



## Aktivitas Antioksidan dan Total Fenolik Minuman Fungsional Nanoenkapsulasi Berbasis Ekstrak Sirih Merah

Mega Safithri<sup>1\*</sup>, Susi Indariani<sup>2</sup>, Dinie Septiyani<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Departemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor, Gedung Biokimia FMIPA Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Jawa Barat

<sup>2</sup> Pusat Studi Biofarmaka Tropika, LPPM IPB, Taman Kencana Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor 16128 Jawa Barat

\*Alamat korespondensi: [mega.safithri@gmail.com](mailto:mega.safithri@gmail.com), Tlp: (0251) 8423267

Diterima: April 2020

Direview: April 2020

Dimuat: Juni 2020

### Abstrak

Pengembangan minuman fungsional dari ekstrak sirih merah yang ditambahkan dengan beberapa ekstrak rempah telah dilakukan sebelumnya. Akan tetapi, hasil uji sensori masih tergolong rendah karena masih terdapat rasa pahit pada minuman fungsional tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan minuman fungsional berbasis ekstrak daun sirih merah dengan teknologi nanoenkapsulasi dan mengevaluasi total fenolik, aktivitas antioksidan *in vitro* serta mutu sensori. Pembuatan minuman fungsional nanoenkapsulasi menggunakan *carrier agent* berupa gum arab dan maltodekstrin (1:3; 1:1; 3:1), sedangkan *active agent* berupa campuran ekstrak daun sirih merah dan rempah-rempah (kayu manis, jahe merah, jeruk nipis). Aktivitas antioksidan menggunakan metode CUPRAC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minuman *ready to drink* memiliki nilai total fenol ( $786,23 \pm 1,52$  mg GAE/g) dan aktivitas antioksidan ( $1583,97 \pm 85,52$   $\mu$ M trolox/g ekstrak) lebih baik dibandingkan dengan minuman fungsional nanoenkapsulasi. Akan tetapi, minuman fungsional nanoenkapsulasi memberikan mutu sensori yang lebih disukai dibandingkan dengan minuman *ready to drink*. Nanoenkapsulasi dapat memperbaiki mutu sensori minuman fungsional sirih merah, tetapi menurunkan nilai total fenol dan aktivitas antioksidan *in vitro*.

**Kata kunci:** gum arab, maltodekstrin, minuman fungsional

### Abstract

*The development of functional drink from red betel extract which is added with several spice extracts has been previously conducted. However, the result of the sensory test was still not good because there was still a bitter taste in the functional drink. This study aimed to develop functional drink based on red betel extract with nanoencapsulation technology and evaluate total phenolic, in vitro antioxidant activity, as well as sensory value. The nanoencapsulated functional drink was made from carrier agent, which were arabic gum and maltodextrin (1:1; 1:3; 3:1), while the active agent were a mixture of red betel extract and spices (cinnamon, red ginger, lime juice). Antioxidant activity used the CUPRAC method. The result showed that ready to drink (RTD) drink which had a total phenolic value ( $786.23 \pm 1.52$  mg GAE/g) and antioxidant activity ( $1583.97 \pm 85.52$   $\mu$ M trolox/g extract), was better than the nanoencapsulated functional drink. However, nanoencapsulated functional drink provide sensory quality which is more preferable than the RTD drink. The nanoencapsulated technology could improved*

*sensory value of red betel functional drink, but it decreased total phenolic value and antioxidant activity in vitro.*

**Keywords:** arabic gum, functional drink, maltodextrin

---

## PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan suatu senyawa reaktif yang dapat dihasilkan dari proses metabolisme tubuh dan mampu bereaksi dengan setiap molekul yang kontak langsung dengan menarik elektronnya, sehingga dapat membentuk atau menghasilkan radikal bebas yang baru. Apabila jumlah radikal bebas dalam tubuh meningkat, maka dapat menyebabkan oksidasi senyawa lemak, rusaknya protein, dan DNA [1]. Dampak dari kerja radikal bebas menimbulkan berbagai kemungkinan, seperti gangguan fungsi sel, kerusakan struktur sel, molekul termodifikasi yang tidak dapat dikenali oleh sistem imun, bahkan mutasi. Semua bentuk gangguan tersebut akan memicu munculnya berbagai penyakit. Reaktivitas dari radikal bebas dapat dihentikan dengan menggunakan antioksidan. Antioksidan merupakan suatu senyawa yang dapat berfungsi untuk menghentikan (menginterupsi) reaksi berantai molekul radikal bebas [2].

Penelitian terkait sumber antioksidan dari berbagai jenis tanaman herbal telah banyak dikembangkan. Salah satu tanaman herbal yang dapat dijadikan sebagai sumber antioksidan adalah sirih merah (*Piper crocatum*). Daun sirih merah memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Senyawa antioksidan pada daun sirih merah yang diekstrak menggunakan 70% etanol yaitu polifenol, flavonoid, tanin, dan alkaloid [3]. Ekstrak etanol-air pada sirih merah mengandung senyawa polifenolat dan minyak atsiri yang juga dapat berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan [4]. Upaya dalam pemanfaatan tanaman herbal tersebut yaitu dengan memformulasikannya dalam bentuk minuman fungsional berbasis herbal. Minuman fungsional campuran rebusan

daun sirih merah dan kayu manis memiliki aktivitas antioksidan terhadap SOD (superoksida dismutase) dan katalase serta memiliki aktivitas penghambatan alfa-glukosidase [5]. Ekstrak daun sirih merah dan kayu manis juga memiliki aktivitas antihiperlipidemik dan meningkatkan jumlah sel  $\beta$  pankreas, sehingga dapat mengurangi kadar glukosa darah [6].

Pengembangan minuman fungsional sirih merah yang ditambahkan dengan beberapa ekstrak rempah seperti kayu manis, jahe merah, dan jeruk nipis telah dilakukan [7]. Ekstrak rempah yang ditambahkan ke dalam minuman fungsional sirih merah tersebut kaya akan komponen bioaktif yang berfungsi untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dari minuman itu sendiri [8]. Akan tetapi, uji sensori berupa penerimaan konsumen tergolong rendah karena masih terdapat rasa pahit pada minuman fungsional tersebut [7].

Teknologi enkapsulasi telah lama dimanfaatkan untuk pengembangan produk dalam bentuk serbuk dan berfungsi untuk melindungi senyawa aktif yang terkandung dalam produk, sekaligus meningkatkan mutu produk [9]. Kelebihan lainnya dari metode nanoenkapsulasi adalah melindungi senyawa aktif dari degradasi, menghantarkan senyawa aktif menuju sel target, dan meningkatkan penyerapan senyawa aktif oleh tubuh [10]. Bahan penyalut yang digunakan adalah maltodekstrin dan gum arab. Maltodekstrin berfungsi dalam memberikan daya tahan terhadap oksidasi dan meningkatkan kelarutan suatu enkapsulat, sedangkan gum arab berfungsi dalam meningkatkan kestabilan emulsi [11]. Berdasarkan proses persiapannya, nanopartikel terbagi menjadi dua jenis yaitu *nanosphere* dan *nanocapsules*. *Nanosphere* memiliki struktur tipe matriks material inti yang

didispersikan ke permukaan, sedangkan *nanocapsules* yang dapat menunjukkan struktur dinding membran dan material inti yang terperangkap dalam inti [12]. Penelitian ini bertujuan mengembangkan minuman fungsional berbasis ekstrak daun sirih merah dengan teknologi nanoenkapsulasi dan mengevaluasi total fenol, aktivitas antioksidan, dan mutu sensori.

## METODE PENELITIAN

### *Rancangan/Desain Penelitian*

Penelitian ini merupakan bagian penelitian dari penelitian besar yang berjudul “Aplikasi Formula Herbal Berbasis Ekstrak Daun Sirih Merah, Kulit Kayu Manis, dan Jahe Merah sebagai Minuman Fungsional bagi Penderita Diabetes” [7]. Desain penelitian ini adalah eksploratif deskriptif. Penelitian ini membuat minuman fungsional *ready to drink* (RTD) dan nanoenkapsulasi dengan 3 formula *carrier agent* gum arab dan maltodekstrin, yaitu 1:3; 1:1; dan 3:1. Empat minuman fungsional tersebut dianalisis ukuran partikelnya dan ditentukan nilai indeks polidispersitas, jumlah total fenol, dan aktivitas antioksidannya menggunakan metode CUPRAC. Rancangan yang digunakan untuk hasil pengukuran total fenol dan aktivitas antioksidan metode CUPRAC adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Selanjutnya, minuman RTD dan nanoenkapsulasi dengan nilai aktivitas antioksidan tertinggi dianalisis mutu sensorinya.

### *Sumber Data*

Penelitian ini membuat minuman fungsional berbahan dasar sirih merah, kulit kayu manis, dan jahe merah. Daun sirih merah didapat dari kebun Pusat Studi Biofarmaka Tropika IPB, jahe merah, kayu manis, jeruk nipis didapat dari Pasar Anyar Bogor, akuades, maltodekstrin DE 10 *food*

*grade* (Lihua-RRC) dan gum arab didapat dari toko kimia Brataco, Bogor.

### *Preparasi Sampel*

Daun sirih merah, kayu manis, dan jahe merah disortasi dan dicuci bersih. Ketiga bahan tersebut dirajang kecil-kecil dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 3 hari. Setelah itu, daun sirih merah, kayu manis, dan jahe merah yang telah kering diblender dan disaring untuk mendapatkan simplisia dengan ukuran 40 mesh. Simplisia disimpan di dalam plastik pada suhu ruang [7].

### *Ekstraksi Simplisia*

Pembuatan ekstrak daun sirih merah, kayu manis, dan jahe merah melibatkan penambahan pelarut. Ekstrak daun sirih merah dibuat dengan cara menambahkan 10 g simplisia sirih merah ke dalam 200 mL akuades atau dengan perbandingan (1:20) dan dididihkan selama 15 menit dalam wadah tertutup. Setelah itu, sampel disaring dengan menggunakan kain dan volume hasil penyaringan (filtrat) diukur. Filtrat kemudian ditambahkan dengan akuades sampai volume total menjadi 100 mL. Pembuatan ekstrak kayu manis dan jahe merah sama dengan pembuatan ekstrak daun sirih merah. Perbedaannya hanya terletak pada penambahan air suling dan lamanya proses pemanasan. Ekstraksi kayu manis dan jahe merah menggunakan perbandingan 1:10 untuk penambahan akuadesnya dan dididihkan selama 5 menit dalam wadah tertutup. Larutan stok tersebut disimpan pada suhu 8°C sebelum digunakan [7].

### *Pembuatan Minuman Ready to Drink*

Minuman RTD dibuat dengan mencampurkan larutan daun sirih merah :kayu manis : jahe merah : jeruk nipis (42%:28%:15%:15%). Campuran bahan-bahan kemudian diaduk hingga homogen dan disimpan dalam botol pada suhu 8°C [7].

### **Pembuatan Minuman Nanoenkapsulasi Preparasi Carrier Agent**

Gum arab dan maltodekstrin digiling dalam mesin *planetary ball mill* selama 1 jam dengan 3 rasio (1:3; 1:1; 3:1), kecepatan 700 rpm untuk mendapatkan bahan baku yang lebih halus dan dalam ukuran nano. Campuran gum arab dan maltodekstrin sebagai *carrier agent* dilarutkan dalam akuades (1:10) dan diaduk dengan menggunakan Thermo Scientific Cimarec selama 20 menit hingga homogen.

### **Preparasi Active Agent Active agent**

*Active agents* mengandung campuran ekstrak pada formula [7], yang disentrifus (Beckman) selama 20 menit dengan kecepatan 10000 rpm. Hasil sentrifus akan dipisahkan antara supernatan dan endapannya. Setelah itu, supernatan diaduk dengan menggunakan *homogenizer* (Armfield L4R) selama 20 menit pada kecepatan 15000 rpm hingga homogen.

### **Preparasi Nanoenkapsulasi**

*Carrier agent* dan *active agent* dicampurkan dengan perbandingan 4:1. *Active agent* dimasukkan setetes demi setetes ke dalam *carrier agent* dan diaduk agar homogen dengan menggunakan *homogenizer* (Armfield L4R) selama 1 jam pada kecepatan 15000 rpm. Homogenat dikeringkan dengan menggunakan *spray dryer* (BUCHI-B190) dengan suhu inlet 100-180°C dan suhu outlet 60-80°C [13].

### **Analisis Ukuran Partikel Minuman Nanoenkapsulasi**

#### **Preparasi Sampel**

Minuman yang akan dianalisis ukuran partikelnya yaitu minuman *ready to drink* dan minuman nano enkapsulasi berbasis ekstrak sirih merah. Minuman *ready to drink* diambil sebanyak 3 tetes dan campurkan dengan 5 ml air akuabides. Setelah itu, aduk rata hingga homogen atausonikasi 10 menit hingga homogen. Preparasi sampel minuman

nanoenkapsulasi sama dengan preparasi minuman *ready to drink*. Perbedaannya hanya terletak pada pencampuran serbuk minuman nanoenkapsulasi yang menggunakan akuades terlebih dahulu.

### **Analisis Ukuran Sampel**

Diameter partikel dari minuman nanoenkapsulasi sirih merah dapat ditentukan dengan teknik hamburan cahaya dinamis (DLS) menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Beckam Coulter Delsa™ Nano C). Sampel diletakkan pada tempat preparat objek sebanyak 3 ml. Selanjutnya, wadah tempat preparat objek ditutup dan diukur menggunakan *software* NanoQ dengan input data berupa indeks bias pelarut, kekentalannya, dan dilakukan pengaturan intensitas sinar laser. Penembakan sinar laser dilakukan pada 30 titik medan sampel yang berbeda. Hasil ukuran partikel dan indeks polidispersitas dilihat pada nilai ZD dan PDI [14].

### **Analisis Total Fenol**

Metode yang digunakan untuk mengukur kadar total fenolik dalam penelitian ini adalah metode Folin-Ciocalteu. Prinsip dari metode ini berdasarkan kemampuan senyawa fenolik dalam mereduksi asam fosfomolibdat-fosfotungstat yang ada dalam pereaksi Follin-Ciocalteu (Merck) menjadi senyawa kompleks molibdenum-tungsten yang menghasilkan warna biru dan dapat diukur pada gelombang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer UV- Vis (Thermo Scientific- Genesys 20, USA) [15]. Asam galat (Merck) digunakan sebagai standar.

### **Analisis Aktivitas Antioksidan**

Pengukuran aktivitas antioksidan minuman ini dilakukan dengan menggunakan metode CUPRAC. Prinsip metode uji antioksidan CUPRAC didasarkan pada reaksi  $\text{Cu}^{2+}$  akan direduksi menjadi  $\text{Cu}^{+}$  yang akan bereaksi dengan neokuproin

(sigma Aldrich) untuk membentuk warna kuning dan memberikan karakteristik penyerapan pada panjang gelombang 450 nm menggunakan ELISA microplate reader (Epoch) [16]. Troloks (sigma Aldrich) digunakan sebagai standar pembandingan terhadap aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh minuman fungsional.

### **Analisis Mutu Sensori**

Analisis sensori pada minuman fungsional berbasis daun sirih merah dilakukan berdasarkan tes penerimaan. Tes ini dilakukan oleh para panelis yang terdiri atas 30 orang dengan 2 kali pengulangan. Kedua minuman fungsional tersebut akan dibandingkan berdasarkan tingkat warna, aroma, dan cita rasa oleh panelis. Skala yang digunakan untuk penilaian yaitu skala hedonik 5 poin dengan 5= sangat suka; 4= suka; 3= sedikit suka; 2= tidak suka; dan 1= sangat tidak suka [7].

### **Analisis Data**

Rancangan yang digunakan untuk hasil pengukuran total fenol dan aktivitas

antioksidan metode CUPRAC adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% dan apabila terdapat hasil beda nyata (tolak  $H_0$  jika nilai P-value lebih kecil daripada nilai alpha (0,05)), maka analisis statistik dilanjutkan dengan uji lanjutan. Uji lanjutan yang digunakan pada analisis hasil penelitian ini adalah uji Tukey [17].

## **HASIL PENELITIAN**

### **Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas Minuman Fungsional**

Ukuran partikel mempunyai peran penting dalam menjaga stabilitas bahan dalam proses nanoenkapsulasi. Pengukuran partikel minuman fungsional berbasis ekstrak daun sirih merah ini menggunakan alat *particle size analyzer*. Ukuran partikel dan indeks polidispersitas minuman fungsional dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa ukuran partikel berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) antara minuman fungsional RTD maupun nanoenkapsulasi (1:1), (1:3), dan (3:1).

**Tabel 1. Ukuran Partikel Rata-rata Minuman Fungsional**

Sampel	Ukuran Partikel Rata-rata (nm)	Indeks Polidispersitas (PDI)
RTD	2384,4±479,9 <sup>a</sup>	0,114
Nano (1:1)	107,9±26,5 <sup>b</sup>	0,340
Nano (1:3)	52,1±11,8 <sup>c</sup>	0,324
Nano (3:1)	271,6±63,3 <sup>d</sup>	0,295

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). RTD: *ready to drink*. Rasio adalah gum arab : maltodekstrin

### **Kandungan Total Fenolik pada Minuman Fungsional**

Pengukuran kadar total fenolik menggunakan standar asam galat. Persamaan garis yang diperoleh sebesar  $y = 0,005x - 0,0043$ . Kadar total fenolik pada Tabel 2 dihitung dengan menggunakan satuan mg GAE/g. Hasil uji statistik

menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan yang tidak beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada sampel minuman nanoenkapsulasi (1:1), nanoenkapsulasi (1:3), dan nanoenkapsulasi (3:1), sedangkan pada minuman RTD menunjukkan nilai total fenol yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ).



**Tabel 2. Total Fenolik Minuman Fungsional**

Sampel	Total Fenol (mg GAE/g)
RTD	786,23±1,52 <sup>b</sup>
Nano (1:1)	2,88±0,034 <sup>a</sup>
Nano (1:3)	2,38±0,005 <sup>a</sup>
Nano (3:1)	2,55±0,034 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p<0,05$ ). RTD: *ready to drink*. Rasio adalah gum arab : maltodekstrin

### **Aktivitas Antioksidan Metode CUPRAC**

Aktivitas antioksidan dari minuman fungsional dalam bentuk RTD, nanoenkapsulasi (1:1), nanoenkapsulasi (1:3), dan nanoenkapsulasi (3:1) ditunjukkan pada Tabel 3. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah trolox. Persamaan yang diperoleh adalah

$y=0,0015x-0,0026$ . Hasil uji statistik menunjukkan aktivitas antioksidan yang tidak beda nyata ( $p<0,05$ ) pada sampel minuman nanoenkapsulasi (1:1), nanoenkapsulasi (1:3), dan nanoenkapsulasi (3:1), sedangkan pada minuman RTD menunjukkan aktivitas antioksidan yang berbeda nyata ( $p<0,05$ ).

**Tabel 3. Aktivitas Antioksidan Minuman Fungsional**

Sampel	Kapasitas Antioksidan ( $\mu\text{mol trolox/g}$ Ekstrak)
RTD	1583,97±85,52 <sup>b</sup>
Nano (1:1)	39,23±0,50 <sup>a</sup>
Nano (1:3)	34,30±0,39 <sup>a</sup>
Nano (3:1)	36,48±1,04 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p<0,05$ ). RTD: *ready to drink*. Rasio adalah gum arab : maltodekstrin

### **Mutu Sensori Minuman Fungsional**

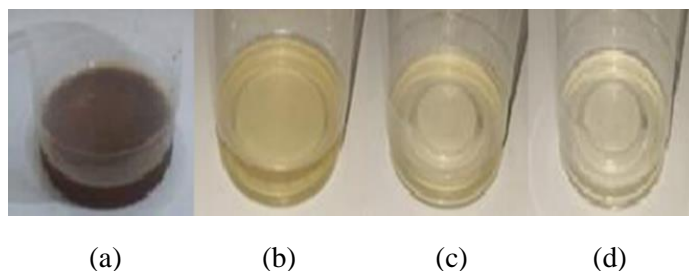
Analisis sensori atau uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui penerimaan suatu produk oleh konsumen. Analisis ini berkaitan dengan selera dan penerimaan konsumen terhadap produk tersebut di pasaran yang terdiri atas penilaian aroma, rasa, warna, dan penerimaan secara keseluruhan. Analisis sensori yang digunakan yaitu pengujian secara kualitatif (uji hedonik). Hasil pengujian organoleptik pada

minuman fungsional ditunjukkan oleh Tabel 4. Mutu sensori minuman fungsional berbasis sirih merah menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada parameter rasa dan warna ( $p<0,05$ ), sedangkan hasil yang tidak berbeda nyata terdapat pada parameter aroma dan penerimaan keseluruhan ( $p<0,05$ ). Serbuk dan minuman nanoenkapsulasi memiliki tingkat kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel minuman lainnya (Gambar 1 dan Gambar 2).

**Tabel 4. Mutu Sensori Minuman Fungsional**

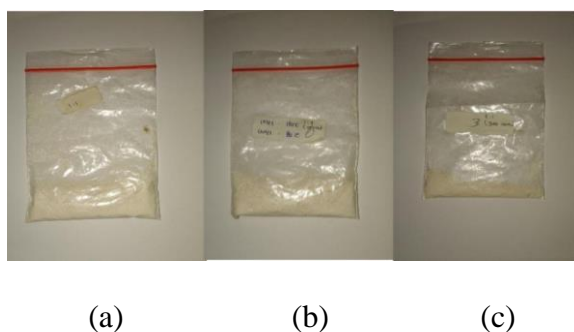
Sampel minuman	Aroma	Rasa	Warna	Penerimaan keseluruhan
RTD	3,20±1,01 <sup>a</sup>	1,60±0,77 <sup>a</sup>	2,50±0,86 <sup>a</sup>	2,17±0,91 <sup>a</sup>
Nano (1:1)	2,77±0,77 <sup>a</sup>	2,13±0,97 <sup>b</sup>	3,00±1,11 <sup>b</sup>	2,43±0,73 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka pada kolom yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p<0,05$ ). RTD: *ready to drink*. Rasio adalah gum arab : maltodekstrin



**Gambar 1. Minuman Fungsional yang Telah Dilarutkan**

(a) Minuman *ready to drink* (RTD); (b) minuman nanoenkapsulasi (1:1); (c) minuman enkapsulasi (1:3); (d) minuman nanoenkapsulasi (3:1)



**Gambar 2. Minuman Fungsional Nanoenkapsulasi Berbasis Serbuk**

(a) Serbuk minuman nanoenkapsulasi (1:1); (b) serbuk minuman nanoenkapsulasi (1:3); (c) serbuk minuman nanoenkapsulasi (3:1)

## PEMBAHASAN

### *Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas Minuman Fungsional*

Pembuatan minuman nanoenkapsulasi pada penelitian ini menggunakan maltodekstrin dan gum arab sebagai penyalut. Maltodekstrin merupakan polisakarida hasil hidrolisis pati yang mengandung unit  $\alpha$ -D-glukosa dengan sebagian besar monomernya berikatan 1,4-glikosidik. Kelebihan dari maltodekstrin adalah memiliki sifat daya larut yang tinggi, sifat *browning* yang rendah, dan memiliki daya ikat yang kuat. Akan tetapi, maltodekstrin memiliki sifat emulsifier yang kurang baik [18]. Hal ini dapat diatasi dengan menggombinasikannya menggunakan gum arab. Gum arab merupakan serangkaian dari satuan-satuan D-galaktosa, L-arabinosa, asam D-

galakturonat, dan L-rammosa. Gum arab memiliki sifat mudah larut dalam air, dapat meningkatkan stabilitas dengan peningkatan viskositas serta tahan terhadap panas [19].

Gum arab mempunyai kemampuan sebagai agen pembentuk emulsi dan film yang sangat baik dalam menjebak atau memerangkap komponen yang dienkapsulasi. Hal ini dikarenakan gum arab memiliki gugus *arabinogalactan protein* (AGP) dan *glicoprotein* (GP) yang berperan sebagai pengemulsi dan pengental dalam melindungi koloid, mencegah kerapuhan, keretakan dinding dan kebocoran bahan aktif sehingga mampu melindungi komponen aktif [20]. Selain itu, atom hidrogen dalam gugus hidroksil (OH) gum arab juga akan berikatan dengan gugus O pada senyawa fenolik melalui ikatan hidrogen. Hal inilah yang memungkinkan

gum arab sebagai enkapsulan karena mampu membentuk ikatan hidrogen baik dengan maltodekstrin maupun dengan bahan inti yang mengandung atom O, F, N [21].

Minuman fungsional nanoenkapsulasi dengan variasi rasio bahan penyalut yang diperoleh, dianalisis ukuran partikelnya menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA). Ukuran partikel mempunyai peran penting dalam menjaga stabilitas nanoenkapsulasi [22]. Proses pembentukan ukuran nanopartikel dalam penelitian ini menggunakan *homogenizer* dan sentrifus. Kecepatan *homogenizer* yang digunakan sebesar 15000 rpm selama 1 jam. Salah satu faktor yang memengaruhi ukuran partikel suatu bahan adalah kecepatan agitasi. Semakin tinggi kecepatan agitasi maka semakin kecil dan seragam ukuran partikel yang terbentuk [23]. Selain itu, penggunaan sentrifus bertujuan untuk memisahkan partikel berdasarkan perbedaan ukuran. Ukuran partikel minuman fungsional hasil penelitian ini dapat dikatakan sebagai nanopartikel (Tabel 1). Suatu bahan dikatakan nanopartikel apabila bahan tersebut berukuran 1-1000 nm [24].

Nanopartikel memiliki kecenderungan untuk sedimentasi dan agregasi yang dapat dilihat dari nilai indeks polidispersitas (PDI) [25]. Nilai indeks polidispersitas ini merupakan ukuran lebar distribusi partikel yang mewakili sifat homogen (monodispersi) suatu bahan dengan kisaran nilai 0,0 hingga 0,7. Nilai indeks polidispersitas yang lebih besar dari 0,5 akan menunjukkan keheterogenan yang tinggi, sedangkan nilai yang mendekati 0 akan menunjukkan ukuran partikel yang seragam. Hasil pengujian indeks polidispersitas sampel minuman fungsional berbasis ekstrak sirih merah memiliki nilai indeks yang kurang dari 0,5. Hal ini menunjukkan ukuran partikel yang seragam. Apabila terdapat ukuran partikel yang tidak seragam maka partikel tersebut

cenderung untuk beraglomerasi membentuk agregat partikel yang lebih besar [26]. Ukuran nanoenkapsulasi yang kecil pada umumnya memerlukan suatu karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan dapat secara fisiologis dan struktur fisik. Morfologi nanoenkapsulasi dapat memengaruhi pelepasan senyawa aktif, retensi, dan lain-lain [22].

### **Total Fenolik Minuman Fungsional**

Pengukuran total fenolik bertujuan mengetahui jumlah keseluruhan golongan fenolik yang ada di dalam minuman fungsional nanoenkapsulasi berbasis ekstrak sirih merah. Semakin tinggi kandungan fenolik dalam sampel, semakin tinggi aktivitas antioksidan yang berlangsung [27]. Metode yang digunakan untuk mengukur kadar total fenolik dalam penelitian ini adalah metode *Folin-Ciocalteu*. Prinsip dari metode ini berdasarkan kemampuan senyawa fenolik dalam mereduksi asam fosfomolibdat-fosfotungstat yang ada dalam pereaksi *Follin-Ciocalteu* menjadi senyawa kompleks molibdenum-tungsten yang menghasilkan warna biru dan dapat diukur pada gelombang gelombang 765 nm [28]. Kandungan fenolik yang terdapat dalam sampel berbanding lurus dengan warna biru yang terbentuk. Semakin pekat warna biru yang terbentuk maka semakin tinggi kandungan fenolik yang ada. Hal ini karena semakin banyaknya ion fenolat yang akan mereduksi asam heteropoli (fosfomolibdat-fosfotungstat) menjadi kompleks molibdenum-tungsten. Ion fenolat terbentuk disebabkan oleh disosiasi proton dari senyawa fenol. Akan tetapi reaksi ini berjalan sangat lambat, sehingga diperlukan suasana basa untuk mempercepat reaksi.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  digunakan sebagai pengatur kondisi basa. Ion fenolat yang telah terbentuk akan bereaksi dengan reagen *Follin-Ciocalteu* untuk membentuk senyawa kompleks molibdenum-tungsten. Reaksi tereduksinya ion molibdenum



( $\text{Mo}^{6+}$ ) menjadi  $\text{Mo}^{5+}$  akan menyebabkan perubahan warna larutan yaitu warna kuning menjadi warna biru [29]. Larutan standar yang digunakan dalam pengukuran total fenolik pada penelitian ini adalah asam galat. Hal ini dikarenakan asam galat merupakan senyawa polifenol yang stabil dan murni dan sebagian besar terdapat di semua tanaman [30].

Minuman nanoenkapsulasi memiliki nilai total fenolik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan minuman *ready to drink*. Hal ini dikarenakan waktu pelepasan komponen bioaktif pada minuman enkapsulasi sangat lambat. Oleh karena itu, secara tidak langsung komponen bioaktif yang terukur akan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan minuman *ready to drink* yang tidak terenkapsulasi [31]. Sistem yang homogen akan terbentuk pada komponen bioaktif, bahan penyalut, dan bahan tambahan lainnya dalam proses nanoenkapsulasi [32]. Dengan demikian pelepasan komponen bioaktif menjadi lebih lambat karena harus melewati sistem homogen tersebut terlebih dahulu dan menyebabkan jumlah gugus OH yang nantinya akan mereduksi fosfomolibdat dan fosfotungstat dalam pereaksi *Follin Ciocalteu* menjadi sedikit. Selain itu, semakin kecil ukuran partikel, bidang kontak, dan gaya antar molekul antar partikel yang semakin kuat [33], juga akan menyebabkan proses pelepasan jumlah gugus OH untuk mereduksi pada bahan nanoenkapsulasi menjadi lebih sulit [34].

Ketiga variasi rasio bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Nilai total fenolik dipengaruhi oleh sifat bahan penyalut yang digunakan. Kombinasi gum arab dan maltodekstrin (1:1) membentuk emulsi paling stabil [35], sehingga menghasilkan nilai total fenolik yang lebih tinggi. Kombinasi (3:1) menggunakan gum lebih besar, sedangkan kombinasi (1:3) menggunakan maltodekstrin yang lebih besar. Gum arab

memiliki viskositas yang tinggi dibandingkan dengan maltodekstrin pada konsentrasi yang sama.

Semakin tinggi viskositas yang dimiliki, maka lapisan dinding (penyalut) yang terbentuk akan semakin baik dalam melindungi material inti yang mudah menguap ketika proses pengeringan menggunakan *spray dryer* [36]. Sebaliknya, semakin besar maltodekstrin yang digunakan akan semakin rendah viskositas yang ada. Viskositas yang rendah ini akan menyebabkan lapisan penyalut yang terbentuk menjadi tidak begitu kuat, sehingga material inti menjadi kurang terlindungi dan mudah menguap atau hilang ketika proses pengeringan. Nilai total fenolik pada kombinasi (3:1) lebih tinggi dari kombinasi (1:3) juga dapat disebabkan oleh kemampuan emulsifikasi dan retensi komponen volatil dari gum arab yang lebih baik dibandingkan maltodekstrin [37].

#### **Aktivitas Antioksidan Metode CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity)**

Aktivitas antioksidan pada penelitian ini menggunakan metode CUPRAC. Keunggulan dari metode ini yaitu pereaksi yang selektif karena memiliki nilai potensial reduksi yang rendah yaitu sekitar 0,17 V, pereaksi yang lebih stabil daripada pereaksi kromogenik pada metode pengukuran aktivitas antioksidan yang lainnya, dan dapat mengukur antioksidan secara stimulan [38]. Metode ini juga mudah dan dapat dilakukan di laboratorium konvensional dengan menggunakan standar kolorimeter, sehingga tidak memerlukan peralatan yang canggih dan operator yang memenuhi syarat. Selain itu, metode ini dapat mengukur hidrofilik maupun lipofilik dari antioksidan seperti  $\beta$ -karoten dan  $\alpha$ -tokoferol. Reagen CUPRAC terdiri dari  $\text{CuCl}_2$ , neokuproin, dan buffer asetat pH 7.  $\text{Cu}^{2+}$  akan direduksi menjadi  $\text{Cu}^+$  yang akan bereaksi dengan neokuproin untuk membentuk warna kuning dan memberikan

karakteristik penyerapan pada panjang gelombang 450 nm. Intensitas warna kuning akan bergantung pada besar kecilnya jumlah  $\text{Cu}^{2+}$  yang direduksi menjadi  $\text{Cu}^+$  [39].

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan metode CUPRAC (Tabel 3) menunjukkan bahwa ketiga variasi rasio bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Akan tetapi, hasil uji statistik menunjukkan aktivitas antioksidan yang tidak beda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap minuman nanoenkapsulasi yang menggunakan perbedaan perbandingan bahan penyalut tersebut.

Penyebabnya sama seperti halnya dengan nilai total fenolik dikarenakan sampel minuman nanoenkapsulasi memiliki waktu pelepasan komponen bioaktif minuman enkapsulasi yang sangat lambat [40]. Aktivitas antioksidan juga dipengaruhi oleh sifat bahan yang digunakan sebagai penyalut. Maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi dan retensi komponen volatil yang rendah. Hal ini mengakibatkan maltodekstrin tidak dapat membentuk lapisan dinding yang kuat untuk mempertahankan material inti seperti gum arab. Viskositas dari maltodekstrin juga lebih rendah dibandingkan dengan gum arab. Oleh karena itu, semakin banyak maltodekstrin yang digunakan akan semakin rendah tingkat viskositasnya. Viskositas yang rendah menyebabkan lapisan penyalut yang terbentuk tidak begitu kuat, sehingga material inti tidak akan terlindungi dengan baik dan akan mudah menguap atau hilang pada saat proses pengeringan [36]. Hal ini yang menyebabkan minuman nanoenkapsulasi (1:3) memiliki nilai aktivitas antioksidan yang rendah dibandingkan dengan minuman nanoenkapsulasi (1:1).

### **Mutu Sensori Minuman Fungsional**

Analisis sensori atau uji

organoleptik dilakukan melalui uji hedonik. Parameter yang digunakan berupa parameter warna, aroma, rasa, dan penerimaan secara keseluruhan. Warna merupakan salah satu parameter yang penting dalam pengujian organoleptik, karena warna menjadi faktor pertama yang akan dilihat oleh konsumen dalam memilih suatu produk pangan [41]. Apabila suatu produk pangan bernilai gizi tinggi, rasa enak, dan memiliki tekstur yang baik, tetapi jika warnanya kurang menarik maka produk tersebut kemungkinan akan kurang diminati. Oleh karena itu, warna menjadi parameter pertama yang dapat menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu bahan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa warna minuman nanoenkapsulasi lebih disukai dibandingkan minuman *ready to drink*. Semakin kecil ukuran partikel nanoenkapsulasi senyawa aktif akan menyebabkan warna minuman menjadi lebih cerah [42]. Warna minuman nanoenkapsulasi menjadi lebih cerah juga dapat disebabkan oleh terenkapsulasinya senyawa aktif yang dapat memberikan warna pada minuman, sehingga penampakan warna tidak terlihat.

Aroma juga memiliki peran penting dalam penilaian mutu produk pangan [43]. Aroma timbul disebabkan oleh adanya senyawa yang mudah menguap. Saat mengonsumsi produk pangan, aroma produk pangan akan tercium terlebih dahulu. Apabila aroma produk terlalu menyengat ataupun hambar maka akan menyebabkan konsumen menjadi tidak tertarik terhadap produk pangan tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aroma minuman *ready to drink* lebih disukai daripada minuman nanoenkapsulasi. Hal ini terjadi karena pada minuman nanoenkapsulasi senyawa-senyawa volatil yang seharusnya dapat meningkatkan aroma pada indera penciuman akan hilang saat proses pengolahan suhu tinggi (*spray dryer*).

Rasa memiliki peran yang paling utama dalam penilaian mutu produk pangan [43]. Sebagian besar produk pangan terdiri atas gabungan berbagai macam rasa, sehingga akan terbentuk cita rasa yang utuh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa minuman nanoenkapsulasi lebih disukai dibandingkan minuman *ready to drink*. Hal ini disebabkan oleh rasa pahit pada minuman nanoenkapsulasi sudah sedikit berkurang karena senyawa aktif yang dapat memberikan rasa pahit telah terbungkus oleh enkapsulan, sehingga tidak dapat berkontak langsung dengan reseptor indera perasa dan akan menekan rasa pahit dari minuman tersebut.

Penerimaan secara keseluruhan hasil uji organoleptik minuman nanoenkapsulasi dan minuman *ready to drink* memiliki tingkat penerimaan yang hampir sama. Hal ini berarti minuman manapun dapat dipilih karena memiliki kisaran tingkat penerimaan yang relatif sama. Akan tetapi, minuman nanoenkapsulasi (skala  $2,43 \pm 0,73$ ) lebih dipilih dibandingkan minuman *ready to drink* (skala  $2,17 \pm 0,91$ ). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pengujian mutu sensori pada minuman fungsional kumis kucing memperoleh nilai kesukaan terhadap produk minuman nanoenkapsulasi 5,27, sedangkan produk minuman original 3,31 dari skala 1-9 [9]. Perbedaan hasil penelitian ini dengan yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pada minuman lain disebabkan oleh adanya penambahan pemanis yang dapat menurunkan rasa pahit pada minuman.

## SIMPULAN

Minuman fungsional nanoenkapsulasi dari ketiga variasi perbandingan bahan penyalut memiliki diameter sebagai nanopartikel. Perbedaan perbandingan penyalut yang digunakan dalam pembuatan minuman fungsional nanoenkapsulasi tidak berpengaruh terhadap nilai total fenolik maupun aktivitas

antioksidannya. Minuman fungsional dengan perbandingan gum arab dan maltodekstrin (1:1) dipilih sebagai variasi terbaik dalam nilai total fenolik dan aktivitas antioksidan. Minuman fungsional nanoenkapsulasi memberikan mutu sensori yang lebih disukai dibandingkan dengan minuman *ready to drink*, tetapi total fenol dan aktivitas antioksidannya lebih rendah daripada minuman RTD

## DAFTAR RUJUKAN

1. Kunwar A, Priyadarsini KI. Review. Free Radical Stress and Importance of Antioxidants in Human Health. *Journal Medical & Allied Sciences*. 2011; 1 (2): 53-60. (Diunduh 14 Juni 2020). Available from: <https://jmas.in/sites/default/files/article/s/Free%20radicals%2C%20oxidative%20stress%20and%20importance%20of%20antioxidants%20in%20human%20health.pdf>.
2. Zulaikhah ST. The Role of Antioxidant to Prevent Free Radicals in the Body. *Sains Medika*. 2017; 8 (1): 39-45. (Diunduh 14 Juni 2020). Available from: <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/sainsmedika/article/view/1012/pdf>.
3. Alfarabi M. Study on Antidiabetogenic of The Leaf Extract of Piper Crocatum (Red Betel) in Vitro. [Thesis]. Bogor (ID): Bogor Agricultural University; 2010.
4. Lestari ABS, Dwiatmaka Y. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Sirih Merah (Piper crocatum) Hasil Optimasi Pelarut Etanol-air. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 2014; 12 (1): 75-79. (Diunduh 19 Juni 2019). Available from: <https://docobook.com/queue/aktivitas-antioksidan-ekstrak-daun-sirih-merah.html>.
5. Safithri M. Mekanisme Antihiperlipidemik Minuman Fungsional Campuran Sirih Merah

- (Piper Crocatum) dan Kayu Manis (Cinnamomun burmannii Blume). [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor; 2012.
6. Safithri M, Fahma F, Marlina PWN. Analisis Proksimat dan Toksisitas Akut Ekstrak Daun Sirih Merah yang Berpotensi sebagai Antidiabetes. *Jurnal Gizi dan Pangan*. 2012; 7 (1): 43-38. (Diunduh 19 Juni 2019). Available from: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jgizipangan/article/viewFile/6141/4767>.
  7. Safithri M, Kurniawati A, Syaefudin. Formula of Piper crocatum, Cinnamomum burmannii, and Zingiber officinale Extracts as A Functional Beverage for Diabetics. *International Food Research Journal*. 2016; 23 (3): 1123-1130. (Diunduh 19 Juni 2019). Available [http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20\(03\)%202016/\(30\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(03)%202016/(30).pdf).
  8. Sarah M. Formulasi dan Umur Simpan Penentuan Minuman Fungsional yang Terbuat Dari Campuran Ekstrak Sirih Merah, Kayu Manis, Jahe, dan Ekstrak Jeruk Nipis. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor; 2013.
  9. Afandi FA. Pengaruh Nanoenkapsulasi terhadap Mutu Sensori, Fisikokimia dan Fisiologis Aktif Minuman Fungsional Berbasis Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus* B1.Miq). [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor; 2014.
  10. Luo Y, Wang TTY, Teng Z, Chen P, Sun J, Wang Q. Encapsulation of Indole-3-carbinol and 3,3-diindolylmethane in Zein/carboxymethyl Chitosan Nanoparticles with Contolled Release Property and Improved Stability. *Journal Food Chemistry*. 2013; 139: 224-230. doi:10.1016/j.foodchem.2013.01.113. (Diunduh tanggal 19 Juni 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613001490>.
  11. Fasikhatun T. Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah dengan Metode Spray Drying. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor; 2010.
  12. Mohanraj VJ, Chen Y. Nanoparticles- A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2005; 5 (1): 561-573. (Diunduh 26 Juni 2019). Available: <https://www.tjpr.org/home/abstract.php?id=915&aTitle=Nanoparticles%20-%20A%20Review>.
  13. Meliana Y, Harmami SB, Restu WK. Characterization of Nanoencapsulated Centella asiatica and Zingiber officinale Extract Using Combination of Maltodextrin and Gum Arabic as Matrix. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. 172: 1-7. (Diunduh 21 Juni 2019). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/313811231\\_Characterization\\_of\\_Nanoencapsulated\\_Centella\\_asiatica\\_and\\_Zingiber\\_officinale\\_Extract\\_Using\\_Combination\\_of\\_Malto\\_Dextrin\\_and\\_Gum\\_Arabic\\_as\\_Matrix/link/58a71028aca27206d9ac35ca/download](https://www.researchgate.net/publication/313811231_Characterization_of_Nanoencapsulated_Centella_asiatica_and_Zingiber_officinale_Extract_Using_Combination_of_Malto_Dextrin_and_Gum_Arabic_as_Matrix/link/58a71028aca27206d9ac35ca/download).
  14. Wu CC, Pan TM, Wu CS, Yen LC, Chuang CK, Pang ST, et al. Label-free Detection of Prostate Specific Antigen Using A Silicon Nanobelt Field-effect Transistor. *International Journal of Electrochemical Science*. 2012; 7 (5): 4432-4442. (Diunduh 21 Juni 2019). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/265888722\\_Label-free\\_Detection\\_of\\_Prostate\\_Specific\\_Antigen\\_Using\\_a\\_Silicon\\_Nanobelt\\_Field-effect\\_Transistor/link/5653c9db08aeaf c2aabb5fe5/download](https://www.researchgate.net/publication/265888722_Label-free_Detection_of_Prostate_Specific_Antigen_Using_a_Silicon_Nanobelt_Field-effect_Transistor/link/5653c9db08aeaf c2aabb5fe5/download).
  15. Javanmardi J, Stushnoff C, Locke E,

- Vivanco JM. Antioxidant Activity Andtotal Phenolic Content of Iranian Ocimum accessions. *Journal Food Chemistry*. 2003; 83 (4): 547-550. (Diunduh 21 Juni 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814603001511>.
16. Öztürk M, Ermin MD, Kivrak S, Mercan-Dogan N, Türkoglu A, Özler MA. In vitro Antioxidant, Anticholinesterase and Antimicrobial Activity Studies on Three Agaricus Species with Fatty Acid Compositions and Iron Contents: A Comparative Study on Three Most Edible Mushroom. *Food Chemistry Toxicology*. 2011; 49 (6): 1353-1360. (Diunduh 25 Juni 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691511000883>.
  17. Quinn GP, Keough MJ. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge: Cambridge University Press. 2002. 199.
  18. Srihari E, Lingganingrum FS, Hervita R, dan Wijaya H. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin pada Pembuatan Santan Kelapa Bubuk. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Surabaya (ID): Fakultas Teknik Universitas Surabaya; 2010. (Diunduh 26 Juni 2019) Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/11721142.pdf>.
  19. Sutardi, Hadiwiyoto S, Murti CRN. Pengaruh Dekstrin dan Gum Arab terhadap Sifat Kimia dan Fisik Bubuk Sari Jagung Manis (Zeamays saccharata). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2010; 21 (2): 102-107. (Diunduh 26 Juni 2019). Available from: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/3405>.
  20. Ali A, Maqbool M, Ramachandran S, Alderson PG. Gum Arabic as Novel Coating for Enhancing Shelf-Life and Improving Postharvest Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2010; 58 (1): 42-47. (Diunduh 26 Juni 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521410001079>.
  21. Utami K. Optimasi Rasio Gum Arab dan Maltodekstrin sebagai Enkapsulan dan Kondisi Homogenisasi pada Proses Nanoenkapsulasi Asap Cair Tempurung Kelapa. [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada; 2015.
  22. Ozturk B, Argin S, Ozilgen M, McClements DJ. Formation and Stabilization of Nanoemulsion-based Vitamin E Delivery Systems Using Natural Surfactants: Quillaja Saponin and Lecithin. *Journal of Food Engineering*. 2014; 142: 57-63. (Diunduh 2 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877414002568>.
  23. Mardliyati E, Setyawati DR, Pambudi S, Suryandaru, Kusumaningrum R, Amal MI. Preparation of Aluminum Hydroxide by Precipitation Method for Vaccine Adjuvant Application. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2017; 7 (11): 21-25. (Diunduh 2 Juli 2019). Available from: [http://www.ijera.com/papers/Vol7\\_issue11/Part-5/D0711052125.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol7_issue11/Part-5/D0711052125.pdf).
  24. Zhao L, Seth A, Wibowo N, Zhao C, Mitterb C, Yu C, et al. Review: Nanoparticles Vaccines. *Accine*. 2014; 32 (3): 327-337. (Diunduh 2 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X13016319>.
  25. Jardim KV, Joanitti GA, Azevedo RB, Parize AL. Physico-chemical Characterization and Cytotoxicity Evaluation of Curcumin Loaded in



- Chitosan/Chondroitin Sulfate Nanoparticles. *Materials Science and Engineering C*; 2015. 56: 294-304. Doi: 10.1016/j.msec.2015.06.036. (Diunduh 2 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928493115301697>.
26. Rismana E, Susi K, Olivia B, Idah R, Marahmah. Sintesis dan Karakteristik Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana*). *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 2013; 14 (3): 189-196. (Diunduh 8 Juli 2019). Available from: <https://media.neliti.com/media/publications/131064-ID-sintesis-dan-karakterisasi-nanopartikel.pdf>.
27. Toripah S, Jemmy SA, Frenly W. Aktivitas Antioksidan dan Kadungan Total Fenolik Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam). *JIF*. 2014; 3 (4): 37-43. (Diunduh 10 Juli 2019) Available from: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/pharmacon/article/view/6043>.
28. Agbor GA, Vinson JA, Donnelly PE. Folin-Ciocalteu Reagent for Polyphenolic Assay. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. 2014; 3 (8): 147-156. (Diunduh 10 Juli 2019). Available from: [https://www.academia.edu/14599638/Folin-Ciocalteu\\_Reagent\\_for\\_Polyphenolic\\_Assay](https://www.academia.edu/14599638/Folin-Ciocalteu_Reagent_for_Polyphenolic_Assay).
29. Dai J, Mumper RJ. Plant Phenolic: Extraction, Analysis, and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*. 2010; 15 (10): 7313-7352. (Diunduh 10 Juli 2019). Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/15/10/7313>.
30. Rahmawati ND. Aktivitas Antioksidan dan Total Fenol Teh Herbal Daun Pacar Air (*Impatiens balsamina*) dengan Variasi Lama Fermentasi dan Metode Pengeringan. [Skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2015.
31. Nallamuthu I, Devi A, Khanum F. Chlorogenic Acid Loaded Chitosan Nanoparticles with Sustained Release Property, Retained Antioxidant Activity, and Enhanced Bioavailability. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2015; 10 (3): 203-211. (Diunduh 17 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1818087614000993>.
32. Yoksan R, Jirawutthiwongchai J, Arpo K. Encapsulation of Ascorbyl Palmitate in Polisakarida C Nanoparticles by Oil-In Water Emulsion and Ionic Gelation Processes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2010; 76 (1): 292-297. (Diunduh 17 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776509005694>.
33. Opalinski I, Chutkowski M, Hassanpour A. Rheology of Moist Food Powders as Affected by Moisture Content. *Powder Technology*; 2016. Doi:10.1016/j.powtec.2016.16.02.049. (Diunduh 17 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591016300912>.
34. Rekasih M. Antihyperglycemic Activity of Java Tea-based Functional Drink- loaded Chitosan Nanoparticle in Streptozotocin-induced Diabetic Rats. [Thesis]. Bogor (ID): Bogor Agricultural University; 2016.
35. Kunarto B, Sani EY. Karakteristik Ekstrak Antioksidan Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.) yang Dienkapsulasi Menggunakan Maltodekstrin Biji Durian dan Gum Arab. *Prosiding SNST (Seminar Nasional Sains dan Teknologi)*; 2018. (Diunduh 17 Juli 2019). Available from:

- [https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING\\_SNST\\_FT/article/view/2288/2276](https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/2288/2276).
36. Sugindro, Mardiyati, Etik, Djajadisastra, Josgita. Pembuatan dan Mikroenkapsulasi Ekstrak Etanol Biji Jinten Hitam Pahit (*Nigella sativa* Linn). *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 2008; 5(2): 57-66. (diunduh 17 Juli 2019). Available from: <http://psr.ui.ac.id/index.php/journal/article/download/3419/497>.
  37. Kania W, Andriani MAM, Siswanti. Pengaruh Variasi Rasio Bahan Pengikat Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Granul Minuman Fungsional Instan Kecambah Kacang Kompak (*Lablab purpureus* (L.) sweet). *Jurnal Teknosains Pangan*. 2015; 4 (3): 16-29. (Diunduh 17 Juli 2019). Available from: <https://jurnal.uns.ac.id/teknosains-pangan/issue/view/530>.
  38. Adriana CB. Aktivitas Antioksidan dan Total Fenol Padina minor dan *Sargassum polycystum* dari Perarian Kepulauan Seribu. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor; 2017.
  39. Ozyurek M, Guclu K, Apak R. The Main and Modified CUPRAC Methods of Antioxidant Measurement. *Trends in Analytical Chemistry*. 2011; 30 (4): 652- 664. (Diunduh 23 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993611000173>.
  40. Fidrianny I, Nurfitri H, Sukrasno. In vitro Antioxidant Activities, Phenolic, Flavonoid, and Carotenoid Content from Different Polarity Extracts of Five Citrus Peels Using DPPH and CUPRAC Method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2015; 7 (4): 1525-1531. (Diunduh 23 Juli 2019). Available from: <http://www.jocpr.com/articles/in-vitro-antioxidant-activities-phenolic-flavonoid-and-carotenoid-content-from-different-polarity-extracts-of-five-citru.pdf>.
  41. Dixit, S. Pandey RC, Das M, Khanna SK. 1995. Food Quality Surveillance on Colours in Eatables Sold in Rural Market of Uttar Pradesh. *J. Food Sci. Technol.* 32 : 375-376 [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37857910/JFST\\_1995\\_Sumita.pdf?1433786315=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFood quality surveillance on colours in.pdf&Expires=1592095417&Signature=JPIYAvXHPUebsBNCdRNNzInOSJ~NzqK6rVvz7-JH-bLwENj6HwtdVikHid1agZF5KBMdfwvnfH8IfjPngq6yRq7j0iPCF3xOXRrmmuyWJKm89P3AI4nn9gz3RfxLCB~tLLAbACr6KBaEEeq3fRgTVCzxsaxdT5GPq8DBCfQDaVHur9nsMxwSP7nr3ZR1OBXFKhs0Zq~jCjI~LIViUGHZVN4~hCsO80SZzAifYrPYa88YtrwtnVqs5GqySK7WgmZd2J1uVIsqE2Qj1iJLjCKNvOnT3~1EwuWBj~00y~DErcbF3We0qnQi7R1MohBtQTGg7unqJbaN9twXiO9IIKA&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37857910/JFST_1995_Sumita.pdf?1433786315=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFood%20quality%20surveillance%20on%20colours%20in.pdf&Expires=1592095417&Signature=JPIYAvXHPUebsBNCdRNNzInOSJ~NzqK6rVvz7-JH-bLwENj6HwtdVikHid1agZF5KBMdfwvnfH8IfjPngq6yRq7j0iPCF3xOXRrmmuyWJKm89P3AI4nn9gz3RfxLCB~tLLAbACr6KBaEEeq3fRgTVCzxsaxdT5GPq8DBCfQDaVHur9nsMxwSP7nr3ZR1OBXFKhs0Zq~jCjI~LIViUGHZVN4~hCsO80SZzAifYrPYa88YtrwtnVqs5GqySK7WgmZd2J1uVIsqE2Qj1iJLjCKNvOnT3~1EwuWBj~00y~DErcbF3We0qnQi7R1MohBtQTGg7unqJbaN9twXiO9IIKA&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).
  42. Ron N, Zimet P, Bargarum J, Livney YD. Beta-lactoglobulin-polysaccharide Complexes as Nanovehicles for Hydrophobic Nutraceuticals in Non-fat Foods and Clear Beverages. *International Dairy Journal*. 2010; 20 (10): 686-693. doi:10.1016/j.idairyj.2010.04.001. (Diunduh 23 Juli 2019). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694610001172>.
  43. Mamuaja CF. Pengawasan Mutu dan Keamanan Pangan. Manado: UNSRAT Press. 2016. 37