

## KARAKTERISTIK DAN SENYAWA FENOLIK MIKROKAPSUL EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DENGAN KOMBINASI MALTODEKSTRIN DAN WHEY PROTEIN ISOLAT

### CHARACTERISTIC AND PHENOLIC COMPOUNDS OF MORINGA LEAF EXTRACT MICROCAPSULES (*Moringa oleifera*) WITH A COMBINATION OF MALTODEXTRIN AND WHEY PROTEIN ISOLATE

Iis Sadiyah<sup>\*</sup>, Rossi Indiarjo, dan Yana Cahyana

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi dan Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran,  
Jalan Raya Bandung-Sumedang Kilometer 21, Jatinangor 45363, Indonesia  
E-mail: [iis20001@mail.unpad.ac.id](mailto:iis20001@mail.unpad.ac.id)

Makalah: Diterima 28 Oktober 2022; Diperbaiki 6 Desember 2022; Disetujui 15 Desember 2022

#### ABSTRACT

*Moringa leaves (Moringa oleifera) have bioactive components such as phenolic compounds, which have antioxidant activity and are beneficial for health, such as preventing free radicals, anticancer and antidiabetic. Bioactive ingredients from Moringa leaves have weaknesses namely, they are sensitive to heat, light, and oxygen, so an encapsulation process is needed to minimize the loss of bioactive compounds in the extract. This study aimed to determine the effect of coating ingredients from maltodextrin and Whey Protein Isolate with ratios (1:3 and 3:1) on the characteristics of Moringa leaf extract microcapsules. This research is descriptive research with three repetitions. Dried moringa leaves were extracted using ethanol solvent with the Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) method. The extract obtained was encapsulated and spray-dried at an inlet temperature of 125°C. The results showed that Moringa leaf extract had a phenolic content of 590.25 ± 1.12 (mg GAE/g), a flavonoid content of 173.96 ± 1.57 mg QE/g and an IC<sub>50</sub> value of 52.74 µg/mL. The combination of maltodextrin and whey protein isolate (WPI) coating materials with ratios (1:3 and 3:1) produced yield values (53.66 ± 2.25 % and 60.78 ± 4.60%), water content (3.49 ± 0.35 % and 3.73 ± 0.4 %), solubility (95 ± 0.03% and 86 ± 0.08 %), total phenolic (377.21 ± 0.82 mg GAE/g and 349.88 ± 1, 64 mg GAE/g), total flavonoids (101.32 ± 3.36 mg QE/g and 86.35 ± 2.81 mg QE/g), IC<sub>50</sub> (88.22 ± 0.68 µg/mL and 149, 65 ± 4.03 µg/mL) and encapsulation efficiency (63.94% and 59.31%) and the resulting colour leads to a green colour.*

*Keywords: Moringa leaves, maltodextrin, microcapsules, whey protein isolate*

#### ABSTRAK

Daun kelor (*Moringa oleifera*) memiliki komponen bioaktif seperti senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan dan bermanfaat untuk kesehatan, seperti mencegah radikal bebas, antikanker, dan antidiabetes. Bahan bioaktif dari daun kelor (*Moringa oleifera*) memiliki kelemahan yaitu sensitif terhadap panas, cahaya dan oksigen sehingga dibutuhkan proses enkapsulasi untuk meminimalisir kehilangan senyawa bioaktif dalam ekstrak. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bahan penyalut dari maltodekstrin dan Isolat Whey Protein dengan rasio (1 : 3 dan 3 : 1) terhadap karakteristik mikrokapsul ekstrak daun kelor. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan tiga kali ulangan. Daun kelor kering diekstraksi menggunakan pelarut etanol dengan metode Ultrasound-Assisted Extraction (UAE). Ekstrak yang diperoleh dienkapsulasi dan dikeringkan dengan pengering semprot (*Spray-drying*) dengan suhu inlet 125°C. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu ekstrak daun kelor memiliki kandungan fenolik sebesar 590,25 ± 1,12 (mg GAE/g), kadar flavonoid sebesar 173,96 ± 1,57 mg QE/g dan nilai IC<sub>50</sub> 52,74 µg/mL. Kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan *whey protein isolate* (WPI) dengan rasio (1:3 dan 3:1) menghasilkan nilai rendemen (53,66 ± 2,25 % dan 60,78 ± 4,60%), kadar air (3,49 ± 0,35 % dan 3,73 ± 0,4 %), kelarutan (95 ± 0,03% dan 86 ± 0,08 %), total fenolik (377,21 ± 0,82 mg GAE/g dan 349,88 ± 1,64 mg GAE/g), total flavonoid (101,32 ± 3,36 mg QE/g dan 86,35 ± 2,81 mg QE/g), IC<sub>50</sub> (88,22 ± 0,68 µg/mL dan 149,65 ± 4,03 µg/mL) dan efisiensi enkapsulasi (63,94% dan 59,31%) serta warna yang dihasilkan mengarah ke warna hijau.

Kata kunci : daun kelor, maltodekstrin, mikrokapsul, *whey protein isolate*

#### PENDAHULUAN

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman perdu yang memiliki senyawa fenolik berupa flavonoid, tannin, terpenoid, alkaloid dan saponin (Rivai, 2020). Flavonoid merupakan komponen alam dan termasuk salah satu golongan fenolat yang ditemukan dalam kloroplas tanaman

(Ademiluyi *et al.*, 2018). Golongan flavonoid dikenal memiliki aktivitas antioksidan tinggi dan sangat bermanfaat untuk kesehatan dan sering digunakan dalam industri obat, kosmetik, farmasi dan *nutraceutical*. Flavonoid bersifat antioksidatif, antikarsinogenik, anti mutagenic, anti inflamasi dan mampu memodulasi fungsi enzim seluler utama (López, 2020). Beberapa penelitian melaporkan daun

<sup>\*</sup>Penulis Korespondensi

kelor (*Moringa oleifera*) memiliki efek antioksidan yang baik bagi tubuh untuk mengatasi dan mencegah stress oksidatif pada berbagai penyakit degeneratif (Padayachee and Baijnath, 2020; Mittal *et al.*, 2017; Rani *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Nobossé *et al.* (2018) melaporkan dalam 100 gram daun kelor yang diekstrak dengan berbagai pelarut menghasilkan kadar total flavonoid sebesar 0,93 – 1,82 g CE/100 g dan total fenolik sebesar 3,20 – 4,02 g GAE/100 g. Beberapa peneliti lain juga melakukan pengambilan senyawa aktif dengan berbagai macam ekstraksi diantaranya ekstraksi daun basah menggunakan blender dengan pelarut air (Fatmawati, 2020; Khasanah *et al.*, 2019), ekstraksi daun kering dengan maserasi menggunakan pelarut etanol (Sohaib *et al.*, 2021) dan ekstraksi daun kering dengan destilasi air (Shah *et al.*, 2015; Muthukumar *et al.*, 2014). Namun ekstraksi daun kelor dengan metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) masih belum banyak dilakukan. Ekstraksi dengan metode UAE sangat prospektif karena menghasilkan rendemen lebih tinggi dan waktu pemrosesan yang lebih singkat (Widyasanti *et al.*, 2018; Ling *et al.*, 2019), serta menghasilkan kandungan total flavonoid yang lebih baik (Vázquez *et al.*, 2014; Dadi *et al.*, 2019; Carrera *et al.*, 2012). Ekstraksi fenolik dan flavonoid pada tanaman dengan metode UAE efektif dilakukan selama 20 menit pada suhu 40°C (Dadi *et al.*, 2019). Durasi ekstraksi yang semakin lama dengan suhu lebih dari 50°C menyebabkan degradasi senyawa biokatif selama ekstraksi berbantuan ultrasound (Dadi *et al.*, 2019).

Beberapa peneliti telah memanfaatkan senyawa aktif daun kelor untuk diaplikasikan dalam olahan pangan (Fatmawati, 2020; Khasanah *et al.*, 2019; Shah *et al.*, 2015). Pemberian ekstrak daun kelor dalam olahan pangan menyebabkan penurunan cita rasa dari produk olahan pangan karena sifat ekstrak yang pahit dan sepat serta mudah terdegradasi akibat pengaruh lingkungan seperti perubahan pH, suhu, cahaya dan enzim (Armendáriz *et al.*, 2016) sehingga diperlukan proteksi berupa enkapsulasi untuk meminimalisir kekurangan tersebut.

Enkapsulasi merupakan metode yang dapat dilakukan untuk menjaga senyawa bioaktif yang terdapat dalam ekstrak tanaman yang ditambahkan dalam olahan pangan serta menjaga citarasa olahan pangan agar tetap enak. Sebagaimana menurut Zuidam dan Nedović (2010) teknologi enkapsulasi dapat mempertahankan nutrisi dan menutupi rasa yang tidak diinginkan dari beberapa senyawa bioaktif dalam bahan makanan. Proses enkapsulasi diformulasikan dengan bahan-bahan yang dapat melindungi senyawa bioaktif suatu zat yang disebut sebagai bahan pelapis (Jafari, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Cornelia *et al.* (2019); Santoso *et al.* (2020) dan Toure *et al.* (2007) menyebutkan bahwa penggunaan maltodekstrin yang digabungkan dengan *whey protein isolate* (WPI) sebagai bahan penyalut

dapat menutupi rasa pahit serta dapat melindungi senyawa bioaktif dalam ekstrak tanaman. *Whey protein isolate* dan maltodekstrin memiliki viskositas rendah pada konsentrasi tinggi, mudah diproses selama enkapsulasi dan memiliki potensi stabilitas yang tinggi dalam mempertahankan senyawa bioaktif pada bahan yang disalut (Baysan *et al.*, 2021; Bannikova *et al.*, 2021). Protein whey bersama dengan maltodekstrin menghasilkan kaca amorf matriks yang bertindak sebagai penghalang terhadap oksidasi (Baysan *et al.*, 2021).

Ekstraksi daun kelor sudah banyak dilakukan, namun ekstraksi daun kelor dengan metode ultrasound yang dilanjutkan dengan proses enkapsulasi masih terbatas. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui rasio bahan penyalut dari maltodekstrin dan *whey protein isolate* dalam menghasilkan kandungan total fenolik dan antoksidan yang lebih efektif dalam pembuatan mikrokapsul ekstrak daun kelor.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan ekstrak yaitu daun kelor yang diperoleh dari petani kelor di Garut - Jawa Barat, dan etanol 70% yang diperoleh di toko kimia BACLS, Ciseke - Bandung. Bahan yang digunakan dalam pembuatan mikrokapsul ekstrak daun kelor yaitu maltodekstrin DE 10-15 merk Lihua Starch yang diperoleh dari Toko Padjar Kimia Bogor, Whey Protein Isolate (WPI) merk Whey Protein Isolate 90 yang diperoleh di toko Farzanashop Bandung, dan aquades diperoleh di toko kimia BACLS, Ciseke - Bandung.

Alat yang digunakan dalam proses ekstraksi yaitu Qsonica-Q500 dan Buchi *rotary evaporator* R-300. Sedangkan alat yang digunakan untuk pembuatan mikrokapsul ekstrak daun kelor yaitu *spray drying* (Buchi B-290).

### Ekstraksi Daun Kelor

Senyawa aktif daun kelor diambil dari daun yang sudah dikeringkan pada suhu 40°C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Vongsak *et al.* (2013), total fenolik dan flavonoid dari ekstrak daun kelor kering lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak daun basah. Pembuatan serbuk daun kelor mengacu pada Yunianti (2020). Daun kelor segar dikeringkan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 45°C selama 5 hingga 6 jam. Daun kelor dihaluskan dengan grinder dan disaring menggunakan ayakan 80 mesh sampai diperoleh serbuk. Serbuk daun kelor diekstraksi dengan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1 : 10 (Vongsak *et al.*, 2013). Ekstraksi dilakukan menggunakan UAE (merk Qsonica-500) selama 20 menit, amplitudo 65%, 25kHz, *pulse on/pulse off* 10 sec. Daun kelor yang sudah diekstraksi kemudian disaring dan dievaporasi selama 5-6 jam pada suhu 40°C.

### Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor

Proses enkapsulasi dilakukan dengan modifikasi dari (Cornelia *et al.*, 2019; Hasna *et al.*, 2018; Bannikova *et al.*, 2021). Bahan penyalut yang terdiri dari maltodekstrin dan WPI dengan perbandingan 1:3 (M1W3) dan 3:1 (M3W1) ditambahkan aquades sampai volume 500 ml dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen kurang lebih selama 10 menit, kemudian ditambahkan ekstrak pekat daun kelor sebanyak 5% dari total bahan penyalut dan diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit dan disimpan selama 12 jam dalam lemari dingin. Selanjutnya dilakukan ultrasonikasi pada daya 160 W, frekuensi 20 kHz dengan pulsa 50% selama 15 menit dan dilakukan pengeringan menggunakan *spray drying* dengan suhu inlet 125°C dan suhu outlet 60°C.

### Analisis Kadar Air dan Kelarutan

Kadar air dianalisis menggunakan metode termogravimetri (AOAC, 1995). Cawan yang akan digunakan sebagai wadah sampel dioven terlebih dahulu hingga bobotnya konstan. Serbuk mikrokapsul sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam cawan dan dipanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam dalam oven. Cawan kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga konstan. Kadar air sampel dinyatakan sebagai persentase jumlah air yang menguap terhadap berat awal sampel, sedangkan kelarutan mikrokapsul dilakukan dengan (Gravimetri).

### Analisis Total Fenolik

Kandungan total fenolik dianalisis dengan beberapa modifikasi dari metode yang dilakukan oleh Pedro *et al.* (2016). Sampel sebanyak 10 mg dilarutkan kedalam 25 mL pelarut metanol. Sampel sebanyak 0,5 mL kemudian ditambahkan 2,5 mL Follin- Ciocalteu 10% (v/v). Selanjutnya sampel disimpan selama 5 menit dan ditambahkan 2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodium karbonat) 7,5%. Larutan dihomogenkan kembali dan diinkubasi selama 15 menit pada suhu 45°C dalam waterbath. Pengukuran serapan kandungan total fenol dilakukan pada panjang gelombang 725 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Kandungan fenolik dinyatakan berdasar kurva standar asam galat dan diekspresikan dalam satuan mg ekuivalen asam galat/g ekstrak (mg GAE/g ekstrak) dengan rumus perhitungan :

$$Total\ Fenolik = \frac{a \times V / 1000}{G}$$

Keterangan:

a = konsentrasi asam galat (mg/L);

V = volume larutan uji (mL);

G = massa sampel (g);

1000 = faktor koreksi terhadap volume total larutan (mL).

### Analisis Total Flavonoid

Kandungan flavonoid total dianalisis menggunakan metode (Ling *et al.*, 2019) dengan modifikasi. Buat larutan kurva baku quercetin 200 ppm lalu dilakukan serial pengenceran hingga didapatkan konsentrasi (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ppm). Sampel sebanyak 1 mL ditambahkan 3 mL metanol dan 0,2 mL AlCl<sub>3</sub> 10%. Kemudian didiamkan selama 1 menit dan ditambahkan 0,2 mL CH<sub>3</sub>COOK 1 M kemudian dihomogenkan. Tepatkan dengan aquades hingga 10 mL kemudian dihomogenisasi menggunakan vortex. Larutan kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu 25°C. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 415 nm dengan aqua distilata sebagai blanko. Penetapan kadar flavonoid yang terdapat dalam sampel ditentukan berdasar kurva standar quercetin menggunakan persamaan garis regresi linier  $y = ax + b$ . Hasilnya dinyatakan sebagai mg QE/g berat kering dengan rumus perhitungan :

$$Total\ Flavonoid = \frac{c \times V \times fp}{m}$$

Keterangan:

c = kesetaraan quercetin (mg/L) ;

V = volume sampel (L);

fp = faktor pengenceran ;

m = massa sampel (g).

### Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi adalah rasio total kandungan fenol terenkapsulasi (Ek) terhadap total kandungan fenol larutan sebelum enkapsulasi (Et). Penentuan efisiensi enkapsulasi (%) dilakukan menurut Isailović *et al.* (2012).

$$Efisiensi\ Enkapsulasi = \frac{Ek}{Et} \times 100\%$$

### Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH (Hsu *et al.*, 2008) dengan sedikit modifikasi. Larutan DPPH dengan konsentrasi 160 ppm dilarutkan dalam 25 mL methanol p.a. 96%. Larutan control dibuat dengan mencampur larutan DPPH 0,5 mL ditambah metanol 2 mL. Sampel ekstrak dibagi menjadi 5 seri konsentrasi, yaitu 160, 80; 40; 20 ppm dan 10 ppm. Sampel yang diekstraksi dari konsentrasi ini dibuat hingga 2,5 mL dengan menambahkan metanol dan 0,5 mL larutan DPPH. Sampel diinkubasi pada suhu 250 °C selama 30 menit dan dianalisis absorbansinya terhadap DPPH menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Nilai laju penghambatan (aktivitas antioksidan) untuk radikal bebas DPPH dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi kontrol} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi kontrol}} \times 100\%$$

Konsentrasi hambat ( $IC_{50}$ ) ditentukan secara grafis menggunakan plot nilai hambat dan konsentrasi ekstrak. Persamaan regresi linier yang dihasilkan berbentuk  $y = bx + a$  dan persamaan linier yang dihasilkan digunakan untuk menghitung konsentrasi hambat 50% ( $IC_{50}$ ).

### Warna

Penentuan warna didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Jiménez-González and Guerrero-Beltrán (2021) menggunakan alat chromameter CR-400.

### Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan yaitu deskriptif (*explanatory research*), yaitu menganalisis, menggambarkan dan meringkas hasil penelitian yang diperoleh di laboratorium. Penelitian dianalisis sebanyak tiga kali ulangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Ekstrak Daun Kelor

Pada penelitian ini, simplisia daun kelor yang diekstraksi memiliki kadar air sebesar 2,76%. Adapun hasil penelitian ekstrak daun kelor disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen dan karakteristik kimia ekstrak daun kelor

Karakteristik	Nilai
Rendemen (%)	17,14 ± 1,32
Kadar Air (%)	10,79 ± 0,79
Total Fenolik (mg GAE/g)	590,25 ± 1,12
Flavonoid (mg QE/g)	173,96 ± 1,57
$IC_{50}$ (µg/mL)	52,74 ± 0,11

Keterangan : Nilai rata-rata berdasarkan tiga kali ulangan

### Rendemen Ekstrak Daun Kelor

Rendemen yang diperoleh yaitu sebesar 17,14 ± 1,32%. Nilai rendemen yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan rendemen ekstrak daun kelor yang diperoleh pada penelitian Alegantina *et al.* (2010) yang menghasilkan rendemen sebesar 15,59%. Perbedaan nilai rendemen dapat disebabkan metode ekstraksi yang berbeda dimana pada penelitian ini ekstraksi dibantu menggunakan UAE sedangkan ekstraksi yang dilakukan oleh Alegantina *et al.* (2010) dilakukan dengan metode maserasi. Hasil ekstraksi UAE yang lebih tinggi juga dikaitkan karena efek mekanis dan pecahnya dinding sel sehingga meningkatkan penetrasi pelarut kedalam sel (Carrera *et al.*, 2012). Vázquez *et al.* (2014) dan Dadi *et al.* (2019) juga melaporkan bahwa UAE memberikan hasil ekstraksi 4 kali lipat dari batang rubiacae dibanding hasil ekstraksi menggunakan sokhlet dan maserasi.

### Kadar Air Ekstrak Daun Kelor

Nilai kadar air yang diperoleh pada hasil penelitian yaitu sebesar 10,79 ± 0,79%. Nilai yang didapat sedikit melebihi batas nilai yang dipersyaratkan yaitu 10%. Namun nilai kadar air yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan kadar air ekstrak kelor yang dihasilkan oleh Susanty *et al.* (2019). Nilai kadar air pada ekstrak dipengaruhi oleh jenis pelarut dan proses penguapan ekstrak. Sebagaimana menurut Atisanto *et al.* (2017) suhu pengeringan dan jenis pelarut berpengaruh terhadap kadar air ekstrak. Hikmah *et al.* (2009) juga menyebutkan semakin tinggi suhu yang digunakan menyebabkan kandungan air yang dihasilkan semakin rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Sandy Atisanto *et al.* (2017) juga membuktikan bahwa ekstraksi dengan pelarut etanol menghasilkan kadar air cukup tinggi karena etanol 70% bersifat lebih polar dibandingkan dengan etanol 90% sehingga titik didihnya semakin tinggi. Sebagaimana menurut Gomarjoyo *et al.* (2015), semakin tinggi titik didih pelarut maka semakin lama proses penguapan, sedangkan pada penelitian, suhu yang digunakan pada proses penguapan ekstrak yaitu sebesar 45°C.

### Total Fenolik dan Total Flavonoid Ekstrak Daun Kelor

Ekstrak daun kelor yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki total fenolik sebesar 590,25 ± 1,12 (mg GAE/g). Hasil fenolik yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Dadi *et al.* (2019) yaitu sebesar 33,4 ± 1,2 – 46,6 ± 0,3 mg GAE/g, sedangkan kandungan flavonoid yang dihasilkan dalam ekstrak daun kelor yaitu sebesar 173,96 ± 1,57 (mg QE/g). Kandungan flavonoid yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan flavonoid ekstrak daun kelor yang dihasilkan oleh Vongsak *et al.* (2013) yaitu sebesar 6,20 ± 0,48 g QE/g. Perbedaan hasil kandungan fenolik dan flavonoid ekstrak daun kelor dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dapat dipengaruhi oleh usia daun, metode ekstraksi, suhu dan waktu ekstraksi dan pelarut yang digunakan saat ekstraksi. Dalam penelitian ini, daun kelor yang digunakan adalah daun yang sudah tua. Hal ini karena daun tua memiliki kandungan fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan daun yang masih muda (Felicia *et al.*, 2017). Metode ekstraksi dengan bantuan ultrasound dalam penelitian ini juga dapat berkontribusi memberikan hasil polifenol dan flavonoid yang lebih baik dibandingkan dengan metode maserasi (Dadi *et al.*, 2019). Waktu ekstraksi daun kelor dengan metode UAE juga lebih singkat dibandingkan ekstraksi maserasi sehingga dapat meminimalisir hidrolisis dan penguapan ekstrak (Yuliantari *et al.*, 2017). Selain itu, jenis pelarut etanol yang digunakan dalam penelitian juga efektif dalam melarutkan senyawa fenolik ekstrak daun kelor karena bersifat polar (Bakar *et al.*, 2015).

### Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor

Aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor ditentukan berdasarkan nilai  $IC_{50}$ .  $IC_{50}$  adalah konsentrasi larutan substrat atau sampel yang mengurangi aktivitas DPPH hingga 50%. Nilai  $IC_{50}$  ekstrak daun kelor yang dihasilkan yaitu sebesar  $52,74 \pm 0,11$  ( $\mu\text{g/mL}$ ). Nilai  $IC_{50}$  dipengaruhi oleh kandungan flavonoid yang terdapat dalam bahan. Sebagaimana menurut Pietta (2000), semakin tinggi kandungan flavonoid dalam bahan maka nilai aktivitas antioksidan akan semakin tinggi. Korelasi antara flavonoid dengan antioksidan juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti (Rubiyanti *et al.*, 2019; Fajar *et al.*, 2018; Yuliantari *et al.*, 2017).

### Karakteristik Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Mikrokapsul ekstrak daun kelor yang dihasilkan pada penelitian ini dianalisis meliputi kadar air, total fenolik, total flavonoid dan aktivitas antioksidan ( $IC_{50}$ ) sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh rasio bahan penyalut terhadap rendemen, kadar air dan kelarutan mikrokapsul ekstrak daun kelor

Parameter	Perlakuan	
	M1W3	M3W1
Rendemen (%)	$53,66 \pm 2,25$	$60,78 \pm 4,60$
Kadar Air (%)	$3,73 \pm 0,4$	$3,49 \pm 0,35$
Kelarutan (%)	$95 \pm 0,03$	$91,1 \pm 0,07$

\*M1W3 : Rasio maltodekstrin : Whey Protein Isolat (1:3)

M3W1 : Rasio maltodekstrin : Whey Protein Isolate (3:1)

### Rendemen Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Rendemen yang dihasilkan pada perlakuan M3W1 lebih tinggi dibandingkan dengan M1W3. Hal ini menunjukkan semakin tinggi rasio maltodekstrin menyebabkan rendemen semakin tinggi. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hasna *et al.* (2018). Maltodekstrin memiliki daya ikat yang lebih kuat dalam mengikat suspensi dibandingkan dengan whey protein (Hasna *et al.*, 2018). Maltodekstrin memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan whey protein. Viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan kecepatan pengeringan karena terjadi pembentukan droplet yang besar dan panjang yang mengganggu proses atomisasi sehingga rendemen enkapsulan berkurang (Yuliaty dan Susanto, 2015).

### Kadar Air Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Berdasarkan hasil penelitian terhadap mikrokapsul ekstrak daun kelor diperoleh kadar air yaitu  $3,49 \pm 0,35$  % -  $3,73 \pm 0,4$  % (wb). Kadar air yang dihasilkan pada mikrokapsul ekstrak daun kelor lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasna *et al.* (2018) pada mikrokapsul kayu manis dan Purnomo *et al.* (2014) pada mikrokapsul duan jati. Kadar air yang dihasilkan pada mikrokapsul ekstrak daun kelor telah memenuhi

standar produk bubuk berdasarkan SNI 01-4320-1996 yaitu berkisar pada 3-5 %.

Kadar air pada mikrokapsul dipengaruhi oleh bahan penyalut yang digunakan. Perlakuan M3W1 memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan dengan M1W3. Berdasarkan Baysan *et al.* (2021) menyebutkan bahwa maltodekstrin mempunyai sifat higroskopis yang rendah sehingga dapat menurunkan kadar air mikrokapsul. Whey protein mengandung protein yang memiliki struktur kompleks dan matriks ikatan yang kuat terhadap air (Michel *et al.*, 2009). Namun penambahan maltodekstrin sebagai penyalut dapat menurunkan kekuatan ikatan matriks terhadap air. Sebagaimana menurut Purnomo *et al.* (2014) dan Verdiana *et al.* (2018) menyebutkan bahwa penambahan mikrokapsul sebagai bahan penyalut dapat menurunkan kadar air. Hal ini karena penambahan maltodekstrin dapat meningkatkan total padatan bahan. Berdasarkan Crosby (1989) menyebutkan bahwa semakin tinggi total padatan pada bahan pangan yang dikeringkan menyebabkan tingginya kecepatan penguapan sehingga kadar air menjadi rendah.

### Kelarutan Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Kelarutan merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas produk bubuk dan berdampak pada pelepasan bahan aktif pada mikrokapsul. Perlakuan M1W3 memiliki kelarutan yang lebih tinggi yaitu 95% dibandingkan dengan perlakuan M3W1 yaitu 91,1%. Hasil ini memperlihatkan bahwa penggunaan maltodekstrin yang lebih sedikit dibandingkan whey protein menyebabkan kelarutan semakin meningkat. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Hasna *et al.*, 2018; Siregar dan Kristanti, 2019). Penggunaan whey yang lebih banyak dapat mempercepat pelarutan mikroenkapsul saat diaplikasikan pada makanan. Hal ini karena whey merupakan emulsifier yang baik yang dapat membantu pelepasan zat-zat dalam suspensi baik fase air ataupun minyak (Keogh dan O'Kennedy, 1999).

### Kadar Total Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Kadar total fenolik yang dihasilkan pada mikrokapsul ekstrak daun kelor yaitu sebesar  $349,88 \pm 1,64$  -  $377,21 \pm 0,82$  mg GAE/g (Tabel 3) lebih rendah dibandingkan dengan total fenolik ekstrak daun kelor yaitu  $590,25 \pm 1,12$  mg GAE/g (Tabel 1). Begitupula dengan kadar total flavonoid yang dihasilkan pada mikrokapsul ekstrak daun kelor yaitu sebesar  $86,35 \pm 2,81$  -  $101,32 \pm 3,36$  QE mg/g lebih rendah dibandingkan dengan total flavonoid ekstrak daun kelor yaitu  $173,96 \pm 1,57$ . Hal ini dikarenakan pada proses enkapsulasi ekstrak akan terjadi perlakuan panas, terpapar cahaya dan oksigen selama pengeringan semprot yang dapat menurunkan senyawa bioaktif bahan pangan termasuk kandungan

fenolik (Mahdavi *et al.*, 2016; Siregar dan Kristanti, 2019).

Kandungan Fenolik dan flavonoid pada perlakuan M1W3 lebih tinggi dibandingkan perlakuan M3W1. Penggunaan whey yang lebih banyak pada proses penyalutan lebih efektif dalam menjaga kandungan bioaktif yang terdapat dalam bahan yang disalut (Bannikova *et al.*, 2021). Protein whey memiliki proteksi yang baik terhadap oksidasi dibandingkan dengan maltodekstrin. Namun penggabungan whey protein dengan maltodekstrin sebagai penyalut menjadi lebih efektif dalam proses enkapsulasi karena maltodekstrin dapat menghasilkan kaca amorf matriks yang bertindak sebagai penghalang terhadap oksidasi (Baysan *et al.*, 2021).

Tabel 3. Pengaruh rasio bahan penyalut terhadap kandungan total fenolik, flavonoid dan  $IC_{50}$  mikrokapsul ekstrak daun kelor

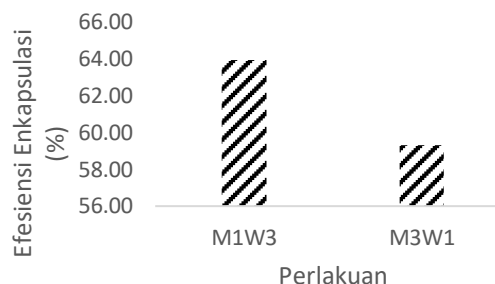
Parameter	Perlakuan	
	M1W3	M3W1
Total Fenolik (mg GAE/g)	377,21 ± 0,82	349,88 ± 1,64
Flavonoid (mg QE/g)	101,32 ± 3,36	86,35 ± 2,81
IC 50 (µg/mL)	88,22 ± 0,68	149,65 ± 4,03

Aktivitas antioksidan yang diperoleh dinyatakan dalam  $IC_{50}$ . Aktivitas antioksidan tergolong sangat kuat jika memiliki nilai  $IC_{50}$  <50 ppm, tergolong kuat antara 50-100 ppm, sedang antara 100-150 ppm dan lemah antara 150-200 ppm (Rumagit *et al.*, 2015). Mikrokapsul ekstrak daun kelor memiliki nilai  $IC_{50}$  yang berkisar pada 88,22 ± 0,68 – 149,65 ± 4,03 ppm. Nilai  $IC_{50}$  yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai  $IC_{50}$  ekstrak daun kelor yaitu 52,74 ± 0,11 ppm. Penurunan kandungan antioksidan mikrokapsul ekstrak daun kelor disebabkan karena proses pengolahan selama enkapsulasi ekstrak. Namun penurunan nilai antioksidan tidak terlalu tinggi dan masih berada pada golongan antioksidan kuat sehingga berpotensi untuk diaplikasikan pada bahan pangan.

Nilai aktivitas antioksidan pada perlakuan M1W3 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan M3W1. Hal ini berkaitan dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang dihasilkan pada setiap perlakuan. Perlakuan M1W3 memiliki kandungan fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi sehingga aktivitas antioksidannya lebih kuat dibandingkan dengan perlakuan M3W1. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ballesteros *et al.* (2017); Kha *et al.* (2010) dan Zorić *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa terdapat korelasi antara kandungan fenolik dengan peningkatan aktivitas antioksidan.

### Efisiensi Enkapsulasi Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Efisiensi enkapsulasi adalah perbandingan antara kandungan total fenolik mikrokapsul ekstrak daun kelor dengan kandungan total fenolik ekstrak daun kelor. Berdasarkan Gambar 1 dapat terlihat perlakuan M1W3 memiliki efisiensi lebih besar yaitu 63,94% dibandingkan dengan perlakuan M3W1 yaitu 59,31%.



Gambar 1. Pengaruh rasio bahan penyalut terhadap efisiensi mikrokapsul ekstrak daun kelor

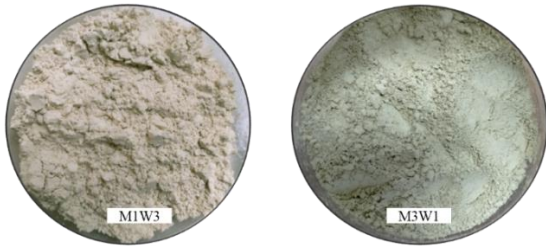
Pada perlakuan M1W3 penggunaan whey protein lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan M3W1. Protein memiliki kemampuan yang baik dalam mengemas komponen bioaktif (Zhang *et al.*, 2021). Sifat pembentuk gel pada protein sangat baik dalam membentuk partikel nano untuk enkapsulasi senyawa bioaktif (Tang, 2019). Penggunaan whey protein bersama dengan maltodekstrin pada proses enkapsulasi menjadi kombinasi yang efektif dalam menyalut senyawa bioaktif. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bannikova *et al.* (2021) dan Zhang *et al.* (2021). Protein dan polisakarida menyediakan jembatan untuk memuat komponen bioaktif agar tetap ada dalam matriks makanan yang rumit (Zhang *et al.*, 2021). Secara umum, dua interaksi utama antara protein dan polisakarida yaitu kompleksasi non-kovalen dan interaksi kovalen. Ikatan non-kovalen antara polisakarida dengan protein menghasilkan keadaan bioadhesive yang memberikan kemungkinan menghasilkan nanomaterial. Sedangkan pada interaksi kovalen terbentuk konjugat protein dan polisakarida yang membentuk *amphiphilicity* yang sangat baik untuk merangkul komponen bioaktif lipofilik ketika struktur nano dari konjugat terbentuk (Anal *et al.*, 2019).

### Warna Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor

Pengamatan warna pada serbuk mikrokapsul ekstrak daun kelor dilakukan dengan metode CIE LAB, dengan menyajikan data berupa  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue dan Chroma. Hasil analisis warna ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 2.

Tabel 4. Pengaruh rasio bahan penyalut terhadap L\*, a\*, b\*, Hue dan chroma mikrokapsul ekstrak daun kelor

Perlakuan	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	Hue	Chroma
M1W3	89,89 ± 0,1	2,63 ± 0,02	19,83 ± 0,34	178,56 ± 0,002	20 ± 0,34
M3W1	83,17 ± 0,5	2,46 ± 0,14	27,19 ± 0,98	178,52 ± 0,008	27,3 ± 0,97



Gambar 2. Pengaruh rasio bahan penyalut terhadap warna mikrokapsul ekstrak daun kelor

Perlakuan M1W3 memiliki nilai L\* lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan M3W1. Semakin tinggi nilai L\* menandakan warna semakin cerah. Perlakuan sampel dengan penambahan whey protein yang lebih banyak relatif lebih stabil terhadap oksidasi yang dapat menurunkan kualitas warna enkapsulan suatu bahan (Toure *et al.*, 2007).

Hue merupakan salah satu komponen warna yang menentukan warna suatu bahan. Perhitungan nilai hue dilakukan berdasarkan nilai a\* dan b\* dengan formulasi yang menyesuaikan berdasarkan kuadran sudut hue. Hasil pengamatan nilai hue yang diperoleh pada perlakuan M1W3 dan M3W1 berada pada kisaran 178,52 ± 0,008 hingga 178,56 ± 0,002. Berdasarkan kuadran sudut hue kedua perlakuan mikrokapsul mengarah ke hasil warna hijau.

Nilai chroma pada perlakuan M1W3 lebih rendah dibandingkan M3W1. Semakin tinggi nilai chroma maka warna yang dihasilkan akan semakin tajam dan semakin rendah nilai chroma maka warna yang dihasilkan semakin kusam (Karangutkar dan Ananthanarayan, 2020). Perlakuan dengan rasio maltodekstrin yang lebih banyak menghasilkan ketajaman wana yang lebih baik. Hal ini karena maltodekstrin memiliki viskositas yang lebih rendah yang dapat meningkatkan kualitas warna (Tonon *et al.*, 2010).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Rasio bahan penyalut maltodekstrin dan whey protein berpengaruh terhadap rendemen, kadar air, kelarutan, total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan, efisiensi enkapsulasi dan warna yang dihasilkan. Karakteristik mikrokapsul terbaik berdasarkan kandungan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan diperoleh pada perlakuan rasio maltodekstrin dan whey protein sebesar 1:3.

### Saran

Perlu dilakukan penambahan perlakuan dan penelitian lebih lanjut meliputi kestabilan terhadap

suhu, pengujian terhadap parameter fisik dan uji simpan mikrokapsul ekstrak daun kelor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ademiluyi AO, Aldaselu OH, Obboh G, Boligon AA. 2018. Drying alters the phenolic constituents, antioxidant properties,  $\alpha$ -amylase, and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory properties of moringa (*Moringa Oleifera*) Leaf. *Food Science and Nutrition*. 6 (8): 1-11.
- Alegantina S, Isnawati A, dan Widowati L. 2010. Kualitas ekstrak etanol 70% daun kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) dalam ramuan penambah ASI. *Jurnal Kefarmasian Indonesia* 3 (1): 1-8.
- Anal KA, Shrestha S, dan Sadiq MB. 2019. Biopolymeric-Based emulsions and their effects during processing, digestibility and bioaccessibility of bioactive compounds in food systems. *Food Hydrocolloids*. 87 (2) : 691-702
- Armendáriz-Barragan B, Zafar N, Badri W, Galindo-Rodriguez SA, Kabbaj D, Fessi H, Elaissari A. 2016. Plant extracts: from encapsulation to application. *expert Opinion on Drug Delivery*. 13 (8): 1165-1175.
- Atisanto VS, Mulyani S, dan Triani IGAL. 2017. Pengaruh Jenis Pelarut dan suhu pengeringan terhadap karakteristik ekstrak pada buah kelubi (*Eliodoxa Conferta*). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. 5 (3): 35-44.
- Bakar MFA, Karim FA, dan Perisamy E. 2015. Comparison of Phytochemicals and Antioxidant Properties of Different Fruit Parts of Selected Artocarpus Species from Sabah, Malaysia. *Sains Malaysiana*. 44 (3): 355-63.
- Ballesteros LF, Ramirez MJ, Orrego CE, Teixeira JA, Mussato SI. 2017. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*. 237 : 623-631
- Bannikova A, Damir Z, Bituykova A, Evteev A, Blinohvatov A, Evdokimov I. 2021. Characterization and encapsulation of polyphenols and xylooligosaccharides from oat bran in whey protein- maltodextrin complex coacervates. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 34: 109-18.
- Baysan U, Bastioğlu AZ, Coşkun NÖ, Takma DK, Balçık EÜ, Sahin-Nadeem H, Koç M. 2021. The Effect of coating material combination and encapsulation method on propolis powder properties. *Powder Technology*. 384: 332-41.

- Carrera C, Ruiz-Rodríguez A, Palma M, Barroso CG. 2012. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica Chimica Acta*. 732 : 100-104
- Cornelia M, Natania K, Cahyana H, Sutiyono E. 2019. Encapsulation of Soursop (*Annona Muricata* Linn.) Leaf Tea Extract Using Natural Mucilage. *Reaktor*. 19 (1): 26-33.
- Dadi DW, Emire SA, Hagos AD, Eun JB. 2019. Effect of ultrasound-assisted extraction of moringa stenopetala leaves on bioactive compounds and their antioxidant activity. *Food Technology and Biotechnology*. 57 (1330-9862): 1-10.
- Ezhilarasi PN, Indrani D, Jena BS, Anandharamakrishnan C. 2014. Microencapsulation of garcinia fruit extract by spray drying and its effect on bread Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94 (6): 1116–23.
- Fajar RI, Wrasiasi LP, Suhendra L. 2018. The content of the flavonoid compound and antioxidant activity of green tea extract in the treatment temperature and time brewing. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. 6 (3): 196-202.
- Fatmawati. 2020. Pengaruh ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera* L.) Terhadap Kualitas Yoghurt. *Indobiosains*. 2 (1): 1-8.
- Felicia N, Widarta WR, Ariyusasrini NL. 2017. Pengaruh ketuaan daun dan metode pengolahan terhadap aktivitas antioksidan dan karakteristik sensoris teh herbal bubuk daun alpukat (*Persea Americana* Mill.). *Ilmu Dan Teknologi Pangan*. 5 (2): 1-11.
- Hasna T, Anandhito RB, Khasanah LU, Utami R, Manuhara GJ. 2018. Pengaruh Kombinasi maltodekstrin dan whey sebagai bahan penyalut pada karakteristik mikroenkapsul oleoresin kayu manis (*Cinnamomum Burmanii*) effect of maltodextrin and whey combination as wall material on the characteristics of cinnamon. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*. 38 (3): 259–64.
- Hsu CF, Zhang L, Peng H, Travas-Sejdic J, Kilmartin PA. 2008. Scavenging of DPPH Free Radicals by polypyrrole powders of varying levels of overoxidation and/or reduction. *Synthetic Metals*. 158 (21–24): 946-952.
- Isailović B, Kalušević A, Žuržul N, Coelho MT, Dordević V, Alves VD, Sousa I, Moldão-Martins M, Bugarski B, dan Nedović VA. 2012. Microencapsulation of Natural antioxidants from pterospartum tridentatum in different alginate and inulin systems. In *CEFood 2012 - Proceedings of 6th Central European Congress on Food*. Bandung, Indonesia. Januari 2012.
- Jafari SM. 2017. *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries. Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*. Iran : Academic Press.
- Jiménez-González O dan Guerrero-Beltrán JA. 2021. Extraction, microencapsulation, color properties, and experimental design of natural pigments obtained by spray drying. *Food Engineering Reviews*. 13 (5): 769-811.
- Johansen CE. 1989. *SPRAY DRYING HANDBOOK*. *Drying Technology* 7 (2): 419-425
- Karangutkar AV dan Ananthanarayan L. 2020. Co-Crystallization of basella rubra extract with sucrose: characterization of co-crystals and evaluating the storage stability of betacyanin pigments. *Journal of Food Engineering* 271 (4): 1-44.
- Keogh MK dan O’Kennedy BT. 1999. Milk fat microencapsulation using whey proteins. *International Dairy Journal*. 9 (9): 657-663.
- Kha TC, Nguyen MH, Roach PD. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the gac (*Momordica Cochinchinensis*) Fruit Aril Powder. *Journal of Food Engineering*. 98 (3): 385-392.
- Khasanah V dan Astuti P. 2019. Pengaruh Penambahan ekstrak dau kelor (*moringa oleifera*) terhadap kualitas inderawi dan kandungan protein mie basah substitusi tepung mocaf. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 11 (2): 15–21.
- López JG. 2020. Flavonoids in health and disease. *Current Medicinal Chemistry* 26 (39): 6972-6975
- Mahdavi SA, Jafari SM, Assadpoor E, Dehnad D. 2016. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 85: 379–85.
- Michel J, Tirado-Rives J, Jorgensen WL. 2009. Prediction of the Water content in protein binding sites. *Journal of Physical Chemistry B*. 113 (40): 13337-13346.
- Mittal A, Sharma M, David A, Vishwakarma P, Saini M, Goel M, Saxena KK. 2017. An Experimental Study to Evaluate the Anti-inflammatory effect of moringa oleifera leaves in animal models. *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology*. 6 (2): 452-457.
- Muthukumar M, Naveena BM, Vaithyanathan S, Sen AR, Sureshkumar K. 2014. Effect of Incorporation of moringa oleifera leaves extract on quality of ground pork patties. *Journal of Food Science and Technology*. 51 (11): 3172-3180.
- Nobossé P, Fombang EN, Mbofung CM. 2018. Effects of age and extraction solvent on



- phytochemical content and antioxidant activity of fresh moringa oleifera L. Leaves. *Food Science and Nutrition*. 6 (8): 2188–98.
- Padayachee B dan Baijnath H. 2020. An Updated comprehensive review of the medicinal, phytochemical and pharmacological properties of moringa oleifera. *South African Journal of Botany*. 129: 1-13.
- Pedro AC, Granato D, Rosso ND. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza Sativa* L.) by Modeling and assessing their reversibility and stability. *Food Chemistry*. 191: 12-20.
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63 (7): 1035-1042
- Purnomo W, Khasanah LU, Anandito BK. 2014. Pengaruh ratio kombinasi maltodekstrin, karagenan dan whey terhadap karakteristik mikroenkapsulan pewarna alami daun jati (*tectona grandis* L. F.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 3 (3): 99-107.
- Rani NZ, Husain K, Kumolosasi E. 2018. Moringa Genus: a review of phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*. 9 (108): 1-26.
- Rivai ATO. 2020. Identifikasi Senyawa yang terkandung pada ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*). *Indonesian Journal of Fundamental Sciences (IJFS)*. 6 (2): 63–70.
- Rubiyanti R, Syafa'ah N, Aji N. 2019. Pengaruh Pelarut campur etil asetat dan n-heksan terhadap rendemen dan golongan senyawa kimia pada ekstrak biji alpukat (*Persea Americana* Mill.). *Media Informatika*. 15 (1): 54-64.
- Rumagit HM, Runtuwene MRJ, Sudewi Sri. 2015. Uji Fitokimia dan uji aktivitas antioksidan dari ekstrak etanol spons lamellogodysidea herbacea. *Pharmaco* 4 (3): 183–92.
- Santoso BD, Ananingsih VK, Soedarini B, Stephanie J. 2020. Pengaruh variasi maltodekstrin dan kecepatan homogenisasi terhadap karakteristik fisikokimia enkapsulat butter pala (*Myristica Fragrans* Houtt) dengan metode vacuum drying. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 13 (2): 94-103.
- Shah MA, Bosco SJ, Mir SA. 2015. Effect of moringa oleifera leaf extract on the physicochemical properties of modified atmosphere packaged raw beef. *Food Packaging and Shelf Life*. 3 : 31-38.
- Siregar TM dan Kristanti C. 2019. Mikroenkapsulasi Senyawa fenolik ekstrak daun kenikir (*Cosmos Caudatus* K.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 8 (1): 31–37.
- Sohaib M, Al-Barakah FN, Migdadi HM, Husain FM. 2021. Comparative Study among avicennia marina, phragmites australis, and moringa Oleifera based ethanolic-extracts for their antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29 (1): 111-122.
- Susanty, Ridnugrah NA, Chaerrudin A, Yudistirani SA. 2019. Aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai zat tambahan pembuatan moisturizer. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2019 1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Jakarta, Indonesia. 16 Oktober 2019 :1–7.
- Swandina AA, Cahyanti N, dan Sampurno A. 2017. Pengaruh penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Mutu Mikrobiologi Dan Organoleptik Susu Pasteurisasi Yang Disimpan Pada Suhu Refrigerasi. *e-Journal Boga*. 4 (3): 151-159.
- Tang CH. 2019. Nanostructured soy proteins: fabrication and applications as delivery systems for bioactives (a Review). *Food Hydrocolloids*. 91(9): 92-116.
- Tonon RV, Brabet C, dan Hubinger MD. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe Oleracea* Mart.) Juice Produced with Different Carrier Agents. *Food Research International* 43 (3): 907–914.
- Toure A, Xiaoming, Z, Jia CS, Zhijian D. 2007. Microencapsulation and oxidative stability of ginger essential oil in Maltodextrin/Whey Protein Isolate (MD/WPI). *International Journal of Dairy Science*. 2(4): 387-392.
- Vázquez MFB, Comini LR, Martini RE, Montoya SCN, Bottini S, Cabrera JL. 2014. Comparisons between conventional, ultrasound-assisted and microwave-assisted methods for extraction of anthraquinones from heterophyllaea pustulata hook f. (*Rubiaceae*). *Ultrasonics Sonochemistry*. 21 (2): 478-484.
- Verdiana M, Widarta IW, and Permana ID. 2018. Pengaruh jenis pelarut pada ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik terhadap aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah lemon (*Citrus Limon* (Linn.) Burm F.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*. 7 (4): 213-222.
- Vongsak B, Sithisarn P, Mangmool S, Thongpraditchote S, Wongkrajang Y, Gritsanapan W. 2013. Maximizing Total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of moringa oleifera leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*. 44: 566–71.
- Wahyuningtyas TA, Hamidah S, Lastariwati B. 2019. Pukis ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai cemilan bernutrisi tinggi untuk ibu menyusui. *HEJ (Home Economics Journal)*. 3 (2): 38–61.
- Widyasanti A, Nurlaily N, dan Wulandari E. 2018. Karakteristik fisikokimia antosianin ekstrak kulit buah naga merah menggunakan metode uae. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan*

- Biosistem*. 6 (1): 27–38.
- Ling Y, Yeong, Fun PS, Yeop A, Yusoff MM, Gimbin J. 2019. Assessment of maceration, ultrasonic and microwave assisted extraction for total phenolic content, total flavonoid content and kaempferol yield from cassia alata via microstructures analysis. *Materials Today: Proceedings* 19: 1273–79.
- Yuliantari NWA, Widarta IWR, dan Permana IDG. 2017. Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan daun sirsak (*Annona Muricata* L.) Menggunakan Ultrasonik. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*. 4 (1): 35–42.
- Yuliaty, Tresna S, dan Susanto WH. 2015. Pengaruh Lama pengeringan dan konsentrasi maltodektrin terhadap karakteristik fisik kimia dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3 (1).
- Yunianti D. 2020. Aktivitas antioksidan daun pegagan (*Centella Asiatica* L. Urban) dan bunga krisan (*Chrysanthemum* Sp) Pada tiga variasi suhu pengeringan. *Pasundan Food Technology Journal*. 6 (3): 142-147.
- Zhang Q, Zhou Y, Yue W, Qin W, Dong H, and Vasanthan T. 2021. Nanostructures of protein-polysaccharide complexes or conjugates for encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*. 109 (1): 169–96.
- Zorić Z, Pelaić Z, Pedisić S, Garofulić IE, Kovačević DB, Dragović-Uzelac V. 2017. Effect of storage conditions on phenolic content and antioxidant capacity of spray dried sour cherry powder. *LWT*. 79: 251-259
- Zuidam NJ dan Nedović VA. 2010. Encapsulation Technologies for active food ingredients and food processing. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer Science. P3-29.