed. USA: Taylor & Francis Group, LLC.
- Harahap, Mukti Hamzah dan Evri Yani Purba. 2014. Pemanfaatan Serat Daun Pandan Duri Sebagai Campuran Dalam Peningkatan Karakteristik Genteng Beton. *Jurnal Einstein* 2(1): 1 – 10.
- Hardiana, Fery, et al. 2016. Perancangan Alat Uji Impak Metode *Charpy* dan *Izod*. *Jurnal Stima (Proceeding Stima 2.0)*: 248 – 252.
- Hussain, Farzana, dkk. 2006. *Review Article: Polymer-Matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview*. *Journal of Composite Materials* 40(17): 1511 – 1575.
- Kleisner, V. Dan R. Zemčik. 2009. *Analysis of Composite Car Bumper Reinforcement*. *Applied and Computational Mechanics* 3: 287 – 296.
- Lasikun, dkk. 2018. *Effect of Fiber Orientation on Tensile and Impact Properties of Zalacca Midrib Fiber-HDPE Composites by Compression Molding*. *AIP Conference Proceedings* 1931, 030060: 1 – 5.
- Motaung, Tshwafo E., dkk. 2017. *In Situ Polymerization of Nylon-Cellulose Nano Composite*. *Polymer Sciences* 3(1): 1 – 8.
- Mulyo, Bagus Tri dan Heri Yudiono. 2018. Analisis Kekuatan Impak pada Komposit Serat Daun Nanas untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik* 10(2): 1 – 8.
- Munandar, Imam, dkk. 2013. Kekuatan Tarik Serat Ijuk (*Arenga Pinnata Merr*). *Jurnal FEMA* 1(3): 52 – 58.
- Pamungkas, Agil Fitri, dkk. 2018. *Influence of Fiber Length on Flexural and Impact Properties of Zalacca Midrib Fiber/HDPE by Compression Molding*. *AIP Conference Proceedings* 1931, 030061: 1 – 6.
- Pamungkas, Dhony Catur, Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa B. S. 2017. Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Tanaman Mendong (*Fimbrystylis Globulosa*) Ditinjau dari Kekuatan

- Bending dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(2): 397 – 407.
- Razali, N., dkk. 2014. *Impact Damage on Composite Structures – A Review. The International Journal of Engineering and Science (IJES)* 3(7): 8 – 20.
- Salahudin, Xander. 2012. Kaji Pengembangan Serat Daun Pandan di Kabupaten Magelang Sebagai Bahan Komposit Interior Mobil. *Majalah Ilmiah Dinamika* 37(1): 121 – 133.
- Setiawan, Hanung Bayu, Hartono Yudo. Dan Sarjito Jokosisworo. 2017. Analisis Teknis Komposit Serat Daun Gebang (*Corypha Utan L.*) Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(2): 456 – 464.
- Yudiono, Heri, dkk. 2017. Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasi Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (*Woven Bag*). *Jurnal Kompetensi Teknik* 8(2): 1 – 7.