

Porositas Komposit Matriks *Chitosan* Dan Pati Singkong Berpenguat Serat Bambu

Rama Try Zulkarnain, I Gede Putu Agus Suryawan, dan I Wayan Arya Darma
Program Studi Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi fraksi volume terhadap tingkat porositas komposit berbahan dasar matriks *chitosan* dan pati singkong dengan penguat serat bambu. Kombinasi kedua matriks dipilih untuk memanfaatkan keunggulan biodegradabilitas pati singkong dan kekuatan mekanik *chitosan*, sementara serat bambu digunakan sebagai penguat alami yang ramah lingkungan. Pengujian porositas dilakukan berdasarkan standar ASTM D792-00 dengan menghitung densitas teoritis dan densitas aktual dari spesimen uji. Hasil menunjukkan bahwa nilai porositas tertinggi terjadi pada fraksi volume 85% matriks : 15% serat sebesar 93,92%, untuk nilai terendah pada fraksi volume 90% matriks : 10% serat sebesar 91,87%. Tingginya nilai porositas disebabkan oleh ketidakhomogenan pencampuran dan viskositas matriks yang tidak optimal. Secara umum, semakin tinggi densitas aktual, semakin rendah nilai porositas yang dihasilkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi fraksi volume berperan penting dalam mempengaruhi struktur internal dan kualitas fisik komposit berbasis material alami.

Kata kunci: *komposit, porositas, pati singkong, chitosan, serat bambu*

Abstract

This study aims to examine the effect of volume fraction variations on the porosity level of composites made from a chitosan and cassava starch matrix reinforced with bamboo fibers. The combination of these two matrices was selected to harness the biodegradability of cassava starch and the mechanical strength of chitosan, while bamboo fiber serves as an eco-friendly natural reinforcement. Porosity testing was conducted in accordance with ASTM D792-00 by calculating the theoretical and actual density of the test specimens. The results showed that the highest porosity value occurred at a volume fraction of 85% matrix to 15% fiber, with an average of 93.92%, while the lowest was at 90% matrix to 10% fiber, averaging 91.87%. The high porosity was attributed to non-homogeneous mixing and suboptimal matrix viscosity. In general, higher actual density results in lower porosity values. This study demonstrates that volume fraction composition plays a crucial role in influencing the internal structure and physical quality of composites based on natural materials.

Keywords: composite, porosity, cassava starch, chitosan, bamboo fiber

1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai penelitian terus dikembangkan guna menjawab kebutuhan dari manusia yang semakin beragam dan kompleks. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan pesat adalah ilmu tentang material, khususnya komposit. Komposit sendiri merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki sifat berbeda dibandingkan dengan masing-masing bahan penyusunnya [6].

Penelitian ini menggunakan dua matriks yang berbeda, yaitu *chitosan* dan pati singkong. Matriks merupakan fase dalam biokomposit yang berperan dalam menyatukan material penguat, serta berfungsi melindungi dan merekatkan *filler* agar mampu bekerja secara efektif dalam menahan berbagai gaya yang terjadi [3].

Chitosan merupakan jenis polisakarida alami, disintesis dari deasetilasi kitin, polisakarida yang utamanya terdiri dari rantai tak bercabang dari β -(1 $\rightarrow$ 4)-2-acetamido-2-deoksi-D-glukosa [1]. Kitin merupakan polimer alami terbanyak kedua setelah selulosa yang dapat diperoleh dari limbah biologis seperti kulit udang, kepiting, jamur, serangga, serta organisme *crustacea* lainnya [14]. Namun *chitosan*

adalah biopolimer alami yang sulit larut dalam air, sehingga perlu pencampuran bahan alami lainnya seperti pati.

Singkong dimanfaatkan dalam bentuk patinya. Pati yang juga dikenal sebagai tepung, merupakan salah satu jenis polimer alami yang umum dihasilkan oleh tanaman seperti jagung, umbi-umbian, dan beras [5]. Kombinasi pati singkong dan *chitosan* menghasilkan komposit yang memiliki tingkat biodegradabilitas tinggi, memungkinkan penggunaannya dalam kemasan yang dapat terurai secara alami [9]. Penggabungan antara pati singkong dan *chitosan* dilakukan sebagai upaya untuk mengatasi kelemahan masing-masing bahan, yaitu *chitosan* yang kurang larut dalam air serta pati yang memiliki kekurangan dalam sifat mekanik dan fisiknya.

Penelitian ini tidak hanya memanfaatkan pati singkong dan *chitosan*, tetapi juga melibatkan penambahan serat alam sebagai bahan penguat komposit. Serat alami memiliki berbagai kelebihan, antara lain ketersediaannya melimpah dan biaya yang relatif rendah. Selain itu, serat ini mudah diproses, memiliki densitas rendah, serta bersifat ramah lingkungan, sehingga cocok digunakan dalam pengembangan komposit yang berkelanjutan [7].

Selain itu, serat alam (*natural fiber*) terutama serat bambu juga bisa digunakan sebagai bahan penguat polimer untuk digunakan material komposit [11].

2. Dasar Teori

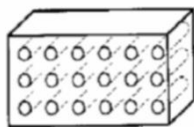
Istilah komposit berasal dari kata "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabungkan. Komposit merujuk pada perpaduan dua atau lebih material yang dipadukan pada tingkat mikroskopis, di mana masing-masing komponennya masih dapat dikenali bentuk aslinya dan bekerja sama untuk membentuk sifat atau karakteristik yang diinginkan. Material komposit adalah hasil kombinasi dari dua atau lebih bahan berbeda yang disatukan dalam satu kesatuan pada skala mikroskopis [12]. Komposit telah digunakan secara luas di berbagai sektor. Material ini tersusun atas dua elemen utama, yaitu matriks dan bahan penguat. Matriks berfungsi sebagai perekat, sementara penguat berperan untuk meningkatkan kekuatan matriks [13].

Komposit umumnya tersusun atas dua fase utama, yakni matriks dan serat (penguat). Secara umum, klasifikasi komposit dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu berdasarkan jenis matriks yang digunakan dan berdasarkan jenis bahan penguatnya. Jika diklasifikasikan dari sisi matriksnya:

1. *Polymer Matrix Composite* (PMC)
2. *Ceramic Matrix Composites* (CMC)
3. *Metal Matrix Composite* (MMC)

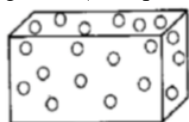
Klasifikasi berdasarkan penguatnya:

1. *Fibrous Composite* (Komposit Serat)



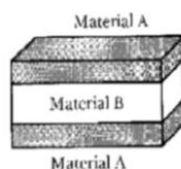
Gambar 1. Komposit Serat

2. *Laminated Composite* (Komposit Lapisan)



Gambar 2. Komposit Lapisan

3. *Particulate Composite* (Komposit Partikel)



Gambar 3. Komposit Partikel

Fungsi dari matriks sendiri yaitu untuk mentransfer tegangan ke serat, menciptakan ikatan koheren pada permukaan matriks dan serat, melindungi serat, menjaga pemisahan antar serat, melepaskan tegangan, serta menjaga stabilitas setelah proses manufaktur. Syarat utama untuk memperkuat matriks antara lain:

1. Memiliki tingkat modulus elastisitas tinggi.
2. Menunjukkan kekuatan lentur yang tinggi.

3. Variasi kekuatan terhadap diameter serat harus relatif sama.
4. Dapat mentransfer dan menerima gaya dari matriks serta mampu menahan beban yang diterapkan.

Patil merupakan jenis polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan biokomposit polimer. Bagi manusia, patil mempunyai peran penting sebagai sumber utama karbohidrat dalam pola makan maupun sebagai bahan baku terbarukan untuk berbagai industri. Patil juga kerap digunakan untuk material biodegradable karena patil merupakan sumber daya yang mudah dijangkau di alam, sehingga menjadikan bahan baku yang ekonomis dan hemat biaya [4].

Tabel 1. Komposisi Kimia Patil Singkong

Komponen	Persentase %
Kadar Air	13
Kadar Lemak	0,8
Kadar Abu	0,2
Kadar Protein	1
Kadar Serat	3,4
Kadar Patil	81,6

Chitosan adalah senyawa polisakarida yang tergolong dalam karbohidrat dan diperoleh dari limbah laut, terutama dari hewan *crustacea* seperti udang, kepiting, dan kerang. Proses pembuatan kitosan diawali dengan pengecilan ukuran kulit udang atau cangkang kepiting, kemudian dilakukan tahap deproteinasi dengan merendamnya dalam larutan natrium hidroksida (NaOH). Setelah itu, dilakukan proses demineralisasi menggunakan larutan asam klorida (HCl) untuk menghilangkan kandungan mineral.

Komponen utama dalam komposit adalah serat yang berperan penting dalam menentukan karakteristik dari komposit, termasuk kekuatan dan sifat mekanisnya. Serat berfungsi sebagai elemen utama yang menanggung mayoritas beban yang diterima oleh material komposit. Serat memiliki dua yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat alam berupa kapas, wol, sutra dan rami. Serat sintetis adalah rayon, polyester, akrilik, dan nilon.

Bambu merupakan tanaman jenis rumput-rumputan yang juga termasuk ke dalam keluarga famili *Gramineae* dan merupakan hasil hutan bukan kayu [8]. Serat dari bambu dimanfaatkan dan diolah menjadi benang atau tekstil untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan komposit. Serat bambu dikenal memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat alami lainnya.

Porositas adalah ruang kosong yang terdapat di dalam struktur material yang dinyatakan dalam bentuk % (persentase). Porositas dan densitas memiliki keterkaitan, namun porositas berbanding terbalik dengan densitas. Jika semakin tinggi nilai porositas, maka semakin ringan dan semakin lemah suatu material. Dalam menghitung porositas, perhitungan ini terkait erat dengan densitas material. Sebelum menentukan persentase porositas, langkah awal adalah mengukur densitas aktual dan densitas teoritis.

Densitas Aktual:

$$\rho_m = \frac{m_k}{m_k - m_b} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \rho_m &= \text{Densitas aktual (g/cm}^3\text{)} \\ m_k &= \text{Massa sampel kering (g)} \\ m_b &= \text{Massa sampel basah (g)} \\ \rho_{H_2O} &= \text{Massa jenis air (1 g/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Densitas Teoritis:

$$\rho_{th} = \rho_{pati \text{ singkong}} \cdot V_{pati \text{ singkong}} + \rho_{chitosan} \cdot V_{chitosan} + \rho_{bambu} \cdot V_{bambu} \quad (2)$$

Keterangan:

$$\rho_{th} = \text{densitas teoritis (g/cm}^3\text{)}$$

Nilai Porositas:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Cetakan akrilik
2. Gunting
3. Sendok
4. Neraca digital
5. Gelas beker
6. Hot plate stirrer
7. Oven
8. Mesin food dehydrator

Sedangkan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Serat bambu
2. Chitosan
3. Pati singkong
4. Aquades
5. Asam asetat 2%
6. Katalis
7. MEKPO (Methyl Ethyl Ketone Peroxide)
8. NaOH



Gambar 4. Spesimen Uji Porositas



Gambar 5. Alat Uji Porositas

4. Hasil dan Pembahasan

Uji porositas pada material komposit chitosan dan pati singkong dengan penguat serat bambu dilakukan dengan sesuai ASTM D 792 – 00. Untuk mengetahui porositas pada sampel dilakukan penghitungan densitas teoritis dan densitas aktual dari sampel yang akan diujikan. Densitas teoritis didapat dengan menghitung jumlah antara massa jenis tiap bahan yang dikali dengan volume tiap bahan. Sedangkan densitas actual didapat dari menimbang masa sampel di udara dengan masa sampel di dalam air menggunakan timbangan digital, dan kemudian dilakukan penghitungan sesuai rumus.

Tabel 2. Hasil Uji Porositas

Fraksi Volume 95% Matriks 5% Serat Bambu			
No	Dth	Da	Porositas (%)
P1	17,22	1,17	93,2
P2	17,22	1,32	93,33
P3	17,22	1,2	93,03
Rata-rata	17,22	1,23	93,19
Fraksi Volume 90% Matriks 10% Serat Bambu			
No	Dth	Da	Porositas (%)
P1	17,23	1,46	91,52
P2	17,23	1,36	92,1
P3	17,23	1,38	91,99
Rata-rata	17,23	1,4	91,87
Fraksi Volume 85% Matriks 15% Serat Bambu			
No	Dth	Da	Porositas (%)
P1	17,28	1,04	93,98
P2	17,28	1,09	93,69
P3	17,28	1,02	94,09
Rata-rata	17,28	1,00	93,92

Berdasarkan hasil pengujian porositas pada komposit matriks chitosan dan pati singkong dengan penguat serat bambu, memperlihatkan bahwa nilai porositas tertinggi pada variasi fraksi volume 85% : 15% dengan nilai rata-rata 93,92%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi fraksi volume 90% : 10% dengan nilai rata-rata 91,87%.

Kenaikan porositas pada fraksi volume 85%:15% ini ini bisa diakibatkan ketidak homogenan dan aglomerasi partikel antara matriks dan penguat [2].

Pada fraksi volume 95%:5% dengan matriks yang memiliki dominan lebih banyak mengalami porositas tinggi diakibatkan karena matriks tidak efektif dalam mengisi struktur internal bambu dan matriks yang terlalu encer atau tidak termobilisasi dengan baik ke dalam lumen serat bambu serta saat jumlah matriks yang terlalu banyak atau viskositas matriks tinggi, ruang antar penguat filler tidak tersaturasi sepenuhnya yang menyebabkan rongga terbuka [10].

5. Kesimpulan

Semakin tinggi nilai densitas yang didapat pada spesimen, maka semakin kecil nilai porositas pada spesimen tersebut. Hal ini dapat dipengaruhi oleh proses pembuatan dan pencetakan spesimen yang tidak sempurna. Pada penelitian ini nilai porositas terendah pada fraksi volume 90% matriks : 10% serat, sedangkan nilai tertinggi pada fraksi volume 85% matriks : 15% serat.

Daftar Pustaka

- [1] A. Setiawan, D. R. Widian, and P. N. A. Nugroho, 2015, *Sintesis Dan Karakterisasi Kitosan Mikropartikel Dengan Modifikasi Gelasi Ionik*, Jurnal Perikanan, vol. 17, no. 2, pp. 90–95.
- [2] B. Bolasodun, S. Durowaye, I. Rufai, and G. Lawal, 2021, *Effects Of Crab Shell And Charcoal Reinforcements On The Mechanical Properties Of Polyester Matrix Composites*, Kufa Journal of Engineering, vol. 11, no. 1.
- [3] C. I. P. K. Kencanawati, N. Suardana, I. K. G. Sugita, and I. W. B. Suyasa, 2019, *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact Greencomposite Serat Kulit Buah Pinang dengan Matriks Getah Pinus*, Jurnal Energi Dan Manufaktur, vol. 12, no. 1.
- [4] C. M. Machado, P. Benelli, and I. C. Tessaro, 2020, *Study of Interactions Between Cassava Starch and Peanut Skin on Biodegradable Foams*, Int J Biol Macromol, vol. 147, pp. 1343–1353.
- [5] D. Briassoulis, 2004, *An Overview on the Mechanical Behaviour of Biodegradable Agricultural Films*, J Polym Environ, vol. 12, pp. 65–81.
- [6] D. D. Wacono and Sulardjaka, 2014, *Pengaruh Persentase Berat Serbuk SiC Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik AlSiTiB Yang Diperkuat Serbuk SiC*, Jurnal Teknik Mesin, vol. 2, no. 3.
- [7] D. E. N. Siagian, M. Hakiem, and S. Putra, 2024, *Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, vol. 5, no. 1.
- [8] E. Arsad, 2015, *Teknologi Pengolahan Dan Manfaat Bambu*, Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, Vol. 7, No. 1.
- [9] E. V. Natalia and Muryeti, 2020, *Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Singkong Dan Kitosan*, Journal Printing and Packaging Technology, vol. 1.
- [10] F. S. W. Marpaung, C. I. P. K. Kencanawati, and K. Astawa, 2024, *Pengaruh Fraksi Volume Serat Pada Green Composite Serat Bambu Dengan Matriks Sari Pati Kentang Terhadap Kekuatan Impak Dan Water Absorption*, Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, vol. 13, no. 2.
- [11] M. Manuputty and P. T. Berhиту, 2010, *Pemanfaatan Material Bambu Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Pengganti Material Kayu Untuk Armada Kapal Rakyat Yang Beroperasi Di Daerah Maluku*, Teknologi, vol. 7, no. 2, pp. 788–794.
- [12] M. Yani, B. Suroso, and R. Rajali, 2019, *Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik*, Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, vol. 2, no. 1, pp. 74–83.
- [13] N. Lisdayana, D. A. Larasati, and E. N. Yunira, 2019, *Teknologi Produksi Plastik Biodegradable Berbasis Pati Dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Kemasan*, Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi), Lampung Selatan.
- [14] W. S. Wan Ngah, L. C. Teong, and M. A. K. M. Hanafiah, 2011, *Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review*, Carbohydr Polym, vol. 83, no. 4, pp. 1446–1456.



Rama Try Zulkarnain program studi Sarjana Teknik Mesin di Universitas Udayana, dari tahun 2021 sampai 2025. Menyelesaikan studi dengan mengambil topik penelitian di bidang Rekayasa Manufaktur yang berfokus pada material komposit.