

PENINGKATAN SIFAT FISIK BIOPLASTIK PATI KULIT KENTANG DENGAN VARIASI PVA UNTUK APLIKASI KEMASAN SAYUR

Bagus Kharisma Putra ¹⁾, Firzi Yuhardian Saputra ¹⁾, Duhita Antoinette Nabilah Ayu ²⁾,
Andoko Andoko ^{*1)}

1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Malang

2) Program Studi Biologi Universitas Negeri Malang

E-mail: andoko.ft@um.ac.id

Abstrak

Tingginya volume produksi dan sifat non-biodegradable membuat limbah plastik industri kemasan menjadi masalah lingkungan global. Pemanfaatan limbah pertanian, seperti pati kulit kentang, untuk produksi bioplastik menawarkan solusi berkelanjutan sekaligus mendukung ekonomi sirkular. Namun, pati murni memiliki sifat hidrofilik tinggi yang membatasi fungsinya sebagai kemasan. Penelitian ini bertujuan meningkatkan sifat fisik bioplastik pati kulit kentang melalui penambahan Polyvinyl Alcohol (PVA) pada berbagai konsentrasi. Karakterisasi dilakukan melalui uji swelling degree, densitas, dan porositas. Hasil menunjukkan bahwa penambahan PVA menurunkan swelling degree, meningkatkan densitas, dan mengurangi porositas bioplastik. Perbaikan sifat ini menunjukkan bahwa PVA berperan dalam meningkatkan ketahanan air dan kepadatan struktur bioplastik, sehingga bioplastik berbasis pati kulit kentang yang dimodifikasi memiliki potensi tinggi untuk diaplikasikan sebagai kemasan sayuran yang fungsional dan ramah lingkungan.
Kata kunci: Bioplastik, Pati Kulit Kentang, Polyvinyl Alcohol, Sifat Fisik, Kemasan Biodegradable.

Pendahuluan

Pengemasan pangan, khususnya untuk produk segar seperti sayuran, masih sangat bergantung pada plastik konvensional turunan petrokimia seperti *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP) [1]. Meskipun efektif, penggunaannya menghasilkan volume limbah yang signifikan. Data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2024 menunjukkan bahwa sampah plastik menyumbang 19,25% dari total timbulan sampah nasional, yang mayoritas didominasi oleh kemasan sekali pakai [2]. Jenis plastik ini tidak hanya menciptakan masalah lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat terurai, tetapi juga seringkali kurang optimal dalam mempertahankan kesegaran produk karena kontrol permeabilitas gas dan uap air yang terbatas.

Menjawab tantangan ini, bioplastik yang terbuat dari limbah kulit kentang muncul sebagai solusi berpotensi, karena limbah ini adalah produk sampingan dari industri pangan yang melimpah. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya mendukung konsep ekonomi sirkular, tetapi juga faktanya bahwa kulit kentang mengandung amilosa yang relatif tinggi. Kandungan amilosa yang tinggi ini secara teoritis berkontribusi pada pembentukan film bioplastik dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan beberapa sumber pati lainnya [3]. Untuk menjamin konsistensi material dari sumber limbah, proses preparasi standar meliputi pencucian, pengeringan, dan pemutihan diterapkan. Namun, untuk dapat berfungsi sebagai kemasan sayur yang efektif, bioplastik ideal harus memiliki stabilitas dimensi yang tinggi (daya serap air rendah), struktur yang padat (densitas tinggi dan porositas rendah), serta kekuatan mekanis yang memadai [4]. Bioplastik pati murni justru memiliki kelemahan inheren pada aspek-aspek tersebut, terutama ketahanannya yang sangat rendah terhadap air.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dipilih sebagai agen penguat. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa keunggulan PVA: merupakan polimer sintesis yang bersifat *biodegradable*, biokompatibel, non-toksik, dan telah disetujui untuk aplikasi kontak dengan makanan, sehingga aman digunakan [5]. Berbeda dengan *plasticizer* sederhana seperti gliserol yang cenderung meningkatkan hidrofilisitas, PVA berfungsi sebagai penguat struktural. Secara molekuler, gugus hidroksil (-OH) yang melimpah pada rantai PVA mampu membentuk jaringan ikatan hidrogen yang ekstensif dan kuat dengan gugus hidroksil pada pati [6]. Interaksi ini "mengunci" rantai-rantai polimer, menciptakan struktur komposit yang jauh lebih padat, kohesif, dan mengurangi jumlah gugus -OH bebas yang dapat berinteraksi dengan air.

Dasar pemilihan variabel dan mekanisme interaksi yang kuat antara pati dan PVA menjadi landasan penelitian ini. Pemahaman kuantitatif mengenai bagaimana tingkat konsentrasi PVA secara spesifik memengaruhi sifat-sifat fisis menjadi krusial untuk optimasi formula. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi PVA terhadap karakteristik fisis bioplastik dari limbah kulit kentang, khususnya pada parameter *swelling degree*, densitas, dan porositas. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data fundamental untuk pengembangan bioplastik fungsional yang lebih stabil dan kuat, yang relevan untuk aplikasi kemasan sayur.

Metodologi Penelitian

Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kulit kentang lokal, polivinil alkohol (PVA) terhidrolisis sebagian (CAS: 9002-89-5, HIMEDIA), kitosan yang diperoleh dari kulit udang (CAS: 9012-76-4, HIMEDIA), aquades, natrium hidroksida (NaOH), hidrogen peroksida (H_2O_2), asam asetat glasial yang dipasok oleh Merck (Merck KGaA, Jerman), gliserol, serta air (H_2O).

Preparasi Pati Kulit Kentang

Pati diekstraksi dari limbah kulit kentang. Awalnya, kulit kentang dicuci untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering sempurna. Kulit kentang kering selanjutnya dihaluskan menggunakan *grinder* dan diayak dengan ayakan 120 *mesh* untuk mendapatkan serbuk halus. Serbuk yang dihasilkan kemudian melalui proses pemutihan (*bleaching*) menggunakan larutan NaOH 15% (1:12 b/v) pada suhu 100°C sambil diaduk selama 1 jam. Setelah dibilas dengan aquades hingga mencapai pH netral (pH 7), suspensi kembali diaduk dalam larutan H_2O_2 10% selama 2 jam. Pati yang telah diputihkan kemudian disaring, dikeringkan dalam oven, dan dihaluskan kembali untuk mendapatkan serbuk pati murni yang siap digunakan.

Sintesis Bioplastik

Sintesis bioplastik dilakukan dengan metode *solution casting* (tuang larutan). Formulasi untuk setiap sampel dengan variasi konsentrasi PVA disajikan pada Tabel 1. Proses dimulai dengan melarutkan PVA sesuai variasi kedalam 100 mL aquades pada suhu 80°C menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah larut sempurna, 1 gram pati kulit kentang dan 1 gram kitosan ditambahkan ke dalam larutan. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian ditambahkan 10 mL asam asetat dan 1 mL gliserol. Proses pengadukan dilanjutkan selama 30 menit. Larutan akhir kemudian dituang ke dalam cawan petri dan dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 16 jam untuk membentuk lapisan film bioplastik. Tahapan Fabrikasi dari preparasi hingga sintesis ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

Tabel 1. Desain Eksperimen Bioplastik

Kode Sampel	PVA (g)	Pati Kulit Kentang (g)	Kitosan (g)
P0	0	1	1
P5	5	1	1
P7,5	7,5	1	1
P10	10	1	1



Gambar 1. Ilustrasi pembuatan bioplastik

Karakterisasi

Swelling Degree

Pengujian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi tingkat hidrofilisitas material dan memprediksi stabilitas dimensinya saat terpapar kelembaban. Prosedur ini melibatkan penimbangan berat sampel sebelum perendaman sebagai berat kering (W_0) dan setelah direndam hingga mencapai berat konstan sebagai berat basah (W). Persentase *swelling degree* dihitung berdasarkan selisih kedua berat tersebut.

$$W - W_0 \times 100\% \quad (1)$$

Densitas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kerapatan kemasan rantai polimer, yang berkorelasi dengan sifat mekanik dan *barrier* material. Densitas bioplastik ditentukan menggunakan metode perpindahan volume (*volume displacement*). Pengujian ini melibatkan penimbangan massa sampel kering, kemudian mengukur volume sampel dengan mencatat perubahan volume cairan (volume akhir – volume awal) saat sampel dicelupkan.

$$\text{berat kering} \times \frac{\text{Volume akhir} - \text{volume awal}}{\text{Volume akhir} - \text{volume awal}} \quad (2)$$

Porositas

Pengujian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi volume ruang kosong (pori) di dalam matriks bioplastik, yang mengindikasikan homogenitas dan kepadatan struktur. Pengukuran porositas dilakukan melalui pendekatan multi-tahap. Pertama, volume pori dihitung dari massa cairan yang terserap (selisih antara berat basah dan berat kering) yang dibagi dengan densitas cairan perendam (ρ_{cairan}). Selanjutnya, volume total sampel ditentukan dengan membagi massa sampel kering dengan nilai densitas sampel (ρ_{sampel}) yang telah diukur pada pengujian sebelumnya. Terakhir, nilai porositas dihitung sebagai rasio persentase antara volume pori dan volume total sampel.

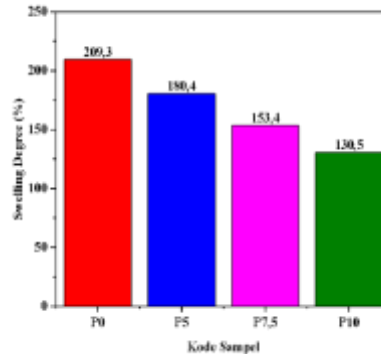
$$\text{Volume pori} = \text{berat basah} - \text{berat kering} \times \frac{1}{\rho_{\text{cairan}}} \quad (3)$$

$$\text{Volume total} = \frac{\text{berat kering}}{\rho_{\text{sampel}}} \quad (4)$$

$$\text{Porositas} = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume total}} \times 100\% \quad (5)$$

Hasil dan Pembahasan

Swelling Degree

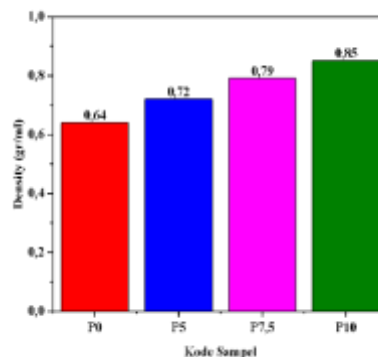


Gambar 2. *Swelling degree*

Hasil uji *swelling degree* yang dihitung menggunakan persamaan (1) dan disajikan pada Gambar 2, menunjukkan adanya penurunan daya serap air yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi PVA. Sampel kontrol P0 mencatat nilai pembengkakan tertinggi sebesar 209,3%, yang kemudian menurun secara sistematis hingga mencapai nilai terendah sebesar 130,5% pada sampel P10. Penurunan ini dapat diatribusikan pada terbentuknya ikatan hidrogen intermolekuler yang kuat antara gugus hidroksil dari pati dan PVA [7]. Interaksi ini menciptakan sebuah matriks polimer yang lebih padat dan kompak, sehingga secara fisik menghalangi penetrasi molekul air dan mengurangi jumlah situs hidrofilik yang tersedia untuk mengikat air. Perilaku ini menegaskan fungsi efektif PVA sebagai agen penguat untuk meningkatkan ketahanan material terhadap air.

Dalam konteks aplikasi, temuan ini sangat relevan karena ketahanan terhadap air merupakan kriteria krusial untuk kemasan pangan fungsional. Material kemasan yang ideal, terutama untuk sayuran segar, dituntut memiliki nilai *swelling degree* serendah mungkin untuk menjaga stabilitas dimensi dan mekaniknya [8]. Penurunan signifikan yang teramati dari 209,3% menjadi 130,5% menunjukkan bahwa modifikasi dengan PVA secara nyata telah berhasil mengarahkan sifat bioplastik menjadi lebih baik. Kemampuan bioplastik yang dimodifikasi untuk tidak mudah mengkerut atau rusak saat terpapar kelembaban, serta potensinya untuk mempertahankan kekuatan struktural [5], secara langsung menjawab kebutuhan esensial untuk aplikasi pengemasan pangan.

Densitas



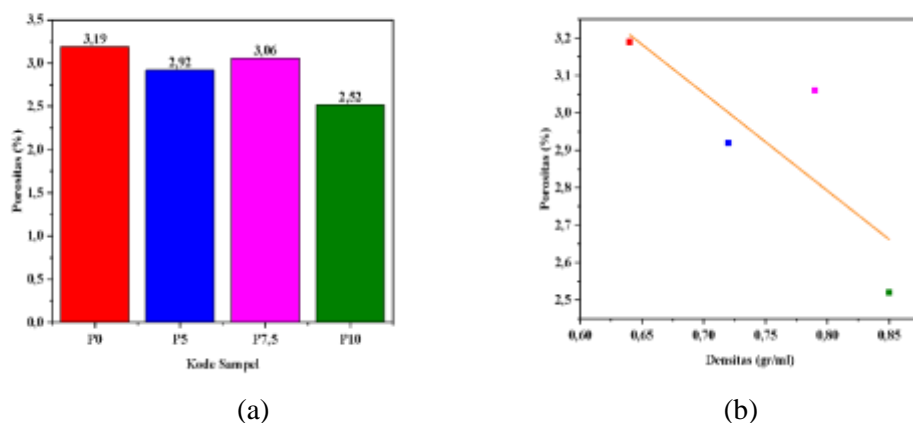
Gambar 3. Densitas

Hasil pengujian densitas, yang dihitung menggunakan persamaan (2) dan disajikan pada Gambar 3, menunjukkan adanya kenaikan nilai densitas yang konsisten seiring dengan penambahan

konsentrasi PVA. Teramati bahwa nilai densitas meningkat secara bertahap, dari 0,64 g/ml pada sampel kontrol P0 hingga mencapai nilai tertinggi 0,85 g/ml pada sampel P10. Kenaikan ini dapat diatribusikan pada interaksi kuat melalui ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dari pati dan PVA [6]. Interaksi ini mendorong penyusunan ulang rantai polimer menjadi lebih teratur dan kompak, yang secara efektif mengurangi volume bebas (ruang kosong) di dalam matriks bioplastik dan pada akhirnya meningkatkan massa per unit volumenya.

Peningkatan densitas ini memiliki implikasi penting terhadap performa bioplastik sebagai material kemasan fungsional. Struktur yang lebih padat dan kompak, seperti yang ditunjukkan oleh naiknya nilai densitas, umumnya berkorelasi dengan peningkatan kekuatan mekanik dan kekakuan material [5]. Lebih jauh lagi, densitas yang lebih tinggi mengindikasikan pengurangan ruang kosong antarmolekul, yang secara langsung berpotensi meningkatkan sifat penghalang (*barrier properties*) film terhadap permeasi uap air dan gas [9]. Kemampuan inilah yang menjadi kriteria krusial untuk aplikasi pembungkus sayuran segar, dimana tujuannya adalah menjaga kesegaran dan memperpanjang umur simpan produk. Dengan demikian, hasil ini tidak hanya memvalidasi keberhasilan modifikasi struktur oleh PVA tetapi juga menunjukkan bahwa bioplastik yang dihasilkan memiliki potensi yang lebih baik untuk memenuhi tuntutan fungsional sebagai kemasan pangan.

Porositas



Gambar 4. (a) Porositas, (b) Perbandingan densitas dengan porositas

Hasil pengujian porositas yang dihitung menggunakan persamaan (5) dan disajikan pada Gambar 4(a) menunjukkan adanya kecenderungan penurunan volume pori seiring dengan meningkatnya konsentrasi PVA. Nilai porositas tertinggi tercatat pada sampel kontrol P0 sebesar 3,19%, dan menurun hingga mencapai nilai terendah pada sampel P10 sebesar 2,52%. Penurunan ini mengkonfirmasi bahwa penambahan PVA berperan sebagai agen pengikat yang efektif dalam mengisi ruang kosong antar matriks pati, sehingga menghasilkan struktur yang lebih rapat dan homogen [10]. Hubungan ini dipertegas dalam analisis regresi pada Gambar 4(b), yang menunjukkan korelasi negatif yang jelas antara densitas dan porositas, sesuai dengan prinsip dasar ilmu material [11].

Dari sudut pandang aplikasi, penurunan porositas ini memiliki dampak fungsional yang sangat positif untuk kemasan sayur. Struktur yang lebih padat dengan porositas rendah secara langsung meningkatkan sifat penghalang (*barrier properties*) bioplastik. Kemampuan film untuk menghambat laju transmisi uap air dan gas menjadi lebih baik, yang esensial untuk menjaga kelembapan dan mengontrol lingkungan mikro di sekitar produk, sehingga dapat memperpanjang umur simpannya [12]. Selain itu, berkurangnya volume pori juga berkontribusi pada peningkatan integritas mekanik, karena material dengan sedikit rongga cenderung lebih kuat dan tidak mudah sobek saat digunakan [13]. Dengan demikian, hasil penurunan porositas ini, yang didukung oleh

kenaikan densitas, mengindikasikan bahwa bioplastik yang dimodifikasi dengan PVA memiliki karakteristik yang lebih mendekati syarat ideal sebagai material kemasan pangan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Polyvinyl Alcohol (PVA) secara signifikan mempengaruhi sifat fisis bioplastik yang dihasilkan dari pati kulit kentang. Peningkatan konsentrasi PVA memperbaiki ketahanan terhadap air dan kepadatan struktur bioplastik. Proses interaksi antara pati dan PVA menciptakan ikatan hidrogen yang kuat, yang menghasilkan struktur komposit yang lebih padat dan kohesif, meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban, serta memperbaiki sifat mekanik material. Penurunan porositas dan peningkatan densitas bioplastik menunjukkan peningkatan kualitas material, menjadikannya lebih stabil dan lebih cocok untuk aplikasi kemasan pangan, khususnya untuk produk yang membutuhkan ketahanan terhadap kelembaban. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa PVA berperan penting dalam meningkatkan kinerja fungsional bioplastik, membuka potensi besar bagi pengembangan material kemasan yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] S. Sinha, "An overview of biopolymer-derived packaging material," *Polym. Renew. Resour.*, vol. 15, no. 2, pp. 193–209, May 2024, doi: 10.1177/20412479241226884.
- [2] N. I. Ibrahim, F. S. Shahr, M. T. H. Sultan, A. U. M. Shah, S. N. A. Safri, and M. H. Mat Yazik, "Overview of Bioplastic Introduction and Its Applications in Product Packaging," *Coatings*, vol. 11, no. 11, p. 1423, Nov. 2021, doi: 10.3390/coatings11111423.
- [3] K. P. Ni'mah, M. F. Hakim, L. D. Julia Putri, and F. Rahmawati, "The Influence of Adding Glycerol and Spirulina on The Characteristics of Starch-Based Bioplastics Film from Potato Peel Waste," *Hydrog. J. Kependidikan Kim.*, vol. 11, no. 6, p. 810, Dec. 2023, doi: 10.33394/hjkk.v11i6.9549.
- [4] S. A. Siddiqui, X. Yang, R. K. Deshmukh, K. K. Gaikwad, N. A. Bahmid, and R. Castro-Muñoz, "Recent advances in reinforced bioplastics for food packaging – A critical review," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 263, p. 130399, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.130399.
- [5] R. Lim, P. L. Kiew, M. K. Lam, W. M. Yeoh, and M. Y. Ho, "Corn starch/PVA bioplastics—The properties and biodegradability study using *CHLORELLA VULGARIS* cultivation," *Asia-Pac. J. Chem. Eng.*, vol. 16, no. 3, p. e2622, May 2021, doi: 10.1002/apj.2622.
- [6] A. Shafqat, N. Al-Zaqri, A. Tahir, and A. Alsalmeh, "Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural

- fillers,” *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 28, no. 3, pp. 1739–1749, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.sjbs.2020.12.015.
- [7] J. Yang *et al.*, “Synthesis and properties of bioplastics from corn starch and citric acid-epoxidized soybean oil oligomers,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 20, pp. 373–380, Sept. 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.07.119.
- [8] S. Elsaed, E. Zaki, A. Diab, M.-A. Tarek, and W. A. E. Omar, “New polyvinyl alcohol/gellan gum-based bioplastics with guava and chickpea extracts for food packaging,” *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, p. 22384, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-49756-0.
- [9] S. D. Hardiningtyas, D. Winarsih, and B. Ibahim, “Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar,” *J. Pascapanen Dan Bioteknol. Kelaut. Dan Perikan.*, vol. 19, no. 1, p. 17, June 2024, doi: 10.15578/jpbkp.v19i1.949.
- [10] J. J. Benitez *et al.*, “Transparent, plasticized cellulose-glycerol bioplastics for food packaging applications,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 273, p. 132956, July 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.132956.
- [11] A. A. B. A. Mohammed *et al.*, “Effect of sugar palm fibers on the properties of blended wheat starch/polyvinyl alcohol (PVA) -based biocomposite films,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 24, pp. 1043–1055, May 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.02.027.
- [12] S. Rizal *et al.*, “Enhanced Functional Properties of Bioplastic Films Using Lignin Nanoparticles from Oil Palm-Processing Residue,” *Polymers*, vol. 14, no. 23, p. 5126, Nov. 2022, doi: 10.3390/polym14235126.
- [13] S. Bhasin, A. Shukla, K. Kishore, and S. Sb, “PRODUCTION OF EDIBLE BIOPLASTIC (TOFFEE WAPPERS) BY USING CORN (*Zea mays*), POTATO (*Solanum tuberosum*) AND RICE (*Oryza sativa*) STARCH,” *Indian J. Sci. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, Aug. 2023, doi: 10.32606/IJSR.V14.I1.00001.