

Pengaruh Fraksi Volume Matriks Pati Singkong Dan Kitosan Berpenguat Serat Bambu Terhadap Ketahanan Bakar

I Kadek Ganesa Prasasta, I Gede Putu Agus Suryawan, dan I Ketut Suarsana
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemanfaatan kepiting sebagai sumber makanan menimbulkan masalah baru yaitu limbah cangkangnya. Belakangan ini limbah cangkang kepiting ternyata bisa dimanfaatkan menjadi sumber pembuatan chitosan, sebuah polimer alami yang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, diteliti nilai ketahanan bakar dari material yang disusun dari matriks chitosan dan pati singkong berpenguat serat bambu. Proses pembuatan dan pencetakan spesimen menggunakan metode pembuatan hand lay-up dengan fraksi volume matriks dan serat sebesar 95%:5%, 90%:10%, dan 85%:15%. Pengujian ketahanan bakar menggunakan ASTM D635. Hasil pengujian menunjukkan penambahan fraksi volume serat memendekkan lama waktu munculnya api pada komposit (TTI) dengan nilai terlama terdapat pada varian 95%:15% dengan rata-rata nilai 27.24 detik.

Kata kunci: komposit, serat bambu, uji bending, uji serapan air, uji ketahanan bakar

Abstract

The use of crabs as a food source has generated a new issue: shell waste. Recently, crab shell waste has been discovered to be a viable raw material for producing chitosan, a naturally derived and environmentally friendly polymer. This research investigates the fire resistance properties of a composite material composed of a chitosan and cassava starch matrix reinforced with bamboo fibers. Specimens were fabricated using the hand lay-up method, with matrix-to-fiber volume fractions of 95%:5%, 90%:10%, and 85%:15%. Flammability resistance testing using ASTM D635. Test results revealed that increasing the fiber volume fraction reduced the time to ignition (TTI) of the composite, with the longest ignition delay observed in the 95%:5% variant, averaging 27.24 seconds.

Keywords: composite, bamboo fiber, bending test, water absorption test, flame resistance test

1. Pendahuluan

Penggunaan komposit saat ini semakin berkembang dalam industri manufaktur. Komposit yang diperkuat dengan serat saat ini menjadi pilihan bahan teknik yang populer karena memiliki kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi daripada bahan teknik lainnya secara umum. Hal ini memungkinkan melakukan desain yang mendekati kebutuhan spesifik yang diinginkan[1].

Data dari indah pada penelitiannya dijelaskan bahwa Indonesia mengalami peningkatan produksi limbah cangkang kepiting dari tahun ke tahun [2]. Dengan perhitungan bahwa 25% dari total berat udang dan kepiting adalah cangkang, maka limbah cangkang kepiting dapat mencapai setidaknya 40.000 ton per tahun. Kandungan utama cangkang kepiting adalah kitosan, yang merupakan polimer yang presentase kitin terbesar mencapai 73% dan memiliki sifat polikationik [3].

Tepung tapioka adalah parti murni yang diperoleh dari proses ekstraksi singkong [4]. Salah satu keunggulan tepung tapioka adalah kemampuannya untuk disimpan lebih lama [5]. Dan mengandung amilopektin berkisar antara 72,61% hingga 87,71%. Kandungan amilosa mempengaruhi sifat mekanik bioplastik, sementara kandungan amilopektin mempengaruhi sifat lengket yang optimal [6].

Serat bambu sedang banyak mendapatkan perhatian sebagai bahan yang memiliki fungsi penguat polimer yang digunakan pada material komposit

karena memiliki keunggulan seperti harga lebih murah dari serat sintetis, berat jenis yang rendah, memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, mudah diperoleh di alam dan memiliki sifat sumber daya yang dapat diolah kembali [7].

Dalam penelitian ini menggunakan satu variabel bebas dengan tiga variasi yaitu perbandingan matriks dan serat 95%:5%, 90%:10%, dan 85%:15%.

Pengujian ketahanan bakar dilakukan dalam penelitian ini didasari penggunaan komposit ini menjadi pembungkus makanan. Dengan uji ketahanan bakar, akan ketahuan apakah komposit ini dapat melindungi makanan dari kebakaran atau api.

Dalam hal ini maka ada permasalahan yang akan dikaji

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume matriks dan serat terhadap nilai ketahanan bakar pada komposit kitosan dan pati singkong berpenguat serat bambu?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Kitosan yang digunakan dalam penelitian ini di beli secara online dan memiliki sertifikat *pharmaceutical grade*.
2. Pati singkong yang digunakan dalam penelitian ini dibeli secara online dan memiliki sertifikat *pharmaceutical grade*.
3. Pencetakan komposit menggunakan metode *hand-lay up*.

4. Panjang dari serat bambu yang digunakan adalah 10mm.

2. Dasar Teori

Komposit adalah sebuah material hasil rekayasa memiliki dua atau lebih bahan dimana sifat dan karakteristik masing masing bahan berbeda dari satu dan lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir material tersebut [8].

Komposit memiliki penyusun lebih dari satu sehingga menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya. Diantaranya, matriks yaitu penyusun fraksi volume terbanyak, penguat sebagai penahan beban utama, interphase sebagai penghubung diantara dua penyusun, dan interface sebagai permukaan fase yang memiliki batasan dengan fasa lainnya [9].

Serat alam merupakan serat yang terbentuk secara alami. Komposit serat alam memiliki keunggulan yaitu mudah di temukan, ramah lingkungan, dan memiliki sifat *biodegradable*. Komposit serat alam memiliki tujuan untuk mengurangi penggunaan bahan yang terbuat dari zat yang berdampak kepada lingkungan alam dan memaksimalkan penggunaan sumber daya alam [10].

Matrik atau dapat disebut sebagai pengikat komposit adalah bahan terdapat pada komposit yang memiliki bagian dalam fraksi volume terbanyak dan biasanya memiliki jenis dari matrik logam, keramik,

dan polimer. Polimer merupakan jenis matriks yang sering digunakan pada material komposit. Matriks juga berfungsi sebagai pentransfer dan pendistribusi beban pada serat juga menambahkan sifat mekanis pada material komposit seperti kekerasan dan kekuatan.

Pati adalah polisakarida kompleks yang berfungsi sebagai cadangan energi tumbuhan. Tanaman singkong merupakan bahan baku yang memiliki potensi yang paling tinggi untuk diolah menjadi pati [11]. Keunggulan pati singkong dalam pembuatan komposit bioplastik adalah memiliki sifat-sifat polimer ideal. Keunggulan pati singkong sebagai komposit ditambah dengan adanya sifat pati yang mudah di temukan dan memiliki sifat *biodegradable* yang dapat terurai dengan mikroorganisme [12].

Kitosan merupakan olahan dari limbah laut yang merupakan senyawa berjenis polisakarida. Sumber utama kitosan adalah makhluk laut yang berjenis *crustacea* seperti kepiting, udang, kerang, dan rajungan. Polisakarida ini merupakan hasil deasetilisasi dari kitin [13].

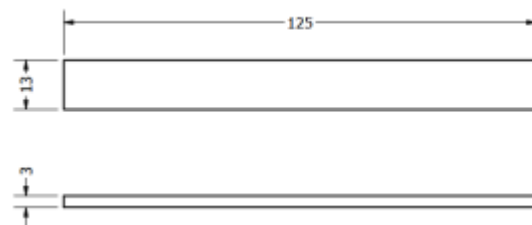
Kitosan dalam pembuatan komposit sering digunakan sebagai matriks karena sifat biokompatibel, bio degradable, dan memiliki sifat anti terhadap mikroba. Penelitian menunjukkan bahwa kitosan dapat dikombinasikan dengan beberapa material seperti zeolit dan nano partikel logam untuk membuat komposit dengan sifat yang telah ditingkatkan [14].

Bambu adalah salah satu dari jenis rumput-rumputan yang termasuk pada keluarga gramineae

sekaligus merupakan salah satu komoditas hasil hutan bukan kayu yang tumbuh dan banyak pada hutan Indonesia dan negara tropika lainnya [15]. Pemanfaatan pembuatan komposit dengan bambu menggunakan seratnya sebagai penguat. Serat bambu memiliki kekuatan tarik dapat melebihi kekuatan baja lunak [16].

Uji ketahanan bakar adalah pengujian seberapa tahan suatu material komposit terhadap api. Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui data kecepatan rambat api dan laju kehilangan massa spesimen yang diuji. Uji ketahanan bakar memiliki tujuan lain untuk mengetahui berapa lama waktu yang dihabiskan untuk sebuah material komposit dapat habis terbakar. Pengujian ini menggunakan standarisasi ASTM D635 dan ukuran spesimen uji ketahanan bakar juga di atur dengan panjang 125 mm, lebar 13 mm, tinggi 3 mm

ukuran spesimen uji ketahanan bakar dapat dilihat pada gambar 1 dan alat uji ketahanan bakar dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Spesimen Uji Ketahanan Bakar



Gambar 2. Alat Uji Ketahanan Bakar

$$V = \frac{L}{T} \quad (1)$$

V = Laju pembakaran linear (mm/s)

L = Panjang terbakar (mm)

T = Waktu terbakar (s)

Persamaan (1) digunakan untuk mengukur laju pembakaran linear.

$$W = w_0 - w_1 \quad (2)$$

W = Kehilangan berat (gr)

w_0 = Berat awal (gr)

w_1 = Berat akhir (gr)

Rumus diatas hanya dapat di hitung jika spesimen mengalami perambatan api.

3. Metode Penelitian

Penelitian dan pengujian komposit pati singkong dan kitosan berpenguat serat bambu menggunakan peralatan dan bahan seperti berikut:

1. Alat pengukuran (gelas beker, timbangan digital, dan jangka sorong)

2. Alat cetak dengan ukuran ASTM D635 dengan ukuran spesimen 125x13x3 mm
3. Gunting
4. Sendok
5. *Hot plate stirrer*
6. Oven
7. *dehydrator*
8. Pati singkong dan kitosan sebagai matriks
9. Serat bambu sebagai penguat dalam komposit
10. MEKPO
11. Asam asetat
12. *Aquades*
13. NaOH

4. Hasil dan Pembahasan

Uji ketahanan bakar pada komposit pati singkong dan kitosan berpenguat serat bambu dilakukan dengan standar ASTM D635. Untuk mengetahui laju pembakaran api diperlukan data panjang spesimen terbakar dan waktu yang dibutuhkan untuk terbakar

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa spesimen tidak mengalami rambat api sehingga tidak dilakukan perhitungan laju pembakaran dan kehilangan massa, Sehingga yang dapat dihitung dalam penelitian ini adalah TTI atau *Time to ignition*.

Tabel 1. Hasil Uji Ketahanan Bakar

Fraksi Volume 95% Matriks 5% Serat		
No	TTI	Laju Rambat Api
F5%1	30,04	Mati
F5%2	24,74	Mati
F5%3	26,93	Mati
Rata-rata	27,24	Mati
Fraksi Volume 90% Matriks 10% Serat		
No	TTI	Laju Rambat Api
F5%1	22,59	Mati
F5%2	20,97	Mati
F5%3	22,37	Mati
Rata-rata	21,98	Mati
Fraksi Volume 85% Matriks 15% Serat		
No	TTI	Laju Rambat Api
F5%1	19,22	Mati
F5%2	17,87	Mati
F5%3	19,01	Mati
Rata-rata	18,70	Mati

Berdasarkan pengujian ketahanan bakar didapatkan nilai TTI nyala terlama ada pada varian 95%:5% dengan nilai 27 detik dan mengalami penurunan konsisten hingga di akhir dengan nilai tti terpendek berada pada varian 85%:15% menunjukkan kalau munculnya api pada spesimen membutuhkan waktu yang lebih lama.

Dari hasil penelitian didapatkan penambahan fraksi volume serat dapat mempengaruhi TTI nyala dari komposit. Semakin tinggi penambahan fraksi

serat maka semakin cepat nilai TTI nyala api. Hal ini di akibatkan karena serat alami seperti bambu memiliki konduktivitas termal lebih tinggi dibandingkan matriks yang digunakan yaitu biopolimer [17].

Penyebab tidak merambatnya api dalam pengujian ketahanan bakar dalam penelitian ini dapat dijelaskan karena penambahan chitosan sebagai matriks tambahan yang merupakan *fire reterdant* alami karena merupakan *blowing agent* yang dapat menciptakan lapisan arang yang kuat selama proses pembakaran [18]. Arang memiliki fungsi sebagai isolater yang baik agar panas tidak menyebar.

5. Kesimpulan

Semakin tinggi fraksi volume serat pada komposit dapat meningkatkan kecepatan munculnya api pada komposit jika terkena oleh sumber api atau dinamai TTI. Dalam penelitian ini nilai TTI terlama terdapat pada varian 95%:15% dan nilai tercepat didapatkan pada varian 85%:15%

Daftar Pustaka

- [1] J. Muslim, N. H. Sari, and E. D. Sulistyowati, "Analisis Sifat Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hibryd Serat Lidah Mertua Dan Karung Goni Dengan Filler Abu Sekam Padi 5% Bermatrik Epoxy," *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 26–33, 2013, doi: 10.29303/d.v3i1.85.
- [2] I. Lestari, D. S. B. Prasetya, and D. Pangga, "Uji Mekanik Membran Kitosan Berbahan Dasar Cangkang Kepiting," *Lensa J. Kependidikan Fis.*, vol. 6, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.33394/j-lkf.v6i1.932.
- [3] N. Annisaq, J. Tarmizi Kadir Pakuan baru, J. Tarmizi Kadir Pakuan Baru, J. Yusuf Mukti, I. Stikes Harapan Ibu Jambi, and K. Penulis, "Pembuatan Kitosan Dari Kitin Dari Limbah Tulang Dalam Cumi-Cumi Making Chitosan from Chitin From Bone Waste in Squid," *J. Healthc. Technol. Med.*, vol. 6, no. 1, pp. 2615–109, 2020.
- [4] N. Indrianti, R. Kumalasari, R. Ekafitri, and D. A. Darmajana, "The Effect of Canna Starch, Tapioca, and MoCaf as Substitution Ingredients on Physical Characteristics of Corn Instant Noodle," *Agritech*, vol. 33, no. 4, pp. 391–398, 2016.
- [5] Zulisma Anita, Fauzi Akbar, and Hamidah Harahap, "Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 2, pp. 37–41, 2013, doi: 10.32734/jtk.v2i2.1437.
- [6] A. E. Haryanto, & Saputri, "Pengembangan Bioplastik Dari Tepung Tapioka Dan Tepung Beras Ketan Putih," *Techno*, vol. 17, no. 2, pp. 104–110, 2016.
- [7] M. Manuputty and P. T. Berhиту, "Pemanfaatan Material Bambu Sebagai

- Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Pengganti Material Kayu untuk Armada Kapal Rakyat yang Beroperasi di Daerah Maluku,” *Jurnal Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 788–794, 2010.
- [8] L. Diana, A. Ghani Safitra, and M. Nabel Ariansyah, “Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [9] I. Mawardi, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Andi Publisher, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=RVWwDwAAQBAJ>
- [10] R. Siakeng, M. Jawaidd, H. Ariffin, S. Sapuan, M. Asim, and N. Saba, “Natural fibre reinforced polylactic acid composites: A review,” *Polym. Compos.*, vol. 40, Jan. 2018, doi: 10.1002/pc.24747.
- [11] L. Hartanti, A. Syamsunihar, and K. A. Wijaya, “Kajian Agronomis dan Kualitas Tepung Berbahan Ubi Kayu Lokal,” *Pro Food*, vol. 3, no. 2, pp. 247–255, 2018, doi 10.29303/profood.v3i2.57.
- [12] S. Intandiana, A. H. Dawam, Y. R. Denny, R. F. Septiyanto, and I. Affifah, “Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas,” *EduChemia (Jurnal Kim. dan Pendidikan)*, vol. 4, no. 2, p. 185, 2019, doi: 10.30870/educhemia.v4i2.5953.
- [13] Z. Azizati, “Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah E-mail : zidni.azizati@walisongo.ac.id DD =,” *Walisongo J. Chem.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–16, 2019.
- [14] R. F. I. Rahmayani, Y. Arryanto, and I. Kartini, “The Effect of Mixing Method on Preparing Chitosan-Zeolite-Fe Composites on Fe(III) Release,” *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 4, no. 3, p. 205, 2019, doi: 10.20961/jkpk.v4i3.32066.
- [15] Y. Indrayani, L. Sisillia, and M. Mailing, “Jenis-Jenis Bambu Di Bukit Gunung Anggas, Desa Siding, Kecamatan Siding, Kabupaten Bengkayang,” *J. Hutan Lestari*, vol. 10, no. 4, p. 822, 2022, doi: 10.26418/jhl.v10i4.53545.
- [16] A. purna Irawan and I. W. Sukania, “Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi,” *J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 59–63, 2013, doi: 10.9744/jtm.14.2.59-63.
- [17] M. Jawaidd and H. P. S. Abdul Khalil, “Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 86, no. 1, pp. 1–18, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.043>.
- [18] M. Chen *et al.*, “Recent Advancements of Bio-Derived Flame Retardants for Polymeric Materials,” *Polymers (Basel)*, vol. 17, no. 2, 2025, doi: 10.3390/polym17020249.



Bidang yang diminati saat ini adalah material komposit.