

Kekerasan Komposit Dengan Matriks Pati Singkong Dan *Chitosan* Berpenguat Mikro Jelatang

Muhammad Rakha Hilmy, I Gede Putu Agus Suryawan, dan I Made Astika
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan mikro jelatang terhadap sifat mekanik komposit berbasis pati singkong dan *chitosan*, khususnya pada aspek kekerasan. Komposit disintesis dengan variasi fraksi volume mikro jelatang menggunakan metode *hand lay-up*, kemudian dilakukan uji kekerasan untuk mengevaluasi perubahan sifat material. Pengujian kekerasan dilakukan berdasarkan standar ASTM D2240 dengan menggunakan alat uji Durometer (Shore D). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan mikro jelatang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekerasan komposit. Pada variasi penambahan 1% hingga 3% mikro jelatang, terjadi kenaikan nilai kekerasan sebesar 11,88%, dengan nilai tertinggi mencapai 64,89 Shore D pada komposisi 85% pati singkong : 11% *chitosan* : 1% mekpo : 3% mikro jelatang. Temuan ini mengindikasikan bahwa mikro jelatang berperan penting dalam memperkuat sifat mekanik komposit.

Kata kunci : komposit, pati singkong, *chitosan*, mikro jelatang, kekerasan.

Abstract

This study aims to analyze the effect of adding micro nettle on the mechanical properties of cassava starch and chitosan-based composites, particularly in terms of hardness. Composites were synthesized with varying micro nettle volume fractions using the hand lay-up method, then hardness tests were conducted to evaluate changes in material properties. Hardness testing was conducted based on the ASTM D2240 standard using a Durometer (Shore D) testing device. The test results showed that the addition of micro nettle had a significant effect on increasing the hardness value of the composite. At addition variations of 1% to 3% micro nettle, there was an increase in hardness value of 11.88%, with the highest value reaching 64.89 Shore D at a composition of 85% cassava starch : 11% chitosan : 1% mekpo : 3% micro nettle. These findings indicate that micro nettle plays an important role in strengthening the mechanical properties of composites.

Keywords : composite, cassava starch, chitosan, micro nettle, hardness.

1. Pendahuluan

Komposit merupakan material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih material dengan campuran yang tidak homogen, di mana setiap material memiliki sifat mekanik yang berbeda [1]. Komposit terdiri dari dua fase, yaitu matriks dan penguat. Matriks berperan sebagai pengikat dan pelindung bagi penguat, sedangkan penguat berfungsi menahan beban pada material tersebut. Pada penelitian ini, mikro jelatang digunakan sebagai bahan penguat.

Singkong (*Manihot utilissima*) adalah penghasil pati terbesar, dengan kadar pati berkisar antara 73,7-84,9% (basis kering), dan memiliki manfaat dalam industri pangan serta non-pangan [2]. Salah satu biomaterial yang dihasilkan dari pati singkong yaitu material kemasan biodegradable, sebagai alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari kemasan konvensional.

Chitosan merupakan biopolimer alami yang diperoleh dari deasetilasi kitin [3], sering ditambahkan ke dalam komposit untuk meningkatkan sifat mekanik dan biofungsional. *Chitosan* memiliki sifat antimikroba yang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan mikroorganisme perusak, termasuk jamur, bakteri gram-positif, dan bakteri gram negatif [4]. *Chitosan* juga digunakan sebagai lapisan film pada berbagai produk pangan untuk mencegah masuknya oksigen, sehingga efektif

sebagai kemasan makanan [5]. Kombinasi pati singkong dan *chitosan* menghasilkan komposit yang memiliki tingkat biodegradabilitas tinggi, memungkinkan penggunaannya dalam kemasan yang dapat terurai secara alami [6].

Penelitian ini tidak hanya memanfaatkan pati singkong dan *chitosan*, tetapi juga melibatkan penambahan serat alam sebagai bahan penguat komposit. Serat alam memiliki beberapa keunggulan, seperti ketersediaannya yang melimpah dan harga yang terjangkau. Selain itu, serat alam mudah diolah, memiliki densitas yang rendah, serta ramah lingkungan, sehingga menjadi pilihan yang baik untuk aplikasi komposit berkelanjutan [7]. Salah satu inovasi yang sedang berkembang adalah penggunaan *microfiber* sebagai bahan penguat dalam komposit. Pengembangan material komposit dengan penguat serat mikro menjadi perhatian penting dalam bidang material karena kemampuannya meningkatkan sifat mekanik sekaligus menawarkan alternatif ramah lingkungan. *Microfiber* adalah serat dengan diameter kecil, memiliki luas permukaan yang tinggi dan sifat mekanis yang baik dibandingkan serat konvensional. Serat alam yang akan digunakan dalam campuran komposit ini adalah serat jelatang, yang dikenal dengan nama ilmiah *Urtica dioica L.* Pengujian yang akan dilakukan pada komposit meliputi uji kekerasan. Uji kekerasan bertujuan untuk mengukur seberapa

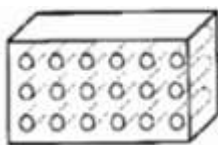
keras suatu material, yang membantu dalam memahami sifat mekanisnya secara lebih jelas. Melalui pengujian ini, material dapat dengan mudah diklasifikasikan sebagai material yang rapuh atau lentur.

2. Dasar Teori

Komposit berasal dari kata "to compose" yang artinya menyusun atau menggabungkan. Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih fase berbeda yang digabungkan, sehingga bersifat heterogen. Salah satu fase dalam komposit berfungsi sebagai penguat untuk fase lainnya, yang disebut sebagai matriks. Matriks ini bertindak sebagai pengikat dan memberikan dukungan struktural bagi fase penguat [8]. Matriks adalah fase dengan proporsi volume terbesar dalam komposit, yang berfungsi untuk mentransfer tegangan ke serat dan membentuk ikatan yang koheren. Penguat (reinforcement) berperan sebagai penahan beban utama dalam komposit. Secara mikroskopis, struktur material komposit tidak mengalami perubahan pada material dasarnya atau dalam orde kristalin, namun secara keseluruhan, komposit berbeda dari material penyusunnya akibat adanya ikatan antara matriks dan penguat [9].

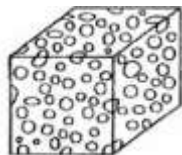
Secara umum, klasifikasi komposit terbagi menjadi dua kategori, yaitu berdasarkan jenis bahan penguatnya dan berdasarkan jenis matriks yang digunakan. Berikut klasifikasi berdasarkan penguatnya:

1. Fiber Composite (komposit serat)



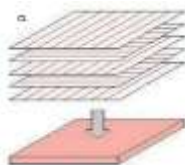
Gambar 1. Komposit Serat

2. Particulate Composite (komposit partikel)



Gambar 2. Komposit Partikel

3. Laminated Composite (komposit lapisan)



Gambar 3. Komposit Lapisan

Berikut klasifikasi berdasarkan jenis matriks yang digunakan:

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

Matriks adalah komponen utama dalam komposit yang memiliki proporsi volume terbesar. Fungsinya adalah sebagai pengikat antar material dalam komposit, yang umumnya dapat terbuat dari logam, keramik, atau polimer. Di antara berbagai jenis matriks tersebut, polimer sering menjadi pilihan utama dalam pembuatan material komposit karena sifatnya yang mudah dibentuk dan diaplikasikan.

Pati merupakan polimer alami yang dihasilkan dari berbagai jenis tumbuhan seperti singkong, jagung, kentang, dan nasi. Pati memiliki berbagai keunggulan, termasuk harga yang terjangkau, mudah diperoleh, dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme, serta mudah diperbarui. Pati singkong diperoleh melalui ekstraksi dari singkong yang berwarna putih, menghasilkan pati dalam bentuk bubuk.

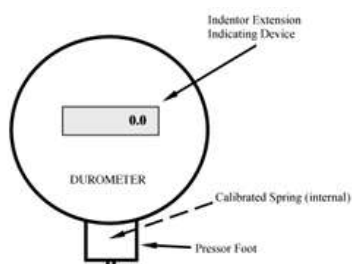
Chitosan adalah biopolimer hasil dari pengolahan kitin, yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengikat ion. Kitin sendiri merupakan biopolimer organik terbanyak kedua di alam setelah selulosa dan dapat ditemukan pada berbagai spesies hewan, baik di darat maupun di perairan [10]. *Chitosan* merupakan polisakarida amino yang dibuat melalui pengolahan limbah cangkang kepiting, dengan proses deasetilasi parsial kitin. *Chitosan* memiliki gugus amina (NH_2), yang dihasilkan dari penghilangan gugus asetil pada kitin. Selain itu, *chitosan* berfungsi sebagai penghalang karena mampu membentuk matriks yang kuat, menjadikannya salah satu jenis polisakarida yang unggul dalam hal ini [11].

Selulosa mikro-fibrilasi (*Micro-fibrillated Cellulose/MFC*) merupakan salah satu bentuk turunan selulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam industri plastik [12]. MFC termasuk dalam kategori serat selulosa berukuran mikro yang memiliki kemampuan sebagai material penguat dan dapat meningkatkan ikatan antar serat dalam suatu sistem komposit [13].

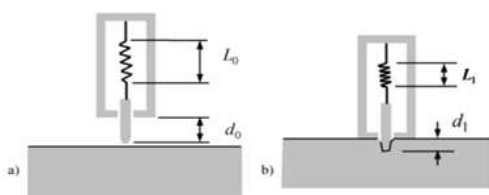
Tanaman jelatang, yang juga dikenal sebagai stinging nettle (*Urtica dioica L.*), adalah tumbuhan organik yang biasa tumbuh di tanah subur dan dapat mencapai tinggi hingga 1,20 meter. Tanaman ini memiliki serat pada kulit batangnya yang dikenal akan kekuatan tarik dan kehalusan tinggi, menjadikannya cocok untuk dibudidayakan di Eropa tengah [14]. Di Indonesia, jelatang juga banyak ditemukan, namun sering dianggap sebagai tanaman pengganggu dalam sektor pertanian karena tumbuh dengan cepat dan menyerap nutrisi dari tanaman lain. Meski demikian, pemanfaatan serat jelatang secara optimal dapat mengubahnya menjadi bahan penguat dalam komposit.

Pengujian kekerasan merupakan metode untuk mengetahui ketahanan material terhadap deformasi plastis, goresan, atau tekanan, sehingga sifat mekaniknya dapat dipahami lebih mudah. Kekerasan umumnya dibedakan menjadi kekerasan lekukan,

dinamis, dan goresan, tergantung metode pengujian. Pada penelitian ini digunakan uji Shore D sesuai ASTM D2240, yang mengukur ketahanan material terhadap penetrasi jarum berpegas kalibrasi. Metode ini sederhana, efektif, dan banyak diterapkan pada plastik atau karet keras. Pengujian dilakukan pada spesimen berukuran 5×5 cm dengan ketebalan 6 mm melalui 9 titik pengukuran [15]. Menurut ASTM D2240, durometer terdiri dari kaki penekan, indenter, layar digital, dan pegas terkalibrasi. Alat ini bekerja dengan mengukur gaya reaksi pada indenter melalui pergerakan pegas saat indenter menekan material, sehingga nilai kekerasan berbanding lurus dengan besarnya tekanan dan kedalaman penetrasi.



Gambar 4. Bagian Durometer



Gambar 5. Skema Mekanisme Kerja Durometer a.) Sebelum Durometer Ditekan, b.) Setelah Durometer Ditekan

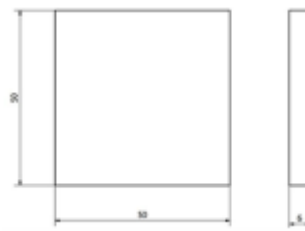
3. Metode Penelitian

Adapun Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Shore D Hardness Tester
2. Cetakan berbahan akrilik
3. Mesin *food dehydrator*
4. Gunting
5. *Hot plate magnetic stirrer*
6. Gelas beker
7. Oven
8. Sendok
9. *High Speed Blender*
10. Jangka sorong

Berikut bahan yang digunakan yaitu:

1. Serat jelatang
2. *Chitosan*
3. Larutan cuka
4. MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*)
5. Aquades
6. Pati singkong
7. H_2O_2
8. NaOH



Gambar 6. Spesimen Uji Kekerasan



Gambar 7. Alat Uji Kekerasan

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Analisa Bahan, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana. Pada proses ini, spesimen komposit yang terdiri dari campuran pati singkong dan *chitosan* dengan penambahan mikro jelatang sebagai penguat diuji kekerasannya pada 9 titik berbeda, kemudian hasilnya dihitung untuk mendapatkan nilai rata-rata kekerasan.

Tabel 1. Data Hasil Uji Kekerasan

Fraksi Volume 85% : 13% : 1% : 1%									
Nilai pada Titik Uji (Shore D)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rata-rata
58,5	58	59	56,5	57,5	59,5	59	59,5	59,5	58,5
57,5	58,5	57,5	59	58	60	59	58,5	59,5	57,5
58	58,5	57,5	59,5	59,5	58,5	61,5	60	59,5	58
Rata-rata (Shore D)									58,78
Fraksi Volume 85% : 12% : 1% : 2%									
Nilai pada Titik Uji (Shore D)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rata-rata
63	60	63	59,5	59,5	61	62,5	60	60,5	63
62	63	62,5	60	61,5	59	61	60,5	61,5	62
60	58,5	59	60	58,5	59	60	60	61	60
Rata-rata (Shore D)									60,59

Fraksi Volume 85% : 11% : 1% : 3%									
Nilai pada Titik Uji (Shore D)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rata-rata
65,5	66	65	67	63	65	65	63	63	64,72
66	65,5	66,5	64,5	63,5	65	64,5	65	64	64,94
63,5	66,5	65	66,5	63,5	65,5	64,5	66	64	65,00
Rata-rata (Shore D)									64,89

Berdasarkan hasil uji kekerasan, komposit mikro jelatang dengan matriks pati singkong/*chitosan* menunjukkan nilai tertinggi pada fraksi volume 85% : 11% : 1% : 3% sebesar 64,89 Shore D, sedangkan nilai terendah terdapat pada fraksi 85% : 13% : 1% : 1% dengan 58,78 Shore D, dan fraksi 85% : 12% : 1% : 2% menghasilkan 60,59 Shore D. Berdasarkan data pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan mikro jelatang sebagai bahan penguat berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan komposit, namun penurunan fraksi *chitosan* cenderung melemahkan sifat mekanik akibat berkurangnya ikatan hidrogen serta kerapatan jaringan matriks yang berperan dalam menahan deformasi. *Chitosan* berperan penting dalam memperkuat struktur melalui interaksi antarmolekul, sehingga ketika konsentrasinya diturunkan, sifat mekanik termasuk kekerasan umumnya menurun [16]; [17]. Namun, pengaruh tersebut dapat diminimalkan apabila penguat, seperti mikro jelatang, mampu mendispersikan diri secara homogen dan mengisi ruang antar matriks, sehingga sebagian sifat mekanik tetap terjaga.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji kekerasan, dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah mikro jelatang berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasan yang dicapai oleh material komposit. Nilai kekerasan secara keseluruhan mengalami peningkatan yang signifikan dari 1% ke 3% mikro jelatang yaitu mencapai 11,88%. Hal ini menunjukkan bahwa mikro jelatang berperan penting dalam memperbaiki sifat mekanik (kekerasan) material komposit.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. Kurniawan & Setiawan, 2020, *Pengujian Tarik Komposit Spesimen Campuran Serat Pisang Alur Diagonal Dan Pasir Besi Dengan Matrik Resin Polyester Dengan Metode Hand Lay-up*, Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine, vol. 8, no. 2, pp. 281–288, Nov. 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i2.657.
- [2] K. Noerwijati, 2015, *Upaya Modifikasi Pati Ubikayu Melalui Pemuliaan Tanaman*, Bul. Palawija, vol. 13, no. 1, pp. 92–100.
- [3] H. Y. Zhou and X. G. Chen, 2008, *Characteristics and degradation of chitosan/cellulose acetate microspheres with different model drugs*, Front. Mater. Sci. China, vol. 2, no. 4, pp. 417–425, doi: 10.1007/s11706-008-0063-z.
- [4] Hafdani F Nejadi and Sedeghinia N, 2011, *A Review on Application of Chitosan as a Natural Antimicrobial*, World Acad. Sci. Eng. Technol., vol. 5, no. 2, pp. 46–50.
- [5] H. M. C. Azeredo, D. De Britto, and O. B. G. Assis, 2011, *Chitosan edible films and coatings-a review*, Handb. Chitosan Res. Appl., pp. 179–193.
- [6] E. V. Natalia and Muryeti, 2020, *Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Singkong dan Kitosan*, J. Print. Packag. Technol., vol. 1, no. 1, pp. 57–68.
- [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*, CIVeng, vol. 5, no. 1, pp. 55–60.
- [8] T. Manurung, 2023, *Sains dan Ilmu Terapan Analisis Perbandingan Kekuatan Bahan Komposit Dengan Variasi Susunan Acak Dan Lurus Memanjang Berbasis Serat Bambu Dan Resin Polyester*, vol. 1, pp. 19–23.
- [9] H. Suryanto, 2019, *Biokomposit Starch-Nanoclay : Sintesis dan Karakterisasi*, no. November.
- [10] E. Cahyono, 2018, *Karakteristik Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Windu (Panaeus monodon) Properties Of Chitosan From Giant Tiger Prawn Exoskeleton*, J. Akuatika Indones., vol. 3, no. 2, pp. 96–102.
- [11] Hilma, A. Fatoni, and D. P. Sari, 2018, *Potensi Kitosan sebagai Edible Coating pada Buah Anggur Hijau (Vitis vinifera Linn)*, J. Penelit. Sains, vol. 20, no. 1, pp. 25–29.
- [12] R. Karima, E. Yuanita, B. Amalia, A. Arianita, T. Mailisa, and B. Nugroho, 2020, *Sintesis Micro-Fibrillated Cellulose dari Serat Tandan Kosong Sawit dengan Hidrolisis Asam Oksalat*, J. SELULOSA, vol. 10, no. 01, p. 1, doi: 10.25269/jsel.v10i01.281.
- [13] P. Rezayati Charani, M. Dehghani-Firouzabadi, E. Afra, A. Blademo, A. Naderi,

- and T. Lindström, 2013, *Production of microfibrillated cellulose from unbleached kraft pulp of Kenaf and Scotch Pine and its effect on the properties of hardwood kraft: Microfibrillated cellulose paper*, Cellulose, doi: 10.1007/s10570-013-9998-z.
- [14] I. P. G. A. S. I Ketut Jaya Lagawa, Ngakan Putu Gede Suardana, 2018, *Pengaruh Fraksi Volume Serat Jelatang Terhadap Kekuatan Lentur Dan Konduktivitas Panas Pada Material Komposit Epoxy Serat Jelatang*, vol. 8, no. 2, pp. 517–523.
- [15] A. C. Bassi, F. Casa, and R. Mendichi, 1987, *Shore A hardness and thickness*, Polym. Test., vol. 7, no. 3, pp. 165–175, doi: 10.1016/0142-9418(87)90030-4.
- [16] L. Ren, X. Yan, J. Zhou, J. Tong, and X. Su, 2017, *Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films*, Int. J. Biol. Macromol., vol. 105, pp. 1636–1643, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.02.008.
- [17] T. Bourtoom, 2008, *Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend from rice starch-chitosan*, Songklanakarin J. Sci. Technol., vol. 30, no. SUPPL. 1, pp. 149–155.



Muhammad Rakha Hilmy menjalankan program studi Sarjana Teknik Mesin di Universitas Udayana, pada tahun 2021 sampai 2025. Bidang studi yang diminati adalah rekayasa manufaktur yang berfokus pada material komposit.