

Karakteristik Fisikokimia, Antioksidan, dan Total Fenolik Minuman Enkapsulasi Daun Labu Siam

Physicochemical Characteristics, Antioxidants, and Total Phenolics Encapsulated Chayote Leaf Beverage

Connie Daniela Sinagasimbolon^{1a}, Dewi Restuana Sihombing¹, Maruba Pandiangan¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Katolik Santo Thomas, Jl. Setiabudi No 479F, Tanjung Sari, Kota Medan, 20132

^aKorespondensi: Connie Daniela, E-mail: delasimbolon16@gmail.com

Diterima: 22 – 06 – 2026, Disetujui: 23 – 07 – 2026

ABSTRACT

*Increasing public awareness of healthy lifestyles has encouraged the development of plant-based functional foods rich in bioactive compounds. Chayote leaves (*Sechium edule*) have potential as a functional beverage because of their phenolic compounds and antioxidant activity, although these compounds may degrade during processing and drying. This study evaluated the effects of maltodextrin concentration and drying time on the physicochemical characteristics, antioxidant activity, and total phenolic content of microencapsulated chayote leaf powder. A factorial Completely Randomized Design (CRD) was applied using two factors: maltodextrin concentration (5%, 10%, 15%, and 20%) and drying time (2, 4, 6, and 8 h). Parameters observed included yield, moisture content, solubility, antioxidant activity (IC₅₀), and total phenolic content. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. Both factors significantly affected ($p < 0.05$) all parameters. Increasing maltodextrin concentration and drying time improved yield and solubility, reduced moisture content, and decreased total phenolic content. The highest antioxidant activity was achieved with 20% maltodextrin and 6 h drying. This combination produced the most balanced product characteristics and showed strong potential as a powdered functional beverage from chayote leaves.*

Keywords: *chayote leaves, drying, functional beverage, maltodextrin, microencapsulation*

ABSTRAK

Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat mendorong pengembangan pangan fungsional berbasis bahan nabati yang kaya senyawa bioaktif. Daun labu siam (*Sechium edule*) berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional karena mengandung senyawa fenolik dan antioksidan, namun stabilitas senyawa tersebut dapat menurun selama proses pengolahan dan pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan terhadap karakteristik fisikokimia, aktivitas antioksidan, dan total fenolik minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi maltodekstrin (5%, 10%, 15%, dan 20%) serta lama pengeringan (2, 4, 6, dan 8 jam). Parameter yang diamati meliputi rendemen, kadar air, kelarutan, aktivitas antioksidan (IC₅₀), dan total fenolik. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua faktor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap seluruh parameter yang diamati. Peningkatan konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan meningkatkan rendemen dan kelarutan serta menurunkan kadar air, namun menurunkan total fenolik. Nilai aktivitas antioksidan terbaik diperoleh pada perlakuan maltodekstrin 20% dan pengeringan 6 jam. Disimpulkan bahwa kombinasi maltodekstrin 20% dan lama pengeringan 6 jam menghasilkan karakteristik produk yang paling seimbang serta berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional serbuk berbasis daun labu siam.

Kata kunci: daun labu siam, enkapsulasi, maltodekstrin, minuman fungsional, pengeringan

Sinagasimbolon, C.D., D. R. Sihombing, M. Pandiangan. (2026). Karakteristik fisikokimia, antioksidan, dan total fenolik minuman enkapsulasi daun labu siam. *Jurnal Green House*, 5(1), 21 – 30. DOI: <https://doi.org/10.63296/jgh.v5i1.76>

PENDAHULUAN

Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat telah mendorong berkembangnya pangan fungsional sebagai salah satu pendekatan untuk meningkatkan kualitas kesehatan melalui konsumsi pangan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi tetapi juga memberikan manfaat fisiologis (Baker *et al.*, 2022). Produk pangan fungsional diketahui memiliki potensi dalam menurunkan risiko berbagai penyakit degeneratif melalui kandungan komponen bioaktif (Cosme *et al.*, 2025). Minuman fungsional berbasis bahan nabati menjadi salah satu produk yang berkembang pesat karena mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antioksidan alami. Senyawa fenolik diketahui memiliki aktivitas biologis penting dalam menangkal radikal bebas dan mengurangi stres oksidatif yang berhubungan dengan berbagai penyakit kronis.

Daun labu siam (*Sechium edule*) merupakan salah satu bahan nabati yang berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional karena kaya akan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan alami. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa daun *S. edule* mengandung flavonoid dengan jumlah tertinggi dibandingkan organ tanaman lainnya, yaitu sekitar 35,0 mg/10 g bobot kering, yang didominasi oleh golongan apigenin dan luteolin (Siciliano *et al.*, 2004). Selain itu, ekstrak daun labu siam memiliki kandungan fenolik total yang bervariasi bergantung pada jenis pelarut dan metode ekstraksi, dengan nilai yang dilaporkan berkisar antara 5,75–89,3 mg GAE/g bobot kering, sedangkan kandungan flavonoid total mencapai 5,02 mg QE/g bobot kering (Vieira *et al.*, 2022). Kandungan senyawa fenolik dan flavonoid tersebut berkontribusi terhadap tingginya aktivitas antioksidan daun labu siam yang berperan dalam menangkap radikal bebas dan berpotensi memberikan manfaat kesehatan. Namun demikian, senyawa bioaktif tersebut bersifat sensitif terhadap proses pengolahan, terutama pemanasan, sehingga dapat mengalami degradasi yang menyebabkan penurunan kandungan fenolik maupun aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan yang mampu mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif agar kualitas fungsional minuman berbasis daun labu siam tetap terjaga (Vieira *et al.*, 2022).

Senyawa fenolik dan antioksidan diketahui sensitif terhadap oksigen, cahaya, suhu, dan proses termal sehingga mudah mengalami degradasi selama pengeringan maupun penyimpanan (Sadih *et al.*, 2022). Penurunan stabilitas senyawa bioaktif tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas fungsional produk akhir sehingga membatasi pengembangan produk minuman instan berbasis bahan alami. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan maltodekstrin pada proses pengolahan produk serbuk mampu memperbaiki karakteristik fisik produk seperti kadar air, rendemen, dan kelarutan serta membantu mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif selama proses pengeringan (Safitri *et al.*, 2020).

Maltodekstrin banyak digunakan pada sistem enkapsulasi pangan karena memiliki viskositas rendah, kelarutan tinggi, serta mampu meningkatkan stabilitas produk serbuk melalui peningkatan glass transition temperature (Ramdini *et al.*, 2024). Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin mampu meningkatkan retensi antioksidan dan mempertahankan senyawa fenolik selama proses pengeringan maupun penyimpanan (Hasrini *et al.*, 2017). Selain itu, lama pengeringan merupakan faktor penting yang memengaruhi retensi komponen bioaktif, kadar air, dan karakteristik fisik produk akhir. Meskipun demikian, informasi mengenai kombinasi konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan terhadap karakteristik fisikokimia serta stabilitas senyawa bioaktif pada minuman fungsional berbasis daun labu siam

masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak difokuskan pada bahan herbal lain seperti rosela, kulit buah, ekstrak rempah, maupun limbah pertanian (Nisa *et al.*, 2019), sedangkan kajian mengenai pengaruh interaksi kedua faktor tersebut terhadap aktivitas antioksidan, total fenolik, kadar air, rendemen, dan kelarutan pada minuman fungsional daun labu siam masih belum banyak.

Kondisi tersebut menunjukkan masih terdapat kesenjangan informasi terkait optimasi kondisi pengolahan minuman fungsional berbasis daun labu siam. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan terhadap karakteristik fisikokimia, aktivitas antioksidan, dan total fenolik minuman fungsional daun labu siam. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi pengolahan yang optimal dalam menghasilkan minuman fungsional daun labu siam dengan kualitas fisikokimia dan kandungan bioaktif yang baik serta dapat menjadi dasar pengembangan produk pangan fungsional berbasis bahan lokal.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan daun labu siam segar sebagai bahan baku utama yang diperoleh dari petani lokal. Daun yang digunakan dipilih berdasarkan tingkat kematangan yang seragam, berwarna hijau segar, bebas dari kerusakan mekanis, serta tidak terserang hama maupun penyakit.. Bahan tambahan yang digunakan adalah maltodekstrin food grade sebagai bahan pengisi yang ditambahkan pada proses pembuatan serbuk minuman fungsional. Selain itu, aquades digunakan sebagai pelarut selama proses ekstraksi. Reagen yang digunakan meliputi reagen DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), reagen Folin–Ciocalteu untuk penentuan total fenolik, natrium karbonat (Na_2CO_3), metanol pro analysis (p.a.), etanol pro analysis (p.a.), asam galat, dan aquades.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, blender, oven pengering, moisture analyzer, spektrofotometer UV-Vis, hot plate stirrer, water bath, ayakan 80 mesh, gelas ukur, erlenmeyer, pipet volumetrik, mikropipet, cawan porselen, dan desikator. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi pada pengujian aktivitas antioksidan dan total fenolik.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi maltodekstrin yang terdiri atas empat taraf yaitu 5% (M1), 10% (M2), 15% (M3), dan 20% (M4). Faktor kedua adalah lama pengeringan yang terdiri atas empat taraf yaitu 2 jam (P1), 4 jam (P2), 6 jam (P3), dan 8 jam (P4). Kombinasi kedua faktor menghasilkan 16 kombinasi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali sehingga diperoleh 32 satuan percobaan.

Prosedur Pembuatan Minuman Fungsional Daun Labu Siam

Daun labu siam segar terlebih dahulu disortasi untuk memisahkan daun yang rusak, layu, atau terserang hama. Daun yang telah dipilih kemudian dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan daun. Setelah pencucian, daun ditiriskan dan dipotong-potong menjadi ukuran sekitar 1–2 cm untuk memperbesar luas permukaan bahan sehingga proses ekstraksi dapat berlangsung lebih efektif (Rosidah *et al.*, 2020).

Proses ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 100 g daun labu siam yang telah dipotong dengan 1000 mL aquades menggunakan rasio bahan dan pelarut sebesar 1:10 (b/v). Campuran

kemudian dipanaskan pada suhu sekitar 70°C selama 15–20 menit sambil dilakukan pengadukan secara kontinu. Metode ekstraksi air panas dipilih karena efektif untuk mengekstraksi senyawa bioaktif polar dan umum digunakan dalam pengolahan minuman herbal (Azmir *et al.*, 2013). Setelah proses ekstraksi selesai, campuran disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan filtrat dari ampas. Filtrat yang diperoleh selanjutnya ditambahkan maltodekstrin sesuai perlakuan, yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20% (b/v). Campuran kemudian dihomogenisasi menggunakan hot plate stirrer hingga diperoleh larutan yang homogen. Larutan homogen selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C (Hariadi *et al.*, 2024) sesuai lama pengeringan yang telah ditentukan, yaitu 2, 4, 6, dan 8 jam. Produk hasil pengeringan kemudian dihancurkan menggunakan blender hingga diperoleh serbuk yang halus. Serbuk selanjutnya diayak menggunakan ayakan berukuran 80 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Produk akhir disimpan dalam wadah tertutup rapat pada suhu ruang hingga dilakukan analisis.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi rendemen, kadar air, kelarutan, aktivitas antioksidan, dan total fenolik. Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan antara berat produk akhir dengan berat bahan awal. Kadar air dianalisis menggunakan metode oven berdasarkan AOAC. Aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan metode DPPH dan dinyatakan sebagai nilai IC₅₀. Total fenolik dianalisis menggunakan metode Folin–Ciocalteu dengan asam galat sebagai standar dan dinyatakan dalam satuan mg GAE/g sampel. Kelarutan ditentukan berdasarkan persentase serbuk yang mampu larut dalam air. Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh nyata antar perlakuan, maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap rendemen minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Rendemen berkisar antara 16,42–34,42%, dimana perlakuan maltodekstrin 20% dengan pengeringan 8 jam menghasilkan rendemen tertinggi sedangkan perlakuan maltodekstrin 5% selama 2 jam menghasilkan rendemen terendah. Peningkatan rendemen terjadi karena meningkatnya konsentrasi maltodekstrin meningkatkan total padatan terlarut sehingga jumlah produk serbuk yang diperoleh menjadi lebih tinggi. Selain itu, maltodekstrin mampu mengurangi fenomena stickiness selama pengeringan sehingga kehilangan produk akibat menempel pada alat dapat diminimalkan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramdini *et al.*, (2024) pada minuman serbuk instan campolay yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen, dimana perlakuan dengan konsentrasi maltodekstrin lebih tinggi menghasilkan rendemen yang lebih besar dibandingkan konsentrasi rendah.

Lama pengeringan juga berkontribusi terhadap peningkatan rendemen karena semakin banyak air yang diuapkan sehingga fraksi padatan meningkat. Fenomena serupa dilaporkan oleh Nazaryan *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik minuman serbuk kopi rempah, termasuk rendemen produk yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi maltodekstrin meningkatkan

jumlah padatan yang tertahan dalam produk sehingga efisiensi pengeringan menjadi lebih baik. Selain itu, penelitian Pramita et al. (2024) pada susu bubuk edamame menunjukkan bahwa maltodekstrin berperan sebagai carrier agent yang mampu meningkatkan pembentukan serbuk dan efisiensi proses pengeringan melalui peningkatan total padatan bahan. Temuan ini juga didukung oleh Martha et al. (2024) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin pada serbuk herbal buah pare hasil *foam mat drying* menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan konsentrasi maltodekstrin yang lebih rendah. Rendemen minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam dapat dilihat pada Tabel 1.

Total Fenolik

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap total fenolik minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa setiap perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap total fenolik. Nilai total fenolik yang diperoleh berkisar antara 83,612–112,364 mg GAE/g. Perlakuan dengan konsentrasi maltodekstrin 5% dan lama pengeringan 2 jam menghasilkan total fenolik tertinggi, sedangkan perlakuan dengan konsentrasi maltodekstrin 20% dan lama pengeringan 8 jam menghasilkan total fenolik terendah.

Penurunan total fenolik seiring meningkatnya konsentrasi maltodekstrin diduga disebabkan oleh efek pengenceran (*dilution effect*), dimana penambahan bahan penyalut dalam jumlah lebih tinggi menyebabkan proporsi senyawa fenolik dalam produk menjadi lebih rendah. Selain itu, sebagian senyawa fenolik dapat terperangkap dalam matriks maltodekstrin sehingga efisiensi ekstraksi saat analisis berkurang dan kadar fenolik terukur menjadi lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Choiriyah et al. (2021) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin pada proses enkapsulasi menyebabkan penurunan kadar fenol terukur akibat bertambahnya jumlah bahan penyalut. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Sadih et al. (2022) bahwa peningkatan proporsi maltodekstrin dapat menurunkan kandungan senyawa fenolik yang terdeteksi pada produk mikrokapsul.

Lama pengeringan yang semakin tinggi juga menyebabkan penurunan total fenolik. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa fenolik pada daun labu siam rentan terhadap paparan panas selama proses pengeringan. Menurut Sadih et al. (2022), senyawa fenolik merupakan komponen bioaktif yang mudah mengalami degradasi akibat suhu dan waktu pemanasan yang berkepanjangan. Selain itu, Pramita et al. (2024) melaporkan bahwa peningkatan intensitas proses pengeringan dapat menurunkan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan karena terjadinya kerusakan senyawa fenolik selama proses pengolahan.

Kombinasi konsentrasi maltodekstrin yang tinggi dan lama pengeringan yang lebih lama menghasilkan total fenolik yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa efek pengenceran oleh maltodekstrin dan degradasi termal selama pengeringan bekerja secara bersamaan dalam menurunkan kandungan fenolik produk. Sebaliknya, penggunaan maltodekstrin 5% dengan lama pengeringan 2 jam mampu mempertahankan total fenolik lebih baik karena proporsi bahan aktif yang lebih tinggi serta paparan panas yang lebih singkat. Dengan demikian, pengaturan konsentrasi bahan penyalut dan lama pengeringan menjadi faktor penting dalam mempertahankan stabilitas senyawa fenolik pada minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Total fenolik minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar Air

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Kadar air yang diperoleh berkisar antara 3,56–7,82%, dimana kadar air terendah terdapat pada

perlakuan maltodekstrin 20% dengan lama pengeringan 8 jam. Penurunan kadar air terjadi karena peningkatan konsentrasi maltodekstrin menyebabkan total padatan dalam bahan semakin tinggi sehingga jumlah air bebas yang harus diuapkan menjadi lebih sedikit. Selain itu, semakin lama waktu pengeringan maka proses evaporasi berlangsung lebih optimal sehingga kadar air produk semakin rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Padang et al. (2022) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin pada mikroenkapsulat dapat menghasilkan produk dengan kadar air lebih rendah karena sifat maltodekstrin yang mampu mengikat komponen padatan dan mempercepat pembentukan serbuk kering.

Penurunan kadar air akibat penggunaan maltodekstrin juga dilaporkan pada penelitian Gonardi et al. (2022) mengenai pengembangan bubuk tomat, dimana peningkatan konsentrasi maltodekstrin menghasilkan serbuk dengan kadar air yang lebih rendah dan stabil selama penyimpanan. Kondisi tersebut terjadi karena maltodekstrin memiliki kemampuan membentuk matriks pelindung yang memudahkan pelepasan air selama proses pengeringan.

Kadar air yang rendah merupakan salah satu parameter penting dalam produk enkapsulasi karena berhubungan langsung dengan stabilitas penyimpanan. Produk dengan kadar air rendah cenderung memiliki umur simpan lebih panjang karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta memperlambat reaksi deteriorasi seperti oksidasi dan pencoklatan. Penelitian mengenai enkapsulasi ekstrak rosela menggunakan maltodekstrin juga menunjukkan bahwa serbuk enkapsulasi dengan kadar air rendah memiliki stabilitas fisik yang lebih baik serta lebih tahan terhadap kerusakan selama penyimpanan. Kadar air minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar Antioksidan

Hasil analisis ragam menunjukkan konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan. Nilai IC₅₀ berkisar antara 10,283-12,184 ppm. Semakin kecil nilai IC₅₀ menunjukkan aktivitas antioksidan semakin tinggi. Penurunan nilai IC₅₀ pada peningkatan konsentrasi maltodekstrin menunjukkan bahwa bahan penyalut mampu melindungi senyawa bioaktif dari kerusakan oksidatif selama proses pengeringan. Maltodekstrin membentuk lapisan matriks yang dapat menghambat kontak senyawa aktif dengan oksigen dan lingkungan sehingga stabilitas antioksidan lebih terjaga. Hasil serupa dilaporkan oleh Pramita et al. (2024) pada susu bubuk edamame yang menunjukkan bahwa penggunaan maltodekstrin dalam proses pengering semprot mampu mempertahankan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan produk.

Peningkatan stabilitas antioksidan akibat enkapsulasi juga dilaporkan oleh Sucianti et al. (2020), yang menyatakan bahwa maltodekstrin efektif melindungi senyawa antioksidan ekstrak kulit buah naga selama proses enkapsulasi sehingga aktivitas penangkap radikal bebas tetap terjaga. Namun, pada lama pengeringan 8 jam terjadi sedikit peningkatan nilai IC₅₀ yang mengindikasikan adanya penurunan aktivitas antioksidan. Kondisi ini diduga disebabkan oleh degradasi senyawa fenolik dan flavonoid akibat paparan panas yang lebih lama selama proses pengeringan. Fenomena serupa dilaporkan oleh Santana et al. (2022), dimana perlakuan pengolahan dan peningkatan konsentrasi bahan penyalut dapat memengaruhi retensi antosianin dan aktivitas antioksidan karena sebagian senyawa bioaktif mengalami kerusakan selama proses pengeringan. Selain itu, penelitian Akram et al. (2021) menjelaskan bahwa maltodekstrin berfungsi sebagai enkapsulan yang mampu mengurangi kerusakan senyawa antioksidan akibat proses termal, tetapi pemanasan yang terlalu lama tetap berpotensi menurunkan aktivitas antioksidan produk karena degradasi komponen bioaktif yang sensitif terhadap panas. Kadar Antioksidan minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam dapat dilihat pada Tabel 1.

Kelarutan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata terhadap kelarutan produk. Kelarutan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi maltodekstrin karena maltodekstrin bersifat hidrofilik sehingga mampu meningkatkan kemampuan partikel berinteraksi dengan air dan mempercepat proses rehidrasi. Maltodekstrin memiliki banyak gugus hidroksil yang mudah mengikat air sehingga menghasilkan serbuk dengan daya larut yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sucianti *et al.*, (2020) yang melaporkan bahwa penggunaan maltodekstrin sebagai bahan penyalut pada enkapsulasi ekstrak kulit buah naga menghasilkan mikrokapsul dengan karakteristik fisik yang baik dan mudah terdispersi dalam air.

Lama pengeringan juga meningkatkan kelarutan karena partikel yang semakin kering cenderung memiliki struktur lebih berpori sehingga air lebih mudah menembus dan melarutkan komponen serbuk. Kadar air yang rendah dapat meningkatkan kemampuan rehidrasi dan mempercepat proses pelarutan produk. Fenomena ini juga dilaporkan pada penelitian enkapsulasi ekstrak rosela menggunakan maltodekstrin, dimana proses pengeringan menghasilkan serbuk yang memiliki sifat instan dan mudah larut dalam air (Nining et al. 2020).

Tingginya kelarutan pada produk enkapsulasi berkaitan erat dengan sifat maltodekstrin yang memiliki daya larut tinggi, tidak mudah menggumpal, dan mampu membentuk partikel amorf yang cepat terdispersi ketika kontak dengan air. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi maltodekstrin umumnya diikuti peningkatan nilai kelarutan produk serbuk hasil pengeringan (Handayani et al. 2022). Kelarutan minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisikokimia, antioksidan, dan total fenolik minuman enkapsulasi daun labu siam

Perlakuan	Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀ ,ppm)	Total Fenolik (mg GAE/g)	Kadar Air (%)	Rendemen (%)	Kelarutan (%)
M1L1	12,184 ± 0,31 ^a	112,364 ± 2,42 ^a	7,82 ± 0,21 ^a	16,42 ± 0,71 ^a	78,21 ± 1,12 ^a
M1L2	11,942 ± 0,27 ^{ab}	108,721 ± 2,18 ^b	6,94 ± 0,18 ^b	18,15 ± 0,64 ^{ab}	80,13 ± 1,04 ^{ab}
M1L3	11,492 ± 0,21 ^b	105,094 ± 1,12 ^{bc}	5,88 ± 0,15 ^{cd}	19,82 ± 0,55 ^b	82,04 ± 0,92 ^b
M1L4	11,063 ± 0,25 ^{cd}	101,842 ± 1,75 ^c	5,12 ± 0,13 ^{de}	21,61 ± 0,49 ^{bc}	83,52 ± 0,84 ^c
M2L1	11,720 ± 0,26 ^b	105,632 ± 2,06 ^{bc}	7,15 ± 0,17 ^b	20,41 ± 0,50 ^{bc}	82,36 ± 0,94 ^b
M2L2	11,412 ± 0,22 ^{bc}	101,287 ± 1,92 ^c	6,31 ± 0,15 ^c	22,34 ± 0,51 ^c	84,27 ± 0,88 ^c
M2L3	10,978 ± 0,18 ^{cd}	98,742 ± 1,03 ^{cd}	5,91 ± 0,11 ^{cd}	24,17 ± 0,46 ^{cd}	86,11 ± 0,76 ^{cd}
M2L4	11,206 ± 0,20 ^c	95,314 ± 1,38 ^d	4,63 ± 0,09 ^e	25,63 ± 0,42 ^d	87,84 ± 0,71 ^d
M3L1	11,264 ± 0,24 ^c	99,486 ± 1,85 ^{cd}	6,48 ± 0,14 ^c	24,82 ± 0,48 ^{cd}	86,08 ± 0,76 ^{cd}
M3L2	10,948 ± 0,19 ^{cd}	95,814 ± 1,63 ^d	5,72 ± 0,11 ^d	26,58 ± 0,43 ^d	88,14 ± 0,73 ^d
M3L3	10,624 ± 0,16 ^{de}	92,318 ± 0,94 ^{de}	4,89 ± 0,09 ^e	28,78 ± 0,37 ^e	90,33 ± 0,66 ^e
M3L4	10,884 ± 0,18 ^{cd}	88,905 ± 0,82 ^e	4,11 ± 0,08 ^f	30,75 ± 0,34 ^{ef}	91,62 ± 0,58 ^e
M4L1	10,842 ± 0,19 ^d	94,728 ± 1,62 ^d	5,91 ± 0,12 ^{cd}	28,13 ± 0,40 ^e	89,42 ± 0,72 ^{de}
M4L2	10,563 ± 0,17 ^{de}	90,461 ± 1,38 ^e	5,10 ± 0,09 ^{de}	30,74 ± 0,36 ^{ef}	91,35 ± 0,63 ^e
M4L3	10,283 ± 0,14 ^f	86,931 ± 0,82 ^{ef}	4,32 ± 0,07 ^f	32,91 ± 0,31 ^f	93,16 ± 0,50 ^f
M4L4	10,514 ± 0,16 ^e	83,612 ± 1,41 ^f	3,56 ± 0,05 ^g	34,42 ± 0,28 ^f	95,08 ± 0,47 ^f

Keterangan: M1 = maltodekstrin 5%; M2 = 10%; M3 = 15%; M4 = 20%, L1 = pengeringan 2 jam; L2 = 4 jam; L3 = 6 jam; L4 = 8 jam

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan berperan penting dalam menentukan karakteristik fisikokimia serta kandungan bioaktif minuman fungsional enkapsulasi daun labu siam. Peningkatan konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan menghasilkan rendemen dan kelarutan yang lebih tinggi serta kadar air yang lebih rendah, namun diikuti penurunan total fenolik. Penggunaan maltodekstrin mampu membantu mempertahankan aktivitas antioksidan selama proses pengeringan melalui pembentukan lapisan pelindung terhadap senyawa bioaktif. Kombinasi maltodekstrin 20% dan lama pengeringan 6 jam menghasilkan karakteristik produk yang paling seimbang berdasarkan aktivitas antioksidan, kadar air, rendemen, dan kelarutan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daun labu siam berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku minuman fungsional serbuk berbasis sumber daya lokal dengan dukungan teknologi enkapsulasi menggunakan maltodekstrin.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, S., Bao, Y., Butt, M. S., Shukat, R., Afzal, A., & Huang, J. Y. (2021). Fabrication and characterization of gum arabic- and maltodextrinbased microcapsules containing polyunsaturated oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(15), 6384–6394. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11309>.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A.N., & Omar, A.K.M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117 (4), 426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Baker, M.T., Lu, P., Parrella, J.A., & Leggette, H.R. (2022). Consumer Acceptance toward Functional Foods: A Scoping Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 1217 (19).
- Choiriyah, N. A., Qurota A'yunin, N. A., Pangastuti, H. A., & Prasetyo, Y. (2021). Enkapsulasi asap cair tempurung kelapa menggunakan variasi total padatan terlarut. *Agrikultura*, 32(3), 215–223. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i3.36172>
- Cosme, F., Aires, A., Pinto, T., Oliveira, I., Vilela, A., & Gonçalves, B.A. (2025). Comprehensive review of bioactive tannins in foods and beverages: functional properties, health benefits, and sensory qualities. *Molecules*, 30, 800. <https://doi.org/10.3390/molecules30040800>
- Gonardi, R., Setijawaty, E., & Jati, I. R. A. P. (2022). Pengembangan produk bubuk tomat dengan pengering kabinet menggunakan enkapsulan maltodekstrin dan natrium carboxymethyl cellulose. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 107–118. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2022.023.02.2>.
- Handayani, N. A., Haryani, K., & Retnowati, D. S. (2022). Modifikasi pati sorgum menjadi maltodekstrin secara enzimatik dengan menggunakan enzim alfa amilase dan gluko amilase. *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(1), 8–12. <https://doi.org/10.14710/jtp.2022.30748>.
- Hariadi, H., Wahyono, T., & Darniadi, S. (2024). Effect of maltodextrin concentration and drying temperature on the physicochemical characteristic of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) extract powder. *Italian Journal of Food Science*, 36 (2), 74-82, <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i2.2458>

- Hasrini, R. F., Zakaria, F. R., Adawiyah, D. R., & Suparto, I. H. (2017). Enkapsulasi minyak sawit mentah dengan penyalut maltodekstrin dan isolat protein kedelai. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 10–19. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.10>
- Martha, S., Effendi, A.V.M., & Astuti, D. (2024). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik dan kimia serbuk herbal buah pare (*Momordica charantia* L.) hasil pengeringan busa (*foam mat drying*). *Jurnal Ilmiah Bakti Farmasi*, 9(1), 31–38. <https://doi.org/10.61685/jibf.v9i1.134>.
- Nazaryan, W.R., Winarti, S., & Wicaksono, L.A. (2024). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan lama pengeringan terhadap karakteristik minuman serbuk kopi rempah dengan metode foam mat drying. *Jurnal Teknologi Pangan*. 17(2), 19-28. <https://doi.org/10.33005/jtp.v17i2.4260>.
- Nining, N., Seowandhi, S. N., & Wikarsa, S. (2020). Pengeringan ekstrak kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) Melalui enkapsulasi dengan maltodekstrin metode semprot kering. *Farmasains: Jurnal Ilmiah Ilmu Kefarmasian*. <https://www.doi.org/10.22236/farmasains.v4i2.234>
- Pramita, H. S., Ali, D. Y., Widyaningsih, T. D., & Sapitri, N. (2024). Optimasi konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet pengering semprot terhadap senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan susu bubuk edamame. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 25(2), 117-138. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2024.025.02.2>
- Padang, M. J. A., Sarungallo, Z. L., Santoso, B. (2022). Pengaruh formulasi maltodekstrin terhadap stabilitas mikroenkapsulat minyak buah merah (*Pandanus conoideus* Lamk.). *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan*, 4(2). <https://doi.org/10.36441/jtepakes.v4i2.1323>.
- Ramdini, N.A., Fizriani, A., & Mardiana. 2024. Karakteristik kimia dan fisik minuman serbuk instan campolay (*pouteria campechiana*) dengan pengaruh konsentrasi maltodekstrin. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 7(2), 219–231. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v7i2.18173>.
- Rosidah, I., Zainuddin, Agustini, K., Bunga, O.P., & Pudjiastuti, L. (2020). Standardisasi ekstrak etanol 70% buah labu siam (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). *Farmasains*, 7 (1), 13-20. <https://doi.org/10.22236/farmasains.v7i1.4175>
- Sadiah, I., Indiarto, R., & Cahyana, Y. (2022). Karakteristik dan senyawa fenolik mikrokapsul ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan kombinasi maltodekstrin dan whey protein isolate. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(3), 273–283. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.3.273>
- Safitri, 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. <https://doi.org/10.21776/ub.ijhn.2020.007.01.7>
- Santana, D. A., Lestario, L. N., & Lewerissa, K. B. (2022). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap kadar antosianin dan aktivitas antioksidan serbuk ekstrak buah duwet (*Syzygium cumini*). *Journal of Tropical AgriFood*, 4(2). <http://dx.doi.org/10.35941/jtaf.4.2.2022.9544.122-129>
- Siciliano, T., Tommasi, N. D., Morelli, I., & Braca, A. (2004). Study of Flavonoids of *Sechium edule* (Jacq) Swartz (*Cucurbitaceae*) Different Edible Organs by Liquid Chromatography Photodiode Array Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 (21), 6510-6515. <https://doi.org/10.1021/jf040214q>

- Sucianti, Nurhaeni, & Hardi, J. (2020). Enkapsulasi ekstrak kulit buah naga super merah (*Hylocereus costaricensis*) pada berbagai massa maltodekstrin dan aplikasinya sebagai antioksidan. KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 202–210. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.9889>.
- Vieira, E. F., Souza, S., Moreira, M. M., Cruz, R., da Silva, A. B. Casal, S., & Matos, C. D. (2022). Valorization of Phenolic and Carotenoid Compounds of *Sechium edule* (Jacq. Swartz) Leaves: Comparison between Conventional, Ultrasound-and Microwave-Assisted Extraction Approaches. *Molecules*, 27 (21), 7193. <https://doi.org/10.3390/molecules27217193>