

Analisis kekuatan impak pada komposit serat daun nanas untuk bahan dasar pembuatan helm SNI

Bagus Tri Mulyo¹, Heri Yudiono²

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

² Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

heri_yudiono@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK : Seiring dengan perkembangan zaman pemanfaatan teknologi dengan penggunaan bahan komposit serat alam telah banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan impak pada komposit serat daun nanas sebelum diaplikasikan untuk bahan dasar pembuat helm SNI. Desain penelitian ini menggunakan true eksperimental design dengan tipe *posttest-only control design*, terdapat dua kelompok pada penelitian yaitu kelompok eksperimen (komposit serat) dan kelompok kontrol (helm SNI). Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kekuatan komposit dengan penambahan volume serat. Nilai energi serap dan kekuatan impak tertinggi terdapat pada volume serat 10% sebesar 0,5375 Joule dan 0,01657 Joule/mm², jauh diatas helm SNI yang hanya sebesar 0,3125 Joule dan 0,00972 J/mm². Untuk nilai densitas tertinggi pada fraksi volume 13% sebesar 1,4525 gram/cm³. Dapat disimpulkan bahwa komposit serat daun nanas dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan helm SNI.

Kata Kunci: komposit, daun nanas, kekuatan impak, helm SNI.

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman pemanfaatan teknologi dengan penggunaan bahan komposit khususnya menggunakan serat alam (*natural fiber*) telah banyak dikembangkan, mulai dari peralatan sederhana hingga sektor industri. Penggunaan material komposit serat alam yang mudah dibentuk, memiliki kekuatan yang baik, ramah lingkungan dan bisa didaur ulang kembali merupakan tuntutan teknologi saat ini. Pada dasarnya material komposit adalah material yang tersusun dari gabungan dua atau lebih material pada skala makroskopis, dan menghasilkan sebuah material baru yang lebih bermanfaat dan memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya (Gibson, 1994).

Komposit yang berpenguat serat tanaman, sifat mekaniknya akan meningkat juga seiring dengan pertambahan volume berat serat, sifat mekanik yang meningkat adalah kekuatan tarik, bending, serta kekuatan impak (Stark dan Rowlands, 2003). Penggunaan serat alam sebagai penguat untuk bahan komposit menggantikan peran serat sintesis merupakan salah satu langkah bijak dalam meningkatkan nilai ekonomis

serat alam mengingat keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Potensi serat alam ini didukung oleh beberapa keunggulan serat organik, antara lain: densitas yang rendah, ramah lingkungan, biodegradable, ketersediaan yang melimpah, ketangguhan yang tinggi, proses penyiapan yang relatif mudah, harga bahan baku yang relatif murah, dan mengurangi konsumsi energi pabrikasi (Chandramohan dan Bharanichandar, 2013). Selanjutnya, serat tanaman ini lebih mudah dalam pembuatan dan proses eksperimen serta pemasangannya dibandingkan dengan serat hewan (Noryani, et. al., 2018). Banyak serat tanaman seperti rami, kenaf, sabut, sisal, dan daun nanas yang sedang dipelajari di seluruh dunia (Jahan, et. al., 2012).

Tanaman nanas merupakan tanaman yang banyak dijumpai diseluruh Indonesia, sehingga produksi nanas ini sangat melimpah. Sampai sekarang, pemanfaatan serat daun nanas hanya digunakan untuk kerajinan rumah tangga berupa anyaman dan masih jarang digunakan untuk komoditi dalam dunia industri. Serat daun nanas yang terdiri dari selulosa sekitar 70-80% memberikan sifat

modulus dan kekuatan yang tinggi, hal ini menyebabkan daun nanas dapat digunakan sebagai penguat komposit serat alam yang efisien (Panyasart, et. al., 2014). Nilai jual dari daun nanas hampir bisa dikatakan tidak mempunyai nilai jual sama sekali, karena lebih sering dibuang dari pada dimanfaatkan. Sehingga perlu dilakukan inovasi yang lain untuk memanfaatkan limbah daun nanas yang sangat melimpah, salah satunya untuk bahan penguat baru pada komposit serat alam yang murah dan ramah lingkungan sehingga dapat bermanfaat dan memiliki nilai jual yang tinggi.

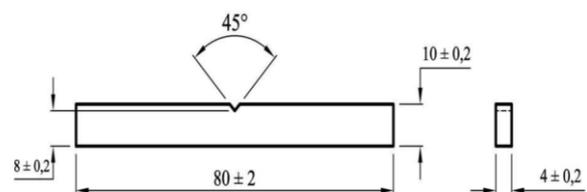
Helm merupakan bagian dari perlengkapan kendaraan bermotor berbentuk topi pelindung kepala yang berfungsi melindungi kepala pemakainya apabila terjadi benturan (SNI, 2007). Selain itu helm juga berfungsi untuk melindungi pemakainya dari debu, pasir, dan objek-objek kecil lainnya yang membahayakan saat berkemudi. Oleh sebab itu Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1992 pasal 23 mewajibkan pengendara sepeda motor untuk memakai helm sebagai pelindung kepala. Mengingat fungsi dari helm tersebut, maka bahan pembuat helm harus dapat melindungi kepala dari benturan jika terjadi kecelakaan. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 pasal 57 menetapkan bahwa helm yang digunakan untuk berkendara harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan desain true experimental design dan tipe *posttest-only control design*. Pencetakan komposit dilakukan secara manual dengan metode hand lay up. Terdapat dua kelompok pada penelitian yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen adalah kelompok yang mengalami penambahan volume serat. Sedangkan kelompok kontrol yaitu spesimen helm SNI. Variasi fraksi volume serat daun nanas yang digunakan yaitu sebesar 3%, 5%, 8%, 10%, dan 13%. Untuk mengasalkan serat yang bersih dan lebih kuat, maka serat daun

nanas diberikan perlakuan alkali, yaitu direndam didalam larutan NaOH dengan kadar 5% selama 2 jam.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat daun nanas, resin *polyester* sebagai matriks, katalis, margarin yang digunakan sebagai wax. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin uji impak GOTECH, cetakan komposit, mesin gerinda yang digunakan untuk memotong dan membentuk spesimen, mesh 40 untuk menyaring komposit, timbangan digital untuk menimbang volume serat, serta gelas ukur untuk mengukur resin dengan katalis. Proses penelitian dimulai dari tahap persiapan yaitu memotong serat menjadi kecil-kecil yang nantinya disaring menggunakan mesh, persiapan pula resin *polyester* dan katalis. Tahap selanjutnya pencetakan komposit yaitu lapis bagian dasar cetakan dengan margarin kemudian tuangkan campuran serat, resin *polyester* dan katalis yang terlebih dahulu diukur volumenya kedalam cetakan sedikit demi sedikit hingga merata, ratakan agar tidak terdapat udara yang terjebak di dalam cetakan, setelah itu *press* cetakan sampai menyentuh *stopper* agar sesuai dengan ketebalan benda kerja yang akan dibuat. Ukuran spesimen uji impak yang digunakan yaitu sesuai dengan standar ISO 179-1.



Gambar 1. Dimensi Spesimen Uji Impak Standar ISO 179-1



Gambar 2. Spesimen Komposit

Data penelitian diambil dari masing-masing spesimen yang sudah diuji yang kemudian dianalisa. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis statistik

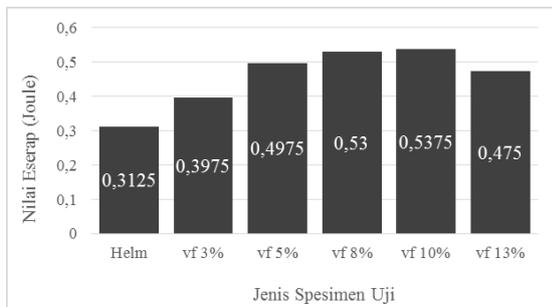
deskriptif. Data diperoleh dari pengujian impact dari masing-masing spesimen dan dihitung rata-ratanya, data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

3. Hasil dan Pembahasan

Benda uji dalam penelitian ini terdiri dari spesimen-spesimen uji dengan total 24 buah spesimen uji dan 12 spesimen cadangan yang digunakan apabila spesimen uji mengalami kegagalan. Spesimen terdiri dari enam buah spesimen helm SNI yang digunakan sebagai kontrol (empat sebagai spesimen uji dan dua sebagai cadangan), dan masing-masing enam spesimen untuk komposit dengan variasi fraksi volume serat 3%, 5%, 8%, 10%, dan 13% (empat sebagai spesimen uji dan dua sebagai cadangan).

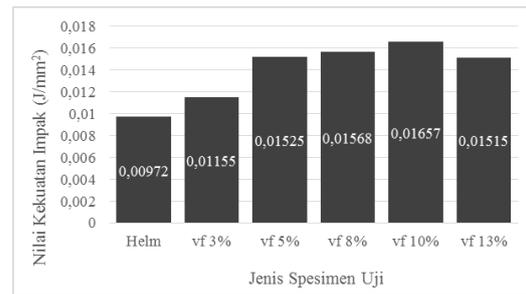
3.1 Hasil Penelitian

Hasil pengujian impact komposit serat daun nanas dan matrik polyester diperoleh nilai energi serap impact dan kekuatan impact. Hasil pengujian impact komposit dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



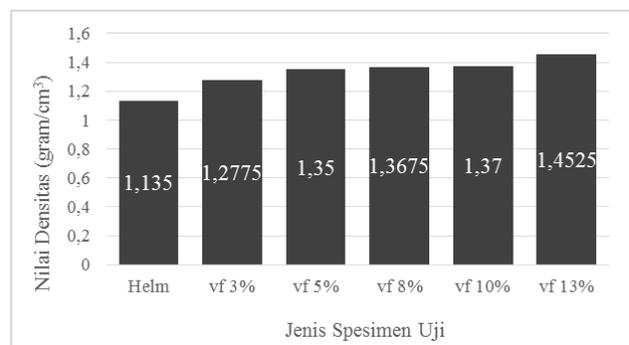
Gambar 3. Grafik Rata-rata Energi Serap Impact Komposit Daun *Nanas-Polyester*.

Hasil pengamatan pengujian impact menunjukkan bahwa komposit serat daun *nanas-polyester* memiliki nilai rata-rata energi serap yang lebih tinggi dari spesimen helm SNI. Hasil energi serap impact yang paling tinggi atau optimal terjadi pada komposit serat daun *nanas-polyester* dengan fraksi volume 10% sebesar 0,5375 Joule; sedangkan hasil nilai energi serap yang paling rendah adalah spesimen dari helm SNI sebesar 0,3125 Joule.



Gambar 4. Grafik Rata-rata Kekuatan Impact Komposit Daun *Nanas-Polyester* Kemudian untuk hasil dari nilai kekuatan impact (*Impact Strength*), komposit serat daun *nanas-polyester* memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dari spesimen helm SNI. Nilai kekuatan impact yang paling tinggi atau optimal ada pada komposit serat daun *nanas-polyester* dengan fraksi volume 10% sebesar 0,01657 Joule/mm²; sedangkan untuk nilai kekuatan impact (*Impact Strength*) yang paling kecil adalah spesimen helm SNI yaitu hanya sebesar 0,00972 Joule/mm².

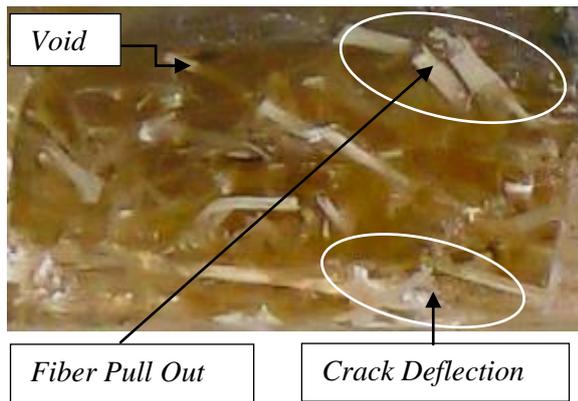
Pengujian densitas digunakan untuk mengetahui kepadatan suatu material komposit. Hasil pengujian densitas komposit serat daun nanas dan matrik *polyester* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.



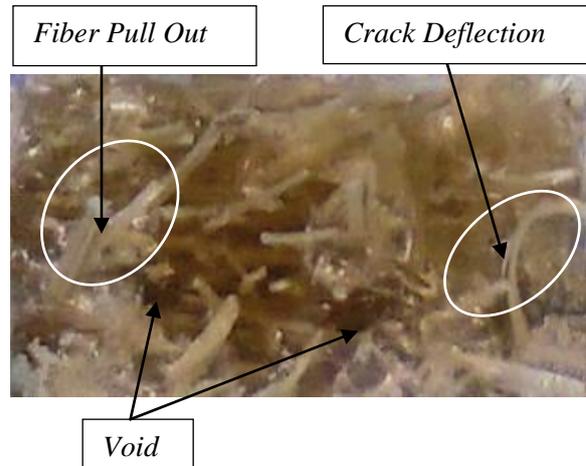
Gambar 5. Grafik Rata-rata Densitas Komposit Daun *Nanas-Polyester*.

Hasil nilai densitas yang paling tinggi terjadi pada komposit serat daun *nanas-polyester* dengan fraksi volume 13% sebesar 1,4525 gram/cm³; sedangkan hasil nilai densitas paling rendah adalah spesimen dari helm SNI sebesar 1,135 gram/cm³.

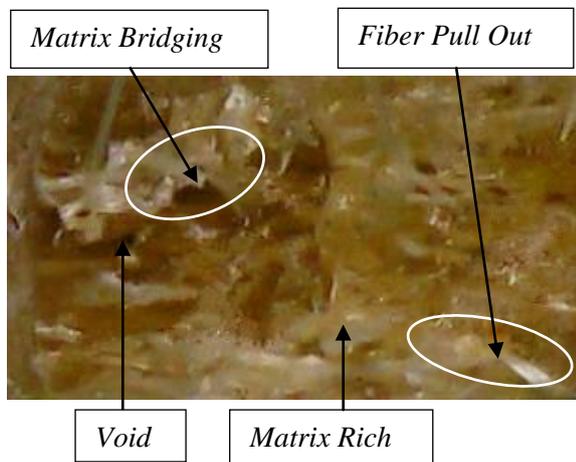
Hasil foto makro patahan komposit serat daun nanas setelah diuji impact sebagai berikut:



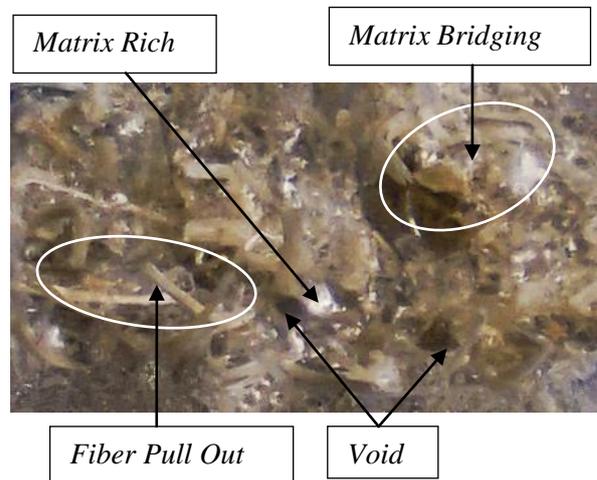
Gambar 6. Patahan Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 3%



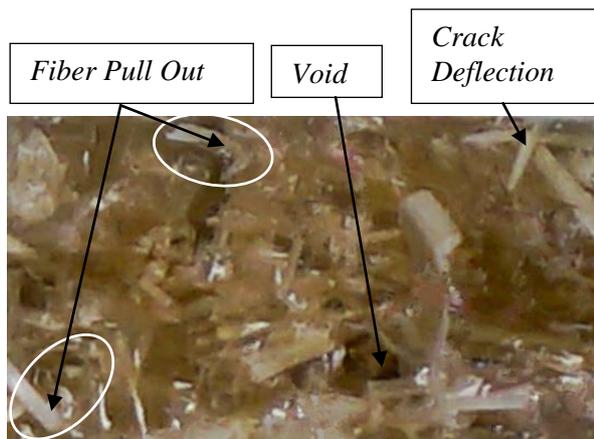
Gambar 9. Patahan Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 10%



Gambar 7. Patahan Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 5%



Gambar 10. Patahan Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 13%



Gambar 8. Patahan Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 8%

Dari data hasil penelitian pengujian impak yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya penambahan fraksi volume serat daun nanas berpengaruh terhadap peningkatan nilai rata-rata energi serap impak komposit, dimana semakin besar fraksi volume serat maka akan semakin meningkat juga nilai energi serap impak dari komposit. Penambahan fraksi volume serat daun nanas juga berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekuatan impak komposit, dimana semakin besar fraksi volume serat maka nilai kekuatan impaknya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Mukhammad dan Setyoko (2014) bahwa penambahan fraksi volume serat pada komposit memberikan dampak

positif yaitu memperkuat kekuatan tarik dan kekuatan impact.

Selanjutnya hasil penelitian juga menunjukkan bahwa faktor fraksi volume matrik yang digunakan yaitu penggunaan matrik resin *polyester* juga mendapat pengaruh dari adanya fraksi volume serat daun nanas yang digunakan. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Vlack (1991) dimana plastik yang diperkuat gelas harus mengandung sekitar 70% volume gelas untuk dapat mencapai kekuatan logam, hal ini menandakan bahwa komposit yang baik harus memiliki jumlah bahan penguat atau serat yang banyak atau fraksi volume seratnya besar sehingga meningkatkan kekuatan mekanik komposit secara signifikan dan bisa bersaing dengan bahan lain. Semakin besar fraksi volume serat daun nanas yang digunakan maka akan semakin sedikit pula fraksi volume matrik *polyester* yang digunakan dalam pembuatan komposit. Jika semakin sedikit fraksi volume matrik yang digunakan, maka kekuatan impact dari komposit juga akan semakin berkurang, namun karena diberi penambahan berupa fraksi volume serat pada komposit, maka mampu menutupi kekurangan yang disebabkan oleh berkurangnya fraksi volume matrik tersebut dengan syarat ikatan antara serat dan matrik juga harus baik, sehingga menghasilkan nilai kekuatan impact yang baik pula. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Lumintang, et. al., (2011) bahwa komposit serat ketika diberikan beban kejut, spesimen tersebut memberikan hasil berupa peningkatan energi serap impact dan nilai kekuatan impact disetiap penambahan fraksi volume serat yang diberikan.

Teori Vlack (1991) sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan kali ini dimana nilai energi serap impact dan nilai kekuatan impact komposit serat daun nanas dengan variasi fraksi volume sebesar 10% menunjukkan hasil yang paling optimal diantara spesimen dengan variasi fraksi volume uji lainnya yaitu dengan nilai energi serap impact sebesar 0,5375 Joule dan nilai kekuatan impact tertinggi juga terdapat pada spesimen komposit dengan fraksi volume serat 10% sebesar 0,01657 Joule/mm².

Namun ada batas-batas tertentu nilai energi serap dan kekuatan impact akan terus meningkat. Dalam penelitian ini batas peningkatan nilai energi serap dan kekuatan impact terjadi pada komposit serat daun nanas-*polyester* dengan variasi fraksi volume serat daun nanas 10%, sedangkan pada variasi fraksi volume serat nanas 13% mengalami penurunan nilai energi serap dan kekuatan impact yang dihasilkan, pada fraksi volume serat daun nanas 13% hanya memiliki nilai energi serap impact sebesar 0,475 Joule dan nilai kekuatan impact sebesar 0,01515 Joule/mm². Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin besar fraksi volume serat daun nanas menyebabkan matrik *polyester* akan semakin sedikit, sehingga ikatan antara matrik dengan serat akan semakin lemah yang dapat mengakibatkan munculnya serat daun nanas yang menggumpal dan banyak serta serat tidak dapat menyebar dengan baik dalam matrik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penurunan kekuatan impact ketika fraksi volume serat yang meningkat disebabkan karena lemahnya ikatan interface antara matriks dan serat (Halim, et. al., 2018). Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan variasi fraksi volume serat daun nanas sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan impact komposit yang dihasilkan.

Komposit serat daun nanas-*polyester* ini juga lebih kuat dari bahan plastik dimana pada pengujian impact sampel helm SNI, kekuatan impactnya hanya sebesar 0,00972 J/mm²; sedangkan komposit serat daun nanas-*polyester* memiliki nilai kekuatan impact optimal sebesar 0,01657 J/mm² pada fraksi volume serat 10%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit serat daun nanas-*polyester* dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti plastik dalam pembuatan helm SNI. Helm SNI pada umumnya dibuat dengan bahan plastik yaitu polimer polypropelen tanpa penguat serat. Hal-hal yang dapat menyebabkan tingginya nilai kekuatan impact pada fraksi volume serat 10% dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu adanya serat dan matrik yang saling

terikat, panjang serat, dan perlakuan serat yang diberikan. Faktor-faktor tersebut mampu meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Loh, et. al., 2016). Penambahan serat pada pembuatan komposit sangat berpengaruh pada performa komposit. Karena beban yang diterima oleh material tidak langsung bekerja pada satu titik, namun beban akan terbagi ke beberapa titik dan tertahan oleh ikatan antara serat dan matrik sebelum mengalami perpatahan. Orientasi serat juga berpengaruh terhadap ketangguhan suatu material komposit (Yudiono, et. al., 2018).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, peningkatan nilai energi serap dan kekuatan impact juga dipengaruhi oleh perlakuan NaOH pada saat proses pembuatan serat. Menurut penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa larutan NaOH digunakan untuk memisahkan serat dari selulosa dan lignin serta menghilangkan kotoran yang menempel pada serat, sehingga hal ini meningkatkan keterikatan serat dan matrik yang mengakibatkan akan lebih menyatu dan kokoh (Mohammed, et. al., 2016). Hal ini sesuai dengan pendapat dari Maryanti, et al., (2011) bahwa berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, maka kekerasan serat oleh matrik akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat, serta akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik.

Nilai densitas tertinggi diperoleh dari komposit dengan fraksi volume 13% sebesar 1,4525 gram/cm³. Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume serat daun nanas dapat meningkatkan nilai densitas komposit serat daun nanas-*polyester*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Diharjo, et al., (2014) bahwa peningkatan nilai densitas pada komposit dikarenakan semakin tinggi fraksi volume serat maka kepadatan pada juga komposit semakin meningkat.

Hasil foto makro patahan komposit serat daun nanas dengan matrik *polyester*, patahan yang terjadi lebih dikarenakan *fiber pull out*, *void* dan *crack deflection*. Semua hasil patahan spesimen yang menggunakan serat adalah semua spesimen mengalami

void dan juga *fiber pull out*. Daerah patahan terdapat *void* disebabkan saat pembuatan komposit serat *hand lay up* terdapat udara yang terjebak pada saat pencampuran matrik ke serat kurang maksimal sehingga menyebabkan terbentuknya rongga udara didalam matrik. Pada saat pengujian impact kondisi beban bandul diterima dengan baik oleh ikatan serat dan matriks, sehingga serat menopang beban impact dan serat yang mengalami dampak langsung berupa *fiber pull out*. *Fiber pull out* terjadi dikarenakan kurangnya ikatan antara serat dengan matrik sehingga serat terlepas dari ikatan matrik. Hal ini sejalan dengan pernyataan Oroh, et al., (2013) bahwa lemahnya ikatan *interface* antara serat dengan poliester akan mengakibatkan terjadinya *fiber pull out*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, pengamatan, penjelasan dan analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai energi serap impact tertinggi (optimal) terdapat pada spesimen komposit dengan fraksi volume serat nanas 10% sebesar 0,5375 Joule dan nilai kekuatan impact tertinggi juga terdapat pada spesimen komposit dengan fraksi volume serat 10% sebesar 0,01657 Joule/mm². Hasil uji foto makro spesimen komposit serat daun nanas-*polyester* memiliki bentuk penampang patah yang berbeda-beda namun terjadi *fiber pull out* dan *void* pada semua variasi fraksi volume serat. Untuk hasil pengujian densitas nilai paling tinggi (optimal) ada pada fraksi volume 13% sebesar 1,4525 gram/cm³.

5. Daftar Pustaka

Chandramohan, D., dan Bharanichandar, J. (2013). Natural Fiber Reinforced Polymer Composites for Automobile Accessories. American Journal of Environmental Sciences, 9(6), 494-504.

- Diharjo, K., Elharomy, I., dan Purwanto, A. (2014). Pengaruh Fraksi Volume Filler terhadap Kekuatan Bending dan Ketangguhan Impak Komposit Nanosilika–Phenolic. *Rekayasa Mesin*, 5(1), 27-32
- Gibson. (1994). *Principles Of Composite Material Mechanics*. Fourth Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Halim, N. A., Siregar, J. P., Mathivanan, D., Bachtiar, D., Ghazali, Z., Rejab, M. R. M., dan Tezara, C. (2018). The Performance of Mengkuang Leaf Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Composites. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*,12(2), 3645-3655.
- ISO, I. (2010). 179–1: 2010, *Plastics-Determination of Charpy Impact Properties, Part 1: Non-Instrumented Impact Test*. Geneva. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jahan, A., Rahman, M., Kabir, H., Kabir, M. A., Ahmed, F., Hossain, M. A., dan Gafur, M. A. (2012). Comparative Study of Physical and Elastic Properties of Jute and Glass Fiber Reinforced LDPE Composites. *International Journal of Scientific and Technology Research*,1(10), 68-72.
- Loh, X. H., Daud, M. M., dan Selamat, M. Z. (2016). Mechanical Properties of Kenaf/Polypropylene Composite: An Investigation. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 10(2), 2098-2110.
- Lumintang, R. C., Soenoko, R., dan Wahyudi, S. (2011). Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 145-153.
- Maryanti, B., Sonief, A. A., dan Wahyudi, S. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*,2(2), 123-129.
- Mohammed, A. A., Bachtiar, D., Siregar, J. P., dan Rejab, M. R. M. (2016). Effect of Sodium Hydroxide on The Tensile Properties of Sugar Palm Fiber Reinforced Thermoplastic Polyurethane Composites. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 10(1), 1765-1777.
- Mukhammad, A. F. H., dan Setyoko, B. (2014). Studi Kelayakan Mekanik Komposit Serat Rami Acak-Polyester Sebagai Bahan Helm Standar Sni. *TRAKSI*, 14(2), 1-14.
- Noryani, M., Sapuan, S. M., dan Mastura, M. T. (2018). Multi-Criteria Decision-Making Tools for Material Selection of Natural Fiber Composites: A Review. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*,12(1), 3330-3353.
- Oroh, J., Sappu, F. P., dan Lumintang, R. C. (2013). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*, 1(1), 1-10.
- Panyasart, K., Chaiyut, N., Amornsakchai, T., dan Santawitee, O. (2014). Effect of Surface Treatment on The Properties of Pineapple Leaf Fibers Reinforced Polyamide 6 Composites. *Energy Procedia*, 56, 406-413.
- SNI 1811. (2007). *Helm pengendara kendaraan bermotor roda dua*. Jakarta: BSN.
- Stark, N. M., dan Rowlands, R. E. (2003). Effects of Wood Fiber Characteristics on Mechanical Properties of Wood/Polypropylene Composites. *Wood and Fiber Science*, 35(2), 167-174.

Vlack, Van Lawrence H. 1991. Ilmu dan Teknologi Bahan. Edisi V. Jakarta: Erlangga.

Yudiono, H., Anis, S., Masugino, dan Pramono. (2018). Kekuatan Bending Panel Komposit Lamina Berbasis Karung Plastik Bekas (Woven Bag). *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 13(2), 44-47.