

PENGARUH JENIS BAHAN PENYALUT TERHADAP EFISIENSI ENKAPSULASI DAN SIFAT FISIKOKIMIA EKSTRAK *MEDINILLA SPECIOSA* DENGAN TEKNIK *FOAM MAT DRYING*

The Effect of Coating Material Type on Encapsulation Efficiency and Physicochemical Properties of Medinilla Speciosa Extract Using Foam Mat Drying Technique

**Boby Pranata^{1*}, Dwi Indah Permata Sari¹, Harumi Sujatmiko¹, Ina Permata Sari¹,
Tri Nurmaseli¹**

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia
Korespondensi penulis: bobyprnt@fp.unsri.ac.id,

Riwayat Artikel: Dikirim; 29 Agustus 2025 Diterima; 30 Agustus 2025 Diterbitkan; 6 November 2025

Abstract

This study aimed to examine the effect of various coating materials on the encapsulation efficiency and physicochemical characteristics of Medinilla speciosa (parijoto) fruit extract powder dried using the foam mat drying method. Parijoto extract was encapsulated using three coating materials, namely maltodextrin (MDE), gum arabic (ABG), and whey protein isolate (WPI), either singly or in combination. The parameters analyzed included anthocyanin encapsulation efficiency, total anthocyanin content, phenolic and flavonoid compounds, antioxidant activity, water content, water activity, pH value, solubility, and product yield. The results showed that the ABG:WPI combination formulation produced the highest encapsulation efficiency (33.58%) and higher bioactive compound content and antioxidant activity compared to other formulations. MDE coating significantly contributed to increasing yield, solubility, and decreasing water content and water activity. The combination of coating materials was proven to produce a positive synergy in maintaining the stability of bioactive components while improving the physical characteristics of the final product. This study indicates that the combination of ABG and WPI is the optimal coating formulation for the encapsulation application of bioactive compounds from parijoto fruit in the development of powder-based functional food products.

Keywords: *antioxidant, coating material, encapsulation, foam mat drying, Medinilla speciosa.*

PENDAHULUAN

Medinilla speciosa B., atau yang lebih dikenal sebagai buah parijoto, adalah tanaman khas dari daerah Kudus, Jawa Tengah. Tanaman ini umumnya tumbuh di hutan dan lereng gunung, serta telah dibudidayakan sebagai tanaman hias (Vifta & Advistasari, 2018). Pemanfaatan buah parijoto masih belum optimal dan selama ini umumnya hanya diolah menjadi produk sirup. Padahal, buah parijoto dilaporkan memiliki kandungan senyawa fenolik dan flavonoid, termasuk antosianin sebagai komponen bioaktif utama, yang berperan sebagai antioksidan penting dalam mencegah dan menurunkan risiko penyakit degeneratif. Selain itu,

penelitian terbaru menunjukkan bahwa parijoto memiliki aktivitas antibiofilm terhadap *Staphylococcus aureus* serta efek hepatoprotektif, yang memperkuat potensi aplikasinya sebagai bahan nutraseutikal (Nafi'ah et al., 2024).

Komponen bioaktif dapat diekstrak dari buah parijoto menggunakan metode maserasi, yakni teknik ekstraksi konvensional yang sederhana dan ekonomis. Untuk meningkatkan efisiensi, metode ini dapat dimodifikasi melalui proses digesti, yaitu penambahan panas ringan dan pengadukan kontinyu agar waktu ekstraksi menjadi lebih singkat. Etanol 70% digunakan sebagai pelarut polar yang efektif (Larasati & Sugianti, 2017).

Namun demikian, senyawa-senyawa bioaktif seperti antosianin sangat rentan terhadap degradasi, khususnya jika terpapar panas, cahaya, dan oksigen selama proses pengolahan maupun penyimpanan.

Oleh karena itu, teknik enkapsulasi menjadi solusi strategis untuk melindungi senyawa bioaktif seperti antosianin sekaligus memperpanjang umur simpan produk. Salah satu teknik yang aplikatif untuk enkapsulasi bahan cair hasil ekstraksi adalah *foam mat drying*, yakni metode pengeringan dengan cara membentuk busa dari cairan menggunakan *foam stabilizer*, kemudian dikeringkan pada suhu sekitar 70°C. Teknik ini menawarkan sejumlah keunggulan, di antaranya proses pengeringan yang berlangsung lebih singkat dengan suhu operasi yang relatif rendah. Dibandingkan *spray drying*, metode ini lebih efisien karena tidak memerlukan suhu sangat tinggi, sementara bila dibandingkan dengan *freeze drying*, prosesnya lebih praktis karena tidak membutuhkan waktu yang terlalu lama maupun biaya operasional yang besar. (Kanha et al., 2022). *Foam mat drying* juga telah berhasil diterapkan dalam enkapsulasi berbagai bahan alami seperti ekstrak sorgum, bunga telang, dan pequi (Pinto et al., 2018; Susanti et al., 2021; Maneeratanachot et al., 2024;), sehingga menunjukkan potensi besar penggunaannya dalam pengembangan produk berbasis buah parijoto.

Pemilihan bahan penyalut pada teknik sangat krusial karena memengaruhi stabilitas senyawa bioaktif seperti antosianin sekaligus menentukan sifat fisik produk akhir, seperti kelarutan, warna, dan tekstur. Bahan penyalut berperan sebagai matriks pelindung yang menjaga integritas senyawa selama proses pengeringan dan penyimpanan (Gharsallaoui et al., 2007). Beberapa

bahan penyalut yang umum digunakan meliputi maltodekstrin (MDE), gum arab (ABG), dan whey protein isolate (WPI), yang masing-masing memiliki karakteristik fisik dan kimia berbeda dalam pembentukan busa serta stabilitas produk.

Maltodekstrin (MDE), gum arab (ABG), dan whey protein isolate (WPI) merupakan bahan penyalut yang umum digunakan dalam enkapsulasi antosianin, dengan karakteristik fisikokimia yang saling melengkapi. MDE dikenal memiliki daya larut tinggi, rasa netral, dan viskositas rendah, sehingga menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang baik serta mampu membentuk film pelindung efektif terhadap panas dan oksidasi. Namun, sifat higroskopisitasnya yang tinggi menyebabkan MDE kurang stabil pada kondisi kelembaban tinggi serta relatif kurang efektif dalam melindungi antosianin dari degradasi akibat cahaya dan suhu tinggi. Sebaliknya, ABG memiliki kemampuan emulsifikasi dan pembentukan film yang sangat baik, sehingga efektif meningkatkan stabilitas busa dan memberikan perlindungan optimal terhadap degradasi akibat paparan suhu tinggi maupun cahaya. Meski demikian, penggunaan ABG secara tunggal dibatasi oleh biaya yang relatif mahal dan kelarutan yang lebih rendah dibandingkan MDE, selain juga kurang stabil pada lingkungan dengan kelembaban tinggi. Di sisi lain, WPI berfungsi sebagai agen pengemulsi dengan kemampuan membentuk busa yang stabil dan kuat, serta terbukti memberikan perlindungan terbaik terhadap degradasi antosianin pada kondisi kelembaban tinggi maupun selama pencernaan gastrointestinal. Akan tetapi, stabilitas WPI terhadap paparan cahaya dan suhu tinggi lebih rendah dibandingkan kombinasi dengan ABG, dan sensitif terhadap ion logam tertentu

seperti Fe^{2+} . Oleh karena itu, kombinasi antarpengalut diperlukan untuk mengoptimalkan perlindungan antosianin pada berbagai kondisi penyimpanan dan pengolahan. Pengamatan ini telah dibuktikan pada penelitian Deng *et al.* (2023) menggunakan sampel jagung ungu, yang menunjukkan bahwa kombinasi pengalut mampu meningkatkan stabilitas antosianin pada berbagai kondisi lingkungan dan aplikasi.

Penelitian lebih lanjut mengenai pemilihan bahan pengalut serta kombinasi antar pengalut diperlukan untuk mengoptimalkan keunggulan masing-masing bahan. Studi menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi MDE, ABG, dan WPI dapat menghasilkan matriks pengalut dengan sifat fisik superior dan proteksi bioaktif yang lebih baik. Oleh sebab itu, pemilihan bahan pengalut serta kombinasi yang tepat sangat menentukan keberhasilan enkapsulasi dan peningkatan kualitas fisik bubuk parijoto.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah parijoto yang diperoleh dari wilayah Kudus, Jawa Tengah. Bahan lainnya creamer, CMC, gula pasir, garam, putih telur. Bahan untuk analisis aquades, ethanol, AlCl_3 , CH_3COOK , $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$ (quercetin), dan DPPH.

Ekstraksi parijoto

Parijoto digiling menjadi tepung. Sebanyak 100 g tepung buah parijoto ditambahkan pelarut air yang telah diasamkan menggunakan asam sitrat dengan konsentrasi 8%, dengan perbandingan 1:10 (b/v). Proses ekstraksi dilakukan dalam botol kaca gelap pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring 400 mesh. Ekstrak hasil

penyaringan disimpan dalam botol kaca gelap pada $-20\text{ }^\circ\text{C}$ (Muslim, 2019).

Enkapsulasi parijoto

Ekstrak parijoto dilanjutkan dengan proses pencampuran semua bahan dengan bahan pengisi dan pembuih sesuai dengan formula yang telah ditetapkan. Variasi bahan pengalut yang digunakan terdiri dari MDE, ABG, dan WPI sebanyak total 30%. Bahan pembuih digunakan sebanyak 15%, dan *foam stabilizer* sebanyak 2%. Seluruh bahan kemudian dikocok menggunakan *mixer* dengan kecepatan 5 selama 10 menit hingga membentuk suspensi berbuih. Setelah itu, campuran dituangkan ke dalam loyang dan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* selama 3 jam pada suhu 60°C . Hasil bubuk disimpan dalam kemasan plastik *zipper pouch* (Utami *et al.*, 2023).

Kadar antosianin total

Kandungan antosianin total (KAT) dalam bubuk parijoto diukur menggunakan metode pH diferensial dengan modifikasi. Ekstraksi dilakukan dengan mencampur sampel tepung parijoto dengan 10 mL etanol 95%, diikuti dengan pengocokan selama 10 menit. Selanjutnya, 0,05 mL ekstrak dipindahkan ke dalam dua tabung reaksi terpisah. Tabung pertama dicampur dengan 4,95 mL buffer kalium klorida (0,025 M, pH 1,0), dan tabung kedua dengan 4,95 mL buffer natrium asetat (0,4 M, pH 4,5). pH kedua larutan buffer disesuaikan menggunakan asam klorida pekat. Setelah inkubasi selama 15 menit, absorbansi setiap larutan diukur pada 520 nm dan 700 nm menggunakan spektrofotometer. Kandungan antosianin dihitung dan dinyatakan dalam mg/g. Untuk mengukur antosianin permukaan (SA), 100 mg ekstrak nanokapsul ditambahkan ke dalam 10 mL etanol. Kemudian, ekstrak disentrifugasi (15°C :

1792 g: 5 menit). Supernatan dibuang. SA dihitung melalui pH diferensial. Efisiensi Enkapsulasi Antosianin (EEA) dihitung menggunakan persamaan 1 (Sultan et al., 2018).

$$EEA (\%) = \frac{TA-SA}{TA} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: TA = Total antosianin, SA = Antosianin permukaan.

Kadar total fenolik

Kadar total fenolik bubuk parijoto ditentukan menggunakan versi modifikasi dari metode yang diuraikan oleh Tangsrianugul (Tangsrianugul et al., 2019). Untuk persiapan sampel, 0,5 g sampel diekstraksi dengan 10 mL metanol 85% dan divorteks selama 15 menit. Selanjutnya, 0,4 mL filtrat yang dihasilkan dipindahkan ke tabung reaksi, diikuti dengan penambahan 0,4 mL reagen Folin-Ciocalteu. Campuran divorteks hingga homogen dan didiamkan selama 6 menit. Kemudian, 4,2 mL larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 5% ditambahkan, dan campuran divorteks lagi sebelum diinkubasi pada suhu ruang selama 90 menit. Absorbansi diukur pada 760 nm menggunakan spektrofotometer. Kurva kalibrasi standar disiapkan menggunakan asam galat, dan total kandungan fenolik dinyatakan sebagai miligram ekuivalen asam galat per gram sampel (mg GAE/g).

Kadar total flavonoid

Kandungan flavonoid dalam bubuk parijoto ditentukan mengikuti metode yang dijelaskan oleh Pengkumsri (Pengkumsri et al., 2015). Sampel diekstraksi dengan 5 mL etanol 50%, divorteks secara menyeluruh untuk memastikan homogenitas, dan kemudian disentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 menit. Supernatan kemudian disaring. Sebanyak 0,5 mL filtrat dicampur dengan 0,5 mL etanol dalam tabung reaksi,

diikuti dengan penambahan 1,0 mL larutan aluminium klorida (AlCl_3) 2%. Campuran dibiarkan bereaksi selama 30 menit sebelum mengukur absorbansi pada 415 nm menggunakan spektrofotometer. Quercetin digunakan untuk membuat kurva kalibrasi standar, dan kandungan flavonoid dinyatakan dalam miligram ekuivalen quercetin per gram sampel (mg QE/g).

Aktivitas antioksidan

Uji kinetik DPPH dengan konsentrasi ekstrak yang berbeda dilakukan untuk menentukan waktu reaksi. Sebanyak 1,5 mL larutan etanol DPPH ($2,2316 \times 10^{-4}$ mol/L), 0,2 mL sampel, dan 1,8 mL etanol ditambahkan ke dalam tabung reaksi hingga volume akhir 3,5 mL. Tabung ditutup rapat, dikocok dan diinkubasi selama 60 menit dalam ruang gelap pada suhu kamar (25 ± 1 C). Absorbansi dicatat pada $\lambda = 517$ nm.

Rendemen, kadar air dan Aktivitas air

Rendemen diperoleh dari persentase berat akhir bubuk parijoto (g) dengan total padatan sampel (g). Penentuan kadar air dan aktivitas air menggunakan alat analisis, masing-masing berupa alat analisis kadar air (Shimadzu MOC63u) dan alat analisis aktivitas air (Rotronic Hygropalm-HP23-Aw-A) pada suhu kamar.

Nilai pH

Sampel bubuk parijoto (4g) dicampur dengan 16 mL air suling dalam mixer vortex selama 1 menit. pH dicatat menggunakan instrumen pH meter bangku Hanna HI 2211 (Hanna instruments Ltd.), larutan kalibrasi menggunakan buffer standar (Park & Kim, 2016).

Kelarutan

Penentuan kelarutan menggunakan metode gravimetri dilakukan dengan

mengeringkan kertas saring Whatman No. 42 dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian ditimbang. Sebanyak 3,5 g bubuk parijoto dilarutkan dalam 100 mL air aquades, lalu disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42 dengan corong Buchner dan sistem vakum. Setelah penyaringan, kertas saring dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator, dan kemudian ditimbang (Widyasanti *et al.*, 2018).

Analisis Data

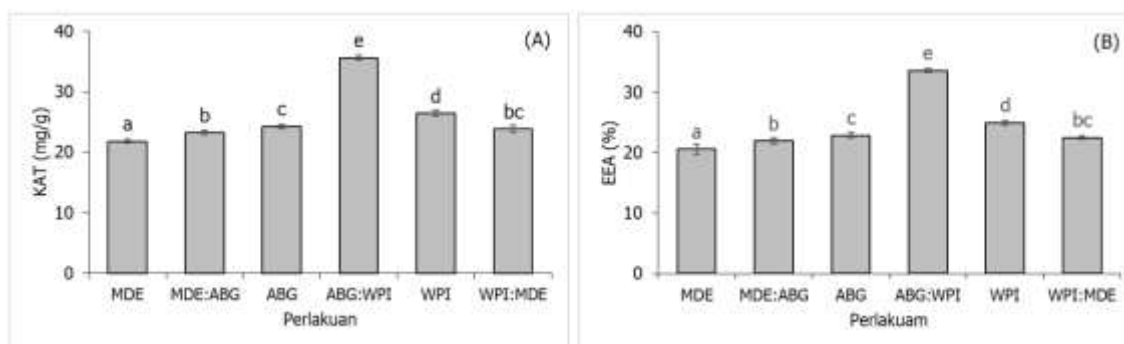
Semua percobaan dilakukan dalam 4 kali pengulangan. Hasil disajikan dalam bentuk nilai rata-rata $\pm$ simpangan baku. Pengaruh faktor-faktor perlakuan dianalisis menggunakan ANOVA satu arah, dan perbedaan antar perlakuan dideteksi menggunakan uji post hoc Duncan. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $p < 0,05$. Analisis statistik dilakukan dengan bantuan

perangkat lunak SPSS 22.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi (EE) merupakan parameter utama untuk menilai keberhasilan proses enkapsulasi. EE menunjukkan seberapa besar jumlah komponen bioaktif yang berhasil terperangkap dalam matriks penyalut selama proses berlangsung (Timilsena *et al.*, 2020). Penelitian ini menilai EE berdasarkan presentasi antosianin yang berhasil terperangkap. Semakin banyak antosianin yang terperangkap di dalam matriks penyalut, semakin tinggi nilai EE, yang berarti proses enkapsulasi mampu menjaga stabilitas dan melindungi antosianin secara efektif (Wulandari *et al.*, 2019). Efisiensi enkapsulasi antosianin (EEA) dari bubuk parijoto dengan berbagai jenis bahan penyalut ditampilkan pada Gambar 1B.



Gambar 1. KAT (A) dan EEA (B) Bubuk Parijoto.

Nilai EEA yang diperoleh berada dalam kisaran 20.54-33.58%, dengan nilai tertinggi pada kombinasi bahan penyalut AGB dan WPI. Sebaliknya, penggunaan MD sebagai bahan penyalut tunggal menghasilkan nilai EEA terendah, yaitu 20.54%. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Norkaew *et al.* (2019), yang melaporkan bahwa kombinasi bahan penyalut (MD dengan AGB atau WPI) dapat meningkatkan EEA

dari beras hitam hingga 100%, dibandingkan dengan penggunaan WPI sebagai bahan penyalut tunggal. Hal serupa juga dilaporkan (Mahdavi *et al.*, 2016), yang menunjukkan bahwa mikroenkapsulasi barberry dengan kombinasi MD dan AGB menghasilkan EEA yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan MD secara tunggal.

Tingginya EEA pada kombinasi WPI dan AGB diduga berasal dari sinergi sifat

fisikokimia kedua biopolimer. WPI adalah protein amfifilik yang memiliki kemampuan berinteraksi dengan senyawa bioaktif melalui interaksi non kovalen, serta dapat membentuk matriks pelindung yang fleksibel (Klein *et al.*, 2010). Sementara itu, ABG merupakan polisakarida larut air dengan kemampuan membentuk film dan memiliki gugus bermuatan negatif (Sakulnarmrat & Konczak, 2022). Interaksi elektrostatis yang terjadi antara muatan positif pada WPI dan gugus bermuatan negatif dari ABG berkontribusi dalam pembentukan kompleks larut air yang stabil. Kompleks ini memiliki sifat amfifilik dan mampu meningkatkan kestabilan sistem enkapsulasi, sehingga lebih efektif dalam melindungi senyawa bioaktif seperti antosianin selama proses pengeringan (Klein *et al.*, 2010). Sementara itu, penggunaan MDE secara tunggal menunjukkan nilai EEA paling rendah, yang kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan MDE dalam emulsifikasi serta rendahnya kapasitas pembentukan film pelindung (Mahdavi *et al.*, 2016).

Pola serupa terlihat pada KAT bubuk parijoto yang ditampilkan pada Gambar 1A. Kombinasi bahan penyalut ABG dan WPI menghasilkan KAT tertinggi, yaitu sebesar 35.59 mg/g, sedangkan penggunaan MDE sebagai bahan penyalut tunggal menunjukkan KAT terendah, yakni 21.77 mg/g. Tingginya nilai KAT pada kombinasi ABG dan WPI kemungkinan disebabkan oleh keberadaan protein dalam ABG yang berperan sebagai agen pembentuk film pelindung yang efektif, sehingga mampu melindungi antosianin selama proses pengeringan. Lapisan film ini juga berfungsi menjaga kation flavilium dalam struktur antosianin dari serangan nukleofilik oleh molekul air, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas antosianin (Burin *et al.*, 2011; Wangkulangkool *et al.*, 2023).

Fenolik dan Flavonoid

Kadar total fenolik bubuk parijoto yang dienkapsulasi dengan berbagai bahan penyalut ditampilkan pada Gambar 2A. Hasil menunjukkan bubuk parijoto dengan kombinasi bahan penyalut ABG dan WPI memiliki kadar total fenolik tertinggi, yaitu sebesar 22.56 mg GAE/g. Sedangkan kadar total fenolik terendah yaitu pada bubuk parijoto dengan bahan penyalut MDE, yaitu sebesar 15.92 mg GAE/g. Hasil ini sejalan dengan penelitian serupa oleh Zen *et al.* (2021) yang melakukan enkapsulasi ekstrak kulit buah kakao dengan ABG dan MDE. Penelitian tersebut menunjukkan total fenolik tertinggi yaitu pada ekstrak buah kakao dengan bahan penyalut ABG, sedangkan yang terendah pada ekstrak dengan bahan penyalut MDE.

Penelitian oleh Agatha *et al.* (2021) juga menunjukkan bahwa enkapsulasi bubuk kombucha buah naga dengan bahan penyalut ABG memiliki total fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan MDE. Sumber yang sama menyatakan bahwa perbedaan ini dipengaruhi oleh derajat polimerisasi ABG yang lebih rendah dibandingkan MDE. Derajat polimerisasi yang lebih rendah pada ABG membuatnya tidak mudah mengalami perubahan struktur dan konfigurasi sehingga mampu membentuk emulsi yang lebih stabil dengan senyawa fenolik. Selain itu, struktur senyawa ABG yang bercabang dan fleksibel memungkinkan pembentukan lapisan enkapsulasi yang lebih rapat dan mampu meminimalkan oksidasi senyawa fenolik yang dilapisinya.

Kombinasi ABG dengan WPI sebagai bahan penyalut juga terbukti lebih efektif dalam mempertahankan kadar total fenolik bubuk parijoto dibandingkan jika bahan penyalut tersebut digunakan secara tunggal. Hasil pada Gambar 2 menunjukkan bahwa penggunaan ABG dikombinasikan dengan WPI menghasilkan kadar total fenolik bubuk

parijoto sebesar 22.56 mg GAE/g, dibandingkan dengan ABG sendiri ataupun WPI sendiri, yaitu sebesar 21.22 mg GAE/g, dan 22.03 mg GAE/g berturut-turut. Hal ini menunjukkan efek sinergis antara ABG dan WPI sebagai bahan penyalut yang mampu melindungi senyawa fenolik khususnya selama proses pengeringan.

WPI sebagai protein mampu membentuk ikatan non-kovalen dengan polisakarida seperti ABG, yang kemudian interaksi ini menghasilkan konjugat protein-polisakarida yang lebih stabil (Zhang *et al.*, 2021). Konjugat ini mampu memuat senyawa bioaktif seperti fenolik dalam strukturnya, sehingga kompleks yang terbentuk lebih tahan terhadap oksidasi dan suhu tinggi selama pengeringan. Teori ini juga sejalan dengan hasil pada Gambar 2 yang menunjukkan kombinasi bahan penyalut WPI dan MDE sebagai contoh lain interaksi protein-polisakarida, juga menghasilkan bubuk parijoto dengan total fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi MDE dan ABG.

Selain total fenolik, analisis total flavonoid juga dilakukan untuk melihat secara spesifik kandungan senyawa bioaktif dalam kelompok fenolik. Flavonoid merupakan salah satu sub kelompok terbesar dalam golongan senyawa fenolik, meliputi antosianin, flavonols, flavanols, isoflavon, dan lain-lain yang masing-masing memiliki manfaat biologis. Kandungan flavonoid secara spesifik dalam bahan pangan telah terbukti memberikan manfaat kesehatan yang luas, seperti antiinflamasi, antikarsinogenik, antioksidan, antidiabetes, dan lain-lain (Tussanti *et al.*, 2014; Vifta & Advistasari, 2018; Damayanti *et al.*, 2023).

Pengukuran kadar total flavonoid dalam penelitian ini diperlukan untuk melihat seberapa baik bahan penyalut dalam melindungi senyawa tersebut

selama pengeringan. Kadar total flavonoid bubuk parijoto dengan berbagai bahan penyalut disajikan pada Gambar 2B. Secara umum, hasil pengukuran total flavonoid menunjukkan pola yang serupa dengan total fenolik, yaitu kombinasi bahan penyalut ABG dan WPI dengan total flavonoid tertinggi, dan bahan penyalut MDE yang memiliki total flavonoid terendah. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa sebagian besar kelompok fenolik yang terkandung dalam bubuk parijoto termasuk dalam golongan flavonoid.

Hasil analisis total fenolik dan flavonoid pada penelitian ini secara keseluruhan menggarisbawahi bahwa pemilihan bahan penyalut dan kombinasinya yang tepat memberikan pengaruh yang signifikan dalam mempertahankan senyawa bioaktif selama proses enkapsulasi bubuk parijoto. Formulasi bahan penyalut berbasis ABG dan WPI dinilai sebagai kombinasi yang tepat dalam membuat bubuk parijoto dengan kandungan senyawa fenolik maupun flavonoid paling optimal.

Antioksidan

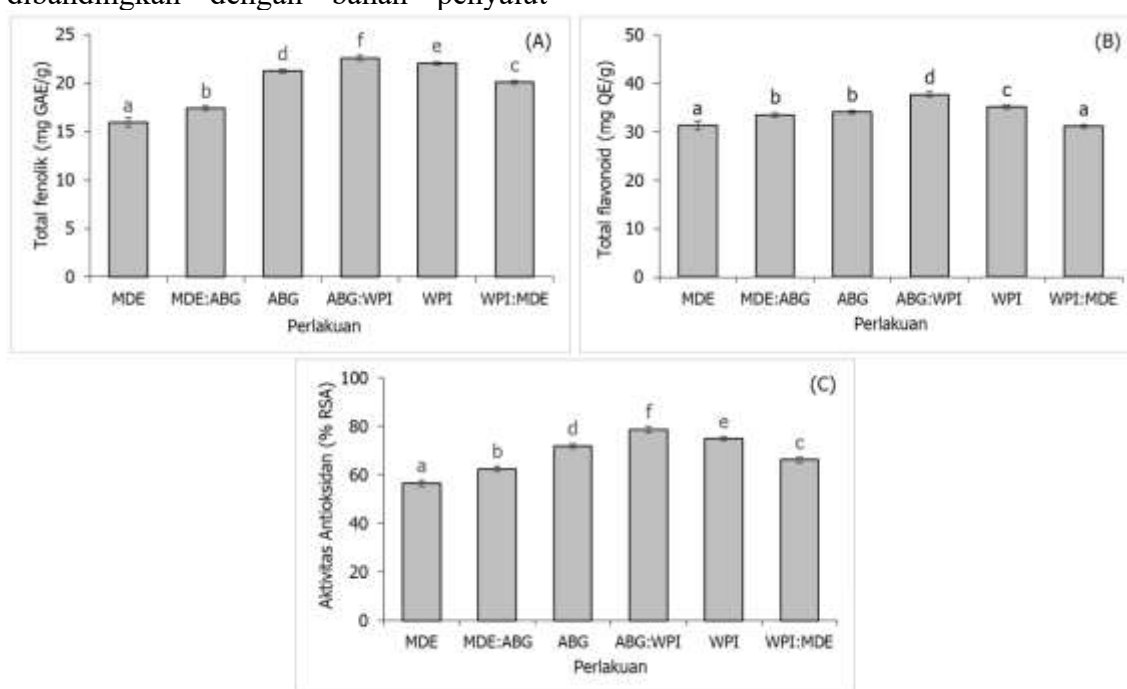
Aktivitas antioksidan buah parijoto berkaitan erat dengan kandungan senyawa fenoliknya. Hal ini didukung dengan hasil penelitian yang disajikan pada Gambar 2C. Hasil analisis aktivitas antioksidan menunjukkan pola yang sama dengan total fenolik pada Gambar 2A dan 2B. Kombinasi bahan penyalut ABG dan WPI menghasilkan bubuk parijoto dengan aktivitas antioksidan tertinggi, yaitu sebesar 78.72 %RSA, sedangkan bubuk parijoto dengan bahan penyalut tunggal MDE memiliki aktivitas antioksidan terendah, sebesar 56.64 %RSA.

Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas antioksidan bubuk parijoto diperankan oleh sekelompok senyawa fenolik. Pengukuran aktivitas antioksidan dengan

metode DPPH didasarkan pada donasi elektron dari senyawa antioksidan yang terkandung pada bubuk parijoto sehingga menetralkan perubahan warna radikal DPPH (Tinasari & Vifta, 2024). Gugus hidroksil pada struktur fenolik berperan sebagai donor elektron utama yang mampu menetralkan radikal DPPH dari warna ungu menjadi warna kuning sebagai indikatornya. Semakin tinggi %RSA, menunjukkan semakin tinggi radikal DPPH yang dinetralkan sehingga menunjukkan aktivitas antioksidan yang semakin tinggi pula. Hasil pada Gambar 2C menunjukkan kombinasi bahan penyalut ABG dan WPI mampu bersinergi membentuk matriks enkapsulasi yang lebih stabil dan lebih tahan terhadap pemanasan selama proses pengeringan dengan metode *foam mat drying* dibandingkan dengan bahan penyalut

lainnya.

Secara keseluruhan, formulasi bahan penyalut dengan mengkombinasikan ABG dan WPI dalam proses *foam mat drying* bubuk buah parijoto memberikan cara terbaik dalam mempertahankan bioaktivitas fenolik pada bubuk parijoto, khususnya dari sisi aktivitas antioksidannya. Aktivitas antioksidan yang tinggi pada bubuk parijoto tidak hanya bermanfaat untuk kesehatan ketika dikonsumsi, tapi juga dapat memperpanjang umur simpan dan stabilitas produk tersebut. Hal ini dapat membuka peluang dalam pengembangan bahan pangan fungsional. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melihat proporsi bahan penyalut ABG dan WPI yang paling optimal dan metode pengeringan alternatif yang lebih efisien.



Gambar 2. Kandungan total fenolik (A), Kandungan total flavonoid (B), dan Aktivitas antioksidan (C) bubuk parijoto.

Kadar air

Kadar air menjadi salah satu parameter krusial dalam menentukan stabilitas bubuk hasil enkapsulasi, karena dapat memengaruhi masa simpan, tingkat

kelarutan, serta kemungkinan terjadinya reaksi kimia selama proses penyimpanan (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Kadar air bubuk parijoto yang dienkapsulasi dengan berbagai bahan penyalut terdapat pada

Tabel 1. Hasil analisis ANOVA dengan tingkat signifikansi ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa kadar air semua formulasi bahan penyalut berpengaruh nyata. Formulasi dengan MDE menghasilkan kadar air terendah, yaitu 3,92%, hal ini disebabkan karena MDE memiliki kemampuan membentuk film yang baik, sehingga efektif dalam menahan uap air selama proses pengeringan (Kha *et al.*, 2010). Sebaliknya, formulasi dengan ABG menghasilkan kadar air tertinggi, yaitu 14,70%. ABG memiliki gugus amino dan gugus hidroksil yang bersifat sangat hidrofilik, sehingga mudah menyerap kelembaban dari udara dan menyimpan lebih banyak air dalam struktur bubuk (Hutasoit *et al.*, 2023). Campuran bahan penyalut menunjukkan kadar air yang berada diantara kedua ekstrem tertinggi dan terendah. Formulasi MDE:ABG (9,80%) dan ABG:WPI (11,76%) masih memiliki kadar air dalam kategori relatif tinggi, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan ABG dalam campuran memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kadar air. Sementara itu, formulasi campuran WPI:MDE memberikan hasil kadar air yang lebih baik (6,86%), bahkan mendekati kadar air WPI sebesar 7,84%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi MDE dengan WPI mampu membentuk struktur busa dan matriks pengering yang stabil, sehingga efektif dalam menurunkan kadar air produk akhir.

Aktivitas air

Aktivitas air rendah pada bubuk hasil enkapsulasi diperlukan untuk memperpanjang masa simpan dan menjaga kestabilan komponen aktifnya. Aktivitas air di bawah 0,60 dinilai aman karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan hasil penelitian, nilai tertinggi diperoleh dari formulasi ABG sebesar 0,58, sedangkan

aktivitas air terendah diperoleh dari MDE sebesar 0,48. Hal ini sejalan dengan karakteristik fisikokimia masing-masing bahan. MDE dapat menurunkan air bebas karena mampu membentuk matriks rapat (Kha *et al.*, 2010), sebaliknya ABG bersifat hidrofilik sehingga meningkatkan aktivitas air.

Rendemen

Rendemen berfungsi sebagai indikator efisiensi proses pengeringan dan merepresentasikan jumlah produk akhir yang berhasil diperoleh. Rendemen yang tinggi menunjukkan efektivitas bahan penyalut dalam membentuk struktur matriks yang stabil dan meminimalkan kehilangan bahan aktif selama proses pengeringan. Berdasarkan hasil penelitian, rendemen tertinggi diperoleh dari formulasi dengan MDE yaitu sebesar 36,20%. Hal ini menunjukkan bahwa MDE sangat efektif dalam proses *foam mat drying* karena memiliki kelarutan yang tinggi, viskositas rendah, dan kemampuan membentuk film yang baik, sehingga menghasilkan struktur busa yang stabil dan produk akhir yang maksimal (Hutasoit *et al.*, 2023).

Nilai pH

Pengujian nilai pH sangat penting untuk menentukan stabilitas emulsi karena perubahan pH menunjukkan terjadinya reaksi kimia yang dapat mengganggu kualitas produk akhir. Nilai pH menunjukkan bahwa tingkat keasaman dari enkapsulasi bubuk parijoto yaitu berkisar 2,85-2,95. Hal ini menunjukkan bahwa pH yang cukup asam. pH bubuk parijoto yang dienkapsulasi dengan berbagai bahan penyalut terdapat pada Tabel 1. Hasil analisis ANOVA dengan tingkat signifikansi ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa nilai pH semua formulasi bahan penyalut tidak berpengaruh nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi dengan

bahan penyalut MDE menghasilkan pH tertinggi, yaitu 2,95%. Nilai pH ini masih berada dalam kisaran stabilitas antosianin, yaitu 2-3 (Sipahli *et al.*, 2017). Antosianin lebih stabil dalam kondisi asam dalam bentuk struktur kation flavylium (Nurhidajah *et al.*, 2023).

Kelarutan

Kelarutan mengacu pada kapasitas maksimum suatu zat terlarut untuk larut dalam pelarut tertentu hingga tercapai kondisi larutan homogen (Yuliawaty & Susanto, 2015). Tabel 1 menunjukkan kelarutan bubuk parijoto menggunakan beberapa penyalut memiliki rerata berkisar 74,40%-88,35%. Formulasi dengan bahan penyalut MDE memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi (88,35%) daripada bahan penyalut g yang disebabkan karena kadar air MDE lebih rendah. Presentase kelarutan suatu produk banyak dipengaruhi oleh jenis bahan pengikat yang digunakan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Srihari *et al.* (2010) MDE memiliki sifat-sifat yaitu mengalami dispersi cepat, memiliki sifat daya larut yang tinggi, membentuk film, membentuk sifat higroskopis yang rendah, mampu membentuk *body*, sifat *browning* yang rendah, dan mampu menghambat

kristalisasi dan memiliki daya ikat yang kuat. Rerata kelarutan enkapsulasi bubuk parijoto yang menggunakan penyalut memiliki nilai terkecil 74,40 % terdapat pada enkapsulasi yang tersalut ABG. Hal ini disebabkan karena ABG memiliki sifat emulsifikasi yang baik, sehingga akan berdampak baik pada kelarutan dalam air. Namun, ada faktor lain juga yang dapat mempengaruhi kelarutan dalam air yaitu kadar air dalam bahan tersebut. Kadar air yang cukup tinggi di dalam bahan menyebabkan bahan tersebut menjadi sulit menyebar apabila dilarutkan di dalam air, hal tersebut karena bahan cenderung lekat sehingga tidak terbentuk pori-pori dan mengakibatkan bahan tidak mampu menyerap air dalam jumlah yang besar. Selain itu, bahan dengan kadar air tinggi mempunyai permukaan yang sempit untuk dibasahi karena butirannya lebih besar sehingga menjadi saling lekat diantara butiran. Campuran bahan penyalut formulasi ABG:WPI memiliki kelarutan sebesar 76.26 yang lebih rendah dibandingkan formulasi WPI 79,05 yang menyatakan bahwa penambahan WPI cenderung menurunkan kelarutan bubuk parijoto hasil *foam mat drying*.

Table 1. Karakteristik fisik bubuk parijoto

Perlakuan	Kadar air (%)	Aw	Rendemen (%)	pH	Kelarutan (%)
MDE	3,92 ± 0,49 ^a	0,48 ± 0,01 ^a	36,20 ± 0,15 ^e	2,95 ± 0,04 ^b	88,35 ± 0,76 ^e
MDE:ABG	9,80 ± 0,55 ^d	0,49 ± 0,02 ^{ab}	35,22 ± 0,42 ^d	2,88 ± 0,02 ^a	79,98 ± 0,81 ^c
ABG	14,70 ± 0,52 ^f	0,58 ± 0,01 ^d	31,80 ± 0,60 ^c	2,86 ± 0,03 ^a	74,40 ± 0,67 ^a
ABG:WPI	11,76 ± 0,54 ^e	0,54 ± 0,03 ^c	28,06 ± 0,54 ^a	2,85 ± 0,03 ^a	76,26 ± 0,83 ^b
WPI	7,84 ± 0,51 ^c	0,52 ± 0,02 ^{bc}	27,47 ± 0,45 ^a	2,88 ± 0,02 ^a	79,05 ± 0,73 ^c
WPI:MDE	6,86 ± 0,58 ^b	0,51 ± 0,02 ^{abc}	29,36 ± 0,36 ^b	2,91 ± 0,05 ^{ab}	81,84 ± 0,59 ^d

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa jenis dan kombinasi bahan penyalut berpengaruh nyata terhadap efisiensi enkapsulasi, kandungan senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, serta sifat fisikokimia bubuk ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa*) yang diproduksi melalui metode foam mat drying. Kombinasi gum arab (ABG) dan whey protein isolate (WPI) terbukti memberikan hasil terbaik dengan efisiensi enkapsulasi tertinggi (33,58%), kandungan total antosianin, fenolik, flavonoid, serta aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain. Sementara itu, penggunaan maltodekstrin (MDE) memberikan kontribusi signifikan pada peningkatan rendemen, kelarutan, serta penurunan kadar air dan aktivitas air. Kombinasi ABG dan WPI dapat direkomendasikan sebagai formulasi penyalut yang optimal untuk melindungi dan mempertahankan stabilitas komponen bioaktif parijoto, sekaligus menghasilkan karakteristik fisik bubuk yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agatha, R., Maryati, Y., Susilowati, A., Aspiyanto, Fitria Devi, A., Mulyani, H., ... Artanti, N. (2021). Effect of Type and Concentration of Encapsulating Agents on Physicochemical, Phytochemical, and Antioxidant Properties of Red Dragon Fruit Kombucha Powdered Beverage. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 23(1), 7–15.
- Burin, V. M., Rossa, P. N., Ferreira-Lima, N. E., Hillmann, M. C. R., & Boirdignon-Luiz, M. T. (2011). Anthocyanins: optimisation of extraction from Cabernet Sauvignon grapes, microcapsulation and stability in soft drink. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(1), 186–193.
- Damayanti, P. N., Luhurningtyas, F. P., & Indrayati, L. L. (2023). Penetapan kadar fenolik dan flavonoid total ekstrak etanol buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) dengan metode spektrofotometri UV-VIS. *Journal of Pharmacy*, 12(1), 1–6.

- Deng, W., Li, X., Ren, G., Bu, Q., Ruan, Y., Feng, Y., & Li, B. (2023). Stability of purple corn anthocyanin encapsulated by maltodextrin, and its combinations with gum arabic and whey protein isolate. *Foods*, 12(12), 2393.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 1107–1121.
- Hutasoit, L. R. R., Puspawati, G. A. K. D., & Permana, D. M. (n.d.). Pengaruh rasio maltodekstrin dan gum arab terhadap aktivitas antioksidan dan warna serbuk terung belanda (*Solanum betaceum* Cav) yang terkopigmentasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 12(2), 2023–2278.
- Kanha, N., Regenstien, J. M., & Laokuldilok, T. (2022). Optimization of process parameters for foam mat drying of black rice bran anthocyanin and comparison with spray- and freeze-dried powders. *Drying Technology*, 40(3), 581–594.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385–392.
- Klein, M., Aserin, A., Ishai, P. Ben, & Garti, N. (2010). Interactions between whey protein isolate and gum Arabic. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79(2), 377–383. doi:10.1016/j.colsurfb.2010.04.021
- Larasati, N., & Sugiarti, L. (2017). Efektivitas sediaan gel dari ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) sebagai hand sanitizer terhadap jumlah angka bakteri. In *Prosiding Hefa* (pp. 294–298).
- Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 379–385.
- Maneeratanachot, S., Chetpattananondh, P., & Kungsanant, S. (2024). Encapsulation of anthocyanin from butterfly pea flowers (*Clitoria ternatea* L.) extract using foam-mat drying. *Food and Bioprocess Processing*, 145, 105–115. doi:10.1016/j.fbp.2024.03.003
- Muslim, D. L. (2019). *Ekstraksi antosianin buah parijoto (medinilla speciosa blume) menggunakan berbagai konsentrasi asam sitrat dan stabilitasnya pada berbagai pH*. Universitas Semarang.
- Nafi'ah, L. N., Ismi Rahmawati, & Titik Sunarni. (2024). The Potential of Parijoto Fruit Extract Fraction (*Medinilla speciosa* Blume) as Antibiofilm against *Staphylococcus aureus* Bacteria. *Open Access Indonesian Journal of Medical Reviews*, 4(2), 609–618. doi:10.37275/oaijmr.v4i2.547
- Norkaew, O., Thitisut, P., Mahatheeranont, S., Pawin, B., Sookwong, P., Yodpitak, S., & Lungkaphin, A. (2019). Effect of wall materials on some physicochemical properties and release characteristics of encapsulated black rice anthocyanin microcapsules. *Food Chemistry*, 294, 493–502. doi:10.1016/j.foodchem.2019.05.086

- Nurhidajah, N., Rosidi, A., Yonata, D., Nurrahman, N., & Pranata, B. (2023). Physicochemical characteristics of anthocyanin extract powder from black rice based on maltodextrin and skimmed milk powder ratio as encapsulant. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(1), 152–161.
- Park, S. Y., & Kim, H. Y. (2016). Effect of black rice powder levels on quality properties of emulsion-type sausage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6), 737–743.
- Pengkumsri, N., Chaiyasut, C., Saenjum, C., Sirilun, S., Peerajan, S., Suwannalert, P., ... Sivamaruthi, B. S. (2015). Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand. *Food Science and Technology*, 35(2), 331–338.
- Pinto, M. R. M. R., Paula, D. de A., Alves, A. I., Rodrigues, M. Z., Vieira, É. N. R., Fontes, E. A. F., & Ramos, A. M. (2018). Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. *Powder Technology*, 339, 939–946.
- Safithri, M., Indariani, S., & Septiyani, D. (2020). Aktivitas antioksidan dan total fenolik minuman fungsional nanoenkapsulasi berbasis ekstrak sirih merah. *Indonesian Journal of Human Nutrition*, 7(1), 69–83.
- Sakulnarmrat, K., & Konczak, I. (2022). Encapsulation of *Melodorum fruticosum* Lour. anthocyanin-rich extract and its incorporation into model food. *LWT*, 153.
- Sipahli, S., Mohanlall, V., & Mellem, J. J. (2017). Stability and degradation kinetics of crude anthocyanin extracts from *H. sabdariffa*. *Food Science and Technology*, 37(2), 209–215.
- Srihari, E., Lingganingrum, S., Hervita, R., & Wijaya, H. (2010). *Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan santan kelapa bubuk*. In *Seminar rekayasa kimia dan proses* (pp. 1–7). Universitas Diponegoro.
- Sultan, N., Wani, I. A., & Masoodi, F. A. (2018). Moisture mediated effects of γ -irradiation on physicochemical, functional, and antioxidant properties of pigmented brown rice (*Oryza sativa* L.) flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 399–407.
- Sun, C., Gunasekaran, S., & Richards, M. P. (2007). Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 555–564.
- Susanti, D. Y., Sediawan, W. B., Fahrurrozi, M., & Hidayat, M. (2021). Foam-mat drying in the encapsulation of red sorghum extract: Effects of xanthan gum addition on foam properties and drying kinetics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(4), 270–279.
- Tangsrianugul, N., Wongsagon-sup, R., & Suphantharika, M. (2019). Physicochemical and rheological properties of flour and starch from Thai pigmented rice cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137, 666–675.
- Timilsena, Y. P., Haque, Md. A., & Adhikari, B. (2020). Encapsulation in the Food Industry: A Brief Historical Overview to Recent Developments. *Food and Nutrition Sciences*, 11(06), 481–508.
- Tinasari, N. D., & Vifta, R. L. (2024). Potensi ekstrak buah parijoto (*medinilla speciosa blume*) sebagai

- bahan aktif sediaan antioksidan facial wash gel. *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, 4(1), 86–94.
- Tussanti, I., & Johan, A. (2014). *Sitotoksitas in vitro ekstrak etanolik buah parijoto (Medinilla speciosa, reinw.ex bl.) terhadap sel kanker payudara T47D*. *Jurnal Gizi Indonesia* (Vol. 2, pp. 53–58).
- Utami, I. M. T., Nurhidajah, & Yusuf, M. (2023). Karakteristik fisikokimia dan sensoris minuman instan ekstrak beras hitam berdasarkan konsentrasi maltodekstrin dengan metode foam-mat drying, 13(1), 68–78.
- Vifta, R. L., & Advistasari, Y. D. (2018). *Skrining Fitokimia, Karakterisasi, dan Penentuan Kadar Flavonoid Total Ekstrak dan Fraksi-Fraksi Buah Parijoto (Medinilla speciosa B.)*. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 1, pp. 8–14). Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Wangkulangkool, M., Ketthaisong, D., Tangwongchai, R., Boonmars, T., & Lomthaisong, K. (2023). Microencapsulation of Chia Oil Using Whey Protein and Gum Arabic for Oxidation Prevention: A Comparative Study of Spray-Drying and Freeze-Drying Methods. *Processes*, 11(5), 1–15.
- Widyasanti, A., Septianti, A., & Nurjanah, S. (2018). Pengaruh penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia bubuk tomat hasil pengeringan pembusaan (foam mat drying). *Agrin*, 22(1), 22–38.
- Wulandari, A., Sunarti, T. C., Fahma, F., & Noor, E. (2019). Karakteristik mikrokapsul antosianin ubi jalar ungu dengan teknik spray drying. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(1), 34–44. Retrieved from <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/26243>
- Yuliawaty, S. T., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh lama pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik kimia dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 41–52.
- Zen, M. B., Putra, G. P. G., & Suhendra, L. (2021). Karakteristik enkapsulat ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) pada perlakuan variasi jenis dan konsentrasi bahan Penyalut. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 356–370.
- Zhang, Q., Zhou, Y., Yue, W., Qin, W., Dong, H., & Vasanthan, T. (2021). Nanostructures of protein-polysaccharide complexes or conjugates for encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 169–196.