

Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Rambatan Api Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Praksok (*Cordyline Australis*)

Gede Gibran Diantara, I Gede Putu Agus Suryawan, dan I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Industri otomotif berkembang untuk memproduksi kendaraan yang lebih ringan dan hemat energi. Pengembangan material komposit yang kuat, ringan, dan ekonomis dari serat alami adalah inisiatif penting untuk menciptakan solusi berkelanjutan dalam berbagai aplikasi industri. Dalam industri otomotif, komposit harus tahan terhadap api demi keselamatan pengguna, sehingga penting untuk mengetahui pengaruh kandungan serat terhadap sifat tahan bakarnya. Karena kualitas mekanisnya yang baik, daun praksok (*Cordyline australis*) berpotensi digunakan sebagai penguat komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak fraksi volume terhadap ketahanan api pada komposit yang diperkuat dengan serat daun praksok. Selama dua jam, serat daun praksok direndam dalam larutan NaOH 10%. Resin polyester Yucalac BQTN-EX 157 digunakan sebagai matriks. Setelah dipotong sepanjang 1 cm, serat daun Praksok kemudian disusun secara acak menggunakan teknik cetak hand lay-up. Fraksi volume serat yang digunakan bervariasi antara 15%, 20%, hingga 25%. Pengujian rambatan api pada komposit dilakukan berdasarkan standar ASTM-D 635. Hasil uji ketahanan api pada spesimen komposit dengan fraksi volume 25 % memiliki laju pembakaran linier, laju penurunan berat, dan persentase dari kehilangan berat yang paling optimal, yaitu sebesar 15,501 mm/menit, 1,334 gram/menit, dan 70,03 serta panjang api 2,964 mm dan tinggi api 3,539 mm.

Kata Kunci : Serat Daun Praksok, Komposit, Fraksi Volume, Polyester, Uji Rambatan Api

Abstract

The automotive industry is evolving to produce lighter and more energy-efficient vehicles. The development of strong, lightweight, and economical composite materials from natural fibers is an important initiative to create sustainable solutions in various industrial applications. In the automotive industry, composites must be fire resistant for user safety, so it is important to understand the effect of fiber content on their fire resistance properties. Due to their good mechanical properties, *Cordyline australis* leaves have the potential to be used as composite reinforcement. This study aims to investigate the impact of volume fractions on fire resistance in composites reinforced with *Cordyline australis* leaves. For two hours, the *Cordyline australis* leaves were immersed in a 10% NaOH solution. Yucalac BQTN-EX 157 polyester resin was used as the matrix. After being cut into 1 cm lengths, the *Cordyline australis* leaves were then randomly arranged using a hand lay-up molding technique. The fiber volume fraction used varied between 15%, 20%, and 25%. Flame propagation testing on composites was carried out based on the ASTM-D 635 standard. The results of the fire resistance test on composite specimens with a volume fraction of 25% had the most optimal linear burning rate, weight loss rate, and weight loss percentage, namely 15.501 mm/minute, 1.334 grams/minute, and 70.03, and a flame length of 2.964 mm and a flame height of 3.539 mm.

Keywords: Praksok Leaf Fiber, Composite, Volume Fraction, Flame Propagation Test

1. Pendahuluan

Industri otomotif saat ini tengah berada dalam fase transformasi besar-besaran sebagai respons terhadap berbagai tantangan global, terutama yang berkaitan dengan kebutuhan konsumen dan isu lingkungan. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana menciptakan kendaraan yang lebih ringan guna mengurangi konsumsi energi dan emisi gas buang. Dalam konteks ini, material alternatif seperti komposit berbasis serat alam mulai menjadi perhatian utama karena potensinya yang besar dalam menjawab krisis ketersediaan bahan baku logam dalam industri otomotif.

Komposit serat alam dinilai memiliki prospek yang menjanjikan karena tidak hanya kuat dan ringan, tetapi juga berkelanjutan dan ramah

lingkungan. Material ini memungkinkan produsen kendaraan untuk menggantikan logam berat tanpa mengorbankan performa mekanis. Lebih jauh lagi, karena banyaknya manfaat, serat alami sering digunakan sebagai komponen penguat dalam komposit.

Dibandingkan dengan serat sintetis atau logam, serat alam memiliki sejumlah kelebihan, antara lain bersifat non-abrasif, memiliki densitas yang rendah sehingga mendukung pengurangan bobot kendaraan, biaya produksi yang relatif rendah, serta tidak menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia. Keunggulan inilah yang mendorong penelitian dan pengembangan intensif terhadap pemanfaatan serat alam sebagai bahan baku

alternatif yang berkelanjutan untuk sektor otomotif masa depan.[1]

Untuk menghasilkan komposit serat alam dengan karakteristik mekanik yang optimal, penting untuk memahami berbagai faktor yang memengaruhi bahan penyusunnya. Faktor-faktor tersebut meliputi pola susunan serat, arah orientasi, fraksi volume serat, dan fraksi volume matriks. Di antara faktor-faktor tersebut, fraksi volume serat memiliki pengaruh paling besar terhadap kekuatan komposit. [2]

Salah satu jenis bahan yang berasal dari tumbuhan di Indonesia yang seratnya cocok digunakan sebagai bahan untuk komposit adalah daun tanaman praksok. Daun tanaman praksok (*Cordyline australis*) yang berbatang tunggal dan panjang dimanfaatkan sebagai bahan komposit. Selain itu, daun ini juga digunakan dalam kesenian Bali, seperti untuk pembuatan bulu pada barong dan rambut yang biasa digunakan sebagai hiasan penjor dalam upacara keagamaan Hindu..[3]

Modifikasi permukaan serat dilakukan untuk memastikan serat dan matriks memiliki ikatan yang kuat yang bertujuan meningkatkan kompatibilitas serat alami dengan matriks. Salah satu cara agar serat alam dan matrik memiliki ikatan yang baik perlu adanya perlakuan alkalisasi. Alkalisasi bersifat basa dan bertujuan untuk mengurangi kandungan serat seperti lignin, hemiselulosa, atau pektin yang tidak berguna untuk kekuatan permukaan serat yang lebih baik. Pengurangan kandungan lignin serta hemiselulosa berperan sebagai pengikat antara serat selulosa dan lignin, membantu memberikan kekuatan serta fleksibilitas pada dinding sel tumbuhan akan menghasilkan mekanisme yang lebih baik, yang juga akan memperbaiki struktur permukaan serat dan membuatnya lebih mudah untuk dibasahi dengan resin.[4]

Komponen dan panel bangunan serta kendaraan harus memiliki ketahanan panas radiasi yang baik dan tahan api (tidak mudah terbakar). Agar material dapat digunakan sebagai panel, material tersebut harus memiliki kualitas mekanis yang baik dan tahan api. Untuk mengevaluasi ketahanan api pada material komposit, diperlukan metode pengujian rambatan api sehingga dapat diperoleh nilai laju pembakaran linear, persentase kehilangan berat, dan laju kehilangan berat. [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menjabarkan laju pembakaran linear, perbandingan laju pembakaran linier, persentase kehilangan berat dan laju kehilangan berat. Kestabilan Rambatan api ditunjukan dengan hasil panjang dan tinggi rambatan api Hasil pengujian

rambatan api pada komposit polyester yang diperkuat dengan serat daun praksok (*Cordyline australis*) dengan variasi fraksi volume serat dengan komposisi 15%, 20%, dan 25% setelah perlakuan NaOH. Serat daun praksok didapat sekitar lingkungan kampus Teknik Mesin Universitas Udayana, Jimbaran, Bali.

1. Panjang serat daun praksok 1 cm dengan orientasi acak (*random*).
2. Fraksi volume serat pada komposit , 15%,20%, 25%
3. Menggunakan resin polyester Yukalac 157 sebagai matriks
4. Metode hand lay-up digunakan mencetak komposit
5. Menggunakan Standar uji rambatan api ASTM D 635-03
6. Perlakuan NaOH dengan kadar 10% terhadap serat

2. Dasar Teori

2.1. Komposit

Material komposit terbentuk dengan menggabungkan pencampuran lebi dari satu zat yang memiliki sifat mekanik berbeda, , di mana satu zat berfungsi sebagai matriks (fase pengisi) dan yang lainnya sebagai fase penguat. Komposit menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan logam, seperti sifat mekanik yang unggul, ketahanan terhadap korosi, biaya bahan baku yang lebih rendah, dan kepadatan yang lebih rendah.[6]

2.2. Resin Polyester

Resin polyester menunjukkan potensi baik sebagai matriks dalam pembuatan komposit, dengan kekuatan tarik 9.4 kg/mm² dan kekakuan lentur 300 kg/mm², menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap beban mekanis. Modulus Young sebesar 1.18 GPa mencerminkan kekakuan elastisitasnya, sementara suhu distorsi panas pada 70 derajat Celsius menunjukkan bahwa resin ini kurang optimal untuk aplikasi suhu tinggi, meskipun dapat dimodifikasi untuk meningkatkan ketahanan terhadap rambatan api.[7]

2.3. Serat Daun Praksok

Daun ketiga hingga kelima dari bawah dipilih berdasarkan serat idealnya, pastikan tidak terlalu muda atau terlalu tua. Untuk membantu penyerapan, daun praksok harus direndam dalam air sebelum serat dikumpulkan. Karena proses yang lebih lama dapat merusak serat dan membuatnya lebih rapuh serta mudah patah, proses perendaman air selama enam hari dimaksudkan untuk menghasilkan hasil yang lebih baik. Kekuatan lentur serat praksok adalah 74,552 MPa, dan kekuatan tariknya adalah 31,36 MPa.[8]



Gambar 1. Serat Daun Praksok (Cordyline australis)

2.4. Uji Rambatan api

Uji rambatan api komposit adalah untuk menentukan kemampuan material dalam mendukung dan menyangga api sehingga diperoleh pembakaran linier, laju kehilangan berat dan persentase kehilangan berat semuanya dilakukan dengan menggunakan standar ASTM 635-03.

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(1)$$

V = Laju Pembakaran Linier (mm/menit)

L = Panjang Terbakar (mm)

t = Waktu Terbakar (menit)

$$W = \frac{w}{t} \dots\dots\dots(2)$$

W = Laju Kehilangan Berat (gram/menit)

w = Kehilangan Berat (gram)

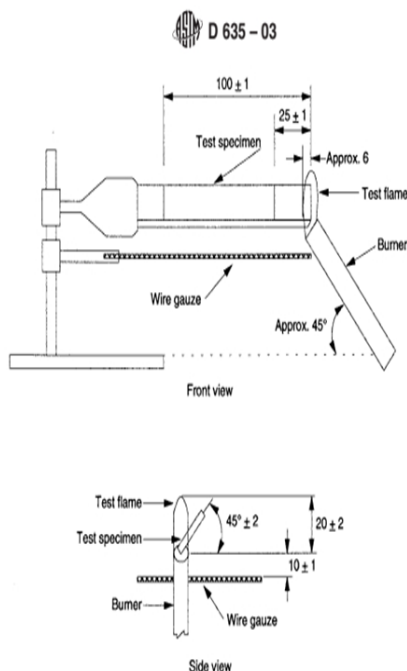
t = Waktu Terbakar (menit)

$$W_{\text{loss}} = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

W_{loss} = Persentase Kehilangan Berat

W_0 = Berat Awal (gram)

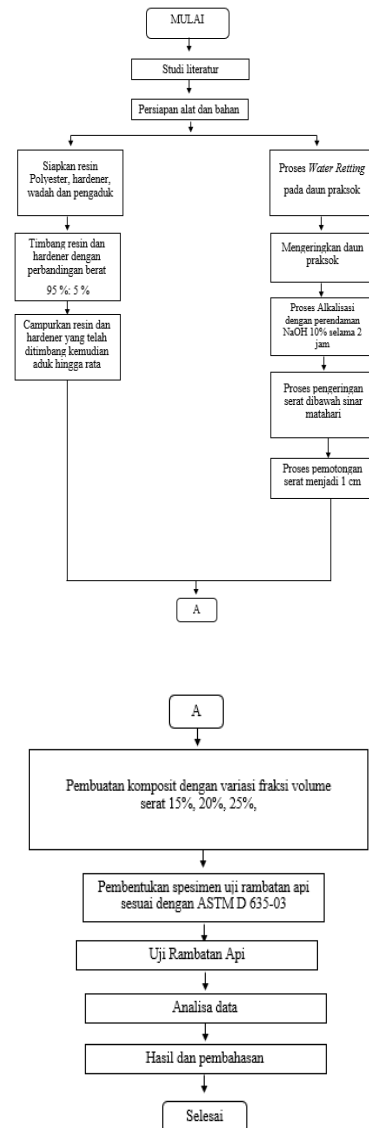
W_1 = Berat Akhir (gram)



Gambar 2. Skema Uji Rambatan Api

3. Metode penelitian

3.1 Diagram Alir



3.2 Penjelasan Proses Penelitian

Serat Praksok adalah serat alami yang diambil dari tanaman Cordyline australis, yang berasal dari Selandia Baru dan banyak ditemukan di Indonesia timur, khususnya Bali. Tanaman ini biasanya digunakan sebagai hiasan, sementara serat daunnya dimanfaatkan untuk membuat bulu rangda, barong, dan tali. Dalam penelitian ini, serat daun praksok digunakan sebagai penguat dalam komposit polyester. Daun yang dipilih adalah daun ketiga hingga kelima dari bawah pada pohon berusia 3-5 tahun, karena memiliki kualitas terbaik. Pengambilan serat dilakukan melalui metode water retting, yaitu perendaman dilakukan selama enam hari, untuk mempermudah ekstraksi serat tanpa mengurangi kualitasnya. Proses water retting yang terlalu lama dapat merusak serat,

membuatnya lebih rapuh dan mudah patah. Jika perendaman terlalu lama, serat kehilangan kekuatan dan elastisitas.



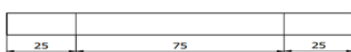
Gambar 3. Proses Water Retting Dalam Pembuatan Serat Daun Praksok

Meningkatkan kualitas serat merupakan tujuan dari proses alkalisasi yang menggunakan larutan NaOH, khususnya bila konsentrasinya 10% selama dua jam. Bertujuan menghilangkan kandungan selulosa yang berlebih pada serat dan memperbaiki struktur serat agar kekuatan serta kualitasnya meningkat.

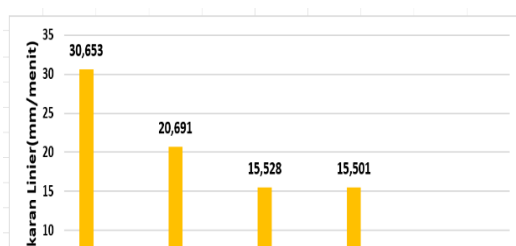


Gambar 4. Proses Alkalisasi Serat Daun Praksok

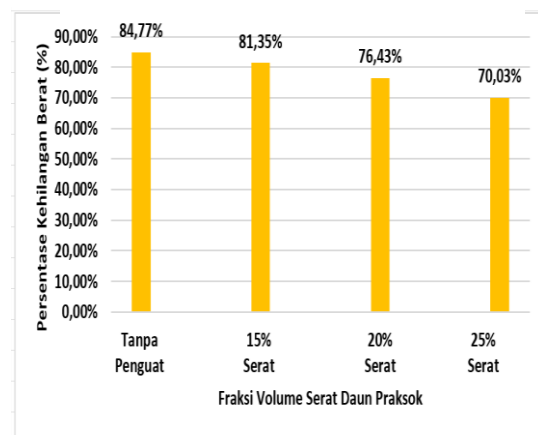
digunakan sebagai metode dalam mencetak komposit Polyester berpenguat serat daun praksok pencetakan dimulai penuangan resin ke dalam cetakan, kemudian dilanjutkan dengan menyusun serat sesuai fraksi volume yang kemudian serat disebar merata menggunakan alat seperti kuas, roll, dan sendok dan serat direndam dalam resin serta didiamkan selama 24 jam. Setelah itu spesimen dibentuk agar bisa diuji rambatan api sesuai standar ASTM D 635-03 dengan ukuran panjang 125 mm, lebar 13 mm, tebal 3 mm



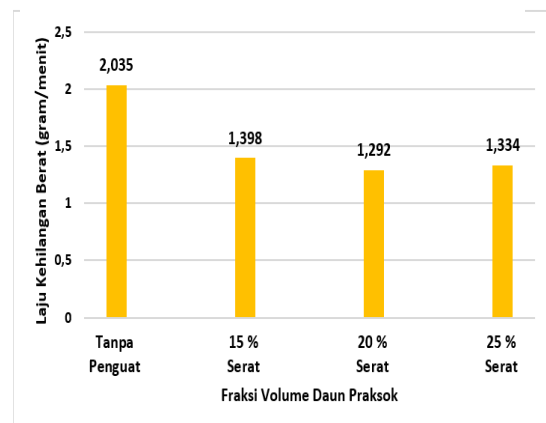
Gambar 5. Ukuran Spesimen Uji Rambatan Api ASTM 635-03
4.1 Hasil Uji Rambatan Api



Gambar 6. Grafik Laju Pembakaran Linier



Gambar 7. Grafik Persentase Kehilangan Berat



Gambar 8. Grafik Laju Kehilangan Berat

Sesuai dengan grafik yang ditampilkan Gambar 6. hasil komposit polyester yang diperkuat dengan serat daun praksok (*Cordyline australis*) menunjukkan laju pembakaran linier. Hal ini terlihat dari data uji perambatan api bahwa peningkatan kandungan serat dan efektivitas perlakuan NaOH menyebabkan penurunan laju pembakaran linier yang signifikan. Karena peningkatan konsentrasi serat dalam komposit dapat mengurangi laju pembakaran, spesimen dengan fraksi volume 25% menunjukkan hasil terbaik dengan laju pembakaran linier terendah, yaitu

30.653 mm/menit. Sementara itu, spesimen dengan fraksi volume 0% mencatat laju pembakaran tertinggi sebesar 15.501 mm/menit, yang menunjukkan penurunan sebesar 49,4 %

Hasil perhitungan persentase kehilangan berat menggunakan Persamaan (2), yang ditampilkan berupa grafik pada Gambar 7. , menjelaskan sifat yang sama dengan laju pembakaran linier. Didapatkan spesimen dengan fraksi volume yang memiliki persentase kehilangan berat paling lambat sebesar 84,77 % , dan spesimen dengan fraksi volume 25%, yang memiliki persentase kehilangan berat 70.03% karena komposisinya tidak mengandung unsur penguat. Peningkatan volume atau komposisi serat dapat berdampak pada laju pembakaran linier dan persentase kehilangan berat spesimen. Oleh karena itu, semakin tinggi persentase serat yang terkandung pada komposit polyester , semakin optimal nilai penurunan persentase beratnya.

Pada spesimen fraksi volume 0% serat, komposit dengan ketahanan api terendah mengalami kehilangan berat tertinggi, 2,035 gram/menit. Matriks polyester lebih rentan terhadap kerusakan termal jika tidak memiliki serat penguat., menambah fraksi volume serat dengan perlakuan NaOH menurunkan laju kehilangan berat ditunjukan pada komposit 20 % yang mengalami kehilangan berat mencapai 1,292 gram/menit, ditunjukan pada grafik pada Gambar 8 yang menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam ketahanan api. Namun, untuk komposit 25% dengan perlakuan NaOH, kehilangan berat sedikit meningkat menjadi 1,334 gram/menit, menunjukkan titik optimal untuk penambahan fraksi volume hal ini dapat terjadi karena rambatan api meningkat sesaat karena terbentuknya ruang kosong di sekitar partikel akibat kurangnya adhesi antara serat dan matriks polimer.

4.2 Hasil Pengujian Tinggi dan Panjang Api Komposit

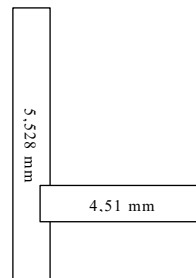
Hasil pengujian tinggi dan Panjang api komposit nantinya akan Didapatkan dari sample terbaik dari pengujian rambatan api dari spesimen komposit polyester berpenguat serat daun praksok yaitu sebagai berikut berikut :

Spesimen Tanpa Penguat : Panjang api 4,51 mm dan tinggi api 5,528 mm.

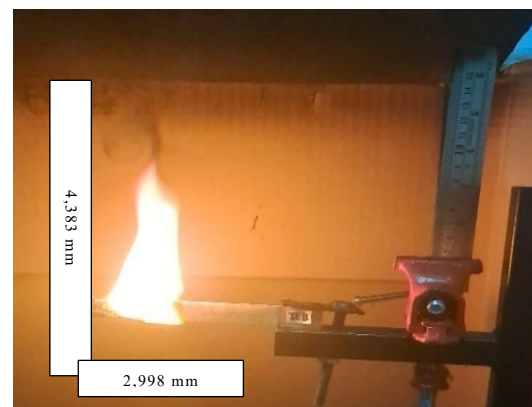
Spesimen 15 % Serat Daun Praksok: Panjang api 2,998 mm dan tinggi api 4,383 mm.

Spesimen 20 % Serat Daun Praksok : Panjang api 2,964 mm dan tinggi api 3,539 mm.

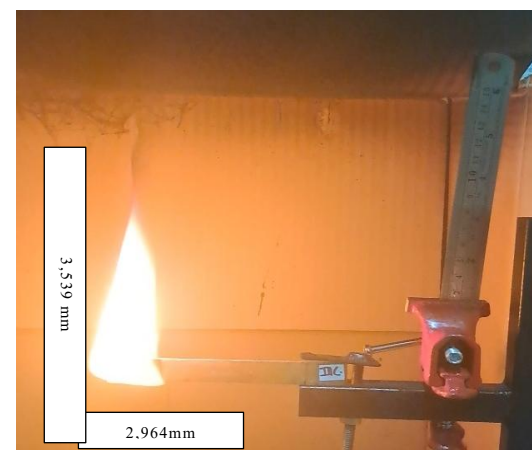
Spesimen 25 Serat Daun Praksok : 2,724 mm dan tinggi api 3,396 mm.



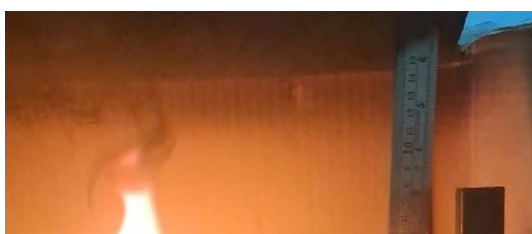
Gambar 9. Panjang Dan Tinggi Api Komposit Tanpa Penguat



Gambar 10. Panjang Dan Tinggi Api Komposit Fraksi Volume 15 %



Gambar 11. Panjang Dan Tinggi Api Komposit Fraksi Volume 20%



2.724 mm

Gambar 12. Panjang Tinggi Api Komposit Fraksi Volume 25 %

Pada Uji Panjang dan Tinggi Api pada komposit Polyester berpenguat serat daun praksok didapatkan pada gambar 9 yaitu sample fraksi volume 0 % memiliki pajang 4,51 mm dan lebar 5,528 mm semmentara hasil yang lebih optimal didapatkan pada gambar 12 dimana specimen dengan kandugan serat 25 % ditunjukkan pada Gambar 12 . mendapatkan hasil yang paling optimal dengan 2,724 mm dan tinggi api 3,396 mm. Kandungan persebaran serat yang lebih banyak menyebabkan area kosong tertutupi pada komposit sehingga tidak cepat merambat oleh api serta modifikasi serat dengan perlakuan alkalisasi umumnya mengurangi rambatan api pada komposit

5. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa , pada pengujian ketahanan api komposit polyester dengan penguat serat pandan bali dan daun praksok, spesimen dengan fraksi volume serat 25% yang diberi perlakuan NaOH menunjukkan hasil terbaik dengan laju pembakaran linier dan laju kehilangan berat masing-masing sebesar 15,501 mm/menit dan 1,334 gram/menit. Dibandingkan dengan spesimen tanpa serat (0%), terjadi penurunan laju pembakaran linier sebesar 49,43% dan penurunan laju kehilangan berat sebesar 34,44%. Selain itu, panjang dan tinggi nyala api juga mengalami penurunan signifikan hingga 2,98 cm dan 3,53 cm. Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan NaOH dan peningkatan fraksi volume serat hingga 25% efektif dalam meningkatkan ketahanan api komposit, dengan serat berperan sebagai



Gede Gibran Diantara
menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2025.

Judul tugas akhir : Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Rambatan Api Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Praksok (*Cordyline Australis*)

penghalang fisik dalam memperlambat penyebaran api.

Daftar Pustaka

- [1] Wazeer, A. et al. (2023) ‘Composites for electric vehicles and automotive sector: A review’, *Green Energy and Intelligent Transportation*, 2(1), p. 100043.
- [2] Wona, H., Boimau, K. and Maliwemu, E.U.K. (2015) ‘Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula’, *Lontar Jurnal Teknik Mesin*, 02(01), pp. 39–50.
- [3] Arif Sutrisno, T. et al. (2022) Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Matrik Resin Epoxy Berpenguat Serat Praksok Dengan Perlakuan Alkalisasi NaOH, *Prosiding SENIATI*, 6(4), pp. 817–823.
- [4] Maryanti, B., Sonief, A.A. and Wahyudi, S. (2011) ‘Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Polyester Terhadap Kekuatan Tarik’, *Rekayasa Mesin*, 2(2), pp. 123–129.
- [5] Made Astika, Gusti Ketut Sukadana, (2018) ‘Karakteristik Ketahanan Api Komposit Polyester Berpenguat Serat Sabut Kelapa’, *Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX*, 5, pp. 113–115.
- [6] Mahmuda, E., Savetlana, S. and Sugiyanto, D. (2013) ‘Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk dengan Matrik Epoxy’, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(3), pp. 79–84.
- [7] Ruzuqi, R. (2020) ‘Impact Strength Analysis of Polymer Composite Materials (PCM) Fiber Reinforced in the Fiberboat Application’, *Material Science Research India*, 17(2), pp. 170–178.
- [8] Arif Sutrisno, T. et al. (2022) ‘Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Matrik Resin Epoxy Berpenguat Serat Praksok Dengan Perlakuan Alkalisasi NaOH’, *Prosiding SENIATI*, 6(4), pp. 817–823.

	Dr. I Putu Lokantara ST., MT studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1994. Kemudian lulus studi S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2000. Lalu S3 di Universitas Udayana pada tahun 2021.
	Dr. I Gede Putu Agus Suryawan ST., MT itisi yang diminati adalah Material, Komposit, dan Manufaktur menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana tahun 1994. Kemudian lulus studi S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2001. Lalu S3 di Universitas Udayana pada tahun 2020.
Bidang Penelitian yang diminati adalah Material, Komposit, dan Manufaktur	