



Analisis Kekuatan *Impact* Komposit Polyester Berpenguat Kombinasi Serat Batang Bambu dan Serat Daun Pandan Bali

Impact Strength Analysis of Reinforced Polyester Composites Combination of Bamboo Stem Fibers and Bali Pandan Leaf Fibers

I G. M. Aditya Tresnajaya^{1,a)}, I Nyoman Pasek Nugraha¹, I Gede Wiratmaja¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

^{a)}Corresponding author: tresnajayaa@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan *impact* dari masing-masing tipe fraksi volume spesimen. Dengan perbandingan 24% komposit *polyester* dan 16% serat alami sebagai *reinforcement* dengan fraksi volume kombinasi serat 24% bambu: 16% pandan Bali, 20% bambu: 20% pandan Bali, dan 16% bambu: 24% pandan Bali serta untuk mengetahui struktur mikro spesimen uji *impact* dari masing-masing spesimen. Metode ini menggunakan eksperimen dengan variabel terikat kekuatan *impact*, struktur mikro, dan variabel bebas fraksi volume 24% bambu: 16% pandan, 20% bambu: 20% pandan Bali, dan 16% bambu: 24% pandan Bali. Hasil pengujian *impact* yang dilakukan menggunakan alat uji *charpy* mendapatkan nilai rata-rata untuk spesimen 24% bambu: 16% pandan Bali 4659,99 J/m², 20% bambu: 20% pandan Bali 3905,71 J/m², dan 16% bambu: 24% pandan Bali 5391,52 J/m². Dari hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi serat dapat berpengaruh pada kekuatan *impact*. Untuk spesimen yang menggunakan serat 16% bambu: 24% pandan Bali memiliki kekuatan *impact* yang lebih besar dengan serat yang lainnya. Secara mikroskopik pola patahan menunjukkan terjadinya pola patahan getas (*brittle*) pada spesimen 20% bambu: 20% pandan Bali dan mengalami kondisi fiber pull out. Untuk kondisi patahan sikat terjadi pada spesimen uji mikro serat 24% bambu: 16% pandan Bali. Sementara pada spesimen serat 16% bambu: 24% pandan Bali hanya memiliki model patahan getas (*Brittle Fracture*) dan tidak mengalami *fiber pull out*.

Kata kunci: fraksi volume; kekuatan *impact*; struktur mikro

Abstract

This study aims to determine the comparison of the impact strength of each type of volume fraction of the specimen. With a ratio of 60% polyester composite and 40% natural fiber as reinforcement with a volume fraction of a fiber combination of 24% bamboo: 16% Balinese pandan, 20% bamboo: 20% Balinese pandan, and 16% bamboo: 24% Balinese pandan and to determine the microstructure impact test specimen of each specimen. This method uses experiments with the dependent variable impact strength, microstructure, and independent variable volume fraction 24% bamboo: 16% pandan, 20% bamboo: 20% Balinese pandan, and 16% bamboo: 24% Balinese pandan. The results of the impact test carried out using the charpy test equipment obtained average values for specimens of 24% bamboo: 16% Balinese pandanus 4659.99 J/m², 20% bamboo: 20% Balinese pandanus 3905.71 J/m², and 16% bamboo : 24% Balinese pandanus 5391.52 J/m². From the results of these data it can be concluded that the combination of fibers can affect the impact strength. For specimens using 16% bamboo fiber: 24% Balinese pandan has greater impact strength than other fibers. Microscopically, the fracture pattern shows the occurrence of a brittle fracture pattern in the 20% bamboo: 20% Bali pandanus specimen and experiencing fiber pull out conditions. For brush fracture conditions, the micro fiber test specimen was 24% bamboo: 16% Balinese pandan. While the 16% bamboo fiber specimen: 24% Bali pandanus only has a brittle fracture model and does not experience fiber pull out.

Keywords: volume fraction; impact strength; microstructure

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi saat ini dengan kemajuan ilmu pengetahuan, yang membuat segala aspek yang berhubungan dengan teknologi berkembang. Banyak perkembangan teknologi di era saat ini yang dipengaruhi oleh kebutuhan manusia khususnya dibidang otomotif. Mengingat semua kebutuhan manusia yang semakin meningkat menjadikan perkembangan mobil sebagai salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan, teknologi mobil menjadi sangat penting saat ini karena mempermudah pekerjaan manusia, maka industri otomotif digunakan sebagai alat teknologi transportasi.

Pembangunan sangat penting saat ini. Kendaraan sebagai sarana alat transformasi yang paling banyak digunakan saat ini merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting bagi manusia saat ini karena segala sesuatu di masa sekarang memungkinkan manusia melakukan aktivitas seperti bekerja dengan melakukan perjalanan yang lumayan jauh dan yang mengharuskan suatu pekerjaan untuk membawa sebuah barang maka untuk memenuhi kebutuhan transportasi perlu adanya perkembangan seperti pada material kendaraan. Dari tahun ke tahun jumlah dari angka peningkatan kendaraan di Indonesia terus mengalami jumlah peningkatan, dikarenakan permintaan dari konsumen sendiri dan setiap tahun terus bertambah.

Dari sekian banyak peningkatan kendaraan, yang mendominasi adalah kendaraan sepeda motor dengan jumlah 120.101.047 unit. Selain itu sepeda motor sendiri juga memiliki berbagai macam bentuk sehingga dapat menarik minat konsumen yang sedang mencari alat transportasi. Saat ini daya Tarik yang diberikan kepada konsumen seperti bentuk bodi kendaraan yang mana bodi kendaraan dapat memikat konsumen dengan memiliki bentuk dan varian yang berbeda-beda membuat bodi kendaraan menjadi daya tarik utama untuk orang yang ingin memiliki kendaraan. Bodi kendaraan saat ini dominan menggunakan bodi berbahan plastik, pelat besi atau *galvanis* dan menggunakan *fiberglass*. Namun *fiberglass* juga memiliki kekurangan, karena kebanyakan *fiberglass* yang ada saat ini menggunakan serat sintetis atau serat kaca, sehingga akan sulit terurai bilamana serat kaca ini sudah tidak diperlukan. Walaupun nantinya serat kaca yang sudah tidak terpakai ingin dihancurkan, akan menimbulkan atau menambah pencemaran yang lain karena serat kaca hanya dapat dihancurkan melalui proses pembakaran. Saat ini serat sintetis tidak dapat digantikan seluruhnya, namun penggunaan serat alami semakin kelemahan sebagai berikut Ikatan mekanik yang buruk antara matrik (perekat) dan serat. Ikatan meningkat, namun menggunakan serat yang ramah lingkungan merupakan pilihan yang baik untuk melindungi lingkungan. Dibanding

dengan serat sintetis. Melihat lebih dekat keuntungan menggunakan serat tumbuhan alami, serat mudah didapat karena ada di alam, ringan, ramah lingkungan karena terurai oleh bakteri, dapat didaur ulang, dan memiliki kekakuan dan kekuatan yang relatif tinggi. Salah satu sumber daya alami yang bisa digunakan untuk bahan pengisi komposit adalah bambu. Tumbuhan tali bambu (*Gigantochloa Apus*) merupakan tumbuhan yang tumbuh dengan pola melingkar dan terdapat hampir di seluruh wilayah Jawa, Bali, Kalimantan, Sumatera, Sulawesi dan wilayah Indonesia lainnya Selain keuntungan, komposit yang diperkuat serat alam juga memiliki antara matriks dengan serat yang lemah dapat menurunkan kekuatan mekanik komposit, sehingga kekuatan mekanik komposit yang rendah membuat komposit sangat sulit diaplikasikan dalam bidang otomotif.

Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan serat bambu dan serat daun pandan sudah dilakukan oleh beberapa orang seperti Yudhyadi, I. G. N. K., & Sari, N. H. Analisa Kekuatan *Impact* Komposit *Polyester* Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Pengisi Serbuk Gergaji Kayu. Kekuatan *Impact* komposit kayu serat pandan wangi dengan fraksi volume 30% lebih besar dibandingkan dengan kekuatan *Impact* komposit dengan fraksi volume serat pandan wangi 20%. Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan serat pandan wangi dengan pengisi serbuk gergaji kayu sengon sebagai penguat dalam komposit polimer, ditinjau dari sudut pandang status dan harapan masa depan serat alami pada umumnya, struktur dan sifat pandan wangi, modifikasi permukaan serat, dan sifat fisik dan mekanik dari komposit polimer berbasis serat alami berpotensi baik sebagai penguat dalam polimer komposit.

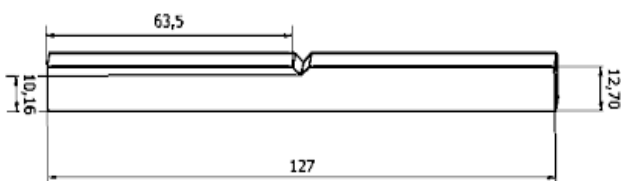
Selanjutnya, Porniawan, D. Y. Pengaruh variasi fraksi volume terhadap kekuatan mekanik komposit sandwich poliester yang diperkuat serat Pandan Duri dengan inti *styrofoam*. Untuk kekuatan lentur fraksi volume 5%, kekuatan lentur minimum adalah 0,264 MPa, momen maksimum adalah 412,5 N.mm, dan lendutan maksimum adalah 7,2 mm. Bagian 15% memiliki kekuatan lentur tertinggi sebesar 0,432 MPa dan momen maksimum sebesar 675 N.mm atau peningkatan sebesar 64% terhadap fraksi volume sebesar 5%, sedangkan lendutan maksimum sebesar 7,95 mm atau peningkatan sekitar 10 %.

Selanjutnya Yudistira, I. Analisis pengaruh variasi waktu perlakuan alkali terhadap kekuatan impak komposit *polyester* berpenguat serat bambu. Tentukan gambar mikroskopis dari pola fraktur spesimen tumbukan 5% dari 1 hingga 4 jam. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel terikat kekuatan impak dan mikrograf pola patahan, serta variabel bebas waktu perlakuan alkali 1, 2, 3, dan 4 jam. Sebagai hasil dari uji *impact* yang dilakukan, kekuatan *impact* meningkat hingga

2 jam sebelum perlakuan alkali, dan menurun setelah 3 jam dan 4 jam.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, penelitian yang digunakan adalah eksperimen, penelitian eksperimen adalah cara atau metode melakukan eksperimen untuk memperoleh jawaban atau hasil dari pertanyaan. Penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali. Dalam penelitian ini, studi eksperimen “Analisis Kekuatan *Impact* Komposit *Polyester* dengan berpenguat kombinasi serat batang bambu dan serat daun pandan Bali”. Penelitian ini diawali dengan studi literatur tentang penelitian terdahulu, jurnal, artikel, dan teori penunjang yang berkaitan tentang penggunaan komposit serat batang dan daun. Setelah mendapatkan kajian atau studi *literature* tentang serat daun dan komposit lalu memilih kombinasi serat batang yang akan digunakan. Setelah melakukan pemilihan data kemudian dilakukan pembuatan sampel dengan menggunakan campuran serat daun pandan Bali dan serat batang bambu dengan katalis resin, sampel dibuat dengan 3 variasi campuran fraksi volume yaitu spesimen dengan fraksi volume serat-komposit 16% : 24%, 20% : 20%, 16% : 24%. Dengan volume serat 40% dan komposit *polyester* 60% yang menggunakan resin dan katalis dengan kode resin 2504 Setelah sampel dibuat maka dilanjutkan dengan dilakukan uji *Impact* untuk masing-masing sampelnya. Standar untuk komposit *polyester* menggunakan standar ASTM D 6110-04 untuk lebih jelasnya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji *impact* ASTM D 6110-04

Proses pembuatan serat menggunakan teknik *Hand Lay Up* atau dengan cara manual, dengan cara menimbang masing masing serat lalu di campurkan dan di letakan pada cetakan dan selanjutnya dituangkan campuran resin dan katalis seperti pada Gambar 2.



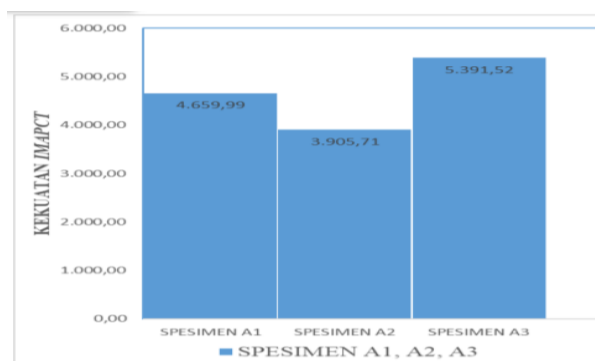
Gambar 2. Mencetak sampel

Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan hasil dari pengujian kemudian data diolah dan dari data itu didapatkan kesimpulan dari penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari pengujian *impact* yang sudah dilakukan pada komposit *polyester* berpenguat serat alam bambu dan pandan Bali dengan tipe serat Bambu 24% : 16% pandan Bali, Bambu 20% : 20% pandan Bali dan Bambu 16% : 24% pandan Bali. Dari kumpulan data tersebut dapat disimpulkan bahwa tipe serat memiliki perbedaan kekuatan uji *impact*. Tipe serat Bambu 16% : 24% pandan Bali memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tipe serat Bambu 24% : 16% pandan Bali. Serta tipe serat Bambu 24% : 16% pandan Bali memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tipe serat Bambu 20% : 20% pandan Bali. Dalam pembahasan ini spesimen yang didominasi serat daun pandan Bali memiliki nilai *impact* yang lebih besar seperti pada spesimen A3, namun pada saat komposisi seratnya sama antara bambu dan pandan Bali dengan perbandingan 20%:20% memiliki nilai *impact* paling rendah dibandingkan spesimen yang memiliki komposisi serat bambu 24%:16% serat daun pandan Bali. Menurut (Yeni, 2016) hal ini dikarenakan nilai kuat tekan pandan dalam spesimen penelitian ini memiliki nilai yang besar yaitu 50,38 Mpa -72,67 Mpa, dan disisi lain menurut (Putri, D., & Masdar, A, 2016) untuk nilai tekan bambu sebesar 50,29 Mpa -51,06 MPa. Hasil penelitian yang didapatkan selaras dengan penelitian Porniawan, D. Y. Pengaruh variasi fraksi volume terhadap kekuatan mekanik komposit sandwich poliester yang diperkuat serat Pandan Duri dengan inti *styrofoam*.

Berdasarkan penelitian dengan perbandingan rata-rata antar spesimen didapatkan hasil seperti Gambar 3., untuk spesimen A1 dengan kombinasi bambu 24%:16% pandan bali memiliki kekuatan rata-rata 4659,99 J/m² untuk spesimen A2 dengan kombinasi bambu 20%:20% pandan bali memiliki rata-rata 3905,71 J/m² dan untuk spesimen A3 dengan nilai tertinggi kombinasi bambu 16%:24% pandan bali memiliki nilai rata-rata 5391,52 J/m².



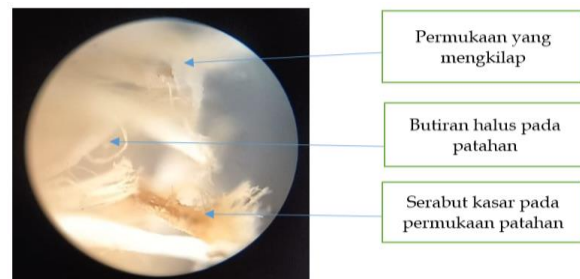
Gambar 3. Perbandingan kekuatan *impact*

Berdasarkan Gambar 3. diagram batang diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk kekuatan *impact* pada tipe serat Bambu 24%:16% pandan Bali (A1) dengan nilai 4659,99 J/m² mengalami penurunan kekuatan pada dari tipe serat Bambu 20% : 20% pandan Bali (A2) yang hanya memiliki nilai *impact* 3905,71 J/m². Kemudian terjadi peningkatan pada tipe Bambu 16%:24% pandan Bali (A3) sebesar 5391,52 J/m² dari tipe serat A1 dan A2. Berdasarkan hasil pengujian *impact* yang sudah dilakukan pada komposit *polyester* berpenguat serat alam bambu dan pandan Bali dengan tipe serat Bambu 24% : 16% pandan Bali, Bambu 20% : 20% pandan Bali dan Bambu 16% : 24% pandan Bali. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa tipe serat memiliki perbedaan kekuatan uji *impact*. Tipe serat Bambu 16% : 24% pandan Bali (A3) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tipe serat Bambu 20% : 20% pandan Bali (A2) dan tipe serat Bambu 24% : 16% pandan Bali (A1). Jadi nilai *impact* tertinggi adalah pada spesimen A3 dan untuk nilai *impact* terendah adalah spesimen A2. Dalam pembahasan ini spesimen yang didominasi serat daun pandan Bali memiliki nilai *impact* yang lebih besar seperti pada spesimen A3, namun pada saat komposisi seratnya sama anatara bambu dan pandan Bali dengan perbandingan 20%:20% memiliki nilai *impact* paling rendah dibandingkan spesimen yang memiliki komposisi serat bambu 24%:16% serat daun pandan Bali. (Yeni, 2016) hal ini dikarenakan nilai kuat tekan pandan dalam spesimen penelitian ini memiliki nilai yang besar yaitu 50,38 Mpa -72,67 Mpa, dan disisi lain (Putri, D., & Masdar, A, 2016) untuk nilai tekan bambu sebesar 50,29 Mpa - 51,06 MPa. Untuk spesimen A2 yang memiliki perbandingan yang sama 20%:20% memiliki nilai *impact* terendah dari spesimen A1 dan A3, hal ini dikarenakan pada analisa yang di dapatkan pada spesimen A2 terjadi anomali dari beberapa titik yang menyebabkan spesimen A2 yang memiliki komposisi yang sama 20%:20% memiliki nilai kekuatan *impact* yang paling rendah, adapun faktor-faktor penyebab dari lemahnya kekuatan *impact* pada spesimen A2 yaitu:

1. Lemahnya ikatan antar serat bambu dan serat pandan Bali sehingga terjadi *fiber pull out* pada spesimen sehingga melemahnya sifat mekanis dari spesimen.
2. Karena komposisi dari kedua serat sama rata dan banyaknya terjadi *fiber pull out* sehingga menyebabkan ketidakrataan dari resin dan adanya *void* atau gelembung dalam spesimen yang dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan *impact* pada komposit.

Pengujian struktur mikroskopik dilakukan untuk mengetahui bentuk pola patahan spesimen atau sampel setelah tumbukan dari pendulum alat uji *impact*. Pada pengujian mikro ini dibagi menjadi 3 (tiga) jenis variasi spesimen, diantaranya, kombinasi serat bambu 24%:16% serat pandan Bali, bambu 20%:20% serat pandan Bali, dan

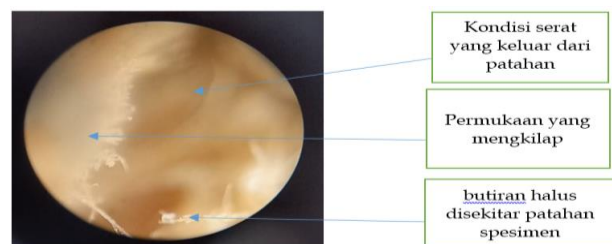
bambu 16%:24% serat pandan Bali pada komposit *polyester* yang diperkuat serat bambu dan pandan Bali. Untuk pengujian struktur mikroskopik ini akan diwakilkan oleh 1 spesimen yang sudah divalidasi dari masing-masing spesimen. Spesimen yang diambil merupakan spesimen yang jelas dan dapat menggambarkan bentuk patahan akibat dari tumbukan yang dialami saat melakukan pengujian. Setelah melakukan pengujian mikroskopik pada komposit, kondisi patahan pada spesimen A1 menunjukkan model patahan kombinasi antara patahan getas (*Brittle Fracture*) dan *Fiber Fracture* atau dikenal dengan patahan sikat dan untuk spesimen A2 mengalami model patahan *fiber pull out*, dimana pada ujung patahan terlihat ada pemutusan serat dan terdapat kondisi serat keluar dari matriksnya. Keadaan tersebut yang membuat kekuatan *impact* mengalami penurunan pada sifat mekanisnya sehingga pada saat pengujian *impact* nilai kekuatan *impact* pada spesimen A2 memiliki nilai *impact* paling rendah dibandingkan dengan spesimen yang lainnya, dan untuk spesimen A3 memiliki model patahan getas (*Brittle Fracture*) dan memiliki ikatan serat yang paling bagus dan tidak ada *fiber pull out*.



Gambar 4. Struktur Mikro Serat Bambu 24%:16% Serat Pandan Bali

Pada pengujian struktur mikro spesimen Serat Bambu 24%:16% seperti Gambar 4. di atas, Serat Pandan Bali memiliki model patahan kombinasi antara patahan getas (*Brittle Fracture*) dan *fiber fracture* atau dikenal dengan patahan sikat yang dapat dilihat dari ciri-ciri sebagai berikut:

1. Terdapat permukaan yang berkilap dari spesimen uji.
2. Terdapat butiran halus disekitar patahan spesimen.
3. Terdapat serabut kasar pada permukaan yang berbentuk seperti sikat.

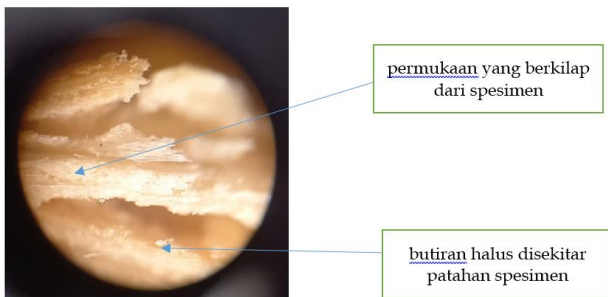


Gambar 5. Struktur Mikro Serat Bambu 20%:20% Serat Pandan Bali

berdasarkan pengujian struktur mikro Serat Bambu 20%:20% seperti Gambar 5. di atas, Serat Pandan Bali memiliki model patahan getas (*Brittle Fracture*) dan mengalami kondisi *fiber pull out* yang dapat dilihat dari ciri-ciri sebagai berikut:

1. Terdapat permukaan yang berkilap dari spesimen uji.
2. Terdapat butiran halus disekitar patahan spesimen.
3. Kondisi serat yang keluar dari patahan akibat ikatan serat dengan matrik kurang sempurna kondisi ini sering disebut dengan (*fiber pull out*).

Sehingga pada kondisi tersebut yang mengalami model patahan getas (*Brittle Fracture*) dan mengalami kondisi *fiber pull out* menyebabkan melemahnya sifat mekanis dari komposit karena diakibatkan oleh lemahnya ikatan antar serat.



Gambar 6. Struktur Mikro Serat Bambu 16%:24% Serat Pandan Bali

Pengujian struktur mikroskopik spesimen Serat Bambu 16%:24% seperti Gambar 6. di atas, Serat Pandan Bali memiliki model patahan getas (*Brittle Fracture*) yang dapat dilihat dari ciri-ciri sebagai berikut:

1. Terdapat permukaan yang berkilap dari spesimen uji.
2. Terdapat butiran halus disekitar patahan spesimen.

Pada pengujian mikroskopik di spesimen A3 tidak ditemukan adanya serat kasar seperti pada spesimen A1 dan tidak ditemukan *fiber pull out* seperti pada spesimen A2 sehingga dapat disimpulkan bahwa ikatan antar serat yang paling baik terjadi pada spesimen A3 yaitu serat bambu 16% : 24% serat pandan Bali.

PENUTUP

Simpulan

Dalam penelitian ini dari data yang dikumpulkan pada pengujian ketiga spesimen maka terdapat hasil yang memiliki kekuatan paling tinggi setelah uji *impact* yaitu pada spesimen serat bambu 16%:24% serat pandan Bali (A3) dan mulai mengalami penurunan pada spesimen serat bambu 24%:16% serat pandan Bali (A1) dan dilanjutkan dengan spesimen yang memiliki nilai terendah setelah melakukan uji *impact* yaitu spesimen dengan kombinasi yang sama rata serat bambu 20%:20% serat pandan Bali (A3).

Pengujian struktur mikroskopik dimana pengujian yang dilakukan untuk melihat pola patahan dari semua jenis spesimen terdapat beberapa perbedaan diantaranya pada spesimen serat bambu 20%:20% serat pandan Bali dengan nilai kekuatan *impact* terendah menunjukkan mekanisme getas (*Brittle Fracture*) dan mengalami *fiber pull out*. Sedangkan untuk serat bambu 24%:16% serat pandan Bali menunjukkan model patahan (*Brittle Fracture*) dan *Fiber Fracture* atau dikenal dengan patahan sikat dan untuk spesimen serat bambu 16% dan serat pandan Bali 24% memiliki model patahan getas (*Brittle Fracture*) dan memiliki ikatan serat yang paling bagus dan tidak ada *fiber pull out*.

Saran

Penelitian ini masih memiliki kekurangan salah satunya mengatasi *void* (gelembung udara) seperti pada spesimen serat 20%:20%. Dalam penelitian ini menggunakan metode pembuatan spesimen *hand-lay up*. Sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba menggunakan metode pembuatan spesimen yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Analisa Kekuatan Impact Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Pengisi Serbuk Gergaji Kayu. (2014). In Jurnal Energi Dan Manufaktur. Jurnal Program Studi Teknik Mesin, (Universitas Mataram).
- [2] Bintang Sinosa, P. (2021). Pengaruh Perpaduan Komposit Serat Bambu, Serabut Kelapa, Dan Serat Fiber Glass Pada Point Panjat Dinding Terhadap Kekuatan *Impact*, Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
- [3] Aprilia, D., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Analisa Kekuatan *Impact* Dan Model Patahan Komposit Polyester-Serat Eceng Gondok Di Tinjau Dari Tipe Penyusunan Serat. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 6(1), 58-66.
- [4] Chandra, A., & Asroni, A. (2017). Pengaruh Komposisi Resin Poliyester Terhadap Kekuatan Bending Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Apus. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 4(2). (Universitas Muhammadiyah Metro)
- [5] Firmansyah, B., & Banowati, L. (2019). Pengaruh Parameter Proses Manufaktur Terhadap Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Bambu Tali/Epoxy, Fakultas Teknik Unpas.
- [6] Jamalul, F. A. (2021). Pengaruh Perlakuan Serat Bambu Terhadap Kekuatan Bending Komposit Serat Bambu Searah Bermatrik Resin Polyester Tak Jenuh (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- [7] Kolo, J. M., Nugraha, I. N. P., & Widayana, G. (2017). Pengaruh variasi arus terhadap kekuatan

impact dan kekerasan material st 37 menggunakan proses pengelasan gas tungsten arc welding (GTAW). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2).

- [8] Napitupulu, A. M., Yudo, H., & Jokosiworo, S. (2018). Analisa Teknik Penggunaan Serat Pandan Wangi Dan Serat Ampas Tebu Dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Di Tinjau Dari Kekuatan Lentur Dan Tekan. *Jurnal Teknik Perkapalan*.(Universitas Diponegoro)
- [9] Manuputty, M., & Berhиту, P. T. (2010). Pemanfaatan material bambu sebagai alternatif bahan komposit pembuatan kulit kapal pengganti material kayu untuk armada kapal rakyat yang beroperasi di daerah Maluku. *Jurnal teknologi*.(Universitas Pattimura)
- [10] Maulida, 2006, Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena Dengan Pengisi Serat Pandan dan Serat Daun Pisang, *Jurnal Teknologi Proses*, FT Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [11] Muhammad, M., & Putra, R. (2018). Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*.
- [12] Mujiyono dan Didik, 2006, Pemanfaatan Serat Daun Pandan Alas Sebagai Pengisi Alternatif Pengganti Fiber Glass, *Media Teknik*, No.1, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [13] Pambudi, A. (2017). Proses Manufaktur Komposit Berpenguat Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dan Matriks Unsaturated Polyester dengan Metode Hand Lay-up untuk Aplikasi Otomotif (Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [14] Porniawan, D. Y. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Pandan Duri Dengan Core Styrofoam.(Universitas Jember)
- [15] Putri, D., & Masdar, A. (2016, December). Tinjauan Kekuatan Ranting Bambu ORI Sebagai Konektor Pada Sambungan Struktur Kuda-Kuda Bambu. In *FORUM MEKANIKA* (Vol. 5, No. 2, pp. 61-69). (Institut Teknologi PLN)
- [16] Yudistira, I. P. H. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Impact Komposit Polyester Yang Diperkuat Serat Bambu. (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Ganesha)
- [17] Yudhyadi, I. G. N. K., & Sari, N. H. (2013). Analisa Kekuatan Impact Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Pengisi Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol, 6(2), 95-200. (Universitas Mataram)