

STUDI PENAMBAHAN *FLY ASH* pada KOMPOSIT *NATURAL FIBER REINFORCED BOAT*

Widya Emilia Primaningtyas¹⁾, Benedicta Dian Alfanda¹⁾, Kiki Dwi Wulandari²⁾, Budhi Santoso³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²⁾Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Jl.Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60111

³⁾Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis
Jl.Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia 28711

Email: widyaemilia@ppns.ac.id, budhisantoso@polbeng.ac.id

Abstrak

Kapal berpenguat serat kaca masih menjadi mayoritas produksi industri transportasi laut, akibat harga yang relatif murah dan proses produksi yang mudah. Resiko kesehatan kerja yang tinggi saat produksi, dihasilkan dari penggunaan serat kaca yang ringan, tipis, dan tajam mudah terhirup. Maka kebutuhan kapal yang kuat, murah, dengan resiko kesehatan kerja rendah serta ramah lingkungan menjadi tantangan bagi sektor material di industri transportasi laut. Daun nanas, merupakan salah satu limbah komoditas perkebunan Indonesia, yang jumlahnya melimpah dan pemanfaatannya yang belum optimal, berpotensi menggantikan serat kaca pada konstruksi *Natural Fiber Reinforce Boat. fly ash*, merupakan residu hasil pembakaran batubara, tercatat pemanfaatannya hanya berada maksimum pada 12% dari total pasokan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sintesis pembentukan komposit polyester berpenguat serat daun nanas yang ditambahkan *fly ash* sebagai filler. Kekuatan tarik dari spesimen komposit diuji mengacu pada ASTM D638-14. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up dengan komposisi reinforce dan matriks dalam persen volume sebesar 30:70% dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0, 5, 10, 15 % dari tiap-tiap porsi komposisi matriks. Serat daun nanas pendek berukuran 1 mm digunakan dan disusun dengan orientasi random sebagai reinforce. Nilai kekuatan tarik terbaik dihasilkan dari komposit tanpa penambahan filler *fly ash* senilai $45,06 \pm 0,87$ MPa, yang melampaui kekuatan minimum sebagai papan serat densitas tinggi mengacu pada SNI 01-4449-2006 yang dapat digunakan sebagai bahan dinding ruang sekat akomodasi interior kapal. Penambahan sejumlah sedikit *fly ash* (5%) sebagai filler dalam komposit menurunkan 6,41% kekuatan tarik, namun seiring dengan meningkatnya jumlah filler *fly ash* yang ditambahkan cenderung meningkatkan kekuatan tarik walaupun belum melampaui kekuatan tarik komposit tanpa tambahan filler *fly ash*.

Kata Kunci : Komposit, Daun Nanas, Lambung Kapal, Serat diskontinu

Abstract

Fiber Glass Reinforced Boat are still the main production of the marine transportation industry, as a result of which the prices are relatively cheap and the easiness process production. High occupational health risks during production, resulting from the use of light, thin, and sharp glass fibers that are easily inhaled. Therefore, the need for strong ships, inexpensive, with low occupational health risks and environmentally friendly becomes a challenge for the material sector in the marine transportation industry. Pineapple leaves, is one of the wastes of Indonesian plantation waste, which is abundant and its utilization is not optimal, potentially replace fiberglass in the construction of Natural Fiber Reinforce Boat. fly ash, is a residue from coal combustion, its utilization is only at a maximum of 12% of the total supply. This study aims to analyze synthesis of pineapple leaf fiber reinforced polyester composites with fly ash added as a filler. The tensile strength of the tested composite specimen refers to ASTM D638-14. Composites were made using the hand lay-up method with the composition of reinforcement and matrix in volume percent of 30:70% with variations in the addition of fly ash of 0, 5, 10, 15% from each portion of the composition matrix. Pineapple leaf fibers measuring 1 mm were used and arranged in random orientation as reinforcement. The value of the best tensile strength resulting from the composite without the addition of flyash filler is $45,06 \pm 0,87$ MPa, which exceeds the minimum strength as high density fiberboard refers to SNI 01-4449-2006 which can be used as a partition wall material for interior accommodation room of boat. The addition of a small amount of fly ash (5%) as a filler in the composite reduced the tensile strength by 6.41%, but along with the addition of the added amount of fly ash filler it increased the strength even though it had not exceeded the tensile strength of the composite without additional fly ash filler.

Keywords : Composite, Pineapple Leaf, Hull, Discontinuous Fiber

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki luas wilayah perairan mencapai 3.257.357 km², yang didalamnya terdapat 17.491 pulau[1]. Banyaknya pulau di Indonesia menjadikan industri transportasi laut menjadi sektor yang esensial.

Pemeningkatan industri transportasi laut telah dicanangkan oleh Presiden Joko Widodo pada pilar ketiga poros maritim dunia yang berbunyi: komitmen mendorong pengembangan infrastruktur dan konektivitas maritim dengan membangun tol laut, pelabuhan laut, logistik, dan industri

perkapalan, serta pariwisata maritim[2]. Sejumlah 124 pelabuhan baru, telah dibangun dalam kurun waktu 6 tahun terakhir, membuktikan bahwa pembangunan di sektor infrastruktur maritim benar-benar didukung penuh oleh pemerintah. Peningkatan pembangunan di sektor infrastruktur maritim ini tentu berbanding lurus dengan produktivitas pada industri transportasi laut. Tuntutan ketersediaan material maju dalam industri perkapalan menjadi salah satu sektor yang penting untuk memenuhi kebutuhan industrinya. Kapal berpenguat serat kaca masih menjadi komoditas utama produksi pada industri perkapalan, selain harganya yang relatif murah, proses produksinya pun tergolong mudah. Namun pembuatan kapal berpenguat serat kaca memiliki resiko kesehatan kerja yang tinggi. Serat kaca yang ringan, tipis, dan tajam mudah terhirup dan masuk ke dalam dinding paru-paru yang dapat menyebabkan peradangan dan penebalan pada dinding paru-paru (fibrosis paru)[3].

Percepatan pembangunan nasional juga dilakukan dengan melakukan sinergi antar beberapa kementerian maupun industri, demi mewujudkan produksi dari hulu ke hilir dengan teknologi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Upaya penguatan, pengembangan, dan peningkatan pemerdayaan perkebunan agar memberikan nilai tambah hasil perkebunan, yang berdaya saing tinggi dan ramah lingkungan melalui kegiatan penelitian diatur pada UU No 39 Tahun 2014.

Indonesia menempati urutan ke-4 sebagai negara penghasil nanas terbesar di dunia. Hasil produksi nanas di Indonesia mencapai 2.196.456 ton[4], dengan peningkatan sebesar 11,42% dari tahun 2020. Akan tetapi, pemanfaatan sumber daya nanas di Indonesia saat ini masih terbatas, banyak bagian dari tanaman nanas yang belum dimanfaatkan dengan optimal yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dimaksimalkan.

Bahan bakar fosil terutama batubara diberbagai industri masih digunakan sampai hari ini. Batubara juga dipergunakan untuk

bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Indonesia sampai saat ini masih menjadikan PLTU sebagai pilihan utama dalam menghasilkan energi listrik. Pada tahun 2019, Indonesia membutuhkan batubara hingga 97 juta-ton untuk memenuhi kebutuhan listrik. *fly ash* merupakan residu yang berasal dari pembakaran batubara dimana pemanfaatan *fly ash* di Indonesia pada tahun yang sama berada pada 10-12%. Jika keadaan ini tidak berubah, maka akan terjadi penumpukan *fly ash* hingga 10,4 juta-ton per tahun pada tahun 2027 [5].

Kebutuhan kapal yang kuat, resiko kesehatan kerja rendah dan ramah lingkungan menjadi tantangan di sektor material pada industri perkapalan. Penggunaan serat daun nanas yang direncanakan dapat menggantikan serat kaca dan penambahan *fly ash* sebagai filler dari matriks pada produksi kapal berpenguat serat natural, dilakukan sebagai upaya optimalisasi pemanfaatan dan pemberian nilai tambah pada limbah.

Penambahan *fly ash* sebagai filler selain sebagai upaya peningkatan nilai pemanfaatan juga berkaitan dengan penggunaan coupling agent[6]. Kandungan silika pada *fly ash* bertindak sebagai filler yaitu filler aktif (reinforcement filler)[7]. Filler aktif diharapkan dapat berfungsi untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan sobek dan kikis, pengurangan penumpukan panas, memperluas daerah elastis material dan peningkatan adhesi senyawa dalam polimer[8]. Pemanfaatan *fly ash* mulai banyak digunakan dan diteliti dalam berbagai sektor, seperti konstruksi[10], industri kimia[11], pengolahan limbah dan gas buang[12,13], juga digunakan di bidang pertanian seperti perbaikan tanah[14] dan produksi pupuk[15,16]. Studi perihal penambahan *fly ash* sebagai filler dalam komposit polyester berpenguat serat daun nanas dilakukan untuk memahami sintesis pembentukan komposit dan menganalisis kekuatan mekanik akibat variasi persentase penambahan *fly ash* terhadap matriks komposit pada aplikasi konstruksi *Natural Fiber Reinforced Boat*.

2. METODE

Penelitian dilakukan menggunakan limbah daun nanas yang berasal dari Desa Sidorejo, Blitar.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan untuk mendukung jalannya penelitian adalah, Neraca Analitis, Gunting, Sikat Besi, Spatulla Stainless Steel, Glass Beaker, Kuas, Painting Roller, Hand Mixer dan Kamera DSLR. Sedangkan bahan yang dibutuhkan adalah Serat Daun Nanas, Aquades, Resin Polyester dan Katalis, Masker, dan Sarung Tangan.

2.2 Preparasi Serat

Preparasi Serat dilakukan dengan pencucian limbah daun nanas dengan menggunakan air yang mengalir, dilanjutkan dengan melakukan pengerollan daun nanas untuk memipihkan dan menghilangkan daging daun nanas, proses diulangi hingga didapatkan serat daun nanas. Serat daun nanas dicuci dan disisir dengan menggunakan sikat besi untuk menguraikan serat nanas. Serat daun nanas di dehidrasi secara alami dengan menggunakan bantuan panas matahari selama 72 jam, dikombinasi dengan proses pengeringan dengan menggunakan bantuan oven pada temperature 40°C selama 2 jam, hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa serat ada dalam kondisi kadar air minimum. Kemudian, serat alam dikondisikan ukuran seratnya berbentuk serat diskontinu yang memiliki panjang yang dibuat seragam berukuran 1 mm.

2.3 Massa Jenis Serat Daun Nanas dan *fly ash*

Pengujian massa jenis serat daun nanas dan *fly ash* dilakukan dengan menggunakan piknometer. Dilakukan untuk mendapatkan

nilai massa jenis serat daun nanas dan *fly ash* yang menjadi acuan perhitungan kebutuhan reinforce dan filler yang akan dimasukkan dalam komposisi komposit. Sampel serat yang telah diserbukkan berukuran 40 mesh dimasukkan kedalam piknometer dan diisi minyak penuh. Data yang diambil dari pengujian massa jenis dengan menggunakan piknometer adalah massa piknometer kosong, massa piknometer dan benda, massa piknometer, benda, dan minyak. Repetisi sebanyak 3 kali dilakukan untuk mendapatkan nilai kepercayaan pada nilai rata-rata massa jenis yang disajikan sebagai nilai tunggal. Massa jenis serat daun nanas dan *fly ash* diperoleh dengan perhitungan seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (1)

$$\rho_{benda} = \frac{(m_{pikno+benda} - m_{pikno})}{\left(v_{pikno} - \left(\frac{(m_{pikno+benda+minyak} - m_{pikno})}{\rho_{minyak}} \right) \right)} \quad (1)$$

Menggunakan Persamaan (1) dengan nilai massa jenis minyak sebesar 0,9 g/ml dan volume piknometer sebesar 25 ml didapat hasil massa jenis serat daun nanas dan *fly ash* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

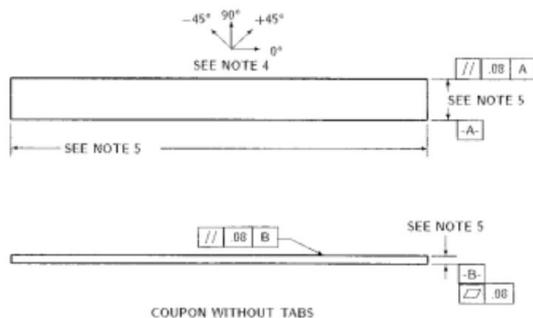
Tabel 1. Massa jenis serat daun nanas dan *fly ash*.

Substansi	Repetisi	Massa Jenis (g/ml)	Massa Jenis (g/ml)
Serat Daun Nanas	1	1,35	1,36
	2	1,37	±
	3	1,36	0,01
<i>fly ash</i>	1	5,02	5,01
	2	5	±
	3	5,01	0,01

2.4 Perhitungan Kebutuhan Serat Daun Nanas , *fly ash* dan Resin

Kebutuhan serat daun nanas, *fly ash* dan resin dihitung berdasarkan fraksi volume dari cetakan uji tarik yang disiapkan. Cetakan uji tarik dibuat menggunakan akrilik yang dipotong sengan menggunakan mesin laser

cut mengacu pada ASTM D3039-00 seperti yang tercantum pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik D3039-00

Dimana untuk spesimen komposit penambahan serat berorientasi random nilai $W = 25 \text{ mm}$; $L = 250 \text{ mm}$; $t = 2,5 \text{ mm}$ dan didapatkan nilai volume sebesar 15625 mm^3 . Kebutuhan serat nanas, *fly ash*, dan resin sesuai komposisi yang ditentukan ditunjukkan pada Tabel 2 dimana massa serat nanas dihitung sesuai proporsi bagian dari penambahan reinforce dalam komposit, dan kebutuhan *fly ash* dihitung sebagai filler yang menjadi bagian dari matriks.

Tabel 2. Kebutuhan Serat Daun Nanas, *fly ash* dan Resin

Penambahan Filler <i>fly ash</i> (% Vt)	Kebutuhan Serat Daun Nanas (gr)	Kebutuhan <i>fly ash</i> (gr)	Kebutuhan Resin (gr)	Kebutuhan Hardener (gr)
0	6,38	0	16,85	0,17
5		2,47	11,20	0,11
10		4,93	10,61	0,11
15		7,40	10,02	0,10

Pada pelaksanaan manufaktur spesimen uji tarik, kebutuhan resin dan hardener diberi penambahan margin 15% dari perhitungan sebagai bentuk kompensasi dari resin yang akan tertinggal pada wadah pencampuran.

2.5 Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up dengan komposisi reinforce dan matriks dalam persentase

volume 30:70%, dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0, 5, 10 dan 15 % dari tiap-tiap porsi komposisi matriks. Setelah pengukuran kebutuhan bahan penyusun komposit selesai, serat diskontinu ditata dalam cetakan dan diratakan. Resin dicampur dengan *fly ash* dengan komposisi masing-masing variasi penambahan dan diaduk merata dengan mixer sebelum di campur dengan katalis. Katalis resin dimasukkan tepat sebelum dituangkan, dikuaskan diatas sebaran serat diskontinu daun nanas. Agitasi manual dilakukan dalam upaya meminimalisir gelembung udara yang terperangkap dalam cetakan. Masing-masing campuran komposisi komposit akan di bentuk mengacu pada ASTM D3039-00.

2.6 Uji Statistik

Uji statistik dilakukan pada hasil pengujian tarik. Pendekatan One Way ANOVA dan Paired T-Test digunakan untuk melakukan analisis statistik menggunakan program Minitab19. Tingkat signifikansi (α) yang digunakan adalah 0,05. Kelompok data yang diuji sebelumnya harus dipastikan homogen dan terdistribusi normal. Penyusunan hipotesis metode One Way ANOVA berlaku daerah penolakan H_0 terjadi ketika $P\text{-value} < \alpha$, dimana H_0 adalah variasi penambahan *fly ash* sebagai filler mempengaruhi hasil uji tarik dan H_1 adalah variasi penambahan *fly ash* sebagai filler tidak mempengaruhi hasil uji tarik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji kandungan *fly ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian didapat dari PT. Wilmar Nabati Indonesia, Gresik. Setelah diuji spektrofotometri didapatkan hasil kandungan *fly ash* seperti yang disajikan dalam Tabel. 3

Tabel 3. Kandungan Konsentrasi Zat Terlarut dalam *Fly Ash*.

No.	Parameter	Kuantitas (%)
1.	SiO ₂	39,77
2.	Al ₂ O ₃	15,22
3.	Fe ₂ O ₃	17,41
4.	CaO	14,79
5.	MgO	6,74
6.	Na ₂ O	1,18
7.	K ₂ O	1,25
8.	TiO ₂	0,8
9.	MnO ₂	0,34
10.	P ₂ O ₅	0,15
11.	Cr ₂ O ₃	Tidak terdeteksi
12.	SO ₃	0,96

3.2 Pengujian Tarik

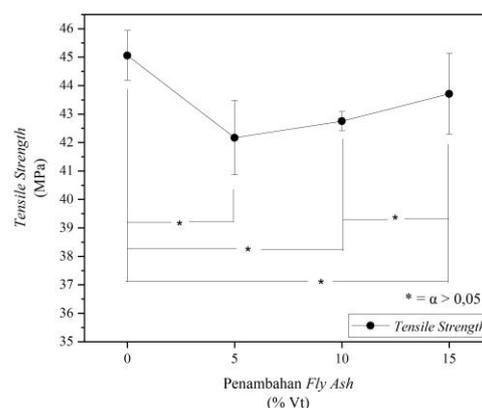
Pengujian tarik dilakukan setelah 96 jam komposit diproduksi dengan tujuan memberikan waktu spesimen untuk benar benar tersolidifikasi. Pengujian tarik dilakukan dengan *Universal Testing Machine merk Hung Ta Instrument Go., Ltd tipe HT-2402* dengan kapasitas 10 kN. Uji tarik spesimen komposit menghasilkan data seperti yang tersaji pada Tabel. 4

Tabel 4. Nilai Kekuatan Tarik Spesimen Komposit dengan variasi penambahan *fly ash* sebagai filler.

Penambahan <i>fly ash</i> (% Vt)	Repetisi	σ_u (MPa)	$\bar{\sigma}_u$ (MPa)
0	1	44,08	45,06 ± 0,87
	2	45,38	
	3	45,72	
5	1	42,37	42,17 ± 1,31
	2	40,78	
	3	43,37	
10	1	42,67	42,75 ± 0,34
	2	43,12	
	3	42,46	

15	1	43,34	43,71 ± 1,42
	2	45,28	
	3	42,52	

Tiap-tiap kelompok variabel spesimen dibuat replikasi sebanyak 5 kali, dan diambil 3 data yang menghasilkan simpangan yang paling kecil. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai kepercayaan akan data eksperimental yang didapatkan melalui nilai deviasi. Uji homogenitas dan uji normalitas telah dilakukan untuk kelompok data yang akan diuji statistik dengan pendekatan One Way ANOVA, dengan menggunakan metode Kormogolov- Smirnov. Telah didapatkan data yang homogen dan tersebar normal dimana $P_{value} > 0,05$. Melalui pendekatan One Way ANOVA didapatkan bahwa hubungan variabel bebas dan respon menghasilkan nilai P_{value} sebesar 0,0029, dimana menyakatan bahwa penambahan *fly ash* sebagai filler dalam komposit berdampak pada kekuatan tarik dari komposit.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Nilai Kekuatan Tarik

Nilai kekuatan tarik terbaik dihasilkan dari komposit tanpa penambahan filler *fly ash* senilai 45,06 ± 0,87 MPa, dimana nilai tersebut lebih besar dari batas minimum persyaratan material sebagai papan serat densitas tinggi dengan perlakuan berdasarkan SNI 01-4449-2006 yang bernilai 45 MPa. Beberapa spesimen hasil replikasi dengan penambahan 15% *fly ash* juga memberikan nilai kekuatan tarik diatas 45 MPa. Spesimen

dengan nilai kekuatan tarik memenuhi SNI 01-4449-2006 dinyatakan bahwa komposisi kompositnya dapat digunakan sebagai bahan alternatif dinding sekat ruang akomodasi interior kapal, yang tidak termasuk dalam struktur utama kapal. Ditunjukkan pada Gambar 2., penambahan sejumlah sedikit *fly ash* (5%) sebagai filler dalam komposit menurunkan 6,41% kekuatan tarik, namun seiring dengan meningkatnya jumlah filler *fly ash* yang ditambahkan cenderung meningkatkan kekuatan tarik. Pada penambahan 10% dan 15% *fly ash* meningkatkan kekuatan tarik berturut turut sebesar 1,36% dan 3,52% dibandingkan dengan kekuatan tarik penambahan 5% *fly ash*, walaupun belum dapat melampaui kekuatan tarik komposit tanpa tambahan filler *fly ash*. Hal ini sesuai dengan penelitian Sombatsompop, 2006^[17] yang mengatakan bahwa komposisi *fly ash* 20 % Vt adalah kondisi optimum untuk peningkatan nilai tensile strength pada kompon.

Hasil pengujian Paired T-Test memberikan hasil $\alpha > 0,05$ pada hubungan antara spesimen tanpa penambahan *fly ash* dan masing masing variabel penambahan *fly ash* sebagai filler pada kompon, memberikan informasi bahwa penambahan *fly ash* pada kompon membawa dampak perbedaan signifikan pada nilai kekuatan tarik. Namun pada hubungan penambahan *fly ash* 5 dan 10% terhadap matriks memberikan nilai $\alpha < 0,05$, yang dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik pada penambahan 5 dan 10% *fly ash* tidak berbeda signifikan.

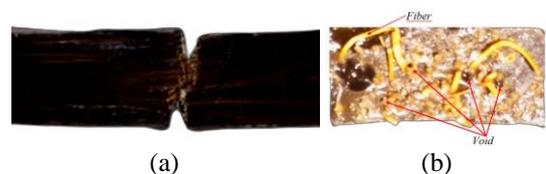
Penambahan *fly ash* sebagai filler yang mengandung silika berkaitan erat dengan interaksi antara polimer dan silika atas penambahan *coupling agent*. Pada penelitian ini tidak ditambahkan *coupling agent*, yang mengakibatkan turunnya kemampuan solidifikasi pada penambahan *fly ash* dalam jumlah variabel bebas terbesar (15%) dikarenakan peranan *coupling agent* sebagai penghubung agar interaksi antara polimer-silika dapat meningkat dan mencegah adsorpsi akselerator pada permukaan silika^[6].

Penambahan filler aktif berbentuk *fly ash* sebagai substitusi dari bentuk filler aktif lain yaitu karbon hitam, dinilai tidak lebih baik pada kekuatan ikatannya daripada karbon hitam jika dibandingkan pada ukuran partikel yang sama dilihat dari nilai kuat tarik maksimum.^[9]

3.3 Pengamatan Makro

Mekanisme sintesis dari spesimen komposit berpenguat serat daun nanas tanpa dan dengan penambahan *fly ash* dapat dilihat dari pola patahan spesimen uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

Gambar 2. Pola patahan spesimen uji tanpa penambahan *fly ash*



Gambar 3. (a) Pola patahan spesimen uji dan (b) penampang melintang patahan komposit dengan penambahan *fly ash* 15%

Pada Gambar 2. ditunjukkan penampang melintang patahan spesimen uji tarik dari komposit berpenguat serat nanas tanpa penambahan *fly ash*. Ditunjukkan adanya *void* atau celah kecil dari kesalahan proses manufaktur akibat adanya gelembung udara yang terperangkap pada saat proses solidifikasi berlangsung atau matriks yang tidak cukup mampu membasahi serat atau reinforce yang menghasilkan ada bagian yang tidak terisi oleh mat menunjukkan bahwa metode pengadukan dan agitasi tidak cukup tuntas untuk mengeliminasi permasalahan gelembung udara yang terperangkap. Metode pengadukan dengan metode angka delapan

dan penuangan resin yang tidak terlalu tinggi belum dapat menghasilkan spesimen komposit yang bebas void, metode vacuum dirasa lebih baik dalam menanggulangi permasalahan ini. Serat daun nanas dengan ukuran yang digunakan terdispersi didalam matriks dengan cukup baik hingga tidak nampak adanya gumpalan atau aglomerasi. Pada penampang melintang spesimen, bagian yang kekurangan serat dinilai kurang lebih 15% bagian. Pada Gambar 3. pada komposit dengan penambahan *fly ash* sebagai filler, nampak patah pada area konsentrasi tegangan (gauge length), dan tidak mudah mengidentifikasi adanya penumpukan serat dikarenakan warna matriks yang menjadi hitam setelah ditambah *fly ash*, void dalam spesimen baik didalam dan dipermukaan spesimen uji tarik lebih banyak dijumpai dibandingkan spesimen tanpa penambahan *fly ash*, hal ini dapat dipengaruhi oleh tidak ditamhkannya coupling agent dalam proses manufaktur komposit sehingga kemampuan matriks dalam berinteraksi dengan *fly ash* yang mengandung silika dalam membentuk ikatan menurun sehingga kemampuan pembasahan matriks terhadap seratnya juga menurun sehingga lebih banyak muncul void.

4. KESIMPULAN

Nilai kekuatan tarik terbaik dihasilkan dari komposit tanpa penambahan filler *fly ash* senilai $45,06 \pm 0,87$ MPa, memenuhi persyaratan material sebagai papan serat densitas tinggi mengacu pada SNI 01-4449-2006 yang dapat digunakan sebagai bahan dinding ruang sekat akomodasi interior kapal. Penambahan sejumlah sedikit *fly ash* (5%) sebagai filler dalam komposit menurunkan 6,41% kekuatan tarik, namun seiring dengan meningkatnya jumlah filler *fly ash* yang ditambahkan cenderung meningkatkan kekuatan tarik walaupun belum melampaui kekuatan tarik komposit tanpa tambahan filler *fly ash*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai penuh oleh Program Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2022. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi - Direktorat Riset Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saksono, H. (2013) 'Ekonomi Biru: Solusi Pembangunan Daerah Berciri Kepulauan Studi Kasus Kabupaten Kepulauan Anambas', Jurnal Bina Praja, 05(01), pp. 01–12. doi: 10.21787/jbp.05.2013.01-12.
- [2] Kementerian Kominfo. 2016. Menuju Poros Maritim Dunia. https://www.kominfo.go.id/content/detail/8231/menuju-poros-maritim-dunia/0/kerja_nyata. Diakses pada 20 Desember 2021 pukul 12.00 WIB.
- [3] Achille, S., Sismonetta, G. & Massimo, F., 1992. Fiberglass Dermatitis Clinics in Dermatology. April - June, 10(2), pp. 167-174.
- [4] Shahbandeh, M. 2021. Leading Countries in Pineapple Production Worldwide in 2019. <https://www.statista.com/statistics/298517/global-pineapple-production-by-leading-countries/>. Diakses pada 22 Desember 2021 pukul 15:00 WIB.
- [5] Ekaputri, J. J. and Bari, M. S. Al (2020) 'Perbandingan Regulasi *fly ash* sebagai Limbah B3 di Indonesia dan Beberapa Negara', Media Komunikasi Teknik Sipil, 26(2), pp. 150–162.
- [6] Arti, D. K., Fidyarningsih, R., Rohmah, A., Wisojodharmo, L. A., dan Purwati, H. 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Pengisi Carbon Black dan Silika pada Sifat Viskoelastis Kompon Karet

- untuk Tread Ban. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*. 34(1): 1-8.
- [7] Mark, James E., Erman, Burak, & Roland, C. Michael. (2013). *The Science and Technology of Rubber Fourth Edition*. Boston: Academic Press
- [8] Sianturi, R.W., dan Surya, I. 2018. Pengaruh Penambahan Lauril Alkohol Terhadap Sifat-Sifat Uji Tarik Komposit Karet Alam Terisi Silika. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 7(1): 48-53
- [9] Fachry, A. R., Sari, T.I., Sthevanie, dan Susanti, S. 2014. Pengaruh Filler Campuran dan Kulit Kerang Darah Terhadap Sifat Mekanis Kompon Sol Sepatu dari Karet Alam. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(3): 1-11.
- [10] M. Sandanayake, C. Gunasekara, D. Law, G.M. Zhang, S. Setunge, D. Wanijuru, Sustainable criterion selection framework for green building materials—An optimisation based study of fly-ash Geopolymer concrete, *Sustain Mater. Techno* 25 (2020).
- [11] Z.G. Xu, X.C. Wang, S.Y. Sun, Performance of a synthetic resin for lithium adsorption in waste liquid of extracting aluminum from fly-ash, *Chin. J. Chem. Eng.* 44 (2022) 115–123.
- [12] X.B. Wang, Y. Shen, X.C. Liu, T.F. Ma, J. Wu, G.X. Qi, *fly ash* and H₂O₂ assisted hydrothermal carbonization for improving the nitrogen and sulfur removal from sewage sludge, *Chemosphere* 290 (2022), 133209.
- [13] A.H. Kang, K. Shang, D.D. Ye, Y.T. Wang, H. Wang, Z.M. Zhu, W. Liao, S.M. Xu, Y.Z. Wang, A.D. Schiraldi, Rejuvenated *fly ash* in poly(vinyl alcohol)-based composite aerogels with high fire safety and smoke suppression, *Chem. Eng. J.* 327 (2017) 992–999.
- [14] L. Wang, X.R. Huang, J.X. Zhang, et al., Stabilization of lead in waste water and farmland soil using modified coal *fly ash*, *J. Clean. Prod.* 314 (2021), 127957.
- [15] H.F. Su, J.F. Lin, H. Chen, Q.Y. Wang, Production of a novel slow-release coal *fly ash* microbial fertilizer for restoration of mine vegetation, *Waste Manag.* 124 (2021) 185–194.
- [16] C. qiang Wang *et al.*, “Utilization of *fly ash* as building material admixture: Basic properties and heavy metal leaching,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 17, no. August, p. e01422, 2022.
- [17] Sombatsompop N., E. Wimolmala, T. Markpin, 2007, Fly-Ash Particles and Precipitated Silica as Fillers in Rubbers. II. Effects of Silica Content and Si69-Treatment in Natural Rubber/Styrene–Butadiene Rubber Vulcanizates, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 104, 3396–3405 VVC 2007 Wiley Periodicals, Inc. DOI 10.1002/app.25973.