

**Karakteristik Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam.)
Berdasarkan Rasio *Core to Coating* pada Metode Gelasi Ion**

***[Characteristics of Red Fruit Oil Microencapsulates (*Pandanus conoideus* Lam.) Based on
Core to Coating Ratio at Ion Gelation Method]***

Titri Siratantri Mastuti, Angela Michelle Gunawan
Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan
Jl. Thamrin Boulevard 10100, Tangerang 15811, Banten, Indonesia
*Korespondensi penulis: titri.mastuti@uph.edu

ABSTRACT

Red fruit oil has high carotenoid content which has the potential as a natural pigment. Microencapsulation with ion gelation method is one of method that can be used to protect carotenoid compounds which are naturally sensitive to light, oxygen, and high temperatures. The successful of the encapsulation process can be seen from the characteristics of the product and its encapsulation efficiency. The purpose of this study was to determine the effect of the core to coating ratio (CCR) on carotenoid efficiency and the characteristics of red fruit oil microencapsulation with the ionic gelation method using chitosan and STPP coating materials and their storage stability. fruit oil. In the preliminary stage is characterization of red fruit oil and the emulsion. In the main stage, red fruit oil microcapsules were made with variations of core to coating ratio (1:1, 1:2, 1:3, 1:4) and analyzed on the 1st and 11th days. Core to coating ratio affects water content, solubility, encapsulation efficiency, total carotenoids, carotenoid retention, antioxidant activity and stability, particle size, and color. Microencapsulates with a core to coating ratio of 1:1 gave the best results with $6.94 \pm 0.61\%$ water content, $8.76 \pm 0.38\%$ solubility, $67.89 \pm 5.72\%$ encapsulation efficiency, $141.39 \pm 18.10 \mu\text{g/g}$ total carotenoid content, $83.31 \pm 2.75\%$ carotenoid retention, $49.05 \pm 1.44 \text{ mg AAE/100 g}$ antioxidant activity, and the value of $^{\circ}\text{Hue}$ 53.26 which shows a yellowish red color. The results of the particle size test showed a particle diameter of $1.5838 \mu\text{m}$ with a Polydispersity Index value of 0.374.

Keywords : CCR, carotenoid, ionic gelation, microencapsulation, red fruit oil

ABSTRAK

Minyak buah merah memiliki kandungan karotenoid tinggi yang berpotensi sebagai pewarna alami. Mikroenkapsulasi dengan metode gelasi ion merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk melindungi senyawa karotenoid yang secara natural bersifat sensitif terhadap cahaya, oksigen, dan suhu tinggi. Kesuksesan proses enkapsulasi dapat dilihat dari karakteristik produk dan efisiensi enkapsulasinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio *core to coating* (CCR) terhadap efisiensi karotenoid dan karakteristik mikroenkapsulat minyak buah merah dengan metode gelasi ion menggunakan bahan penyalut kitosan dan STPP serta stabilitas penyimpanannya. Pada tahap pendahuluan dilakukan karakterisasi minyak buah merah yang digunakan dan emulsinya. Pada tahap utama dilakukan pembuatan mikroenkapsulat minyak buah merah dengan rasio *core to coating* (1:1, 1:2, 1:3, 1:4) dan dianalisis pada hari ke-1 dan ke-11. Rasio *core to coating* berpengaruh terhadap kadar air, kelarutan, efisiensi enkapsulasi, total karotenoid, retensi karotenoid, kapasitas antioksidan dan stabilitasnya, ukuran partikel, serta warna. Mikroenkapsulat dengan rasio *core to coating* 1:1 memberikan hasil terbaik dengan kadar air $6,94 \pm 0,61\%$, kelarutan $8,76 \pm 0,38\%$, efisiensi enkapsulasi $67,89 \pm 5,72\%$, kandungan total karotenoid $141,39 \pm 18,10 \mu\text{g/g}$, retensi karotenoid $83,31 \pm 2,75\%$, kapasitas antioksidan $49,05 \pm 1,44 \text{ mg AAE/100 g}$, serta

nilai °Hue 53,26 yang menunjukkan warna merah kekuningan. Hasil uji ukuran partikel menunjukkan diameter partikel sebesar 1,58 μm dengan nilai Polydispersity Index 0,374.

Kata kunci : CCR, gelasi ionik, karotenoid, mikroenkapsulasi, minyak buah merah

PENDAHULUAN

Minyak buah merah (MBM) merupakan minyak hasil ekstraksi buah merah (*Pandanus conoideus* Lam) sebagai tanaman endemik di Papua. Minyak ini berwarna merah dan memiliki kandungan karotenoid yang tinggi berkisar antara 3027-19959 $\mu\text{g/g}$ dan memiliki aktivitas antioksidan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pewarna pangan maupun pangan fungsional (Rohman *et al.*, 2012 ; Sarungallo *et al.*, 2014).

Pemanfaatan MBM tidak dapat diaplikasikan langsung pada produk pangan seperti minuman karena sifatnya yang non polar dan tidak larut air. Selain itu MBM tidak stabil dalam penyimpanan oleh karena tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh yang dimilikinya mudah mengalami oksidasi akibat suhu maupun cahaya. Begitu pula kandungan karotenoidnya yang rentan terhadap suhu, oksigen, cahaya (Satriyanto *et al.*, 2012 ; Sarungallo *et al.*, 2018). Salah satu alternatif pengolahan MBM adalah melalui teknologi enkapsulasi yaitu teknologi untuk melapisi bahan inti dengan suatu lapisan dinding polimer dan pengeringan sehingga menjadi partikel-partikel kecil berukuran

mikro ataupun nano. Pelapisan ini akan melindungi senyawa inti seperti MBM dari pengaruh lingkungan seperti suhu dan cahaya (Akhavan *et al.*, 2016). Meskipun demikian, penentuan jenis pengemulsi dan bahan penyalut sebagai pelapis yang tepat merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap stabilitas dan karakteristik enkapsulat yang dihasilkan.

Metode gelasi ionik merupakan salah satu metode pembuatan enkapsulat dengan menggunakan dua macam bahan penyalut yang memiliki perbedaan muatan seperti pada kitosan dan sodium tripolyphosphat (STPP) sehingga terbentuk ikatan silang melalui interaksi elektrostatis (Windarti & Dewi, 2022). Kitosan merupakan polisakarida yang bermuatan positif dari adanya gugus amino, sedangkan STPP memiliki gugus fosfat yang bermuatan negatif (Thamaket & Raviyan, 2015).

Interaksi antara ion dengan muatan yang berlawanan dapat membentuk gelasi ionik yang meningkatkan pengikatan atau kekuatan gel kitosan dalam menyalut bahan inti yang juga dapat berpengaruh pada efisiensi enkapsulasi (Lusiana *et al.*, 2021). Metode ini menghasilkan efisiensi

enkapsulasi hingga 89,09% pada proses enkapsulasi karotenoid sebagai bahan inti (Thamaket & Raviyan, 2015). Sedangkan Ferdiansyah *et al.*, (2017) menghasilkan nanoenkapsulat MBM dengan total karotenoid 4,47 mg/100 g.

Enkapsulat dapat dinyatakan berukuran mikro apabila berukuran pada rentang 1-5000 μm (Fitriana & Supardan, 2019). Penelitian MBM dengan proses mikroenkapsulasi telah banyak dilakukan, diantaranya menggunakan CMC, Tween 80 atau lesitin sebagai pengemulsi, dan penggunaan maltodekstrin, siklodekstrin, gum arab, gelatin, alginat, natrium kaseinat, maupun isolat protein kedelai (Yanuwar *et al.*, 2007; Sarungallo *et al.*, 2019; Lestari *et al.*, 2021, Pratiwi *et al.*, 2020). Penggunaan campuran 2 pengemulsi dan 3 penyalut, yaitu tween 80, CMC, maltodextrin, gum arab, gelatin, menghasilkan mikroenkapsulat dengan kelarutan dan retensi karotenoid yang tinggi namun kurang efektif dari segi penggunaan bahan baku (Pratiwi *et al.*, 2020). Selain itu belum banyak penelitian enkapsulasi MBM yang meneliti kestabilan karotenoid selama penyimpanan.

Selain jenis bahan pengemulsi dan penyalut, rasio bahan inti dengan bahan penyalut atau disebut sebagai *Core to Coating Ratio* (CCR) dapat berpengaruh terhadap ukuran partikel, efisiensi

enkapsulasi dan kelarutan dari mikroenkapsulat (Jayanudin & Rochmadi, 2017; Sucianti *et al.*, 2020). Semakin kecil rasio antara bahan inti dengan bahan penyalut, semakin tinggi kelarutan mikroenkapsulat yang dihasilkan (Sarungallo *et al.*, 2019).

Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh rasio CCR terhadap efisiensi karotenoid dan karakteristik mikroenkapsulat MBM dengan metode gelasi ion menggunakan bahan penyalut kitosan dan STPP serta stabilitas penyimpanannya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian dan analisis ini adalah MBM komersial “X” yang diproduksi oleh PT Hujan Bahagia Indonesia, kitosan, sodium tripolifosfat, tween 80, cuka 25%, air demineral, kloroform, larutan Wijs, KI, indikator pati, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, etanol, NaOH, indikator PP, heksana, aseton.

Alat yang digunakan dalam penelitian dan analisis adalah gelas piala, gelas ukur, *magnetic stirrer*, D160 *handheld homogenizer*, Buchi mini *spray dryer* B-290, erlenmeyer, buret, *heater*, *aluminium foil*, viskometer “RV-2T Brookfield”, mikroskop “Olympus”, oven “Mettler”, cawan penguapan, timbangan

analitik, desikator “Duran”, kromameter “Konica Minolta CR-400/410”, *centrifuge*, kertas saring, labu takar, tabung reaksi, spektrofotometer vis “Dlab SP-V1000”, mikroskop cahaya “Olympus”, *Particle Size Analyzer* (PSA) “Beckman Coulter”.

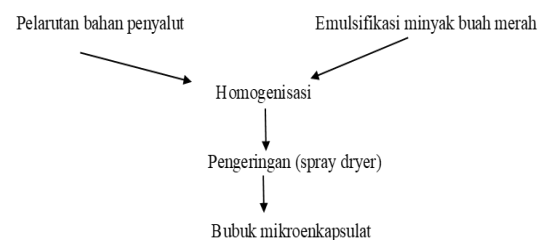
Prosedur

Penelitian terbagi menjadi tahap pendahuluan dan tahap utama. Tahap pendahuluan adalah karakterisasi MBM meliputi profil asam lemak, warna, aktivitas antioksidan. Tahap utama adalah pembuatan mikroenkapsulat dengan rasio antara penyalut dan MBM serta stabilitas pada penyimpanan.

Pembuatan mikroenkapsulat MBM dibuat berdasarkan penelitian oleh Jayanudin & Rochmadi (2017) dan Willy *et al.* (2007) dengan modifikasi. Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan kitosan sebanyak 1 gram ke 90 ml larutan asam asetat 1% kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga larut. Rasio berat antara kitosan dengan STPP adalah 1:0,01. Pembuatan larutan STPP dilakukan dengan melarutkan 0,01 gram STPP ke 10 ml air demineral kemudian diaduk hingga larut. Larutan STPP ditambahkan ke larutan kitosan dan diaduk menggunakan magnetic stirrer.

MBM dan Tween 80 (rasio 1:1) ditambahkan sesuai perlakuan CCR kemudian dihomogenasi menggunakan

homogenizer dengan kecepatan 20000-23000 rpm sesuai perlakuan waktu homogenisasi. Rasio MBM banding bahan penyalut (CCR) dalam penelitian ini adalah 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4. Waktu homogenisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 5 menit. Prosedur dilanjutkan dengan pengeringan mikroenkapsulat MBM menggunakan spray dryer dengan suhu inlet 170°C dan flow rate 6,67 ml/menit sehingga diperoleh bubuk mikroenkapsulat MBM. Prosedur pembuatan mikroenkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1 dan formulasi setiap perlakuan pembuatan emulsi untuk setiap mikroenkapsulat dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan mikroenkapsulat MBM (Willy *et al.*, 2007; Jayanudin & Rochmadi, 2017)

Rancangan Percobaan dan Analisis Uji

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian tahap utama merupakan penelitian dengan 2 faktor menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua kali pengulangan. Faktor pertama adalah *core to coating ratio* (CCR) antara MBM dan kitosan dengan 4 level yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 1:4. Faktor kedua

adalah waktu penyimpanan mikroenkapsulat dengan 2 level yaitu 1 dan 11 hari. Data tahap utama diolah secara statistik menggunakan SPSS dengan Two Way Anova menggunakan alat bantu SPSS 25.

Tabel 1. Formulasi setiap perlakuan mikroenkapsulat minyak buah merah

Bahan (%)	Core to Coating Ratio (MBM:Kitosan)			
	1:1	1:2	1:3	1:4
MBM	0,97	0,49	0,32	0,24
Kitosan	0,97	0,98	0,98	0,99
STPP	0,0097	0,0098	0,0098	0,0099
Tween 80	0,97	0,49	0,32	0,24
Asam asetat (1%)	87,37	88,23	88,52	88,66
Air demineral	9,71	9,8	9,84	9,85
Total (%)	100	100	100	100

Parameter analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah kadar air (AOAC, 2005), total karotenoid (Saadah *et al.*, 2018; Ulumi *et al.*, 2021), kapasitas antioksidan (Samosir *et al.*, 2012), efisiensi enkapsulasi (Hasrini *et al.*, 2017), retensi karotenoid (Prihananto & Dwiyantri, 2015), stabilitas (Lee & Choo, 2015), kelarutan (Tomsone *et al.*, 2020), warna (Purnamayati *et al.*, 2016), ukuran partikel (Siregar & Kristanti, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Buah Merah

Data karakteristik sampel MBM komersial yang digunakan dalam pembuatan mikroenkapsulat penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisis total karotenoid MBM menunjukkan bahwa sampel MBM yang digunakan memiliki total karotenoid sebesar $717,89 \pm 4,47 \mu\text{g/g}$. Berdasarkan hasil penelitian oleh Pratiwi *et al.* (2021), MBM memiliki total karotenoid sebesar 5.941-6.299 ppm.

Tabel 2. Hasil analisis MBM

Analisis	Nilai
Total Karotenoid ($\mu\text{g/g}$)	$717,89 \pm 4,47$
Kapasitas antioksidan (mg AAE/g)	$18,23 \pm 1,26$
Warna nilai <i>lightness</i>	$25,48 \pm 0,09$
Warna nilai <i>a*</i>	$24,00 \pm 0,05$
Warna nilai <i>b*</i>	$6,24 \pm 0,41$
Warna °Hue	$14,97 \pm 0,88$

Menurut Sarungallo *et al.*, (2019), kandungan total karotenoid MBM berkisar antara $3.027-19.959 \mu\text{g/g}$. Perbedaan kandungan total karotenoid dari MBM dapat dipengaruhi oleh jenis varietas dan kematangan buah. Semakin matang buah merah, semakin tinggi kandungan total karotenoid pada buah merah.

Selain itu rendahnya total karotenoid MBM pada penelitian ini juga dapat dipengaruhi oleh umur simpan MBM dan lingkungan penyimpanan. Wadah pengemas MBM komersial merupakan botol plastik yang mudah untuk terpapar cahaya dan oksigen. Kandungan karotenoid

akan menurun seiring penyimpanan karena karotenoid merupakan senyawa aktif yang mudah rusak dan dipercepat dengan adanya suhu tinggi, oksigen, dan cahaya (Meléndez-Martínez *et al.*, 2022).

Hasil analisis kapasitas antioksidan MBM menunjukkan bahwa MBM memiliki kapasitas antioksidan sebesar $18,23 \pm 1,26$ mg AAE/g MBM. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan kapasitas antioksidan minyak esensial dari *Eucalyptus globulus* 19 mg AAE/g (Belkhodja *et al.*, 2021) dan lebih tinggi dibandingkan kapasitas antioksidan ekstrak daun kelor 7,923 mg AAE/g (Maryam *et al.*, 2016), minyak esensial dari *N. leucophylla* 6,6 mg AAE/g (Kumar *et al.*, 2019). Berdasarkan kekuatan kapasitas antioksidan menurut Fithriani *et al.*, (2015), kapasitas antioksidan sebesar 18,23 mg AAE/g termasuk ke dalam range sedang.

MBM secara visual berwarna merah gelap dan pekat (Sarungallo *et al.*, 2019). MBM mengandung pigmen karotenoid yang berwarna kuning, merah, atau jingga (Wardani *et al.*, 2020). Berdasarkan pengujian warna, didapatkan nilai lightness MBM sebesar $25,48 \pm 0,09$ yang tergolong cukup gelap. Nilai a^* MBM menunjukkan nilai $24,00 \pm 0,05$ yang berarti mengarah pada warna merah. Nilai b^* MBM menunjukkan nilai $6,24 \pm 0,41$ yang berarti mengarah pada warna kuning. Nilai $^{\circ}\text{Hue}$

MBM adalah 14,97 yang termasuk ke range merah-keunguan.

Berdasarkan hasil analisis karakteristik MBM, dapat diketahui bahwa MBM komersial memiliki kandungan total karotenoid yang lebih rendah dibandingkan MBM pada umumnya. Kapasitas antioksidan MBM komersial menunjukkan kekuatan yang tergolong sedang, namun berdasarkan penelitian oleh Sangkala *et al.* (2014) aktivitas antioksidan MBM tergolong sangat kuat. Hal ini dapat disebabkan metode ekstraksi MBM, umur dan kondisi penyimpanan yang berbeda, serta kemasan MBM yang mudah untuk terpapar cahaya dan oksigen.

Karakteristik Emulsi Minyak Buah Merah

Mikroenkapsulat pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan 4 variasi rasio antara bahan inti dan penyalut atau *core to coating ratio* (CCR). Pembuatan mikroenkapsulat diawali dengan pembentukan emulsi terlebih dahulu dimana karakteristik emulsi yang dihasilkan juga dapat memengaruhi atau berkorelasi dengan mikroenkapsulat yang dihasilkan.

Pada bagian ini hanya 1 faktor yang dianalisis yaitu CCR dengan parameter analisis stabilitas dan viskositas emulsi. Stabilitas emulsi menunjukkan kemampuan

emulsi bertahan tidak terpisah menjadi dua lapisan selama waktu tertentu pengamatan.

Tabel 3. Karakteristik Emulsi MBM

CCR	Stabilitas emulsi (%)	Viskositas (cp)
1:1	85,13±3,31 ^a	88,25±2,62 ^b
1:2	94,71±0,88 ^b	88,92±3,47 ^b
1:3	94,01±3,45 ^b	86,83±5,03 ^b
1:4	94,54±3,18 ^b	75,25±1,66 ^a

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa penurunan rasio CCR dimana jumlah bahan penyalut lebih banyak dibandingkan bahan inti MBM dapat meningkatkan stabilitas emulsi. Meskipun demikian hal ini juga berpengaruh terhadap penurunan viskositas emulsi. Hal ini disebabkan seiring menurunnya CCR, membuat viskositas menjadi turun.

Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian oleh Setyaningsih *et al.*, (2020) dalam pembuatan mikroenkapsulat oleoresin jahe, semakin tinggi konsentrasi bahan inti, semakin tinggi nilai viskositas dari emulsi mikroenkapsulat.

Emulsi MBM dengan CCR 1:1 dan 1:2 memiliki warna merah sedangkan rasio 1:3 dan 1:4 memiliki warna kuning kemerahan. Minyak buah merah memiliki intensitas warna yang pekat sehingga pengurangan jumlah minyak berpengaruh terhadap warna emulsi.

Pengaruh *Core to Coating Ratio* dan Waktu Penyimpanan terhadap Mikroenkapsulat MBM

Kadar Air

Kadar air dari mikroenkapsulat MBM dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Hasil analisis statistik menunjukkan masing-masing faktor, yaitu CCR dan waktu penyimpanan berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$), namun tidak terdapat interaksi diantara keduanya. Tabel 4 menunjukkan nilai kadar air mikroenkapsulasi MBM meningkat seiring turunnya CCR dari 1:1 ke 1:4. Kadar air paling rendah merupakan mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1, dan kadar air paling tinggi merupakan mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:4.

Tabel 4. Pengaruh CCR terhadap kadar air mikroenkapsulat MBM

CCR	Kadar air (%)
1:1	6,94±0,61 ^a
1:2	8,68±0,76 ^b
1:3	10,43±0,90 ^c
1:4	11,87±0,52 ^d

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Viskositas emulsi mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 lebih tinggi dibandingkan emulsi mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:4. Menurut Ho *et al.* (2015), peningkatan viskositas larutan *feed spray dry* dapat menyebabkan penurunan kadar air bubuk.

Tabel 5. Pengaruh waktu penyimpanan terhadap kadar air mikroenkapsulat MBM

Waktu Penyimpanan (hari)	Kadar air (%)
1	9,87±2,03 ^b
11	9,09±2,05 ^a

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

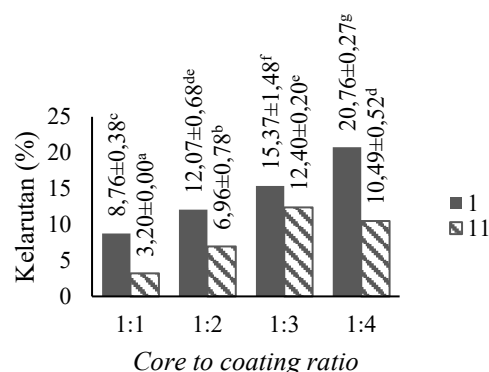
Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa kadar air mikroenkapsulat MBM menurun seiring waktu penyimpanan. Penurunan kadar air dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban lingkungan selama penyimpanan. Pada penelitian ini, sampel bubuk disimpan dengan menggunakan *sillica gel* yang dapat menyerap uap air. Silika gel dapat menurunkan kelembaban (*relative humidity*) lingkungan sekitar sampel (Hasibuan *et al.*, 2018).

Kelarutan

Kelarutan mikroenkapsulat MBM dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis statistik menunjukkan interaksi CCR dan waktu penyimpanan berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kelarutan mikroenkapsulat.

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa kelarutan mikroenkapsulat MBM meningkat seiring turunnya CCR baik pada penyimpanan 1 hari maupun 11 hari. Karotenoid bersifat non-polar sehingga tidak larut dalam air. Tingginya kandungan karotenoid dalam mikroenkapsulat dapat menyebabkan menurunnya kelarutan (Thamaket & Raviyan, 2015). Kandungan karotenoid paling rendah adalah pada CCR 1:4 karena perbandingan jumlah inti yaitu MBM yang lebih sedikit dibandingkan

penyalut sehingga kemampuan kelarutannya paling tinggi.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Gambar 2. Pengaruh CCR dan waktu penyimpanan terhadap kadar air mikroenkapsulat MBM.

Kelarutan yang turun setelah beberapa lama waktu penyimpanan dapat berkaitan dengan kemampuan bahan penyalut dalam melapisi inti yaitu MBM. Melemahnya lapisan penyalut dapat mengakibatkan bahan inti yang bersifat non polar bermigrasi ke permukaan enkapsulat sehingga kelarutan menjadi turun (Layuk *et al.*, 2011).

Total Karotenoid

Total karotenoid dari mikroenkapsulat MBM dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Hasil analisis statistik menunjukkan masing-masing faktor, yaitu CCR dan waktu penyimpanan berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$), namun tidak terdapat interaksi diantara keduanya.

Berdasarkan Tabel 6 nilai kandungan total karotenoid mikroenkapsulat MBM turun bila rasio

jumlah penyalut meningkat. Mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 memiliki bahan inti yang sebanding dengan penyalut sehingga paling banyak jumlah bahan intinya, oleh karena itu kandungan karotenoid dalam mikroenkapsulat tersebut paling tinggi yaitu 141 µg/g. Sedangkan untuk mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:4 memiliki total karotenoid terendah yang linier dengan jumlah inti yang lebih sedikit dibandingkan penyalutnya.

Tabel 6. Pengaruh CCR terhadap kandungan karotenoid mikroenkapsulat MBM

CCR	Total Karotenoid (µg/g)
1:1	141,39±18,10 ^d
1:2	87,25±12,47 ^c
1:3	54,56±10,05 ^b
1:4	42,59±10,66 ^a

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Berdasarkan Tabel 7 diketahui terjadi penurunan kandungan karotenoid pada mikroenkapsulat MBM setelah disimpan selama 11 hari. Hal ini terjadi karena karotenoid merupakan senyawa yang memiliki kestabilan rendah dan mudah terdegradasi. Penyimpanan pada suhu ruang (33°C-37°C) dapat mempercepat proses degradasi senyawa karotenoid yang membentuk senyawa turunan hasil proses isomerisasi dan oksidasi. Proses isomerisasi merupakan perubahan struktur geometris pada karotenoid dari bentuk *trans* menjadi *cis*. Senyawa karotenoid dengan struktur *cis*

memiliki stabilitas yang lebih rendah sehingga lebih mudah untuk teroksidasi. Proses oksidasi menyebabkan perubahan senyawa karotenoid menjadi senyawa turunannya seperti lutein dan zeaxantin dan juga kerusakan sehingga konsentrasi karotenoid akan berkurang (Kusumaningtyas & Leenawaty, 2019; Wardani *et al.*, 2020).

Tabel 7. Pengaruh waktu penyimpanan terhadap kandungan karotenoid mikroenkapsulat MBM

Waktu penyimpanan (hari)	Total Karotenoid (µg/g)
1	90,51±46,72 ^b
11	72,38±41,68 ^a

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Efisiensi Enkapsulasi

Keberhasilan penyalutan dalam pembuatan mikroenkapsulat untuk melindungi senyawa karotenoid juga dapat dilihat dari efisiensi enkapsulasi dan retensi karotenoid. Efisiensi enkapsulasi merupakan perbandingan kandungan karotenoid dari larutan *feed* (emulsi mikroenkapsulat MBM) dengan bubuk mikroenkapsulat MBM yang dihasilkan.

Tabel 8. Efisiensi enkapsulasi mikroenkapsulat MBM pada variasi CCR

CCR	Efisiensi enkapsulasi (%)
1:1	67,89±5,72
1:2	65,12±3,91
1:3	46,31±0,64
1:4	43,85±1,36

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa efisiensi enkapsulasi menurun seiring turunnya CCR yang berarti rasio bahan penyalut lebih banyak

dibandingkan bahan inti. Hasil yang sama juga dapat dilihat pada penelitian oleh Sucianti *et al.* (2020) dalam pembuatan mikroenkapsulat ekstrak kulit buah naga. Efisiensi penyalutan ekstrak kulit buah naga mengalami penurunan seiring semakin banyaknya jumlah bahan penyalut dibandingkan bahan inti.

Menurut Sarungallo *et al.* (2019), viskositas emulsi mikroenkapsulat berpengaruh terhadap efisiensi enkapsulasi dari mikroenkapsulat yang dihasilkan. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan lapisan penyalut yang terbentuk terlalu tipis dan kurang kuat sehingga bahan inti kurang terlindungi oleh bahan penyalut. Hasil penelitian ini juga menunjukkan hal yang sama, yaitu emulsi mikroenkapsulat dengan CCR 1:1 memiliki viskositas tertinggi dan efisiensi enkapsulasi tertinggi, sedangkan emulsi mikroenkapsulat dengan CCR 1:4 memiliki viskositas terendah dan efisiensi enkapsulasi yang paling rendah.

Retensi Karotenoid

Retensi karotenoid merupakan parameter untuk menentukan kemampuan mikroenkapsulat MBM untuk melindungi karotenoid setelah penyimpanan pada waktu tertentu. Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa retensi karotenoid mikroenkapsulat MBM menurun seiring

penurunan CCR dari 1:1 ke 1:4 setelah keempatnya disimpan selama 11 hari.

Tabel 9. Retensi karotenoid mikroenkapsulat MBM dengan variasi CCR

CCR	Retensi karotenoid (%)
1:1	84,14±2,77
1:2	81,67±0,39
1:3	78,37±6,91
1:4	70,45±12,91

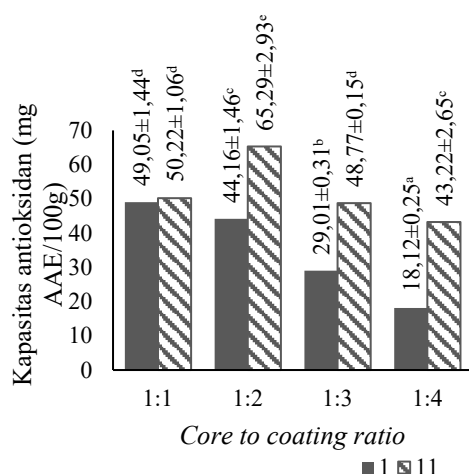
Mikroenkapsulat MBM dengan perlakuan CCR 1:1 memiliki viskositas tertinggi sehingga membentuk lapisan penyalut yang paling tebal dan kuat sehingga memiliki keunggulan dalam melindungi senyawa karotenoid. Dan sebaliknya pada mikroenkapsulat MBM dengan perlakuan CCR 1:4.

Kapasitas Antioksidan

Kapasitas antioksidan dari mikroenkapsulat MBM dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis statistik menunjukkan interaksi CCR dan waktu penyimpanan berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$).

Dapat dilihat pada Gambar 3 pada waktu penyimpanan hari ke-1 kapasitas antioksidan mikroenkapsulat MBM menurun seiring penurunan CCR. Hasil penelitian kapasitas antioksidan linier dengan nilai total karotenoid sebab karotenoid merupakan salah satu senyawa yang berkontribusi terhadap kapasitas antioksidan. Perbedaan kapasitas antioksidan pada masing-masing perlakuan CCR disebabkan karena perbedaan jumlah

bahan inti yang ditambahkan. Bahan inti yaitu MBM memiliki kapasitas antioksidan yang tinggi, sehingga jumlah penambahan juga berpengaruh terhadap kapasitas antioksidan mikroenkapsulat MBM yang dihasilkan.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Gambar 3. Pengaruh CCR dan waktu penyimpanan terhadap kapasitas antioksidan mikroenkapsulat MBM

Gambar 3 menunjukkan pula bahwa penyimpanan mikroenkapsulat setelah 11 hari justru mengalami peningkatan kapasitas antioksidan. Pada CCR 1:1 terjadi peningkatan kapasitas antioksidan sebesar $2,40 \pm 0,85$ % dari hari-1 ke hari-11 penyimpanan, serta peningkatan $138,65 \pm 17,89$ % pada rasio CCR 1:4. Hal ini menunjukkan kurang stabilnya lapisan enkapsulat dalam menghambat lepasnya senyawa antioksidan dalam mikrokapsul.

Lapisan penyalut mikroenkapsulat yang kuat dapat mengurangi efektivitas ekstraksi senyawa antioksidan yang

menyebabkan rendahnya hasil analisis kapasitas antioksidan (Da Rosa *et al.*, 2014). Sedangkan lapisan penyalut mikroenkapsulat yang kurang stabil atau lemah akan menghasilkan kapasitas antioksidan yang lebih tinggi karena tingginya efektivitas ekstraksi senyawa antioksidan (Shaygannia *et al.*, 2021).

Warna

Nilai *lightness*, nilai a^* , nilai b^* , dan nilai $^{\circ}\text{Hue}$ mikroenkapsulat minyak buah dapat dilihat pada Tabel 10 dan 11. Hasil analisis statistik nilai *lightness*, nilai a^* , nilai b^* , dan nilai $^{\circ}\text{Hue}$ menunjukkan bahwa adanya pengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) dari CCR dan waktu penyimpanan terhadap nilai *lightness* mikroenkapsulat MBM, namun tidak terdapat interaksi diantara keduanya.

Tabel 10. Pengaruh waktu penyimpanan terhadap nilai *lightness* mikroenkapsulat MBM

Waktu penyimpanan (hari)	Nilai <i>lightness</i>
1	55,60±3,57 ^a
11	56,92±3,71 ^b

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

Dapat diketahui bahwa nilai *lightness* dari mikroenkapsulat MBM meningkat setelah disimpan selama 11 hari. Hal ini disebabkan karena terjadinya degradasi senyawa karotenoid. Proses isomerisasi dan oksidasi yang menyebabkan terbentuknya senyawa turunan karotenoid menyebabkan hilangnya warna dari pigmen karotenoid

Tabel 11. Pengaruh CCR terhadap ukuran partikel dan warna mikroenkapsulat MBM

CCR	Ukuran partikel (μm)	Nilai <i>lightness</i>	Nilai a^*	Nilai b^*	Nilai $^{\circ}\text{Hue}$	Warna
1:1	1,92 $\pm$ 0,03	50,83 $\pm$ -,73 ^a	28,85 $\pm$ 0,78 ^c	38,65 $\pm$ 0,88 ^c	53,26 $\pm$ 0,33	Kuning kemerahan
1:2	1,41 $\pm$ 0,01	56,73 $\pm$ 1,56 ^b	23,97 $\pm$ 2,08 ^b	36,87 $\pm$ 1,18 ^b	57,02 $\pm$ 1,75	Kuning kemerahan
1:3	1,27 $\pm$ 0,05	57,77 $\pm$ 0,94 ^b	21,86 $\pm$ 0,97 ^{ab}	35,14 $\pm$ 0,54 ^a	58,12 $\pm$ 1,47	Kuning kemerahan
1:4	0,94 $\pm$ 0,04	59,71 $\pm$ 1,32 ^c	20,18 $\pm$ 1,41 ^a	33,67 $\pm$ 0,60 ^a	59,09 $\pm$ 1,47	Kuning kemerahan

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p \leq 0,05$)

dan menyebabkan nilai *lightness* meningkat (Kusumaningtyas & Leenawaty, 2019; Wardani *et al.*, 2020).

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai *lightness* mikroenkapsulasi meningkat seiring menurunnya CCR. Hal ini disebabkan perbedaan jumlah penambahan MBM. Penambahan MBM menurunkan nilai *lightness* dari mikroenkapsulat MBM sehingga mikroenkapsulat MBM CCR 1:1 dengan penambahan MBM paling banyak memiliki nilai *lightness* paling rendah, dan sebaliknya CCR 1:4.

Nilai a^* dan b^* yang semakin positif menunjukkan obyek yang semakin ke arah warna merah dan kuning. Berdasarkan hasil analisis terlihat bahwa semakin besar nilai CCR semakin tinggi nilai kemerahan dan kekuningan dari mikroenkapsulat MBM.. Berdasarkan Tabel 11, CCR 1:1 dengan jumlah inti MBM paling banyak memiliki nilai a^* dan nilai b^* paling tinggi, dan CCR 1:4 dengan penambahan MBM paling sedikit memiliki

nilai a^* dan nilai b^* paling rendah. Mikroenkapsulat MBM pada semua CCR berada pada *range* warna yang sama yaitu kuning kemerahan.

Ukuran Partikel

Berdasarkan Tabel 11, hasil pengujian ukuran partikel menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 1000x menunjukkan bahwa ukuran partikel mikroenkapsulat MBM menurun seiring menurunnya CCR. Viskositas emulsi mikroenkapsulat berpengaruh terhadap ukuran partikel dari mikroenkapsulat yang dihasilkan. Semakin tinggi viskositas emulsi larutan *feed*, lapisan penyalut yang terbentuk semakin tebal dan kuat sehingga ukuran partikel menjadi semakin besar. (Sarungallo *et al.*, 2019).

Penentuan Mikroenkapsulat dengan Perlakuan Terbaik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroenkapsulat MBM dengan perlakuan CCR 1:1 dengan waktu penyimpanan 1 hari menunjukkan karakteristik terbaik dengan kadar air

paling rendah, kandungan total karotenoid paling tinggi, dan kapasitas antioksidan paling tinggi. Setelah disimpan selama 11 hari, mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 menunjukkan keunggulan dalam efisiensi enkapsulasi karotenoid, retensi karotenoid, serta kemampuan untuk melindungi senyawa antioksidan paling baik.

Berdasarkan aspek warna, mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 menunjukkan keunggulan dengan nilai *lightness* paling rendah yang berarti warna paling pekat, dan nilai °Hue yang paling mendekati warna merah.

Ukuran Partikel

Mikroenkapsulat dengan perlakuan terbaik dianalisis menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA). Dapat diketahui bahwa rata-rata diameter partikel mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 adalah 1,5838 μm . Hasil serupa ditemukan pada penelitian oleh Dipahayu & Kusumo (2021), dimana pembuatan nanopartikel ekstrak etanol daun ubi jalar ungu dengan bahan penyalut kitosan dan sodium tripolifosfat serta dengan CCR 1:1 menunjukkan rata-rata ukuran partikel adalah 1,482 μm .

Polydispersity Index (PDI) merupakan indeks yang mengukur heterogenitas berdasarkan distribusi dari ukuran partikel. Berdasarkan analisis

mikroenkapsulat perlakuan terbaik dapat diketahui bahwa rata-rata PDI mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 adalah 0,374 yang menunjukkan distribusi ukuran partikel yang tergolong homogen (Ningsih *et al.*, 2017). Hasil serupa ditemukan pada penelitian oleh Dipahayu & Kusumo (2021), dalam pembuatan nano partikel ekstrak etanol daun ubi jalar ungu dengan bahan penyalut kitosan dan sodium tripolifosfat serta dengan CCR 1:1 menunjukkan rata-rata PDI adalah 0,348.

KESIMPULAN

Rasio CCR berpengaruh terhadap efisiensi karotenoid pada mikroenkapsulasi metode gelasi ion menggunakan penyalut kitosan dan STPP. Nilai CCR yang tinggi yaitu jumlah inti banyak menghasilkan efisiensi karotenoid yang diperoleh semakin besar. Mikroenkapsulat MBM terbaik adalah mikroenkapsulat dengan CCR 1:1 dengan karakteristik nilai kadar air $6,94 \pm 0,61\%$, kelarutan $8,76 \pm 0,38\%$, efisiensi enkapsulasi $67,89 \pm 5,72\%$, kandungan total karotenoid $141,39 \pm 18,10 \mu\text{g/g}$, retensi karotenoid $83,31 \pm 2,75\%$, kapasitas antioksidan $49,05 \pm 1,44 \text{ mg AAE/100 g}$, serta nilai °Hue 53,26 yang menunjukkan warna merah kekuningan.

Hasil uji partikel menunjukkan ukuran partikel mikroenkapsulat dengan CCR 1:1 sebesar 1,5838 μm dengan nilai

PDI 0,374. Mikroenkapsulat MBM dengan CCR 1:1 stabil hingga 11 hari penyimpanan berdasarkan retensi karotenoid sebesar $83,31 \pm 2,75\%$.

SARAN

Peningkatan efisiensi enkapsulasi dengan meningkatkan jumlah bahan inti atau rasio penyalutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada LPPM UPH yang telah mendanai penelitian ini berdasarkan No Penelitian : P-10-FaST/VIII/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. *AOAC International*
- Belkhodja, H., Bouhadi, D., Medjadel, B., dan Brakna, A. 2021. Physicochemical characterization and evaluation of the antioxidant activities of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus*. *European Journal of Biological Research*, 11(3): 315-324.
<http://www.journals.tmkarpinski.com/index.php/ejbr/article/view/450>
- Da Rosa, C. G., Borges, C. D., Zambiasi, R. C., Rutz, J. K., da Luz, S. R., Krumreich, F. D., Benvenuti, E. V., dan Nunes, M. R. 2014. Encapsulation of the phenolic compounds of the blackberry (*Rubus fruticosus*). *Lwt*, 58(2), 527–533.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.042>
- Djafar F, Supardan MD. 2019. Pengaruh penyalut maltodekstrin terhadap produk mikrokapsul minyak jahe dengan teknik spray drying. *Jurnal Litbang Industri*, 9(1) : 1-7.
<https://doi.org/10.24960/jli.v9i1.4664.1-7>
- Dipahayu, D., dan Kusumo, G. G. 2021. Formulasi dan Evaluasi Nano Partikel Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Varietas Antin-3. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(6), 781–785.
<https://doi.org/10.25026/jsk.v3i6.818>
- Ferdiansyah, F., Heriyanto, H., Wijaya, C. H., Limantara, L., Ilmu, D., Pertanian, F. T., dan Bogor, I. P. 2017. Pengaruh Metode Nanoenkapsulasi terhadap Stabilitas Pigmen Karotenoid dan Umur Simpan Minyak dari Buah Merah (*Pandanus conoideus* L). *Agritech*, 37(4), 369–376.
<https://doi.org/10.22146/agritech.15467>
- Fithriani, D., Amini, S., Melanie, S., dan Susilowati, R. 2015. Uji Fitokimia, Kandungan Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Mikroalga *Spirulina* sp., *Chlorella* sp., dan *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 10(2), 101.
<https://doi.org/10.15578/jpbkp.v10i2.270>
- Hasibuan, R., Dian, I., dan Marbun, S. 2018. Effectiveness of Various Desiccants and Air Velocity on Adsorption of Water Vapor From Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1).
- Hasrini, R. F., Zakaria, F. R., Adawiyah, D. R., dan 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>

- Ho, L. P., Pham, A. H., dan Le, V. V. M. 2015. Effects of Core/Wall Ratio and Inlet Temperature on the Retention of Antioxidant Compounds during the Spray Drying of Sim (Rhodomyrtus tomentosa) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2088–2095.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12452>
- Jayanudin, J., dan Rochmadi, R. 2017. Pengaruh Perbedaan Bahan Penyalut Terhadap Efisiensi Enkapsulasi Oleoresin Jahe Merah. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(2), 275–287.
<https://doi.org/10.20961/alchemistry.v13i2.5406>
- Kumar, V., Mathela, C. S., Kumar, M., dan Tewari, G. 2019. Antioxidant potential of essential oils from some Himalayan Asteraceae and Lamiaceae species. *Medicine in Drug Discovery*, 1, 100004.
<https://doi.org/10.1016/j.medidd.2019.100004>
- Kusumaningtyas, R., dan Leenawaty, L. 2019. Isomerisasi Dan Oksidasi Senyawa Karotenoid Dalam Buah Kelapa Sawit Selama Pengolahan Cpo The Isomerization And Oxidation Of Carotenoid Compounds In The Oil Palm. *Indo. J. Chem*, 9(November), 48–53.
- Layuk, P., Lintang, M., dan Motulo, H. J. 2011. Pengaruh Bahan Penyalut Terhadap Kualitas Enkapsulasi Minyak Atsiri Pala. *Seminar Nasional Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 217–225.
- Lee, P. E., dan Choo, W. S. 2015. Characterization of flaxseed oil emulsions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4378.
<https://doi.org/10.1007/S13197-014-1495-3>
- Lusiana, R. A., Ahmad, S., Khabibi, dan Faradina, G. 2021. Pengaruh Tripolifosfat sebagai Agen Taut Silang pada Membran Kitosan Terhadap Karakter Fisikokimia dan Kemampuan Permeasi. *Journal Environmental Chemistry*, 1(1), 19–24.
<https://doi.org/10.14710/gjec.2021.10898>
- Maryam, S., Baits, M., dan Nadia, A. 2016. Pengukuran Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kelor(Moringa oleifera Lam.) Menggunakan Metode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(2), 115–118.
<https://doi.org/10.33096/jffi.v2i2.181>
- Meléndez-Martínez AJ, Mandić AI, Bantis F, Böhm V, Borge GIA, Brnčić M, Bysted A, Cano MP, Dias MG, Elgersma A, *et al.* 2022. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 62(8):1999–2049.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959>
- Murtiningrum, Sarungallo, Z. L., dan Roreng, M. K. 2011. Kandungan Komponen Aktif Minyak Kasar Dan Hasil Degumming dari Buah Merah (Pandanus conoideus) yang Diekstrak Secara Tradisional. September.
- Ningsih, N., Yasni, S., dan Yuliani, S. 2017. Sintesis Nanopartikel Ekstrak Kulit Manggis Merah Dan Kajian Sifat Fungsional Produk Enkapsulasinya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 27–35.
<https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.27>
- Pratiwi, I., Sarungallo, Z. L., dan Santoso, B. 2020. Sifat Fisikokimia MBM (Pandanus conoideus Lamk.) Degumming dan Karakteristik

- Mikroenkapsulat MBM yang Dihasilkan. *Agritechology*, 3(2),50. <https://doi.org/10.51310/agritechnology.v3i2.54>
- Purnamayati, L., Dewi, E. N., dan Kurniasih, R. A. 2016. Karakteristik Fisik Mikrokapsul Fikosianin Spirulina Pada Konsentrasi Bahan Penyalut Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/jthp.v9i2.12844>
- Rohman, A., Sugeng, R., dan Man, C. 2012. Characterization of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam) oil. *International Food Research Journal*, 19(2): 563-567.
- Saadah, M., Nurdiana, N., dan Wahyudiati, D. 2018. Uji Kadar Zat Warna (β -karoten) Pada Cabe Merah (*Capsicum annum*. Linn) sebagai Pewarna Alami. *Biota: Jurnal Tadris IPA Biologi FITK IAIN Mataram*, 9(1), 86–95. <https://doi.org/10.20414/jb.v9i1.40>
- Sarungallo, Z. L., Hariyadi, P., dan Andarwulan, N. 2014. Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Mutu Kimia dan Komposisi Asam Lemak MBM (*Pandanus Conoideus*). *Eko Hari Purnomo J Tek Ind Pert*, 24(3), 209–217.
- Sarungallo, Z. L., Murtiningrum, dan Paiki, N. P. 2011. Sifat Fisikokimia Minyak Kasar dan Hasil Degumming dari Buah Merah (*Pandanus conoideus* L.) yang diekstrak secara Tradisional Merdey. *Jurnal Agrotek*, 1(6), 9–15.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Roreng, M. K., dan Murni, V. 2019. Karakteristik Mutu Mikroenkapsulat MBM (*Pandanus conoideus*) Dengan Perbandingan Konsentrasi Bahan Pengemulsi dan Bahan Pelapis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 5(2), 528–539. <https://doi.org/10.29303/profood.v5i2.119>
- Shaygannia, S., Eshaghi, M. R., Fazel, M., dan Hashemiravan, M. 2021. The Effect of Microencapsulation of Phenolic Compounds from Lemon Waste by Persian and Basil Seed Gums on the Chemical and Microbiological Properties of Mayonnaise. *Preventive Nutrition and Food Science*, 26(1), 82–91. <https://doi.org/10.3746/PNF.2021.26.1.82>
- Sucianti, Nurhaeni, dan Hardi, J. 2020. Mikroenkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) pada Berbagai Massa Maltodekstrin dan Aplikasinya Sebagai Antioksidan. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 191–197. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.9889>
- Thamaket, P., dan Raviyan, P. 2015. Preparation and physical properties of carotenoids encapsulated in chitosan cross-linked tripolyphosphate nanoparticles. *Food and Applied Bioscience Journal*, 3(1), 69–84.
- Ulumi, M. L. N. N., Wirandhani, D. S., Ardhani, R. F., Andhani, C. O., dan Putri, D. N. 2021. Mikroenkapsulasi Pigmen Beta-Karoten Dengan Metode Foam Mat Drying Menggunakan Gelatin Tulang Ikan Kakap Merah Sebagai Bahan Penyalut. *J. Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1183–1195. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.11689>
- Wardani, A. D., Susanto, E., Dewi, E. N., dan Purnamayati, L. 2020. Pengaruh Perbedaan Pre-Treatment Terhadap Stabilitas. *Jphpi*, 23, 236–247. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.30878>
- Willy, Y., Widjanarko, S. B., dan Wahono, T. 2007. Karakteristik Dan Stabilitas Antioksidan Mikrokapsul MBM (*Pandanus conoideus* Lam) Dengan Bahan Penyalut Berbasis Protein.

Jurnal Teknologi Pertanian, 8, 127–135.

Windarti, T., dan Dewi, A. 2022. Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat Sebagai Kandidat Material Pelapis Artefak Kayu Tripolyphosphate Modified Chitosan As A Candidate For Wood Artifacts Coating Materials. *Borobudur*, XVI(1), 39–50. <https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v16i1.270>

Yanuwar W, Widjanarko SB, dan Wahono T. 2007. Karakteristik dan stabilitas antioksidan mikrokapsul MBM (*pandanus conodeus*) dengan bahan penyalut protein. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2): 127-135