

Karakteristik Encapsulat Ekstrak Etanol Kulit Apel *Rome Beauty* (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Perlakuan Perbandingan Maltodekstrin dan Gum Arab

Characteristics of Encapsulated Ethanol Extract from Rome Beauty Apple Peel (Malus sylvestris Mill.) with Different Ratios of Maltodextrin and Gum Arabic Treatment

Fiona Chandra, Ni Luh Ari Yusasrini*, I Gusti Ayu Kadek Diah Puspawati

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

*Penulis korespondensi: N. L. A. Yusasrini, E-mail: ariyusasrini@unud.ac.id

Diterima: 4 Juni 2024 / Disetujui: 29 Juli 2024

Abstract

Rome beauty apple peel is an industrial waste that remains rich in bioactive components. One of the ways to utilize these bioactive components is through extraction and encapsulation. Encapsulation is a technique that involves covering bioactive components with a coating material. Each coating material, such as maltodextrin, has its own drawbacks, thus it often needs to be combined with other coating materials to achieve optimal encapsulation characteristics. The objective of this research is to determine the effect of different ratios of maltodextrin to gum arabic on the characteristics of the encapsulated ethanol extract from rome beauty apple peel and to identify the optimal ratio of maltodextrin to gum arabic for achieving encapsulate with the best characteristics. This research employs a Completely Randomized Design (CRD) with treatments involving different ratios of maltodextrin to gum arabic in six levels: P0 (10:0), P1 (9:1), P2 (7:3), P3 (5:5), P4 (3:7), and P5 (1:9). Each treatment was replicated three times, resulting in 18 experimental units. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and when the treatments affected the observed variables, Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was employed for further analysis. The results of this research show that the ratio of maltodextrin to gum arabic significantly affects yield, moisture content, solubility, total phenols, total flavonoids, antioxidant activity, encapsulation efficiency, and the morphology of encapsulate. The maltodextrin to gum arabic ratio (1:9) produced encapsulates with the best characteristics, consist of a 78.40 percent yield, 9.22 percent moisture content, 87,39 percent of solubility, 31.79 mg GAE/g total phenols, 2.35 mg QE/g total flavonoids, 70.24 percent antioxidant activity, 92.99 percent encapsulation efficiency, and a smooth, non-porous surface morphology.

Keywords: *encapsulation, gum arabic, rome beauty apple peel, maltodextrin*

PENDAHULUAN

Apel *rome beauty* merupakan salah satu varietas apel lokal yang sering ditemukan di pasaran. Apel ini memiliki kulit berwarna hijau kemerahan dengan daging berwarna krem. Apel *rome beauty* dapat diolah menjadi berbagai jenis olahan, seperti sari buah, dodol, perisa, maupun keripik. Pengolahan tersebut menghasilkan

limbah berupa kulit apel sebanyak 42,308 persen dari total keseluruhan berat apel (Surjowardojo *et al.*, 2016). Limbah kulit apel yang dihasilkan langsung dibuang tanpa dimanfaatkan terlebih dahulu atau hanya dijadikan sebagai makanan ternak. Hal ini sangat disayangkan karena kulit apel mengandung senyawa bioaktif yang lebih besar daripada daging buahnya. Wolfe *et al.*

(2003) melaporkan bahwa dalam kulit apel *rome beauty*, terkandung senyawa bioaktif, khususnya fenol sebesar 500,2 mg GAE/100 gr, sementara pada daging buahnya hanya sebesar 93 mg GAE/100 gr.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan senyawa bioaktif dalam kulit apel *rome beauty* adalah dengan proses ekstraksi. Ekstraksi merupakan proses pemisahan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan pelarut yang sesuai (Mukhriani, 2014). Novioella (2019) melaporkan bahwa hasil uji fitokimia ekstrak etanol kulit apel mengandung alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, steroid, dan triterpenoid. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak perlu dilindungi agar tidak terdegradasi akibat faktor eksternal. Di samping itu, pengaplikasian ekstrak juga tidak terlalu variatif dan memiliki kekurangan dari segi efisiensi karena rasanya yang sepat sehingga perlu dilakukan konversi menjadi serbuk dengan menggunakan teknologi enkapsulasi (Armendáriz *et al.*, 2016).

Enkapsulasi merupakan proses penyalutan senyawa bioaktif dengan menggunakan bahan penyalut untuk mempertahankan karakteristik fisik, kimia, maupun biologisnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil enkapsulasi adalah bahan penyalut. Bahan penyalut diharapkan mampu membalut senyawa bioaktif dengan sempurna untuk mencegah

dari kerusakan akibat faktor eksternal. Salah satu bahan penyalut yang paling sering digunakan dalam proses enkapsulasi adalah maltodekstrin. Maltodekstrin memiliki kelemahan dalam kemampuan membentuk emulsi dan matriks pelindung yang rendah (Khalifa *et al.*, 2019) sehingga dibutuhkan kombinasi bahan penyalut dengan perbandingan yang tepat untuk melengkapi kekurangan maltodekstrin agar dapat dihasilkan enkapsulat dengan karakteristik yang baik (Shamaei *et al.*, 2017). Gum arab merupakan salah satu jenis bahan penyalut yang cocok untuk dikombinasikan dengan maltodekstrin karena memiliki rantai polimer yang terdiri dari bagian hidrofobik (menarik minyak) dan hidrofilik (menarik air) sehingga mampu berperan sebagai emulsifier (Gaonkar, 1995). Selain itu, gum arab juga dapat membentuk lapisan yang dapat melindungi partikel flavor (Susianti *et al.*, 2020).

Penelitian mengenai enkapsulasi yang menggunakan bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab telah banyak dilakukan, salah satunya penelitian Salbi *et al.* (2021) telah melaporkan bahwa perbandingan 25% maltodekstrin : 75% gum arab menghasilkan karakteristik enkapsulat buah ara terbaik. Selain itu, Lewi *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa maltodekstrin dan gum arab pada perbandingan 1:4 menghasilkan karakteristik serbuk terung belanda terbaik. Penggunaan kombinasi jenis bahan penyalut yang sama dengan rasio yang berbeda antara

kedua penelitian di atas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti karakteristik dari bahan inti yang hendak disalut hingga tujuan dilakukannya proses enkapsulasi.

METODE

Bahan

Apel *Rome Beauty* diperoleh dari Supermarket Tiara Dewata, Bali. Bahan kimia yang digunakan meliputi aquadest, etanol 70% teknis, metanol PA (Merck), etanol PA (Merck) larutan 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich), kuersetin, maltodekstrin, gum arab, reagen *Folin-Ciocalteu* (Merck), Na_2CO_3 (Merck), AlCl_3 (Merck), NaOH 1 M, NaNO_2 (Merck), asam galat (Sigma-Aldrich).

Alat

Penelitian ini menggunakan alat yang terdiri dari gelas beaker 100 mL, pipet mikro, gelas ukur 100 mL, labu erlenmeyer, labu ukur, spatula, pipet tetes, pengayak ukuran 50 mesh, rotary vacuum evaporator, peeler, pisau, tisu, kertas saring Whatman No. 42, logam platina, pipet volume, neraca analitik (Shimadzu ATY224, Jerman), spektrofotometer UV-VIS (Genesys 10S UV-Vis, Amerika Serikat), *magnetic stirrer* (AND, GF-300), homogenizer (Branson Digital Sonifer), *food dehydrator* (Blue M), vortex (Barnstead Thermolyne), kain saring, kertas saring Whatman No. 1, cawan petri, blender, desikator, cawan, pinset, dan *Scanning Electron Microscope* (JEOL JSM-IT200).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan perbandingan maltodekstrin (M) dan gum arab (GA) yang terdiri dari 6 taraf, yaitu: P0 = M:GA (10:0), P1 = M:GA (9:1), P2 = M:GA (7:3), P3 = M:GA (5:5), P4 = M:GA (3:7), P5 = M:GA (1:9). Setiap perlakuan diduplikasi 3 kali sehingga didapatkan 18 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Simplisia

Simplisia dibuat menurut Muslim *et al.* (2018) dengan mencuci kulit apel *Rome Beauty* pada air mengalir hingga bersih lalu dikeringkan selama 24 jam dalam oven bersuhu 60°C. Kulit apel *Rome Beauty* yang sudah kering selanjutnya diblender dan diayak dengan ayakan 50 mesh.

Ekstraksi Senyawa Bioaktif pada Kulit Apel *Rome Beauty*

Ekstraksi kulit apel *Rome Beauty* dilakukan menurut Fridayana *et al.* (2018) dengan modifikasi. 100 gram simplisia direndam dalam 1000 mL pelarut etanol konsentrasi 70% (1:10 b/v). Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi pada suhu ruang selama 36 jam serta dilakukan pengadukan manual setiap 12 jam selama 1 menit hingga tercampur lalu disaring dengan kain saring dan kertas Whatman No. 1. Pelarut diuapkan menggunakan evaporator bersuhu 50°C. Proses evaporasi dihentikan ketika dihasilkan ekstrak kental tanpa adanya pelarut yang menetes dari kondensor.

Enkapsulasi Ekstrak Etanol Kulit Apel *Rome Beauty*

Proses enkapsulasi ekstrak kulit apel *Rome Beauty* dilakukan dengan metode *thin layer drying* yang mengacu pada Dewi *et al.* (2016) dan Puspabuana (2015) dengan beberapa modifikasi. Untuk pembuatan larutan enkapsulan 100 mL, dilakukan penimbangan bahan penyalut sebanyak 10% dari total volume larutan (10 gram) dengan perbandingan yang sesuai perlakuan. Aquadest ditambahkan hingga volume larutan mencapai 100 mL. Ekstrak kulit apel *Rome Beauty* sebanyak 3% dari total volume larutan (3 gram) kemudian ditambahkan ke dalam larutan enkapsulan lalu dihomogenisasi selama 30 menit pada kecepatan 1500 rpm. Larutan enkapsulan dipindahkan ke cawan petri hingga ketebalannya mencapai 3 mm kemudian dikeringkan selama 15 jam dalam oven bersuhu 50 °C. Enkapsulat yang dihasilkan selanjutnya dihaluskan dengan blender dan disaring dengan ayakan 50 mesh.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati meliputi rendemen (Sudarmadji *et al.*, 1997), kelarutan (AOAC, 1984), kadar air dengan metode thermogravimetri (Sudarmadji *et al.*, 1997), kadar total fenol dengan metode *Follin-Ciocalteu* (Baba & Malik, 2015), total flavonoid dengan metode spektrofotometri (Baba & Malik, 2015),

aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (Pratiwi *et al.*, 2010), efisiensi enkapsulasi (Cilek *et al.*, 2012), dan morfologi enkapsulat (Farikhin, 2016) untuk sampel kontrol dan sampel dengan hasil terbaik.

Analisis Data

Data yang didapatkan, dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan perlakuan yang memiliki pengaruh terhadap variabel yang diamati, dianalisis lanjutan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) menggunakan pemograman SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rendemen enkapsulat. Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata rendemen enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar antara 78,40 – 96,68%. Perlakuan P0 menghasilkan persentase rendemen tertinggi, yaitu sebesar 96,68%, sementara perlakuan P5 menghasilkan persentase rendemen terendah, yaitu sebesar 78,4%.

Peningkatan rasio maltodekstrin menyebabkan total padatan yang dihasilkan semakin besar sehingga meningkatkan persentase rendemen. Hal ini berkaitan dengan peran maltodekstrin sebagai penambah massa dan viskositas emulsi yang rendah.

Tabel 1. Nilai Rerata Rendemen, Kadar Air, dan Kelarutan Encapsulat Ekstrak Etanol Kulit Apel *Rome Beauty*

Perlakuan	Rendemen (%)	Kadar Air (%)	Kelarutan (%)
P0	96,68 ± 1,36 ^f	7,95 ± 0,05 ^a	94,04 ± 0,51 ^c
P1	93,82 ± 0,95 ^e	8,15 ± 0,13 ^b	93,22 ± 0,97 ^{de}
P2	92,04 ± 0,13 ^d	8,51 ± 0,16 ^c	92,10 ± 0,50 ^{cd}
P3	86,88 ± 1,12 ^c	8,86 ± 0,11 ^d	91,14 ± 0,85 ^c
P4	83,47 ± 0,64 ^b	9,00 ± 0,01 ^d	89,10 ± 0,57 ^b
P5	78,40 ± 0,72 ^a	9,22 ± 0,13 ^e	87,39 ± 0,79 ^a

Keterangan: Nilai rerata ± standar deviasi (n=3). Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan memiliki perbedaan signifikan (P<0,05).

Rendahnya viskositas emulsi sebelum proses pengeringan menyebabkan lapisan kulit (*shell*) yang terbentuk menjadi kurang kuat sehingga penyalutan pada bahan inti kurang optimal dan berakibat pada banyaknya komponen yang hilang dan menguap ketika proses pengeringan berlangsung (Sugindro *et al.*, 2008). Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Noviyani (2022) yang melaporkan bahwa kadar rendemen tertinggi diperoleh dari perbandingan maltodekstrin dan gum arab (3:1), yaitu sebesar 84,09%. Rasyid (2019) melaporkan bahwa serbuk albumin ikan gabus pada perbandingan maltodekstrin dan gum arab (100% : 0%) menghasilkan rendemen tertinggi, yaitu sebesar 17,87%. Selain itu, Cahyani *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa mikrokapsul daun *Clinacanthus nutans* dengan perbandingan maltodekstrin dan gum arab mengalami penurunan rendemen seiring dengan berkurangnya rasio maltodekstrin.

Kadar Air

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh

nyata (P<0,05) terhadap kadar air encapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata kadar air encapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar 7,95 – 9,22%. Perlakuan P0 menghasilkan persentase kadar air terendah, yaitu sebesar 7,95 %, sementara perlakuan P5 menghasilkan persentase kadar air tertinggi, yaitu sebesar 9,22%.

Peningkatan rasio gum arab menyebabkan bertambahnya persentase kadar air. Gum arab memiliki berat molekul yang lebih besar (± 500.000) daripada maltodekstrin (< 4.000) dan struktur yang lebih kompleks sehingga ikatan dengan molekul air lebih kuat dan mengakibatkan air lebih sulit untuk diuapkan serta membutuhkan energi penguapan yang lebih besar (Zen *et al.*, 2021). Namun, tingginya kadar air pada encapsulat dengan encapsulan gum arab dapat disebabkan oleh sifat gum arab yang memiliki viskositas tinggi. Hal ini dapat menyebabkan lapisan (*shell*) yang terbentuk lebih kuat sehingga penguapan air lebih sulit. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Noviyani (2022)

yang melaporkan bahwa persentase kadar air tertinggi enkapsulat pewarna daun singkong diperoleh pada perbandingan maltodekstrin dan gum arab (1:3), yaitu sebesar 9,2%. Rasyid (2019) melaporkan bahwa persentase kadar air tertinggi serbuk albumin ikan gabus diperoleh pada perlakuan maltodekstrin dan gum arab (25% : 75%), yaitu sebesar 7,03%. Selain itu, Yarlina (2023) juga melaporkan bahwa enkapsulat tempe koro pedang putih mengalami peningkatan kadar air seiring dengan penambahan rasio gum arab.

Kelarutan

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kelarutan enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar antara 87,39 – 94,04% (Tabel 1). Perlakuan P0 menghasilkan persentase kelarutan tertinggi, yaitu sebesar 94,04% dan tidak berbeda nyata dengan P1. Sementara itu, Perlakuan P5 menghasilkan persentase kelarutan terendah, yaitu 87,39%.

Peningkatan persentase rendemen disebabkan oleh penambahan rasio maltodekstrin. Hal ini dapat disebabkan oleh nilai *hydrophile lyphophile balance* (HLB) maltodekstrin yang tinggi daripada gum arab dimana semakin tinggi nilai HLB, maka semakin hidrofilik suatu bahan. Selain itu, gugus hidroksil (-OH) pada maltodekstrin lebih banyak daripada gum arab dan struktur

molekul yang lebih sederhana menyebabkan enkapsulat maltodekstrin cenderung lebih mudah larut dalam air.

Faktor lain yang mempengaruhi kelarutan serbuk, yaitu kadar air bahan yang bersangkutan (Sutardi *et al.*, 2010). Kadar air bahan yang tinggi menyebabkan bahan lebih sulit menyebar dalam air (kapilaritas rendah) karena bahan cenderung lebih lekat (Straatsma *et al.*, 1999) sehingga tidak terbentuk pori-pori dan mengakibatkan bahan tidak mampu menyerap air dalam jumlah besar. Selain itu, bahan dengan kadar air tinggi memiliki permukaan sempit untuk dibasahi karena butirannya besar sehingga saling melekat antara butiran tersebut. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Osés *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa serbuk madu dengan bahan penyalut maltodekstrin memiliki kelarutan yang lebih baik daripada gum arab dan isolat *whey* protein. Selain itu, Maharani *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa konsentrasi madu dan maltodekstrin (1:1) memiliki kelarutan yang lebih tinggi daripada konsentrasi madu dan gum arab (1:1), yaitu sebesar 99,339%.

Ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* mengandung total fenol 59,46 mg GAE/g, flavonoid 4,91 mg QE/g, dan aktivitas antioksidan 78,81 persen. Nilai total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan, ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai rerata total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*

Parameter	Kadar
Total Fenol (mg GAE/g)	59,46 ± 1,19
Total Flavonoid (mg QE/g)	4,91 ± 1,08
Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)	78,81 ± 0,82

Keterangan: Nilai rerata ± standar deviasi (n=3).

Tabel 3. Nilai Rerata Total Fenol, Total Flavonoid, dan Aktivitas Antioksidan Enkapsulat Ekstrak Etanol Kulit Apel *Rome Beauty*

Perlakuan	Total Fenol (mg GAE/g)	Total Flavonoid (mg QE/g)	Aktivitas Antioksidan (% Inhibisi)
P0	28,29 ± 0,30 ^a	1,33 ± 0,1 ^a	61,59 ± 0,69 ^a
P1	28,98 ± 0,31 ^b	1,37 ± 0,08 ^a	63,16 ± 0,83 ^b
P2	29,72 ± 0,14 ^c	1,63 ± 0,03 ^b	64,55 ± 0,93 ^c
P3	30,60 ± 0,21 ^d	1,90 ± 0,13 ^c	65,88 ± 0,48 ^d
P4	30,94 ± 0,26 ^d	2,18 ± 0,18 ^d	67,87 ± 0,79 ^e
P5	31,79 ± 0,15 ^e	2,35 ± 0,13 ^d	70,24 ± 0,65 ^f

Keterangan: Nilai rerata ± standar deviasi (n=3). Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan memiliki perbedaan signifikan (P<0,05).

Total Fenol

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap total fenol enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata total fenol enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar antara 28,29 – 31,79 mg GAE/g. Perlakuan P0 menghasilkan kadar total fenol terendah, yaitu sebesar 28,29 mg GAE/g, sementara perlakuan P5 menghasilkan kadar total fenol tertinggi, yaitu sebesar 31,79 mg GAE/g. Total fenol enkapsulat lebih rendah daripada total fenol ekstrak, yaitu sebesar 59,46 mg GAE/g (Tabel 5).

Penurunan kadar total fenol dari bentuk ekstrak menjadi enkapsulat dapat

dipengaruhi oleh proses enkapsulasi yang melibatkan panas selama pengeringan sehingga menurunkan kadar senyawa bioaktif pada bahan (Mahdavi *et al.*, 2016; Siregar dan Kristanti, 2019). Selain itu, adanya penambahan bahan penyalut pada proses enkapsulasi menyebabkan kehadiran ekstrak semakin sedikit di dalam enkapsulat. Meskipun demikian, Purbowati *et al.* (2016) melaporkan bahwa senyawa bioaktif dalam bentuk yang sudah dienkapsulasi lebih stabil daripada dalam bentuk ekstrak.

Kadar total fenol pada jenis enkapsulan gum arab lebih tinggi daripada maltodekstrin karena sifat pengemulsi gum arab yang lebih baik. Gum arab mampu meningkatkan dan mempertahankan stabilitas senyawa yang disalut dengan cara

meningkatkan viskositasnya. Salah satu cara meningkatkan viskositas gum arab adalah dengan penambahan konsentrasinya. Dauqan dan Abdullah (2013) melaporkan bahwa gum arab adalah salah satu jenis bahan penyalut yang tahan terhadap panas sehingga tidak banyak komponen yang mengalami penguapan saat proses pengeringan.

Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Purwanti *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa seiring dengan penambahan rasio gum arab, maka kadar total fenol pada mikrokapsul kelopak bunga rosella juga akan meningkat. Kadar total fenol mikrokapsul kelopak rosella tertinggi diperoleh pada rasio maltodekstrin dan gum arab (1:9), yaitu sebesar 10,27 mg GAE/100 g. Selain itu, Marpaung *et al.* (2021) juga melaporkan bahwa mikrokapsul daun duku dengan perbandingan maltodekstrin dan gum arab (100:0) memiliki kadar total fenol yang lebih kecil daripada perbandingan maltodekstrin dan gum arab (40:60), yaitu sebesar 12,3 mg GAE/g dan 15,2 mg GAE/g.

Total Flavonoid

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total flavonoid enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata total flavonoid enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar antara 1,33 – 2,35 mg QE/g. Perlakuan P0 menghasilkan kadar total flavonoid terendah, yaitu sebesar

1,33 mg QE/g dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1, yaitu sebesar 1,37 mg QE/g. Sementara itu, perlakuan P5 menghasilkan kadar total flavonoid tertinggi, yaitu sebesar 2,35 mg QE/g dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan P4, yaitu sebesar 2,18 mg QE/g. Total flavonoid enkapsulat lebih rendah daripada total flavonoid ekstrak, yaitu sebesar 4,91 mg QE/g (Tabel 2).

Gum arab merupakan hidrokoloid yang memiliki kemampuan dalam membentuk gel sehingga dapat menghasilkan lapisan/matriks pelindung. Kemampuan pembentukan gel ini berhubungan dengan viskositas emulsi dimana hidrokoloid memiliki kemampuan untuk meningkatkan kekentalan suatu larutan (Nuraini, 2001). Viskositas emulsi yang rendah sebelum proses pengeringan dapat menyebabkan lapisan kulit (*shell*) yang terbentuk tidak cukup kuat untuk melindungi bahan inti sehingga banyak komponen yang hilang dan menguap ketika proses pengeringan berlangsung. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Marpaung *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa kadar flavonoid mikrokapsul daun duku meningkat seiring dengan bertambahnya rasio gum arab. Selain itu, Salbi *et al.* (2021) juga melaporkan bahwa mikrokapsul buah ara dengan perbandingan maltodekstrin dan gum arab (75% : 25%) memiliki total flavonoid yang lebih kecil daripada mikrokapsul dengan perbandingan

maltodekstrin dan gum arab (25% : 75%), yaitu sebesar 27,83 mg QE/mg dan 30,99 mg QE/mg.

Aktivitas Antioksidan

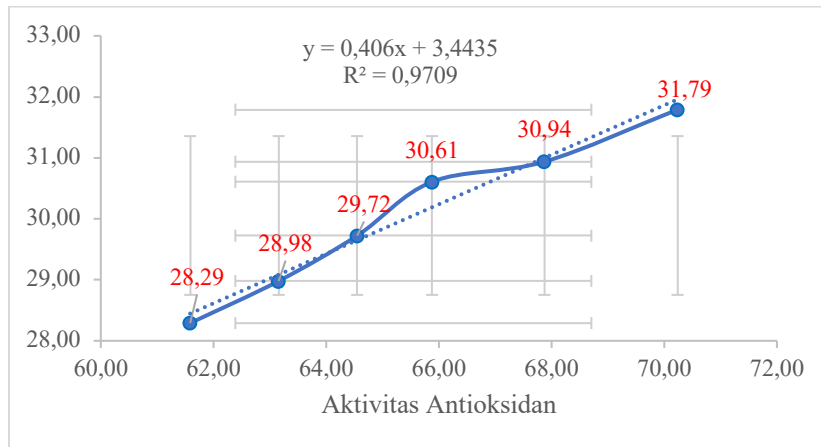
Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Nilai rata-rata aktivitas antioksidan enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* berkisar antara 61,59 – 70,24% (Tabel 3). Perlakuan P0 menghasilkan aktivitas antioksidan terendah sebesar 61,59%. Sementara itu, perlakuan P5 menghasilkan persentase aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 70,24%.

Peningkatan aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh sifat bahan enkapsulan gum arab yang mampu membentuk tekstur, film, mengikat dan mengemulsi dengan baik sehingga dapat mempertahankan dan melindungi material inti di dalam produk dari proses perubahan destruktif. Aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh adanya senyawa fenol seperti asam fenolat maupun flavonoid (Marjoni *et al.*, 2015). Pernyataan tersebut selaras dengan grafik korelasi antara total fenol dan total flavonoid terhadap aktivitas antioksidan enkapsulat pada Gambar 1 dimana terdapat korelasi positif yang kuat antara total fenol dan aktivitas antioksidan yang ditunjukkan dari nilai koefisien korelasi sebesar 0,9709. Hal ini membuktikan bahwa 97% aktivitas antioksidan pada enkapsulat ekstrak etanol

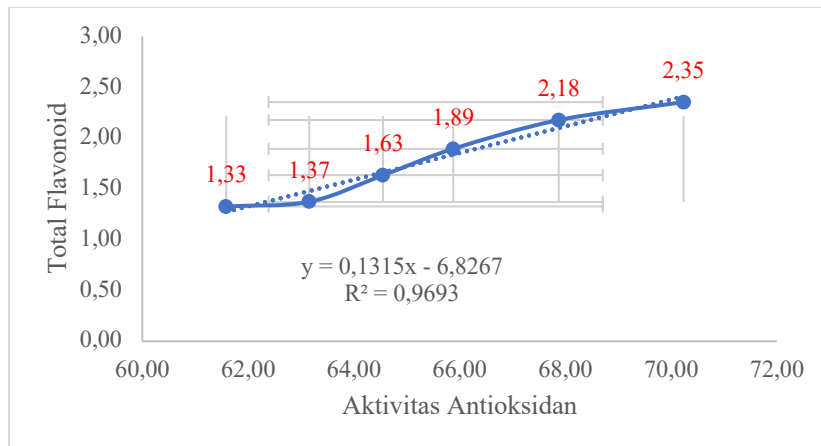
kulit apel *rome beauty* dipengaruhi oleh senyawa fenolik yang terdapat pada enkapsulat. Senyawa fenolik merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki cincin aromatik dan mengandung gugus hidroksil. Gugus hidroksil akan menyumbangkan atom hidrogen sebagai donor radikal bebas sehingga senyawa fenolik mampu memberikan aktivitas antioksidan (Mahardani dan Yuanita, 2021). Oleh karena itu, semakin tinggi kadar total fenol, maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya (Ghasemzadeh & Ghasemzadeh, 2011).

Grafik korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang kuat antara total flavonoid dan aktivitas antioksidan, ditunjukkan dari nilai koefisien korelasi sebesar 0,9693 (Gambar 2). Hal ini membuktikan bahwa 96,9% aktivitas antioksidan enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* dipengaruhi oleh senyawa flavonoid yang terdapat pada enkapsulat.

Menurut Sandrasari (2009) dan Apak *et al.* (2007), senyawa fenolik berupa flavonoid dapat berperan sebagai antioksidan. Aktivitas flavonoid sangat bergantung pada jumlah dan lokasi gugus – OH yang berperan dalam menetralkan radikal bebas. Kemampuan flavonoid dalam menetralkan radikal bebas pun berkaitan dengan kemampuannya mendonorkan elektron. Hal inilah yang menyebabkan kandungan total flavonoid berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan.



Gambar 1. Grafik Korelasi Total Fenol Terhadap Aktivitas Antioksidan



Gambar 2. Grafik Korelasi Total Flavonoid Terhadap Aktivitas Antioksidan

Tabel 4. Nilai Rerata Efisiensi Enkapsulasi

Perlakuan	Efisiensi Enkapsulasi (%)
P0	84,12 ± 0,61 ^a
P1	85,72 ± 0,57 ^b
P2	87,40 ± 0,73 ^c
P3	90,11 ± 0,95 ^d
P4	91,10 ± 0,31 ^d
P5	92,99 ± 0,10 ^e

Keterangan: Nilai rerata ± standar deviasi (n=3). Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan memiliki perbedaan signifikan (P<0,05).

Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Purwanti *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa peningkatan aktivitas

antioksidan mikrokapsul kelopak bunga rosella berbanding lurus dengan kenaikan kadar total fenolnya. Selain itu, adapun

penelitian Marpaung *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa aktivitas antioksidan mikrokapsul meningkat seiring dengan peningkatan kadar total fenol dan total flavonoid.

Efisiensi Enkapsulasi

Hasil sidik ragam menunjukkan perbandingan bahan penyalut berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty* ditunjukkan oleh Tabel 4, yaitu berkisar antara 84,12 – 92,99%. Perlakuan P0 menghasilkan persentase efisiensi terendah, yaitu sebesar 84,12%, sementara perlakuan P5 menghasilkan persentase efisiensi tertinggi, yaitu sebesar 92,99%.

Efisiensi enkapsulasi merupakan salah satu parameter keberhasilan dalam proses enkapsulasi yang menunjukkan seberapa banyak senyawa bioaktif yang dapat dilindungi oleh bahan penyalut dan dinyatakan dalam satuan persen. Mahdavi *et al.* (2016) melaporkan bahwa perbandingan bahan penyalut sangat berpengaruh pada karakteristik enkapsulat, khususnya efisiensi enkapsulasi. Sansone *et al.* (2011) melaporkan bahwa maltodekstrin tidak memiliki sifat pengemulsi yang baik sehingga tidak disarankan untuk digunakan sendiri sebagai bahan penyalut, sementara gum arab memiliki kemampuan dalam menyalut bahan inti dengan baik dan

memiliki daya ikat yang kuat sehingga mampu mencegah laju pelepasan senyawa bioaktif. Efisiensi enkapsulasi dihitung dengan membandingkan total fenol setelah enkapsulasi dan total fenol pada permukaan.

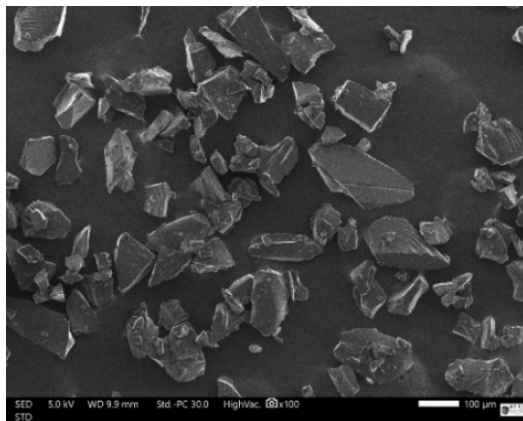
Naz *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa enkapsulat dengan rasio gum arab yang lebih banyak dapat meningkatkan persentase efisiensi enkapsulasi. Hal ini disebabkan oleh kemampuan gum arab dalam membentuk gel sehingga mampu menghasilkan matriks pelindung yang kuat untuk menyalut bahan inti dan menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang lebih tinggi (Akdeniz, *et al.* 2017).

Rostinawati *et al.* (2023) melaporkan bahwa efisiensi enkapsulasi dikategorikan baik apabila nilainya $\geq 80\%$. Oleh sebab itu, hasil analisis efisiensi enkapsulasi dalam penelitian ini dinyatakan baik karena berkisar antara 84,12% hingga 92,99%. Hasil penelitian ini tidak berbeda jauh dengan penelitian Rostinawati *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa efisiensi enkapsulasi mikropartikel etil selulosa yang diisi dengan kstisin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi polimer, yaitu berkisar antara 91,57% - 96,24%. Selain itu, Karrar *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa mikroenkapsulasi minyak esensial biji gurun dengan gum arab dan maltodekstrin (2:1) menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang tertinggi, yaitu sebesar 97,38%.

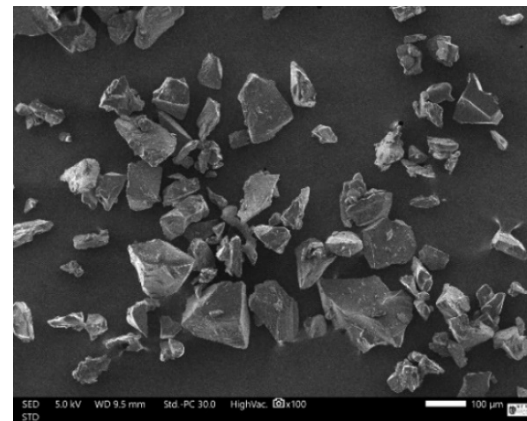
Morfologi Enkapsulat

Analisis morfologi enkapsulat dilakukan pada kontrol (P0) dan perlakuan terbaik (P5). Enkapsulat ekstrak etanol kulit apel rome beauty dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada pembesaran 100x dan pembesaran 5000x. Berdasarkan mikrogram pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa bentuk partikel yang dihasilkan cukup homogen, yaitu seperti dengan serpihan kaca. Menurut Brishti *et al.*

(2020), metode pengeringan dapat memberikan efek yang nyata terhadap sifat struktural enkapsulat yang dihasilkan. Metode pengeringan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengeringan lapis tipis (*thin layer drying*) dimana enkapsulat yang dihasilkan akan berbentuk lembaran tipis yang kemudian dihaluskan menggunakan *blender* hingga menjadi partikel kecil seperti serbuk.



(a)

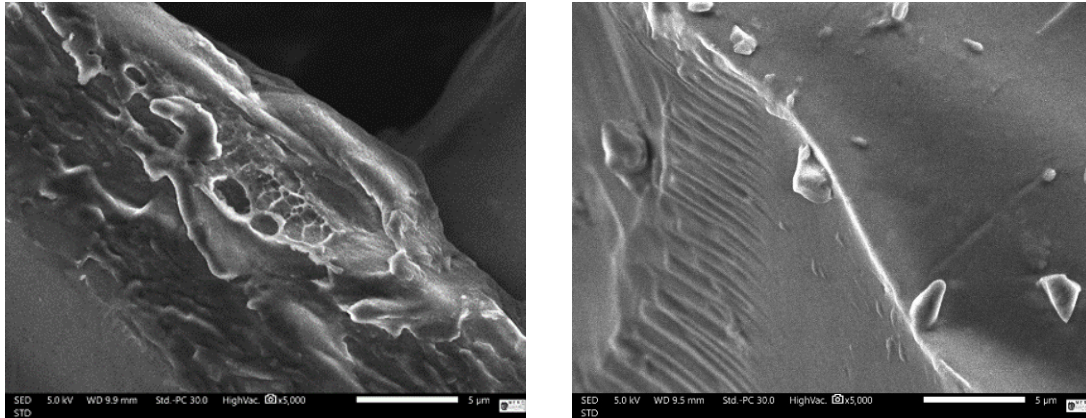


(b)

Gambar 3. (a) P0 perbesaran 100x (b) P5 perbesaran 100x

Pada Gambar 4 dapat dilihat perbedaan morfologi antara P0 dengan P5 pada perbesaran 5000x. Fernandes *et al.* (2014) melaporkan bahwa sifat bahan penyalut memiliki peran yang penting dalam efisiensi enkapsulasi. Efisiensi enkapsulasi memiliki keterkaitan yang selaras dengan morfologi enkapsulat. Apabila permukaan enkapsulat halus dan sedikit rongga diyakini mengalami lebih sedikit penguapan atau kerusakan bahan inti ketika proses pengeringan (Mahdavee *et al.*, 2014). Pada

Gambar 4 (b) terlihat bahwa permukaan enkapsulat terlihat lebih halus dan sedikit rongga daripada Gambar 4 (a). Hal ini dapat disebabkan oleh enkapsulat dengan kombinasi maltodekstrin dan gum arab memiliki viskositas lebih tinggi daripada enkapsulat tanpa campuran (Rosenberg *et al.*, 1990) sehingga memberikan penyalutan yang lebih baik karena mampu membentuk matriks/film untuk melindungi bahan inti dan mencegah retakan atau kerusakan pada matriks/film (Adejoro *et al.*, 2018).



(a)

(b)

Gambar 4. (a) P0 pada pembesaran 5000x, (b) P5 pada pembesaran 5000x

KESIMPULAN

Perbandingan maltodekstrin dan gum arab berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, kelarutan, total fenol, total flavonoid, aktivitas antioksidan, efisiensi enkapsulasi, dan morfologi enkapsulat ekstrak etanol kulit apel *rome beauty*. Perbandingan maltodekstrin dan gum arab 1: 9 menghasilkan karakteristik enkapsulat terbaik meliputi rendemen sebesar 78,40 persen, kadar air sebesar 9,22 persen, kelarutan sebesar 87,39 persen, total fenol sebesar 31,79 mg GAE/g, total flavonoid 2,35 mg QE/g, aktivitas antioksidan sebesar 70,24 persen, dan efisiensi enkapsulasi 92,99 persen.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, N. A. (2019). "Mikroenkapsulasi Probiotik *Lactobacillus plantarum* Menggunakan Enkapsulan Maltodekstrin yang Dikombinasikan Dengan Gum Arab dan CMC" Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

- Agatha, R., Maryati, Y., Susilowati, A., Aspiyanto, A., Devi, A. F., Mulyani, H., Budiari, S., Filaila, E., Rahmawati, D., & 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. DOI: 10.14203/inajac.v23i1.474
- Akdeniz, B., Sumnu, G. & Sahin, S. (2017). The Effects of Maltodextrin and Gum Arabic on Encapsulation of Onion Skin Phenolic Compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1891-1896. DOI:10.3303/CET1757316.
- AOAC. (1984). *Official Methods of Analysis* (15th Ed.). Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemistry, Inc.
- Armendáriz-Barragan, B., Zafar, N., Badri, W., Galindo Rodriguez, S. A., Kabbaj, D., Fessi, H., & Elaissari, A. (2016). Plant Extracts: From Encapsulation to Application. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 13(8):1165-1175. DOI:10.1080/17425247.2016.1182487
- Baba, S. A. & Malik, S. A. (2015). Determination of Total Phenolic and Flavonoid Content, Antimicrobial and Antioxidant Activity of a Root Extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *J. Taibah Univ. Sci.*, 9(4), 4449-454. DOI:10.1016/j.jtusci.2014.11.001
- Brishti, F. H., Chay, S. Y., Muhammad, K., Ismail-Fitry, M. R., Zarei, M., Karthikeyan, S. & Saari, N. (2020). Effects of Drying Techniques on the Physicochemical,

- Functional, Thermal, Structural, and Rheological Properties of Mung Bean (*Vigna radiata*) Protein Isolate Powder. *Food Research International*, 138(B). DOI:10.1016/j.foodres.2020.109783
- Cahyani, I. M., Anggraeny, E. N., Nugrahaeni, B., Retnaningsih, C., & Ananingsih, K. V. (2018). The Optimization of Maltodextrin and Arabic Gum in the Microencapsulation of Aqueous Fraction of *Clinacanthus nutans* Using Simplex Lattice Design. *International Journal of Drug Delivery Technology*, 8(2), 110-115. DOI: 10.22146/ijp.1230
- Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S., & Sumnu, G. (2012). Microencapsulation of Phenolic Compounds Extracted from Sour Cherry Pomace: Effect of Formulation, Ultrasonication Time and Core to Coating Ratio. *European Food Research and Technology*, 235, 587-596. DOI: 10.1007/s00217-012-1786-8
- Dauqan, E. & Abdulla, A. (2013) Utilization of Gum Arabic for Industries and human Health. *American Journal of Applied Sciences*, 10(10): 1270-1279. DOI: 10.3844/ajassp.2013.1270.1279
- Dewi, G. K., Widyorini, R., & Lukmandaru, G. (2019). "Pengaruh Penambahan Katalis Amonium Dihidrogen Fosfat Terhadap Sifat Perekat Maltodekstrin dan Sifat Papan Partikel Pelepah Salak" Tesis. Magister Ilmu Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dewi, N. N. D. T., Wrasati, L. P., & Putra, G. P. G. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Etanol dan Suhu Maserasi terhadap Rendemen dan Kadar Klorofil Produk Enkapsulasi Ekstrak Selada Laut (*Ulva lactuca L.*). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 4(3), 59-70.
- Dhurhania, C. E. dan Novianto, A. (2018). Uji Kandungan Fenolik Total dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Bentuk Sediaan Sarang Semut (*Myrmecodia pendens*). *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 5(2), 62-68.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1998). Gum Arabic: Specifications from the 51st JECFA (1998) and Published in FNP 52 Add 6. Rome. Retrived from: www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-additives/detail/en/c/369/
- Farikhin, F. (2016). "Analisis Scanning Electron Microscope Komposit Polyester dengan Filler Karbon Aktif dan Karbon Non Aktif" Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Fernandes, R. V. D. B., Borges, S. V. & Botrel, D. A. (2014). Gum Arabic/Starch/Maltodextrin/Inulin as Wall Materials on the Microencapsulation of Rosemary Essential Oil. *Carbohydrate Polymers*, 101, 524-532. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.09.083
- Fridayana, I. W. E., Wrasati, L. P. & Putra, G. P. G. (2018). Karakteristik Enkapsulat Pewarna Fungsional dari Ekstrak Selada Laut (*Ulva lactuca L*) pada Perlakuan Perbandingan Gelatin dan Maltodekstrin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(4), 335-344. DOI:10.24843/JRMA.2018.v06.i04.p08
- Gaonkar, A. G. (1995). *Ingredient Interaction on Food Quality*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ghasemzadeh, A. dan Ghasemzadeh, N. (2011). Flavonoids and Phenolic Acids: Role and Biochemical Activity in Plants and Human. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(3), 6697-6703. DOI:10.5897/JMPR11.1404
- Gibson, G. R. (2004) From Probiotics to Prebiotics and a Healthy Digestive System. *Journal of Food Science*, 69(5), 133-143. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb10724.x
- Hutosoit, L. R. R., Puspawati, G. A. K. D. & Permana, I. D. G. M. (2023). Pengaruh Rasio Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Warna Serbuk Terung Belanda (*Solanum betaceum Cav*) Yang Terkopigmentasi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 12(2), 278-292. DOI:10.24843/itepa.2023.v12.i02.p05
- Jayanudin, Rochmadi, Renaldi, M. K., & Pangihutan. (2017). Pengaruh Bahan Penyalut Terhadap Efisiensi Enkapsulasi Oleoresin Jahe Merah. *Jurnal Penelitian Kimia*, 13(2), 275-287. DOI:10.20961/alchemy.v13i2.5406
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., & Ahmed, I. A. M. (2020). Effect of Maltodextrin Combination with Gum Arabic and Whey Protein Isolate on the Microencapsulation

- of Gurum Seed Oil Using a Spray-Drying Method. *International Journal of Biological Macromolecules*. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2020.12.045
- Khalifa, I., Li, M., Mamet, T., & Li, C. (2019). Maltodextrin or Gum Arab with Whey Proteins as Wall-Material Blends Increased the Stability and Physicochemical Characteristics of Mulberry Microparticles. *Food Bioscience*, 31. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100445
- Khasanah, L. U., Anandhito, B. K., Rachmawaty, T., Utami, R. & Manuhara, G. J. (2015). Pengaruh Rasio Bahan Penyalut Maltodekstrin, Gum Arab, dan Susu Skim Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Mikrokapsul Oleoresin Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 35(4), 414-421. DOI: 10.22146/agritech.9325
- Maharani, A. R., Aryanda, N. A., Jaya, F., Lastryanto, A., Masyithoh, D. & Radiati, L. E. (2023). Characteristics of Honey Powder with Maltodextrin and Gum Arabic Addition Using Vacuum Foam-Drying Method. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 18(3). DOI: 10.21776/ub.jitek.2023.018.03.3
- Mahdavee, K. K., Jafari, S. M., Ghorbani, M., & Kakhki, A. H. (2014). Application of Maltodextrin and Gum Arabic in Microencapsulation of Saffron Petal's Anthocyanins and Evaluating Their Storage Stability and Color. *Carbohydrate Polymers*, 105, 57–62. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.01.042
- 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. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011
- Mariod, A. A. (2018). *Enhancement of Color Stability in Foods by Gum Arabic*. Gum Arabic, 143–150.
- Marjoni, M. R., Afrinaldi, dan Novita, A. D. (2015). Kandungan Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura L.*). *Jurnal Kedokteran Yarsi*, 23(3), 187-196. DOI: 10.33476/jky.v23i3.232
- Marpaung, A. L. R. P., Tafzi, F., dan Rahmayani, I. (2021). Pengaruh Perbandingan Maltodekstrin dan Gum Arab Pada Mikroenkapsulasi Ekstrak Daun Duku Kumpeh (*Lansium domesticum* corr.).
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*, 7(2), 361-367. DOI: 10.24252/kesehatan.v7i2.55
- Murali, S., Kar, A., Mohapatra, D. & Kalia, P. (2014). Encapsulation of Black Carrot Juice Using Spray and Freeze Drying. *Food Science and Technology International*, 0(0), 1-9. DOI: 10.1177/1082013214557843
- Muslim, M. A., Komala, O., & Utami, N. F. (2018). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol 96% Buah Apel Manalagi, Kulit Kayu Manis dan Kombinasi terhadap *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Farmasi*, 1(1).
- Naz, S., Shabbir, M. A., Aadil, R. M., Khan, M. R., Ciftci, O. N., Sameen, A., Yasmin, I., Hayee, A., Maqsood, M. (2020). Effect of Polymer and Polymer Blends on Encapsulation Efficiency of Spray-Dried Microencapsulated Flaxseed Oil. *Int. Food Res. J*, 27(1), 78–87.
- Noviella, A. M. (2019). “Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol dan Fraksi Etil Asetat Kulit Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.)” Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Noviyani, T., Wartini, N. M., Harsojuwono, B. A. (2022). Pengaruh Perbandingan Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Pewarna Daun Singkong (*Manihot esculenta C.*) *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 11(1), 1-13
- Nuraini, D. (2001). Peran Hidrokolloid dalam Industri Pangan. *Journal of AgrBased Industry*, 8(1-2): 37-47
- Nurhadi, B., Andoyo, R., Maharani & Indiarito, R. (2012). Study the Properties of Honey Powder Produced from Spray Drying and Vacuum Drying Method. *International Food Research Journal*, 19, 907-912.
- Osés, S, M., Cantero, L., Crespo, M., Puertas, G., González-Ceballos, L., Vallejos, S, Fernández-Muiño, M. Á., Sancho, M. T. (2021). Attributes of Ling-Heather Honey Powder Obtained by Different Methods with Several Carriers, *LWT - Food Science*

- and Technology*. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112063
- Premi, M. & Sharma, H. K. (2017). Effect Of Different Combinations of Maltodextrin, Gum Arabic and Whey Protein Concentrate on the Encapsulation Behavior and Oxidative Stability of Spray Dried Drumstick (*Moringa oleifera*) Oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1232–1240. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.160
- Priyambodo, A. A. & Rosida, D. F. (2023). Research of Physico-chemical Properties of “Jamu” Powder from Moringa Leaf, Beluntas Leaf, and Noni Leaf Extracts. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 11(2). DOI: 10.21776/ub.jp.a.2023.011.02.2
- Purbowati, I. S. M., Syamsu, K., Warsiki, E., & Sri, H. (2016). Stabilitas Senyawa Fenolik dalam Ekstrak dan Nanokapsul Kelopak Bunga Rosella pada Berbagai Variasi pH, Suhu dan Waktu. *AGROINTEK*, 10(1), 31-40. DOI: 10.21107/agrointek.v10i1.2023
- Purwanti, Y., Dwiyanthi, H., Septiana, A. T., & Purbowati, I. S. M. (2021). Pengaruh Rasio Bahan Penyalut Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Mikrokapsul Kelopak Bunga Rosela (*Hibiscuss sabdariffa* L). *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 6(5), 4422-4435.
- Rasyid, R. P. (2019). “Pengaruh Penambahan Gum Arab dan Maltodekstrin Terhadap Sifat Fisikokimia Serbuk Albumin Ikan Gabus (*Channa striata*) Dengan Metode Vacuum Drying”. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Reineccius, G. A., Ward, F. M., Colleen, W. dan Steve (1995). *Developments in Gum Accacians for The Encapsulating of Flavors*. University of Minnessota, St. Paul.
- Rostinawati, T., Muhaimin, & Chaerunisaa, A. (2023). Development of Casticin-Loaded Ethyl Cellulose Microparticles by Solvent Evaporation Method with Single Emulsion System. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 15(6). DOI: 10.22159/ijap.2023v15i6.48758
- Salbi, N. M., Muhammad, N. & Abdullah, N. (2021). The Effect of Maltodextrin and Acacia Gum on Encapsulation of Fig Powder Physicochemical Properties. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 22(1), 8-15. DOI: 10.37934/araset.22.1.815
- Sansone, F., Mencherini, T., Picerno, P., d’Amore, M., Aquino, R. P., & Lauro, M. R. (2011). Maltodextrin/Pectin Microparticles by Spray Drying as Carrier for Nutraceutical Extracts. *Journal of Food Engineering*, 105, 468-476. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.03.004
- Scherer, R. & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant Activity Index (AAI) by the 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl Method. *Food Chemistry*, 112, 654-658. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.026
- Shamaei, S., Seiedlou, S., Aghbashlo, M. & Kharaghani, A. (2017). Microencapsulation of Walnut Oil by Spray Drying: Effects of Wall Material and Drying Conditions on Physicochemical Properties of Microcapsules. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.11.011
- Siregar, T. M dan Kristanti, C. (2019). Mikroenkapsulasi Senyawa Fenolik Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos caudatus* K.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 8(1): 31–37. DOI: 10.17728/jatp.3304
- Straatsma, J., Van Houwelingen, G., Steenbergen, A. E., & De Jong, P. (1999). Spray Drying of Food Products: 2. Prediction of Insolubility Index. *Journal of Food Engineering*, 42(2). 73-77. DOI: 10.1016/S0260-8774(99)00108-9
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Sugindro, Mardiyati, E., & Djajadisastira, J. (2008). Pembuatan dan Mikroenkapsulasi Ekstrak Etanol Biji Jinten Hitam Pahit (*Nigella sativa* Linn.) *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 5(2). DOI: 10.7454/psr.v5i2.3419
- Surjowardojo, P., Susilorini, T. E. & Benarivo, V. (2016). Daya Hambat Dekok Kulit Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Streptococcus agalactiae* Penyebab Mastitis pada Sapi Perah. *Jurnal Ternak Tropika*, 17(1), 11-21. DOI: 10.21776/ub.jtapro.2015.016.02.6
- Susianti., Amalia, U., & Rianingsih, L. (2020). Penambahan Gum Arab dengan Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Kandungan Senyawa Volatil Bubuk Rusip

- Ikan Teri (*Stolephorus* sp.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 2(1), 10-19. DOI: 10.14710/jitpi.2020.8083
- Sutardi, Hadiwiyoto, S., & Mutri, C. R. N. (2010). Pengaruh Dekstrin dan Gum Arab Terhadap Sifat Kimia dan Fisik Bubuk Sari Jagung Manis (*Zeamays saccharata*). *J. Teknol. dan Industri Pangan*, 21(2).
- Wolfe, K., Wu, X., & Liu, R. H. (2003). Antioxidant Activity of Apple Peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 609-614. DOI: 10.1021/jf020782a
- Yarlina, V. P., Diva, A. Zaida, Z. & Andoyo, R. (2023). Ratio Variation of Maltodextrin and Gum Arabic as Encapsulant on White Jack Bean Tempe Protein Concentrate. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11(3), 1087-1096. DOI: 10.12944/CRNFSJ.11.3.14
- 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
- Zahrotunnisa, A., Sya'di, Y. K. & Nurrahman. (2023). Karakteristik Fisik dan Kimia Teh Kombucha Daun Tin Instan Berdasarkan Konsentrasi Maltodekstrin. *Prosiding Seminar Unimus*, (6).
- Zen, M. B., Putra, G. P. G., & Suhendra, L. (2021). Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Perlakuan Variasi dan Konsentrasi Bahan Penyalut. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 356-370.