



MIKROENKAPSULASI PIGMEN BETA-KAROTEN DENGAN METODE FOAM MAT DRYING MENGGUNAKAN GELATIN TULANG IKAN KAKAP MERAH SEBAGAI BAHAN PENYALUT

Mei Linda Nikma Nur Ulumi, Dwi Syanti Wirandhani, Reza Fadilah Ardhani,
Cathrine Olivia Andhani, Desiana Nuriza Putri*

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

Article history

Diterima:

3 September 2021

Diperbaiki:

9 Desember 2021

Disetujui:

9 Desember 2021

Keyword

*Gelatine; red-snapper
bone; Enkapsul; Foam
Mat*

ABSTRACT

*Carrots (*Daucus carota L.*) are vegetables of the Apiaceae family that contain carotenoids, flavonoids, polyacetylenes, vitamins, and antioxidants. One of the carotenoid derivative compounds is beta-carotene. However, neither carotenoids nor their derivatives are stable on oxidation and easily degraded when exposed to light, oxygen, acids, and heat during food processing and storage. Microencapsulation with foam-mat drying method is an alternative to maintain the stability of beta-carotene pigments. The research aimed to study the effects of the red-snapper bone gelatin and maltodextrin ratios on characteristics of the encapsulated β -carotene. This research is used as a reference for literature regarding the development of halal gelatin and its application as a coating material for pigment microencapsulation. This research used a randomized block design with one factor, the ratios of gelatin and maltodextrin were GM 1 (1:1); GM 2 (1:1.5), GM 3 (1:2), and GM 4 (1:2.5). The results of the research showed that the ratio factors of gelatin and maltodextrin had a real impact on yield, water content, total carotenoids, surface carotenoids, solubility, encapsulation efficiency, rehydration ratio, bulk density, color intensity, and morphological observation using an optical microscope. The results showed the best treatment resulted in the ratio of the GM 1 (1:1) with the yield of 9.84 percent, the water content of 8.8 percent, total carotenoids of 203.85 mg/g, surface carotenoids of 2.01 mg/g, the solubility of 63.67percent, encapsulation efficiency of 99.15 percent the rehydration ratio of 259.70 percent, the bulk density of 0.3532 g/m, and color intensity (L: 46.6; a+: 28.1 and b+: 19.2). Red snapper bone has the potential to be used as a source of gelatin which has high encapsulation efficiency.*

This is open access article under the CC-BY-SA license

* Penulis korespondensi

Email : desiana@umm.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v15i4.11689

PENDAHULUAN

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan sayuran dari keluarga Apiaceae yang mengandung karotenoid, flavonoid, poli-asetilen, vitamin, dan antioksidan (da Silva Dias, 2014). Karotenoid merupakan golongan pigmen organik yang secara alami dapat ditemui dalam kloroplas dan kromoplas (Zielinska and Markowski, 2012). Senyawa karotenoid memberikan warna kuning, jingga, dan merah di dalam bahan makanan. Turunan dari senyawa karotenoid antara lain β -karoten, α -karoten, likopen, lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, α -cryptoxanthin, γ -karoten, neurosporene, dan ζ -karoten (Correâ-Filho *et al.*, 2019). β -karoten menjadi bentuk karotenoid yang paling umum dengan cincin beta di kedua ujungnya.

Kandungan senyawa β -karoten ditemukan pada wortel mentah sebesar $34,94 \pm 7,810\%$ dan pada wortel rebus sebesar $23,31 \pm 4,246\%$ (Agustina *et al.*, 2019). pada bubuk wortel sebesar $20550 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ (Marliyati *et al.*, 2016). Namun, karotenoid maupun turunannya memiliki struktur terkonjugasi sehingga tidak stabil terhadap oksidasi dan mudah terdegradasi ketika terpapar cahaya, oksigen, asam, dan panas selama pemrosesan makanan dan penyimpanan (Aryayustama *et al.*, 2018). Pemudaran warna β -karoten karena degradasi ketika di suhu penyimpanan 55°C Qian *et al.*, (2012) dan pH dibawah 4 di suhu ruang Indriyani *et al.*, (2018). Ketidakstabilan pigmen β -karoten sehingga diperlukannya solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Teknologi mikroenkapsulasi menjadi alternatif yang mampu mempertahankan kestabilan pigmen β -karoten agar optimal dalam penggunaannya. Umumnya mikroenkapsulasi menggunakan metode *spray drying*. Namun metode *spray drying* hanya untuk produk dengan tingkat kekentalan tertentu dan menggunakan suhu relatif tinggi 120°C - 200°C sehingga tidak cocok untuk produk yang peka terhadap panas Saputri & Ngatirah, (2019). Pengering busa (*foam mat drying*) dapat menjadi alternatif sebagai metode mikroenkapsulasi. *Foam mat drying* adalah metode pengeringan dengan melibatkan zat pembuih yang bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan pada suhu rendah namun tidak merusak jaringan sel Asiah, (2012). Metode *foam mat drying* cocok untuk bahan yang peka terhadap panas, kental, lengket, dan berkadar gula tinggi

yang tidak dapat dikeringkan menggunakan bentuk metode pengeringan lain seperti metode *spray drying* (Hardy and Jideani, 2017).

Bahan penyalut dalam proses mikroenkapsulasi dapat berupa polimer. Polimer bahan penyalut yang biasanya digunakan berupa karbohidrat, golongan gum, selulosa, golongan lipid dan protein. Bahan penyalut yang digunakan memiliki karakteristik fisikokimia tertentu, dimana karakteristik fisikokimia tersebut akan mempengaruhi stabilitas mikrokapsul yang dihasilkan. Bahan penyalut yang digunakan harus memiliki sifat yang fleksibel, mudah larut dalam air, non higroskopis, memiliki viskositas yang rendah, dapat mempertahankan stabilitas inti Baena-Aristizábal *et al.*, (2019), memberikan lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti, bersifat inert (tidak boleh bereaksi dengan inti), kompatibel secara kimia dan tidak reaktif dengan bahan inti, memiliki kemampuan untuk melepaskan inti pada kondisi tertentu, dan harus memiliki sifat yang sesuai untuk keperluan penyalutan. (Farheen *et al.*, 2017)

Maltodekstrin merupakan salah satu bahan penyalut yang umumnya pada proses mikroenkapsulasi. Keunggulan maltodekstrin sebagai bahan penyalut karena mempunyai kelarutan yang tinggi, memiliki viskositas yang rendah, cepat terdispersi, mampu dalam membentuk matriks pelindung yang baik, dapat menghambat kristalisasi dan pencokelatan, serta dapat diaplikasikan dengan mudah (Laohasongkram *et al.*, 2011). Disisi lain kekurangan maltodekstrin diantaranya yaitu lemah dalam pembentukan emulsi dan *film* (Purnamayati *et al.*, 2016). Sehingga dalam penelitian ini dilakukan kombinasi bahan penyalut dengan gelatin. Gelatin memiliki kemampuan dalam membentuk emulsi yang baik, sehingga dengan adanya kombinasi enkapsulan gelatin dan maltodekstrin akan dihasilkan mikrokapsul dengan kualitas yang baik dan memiliki stabilitas yang tinggi. Tulang ikan kakap merah menjadi salah satu hasil limbah industri yang belum dimanfaatkan secara optimal. Industri pengolahan ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) menghasilkan limbah padat lebih dari 50% Saputra *et al.*, (2015), sehingga limbah tulang ikan kakap merah dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuatan gelatin dan menambah nilai ekonomis limbah tulang ikan kakap merah.

Keterbaruan penelitian ini adalah mikroenkapsulasi ekstrak pigmen β -karoten

dengan bahan penyalut kombinasi gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin menggunakan metode foam mat drying. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kombinasi gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin terhadap karakteristik pigmen beta karoten terenkapsulasi sehingga dihasilkan mikrokapsul dengan kualitas yang baik.

METODE

Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan yaitu tulang ikan kakap merah beku yang diperoleh dari PT. Inti Luhur Fuja Abadi (Pasuruan), Wortel tipe Chantenay dengan panjang antara 10-15 cm berwarna jingga dan putih telur yang diperoleh dari Pasar Landungsari, akuades yang diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi UMM, n-Heksana pa (Merck), Petroleum Benzene pa (Merck), Maltodekstrin (MD), carboximetilcelulosa (CMC), yang didapatkan dari Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang.

Alat

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah oven, blender (Nagoya), water bath (Mommert), neraca analitik (OHAUS PA224), Rotary evaporator (IKA RV 10), Spektrofotometer uv-vis (BEL Photonic), Color Reader (Konica Minolia CR-10), Centrifuge, tube centrifuge, vortex, cabinet dryer, desikator, corong buchner, pompa vakum, ayakan 80 mesh, kertas saring Whatman No. 1.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana dengan perlakuan perbandingan gelatin (G) dan maltodekstrin (M) yang terdiri atas 6 perlakuan yaitu GM1 (1:1), GM2 (1:1,5), GM3 (1:2), GM4 (1:2,5), GM Komersial, dan Tanpa GM (Yogaswara *et al.*, 2017). Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali berdasarkan waktu pengerjaannya sehingga diperoleh 18 satuan percobaan

Pembuatan Bubuk Wortel dan Ekstraksi Wortel (Modifikasi, Yogaswara *et al.*, 2017)

Wortel yang telah disortasi kelayakannya dicuci dengan air mengalir hingga bersih selanjutnya ditiriskan. Lalu dikupas kulitnya dan diiris tipis-tipis. Selanjutnya dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama 24 jam. Setelah itu wortel yang telah

kering dikecilkan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 40 mesh sehingga didapatkan wortel bubuk. Kemudian direndam menggunakan n-heksana (1:5) dan disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 dan corong *buchner* menghasilkan filtrat dan residu. Setiap 24 jam hasil maserasi kemudian ditambahkan kembali heksana. Maserat kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* 50°C dengan tekanan 100 mBar. Diperoleh ekstrak wortel cair kemudian dituang ke dalam loyang dan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama 24 jam. Kemudian dihancurkan menggunakan blender hingga halus.

Mikroenkapsulasi Pigmen β -Karoten Wortel (Modifikasi Pinto *et al.*, 2018)

Disiapkan ekstrak wortel dan bahan pembusa menggunakan putih telur (1:5). Putih telur dikocok hingga berbusa lalu ditambahkan ekstrak pigmen beta karoten yang telah dievaporasi dan dihomogenisasi selama 3 menit. Kemudian ditambahkan bahan penyalut sesuai perlakuan gelatin dan maltodekstrin GM 1:1 (5 gram gelatin:5 gram maltodekstrin), GM 1:1,5 (5 gram gelatin:7.5 gram maltodekstrin), GM 1:2(5 gram gelatin:10 maltodekstrin), GM 1:2,5 (5 gram:12,5 maltodekstrin) yang sudah dilarutkan dengan akuades 100 ml. Kemudian dihomogenisasi selama 5 menit dan dituang pada loyang stainless steel dengan ketebalan 2 mm. Setelah itu dikerok dari loyang dan dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh.

Perhitungan Rendemen (Hasrini *et al.*, 2017)

Rendemen mikroenkapsulasi pigmen beta-karoten merupakan rasio antara bahan setelah diproses dengan bahan sebelum diproses dikalikan 100%. Perhitungan rendemen berdasarkan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat mikroenkapsulasi (g)}}{\text{Berat total bahan (g)}} \times 100\%$$

Pengujian Kadar Air (AOAC, 2005)

Sebanyak 2 g sampel ditimbang dalam cawan yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya. Cawan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Cawan dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Pengeringan dilanjutkan setiap 15 menit didinginkan dan ditimbang hingga diperoleh bobot konstan. Uji kadar air menggunakan metode oven kemudian ditentukan dengan membandingkan massa bubuk yang diperoleh setelah mikroenkapsulasi dengan massa padatan sebelum mikroenkapsulasi.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{Bobot awal} - \text{bobot konstan})}{(\text{bobot bahan})} \times 100\%$$

Pengujian Kadar Karotenoid Total (Haas *et al.*, 2019)

Sebanyak 0,1 g sampel dilarutkan dengan heksana *pro-analys* dalam labu takar 25 ml sampai tanda tera, lalu dikocok hingga homogen. Selanjutnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 470 nm. Kadar karotenoid ($\mu\text{g/g}$) dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Kadar karotenoid total (\mu g/g)} = \frac{A \times V(\text{mL}) \times 10^3}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times P(\text{g})}$$

Ket: A= absorbansi

V= Volume total ekstraksi (mL)

P= berat sampel (g)

$A_{1\text{cm}}^{1\%} = 2560$ (Koefisien ekstingsi β Karoten pada n-heksana)

Pengujian Kadar Karotenoid Permukaan (Haas *et al.*, 2019)

Kadar Karotenoid permukaan dihitung dengan menimbang 50 mg bubuk sampel, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 mL kemudian ditambahkan akuades 2,5 mL dan diekstrak dengan petroleum benzena 5 mL. Selanjutnya diaduk selama 15 detik dengan kecepatan 100 rpm kemudian disentrifuge selama 1 menit dengan kecepatan 1000 rpm. Sampel diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm (Hidayat, 2015). Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Karotenoid Permukaan (\mu g/g)} = \frac{A \times 10^2}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times P(\text{g})}$$

Ket: A= absorbansi; P= berat sampel

$A_{1\text{cm}}^{1\%} = 2303$ (Koefisien ekstingsi β karoten pada petroleum benzene)

Pengujian Kelarutan (AOAC 1984)

Sebanyak 1 gram (a) dan dilarutkan dalam 20 ml air destilat kemudian disaring kertas saring Whatman No. 1. Sebelum digunakan, kertas saring dikeringkan dalam oven 105°C selama 30 menit dan ditimbang (b). Setelah penyaringan, kertas saring dikeringkan kembali dalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C. Setelah itu, kertas saring didinginkan di desikator kemudian ditimbang sampai tercapai bobot tetap (c).

$$S = 100\% \left(\frac{(c-b)}{\left(\frac{100-KA}{100} \right)} \right) \times 100\%$$

Ket: S= kelarutan (%)

KA= Kadar air (%)

Pengujian Efisiensi Enkapsulasi (Wulandari *et al.*, 2019)

Efisiensi enkapsulasi untuk mengukur keefektifan proses enkapsulasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$EE\% = \frac{(KT - KP)}{KT} \times 100\%$$

Ket: KT = Karotenoid Total ($\mu\text{g/g}$)

KP = Karotenoid Permukaan ($\mu\text{g/g}$)

Pengujian Rasio Rehidrasi (Kumalasari *et al.*, 2015)

Rasio rehidrasi dihitung dengan memasukan sampel sebanyak 10 g ke dalam erlenmeyer yang ditambahkan 15 ml aquades. Sampel kemudian dimasukan ke dalam *water bath* pada suhu 80°C selama 10 menit. Kemudian didinginkan di suhu ruang dan disaring menggunakan penyaring vakum. Sampel yang sudah di rehidrasi kemudian ditimbang. Rasio rehidrasi dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rasio Rehidrasi} = \frac{\text{Berat setelah rehidrasi (g)}}{\text{Berat sebelum rehidrasi (g)}}$$

Pengujian Densitas Kamba (Modifikasi Muchtadi (1992) dalam Kumalasari *et al.*, (2015)

Pengujian densitas kamba dilakukan dengan menggunakan gelas ukur 10 ml. Gelas ukur kosong ditimbang. Kemudian dimasukkan bubuk mikroenkapsulasi ke dalam gelas ukur 10 ml hingga tanda tera dan ditimbang. Berat mikroenkapsulasi 10 ml ditentukan dari selisih antara berat gelas ukur 10 ml yang diisi mikroenkapsulasi hingga tanda tera dengan berat gelas ukur 10 ml kosong. Densitas kamba ditentukan dari perbandingan antara berat 10 ml mikroenkapsulasi dengan volume gelas ukur yaitu 10 ml. Densitas kamba dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Densitas Kamba} = \frac{\text{Berat mikrokapsul (g)}}{\text{Volume gelas ukur (ml)}}$$

Pengukuran Intensitas Warna (Soewarno (1990) dalam Souripet, (2015)

Sampel bubuk mikroenkapsulasi diratakan dalam plastik bening dan diratakan. Lalu diletakan pada lensa *color reader* dan tekan tombol pada sisi samping alat *color reader*. Metode pengukuran yang digunakan yakni pengukuran sistem warna absolut L^* , a^* , b^* .

Pengamatan Morfologi (Mardikasari *et al.*, 2020)

Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik. Sampel diletakan di atas kaca objek. Selanjutnya tentukan partikel yang

diinginkan untuk memulai pengukuran diameter partikel. Atur sedemikian rupa sehingga didapat bentuk yang jelas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Perlakuan rasio bahan penyalut gelatin tulang ikan kakap dan maltodekstrin berpengaruh signifikan terhadap rendemen ($\rho < 0,05$). Rendemen yang dihasilkan (Tabel 1) menunjukkan pada perlakuan menunjukkan bahwa semakin tinggi formulasi bahan gelatin dan maltodekstrin maka semakin tinggi rendemen yang diperoleh. Perlakuan Tanpa GM diperoleh hasil rendemen paling tinggi yaitu sebesar 22,27 hal yang mempengaruhi pada penelitian ini adalah rasio penambahan gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin dilakukan pengadukan untuk homogenisasi dengan aquades, sehingga ketika melalui tahap pengeringan aquades menguap. Hal ini disebabkan buih (foam) yang terbentuk memperluas interface (terbentuk gelembung-gelembung udara) sehingga memperbesar bidang pengeringan dan terjadinya mekanisme difusi ke udara lebih besar (Asiah Nurul, 2012)

Selain itu perbedaan rendemen disebabkan oleh perlakuan pemberian maltodekstrin yang berbeda yang akan menaikkan total padatan ekstrak β -karoten bubuk. Konsentrasi penambahan bahan mikroenkapsulasi yang tinggi akan meningkatkan rendemen dari ekstrak β -karoten bubuk terenkapsulasi pada (Tabel 3). Hal ini didukung oleh Koç *et al.*, (2011), tingginya total padatan pada bahan yang dikeringkan maka semakin meningkat rendemen yang dihasilkan. Sedangkan perlakuan Tanpa GM tidak ada homogenisasi

dengan aquades sehingga rendemen lebih banyak sejalan dengan rasio formulasi bahan yang digunakan.

Kelarutan

Perlakuan rasio bahan penyalut gelatin tulang ikan kakap dan maltodekstrin berpengaruh signifikan terhadap kelarutan ($\rho < 0,05$). Uji kelarutan dilakukan mengetahui nilai kelarutan yang berhubungan dengan pelepasan bahan aktif dan untuk mengetahui apakah mikro kapsul yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam produk pangan. Kelarutan yang dihasilkan (Tabel 2) tertinggi ditunjukkan pada perlakuan GM 4 yaitu 73,67% dan kelarutan terendah diperoleh oleh perlakuan G komersial yaitu sebesar 1,89%. Kelarutan dalam air menjadi parameter yang berkaitan dengan pelepasan bahan aktif penerapan mikroenkapsulasi.

Mikroenkapsulasi yang baik cenderung memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut misalnya air (Khasanah *et al.*, 2015). Hal ini menunjukkan kelarutan dipengaruhi oleh penambahan maltodekstrin, semakin tinggi adanya penambahan maltodekstrin menyebabkan meningkatnya zat padat terlarut karena sifat kelarutan yang dimiliki oleh maltodekstrin (Purnamayati *et al.*, 2016). Kajian studi menyatakan bahwa kelarutan serbuk berkisar antara 67,71% hingga 99,71%. Kelarutan serbuk yang tinggi disebabkan oleh atribusi sifat enkapsulan yang larut dalam air seperti maltodekstrin bercampur homogen sehingga diperoleh kelarutan tertinggi dari enkapsulan (Castro-Cabado *et al.*, 2016).

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Rendemen Mikro kapsul Pigmen β -karoten

Rasio Gelatin: Maltodekstrin	Rendemen (%)
GM 1 (1:1)	9,84±0,05 ^a
GM 2 (1:1,5)	12,69±0,67 ^b
GM 3 (1:2)	13,67±1,44 ^b
GM 4 (1:2,5)	13,37±0,97 ^b
GK	8,85±0,93 ^a
Tanpa GM	22,27±1,67 ^d

Keterangan: GM 1 (5 gr gelatin: 5 gr maltodekstrin), GM 2 (5 gr gelatin:7,5 gr maltodekstrin), GM 3 (5 gr gelatin:10 maltodekstrin), GM 4 (5 gr gelatin :12,5 maltodekstrin) GK(5 gr gelatin komersial: 5 gr maltodekstrin), Tanpa GM (Kontrol)

Tabel 2 Sifat Fisik Mikrokapsul Pigmen β -karoten

Rasio Gelatin: Maltodekstrin	Kelarutan (%)	Rasio Rehidrasi (%)	Densitas Kamba (g/m)
GM 1 (1:1)	63,67 \pm 2,52 ^b	259,70 \pm 80,53 ^a	0,3532 \pm 0,04 ^{ab}
GM 2 (1:1,5)	67,67 \pm 5,13 ^{bc}	298,53 \pm 73,61 ^a	0,5214 \pm 0,08 ^c
GM 3 (1:2)	60,90 \pm 8,15 ^b	293,51 \pm 82,82 ^a	0,475 \pm 82,82 ^{bc}
GM 4 (1:2,5)	73,67 \pm 4,04 ^{cd}	231,54 \pm 65,73 ^a	0,4877 \pm 0,07 ^c
GK	1,89 \pm 0,50 ^b	257,32 \pm 18,73 ^a	0,4822 \pm 0,03 ^c
Tanpa GM	1,98 \pm 4,16 ^a	559,73 \pm 37,50 ^b	0,3481 \pm 0,04 ^a

Keterangan: GM 1 (5 gr gelatin: 5 gr maltodekstrin), GM 2 (5 gr gelatin:7,5 gr maltodekstrin), GM 3 (5 gr gelatin:10 maltodekstrin), GM 4 (5 gr gelatin :12,5 maltodekstrin) GK(5 gr gelatin komersial: 5 gr maltodekstrin), Tanpa GM (Kontrol)

Perlakuan Tanpa GM memiliki kelarutan lebih rendah yaitu sebesar 1,98% dibandingkan dengan perlakuan mikroenkapsulasi. Hal ini disebabkan karena molekul zat aktif mempunyai ukuran yang besar serta kelaurtan yang rendah dibandingkan molekul air (Septeani, 2018). Umumnya kelarutan juga dipengaruhi oleh ukuran partikel, dimana ukuran partikel yang lebih kecil dapat mengikat lebih kuat molekul air atau hidrasi (Kuck and Noreña, 2016). Meskipun beberapa peneliti mengungkapkan bahwa kelarutan mikrokapsul dalam air tidak dipengaruhi oleh rasio bahan pengisi dan penyalut, Daza *et al.*, (2016) menyimpulkan bahwa kelarutan air meningkat seiring dengan meningkatnya proporsi bahan penyalut.

Rasio Rehidrasi

Perlakuan rasio bahan penyalut gelatin tulang ikan kakap dan maltodekstrin berpengaruh signifikan terhadap rasio rehidrasi ($p < 0,05$). Rasio rehidrasi adalah nilai kemampuan penyerapan air kembali oleh produk yang telah dikeringkan (Kumalasari *et al.*, 2015). Semakin tinggi rasio rehidrasi mikroenkapsulasi (Tabel 2), maka semakin tinggi kemampuan untuk rehidrasi dalam air. Perlakuan tanpa GM menunjukkan rasio rehidrasi tertinggi yaitu 559,73% dibandingkan dengan mikroenkapsulasi yang telah diberi kombinasi gelatin dan maltodekstrin.

Elastisitas dinding sel pada sampel menjadi faktor utama untuk menghasilkan tingkat rehidrasi yang baik. Penambahan konsentrasi maltodekstrin akan menambah pembentukan film, sehingga membentuk matriks polisakarida yang keras dan menghambat difusi air. Hal ini didukung oleh (Yulni *et al.*, (2017) menyatakan bahwa selama proses pengeringan, diameter akan meningkat karena mikrofibril membentuk agregat dan

dinding sel matriks polisakarida menempel dan membentuk lapisan keras. Lapisan keras ini menghambat difusi air selama rehidrasi sehingga nilai rasio rehidrasi menjadi kecil. Perlakuan penambahan gelatin dan maltodekstrin cenderung memiliki rasio rehidrasi yang rendah berarti bubuk mikroenkapsulasi memiliki kemampuan yang lebih rendah untuk rehidrasi.

Densitas Kamba

Rasio gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin memberikan hasil yang tidak berbeda nyata antar perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan rerata densitas kamba dari mikroenkapsulasi ekstrak β -karoten berkisar antara 0,34822-0,5214 (g/ml). Densitas kamba menyatakan banyaknya massa bahan per satuan volume tertentu. Penelitian Naufalin *et al.*, (2012), densitas kamba pada nano kapsul dengan bahan penyalut gelatin dan maltodekstrin antara 0,47-0,51 g/ml. Perbedaan nilai densitas kamba dipengaruhi oleh ukuran partikel mikroenkapsulasi, dimana bubuk yang memiliki ukuran partikel yang lebih rendah, maka nilai densitas kamba akan meningkat (Lourenço *et al.*, 2020). Faktor lainnya adalah kandungan air dalam mikroenkapsulasi, semakin rendah kadar air pada mikroenkapsulasi maka porositas intergranular bubuk menjadi tinggi (Djaafar, 2016). Kadar air yang lebih tinggi menyebabkan bubuk cenderung menggumpal. Penurunan nilai densitas kamba dapat disebabkan karena kandungan air dapat menyebabkan bubuk menjadi lengket menyebabkan terjadi penempelan antar partikel mikroenkapsulasi dan membentuk partikel lebih besar (Nurlaili *et al.*, 2014).

Kadar Air

Kadar air mikroenkapsulasi pada perlakuan GM 3 diperoleh kadar air tertinggi sebesar 10,62%

dan perlakuan Tanpa GM memiliki kadar air terendah sebesar 2,96% (Tabel 3). Sebagian besar mikroenkapsulasi dari formulasi gelatin tulang ikan kakap merah memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan komersial hal ini dipengaruhi oleh bahan penyalut yang digunakan. Gelatin tulang ikan mengandung protein sehingga mengakibatkan kuatnya matriks ikatan matriks ikatan terhadap air. Ketika bahan penyalut mempunyai struktur yang kompleks dan ikatan kuat dengan molekul air, maka efektivitas pengeringan akan menurun. Menurut (Widarta and Arihantana, 2014) kandungan kadar air dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin yang digunakan, meningkatkan konsentrasi maltodekstrin maka kadar air akan menurun. Nilai kadar air yang dapat disebabkan oleh efektivitas proses pengeringan yang disebabkan oleh konsentrasi maltodekstrin mudah mengikat air. Tingginya water activity disebabkan oleh maltodekstrin yang sangat higroskopis sehingga enkapsulan dapat menyerap uap air (Nurlaili *et al.*, 2014). Berbeda dengan penelitian ini yang tidak menunjukkan kolerasi negatif antara maltodekstrin dan kadar air, hal ini dapat disebabkan karena penggunaan CMC sebagai penstabil dalam formulasi bahan yang dapat mempengaruhi kadar air. CMC mempunyai kemampuan membentuk struktur tiga dimensi sehingga saat dipanaskan atau melewati tahap pengeringan, air akan terperangkap dan sulit dilepas (Saputri and Ngatirah, 2019).

Karotenoid Total

Kadar karotenoid tertinggi pada perlakuan GM 1 sebesar 203,85 mg/g dan kadar karotenoid terendah pada perlakuan tanpa mikroenkapsulasi sebesar 100,85 mg/g (Tabel 3). Perbedaan nilai kadar karotenoid ini dipengaruhi oleh tingkat kematangan wortel. Menurut Sarungallo *et al.*, (2016) menyatakan bahwa, semakin matang buah maka semakin tinggi kadar karotenoidnya. Kadar karotenoid yang tinggi menandakan proses mikroenkapsulasi terjadi optimal. Mikroenkapsulasi dikatakan optimal ketika kandungan karotenoid yang ada pada mikroenkapsulasi (Yogaswara *et al.*, 2017).

Karotenoid Permukaan

Berdasarkan uji lanjut terlihat bahwa perlakuan dengan berbagai kombinasi gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin memberikan hasil yang tidak berbeda nyata pada

setiap karotenoid permukaan (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai rata-rata karotenoid permukaan berkisar antara 1,87-2,87 mg/g. Karotenoid permukaan adalah karotenoid yang terletak diluar kapsul. Nilai karotenoid permukaan adalah karotenoid yang tidak dapat terkapsul pada proses mikroenkapsulasi (Antares *et al.*, 2017). Perlakuan GM 3 memiliki nilai rata-rata kadar karotenoid permukaan terendah yaitu sebesar 1,87 karena emulsi karoten dibantu oleh maltodekstrin mengakibatkan jumlah karoten di luar kapsul rendah.

Efisiensi Enkapsulasi

Berdasarkan uji lanjut terlihat bahwa perlakuan dengan berbagai kombinasi gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin memberikan hasil yang tidak berbeda nyata pada setiap efisiensi enkapsulasi. Nilai efisiensi enkapsulasi disajikan pada (Tabel 4). Efisiensi enkapsulasi menunjukkan kemampuan bahan penyalut (matriks) dalam membungkus bahan aktif (Wulandari *et al.*, 2019). Efisiensi enkapsulasi adalah banyaknya zat aktif yang terperangkap dari pada kapsul (Palupi, 2014). Sehingga banyaknya ekstrak pigmen β -karoten tidak mempengaruhi efisiensi enkapsulasi, namun dipengaruhi oleh banyaknya ekstrak pigmen β -karoten yang terenkapsulasi.

Nilai efisiensi enkapsulasi tertinggi diperoleh pada perlakuan GM 1 sebesar 99,15% dan nilai terendah diperoleh pada perlakuan GM 2 sebesar 95,37%. Menurut da Da Rosa *et al.*, (2014) nilai efisiensi enkapsulasi sangat dipengaruhi bahan yang terenkapsulasi dan bahan penyalut yang digunakan. Penelitian Yogaswara *et al.*, (2017) menyatakan bahwa nilai efisiensi enkapsulasi tertinggi pada ekstrak karoten buah pandan sebesar 64,93%. Proses penyalutan dilakukan secara maksimal ditandai dengan tingginya persentase efisiensi enkapsulasi (Yogaswara, 2017). Sehingga efisiensi enkapsulasi menjadi parameter penting untuk mengukur efektivitas proses enkapsulasi dan dikaitkan dengan stabilitas yang lebih baik serta umur simpan yang lebih lama (Timilsena *et al.*, 2020). Meningkatnya efisiensi enkapsulasi dipengaruhi beberapa faktor seperti rendahnya kelarutan polimer pada pelarut organik namun kelarutan tinggi di dalam air, tingginya konsentrasi polimer.

Tabel 3 Sifat Kimia Mikrokapsul Pigmen β -karoten

Rasio Gelatin: Maltodekstrin	Kadar Air (%)	Karotenoid Total (mg/g)	Karotenoid Permukaan (mg/g)
GM 1 (1:1)	8,80±1,00 ^{bc}	203,85±18,50 ^c	2,01±0,10 ^a
GM 2 (1:1,5)	8,13±1,79 ^{bc}	130,86±116,24 ^{ab}	1,90±0,14 ^a
GM 3 (1:2)	10,62±0,8 ^c	178,08±23,50 ^{ab}	1,87±0,16 ^a
GM 4 (1:2,5)	7±0,53 ^b	138,87±50,26 ^{ab}	1,96±0,20 ^a
GK	8,14±0,38 ^{bc}	159,77±57,57 ^{ab}	1,89±0,12 ^a
Tanpa GM	3,96±0,14 ^a	100,85±11,18 ^a	1,98±0,10 ^a

Keterangan: GM 1 (5 gr gelatin: 5 gr maltodekstrin), GM 2 (5 gr gelatin:7,5 gr maltodekstrin), GM 3 (5 gr gelatin:10 maltodekstrin), GM 4 (5 gr gelatin :12,5 maltodekstrin) GK(5 gr gelatin komersial: 5 gr maltodekstrin), Tanpa GM (Kontrol)

Tabel 4 Nilai Efisiensi Enkapsulasi Mikrokapsul Pigmen β -karoten

Rasio Gelatin: Maltodekstrin	Efisiensi Enkapsulasi (%)
GM 1 (1:1)	99,15±0,1
GM 2 (1:1,5)	95,37±1,97 ^a
GM 3 (1:2)	98,97±0,06 ^a
GM 4 (1:2,5)	98,63±0,80 ^a
GK	98,39±0,61 ^a
Tanpa GM	97,3±0,38 ^a

Keterangan: GM 1 (5 gr gelatin: 5 gr maltodekstrin), GM 2 (5 gr gelatin:7,5 gr maltodekstrin), GM 3 (5 gr gelatin:10 maltodekstrin), GM 4 (5 gr gelatin :12,5 maltodekstrin) GK (5 gr gelatin komersial: 5 gr maltodekstrin), Tanpa GM (Kontrol)

Intensitas Warna

Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa perlakuan dengan berbagai kombinasi gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodekstrin cenderung mengalami peningkatan secara fluktuatif pada kecerahan warna (L^*) yang disajikan dan berbeda nyata antar perlakuan pada (Tabel 5) namun lebih rendah dibandingkan dengan ekstrak β -karoten tana mikroenkapsulasi. Rerata intensitas warna L^* (kecerahan) mikroenkapsulasi ekstrak β -karoten antara 44,7-52,8. Nilai L^* menyatakan tingkat gelap terang rentang rentang 0 cenderung hitam/ sangat gelap, sedangkan 100 cenderung terang /putih (Satriyanto and Widjanarko, 2012). Hal ini didukung oleh penelitian Purnomo *et al.*, (2014) melakukan mikroenkapsulasi ekstrak daun jadi dengan maltodekstrin dan karagenan menghasilkan lebih rendah dibandingkan dengan ekstrak daun jadi tanpa penyalut. Hal ini menandakan penggunaan maltodekstrin sebagai bahan penyalut mampu mempertahankan dan melindungi bahan pengisi selama pengeringan (Purnamayati *et al.*, 2016). Selama masa penyimpanan, reaksi mailard dapat terhambat disebabkan adanya penambahan bahan

mikroenkapsulasi seperti gum arab dan polidektrosa sehingga meningkatkan nilai L^* dari tampilan putih melalui dinding material (Bernstein and Noreña, 2015).

Hasil analisis terhadap tingkat kemerahan (a^*) mikroenkapsulasi ekstrak β -karoten perlakuan penambahan gelatin dan maltodekstrin sangat berbeda nyata dengan perlakuan tanpa mikroenkapsulasi. Nilai rata-rata tingkat kemerahan (a^*) mikroenkapsulasi ekstrak β -karoten antara 21-30. Kandungan karotenoid semakin meningkat disebabkan karena pelarut ekstraksi memiliki daya kelarutan yang tinggi Penelitian Purnamasari *et al.*, (2013) tingkat kemerahan (a^*) pada karotenoid bubuk berkisar antara 4,63-13,7. Hal ini disebabkan oleh pelarut ekstraksi dengan daya melarutkan yang tinggi dan berkontribusi memberikan warna merah yang lebih baik karena kandungan karotenoid semakin meningkat. Nilai kecerahan (L^*) dan merah (a^*) menjadi indikator yang baik untuk menunjukkan intensitas warna dari karoten Purnamasari *et al.*, (2013). Berbeda dengan penelitian Yuliawaty & Susanto, (2015) yang menyatakan nilai (a^*) pada tepung wortel dengan perlakuan konsentrasi maltodekstrin tinggi memiliki nilai (a^*) yang

rendah. Hal ini disebabkan karena maltodekstrin memiliki warna putih dan menyebabkan warna merah berkurang.

Berdasarkan (Tabel 5), penambahan gelatin dan maltodekstrin berbeda nyata antar perlakuan terhadap nilai rata-rata intensitas warna kuning (b^*) yang dihasilkan. Nilai rata-rata tingkat kekuningan (b^*) mikroenkapsulasi ekstrak β -karoten antara 12-24,3. Penelitian Gusdinar *et al.*, (2011) tingkat kekuningan (b^*) pada enkapsulasi karotenoid bubuk mengalami penurunan. Rendahnya warna kuning pada mikroenkapsulasi pigmen disebabkan karena waktu penyimpanan selama penyimpanan. Hal ini dipengaruhi oleh degradasi trans β -karoten dan formasinya bentuk isomer cis yang dapat menurunkan intensitas warna.

Pengamatan Morfologi

Pengamatan morfologi mikroenkapsulasi ekstrak pigmen β -karoten dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 50x. Hasil pengamatan mikroskopis dapat dilihat pada (Gambar 1).

Hasil pengamatan morfologi yaitu pengukuran diameter menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50X. Diperoleh diameter rata-rata yang berbeda untuk GM 1 sebesar 1482,82 μm , GM 2 sebesar 1127,06 μm , GM 3

sebesar 1143,92 μm , GM 4 sebesar 1611,95 μm , GK sebesar 1300,63 μm , Tanpa GM sebesar 2282,64 μm . Umumnya kapsul diklasifikasikan berdasarkan ukurannya: makrokapsul berukuran $>5.000 \mu\text{m}$, mikrokapsul berukuran antara 0.2-5.000 μm dan nanokapsul $<0.2 \mu\text{m}$

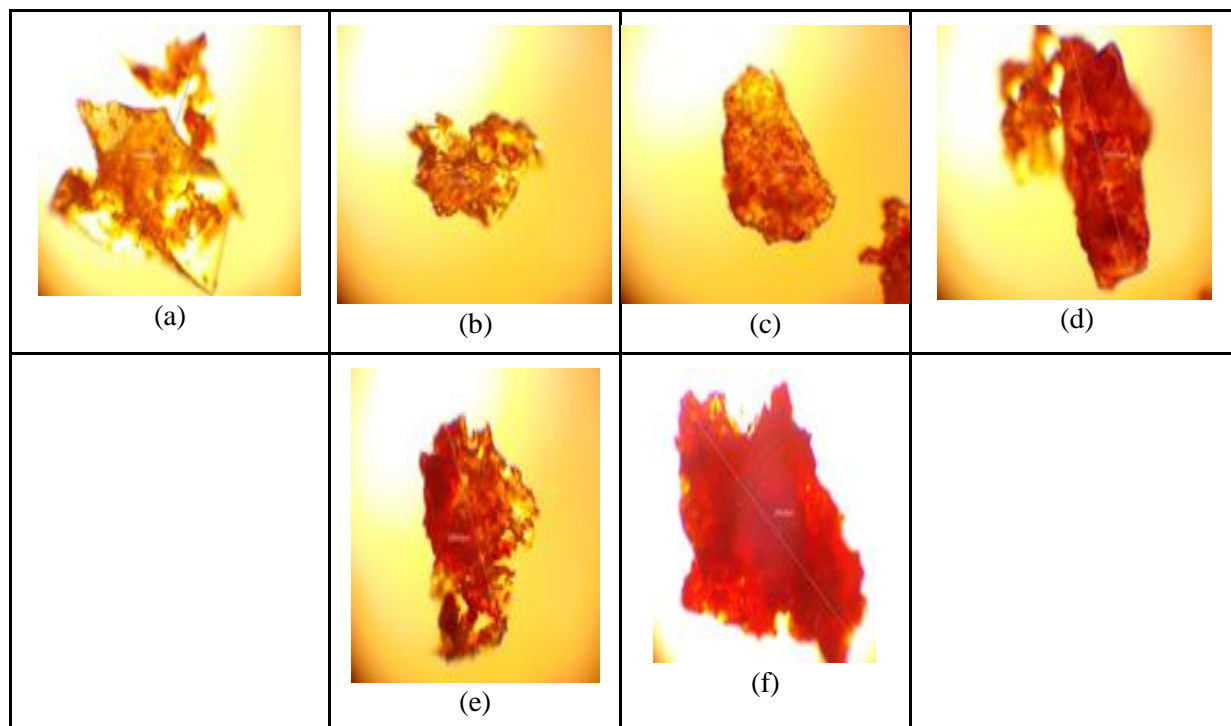
(Silva, 2014). Sehingga penelitian ini telah memenuhi ukuran mikroenkapsulasi.

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh bentuk oktahedral tidak beraturan dan lapisan luar dengan permukaan yang kasar. Hasil gambar 1(a) terlihat banyak partikel yang berbentuk annular diaglomerasi sehingga luar kapsul menjadi kasar. Pori-pori kasar di lapisan luar penting karena akan meningkatkan daya rekat kapsul dengan matriks ketika dalam polimer. Bentuk mikrokapsul dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti saat preparasi, proses pembuatan, dan pengeringan dimana partikel dapat saling menempel satu sama lain sehingga memiliki bentuk cenderung tidak sferis setelah dikeringkan (Mardikasari *et al.*, 2020). Studi menyatakan bahwa semakin banyak jumlah polimer yang digunakan maka semakin tebal penyalut yang melapisi zat aktif sehingga mikrokapsul semakin besar (Wahyuni *et al.*, 2015). Perbedaan nilai diameter dapat disebabkan proses penghalusan menjadi bubuk ekstrak pigmen β -karoten yang terenkapsulasi (Then *et al.*, 2011).

Tabel 5 Nilai intensitas warna mikrokapsul pigmen β -karoten

Rasio Gelatin: Maltodekstrin	L	a^*	b^*
GM 1 (1:1)	46,6 \pm 0,5 ^e	28,1 \pm 2, ⁴	19,2 \pm 0,8
GM 2 (1:1,5)	44,7 \pm 0,1 ^a	28,65 \pm 2,1 ^b	17,0 \pm 1,0 ^{ab}
GM 3 (1:2)	50,3 \pm 0,5 ^{cd}	29,05 \pm 0,8 ^b	22 \pm 0,4 ^{cd}
GM 4 (1:2,5)	49,9 \pm 1,1 ^{abcd}	29,5 \pm 0,7 ^b	24,3 \pm 2,3 ^d
GK	52,8 \pm 3,0 ^d	30,9 \pm 2,5 ^b	23,6 \pm 5,7 ^{cd}
Tanpa GM	45,0 \pm 1,5 ^{ab}	21,5 \pm 1,7 ^a	12,6 \pm 0,9 ^a

Keterangan: GM 1 (5 gr gelatin: 5 gr maltodekstrin), GM 2 (5 gr gelatin:7,5 gr maltodekstrin), GM 3 (5 gr gelatin:10 maltodekstrin), GM 4 (5 gr gelatin :12,5 maltodekstrin) GK (5 gr gelatin komersial: 5 gr maltodekstrin), Tanpa GM (Kontrol)



Gambar 1 Bentuk Partikel Mikroenkapsulasi melalui Pembesaran 50x : (a) GM 1, (b) GM 2, (c) GM 3, (d) GM 4, (e) Gelatin Komersial, (f) Tanpa GM

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap kombinasi gelatin dan maltodekstrin sebagai bahan penyalut mikroenkapsulan. Perlakuan paling optimum pada mikroenkapsulan dengan bahan penyalut gelatin tulang ikan kakap merah dan maltodeksittrin dihasilkan pada rasio GM 1 (1:1) karotenoid total dan efisiensi enkapsulasi tertinggi yaitu 203,85 mg/g dan 99,15% secara berturut-turut. Penelitian ini dapat dikemukakan implikasi yakni sebagai acuan literatur mengenai pengembangan gelatin halal dan pengaplikasiannya sebagai bahan penyalut mikroenkapsulasi pigmen. Enkapsulan pigmen beta karoten wortel yang dihasilkan, berpotensi dijadikan sebagai bahan tambahan pangan ataupun suplementasi yang dapat dikomersialisasikan secara luas. Namun, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai pelepasan pada mikrokapsul dan pengujian kelayakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu pelaksanaan penelitian, serta kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Dikti Kemendikbud atas pendanaan yang diberikan pada Program

Kreativitas Mahasiswa skim PKM RE dengan Nomor Kontrak 1949/E2/KM.05.01.202

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Hidayati, N., Susanti, P., 2019. Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis Penetapan Kadar B-Karoten Pada Wortel (*Daucus Carota*, L) Mentah Dan Wortel Rebus Dengan Spektrofotometri Visibel Determination Of B-Carotene Concrete On Raw Carrots (*Daucus Carota*, L) And Boiled Carrots With Visible Spectr. J. Farm. Sains dan Prakt. V, 7–13.
- Antares, A., Wartini, N.M., Wrasati, L.P., 2017. Karakteristik Kapsul Ekstrak Pewarna Buah Pandan (*Pandanus tectorius*) Menggunakan Penyalut Maltodekstrin dan Karaginan. J. Ilm. Teknol. Pertan. 2, 220–226.
- Aryayustama, M.G., Wartini, N.M., Suwariani, N.P., 2018. STABILITAS KADAR KAROTENOID EKSTRAK BUAH PANDAN (*Pandanus tectorius*) PADA CAHAYA DAN SUHU PENYIMPANAN Carotenoid Stability Of Pandanus Fruit Extract (*Pandanus tectorius*) On Light And Storage Temperature. J. Rekayasa dan Manaj. Agroindustri 6, 218–224.

- Asiah Nurul, Sembodo Rangkum, A.P., 2012. Aplikasi Metode Foam-Mat Drying Pada Proses Pengeringan Spirulina. *J. Teknol. Kim. dan Ind.* 1, 461–467.
- Baena-Aristizábal, C.M., Foxwell, M., Wright, D., Villamizar-Rivero, L., 2019. Microencapsulation of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with guar gum: Preliminary approach using spray drying. *J. Biotechnol.* 302, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.06.007>
- Bernstein, A., Noreña, C.P.Z., 2015. Encapsulation of red cabbage (*Brassica oleracea* l. Var. capitata l. f. rubra) anthocyanins by spray drying using different encapsulating agents. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 58, 944–952. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132015060226>
- Castro-Cabado, M., Parra-Ruiz, F.J., Casado, A.L., San Román, J., 2016. Thermal crosslinking of maltodextrin and citric acid. Methodology to control the polycondensation reaction under processing conditions. *Polym. Polym. Compos.* 24, 643–654. <https://doi.org/10.1177/096739111602400803>
- Correia-Filho, L.C., Lourenço, M.M., Moldado-Martins, M., Alves, V.D., 2019. Microencapsulation of β -Carotene by Spray Drying: Effect of Wall Material Concentration and Drying Inlet Temperature. *Int. J. Food Sci.* 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8914852>
- Da Rosa, C.G., Borges, C.D., Zambiasi, R.C., Rutz, J.K., da Luz, S.R., Krumreich, F.D., Benvenuti, E.V., Nunes, M.R., 2014. Encapsulation of the phenolic compounds of the blackberry (*Rubus fruticosus*). *LWT - Food Sci. Technol.* 58, 527–533. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.042>
- da Silva Dias, J.C., 2014. Nutritional and Health Benefits of Carrots and Their Seed Extracts. *Food Nutr. Sci.* 05, 2147–2156. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.522227>
- Daza, L.D., Fujita, A., Fávaro-Trindade, C.S., Rodrigues-Ract, J.N., Granato, D., Genovese, M.I., 2016. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food Bioprod. Process.* 97, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.10.001>
- Farheen, T., Shaikh, A., Shahi, S., 2017. A Review on a Process: Microencapsulation. *Int.J. Pharma Res. Heal. Sci.* 5, 1823–1830. <https://doi.org/10.21276/ijprhs.2017.05.01>
- Gusdinar, T., Singgih, M., Priatni, S., Ae, S., Suciati, T., 2011. ENKAPSULASI DAN STABILITAS PIGMEN KAROTENOID DARI *Neurospora intermedia* N-1 (Encapsulation and the Stability of Carotenoids from *Neurospora intermedia* N-1). *J. People Environ.* 18, 206–211. <https://doi.org/10.22146/jml.18443>
- Haas, K., Robben, P., Kiesslich, A., Volkert, M., Jaeger, H., 2019. Stabilization of Crystalline Carotenoids in Carrot Concentrate Powders : Effects of Drying Technology ., *Foods* 8, 1–16.
- Hardy, Z., Jideani, V.A., 2017. Foam-mat drying technology: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 2560–2572. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1020359>
- Hasrini, R.F., Zakaria, F.R., Adawiyah, D.R., Suparto, I.H., 2017. Mikroenkapsulasi Minyak Sawit Mentah Dengan Penyalut Maltodekstrin Dan Isolat Protein Kedelai. *J. Teknol. dan Ind. Pangan* 28, 10–19. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.10>
- Indriyani, N.M.D., Wartini, N.M., Suwariani, N.P., 2018. STABILITAS KAROTENOID EKSTRAK PEWARNA BUAH PANDAN (*Pandanus tectorius*) PADA SUHU DAN pH AWAL PENYIMPANAN. *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri* 6, 211. <https://doi.org/10.24843/jrma.2018.v06.i03.p04>
- Koç, M., Koç, B., Yilmazer, M.S., Ertekin, F.K., Susyal, G., Bağdatlıoğlu, N., 2011. Physicochemical characterization of whole egg powder microencapsulated by spray drying. *Dry. Technol.* 29, 780–788. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.538820>
- Kuck, L.S., Noreña, C.P.Z., 2016. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food Chem.* 194, 569–576. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.066>

- Kumalasari, R., Setyoningrum, F., Ekafitri, R., 2015. Karakteristik Fisik dan Sifat Fungsional Beras Jagung Instan Akibat Penambahan Jenis Serat dan Lama Pembekuan. *Pangan* 24, 37–48.
- Laohasongkram, K., Mahamaktudsanee, T., Chaiwanichsiri, S., 2011. Microencapsulation of Macadamia oil by spray drying. *Procedia Food Sci.* 1, 1660–1665. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.245>
- Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D., 2020. Microencapsulation of Pineapple Peel Extract by. *Foods* 9, 718.
- Mardikasari, S.A., Suryani, S., Akib, N.I., Sahumena, M.H., Hastuti, S., Putri, S.A., 2020. Mikroenkapsulasi Asam Mefenammat Menggunakan Polimer Hidroksi Propil Metil Selulosa Dan Natrium Alginat Dengan Metode Gelas Ionik. *Maj. Farm. dan Farmakol.* 23, 71–74. <https://doi.org/10.20956/mff.v23i3.9395>
- Marliyati, S.A., Sulaeman, A., Rahayu, M.P., 2016. Aplikasi Serbuk Wortel Sebagai Sumber B-Karoten Alami Pada Produk Mi Instan. *J. Gizi dan Pangan* 7, 127. <https://doi.org/10.25182/jgp.2012.7.2.127-134>
- Naufalin, R., Tobari, Herastuti Sri Rukmini, 2012. Karakterisasi Nanoenkapsulan Buah Kecombrang.
- Nurlaili, F.A., Darmadji, P., Pranoto, Y., 2014. Mikroenkapsulasi Oleoresin Ampas Jahe (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dengan Penyalut Maltodekstrin. *J. Agritech* 34, 22–28. <https://doi.org/10.22146/agritech.9518>
- Pinto, M.R.M.R., Paula, D. de A., Alves, A.I., Rodrigues, M.Z., Vieira, É.N.R., Fontes, E.A.F., Ramos, A.M., 2018. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. *Powder Technol.* 339, 939–946. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.08.076>
- Purnamasari, N., Andriani, M.A.M., Kawiji, 2013. Pengaruh Jenis Pelarut dan Variasi Suhu Pengereng Spray Dryer terhadap Kadar Karotenoid Kapang *Oncom Merah* (*Neurospora* Sp.). *J. Teknosains Pangan* 2, 107–114.
- Purnamayati, L., Dewi, E.N., Kurniasih, R.A., 2016. Karakteristik fisik mikrokapsul fikosianin spirulina pada konsentrasi bahan penyalut yang berbeda physical characteristics of spirulina phycocyanin microcapsules using different concentration of coating materials. *J. Teknol. Has. Pertan.* IX, 1–8.
- Purnomo, W., Khasanah, L.U., Anandito, B.K., 2014. Pengaruh Ratio Kombinasi Maltodekstrin, Karagenan dan Whey Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulan Pewarna Alami Daun Jati (*Tectona Grandis* L. F.). *J. Apl. Teknol. Pangan* 3, 121–129.
- Qian, C., Decker, E.A., Xiao, H., McClements, D.J., 2012. Physical and chemical stability of β -carotene-enriched nanoemulsions: Influence of pH, ionic strength, temperature, and emulsifier type. *Food Chem.* 132, 1221–1229. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.091>
- Saputra, R., Widiastuti, I., Supriadi, A., 2015. Karakteristik Fisik Dan Kimia Gelatin Kulit Ikan Patin (*Pangasius Pangasius*) Dengan Kombinasi Berbagai Asam Dan Suhu. *Fishtech* 4, 29–36. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v4i1.3496>
- Saputri, N.E., Ngatirah, 2019. VARIASI SUHU PENERINGAN DAN JENIS BAHAN PENYALUT DENGAN METODE FOAM-MAT DRYING (Red Palm Oil Microencapsulation in Various Drying Heat and Coating Material by Foam-mat Drying Method). *J. Teknol. dan Ind. Pangan* 2, 35–51.
- Sarungallo, Z.L., Murtiningrum, Santoso, B., Roreng, M.K., Latumahina, R.M.M., 2016. Nutrient content of three clones of red fruit (*Pandanus conoideus*) during the maturity development. *Int. Food Res. J.* 23, 1217–1225.
- Satriyanto, B., Widjanarko, S.B., 2012. Stabilitas Warna Ekstrak Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Terhadap Pemanasan Sebagai Sumber Potensial Pigmen Alami. *J. Teknol. Pertan.* 13, 157–168.
- Souripet, A., 2015. KOMPOSISI , SIFAT FISIK DAN TINGKAT KESUKAAN NASI UNGU. *Agritekno, J. Teknol. Pertan.* 4, 25–32.
- Then, S., Neon, G.S., Abu Kasim, N.H., 2011. Optimization of microencapsulation

- process for self-healing polymeric material. *Sains Malaysiana* 40, 795–802. <https://doi.org/10.5281/zenodo.811347>
- Timilsena, Y.P., Haque, M.A., Adhikari, B., 2020. Encapsulation in the Food Industry: A Brief Historical Overview to Recent Developments. *Food Nutr. Sci.* 11, 481–508. <https://doi.org/10.4236/fns.2020.116035>
- Umi Khasanah, L., Anandhito, B.K., Rachmawaty, T., Utami, R., Manuhara, G.J., 2015. PENGARUH RASIO BAHAN PENYALUT MALTODEKSTRIN, GUM ARAB, DAN SUSU SKIM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA MIKROKAPSUL OLEORESIN DAUN KAYU MANIS (*Cinnamomum burmannii*). *J. Agritech* 35, 414. <https://doi.org/10.22146/agritech.9325>
- Wahyuni, R., Halim, A., Irawati, Y.S., 2015. Mikroenkapsulasi Karbamazepin Dengan Polimer HPMC Menggunakan Metoda Emulsifikasi Penguapan Pelarut. *J. Farm. Higea* 7, 190–207.
- Widarta, I.W.R., Arihantana, N.M.I.H., 2014. MIKROENKAPSULASI EKSTRAK BEKATUL BERAS MERAH: KAJIAN JENIS DAN KONSENTRASI ENKAPSULAN. Wulandari, A., Sunarti, T.C., Fahma, F., Noor, E., 2019. Karakteristik Mikrokapsul Antosianin Ubi Jalar Ungu Dengan Teknik Spray Drying. *J. Teknol. Ind. Pertan.* 29, 34–44. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.1.34>
- Yogaswara, I.B., Wartini, N.M., Wrsiati, L.P., 2017. Karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna buah pandan pada perlakuan jenis enkapsulan. *J. REKAYASA DAN Manaj. AGROINDUSTRI* 5, 31–40.
- Yuliawaty, S.T., Susanto, W.H., 2015. Effect of Drying Time and Concentration of Maltodextrin on The Physical Chemical and Organoleptic Characteristic of Instant Drink Noni Leaf (*Morinda citrifolia*). *J. Pangan dan Agroindustri* 3, 41–51.
- Yulni, T., Hasbullah, R., Nelwan, L.O., 2017. Kajian Pengeringan dan Pendugaan Umur Simpan Seledri pada Berbagai Bahan Kemasan Fleksibel. *J. Keteknikan Pertan.* 53, 145–152.
- Zielinska, M., Markowski, M., 2012. Color characteristics of carrots: Effect of drying and rehydration. *Int. J. Food Prop.* 15, 450–466. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.489209>