

Mikroenkapsulasi Lemak Kaya Monolaurin dari Stearin Kelapa Menggunakan Oven Vakum

Microencapsulation of Monolaurin-Rich Fat from Coconut Stearin Using Vacuum Oven Dryer

Edy Subroto*, Muhammad Tsabit Waliyyurahiim, Rossi Indiarito, Syamsul Huda

Departemen Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang 40600, Indonesia

*E-mail: edy.subroto@unpad.ac.id

Diterima: 9 Juni 2025; Disetujui: 16 Desember 2025

ABSTRAK

Monoasilgliserol (MAG) sangat dibutuhkan oleh berbagai industri, termasuk industri pangan sebagai emulsifier. MAG dalam bentuk gliserol monolaurate atau juga dikenal monolaurin memiliki fungsi lain sebagai antimikroba, antivirus, dan imun modulator. Monolaurin dapat dihasilkan dari gliserolisis minyak kelapa, namun monolaurin dapat mengalami kerusakan selama penyimpanan. Oleh sebab itu, diperlukan enkapsulasi untuk melindungi monolaurin dari kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio antara lemak kaya monolaurin dengan enkapsulan maltodekstrin yang menghasilkan mikrokapsul dengan efisiensi enkapsulasi dan karakteristik terbaik. Mikroenkapsulasi dilakukan pada rasio lemak kaya monolaurin terhadap maltodekstrin yaitu 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, dan 1:12 dengan pengeringan menggunakan oven vakum. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh dari rasio lemak kaya monolaurin dan maltodekstrin dalam proses mikroenkapsulasi. Rendemen tertinggi sebanyak 54,67% dan pH terbaik di 6,87 dihasilkan oleh rasio pengeringan 1:4. Warna dengan luminance tertinggi 96,16% dan kadar air terendah sebesar 11,58% dihasilkan oleh rasio penyalut 1:6. Kecepatan larut terbaik $8,5 \times 10^{-3}$ g/detik dihasilkan oleh rasio penyalut 1:12. Kelarutan tertinggi 88,28% dihasilkan oleh rasio pengeringan 1:10. Efisiensi mikroenkapsulasi terbaik dihasilkan oleh rasio pengeringan 1:4 yaitu sebesar 77,44%. Mikroenkapsulasi lemak kaya monolaurin dengan maltodekstrin menggunakan oven vakum efektif menghasilkan mikrokapsul dengan karakteristik yang baik.

Kata kunci: Monolaurin; monoasilgliserol; mikroenkapsulasi; oven vakum; stearin kelapa

ABSTRACT

Monoacylglycerol (MAG) is needed by various industries, including the food industry as an emulsifier. MAG in the form of glycerol monolaurate, also known as monolaurin, has other functions as an antimicrobial, antiviral, and immune modulator. Monolaurin can be produced from the glycerolysis of coconut oil, but monolaurin can be damaged during storage. Therefore, encapsulation is needed to protect monolaurin from damage. This study aimed to determine the ratio between monolaurin-rich fat and maltodextrin encapsulants that produce microcapsules with the best encapsulation efficiency and characteristics. Microencapsulation was carried out at a ratio of monolaurin-rich fat to maltodextrin of 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, and 1:12 with drying using a vacuum oven. The results of this study indicated the effect of the ratio of monolaurin-rich fat and maltodextrin in the microencapsulation process. The highest yield of 54.67% and the best pH at 6.87 were produced by a drying ratio of 1:4. The color with the highest luminance of 96.16% and the lowest water content of 11.58% were produced by a coating ratio of 1:6. The best dissolution rate of 8.5×10^{-3} g/s was produced by a drying ratio of 1:12. The highest solubility of 88.28% was produced by a coating ratio of 1:10. The best microencapsulation efficiency was produced by a drying ratio of 1:4, which was 77.44%. Microencapsulation of monolaurin-rich fat with maltodextrin using a vacuum oven effectively produced microcapsules with good characteristics.

Keywords: Monolaurin; monoacylglycerol; microencapsulation; vacuum oven; coconut stearin

PENDAHULUAN

Monoasilgliserol (MAG) adalah suatu senyawa kimia penting yang dibutuhkan oleh berbagai industri, seperti kosmetik, farmasi, pelumas, dan makanan. Senyawa ini banyak diaplikasikan sebagai surfaktan, terutama emulsifier dalam proses produksi bahan pangan berlemak seperti margarin, mayones, roti, biskuit, dan es krim (Feltes dkk., 2013; Subroto, 2020). Kebutuhan MAG sebagai emulsifier pada era pasar global terus meningkat pada berbagai jenis industri. Hal ini menunjukkan bahwa MAG sebagai produk diversifikasi minyak, memiliki nilai ekonomi yang relatif tinggi serta mempunyai prospek pasar yang menjanjikan pada era global (Appleton dkk., 2024; Ferreira dkk., 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa MAG merupakan senyawa fungsional yang dapat memberikan dampak positif terhadap kesehatan. Salah satu jenis MAG yang dikenal memiliki efek yang baik untuk kesehatan adalah monolaurin. Monolaurin adalah MAG dari lemak jenuh rantai sedang, yang disusun oleh asam laurat (C-12) dan gliserol. Kelebihan dari monolaurin selain sebagai emulsifier adalah memiliki aktivitas antimikroba yang sangat kuat dengan diameter hambat lebih dari 14mm dengan spektrum yang luas, bahkan bersifat antivirus (Lieberman dkk., 2006; Subroto & Indiarito, 2020). Fungsi antimikroba monolaurin diantaranya adalah dapat menghambat sel vegetatif *Staphylococcus aureus* (Hess dkk., 2015; Zare

dkk., 2014), dan *Bacillus cereus* (Cotton & Marshall, 1997; Petra dkk., 2014).

Monolaurin dapat diproduksi dari minyak yang kaya asam lemak laurat, diantaranya adalah minyak inti sawit dan minyak kelapa. Minyak kelapa memiliki kandungan asam laurat paling besar jika dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Kandungan asam laurat dalam minyak kelapa bervariasi, bergantung pada varietasnya. Kadar asam laurat pada 35 aksesori kelapa, bervariasi antara terendah 36,04% pada Kelapa Genjah Hijau Nias asal Sumatra Utara, sampai tertinggi 44,19% pada Kelapa Dalam Kinabuhutan asal Sulawesi Utara (Novarianto & Tulalo, 2007).

Monolaurin banyak digunakan oleh industri sebagai emulsifier, karena mengandung gugus polar dan non-polar sehingga mampu mengikat minyak dan air (Affandi, 2017; Subroto & Indarto, 2020). Kebutuhan yang besar, permintaan pasar yang tinggi, dan nilai ekonomi yang tergolong tinggi, menjadikan urgensi bahwa monolaurin harus dapat dijaga kualitasnya agar tidak mengalami penurunan selama penyimpanan dan distribusi. Oleh karena itu, beberapa penelitian dilakukan untuk mengaplikasikan prinsip enkapsulasi terhadap monolaurin.

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses penyalutan *core material* atau bahan inti yang berwujud cair atau padat dengan menggunakan suatu bahan penyalut khusus. Penyalutan ini diharapkan dapat membuat partikel-partikel inti mempunyai karakteristik fisika dan kimia yang dikehendaki, serta secara tidak langsung dapat meningkatkan stabilitas material inti. Bahan penyalut yang berfungsi sebagai dinding pembungkus bahan inti tersebut dirancang untuk melindungi bahan inti dari faktor-faktor yang dapat menurunkan kualitas bahan (Choudhury dkk., 2021; Xu dkk., 2024).

Salah satu teknik mikroenkapsulasi adalah pengeringan dengan menggunakan oven vakum. Oven vakum mengeringkan bahan dengan memanfaatkan prinsip sederhana, yaitu pengaruh tekanan terhadap titik didih air, di mana pada kondisi tekanan rendah, air dapat diuapkan pada temperatur yang lebih rendah (Mella dkk., 2022; Žbik dkk., 2023). Mikroenkapsulasi dengan metode pengeringan oven vakum memiliki banyak kelebihan, salah satunya adalah memberikan rendemen yang tinggi, serta menghasilkan produk dengan warna, rasa, dan aroma yang lebih disukai (Nurhadi dkk., 2012).

Dengan pertimbangan kebutuhan terhadap monolaurin, potensi produksinya dari minyak kelapa, nilai ekonomi, serta karakteristik monolaurin, diperlukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut tentang hal tersebut. Salah satu penelitian yang penting untuk dapat dilaksanakan agar dapat menghasilkan monoasilgliserol dengan harga relatif terjangkau dan mutu baik adalah penerapan mikroenkapsulasi.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain batang pengaduk, beaker glass, cawan aluminium, desikator, erlenmeyer (terkalibrasi), *homogenizer*, *hot plate*, kertas saring, krustang, *magnetic stirrer*, neraca analitik (ketelitian minimal 0,1 mg, terkalibrasi), oven, oven vakum, pH meter, pipet mikro, spektrofotometer, dan termometer.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa. Bahan lain yang digunakan antara lain akuades, asam sitrat, gliserol pro analysis, heksana pro analysis, minyak kelapa, maltodekstrin, dan NaOH.

Sintesis Lemak Kaya Monolaurin

Minyak kelapa dan gliserol dipanaskan di tempat terpisah, keduanya dipanaskan sampai tercapai suhu reaksi. Kemudian gliserol dan katalis NaOH 3% dicampurkan ke dalam campuran minyak. Pengaduk dan *timer* dijalankan hingga tercapai waktu reaksi. Setelah reaksi gliserolisis, dilakukan deaktivasi katalis untuk menghentikan reaksi gliserolisis. Proses ini dilakukan dengan penambahan larutan asam sitrat 20% (b/v) pada campuran reaksi hingga tercapai pH netral. Penambahan asam sitrat dilakukan setelah suhu campuran reaksi turun menjadi $50 \pm 5^\circ\text{C}$ (Subroto dkk., 2020). Selanjutnya untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol yang tidak bereaksi, campuran disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 2000 rpm. Campuran akan terpisah menjadi dua lapisan, lapisan atas yang berwarna bening adalah produk lemak kaya monolaurin sedangkan lapisan bawah yang berwarna keruh merupakan campuran gliserol sisa, asam sitrat, dan katalis NaOH.

Mikroenkapsulasi Lemak Kaya Monolaurin

Garis besar dari metode ini adalah mencampurkan maltodekstrin dan akuades dengan rasio (1:1) (g/mL), selanjutnya maltodekstrin dicampurkan dengan lemak kaya monolaurin, dengan rasio (a) 1:4, (b) 1:6, (c) 1:8, (d) 1:10 dan (e) 1:12. Emulsi dihomogenisasi dengan menggunakan *homogenizer* selama 2 menit pada kecepatan 11.500 rpm (Supriyadi & Sakha, 2013). Emulsi yang diperoleh dihindarkan pada Loyang dengan ketebalan 0,5 cm, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven vakum yang dilakukan dalam suhu 50°C dan tekanan 25 mmHg selama 16 jam.

Analisis kadar air

Kadar air ditentukan menggunakan metode *thermogravimetri* (AOAC International, 2016). Sebanyak 5 gram sampel dimasukkan dalam botol timbang yang telah diketahui berat konstan, kemudian dioven pada suhu 105°C hingga tercapai berat constant. Perubahan berat sebelum dan sesudah pengovenan merupakan kadar air sampel.

Analisis Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH ditentukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi. Larutan sampel sebanyak 10 ml dimasukkan dalam gelas beaker, kemudian *probe* atau elektroda pH meter dicelupkan pada sampel dan pH yang terukur dicatat.

Analisis Efisiensi Enkapsulasi

Analisis efisiensi mikroenkapsulasi dilakukan dengan mengamati jumlah lemak yang terperangkap dalam mikrokapsul, dan membandingkannya dengan total lemak yang digunakan (Khaushik & Roos, 2007). Untuk mengetahui jumlah lemak yang terenkapsulasi, dilakukan perhitungan *by difference*. Pada dasarnya, kapsul disentrifugasi untuk memisahkan lemak yang berada di permukaan. Kemudian lipid tersebut ditimbang bobotnya, dari nilai tersebut dapat dihitung jumlah lipid yang terenkapsulasi dengan mengurangi berat lemak kaya monolaurin total dengan lemak pada permukaan kapsul.

Analisis Kromatisitas Warna

Kromatisitas warna lemak kaya monolaurin terenkapsulasi dilakukan dengan menggunakan instrumen kromameter (Spektrofotometer CM-5, Konica Minolta, Jepang). Pati gadung diletakkan dalam cawan dan kromatisitasnya dibaca. Pengujian dilakukan dengan sistem warna Hunter L*, a*, dan b*.

Analisis Kelarutan dan Kecepatan Larut

Analisis kelarutan diawali dengan menimbang sampel sebanyak 1 g kemudian dilarutkan dalam 20 mL akuades dan disaring dengan kertas saring yang telah dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, lalu ditimbang. Setelah proses penyaringan, kertas saring beserta residu bahan dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang kembali. Sedangkan kecepatan larut dianalisis dengan diawali penimbangan sampel 1 gram, kemudian dilarutkan dalam air bersuhu 25°C sebanyak 150 mL untuk dihitung kecepatan larutnya dengan satuan detik. Kecepatan larut dihitung dengan membagi massa sampel dengan lama larut.

Analisis statistik

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA, kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada nilai $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen adalah perbandingan berat produk yang dihasilkan dengan berat bahan baku. Rendemen yang tinggi menunjukkan proses yang efektif dan efisien. Jumlah rendemen dari proses mikroenkapsulasi dipengaruhi oleh jenis pengeringan, materi yang digunakan sebagai penyalut, dan rasio antara material inti dengan bahan penyalut. Hasil pengujian rendemen pada proses mikroenkapsulasi lemak kaya monolaurin pada berbagai rasio disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, rasio pengeringan yang menghasilkan jumlah rendemen terbesar adalah pengeringan dengan rasio 1:4, dan nilai rendemen terus menurun seiring dengan kenaikan rasio maltodekstrin pada campuran bahan. Pada rasio 1:4, proporsi bahan inti yang disalut relatif lebih besar dibandingkan dengan rasio yang lainnya, semakin besar rasio bahan inti untuk disalut, maka semakin besar jumlah total padatan yang dihasilkan (Hasrini dkk., 2017).

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa tidak terjadi perubahan nilai rendemen yang signifikan pada rasio pengeringan 1:8, 1:10, dan 1:12 dan dapat disimpulkan bahwa setelah melewati rasio tertentu, penambahan bahan penyalut tidak mempengaruhi nilai rendemen secara signifikan. Menurut Thi Nhu Quynh dkk. (2016), pada rasio tertentu, ketika proporsi bahan penyalut semakin banyak, maka kemampuan bahan penyalut untuk mengenkapsulasi bahan inti secara efektif menjadi terbatas, sehingga banyak bahan penyalut yang hilang oleh berbagai faktor selama proses pengeringan.

Tabel 1. Rendemen lemak kaya monolaurin terenkapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	Rendemen (%)
1:4	54,67 ± 2,76 ^b
1:6	51,91 ± 3,20 ^b
1:8	48,81 ± 2,65 ^a
1:10	48,42 ± 2,50 ^a
1:12	48,29 ± 2,50 ^a

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Tabel 2. Kromatisitas warna lemak kaya monolaurin terenkapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	L*	a*	b*
1:4	89,70 ± 0,72 ^a	-0,25 ± 0,03 ^b	4,66 ± 0,53 ^c
1:6	96,16 ± 0,07 ^c	-0,49 ± 0,01 ^c	3,24 ± 0,06 ^b
1:8	93,58 ± 0,15 ^b	-0,12 ± 0,03 ^a	2,90 ± 0,04 ^a
1:10	95,23 ± 0,03 ^c	-0,58 ± 0,01 ^d	3,10 ± 0,08 ^{ab}
1:12	93,91 ± 0,40 ^b	-0,18 ± 0,01 ^{ab}	2,68 ± 0,14 ^a

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Kromatisitas Warna

CIELAB *color space*, atau Lab adalah model warna memetakan warna ke dalam tiga parameter, yaitu L, a dan b. Parameter L merepresentasikan tingkat kecerahan warna (0-100), a merepresentasikan tingkat merah-hijau, sedangkan parameter b merepresentasikan tingkat kuning-biru. Meskipun model warna Lab tidak sepenuhnya seragam bagi semua orang, model ini tetap bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan warna, utamanya bagi penggunaan industri.

Pada penelitian ini, lima sampel lemak kaya monolaurin terenkapsulasi dengan berbagai rasio maltodekstrin diuji warnanya dengan menggunakan Minolta Spectrophotometer secara duplo untuk memperoleh karakteristik warnanya dalam model warna Lab, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Nilai L* merepresentasikan tingkat kecerahan warna dari sampel yang diuji dengan rentang 0-100. Nilai L yang mendekati 100 menunjukkan bahwa sampel memiliki kecerahan warna yang tinggi (terang) sementara nilai L yang mendekati nol menunjukkan sampel memiliki tingkat kecerahan rendah (gelap). Pada penelitian ini, rasio pengeringan 1:4 memiliki nilai L paling rendah yaitu 89,70, sementara rasio 1:6, 1:8, 1:10, dan 1:12, memiliki nilai L yang lebih tinggi, yaitu di atas 90,00. Hal ini disebabkan oleh penambahan maltodekstrin yang memiliki warna putih, semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan maka akan semakin tinggi tingkat kecerahan warna dari produk mikroenkapsulasi (Tresna Yuliaty & Susanto, 2015).

Semua sampel menunjukkan nilai a yang negatif, dan nilai b yang positif, hal ini menunjukkan bahwa kelima sampel memiliki warna yang cenderung hijau daripada merah, dan cenderung kuning daripada biru. Warna ini berasal dari lemak kaya monolaurin yang disintesis dari minyak kelapa, yang pada fase cair memiliki warna kuning kehijauan transparan. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai a dan b tidak berjarak terlalu jauh dari nol, yang artinya intensitas warnanya sangat rendah dan cenderung putih. Hal ini disebabkan oleh penambahan maltodekstrin yang memiliki warna putih cerah, sehingga hasil akhir warna dari produk akan memiliki warna putih.

Tabel 3. Kadar Air (Basis Kering) lemak kaya monolaurin terenkapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	Kadar Air (%)
1:4	12,16 ± 0,00 ^a
1:6	11,58 ± 0,56 ^a
1:8	12,55 ± 0,96 ^a
1:10	12,80 ± 3,12 ^{ab}
1:12	13,34 ± 1,10 ^b

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Kadar Air

Kadar air menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam suatu komponen. Kadar air adalah parameter penting yang bisa memengaruhi stabilitas dan umur simpan dari suatu produk. Tingginya kadar air dapat memicu terjadinya oksidasi pada produk lemak, dan mempercepat kerusakan biologis pada produk pangan, seperti tumbuhnya bakteri dan jamur (Hasrini dkk., 2017).

Pada penelitian ini, lima sampel mikroenkapsulasi dengan berbagai rasio diuji dengan perlakuan triplo, untuk mendapatkan nilai kadar airnya. Didapatkan hasil kadar air yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, rasio pengeringan 1:6 memiliki nilai kadar air yang paling rendah yaitu 11,58%. Dari Tabel 3 juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan, semakin tinggi juga kadar air dari produk yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh jumlah akuades yang ditambahkan ke dalam bahan dengan formulasi 1:1 g/ml maltodekstrin, sehingga semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan, akuades yang ditambahkan juga semakin banyak sehingga total padatan semakin rendah. Total padatan yang rendah akan menurunkan kecepatan penguapan selama pengeringan, sehingga akan menghasilkan produk dengan kadar air yang tinggi (Reh & Gerber, 2003).

Kecepatan Larut

Uji kecepatan larut dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh suatu produk serbuk dalam takaran tertentu untuk larut sempurna dalam volume tertentu. Kecepatan larut adalah parameter yang penting, karena dapat menentukan efisiensi waktu bagi industri untuk menggunakan suatu bahan. Semakin tinggi kecepatan larut suatu bahan, maka akan semakin mudah bahan tersebut digunakan. Pada penelitian ini uji kecepatan larut dilakukan secara duplo dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, hampir semua sampel memiliki waktu larut di atas 600 detik. Standar waktu larut dari produk bubuk adalah 300 detik, hal ini menunjukkan bahwa sampel yang diuji memiliki waktu larut yang tidak sesuai standar yaitu dua kali lipat dari waktu standar. Hal ini bisa terjadi jika efisiensi mikroenkapsulasi yang dilakukan kurang efisien, sehingga pada permukaan kapsul terdapat minyak yang menghalangi penyalut maltodekstrin untuk larut dalam air, karena sifat minyak yang tidak larut dalam air, sementara maltodekstrin dapat larut dalam air (Ekpong dkk., 2016). Rasio pengeringan 1:12 memiliki waktu larut tercepat dan kecepatan larut tertinggi yaitu 595,5 detik dan $(8,40 \pm 0,03) \times 10^{-3}$ g/detik. Jika dibandingkan dengan rasio pengeringan yang lain, rasio 1:12 memberikan hasil terbaik.

Kombinasi bahan penyalut seperti protein sebagai emulsifier dan maltodekstrin, dapat menghasilkan karakteristik fisik yang lebih baik pada produk

mikroenkapsulasi (Xiao dkk., 2022). Pada penelitian ini hanya digunakan maltodekstrin tanpa bahan lain yang bisa berfungsi sebagai emulsifier, sehingga gugus non-polar dalam material inti yaitu lemak kaya monolaurin, tidak bisa larut dalam pelarut polar seperti air sehingga didapatkan waktu larut yang lama. Emulsifier dapat berperan sebagai penstabil emulsi dan mempertahankan konsistensi dari suatu campuran (Henao-Ardila dkk., 2024).

Kelarutan

Kelarutan merupakan salah satu karakteristik yang penting untuk diuji dalam produk bubuk, karena diharapkan produk bubuk memiliki kemampuan yang baik dalam melepas zat aktif, sehingga mikro kapsul harus memiliki kelarutan yang baik. Pelarut yang umum digunakan industri adalah air, maka produk bubuk yang dibuat harus diuji kelarutannya dalam air (Hasrini dkk., 2017). Pada penelitian ini, uji kelarutan sampel dilakukan secara triplo, dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa rasio 1:4 memiliki kelarutan rata-rata paling kecil yaitu 76,70%, dan nilai kelarutan naik seiring dengan bertambahnya rasio maltodekstrin yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh karakteristik maltodekstrin sebagai produk hidrolisis parsial dari pati yang mudah larut dalam air (Xiao dkk., 2022), sehingga semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan, maka kelarutan dari sampel akan semakin tinggi. Selain dari jumlah maltodekstrin yang ditambahkan, nilai DE dari maltodekstrin yang digunakan juga berpengaruh pada kelarutan suatu produk mikroenkapsulasi, karena nilai *Dextrose Equivalent* (DE) menyatakan derajat hidrolisis dari maltodekstrin. Pada penelitian ini digunakan maltodekstrin dengan DE 12, di mana penggunaan maltodekstrin dengan DE yang semakin tinggi akan menghasilkan bubuk mikro kapsul yang mampu dilarutkan dengan baik. Maltodekstrin dengan DE tinggi memiliki viskositas yang lebih rendah, sehingga akan lebih mudah larut dalam air (Li dkk., 2020).

Tabel 4. Waktu larut dan kecepatan larut lemak kaya monolaurin terenkapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	Waktu Larut (detik)	Kecepatan Larut (g/detik)
1:4	619,5 ± 9,19 ^d	$(8,07 \pm 0,12)^a \times 10^{-3}$
1:6	609,0 ± 1,41 ^c	$(8,21 \pm 0,02)^b \times 10^{-3}$
1:8	603,5 ± 4,94 ^b	$(8,29 \pm 0,03)^c \times 10^{-3}$
1:10	600,5 ± 0,70 ^b	$(8,33 \pm 0,01)^c \times 10^{-3}$
1:12	595,5 ± 2,12 ^a	$(8,40 \pm 0,03)^d \times 10^{-3}$

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Tabel 5. Kelarutan lemak kaya monolaurin terenkapsulasi

Rasio Lipid : Maltodekstrin	Kelarutan (%)
1:4	76,70 ± 0,70 ^a
1:6	85,96 ± 19,42 ^a
1:8	84,91 ± 9,52 ^a
1:10	88,28 ± 10,42 ^a
1:12	77,73 ± 16,75 ^a

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Tabel 6. Derajat keasaman (pH) lemak kaya monolaurin terenapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	pH
1:4	6,87 ± 0,04 ^b
1:6	6,74 ± 0,04 ^a
1:8	6,73 ± 0,00 ^a
1:10	6,74 ± 0,01 ^a
1:12	6,74 ± 0,01 ^a

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Tabel 7. Efisiensi enkapsulasi lemak kaya monolaurin terenapsulasi.

Rasio Lipid : Maltodekstrin	Efisiensi enkapsulasi (%)
1:4	77,44 ± 4,50 ^c
1:6	59,94 ± 4,25 ^b
1:8	49,91 ± 4,30 ^a
1:10	46,17 ± 3,75 ^a
1:12	57,86 ± 4,60 ^b

Huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan pada nilai $p < 0,05$.

Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau nilai pH merupakan parameter yang cukup penting dalam bidang industri makanan dan minuman. Pada produk lemak dan minyak, derajat keasaman dapat menjadi indikator kualitas dari produk tersebut dan terdapat hubungan antara kadar asam lemak bebas pada minyak dengan pH dari minyak tersebut, sehingga minyak dengan pH yang asam mengindikasikan tingginya kandungan asam lemak bebas sehingga kualitas minyak bisa terbilang rendah (Hutajulu dkk., 2020). Pada penelitian ini, pH dari sampel diukur menggunakan pH meter secara duplo, dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Nilai pH berada dalam rentang nol sampai dengan 14, pH 7 adalah kondisi netral, sedangkan $pH > 7$ tergolong basa atau alkali, dan $pH < 7$ tergolong asam. Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa semua sampel memiliki pH di bawah 7 yang artinya semua sampel cenderung asam. Hal ini bisa disebabkan oleh adanya asam lemak bebas dalam sampel yang tidak terikat oleh gliserol selama proses sintesis lemak kaya monolaurin melalui reaksi gliserolisis.

Reaksi gliserolisis non-enzimatik dengan katalis logam alkali seperti NaOH, memerlukan suhu yang tinggi yaitu sekitar 220°C sampai 250°C. Penambahan pelarut alkohol alifatik seperti tert-butanol, bisa meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol dan memungkinkan terjadinya reaksi dalam suhu yang lebih rendah di bawah 200°C (Anggoro & Budi, 2008). Pada penelitian ini reaksi gliserolisis dilakukan pada suhu 90±5°C tanpa menggunakan pelarut, sehingga memungkinkan terjadinya gliserolisis yang kurang optimal dan menyebabkan adanya asam lemak bebas pada lemak kaya monolaurin.

Efisiensi enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi merupakan parameter yang menunjukkan tingkat keberhasilan dari proses

mikroenkapsulasi. Efisiensi menunjukkan persentase senyawa aktif yang berhasil dienkapsulasi dalam bahan penyalut (Supriyadi & Rujita, 2013). Dalam penelitian ini analisis efisiensi dilakukan untuk mengetahui persentase lemak kaya monolaurin yang berhasil dienkapsulasi dalam penyalut maltodekstrin, didapatkan hasil seperti pada Tabel 7.

Dapat dilihat pada Tabel 7 bahwa perbedaan proporsi bahan inti dan bahan penyalut, menghasilkan nilai efisiensi yang berbeda. Pada penelitian ini rasio 1:4 memiliki nilai efisiensi paling tinggi yaitu 77,44%. Hal ini dikarenakan, pada rasio yang terlalu tinggi dan proporsi bahan inti terlalu kecil dibandingkan bahan penyalut, kemampuan bahan penyalut untuk mengenkapsulasi bahan inti dengan efektif menjadi semakin terbatas (Thi Nhu Quynh dkk., 2016). Pada penelitian ini, sampel dengan rasio 1:4 yang memiliki proporsi bahan inti paling besar dibandingkan rasio lain, dapat menghasilkan nilai efisiensi yang paling tinggi.

Beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi mikroenkapsulasi adalah suhu dan bahan penyalut. Suhu tinggi pada proses pengeringan akan mendorong pembentukan dinding mikrokapsul yang kaku yang mampu membatasi pelepasan dan migrasi bahan inti (Rascón dkk., 2011). Selain itu bahan penyalut yang merupakan kombinasi dari karbohidrat seperti maltodekstrin, dan emulsifier seperti protein, dapat meningkatkan stabilitas emulsi dan meningkatkan perlindungan terhadap bahan inti. Mikroenkapsulasi terjadi karena gugus hidroksil pada senyawa inti mudah terikat pada 1 atau lebih gugus gula pada maltodekstrin pada kondisi panas, sehingga senyawa inti dapat tersalut.

Pada penelitian ini mikroenkapsulasi dilakukan dengan pengeringan oven vakum pada suhu 50°C dan waktu 16 jam, serta digunakan maltodekstrin sebagai bahan penyalut. Suhu pengeringan yang rendah serta tidak adanya emulsifier dalam bahan penyalut, memungkinkan terjadinya pemisahan emulsi pada saat pengeringan dan pembentukan dinding mikrokapsul yang kurang baik sehingga efisiensi mikroenkapsulasi menjadi rendah (Ramakrishnan dkk., 2014).

KESIMPULAN

Rasio bahan inti dan bahan penyalut pada proses mikroenkapsulasi memberikan pengaruh pada karakteristik dan efisiensi dari produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan. Proporsi bahan inti yang semakin besar cenderung memberikan hasil karakteristik dan efisiensi mikrokapsul yang lebih baik. Mikroenkapsulasi dengan rasio bahan inti dan maltodekstrin 1:4 menghasilkan produk dengan rendemen paling tinggi yaitu 54,67%, kelarutan tertinggi yaitu 77%, dan efisiensi tertinggi sebesar 77,44%. Sementara mikroenkapsulasi dengan rasio 1:6 memberikan hasil kadar air paling rendah yaitu 11,58%, derajat keasaman paling rendah pada pH 6,71. Sementara rasio yang menghasilkan kecepatan larut paling cepat adalah rasio 1:12 dengan waktu larut 594 detik. Dengan demikian, mikroenkapsulasi lemak kaya monolaurin dengan maltodekstrin menggunakan oven vakum cukup efektif menghasilkan mikrokapsul dengan karakteristik yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Padjadjaran dan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan yang diberikan dengan Kontrak Nomor 093/C3/DT.05.00/PL/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A. R. (2017). Study Of Antibacterial Properties Of Monolaurin as An Emulsifier Produced By Chemical And Enzymatic Reaction. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 1(2), 93–99. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v1i2.2097>
- Anggoro, D. D., & Budi, F. S. (2008). Proses Gliserolisis Minyak Kelapa Sawit Menjadi Mono Dan Diacyl Gliserol Dengan Pelarut N-Butanol Dan Katalis MgO. 12(1), 22–28. <https://doi.org/10.14710/reaktor.12.1.22-28>
- AOAC International. (2016). *Official methods of analysis* (G. W. Latimer Jr., Ed.; 20th ed.). AOAC International.
- Appleton, S. R., Ballou, A., & Watkins, K. L. (2024). Use of Monoglycerides and Diglycerides to Mitigate Poultry Production Losses: A Review. *Veterinary Sciences*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/vetsci11030101>
- Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426–442. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fft2.94>
- Cotton, L. N., & Marshall, D. L. (1997). Monolaurin Preparation Method Affects Activity Against Vegetative Cells of *Bacillus cereus*. *LWT - Food Science and Technology*, 30(8), 830–833. <https://doi.org/10.1006/ftsl.1997.0281>
- Ekpong, A., Phomkong, W., & Onsaard, E. (2016). The effects of maltodextrin as a drying aid and drying temperature on production of tamarind powder and consumer acceptance of the powder. *International Food Research Journal*, 23(1), 300–308. <https://www.researchgate.net/publication/289157777>
- Feltes, M. M. C., de Oliveira, D., Block, J. M., & Ninow, J. L. (2013). The Production, Benefits, and Applications of Monoacylglycerols and Diacylglycerols of Nutritional Interest. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 17–35. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0836-3>
- Ferreira, G. F., Pessoa, J. G. B., Rios Pinto, L. F., Maciel Filho, R., & Fregolente, L. V. (2021). Mono- and diglyceride production from microalgae: Challenges and prospects of high-value emulsifiers. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 589–600. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.027>
- Hasrini, R. F., Zakaria, F. R., Adawiyah, D. R., & Suparto, I. H. (2017). Mikroenkapsulasi 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>
- Henao-Ardila, A., Quintanilla-Carvajal, M. X., & Moreno, F. L. (2024). Emulsification and stabilisation technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems. *Heliyon*, 10(11), e32150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150>
- Hess, D. J., Henry-Stanley, M. J., & Wells, C. L. (2015). The Natural Surfactant Glycerol Monolaurate Significantly Reduces Development of *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis* Biofilms. *Surgical Infections*, 16(5), 538–542. <https://doi.org/10.1089/sur.2014.162>
- Hutajulu, E. C., Nurjazuli, N., & Wahyuningsih, N. E. (2020). Hubungan Jenis Minyak Goreng, Suhu, dan PH terhadap Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng Pedagang Penyetan. *MEDIA KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA*, 19(5), 375–378. <https://doi.org/10.14710/mkmi.19.5.375-378>
- Khaushik, V., & Roos, Y. H. (2007). Limonen encapsulation in freeze-drying of gum arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT Food Science and Technology*, 40, 1381–1391.
- Li, K., Pan, B., Ma, L., Miao, S., & Ji, J. (2020). Effect of Dextrose Equivalent on Maltodextrin/Whey Protein Spray-Dried Powder Microcapsules and Dynamic Release of Loaded Flavor during Storage and Powder Rehydration. *Foods*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/foods9121878>
- Lieberman, S., Enig, M. G., & Preuss, H. G. (2006). A Review of Monolaurin and Lauric Acid: Natural Virucidal and Bactericidal Agents. *Alternative and Complementary Therapies*, 12(6), 310–314. <https://doi.org/10.1089/act.2006.12.310>
- Mella, C., Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Pasten, A., Mejias, N., & Quispe-Fuentes, I. (2022). Impact of vacuum drying on drying characteristics and functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*). *Applied Food Research*, 2(1), 100120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100120>
- Novarianto, H., & Tulalo, M. (2007). Kandungan Asam Laurat pada Berbagai Varietas Kelapa sebagai Bahan Baku Vco. *Industrial Crops Research Journal*, 13(1), 28–33. <https://doi.org/10.21082/liitri.v13n1.2007.%p>
- Nurhadi, B., Andoyo, R., & Indarto, R. (2012). Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *Article in International Food Research Journal*, 19(3), 849–854. <https://www.researchgate.net/publication/275947213>
- Petra, Š., Vera, K., Iva, H., Petr, H., Zdenka, K., & Leona, B. (2014). Formulation, antibacterial activity, and cytotoxicity of 1 - monoacylglycerol microemulsions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 448–457. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300171>
- Ramakrishnan, S., Ferrando, M., Aceña-Muñoz, L., Mestres, M., De Lamo-Castellvi, S., & Güell, C. (2014). Influence of Emulsification Technique and Wall Composition on Physicochemical Properties and Oxidative Stability of Fish Oil Microcapsules Produced by Spray Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 7(7), 1959–1972. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1187-4>
- Rascón, M. P., Beristain, C. I., García, H. S., & Salgado, M. A. (2011). Carotenoid retention and storage stability of spray-dried encapsulated paprika oleoresin using gum Arabic and Soy protein isolate as wall materials. *LWT - Food Science and Technology*, 44(2), 549–557. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.08.021>
- Reh, C. T., & Gerber, A. (2003). Total solids determination in dairy products by microwave oven technique. *Food Chemistry*, 82(1), 125–131. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00585-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00585-X)
- Subroto, E. (2020). Monoacylglycerols and diacylglycerols for fat-based food products: a review. *Food Research*, 4(4), 932–943. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).398](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).398)
- Subroto, E., & Indarto, R. (2020). Bioactive monolaurin as an antimicrobial and its potential to improve the immune system and against COVID-19: a review. *Food Research*, 4(6), 2355–2365. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(6\).324](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).324)
- Subroto, E., Wisamputri, M. F., Supriyanto, Utami, T., & Hidayat, C. (2020). Enzymatic and chemical synthesis of high mono- and diacylglycerol from palm

- stearin and olein blend at different type of reactor stirrers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.05.003>
- Supriyadi, & Rujita, A. S. (2013). Karakteristik Mikro kapsul Minyak Atsiri Lengkuas Dengan Maltodekstrin Sebagai Enkapsulan. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 24(2), 201–208. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.201>
- Thi Nhu Quynh, N., Hai, T. C., Man, P. Van, & Thanh, L. T. (2016). Effect of Wall Material on the Property of Gac Oil Spray-dried Powder. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 06(05), 544. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000544>
- Tresna Yuliawaty, S., & 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.
- Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y., & Zhao, D. (2022). Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*, 298, 120113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120113>
- Xu, Y., Yan, X., Zheng, H., Li, J., Wu, X., Xu, J., Zhen, Z., & Du, C. (2024). The application of encapsulation technology in the food Industry: Classifications, recent Advances, and perspectives. *Food Chemistry: X*, 21, 101240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101240>
- Zare, M. A., Razavi Rohani, S. M., Raeisi, M., Javadi Hosseini, S. H., & Hashemi, M. (2014). Antibacterial effects of monolaurin, sorbic acid and potassium sorbate on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 1(2), 52–55.
- Žbik, K., Górská-Horczyzak, E., Onopiuk, A., Kurek, M., & Zalewska, M. (2023). Vacuum and convection drying effects on volatile compounds profile and physicochemical properties of selected herbs from Lamiaceae family. *European Food Research and Technology*, 249(10), 2569–2581. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04309-7>

Halaman ini sengaja dikosongkan