

Pengemasan makanan memainkan peran penting dalam industri pangan untuk menjaga kualitas makanan, memperpanjang umur simpan dan melindungi produk dari kerusakan mekanis dan kontaminasi mikroba. Namun, penggunaan plastik sebagai bahan kemasan makanan yang umum memiliki masalah dalam mendaur ulang dan akumulasinya memberikan dampak negatif pada lingkungan. Banyak makanan yang diproduksi secara global terbuang sia-sia tanpa pernah dikonsumsi, terutama buah dan sayuran yang sangat mudah rusak bahkan sebelum mencapai toko ritel. Untuk mencegah banyaknya timbunan sampah sisa makanan dan mengurangi tingkat kerugian, maka diperlukan kemasan makanan yang bersifat anti-bakteri yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Sehingga diperlukan pengembangan bahan kemasan alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki sifat bioaktif. Film PVA dapat dimodifikasi dengan bahan mentah yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan kemasan makanan yaitu dari limbah cangkang pupa pada BSF (*Black Soldier Fly*) untuk memperoleh ekstrak kitosan dan melanin sebagai *filler*. Penambahan melanin meningkatkan sifat mekanik, anti-bakteri, dan ketahanan terhadap kelembapan, menjadikannya kandidat yang potensial untuk kemasan makanan ramah lingkungan. Solusi ini diharapkan dapat memperpanjang masa simpan produk dan mengurangi limbah plastik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik kitosan dan melanin hasil ekstraksi cangkang pupa BSF serta pengaruh variasi melanin terhadap sifat fisik, mekanik, dan anti-bakteri biofilm berbasis PVA dan kitosan. Metode penelitian meliputi ekstraksi kitosan dan melanin dari cangkang pupa BSF melalui tahap demineralisasi, deproteinasi, deasetilasi, dan presipitasi. Bioplastik berbasis PCM (*Polyvinyl Alcohol, Chitosan, and Melanin*) dibuat menggunakan metode *casting* dengan variasi konsentrasi melanin (0; 0,25; 0,5; 1,0; dan 2,0 % wt).

Penelitian ini mengembangkan bioplastik berbasis PCM dari cangkang pupa BSF dengan karakteristik yang menjanjikan untuk aplikasi kemasan makanan. Karakteristik utama FTIR kitosan ditunjukkan pada puncak 3557 cm^{-1} mencerminkan peregangan gugus O-H, sementara pita pada 3269 cm^{-1} menunjukkan vibrasi peregangan N-H₂. Puncak pada 1646 cm^{-1} mewakili gugus C=O. Untuk melanin termasuk ke dalam golongan eumelanin yang memiliki karakteristik pita IR dari 1400 hingga 1770 cm^{-1} dengan puncak jelas terlihat pada 1453, 1522, dan 1628 cm^{-1} , yang merupakan keunikan eumelanin. SEM-EDS mengidentifikasi unsur utama kitosan (C, N, O), dimana impuritis dari kitosan sebesar 6,25% dari unsur Na dan melanin (C, N, O), dimana unsur Na, Si, dan Cl merupakan impuritis yang berasal dari proses presipitasi sebesar 30,22% sehingga memerlukan proses pencucian yang lebih banyak lagi untuk memperoleh nilai impuritis yang lebih kecil. Sedangkan PSA menunjukkan kitosan memiliki ukuran partikel rata-rata 539 nm dan 6.840 nm, serta melanin 212 nm. Penambahan melanin (0–2%) menghasilkan bioplastik dengan ketebalan 0,18–0,23 mm, sifat mekanik dengan penambahan melanin dapat meningkatkan kekuatan tarik dari 16,39 MPa menjadi 30,17 MPa dan elongasi dari 9,03% menjadi 22,58%. Untuk sifat fisik seperti MC, WS, dan SR akibat sifat hidrofobik melanin dengan nilai tren penurunan. Uji biodegradabilitas selama 35 hari menunjukkan kehilangan massa bioplastik sebesar 43,66–48,31%. Uji antibakteri efektif, menghasilkan zona hambat 7–13 mm pada *E. coli* dan 6–10 mm pada *S. aureus*, seiring peningkatan konsentrasi melanin. Kombinasi melanin, kitosan, dan PVA menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan, biodegradable, dan memiliki sifat antibakteri yang efektif.

Kata kunci: PVA, Kitosan, Melanin, Cangkang Pupa BSF, dan Kemasan Makanan

ABSTRACT

Food packaging plays an important role in the food industry to maintain food quality, extend shelf life and protect products from mechanical damage and microbial contamination. However, the use of plastic as a common food packaging material has problems in recycling and its accumulation has a negative impact on the environment. Much of the food produced globally is wasted without ever being consumed, especially fruits and vegetables that are highly perishable even before reaching retail stores. To prevent the large amount of food waste and reduce the level of loss, anti-bacterial food packaging is needed to overcome these problems. So it is necessary to develop alternative packaging materials that are environmentally friendly and have bioactive properties. PVA film can be modified with raw materials that can be used for making food packaging, namely from pupa shell waste in BSF (Black Soldier Fly) to obtain chitosan and melanin extracts as fillers. The addition of melanin improves mechanical, antibacterial, and moisture resistance properties, making it a potential candidate for eco-friendly food packaging. This solution is expected to extend the shelf life of products and reduce conventional plastic waste. This study aims to study the characteristics of chitosan and melanin extracted from BSF pupa shells and the effect of melanin variations on the physical, mechanical, and antibacterial properties of PVA and chitosan-based biofilms. The research methods include the extraction of chitosan and melanin from BSF pupa shells through demineralization, deproteination, deacetylation, and precipitation stages. PCM (Polyvinyl Alcohol, Chitosan, and Melanin)-based bioplastics were made using the casting method with variations in melanin concentration (0; 0.25; 0.5; 1.0; and 2.0% wt).

*This study developed PCM-based bioplastics from BSF pupa shells with promising characteristics for food packaging applications. The main characteristics of chitosan FTIR are shown in the peak at 3557 cm^{-1} reflecting the stretching of the O-H group, while the band at 3269 cm^{-1} indicates the stretching vibration of N-H₂. The peak at 1646 cm^{-1} represents the C=O group. For melanin, it belongs to the eumelanin group which has a characteristic IR band from 1400 to 1770 cm^{-1} with clear peaks seen at 1453 , 1522 , and 1628 cm^{-1} , which is the uniqueness of eumelanin. SEM-EDS identified the main elements of chitosan (C, N, O), where the impurities of chitosan were 6.25% of the Na and melanin elements (C, N, O), where the Na, Si, and Cl elements were impurities originating from the precipitation process of 30.22% so that it required a greater washing process to obtain a smaller impurity value. While PSA showed that chitosan had an average particle size of 539 nm and 6,840 nm, and melanin 212 nm. The addition of melanin (0–2%) produced bioplastics with a thickness of 0.18–0.23 mm, mechanical properties with the addition of melanin can increase tensile strength from 16.39 MPa to 30.17 MPa and elongation from 9.03% to 22.58%. For physical properties such as MC, WS, and SR due to the hydrophobic nature of melanin with a decreasing trend value. Biodegradability tests for 35 days showed a loss of bioplastic mass of 43.66–48.31%. Effective antibacterial tests, producing inhibition zones of 7–13 mm in *E. coli* and 6–10 mm in *S. aureus*, as melanin concentration increases. The combination of melanin, chitosan, and PVA produces environmentally friendly, biodegradable bioplastics with effective antibacterial properties..*

Keywords: PVA, Chitosan-Melanin, BSF Pupa Shell, and Food Packaging