

## ***FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC DENGAN FLAME RETARDANT ATH SEBAGAI MATERIAL LAMINASI KAPAL PERIKANAN BERBAHAN KAYU***

***Fiberglass Reinforced Plastic With The Addition of ATH as a Laminated Material for Wooden  
Fishing Vessel***

Oleh:

Banar Pujo Wicaksono<sup>1\*</sup>, Maman Hermawan<sup>2</sup>, Deni Achmad Soeboer<sup>3</sup>, Muhammad  
Idnillah<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Pascasarjana Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan  
Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Pascasarjana Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Teknologi Perikanan Laut, Departemen PSP-FPIK-IPB, Bogor, Indonesia

<sup>4</sup>Direktorat Kapal Perikanan dan Alat Penangkapan Ikan,  
KKP-RI, Jakarta, Indonesia

\*Korespondensi penulis: banarkkp@gmail.com

### **ABSTRAK**

Kapal perikanan berbahan kayu rentan terhadap bahaya kebakaran yang mengancam investasi dan keamanan kapal. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *fiberglass reinforced plastic (FRP)* sebagai laminasi tahan api untuk melapisi lambung kapal kayu. *FRP* terdiri dari serat gelas yang diperkuat resin *Unsaturated Polyester (UP)*. Penambahan *filler aluminum trihydrate (ATH)* pada resin dapat meningkatkan ketahanan api (*flame retardant*) *FRP*. Spesimen laminasi *FRP* dengan berbagai komposisi *ATH* dibuat dan diuji ketahanan apinya menggunakan standar *UL 94 Horizontal*. Hasil menunjukkan penambahan *ATH* meningkatkan ketahanan api secara signifikan, terutama pada konsentrasi 40%, efektif menurunkan laju bakar sampai 8 mm/ min, formulasi penambahan *ATH* pada laminasi *fiberglass* berpengaruh positif menambah sifat tahan apinya (*flame retardant*). Penggunaan yang tepat, dapat meminimalkan kerusakan mayor pada kapal perikanan saat terjadi kebakaran serta memberi waktu lebih kepada petugas pemadam untuk memadamkan api.

**Kata kunci:** *fiberglass reinforced plastic*, kapal perikanan berbahan kayu, laminasi, ketahanan api, *aluminium trihydrate*

### **ABSTRACT**

*Wooden fishing vessels are vulnerable to fire hazards that threaten vessel investment and security. This study proposes the use of fiberglass reinforced plastic (FRP) as a flame retardant laminate to coat wooden ship hulls. FRP consists of glass fibers reinforced with Unsaturated Polyester (UP). The addition of aluminum trihydrate (ATH) filler to the resin can increase FRP flame retardant. FRP laminated specimens of various ATH compositions are manufactured and tested for fire resistance using UL 94 Horizontal standard. The results showed that the addition of ATH increased fire resistance significantly, especially at a concentration of 40%, effectively reducing the burn rate to 8 mm / min. This research offers a solution for FRP lamination with ATH flame retardant filler to improve the safety of wooden fishing vessels without compromising other important properties. Proper use can minimize major damage to fishing vessels during fires and give firefighters more time to extinguish fires.*

**Key words:** *fiberglass reinforced plastic*, *Wooden fishing vessels*, *Laminate*, *flame retardant*, *aluminium trihydrate*

## PENDAHULUAN

Laminasi kapal merupakan proses pelapisan kapal kayu dengan menggunakan *fiberglass*, yang bertujuan untuk memperbaiki, memperkuat, mencegah kebocoran dan menambah umur teknis kapal (Imron Deni 2018). *Fiberglass* selain memiliki keunggulan kekuatan mekanis, namun memiliki kelemahan yaitu mudah terbakar (*flammable*), sehingga perlu penambahan bahan aditif tahan api agar memenuhi persyaratan keselamatan kebakaran (Singh *et al.* 2021). Hal ini perlu dilakukan penelitian untuk menambah *filler* tahan api terhadap penggunaan *fiberglass* pada kapal perikanan berbahan kayu.

Insiden kebakaran kapal penangkap ikan di pelabuhan perikanan maupun saat operasi penangkapan ikan di laut dapat mengakibatkan kerusakan mayor pada konstruksi kapal, mengancam keselamatan awak kapal (PERHUBUNGAN LAUT 2021), serta berdampak buruk bagi lingkungan laut. Kebakaran kapal yang terjadi di pelabuhan perikanan, beberapa waktu ini terjadi kebakaran kapal perikanan di PPP Tegasari, yang mengakibatkan sejumlah 61 unit kapal penangkap ikan terbakar di area kebakaran (Tegalkota.go.id 2023). Kebakaran kapal sejumlah 45 unit juga terjadi di Pelabuhan Wijayapura, kabupaten Cilacap, perkiraan penyebabnya adalah ledakan pada sebuah kapal bersandar dan api menjalar (CNNINDONESIA 2022). Kapal kayu dilapisi *fiberglass* jika terbakar akan sangat mudah menjalar (KNKT 2021). Konstruksi kapal yang terbuat dari kayu dan dilapisi *fiberglass*, memungkinkan api menjalar lebih cepat (Imam 2022). Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan ketahanan api pada konstruksi kapal kayu sangat diperlukan untuk memastikan keamanan dan keselamatan operasional penangkapan ikan.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah melapisi lambung kapal kayu dengan material laminasi *fiberglass* dan tahan api (*flame retardant*). *Fiberglass reinforced plastic* (FRP) merupakan material komposit yang terdiri dari serat gelas sebagai penguat dan resin *polyester* sebagai pengikat (Kaw 2006). Laminasi *fiberglass* pada kapal kayu mampu meningkatkan kekuatan konstruksi kapal kayu dan mencegah merembesnya air ke dalam lambung kapal. Memberikan keuntungan nelayan karena biaya perawatan kapal yang jauh lebih rendah, umur kapal lebih panjang dan kecepatan kapal lebih tinggi (Maizar 2013). FRP memiliki sifat mekanik yang baik, tahan korosi, dan mudah dalam perawatan. Laminasi kapal adalah proses pelapisan badan kapal kayu dengan menggunakan FRP, yang bertujuan untuk memperbaiki, memperkuat, menutup kebocoran, dan meningkatkan umur teknis kapal (Wave Train 2011).

Namun, untuk meningkatkan ketahanan apinya, perlu ditambahkan bahan *fire retardant* ke dalam resin FRP. Hal ini dikarenakan resin yang sering digunakan untuk laminasi lambung kapal penangkap ikan merupakan resin *Unsaturated Polyester* (UP). UP sangat mudah terbakar dan menghasilkan banyak asap saat terbakar (Morgan 2014).

*Alumina trihydrate* (ATH) adalah salah satu *filler* bahan *fire retardant* yang banyak digunakan dalam industri polimer dan komposit. ATH bereaksi dengan sebagai penghambat api disebabkan oleh pendinginan, pembentukan lapisan penghalang, dan pengenceran. Kemampuan pendinginan ATH berasal dari kemampuannya melepaskan uap air pada suhu tinggi (Wypych 2016). Selain itu, ATH dapat mengurangi kepadatan asap (*smoke density*) (Morgan 2014).

*Fiberglass* dengan penambahan ATH sebagai *flame retardant* diusulkan dalam penelitian ini sebagai material laminasi untuk melapisi lambung kapal perikanan berbahan kayu. Berbagai komposisi ATH dalam resin FRP akan dibuat spesimen dan dievaluasi ketahanan apinya. Tujuan penelitian ini adalah menentukan formulasi komposisi *filler fire retardant* ATH pada hasil laminasi resin terhadap ketahanan api, serta memproyeksikan aplikasinya pada laminasi lambung kapal perikanan berbahan kayu, sedangkan manfaat penelitian ini adalah membuat laminasi *fiberglass* lebih tahan api (*flame retardant*).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Polimer, Sentra Teknologi Polimer, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Pusptek-Serpong. Laboratorium tersebut terakreditasi SNI ISO/IEC 17025. Bahan yang digunakan sebagai berikut: bahan adalah resin *Unsaturated Polyester (UP)* sebagai matrik, *CS Matt 450* dan *Woven Roving 600* sebagai penguat, ATH atau  $\text{Al}(\text{OH})_3$  sebagai *filler*, serta katalis dengan formulasi sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Laminasi *Fiberglass*

Komposisi ATH	Laminasi schedule	Katalis
ATH 5 %	Matt450+WR600+Matt450	1-2%
ATH 25 %	Matt450+WR600+Matt450	1-2%
ATH 40 %	Matt450+WR600+Matt450	1-2%

Tahapan penelitian sebagai berikut: a) Pengumpulan dan identifikasi jenis resin yang sering digunakan pada laminasi lambung kapal penangkap ikan berbahan kayu, b) Percobaan menggunakan resin *Unsaturated Polyester (UP)*, c) Pengujian bakar komposit *fiberglass* dengan metode UL 94 dan analisis komposit tahan api.

Hasil pengujian yang kita peroleh kemudian dilakukan kalkulasi untuk menentukan *burning rate*/laju bakar (UL-94 2001). Laju bakar atau laju pembakaran linier dengan notasi “V”, dalam milimeter per menit, untuk setiap spesimen menggunakan persamaan berikut:

$$V = 60L/t \quad (1)$$

Keterangan:

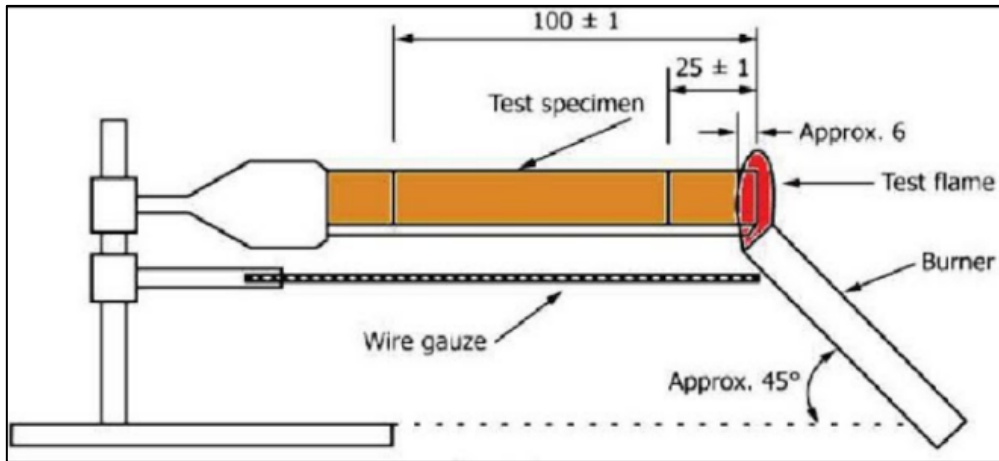
V = *Linier burning rate*/ laju bakar

L = Panjang yang rusak terbakar dalam mm

t = waktu dalam detik

Spesimen komposit *fiberglass* dibuat dengan metode *hand lay up* sesuai dengan (SNI 8961: 2021). Dengan laminasi *schedule* 3 lapis, dengan komposisi sesuai Tabel 1. Bahan material *fiberglass* yang digunakan antara lain: *mat*, *woven roving*, resin, katalis dan peralatan rol busa, rol besi bergerigi, *mixer*. Resin, katalis dan filler ATH dicampur sesuai takaran sehingga terjadi distribusi yang seragam dan meminimalkan jumlah udara yang masuk ke dalam campuran. Rol besi yang bergerigi digunakan untuk meratakan laminasi dan mengeluarkan udara yang terperangkap (*trapped air*) sehingga menghasilkan kepadatan yang baik. Sebelum dilakukan *layering* pertama, tuangkan resin yang telah dicampur katalis hingga merata pada cetakan pertama dan ratakan. Kemudian letakkan lembaran *mat 450* sesuai dengan ukuran dan posisi yang telah direncanakan dan tuangkan lagi resin hingga merata di atas lapisan *mat*. Letakkan *woven roving 600 gr/m<sup>2</sup>* diatas M450 kemudian tuangkan campuran dan katalis dengan komposisi seperti di atas dan ratakan dengan rol busa dan tekan dengan rol besi. Lapisan terakhir disarankan M450 agar permukaan terluar (bagian dalam) lebih halus.

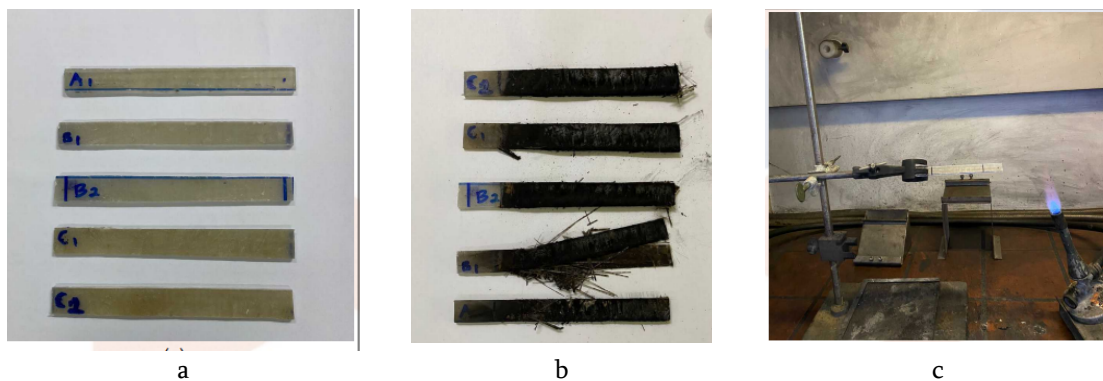
Pengujian bakar dilakukan di laboratorium polimer Sentra Teknologi Polimer dengan test UL 94. Pengujian ketahanan bakar mengacu pada ASTM D635 dengan ukuran spesimen (3 mm x 13 mm x 125 mm). Spesimen dijepit pada arah horizontal dengan panjang penjepit 5 mm. Spesimen diberi tanda pada ukuran 75 mm dan 25 mm, dari *specimen* dengan panjang 125 mm dan lebar 13 mm serta tebal 3-4 mm. Pengujian ketahanan bakar *fiberglass* dengan variasi penambahan ATH yang dilakukan adalah pengujian waktu penyalaan dan pengujian kecepatan bakar spesimen *fiberglass*. Pengujian untuk mengetahui sifat tahan api (ASTM 2010). Pada pengujian ini dilakukan pada spesimen *fiberglass* dengan penambahan ATH skala laboratorium. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk kurva pengaruh penambahan ATH pada *fiberglass* terhadap waktu penyalaan dan kecepatan bakar spesimen *fiberglass*. Kecepatan bakar rendah menunjukkan rambatan api pada material terbakar dengan waktu yang lebih lama, dari pada kecepatan bakar yang lebih tinggi.



Gambar 1. Alat uji bakar UL 94

Alat Uji Bakar UL 94 sesuai ASTM D635. Hasil pengujian ini akan memperoleh data waktu penyalaaan/ *TTI (time to ignition)* dan kecepatan bakar/*BR (burning rate)*. Kriteria ideal ketahanan bakar material yang baik sesuai standar ASTM D635 adalah waktu penyalaaan api yang lama dan laju pembakaran rendah pada material komposit.

Pengujian dimulai saat waktu penyalaaan api pertama merambat pada spesimen uji sampai jarak yaitu pada  $L = 25 \text{ mm}$  untuk memperoleh data waktu penyalaaan, sedangkan data kecepatan bakar diperoleh dari perambatan api sejauh 75 mm pada spesimen uji (ASTM D635 1998). Proses uji bakar dapat digambarkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 (a) Sampel uji ketahanan bakar; (b) Setelah pengujian *flammability*; (c) Kondisi pengujian *flammability*

Data yang telah didapatkan diolah dengan cara mentabulasi hasil pengujian setiap *specimen* uji, kemudian mengkalkulasikan untuk menentukan *burning rate*/laju bakar (UL-94 2001). Laju bakar atau laju pembakaran linier dengan notasi "V", dalam milimeter per menit, untuk setiap *specimen* hasil uji ketahanan bakar (*flammability*), selanjutnya dianalisis secara deskriptif, dan dilakukan pengkategorian kelas HB (*Horizontal Burning*) untuk menentukan pemenuhan kriteria ketahanan api dari spesimen berdasarkan laju bakarnya.

Analisis deskriptif pada penelitian ini untuk menjelaskan mengenai hasil pengujian ketahanan bakar pada *specimen* dengan penambahan ATH. Hasil olahan data dalam bentuk tabulasi hasil pengujian dan laju bakar yang diperoleh dari setiap spesimen dipaparkan secara deskripsi. Analisis ini dilakukan untuk menyajikan informasi terkait komposisi laminasi *fiberglass*, proses pembuatan spesimen, pengujian bakar dan hasil pengujian untuk menentukan laju bakar dan dilengkapi dengan gambar dan foto.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mencari alternatif solusi terhadap keamanan kapal, khususnya risiko kebakaran kapal perikanan yang terjadi di Pelabuhan Perikanan. Penelitian merupakan *experimental laboratory* yaitu melakukan kegiatan uji di Laboratorium Polimer, Sentra Teknologi Polimer, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Puspitek-Serpong. Penelitian ini diawali dengan pembuatan spesimen uji yang merupakan bahan *fiberglass*, yang telah dibuat dengan metode *hand lay up*. Metode ini sering digunakan oleh pengrajin kapal/ galangan kapal *fiberglass* dalam proses laminasi. Bahan material spesimen *fiberglass* yang digunakan, pengkondisian spesimen, dan parameter uji dan alat uji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi spesimen uji

No	Item	Keterangan
1	Bahan Spesimen	<i>Fiberglass Reinforced Plastic</i>
2	Jenis Resin	<i>Unsaturated Polyester (UP)</i>
3	Color Resin	Pink
4	<i>Gell Time Resin</i>	11'50"
5	Berat <i>Matt</i>	450 gram/m <sup>2</sup>
6	Berat <i>Woven Roving</i>	600 gram/m <sup>2</sup>
7	Katalis	1-2 %
8	<i>Filler yang digunakan</i>	<i>Alumina trihydrate (ATH)/Al(OH)3</i>
9	<i>Density ATH</i>	2,42 g/cm <sup>3</sup>
10	<i>Melting Point ATH</i>	220 °C
11	Dimensi Spesimen	125 x 13 x 3 mm <sup>3</sup>

### Hasil Pengujian

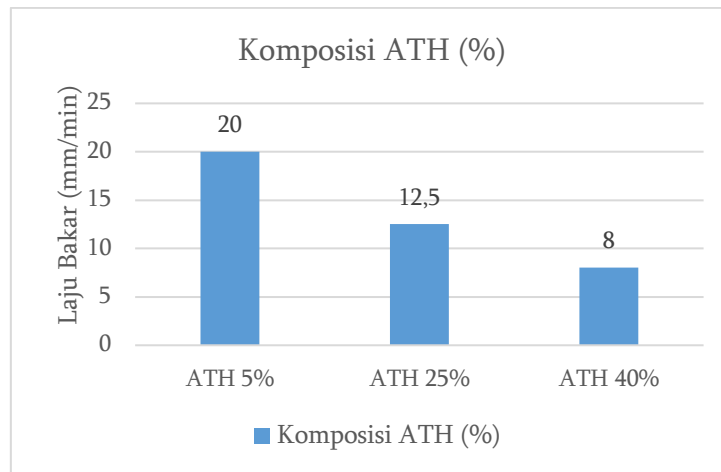
Penelitian ini menggunakan *sample* uji laminasi *fiberglass* dengan komposisi ATH menggunakan fraksi volume secara keseluruhan berurutan yaitu 5%, 25% dan 40%. Hasil pengujian bakar dengan resin *Unsaturated Polyester (UP)* dengan formulasi penambahan ATH ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian bakar UL 94

No	Nama <i>Sample</i>	Laju Bakar (mm/min)	Kelas ( <i>Horizontal Burning</i> ) <i>HB*</i> (12 ±5 mm/min)
1	Laminasi <i>Fiberglass</i> dengan ATH 5 %	20	Tidak
2	Laminasi <i>Fiberglass</i> dengan ATH 25 %	12,5	Ya
3	Laminasi <i>Fiberglass</i> dengan ATH 40 %	8	Ya

Laju bakar laminasi Resin dengan penambahan ATH sebesar 5%, 25%, dan 40%, menunjukkan perlambatan laju bakar dari setiap *sample* berdasarkan formula tersebut. Dapat diuraikan sebagai berikut:

- Laju bakar *sample* dengan penambahan 5% ATH sebesar 20 mm/min;
- Laju bakar *sample* dengan penambahan 25% ATH sebesar 12.5 mm/min;
- Laju bakar *sample* dengan penambahan 40% ATH sebesar 8 mm/min.



Gambar 3. Grafik laju bakar

Laju bakar pada *sample* laminasi dengan formula 40% ATH paling kecil dari pada *sample* laminasi 25% ATH dan 5% ATH. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *sample* laminasi resin dengan penambahan ATH sebesar 40 % terbakar lebih lama dibandingkan *sample* lainnya. Hal ini disebabkan penambahan *filler* ATH mempunyai sifat *flame retardant*, sehingga saat terbakar ATH dapat menghambat laju bakar pada komposit (Wypych 2016). Berdasarkan hasil uji bakar menunjukkan hasil yang linier, bahwa semakin besar penambahan *filler* ATH laminasi *fiberglass* berpengaruh positif terhadap sifat tahan terhadap api, hal ini dapat dilihat dari perbedaan lama laju bakar spesimen. Laju bakar pada *specimen* 5%, 25% dan 40 % ATH secara berurutan antara lain 20mm/min; 12.5 mm/min; dan 8 mm/min.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin kecil laju bakar pada spesimen *fiberglass* semakin bagus ketahanan terhadap api (*flame retardant*). Hal ini membuktikan bahwa penambahan ATH pada resin UP dapat menurunkan laju pembakaran yang berarti meningkatkan ketahanan api. Beberapa penelitian lain menunjukkan tren serupa bahwa peningkatan konsentrasi ATH mengurangi laju pembakaran ditemukan pada polivinil alkohol (Ameer and Habbeeb 2017) dan busa poliuretan berbasis bio (Silva *et al.* 2021). Penelitian lainnya menunjukkan pembakaran yang menyala-nyala juga padam dengan sendirinya (Halim *et al.* 2020), serta penggunaan ATH pada *box* baterai menghasilkan ketahanan terhadap pembakaran (Kaleg *et al.* 2023).

Penambahan *filler fire retardant* ATH memberikan efek pada ketahanan api, di mana *sample* dengan penambahan ATH menunjukkan perbaikan sifat bakar, dan kecepatan bakar yang semakin rendah. *Filler* ATH bereaksi terhadap resin, mengurangi indeks oksigen, dengan mengeluarkan air dalam fase gas membantu menjauhkan oksigen dan memadamkan apinya (Wypych 2016). Penelitian lain menunjukkan bahwa peningkatan kandungan aluminium hidroksida/ATH meningkatkan pelepasan air hasil dekomposisi termal dan melarutkan gas yang mudah terbakar sehingga memperlambat proses pembakaran dan mengurangi emisi asap (Rothon 1996).

Hasil pengujian ketahanan bakar terhadap resin dengan penambahan ATH menambah sifat tahan api. Hal ini akan baik pada saat diaplikasikan pada laminasi lambung kapal berbahan kayu, untuk memberikan waktu yang cukup untuk evakuasi bagi awak kapal dan kepada petugas pemadam kebakaran dalam memadamkan kebakaran, jika terjadi kecelakaan kebakaran kapal. Hal ini dapat diilustrasikan bahwa untuk terbakarnya laminasi sepanjang 1 meter membutuhkan waktu terbakar selama 125 menit.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat memperlihatkan pengaruh penambahan ATH pada *fiberglass* terhadap laju bakar bahwa penambahan ATH 40% pada spesimen laminasi *fiberglass* terbakar lebih lama dengan laju bakar 8 mm/min. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi penambahan ATH pada laminasi *fiberglass* berpengaruh positif menambah sifat tahan apinya (*flame retardant*), sehingga hal ini memungkinkan laminasi tersebut dapat diaplikasikan pada penggunaan lebih luas, khususnya laminasi lambung kapal penangkap ikan dengan penambahan ATH dapat mencegah kerusakan besar akibat terjadinya kebakaran, dan semakin lama terjadinya proses kebakaran kapal, waktu perlambatan proses kebakaran ini penting dalam proses pemadaman kebakaran yang terjadi dan memberi waktu lebih pihak pemadam untuk memadamkan api serta untuk evakuasi awak kapal sekitarnya.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan terutama dari aspek lingkungan penggunaan *flame retardant* ATH pada kapal perikanan dan analisa volume penggunaan material *fiberglass* dengan penambahan ATH pada ukuran kapal yang bervariasi, untuk memberikan informasi pada masyarakat dan kalangan kapal tentang kebutuhan material *fiberglass* dengan *filler flame retardant* tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan (Pusdik KP) Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah memberikan Program Beasiswa Pendidikan Tugas Belajar S-2 Tahun 2022-2024 dan seluruh civitas Politeknik AUP Jakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ameer, Zuhair Jabbar Abdul, and Diyar Hussein Habbeeb. 2017. "Effect of Polyvinyl Alcohol on Burning Rate for Flexible PVC with Addition of Magnesium Hydroxide and Aluminum Trihydroxide." *Journal of Babylon University/Engineering Sciences* 25(2): 593–603.
- American National Standards Institute, UL-94. 2001. *Underwriters' Laboratories Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*. ANSI.
- ASTM. 2010. "Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position 1." : 1–7.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 8961: 2021. "Prosedur Laminasi Fiberglass." Jakarta (ID). BSN.
- CNN INDONESIA. 2022. "Kebakaran 45 Kapal Di Cilacap, Dugaan Gara-Gara Kegiatan ABK." [internet]. [diunduh2024Januari7]. Tersedia pada: <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220504160541-20-792969/kebakaran-45-kapal-di-cilacap-dugaan-gara-gara-kegiatan-abk>.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. 2021. "kapal penangkap ikan KM. Bintang Jaya Mandiri terbakar di laut jawa, 16 abk berhasil diselamatkan." [Internet]. [diunduh2024Januari7]. Tersedia pada: <https://hubla.dephub.go.id/home/post/read/9504/kapal-penangkap-ikan-km-bintang-jaya-mandiri-terbakar-di-laut-jawa-16-abk-berhasil-diselamatkan>.
- Zulhelmi Alif Abdul Halim, Muhamad Azizi Mat Yajid, Fajar Anugrah Nurhadi, Norhayati Ahmad, Halimaton Hamdan. 2020. "Effect of Silica Aerogel – Aluminium Trihydroxide Hybrid Filler on the Physio-Mechanical and Thermal Decomposition Behaviour of Unsaturated Polyester Resin Composite." *Polymer Degradation and Stability* 182: 109377. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109377>.
- Imam, Barack. 2022. "Bahaya Penggunaan Laminasi Fiberglass Pada Kapal Kayu." [internet]. [diunduh 2024 Maret 10]. Tersedia pada: <https://www.gonews.id/bahaya-penggunaan-laminasi-fiberglass-pada-kapal-kayu/>.

- Imron Deni. 2018. "Techno-Economy Analisis of PSP 01 Boat Lamination In Palabuhan Ratu , West Java. Bogor(ID). Institut Pertanian Bogor.
- S. Kaleg, Sudirja, A. C. Budimana, Amin, A. Muharam, A. Hapid, K. Diharjo, D. Ariawan. 2023. "Unsaturated Polyester Resin/Aluminum Tri-Hydroxide Added with Short Glass Fiber for Battery Box." *Journal of Applied Research and Technology* 21(3): 457–70.
- Kaw, Autar K. 2006. *The International Handbook of FRP Composites in Civil Engineering Mechanics of Composite Materials*. Second Edition. Taylor & Francis Group.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2021. "Investigasi Kecelakaan Kapal Perikanan." Jakarta (ID). KNKT.
- Maizar, Asus. 2013. "Applied Lamination Fiberglass To Protect and Maintenance Wood Fishing Vessel Penerapan Laminasi Fiberglass Untuk Melindungi Dan Memperbaiki Perahu Kayu Di Kabupaten Gresik.": 246–50.
- Morgan, Wilkei. 2014. *Scrivener Publishing Non Halogenated Flame Retardant Handbook*. Scrivener Publishing.
- Rothon, Hornsby. 1996. *Flame Retardant Effect of Magnesium Hydroxide Polymer Degradation and Stability*.
- EHP Silva, GSC Souza, DB Janes, G Waldow, FCP Sales, RM Guedes, V Tita, RRC Costa 2021. "Flexural and Flammability Evaluation of a New Bio-Based Polyurethane Foam with Alumina Trihydrate.": *Journal of Materials: Design and Applications*.
- Singh, Pankaj Kumar, Pradeep Kumar Singh, and Aman Sharma. 2021. "Flame Retardant FRP Composites for Marine Application." *Materials Today*: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.945>.
- Tegalkota.go.id. 2023. "Update Terkini Kejadian Kebakaran Kapal." [Internet]. [diunduh 2024 Januari3]. Tersediapada: <https://bpbd.tegalkota.go.id/2023/08/18/update-terkini-kejadian-kebakaran-kapal/>.
- Wave Train. 2011. "Fiberglass Boat Building : Core Lamination." [Internet]. [diunduh 2024 Januari 1]. Tersedia pada: <https://wavetrain.net/2011/05/25/fiberglass-boatbuilding-cored-laminates/>.
- Wypych, George. 2016. *Handbook of Fillers Handbook of Fillers*. Toronto.