

Analisis Kekuatan Material Komposit berdasarkan Variasi Resin dan Katalis pada Material Kapal berbahan *Fiberglass*

Samaluddin^{1*}, Azhar Aras Mubarak¹, Rahmawati Djunuda¹, Fauzan¹, Riyan Abdillah Takdir²

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia 93762

²Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Haluoleo, Kendari, Indonesia 93232

*Korespondensi penulis: samaluddin.sml09@gmail.com

(Received: 30-09-2024; Revised: 09-11-2024; Accepted: 20-11-2024)

Abstract. *Composites consist of 2 inhomogeneous materials, namely matrix as a binder in this case resin mixed with catalyst and reinforcement as reinforcement in this case is glass fiber (fiberglass). Given the paucity of knowledge regarding the ratio of the use of catalyst and the appropriate resin is One of the issues that has to be fixed is that if the use of catalyst is too much it will provide excessive heat to the material but if given too little it can reduce the function of catalyst as reinforcement. Craftsmen in Bau bau area only based on their experience in mixing resin and catalyst in the manufacturing process. This study aims to obtain the appropriate ratio of catalyst and resin usage so as to obtain good shipbuilding results, structurally strong and economically feasible and can be applied to the community. In light of the research study's findings, it can be said that the fiberglass composite material with 1% catalyst has a tensile strength value of 3034 N with a stress of 202 N/mm². The composite with 1.25% catalyst has the highest tensile strength of 3227 N and a stress of 215 N/mm². The composite with 1.5% catalyst has a tensile strength of 2462 N and a stress of 164 N/mm². The composite with 1.75% catalyst has a tensile strength of 2368 N and a stress of 157 N/mm². The amount of catalyst in fiberglass composites rose from 1% to 1.25% and fell from 1.5% to 2% in terms of tensile strength.*

Keywords: *composite, material strength, ratio of catalyst, tensile test, fiberglass.*

Abstrak. Komposit terdiri dari 2 material tidak homogen, yaitu matriks sebagai pengikat, dalam hal ini resin yang dicampur dengan katalis, dan penguat sebagai penguat, dalam hal ini adalah serat kaca (fiberglass). Mengingat minimnya pengetahuan mengenai perbandingan penggunaan katalis dan resin yang tepat menjadi salah satu masalah yang perlu diperbaiki, karena jika penggunaan katalis terlalu banyak akan memberikan panas berlebih pada material, namun jika terlalu sedikit dapat mengurangi fungsi katalis sebagai penguat. Para pengrajin di wilayah Bau-Bau hanya mengandalkan pengalaman mereka dalam mencampur resin dan katalis dalam proses pembuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan penggunaan katalis dan resin yang sesuai sehingga menghasilkan bangunan kapal yang baik, kuat secara struktural, ekonomis, dan dapat diterapkan di masyarakat. Berdasarkan temuan penelitian, dapat dikatakan bahwa material komposit fiberglass dengan katalis 1% memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 3034 N dengan tegangan 202 N/mm². Komposit dengan katalis 1,25% memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 3227 N dan tegangan 215 N/mm². Komposit dengan katalis 1,5% memiliki kekuatan tarik sebesar 2462 N dan tegangan 164 N/mm². Komposit dengan katalis 1,75% memiliki kekuatan tarik sebesar 2368 N dan tegangan 157 N/mm². Jumlah katalis pada komposit fiberglass meningkat dari 1% menjadi 1,25% dan menurun dari 1,5% menjadi 2% dalam hal kekuatan tarik.

Kata kunci: komposit, kekuatan material, rasio katalis, uji tarik, fiberglass

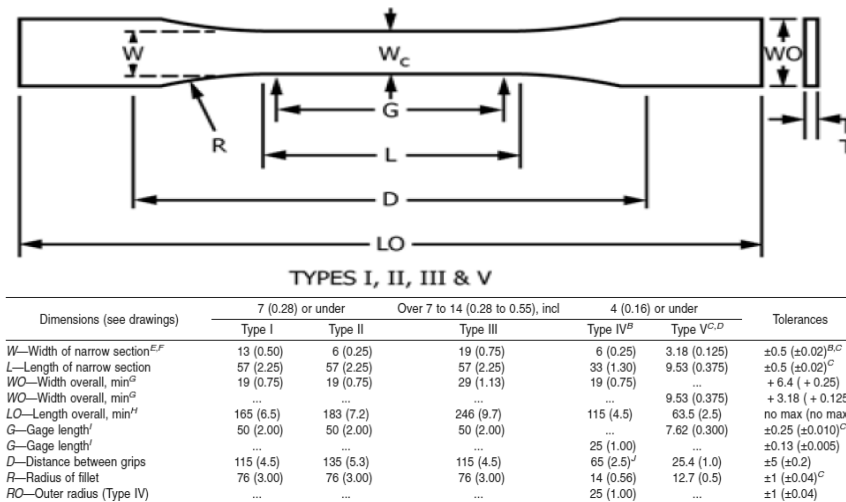
PENDAHULUAN

Komposit didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari penggabungan dua atau lebih material sehingga menghasilkan material baru yang memiliki sifat mekanik maupun sifat karakteristik yang berlainan dari sumber material pembuatnya [2], [3], [4]. Komposit terdiri dari 2 material yang tidak homogen yakni matrix sebagai pengikat, dalam hal ini resin yang dicampurkan katalis dan *reinforcement* sebagai penguat, dalam hal ini adalah serat kaca (*fiberglass*) [1], [5]. *Fiberglass* dengan karakteristik yang ringan, memiliki struktur yang kuat, dan memadai setelah melewati proses kimiawi dengan menggunakan bahan resin dan katalis, sifat aslinya yang berbentuk zat cair memungkinkannya menjangkau bagian dalam material yang akan ditutupi selama proses kimiawi [6]. Material komposit menggantikan material tradisional karena memiliki sifat yang unggul seperti kekuatan tarik tinggi, koefisien muai termal rendah, dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, dengan penambahan serat dapat meningkatkan sifat-sifat material tersebut [7]. Kinerja lentur material yang diperkuat dengan serat kaca menunjukkan kecenderungan penurunan kekuatan lentur dengan peningkatan ketebalan material dan sudut penataan serat, sedangkan kekuatan lentur dan modulus lentur meningkat dengan peningkatan jumlah lapisan kain serat kaca [8]. Pengembangan komposit yang diperkuat serat bermanfaat untuk meningkatkan sifat menyeluruh [9], [10]. *Fiberglass* paling populer untuk aplikasi praktis karena sifat mekaniknya yang sangat baik dan biayanya yang rendah [11], [12], [13]. Kapal yang terbuat dari fiberglass biasanya lebih tahan lama, lebih kuat, lebih ringan, lebih tahan korosi, dan biaya produksi dan perawatannya jauh lebih rendah. dan bahan bakunya relatif lebih mudah didapatkan [14] [15] serta *fiberglass* juga mempunyai nilai ekonomis yang besar dibandingkan dengan kapal yang bermaterial kayu atau logam, khususnya digunakan pada kapal kapal berukuran kecil [16] dan memiliki keunggulan yang baik jika digunakan pada bodi kapal atau perahu motor [17]. Selama ini, sebagian besar pengrajin kapal di sekitar kota Bau bau hanya berdasarkan pengalaman dalam mencampur resin dan katalis dalam proses pembuatan kapal fiberglass. Jika penggunaan katalis terlalu banyak maka akan memberikan panas yang berlebih pada material namun jika diberikan terlalu sedikit maka dapat mengurangi fungsi katalis sebagai penguat. Selain itu, jika penggunaan campuran resin dan katalis yang tepat, dapat membuat kekuatan struktur kapal menjadi lebih baik serta dapat meminimalisir biaya pembuatan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rasio perbandingan penggunaan katalis dan resin yang sesuai sehingga didapatkan hasil pembuatan kapal yang baik, kuat secara struktur serta layak secara ekonomi dan dapat diterapkan pada masyarakat.

METODE

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan utama yaitu studi literatur terkait dengan tema penelitian, kemudian melakukan observasi dan wawancara langsung dengan pengrajin kapal di lokasi penelitian. Hasil yang diperlukan yakni data berupa ukuran utama kapal, sampel material yang ada pada kapal, merek resin dan katalis yang digunakan, data terkait metode pengaplikasian resin dan katalis serta rasio perbandingan resin dan katalis yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan pembuatan sampel penelitian sebanyak 12 (dua belas) buah berdasarkan informasi yang didapatkan dari pengrajin kapal setempat dengan memberikan beberapa variasi rasio resin dan katalis. Selanjutnya dilakukan uji tarik dengan menggunakan standard ASTM D638. Sampel penelitian dibuat sesuai dengan bahan fiberglass berupa *Chopped Strand Mat 300*, *Chopped Strand Mat 450* dan *Woven Roving 600* dengan jumlah lapisan yang digunakan oleh pengrajin kapal namun di gabungkan dengan resin dan variasi jumlah katalis yang berbeda. Pada akhir penelitian didapatkan rasio perbandingan resin dan katalis yang relevan dan dapat digunakan untuk menghasilkan material kapal yang baik.

Selanjutnya dilakukan pengujian sampel sesuai standar ASTM D638 yang digunakan untuk mengukur kekuatan tarik komposit. Pengujian dengan menggunakan standar ASTM D638 memberikan hasil uji yang digunakan untuk memahami kekuatan dan fleksibilitas material yang diuji sehingga dipastikan material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi atau regulasi yang ada. Bentuk dan dimensi spesimen dapat dilihat pada gambar 1.



GAMBAR 1. Bentuk dan Ukuran Spesimen Pengujian Tarik (ASTM, 2014).

Pada Gambar 1, terdapat berbagai parameter untuk memastikan pengujian berjalan sesuai standar. Berikut adalah penjelasan masing-masing parameter:

1. **Wc (Width of Narrow Section)**
 Lebar bagian pengukur (*narrow section*) spesimen uji, yaitu bagian tengah yang menjadi area pengujian utama yang digunakan untuk menentukan luas penampang yang akan digunakan untuk menghitung tegangan tarik (*stress*) selama pengujian.
2. **W (Overall Width):**
 Lebar total spesimen di bagian luar, termasuk area pegangan dan area sempit di tengah
3. **G (Gage Length)**
 Merupakan panjang bagian pengukur spesimen, yaitu jarak antara dua tanda pada bagian tengah spesimen yang digunakan untuk mengukur regangan. Digunakan untuk menentukan area pengukuran deformasi selama uji tarik.
4. **Lo (Length Overall)**
 Panjang total spesimen, termasuk area penjepit (*grip section*) di kedua ujungnya. Digunakan untuk memastikan spesimen memiliki ukuran yang cukup untuk dijepit pada mesin uji tanpa memengaruhi area pengukur.
5. **D (Distance Between Grips)**
 Jarak antara kedua penjepit (*grips*) pada mesin uji saat spesimen dijepit yang digunakan untuk menentukan panjang efektif yang digunakan dalam pengujian tarik, memastikan regangan terkonsentrasi pada bagian pengukur.
6. **R (Radius of Fillet)**
 Radius kelengkungan pada transisi antara bagian pegangan (*grip section*) dan bagian pengukur (*gage section*). Fungsi radius ini adalah untuk mengurangi konsentrasi tegangan di sekitar transisi sehingga mencegah kegagalan dini.

Adapun pada pemilihan Tipe I, II, III, dan IV pada gambar 1 menunjukkan ketebalan material yang akan di uji. Tipe I digunakan untuk material plastik umum dengan ketebalan standar, sedangkan Tipe II untuk material yang memiliki ketebalan lebih tipis dari 7 mm. Selanjutnya Tipe III untuk material tebal dan lebar, sedangkan Tipe IV untuk

material tipis (kurang dari 3 mm). Selanjutnya untuk Tipe V untuk Material mikro atau aplikasi spesifik.

Hasil pengujian tarik ditampilkan dalam grafik yang menunjukkan hubungan beban dan pertambahan panjang. Kekuatan tarik dan regangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [1]:

1. *Tensile Strength* (Kekuatan Tarik).

$$\sigma = P/A \quad (1)$$

Dimana σ adalah kekuatan tarik (kgf/mm^2), P adalah beban (kgf) dan A adalah luas penampang (mm^2).

2. *Tensile Strain* (regangan)

$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \quad (2)$$

Dimana ε adalah regangan, ΔL adalah pertambahan panjang (mm) dan L_0 adalah panjang awal (mm)

3. Modulus Elastisitas (Young Modulus)

$$E = \sigma/\varepsilon \quad (3)$$

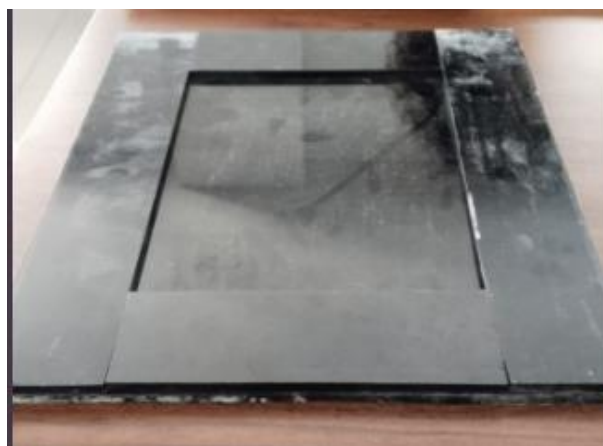
Dimana E adalah modulus elastisitas (kgf/mm^2), σ adalah tegangan (kgf/mm^2) dan ε adalah regangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Komposit

Pada proses pembuatan komposit dengan serat fiberglass, arah serat acak (*chopped strand matt*) dan *rovin* dibuat berdasarkan apa yang dilihat pada kapal nelayan di lokasi penelitian. Dengan ukuran spesimen yang dibuat berdasarkan standarisasi ASTM D638 Tipe II, komposit dibuat dengan metode *hand lay-up*. Ada 12 benda uji yang dibutuhkan untuk setiap variasi resin dan katalis. Proses pembuatan komposit fiberglass-polyester adalah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan alat dan bahan yakni cetakan kaca, gunting, serat fiberglass, katalis, resin polyester, dan lainnya.
- b) Release agent dioleskan pada permukaan cetakan kaca dan ditutup secara merata. Ukuran cetakan kaca yang digunakan adalah panjang 20 cm, lebar 15 cm dan ketebalan 0,5 m. Cetakan kaca yang dibuat ditunjukkan pada gambar 2.



GAMBAR 2. Bentuk dan dimensi cetakan kaca.

- c) Berdasarkan perhitungan komposisi komposit, bahan dasar resin dan juga katalis dimasukkan kedalam wadah gelas dan diaduk sampai merata.

- d) Campuran bahan dasar resin dan katalis dimasukkan ke dalam cetakan kaca sesuai urutan, kemudian dilapisi dengan serat, dan kemudian dilapisi lagi dengan resin.
- e) Setelah komposit dicetak dalam cetakan kaca, didiamkan selama 24 jam.
- f) Komposit yang sudah didiamkan dalam cetakan selama 24 jam dikeluarkan dari cetakan.
- g) Komposit yang telah dihasilkan dari cetakan dibuat sesuai dengan ukuran standar specimen ASTM D638. Gambar 3 menunjukkan hasil cetakan.



GAMBAR 3. Hasil cetakan.

- h) Kemudian dilanjutkan dengan pembentukan specimen berdasarkan ASTM D638. Hasil pembentukan specimen ditunjukkan pada gambar 4.



GAMBAR 4. Hasil pembentukan specimen.

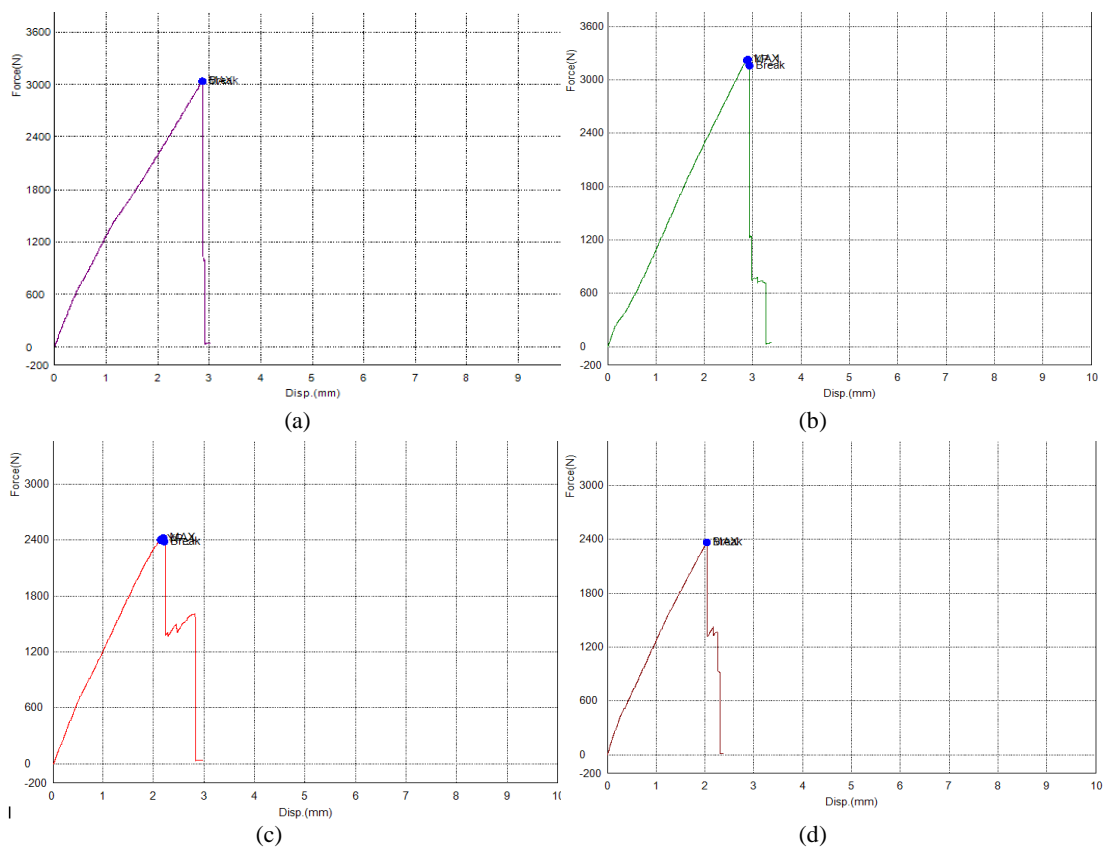
Pengujian tarik pada specimen yang ada dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Hasanuddin dengan jumlah specimen uji tarik sebanyak 12 buah. Pada pengujian ini, didapat data print-out yang menggambarkan tentang grafik hubungan tegangan dan regangan pada sampel uji. Pada dasarnya specimen dibuat dengan mengacu pada standar ASTM D638-14 tipe II, akan tetapi hasil dari specimen yang dibuat memiliki sedikit perbedaan bentuk dan ukuran dengan yang terdapat pada standar sehingga membuat nilai-nilai yang dihasilkan dari proses pengujian tarik menjadi berbeda-beda pada tiap sampel komposit dengan jumlah katalis yang sama. Adapun

pengujian spesimen menggunakan alat uji tarik Universal Testing Machine Shimadzu (UTM) AGS-X 5 KN. Gambar Alat uji ditunjukkan pada gambar 5.



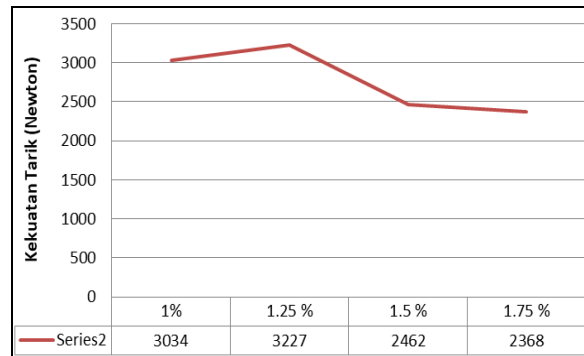
GAMBAR 5. Proses pemasangan material pada alat uji tarik.

Setelah dilakukan persiapan spesimen dan alat yang digunakan, selanjutnya dilakukan analisis pengujian tarik menggunakan alat uji yang tersedia dan menghasilkan besaran kekuatan tarik yang didapatkan pada setiap spesimen uji. Adapun kurva yang diperoleh pada sampel dengan variasi jumlah katalis ditunjukkan pada gambar 6.



GAMBAR 6. (a) Kurva *Force- Displacement* pada katalis 1%. (b) kurva *Force- Displacement* pada katalis 1,25% (c) kurva *Force- Displacement* pada katalis 1,25% (d) kurva *Force- Displacement* pada katalis 1,75%

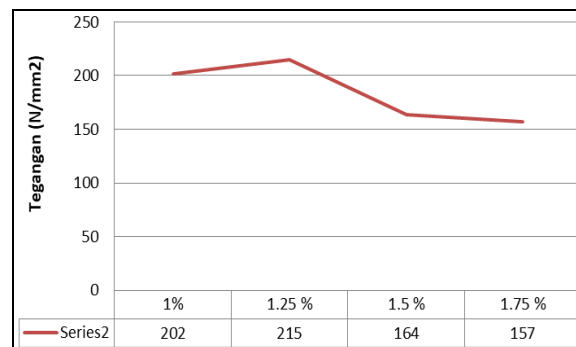
Selanjutnya grafik perbandingan kekuatan tarik dan persentase katalis dapat kita lihat pada gambar 7.



GAMBAR 7. Gambar Perbandingan kekuatan tarik dan variasi katalis.

Dari gambar 7 dapat kita lihat bahwa pengujian tarik pada spesimen material memiliki kecenderungan grafik yang sama dan menghasilkan nilai yang berbeda sesuai dengan persentase katalis yang digunakan. 1% pada gambar bermakna terdapat pencampuran 1 ml katalis dengan 99 ml resin. Begitupun pada persentase 1,25 % bermakna terdapat pencampuran 1,25 ml katalis dengan 98,75 ml resin. Pada persentase 1,5 % bermakna terdapat pencampuran 1,5 ml katalis dan 98,5 ml resin dan persentase 1,75 % bermakna terdapat pencampuran 1,75 ml katalis dan 98,25 ml resin. Pada spesimen katalis 1% maksimal nilai *force* yang didapatkan sebesar 3034 N dan 3227 N pada spesimen katalis 1,25 %. Selanjutnya pada spesimen katalis 1,5 % didapatkan sebesar 2462 N serta 2368 N pada spesimen katalis 1,75%.

Selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan maksimal pada setiap variasi katalis yang telah dilakukan pengujian tarik ASTM D638. Hasil perhitungan tegangan maksimal ditunjukkan pada Gambar 8.



GAMBAR 8. Grafik hubungan tegangan material dan variasi katalis.

Dari gambar 8 dapat kita lihat bahwa pada variasi specimen katalis 1% memiliki tegangan sebesar 202 N/mm² sedangkan pada specimen katalis 1,25 % memiliki tegangan sebesar 215 N/mm². Selanjutnya pada specimen 1,5 % memiliki tegangan 164 N/mm² dan specimen katalis 1,75 % memiliki tegangan sebesar 157 N/mm².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, komposit fiberglass dengan katalis 1% memiliki kekuatan tarik sebesar 3034 N dan tegangan sebesar 202 N/mm². Kemudian komposit dengan katalis 1,25 % memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 3227 N dan tegangan sebesar 215 N/mm². Selanjutnya komposit dengan katalis 1,5 % memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 2462 N dan tegangan sebesar 164 N/mm². Adapun komposit dengan jumlah katalis 1,75 % memiliki kekuatan tarik sebesar 2368 N dan tegangan 157 N/mm².

Perhitungan kekuatan tarik komposit fiberglass mengalami peningkatan di jumlah katalis 1 % hingga 1,25% dan mengalami penurunan di jumlah katalis 1,5% sampai 1,75%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan penelitian dengan hibah oleh Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui kegiatan penelitian Hibah Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2024. Kami mengucapkan terima kasih kepada kepada Rektor Universitas Sembilanbelas November Kolaka dan Kepala LPPM sehingga penelitian ini terlaksana dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, Hidayat T, Iskandar A.N. 2020. Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal. Jurnal Inovasi Sains dan Teknik Kelautan Zona Laut. Vol. 1 No. 2.
- [2] Siregar I C R, Yudo H, Kiryanto. 2017. Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las. Jurnal Teknik Perkapalan. Vol 5 No 4.
- [3] Sulasminingsih S, Setyawan B A, Marasabessy A. 2017. Studi Ekonomi Teknik Pembuatan Perahu Cadik Jenis Bottom Glass Dari Bahan Fiber Glass Untuk Wisata Bahari Di Kelurahan Banten Kecamatan Kasemen Kota Serang Provinsi Banten. Bina Teknika. Volume 13 Nomor , Hal 205-213.
- [4] Siregar A H, Setyawan B A, Marasabessy A. 2016. Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api. Bina Teknika. Volume 12 Nomor 2, Hal 261-266.
- [5] Ardhy S, Putra M E, Islahuddin. 2019. Pembuatan Kapal Nelayan Fiberglass Kota Padang Dengan Metode Hand Lay Up. Rang Teknik Jurnal. Vol 2 No 1.
- [6] Natsir R, Sulaeman B. 2019. Ketahanan Material Baja Selimut Fiberglass Pada Konstruksi Bangunan Pantai. Pena Teknik Jurnal ilmiah Ilmu-ilmu Teknik. Vol 4 No 1, Hal 35-45
- [7] Ramesh M, Palanikumar K, Reddy K.H. 2013. Mechanical property evaluation of sisal-jute-glass fiber reinforced polyester composites. Journal Composites: Part B 48 Pages. 1–9.
- [8] Wang, C. et al. 2024. Flexural performance and damage evolution of multiple fiberglass-reinforced UV-CIPP composite materials-- A view from mechanics and energy release. Journal of Materials Research and Technology 29 Pages 3317–3339.
- [9] M.R.M. Asyraf, A. Syamsir, N.M. Zahari, A.B.M. Supian, F. Usman, Z. Itam. 2022 Effect of stacking sequence on long-term creep performance of pultruded GFRP composites, Polymers, 14, 4064
- [10] A.N. Johari, M.R. Ishak, Z. Leman, M.Z.M. Yusoff, M.R.M. Asyraf. 2020. Influence of CaCO₃ in pultruded glass fiber/unsaturated polyester resin composite on flexural creep behavior using conventional and time-temperature superposition principle methods, Polimery, 65 792-800.
- [11] M.R.M. Asyraf, M.R. Ishak, A. Syamsir, A.L. Amir, N.M. Nurazzi, M.N.F. Norrrahim, M. Asrofi, M. Rafidah, R.A. Ilyas, M.Z.A. Rashid, M.R. Razman. 2022. Filament-wound glass-fibre 10 reinforced polymer composites: Potential applications for cross arm structure in transmission towers, Polym. Bull..

- [12] M.R.M. Asyraf, T. Khan, A. Syamsir, A.B.M. Supian. 2022 Synthetic and natural fiber-reinforced polymer matrix composites for advanced applications, *Materials*, 15 6030
- [13] A. Alhayek, A. Syamsir, A.B.M. Supian, F. Usman, M.R.M. Asyraf, M.A. Atiqah. 2022. Flexural creep behaviour of pultruded GFRP composites cross-arm: A comparative study on the effects of stacking sequence, *Polymers*, 14 1330.
- [14] Ardhy S, Putra H. 2017. Perawatan Kapal Nelayan Material Fiberglass di Kota Padang. *Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*. Vol 1 No 2, Hal 142-146
- [15] Pambudi S, Asrofi M, Triono A, Tsabit M Z B, Murtadho N A. 2021. Perahu Fiberglass Untuk Penunjang Alat Penangkap Ikan Dan Sektor Pariwisata Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Banyuwangi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*. Vol 4 No 3. P-ISSN :2614-5251
- [16] Mubarak A A, Samaluddin, Djunuda R, Alif A. 2021. Desain Awal Dan Biaya Pembuatan Kapal Operasional Kampus Usn Kolaka Berbahan Fiberglass. *Jurnal Transportasi*. Vol 21 No 2 Hal 133-142
- [17] Ranteallo O, Siregar S P, Joni, Mangopo D. 2022. Pelatihan Pembuatan Perahu Motor Fiberglass Untuk Masyarakat Kabupaten Membramo Raya. *Indonesian Journal Of Community Service*. Volume 2 No 3 September 2022, e-ISSN: 2775-2666