

Submitted : 27 Desember 2021

Revised : 14 Februari 2022

Accepted : 9 Mei 2022

ENKAPSULASI MINYAK CENGKEH DENGAN BAHAN DINDING *WHEY PROTEIN CONCENTRATE* (WPC) MELALUI TEKNIK EMULSIFIKASI

Laeli Kurniasari*, Fatnawati Nur Hidayah, Kun Ma'adella Nafisawati

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang

*Email: laelikurniasari@unwahas.ac.id

Abstrak

Minyak cengkeh mempunyai fungsi sebagai antioksidan, anti penuaan, dan antimikroba. Penyimpanan dan pemanfaatan minyak cengkeh dalam bentuk cair mempunyai beberapa kelemahan seperti kelarutan dalam air dan stabilitas pada suhu ruang yang rendah, serta potensi penurunan kualitas selama proses penyimpanan. Oleh karena itu diperlukan modifikasi proses guna mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, diantaranya adalah melalui proses enkapsulasi. Enkapsulasi bertujuan untuk melindungi bahan aktif dengan cara melapisinya dengan bahan dinding. Penelitian ini bertujuan untuk mengenkapsulasi minyak cengkeh dengan menggunakan *whey protein concentrate* (WPC) sebagai bahan dinding. Adapun variabel pada percobaan ini adalah konsentrasi minyak cengkeh sebesar 0,5; 1; dan 1,5%. Larutan WPC ditambahkan minyak cengkeh sesuai konsentrasi tersebut dalam alat *homogenizer*. Selanjutnya larutan diultrasonik guna mendapatkan bentuk padatan, larutan kemudian dikeringkan beku. Dari hasil percobaan diperoleh rendemen serbuk minyak cengkeh sebesar 79-84% dengan efisiensi enkapsulasi tertinggi pada konsentrasi minyak cengkeh 1% yaitu sebesar 30%. Dari hasil analisis FTIR terlihat adanya interaksi antara minyak cengkeh dengan WPC sedangkan analisis SEM menunjukkan bahwa partikel cenderung berbentuk tidak beraturan dan terjadi pula aglomerasi partikel.

Kata kunci: Emulsifikasi, Enkapsulasi, *Freeze Drying*, Minyak Cengkeh, *Whey Protein Concentrate*

Abstract

Clove oil is an essential oil from clove plants and has antioxidant, antiaging, and antimicrobial activity. The storage and usage of liquid clove oil have some obstacles, such as low solubility in water and room temperature and potential quality reduction during storage. Hence natural clove oil needs to be modified to overcome those weaknesses. Encapsulation is one modification process that can be done. Encapsulation will protect the active component by coating it with the wall material. The research will use Whey Protein Concentrate (WPC) as a wall material to encapsulate clove oil. Clove oil with a concentration of 0.5; 1 and 1.5% was used, added with WPC, and then homogenized and freeze-dried. Yield obtained from this process was between 79-84%, while the highest encapsulation efficiency was 30% from the clove oil 1%. The FTIR analysis showed the interaction between the oil and the WPC, while from the SEM analysis, it can be concluded that the particles tend to produce uniform particles.

Keywords: Clove Oil, Emulsification, Encapsulation, Freeze Drying, Whey Protein Concentrate

1. PENDAHULUAN

Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) merupakan salah satu jenis tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan umumnya dimanfaatkan bagian bunga, tangkai bunga, dan daunnya. Hal ini tidak terlepas dari adanya kandungan minyak atsiri yang

cukup besar di bagian-bagian tersebut, yaitu bunga (10-20%), tangkai (5-10%), dan daun (1-4%) (Bustaman, 2016; Nurdjannah, 2004). Minyak cengkeh ini banyak dibutuhkan dalam rokok kretek, makanan, minuman, dan obat-obatan (Nurdjannah, 2004). Minyak cengkeh utamanya mengandung

komponen eugenol, eugenol asetat, dan β -caryophyllene (Towaha, 2012). Kandungan eugenol dalam minyak cengkeh berkisar 76,2-85,3% (Cahyono et al., 2018), sedangkan menurut standar SNI, kadar eugenol total dalam minyak cengkeh minimum 78% v/v. Komponen-komponen dalam minyak cengkeh ini mempunyai fungsi sebagai antioksidan, anti penuaan, dan anti mikroba. Adanya potensi dan manfaat tersebut menyebabkan permintaan pasar akan minyak cengkeh cenderung terus meningkat, mengingat saat ini masyarakat dunia juga mulai tertarik pada komponen-komponen nutrasetikal. Komponen nutrasetikal merupakan komponen pangan yang mempunyai efek dapat mencegah penyakit (Jafari, 2017). Konsumsi komponen-komponen nutrasetikal ini diharapkan akan dapat memperbaiki kondisi tubuh manusia, mencegah kerusakan-kerusakan komponen tubuh, dan dianggap lebih menyehatkan.

Penyimpanan dan aplikasi minyak cengkeh dalam bentuk cair mempunyai banyak kelemahan sehingga menyebabkan keterbatasan penggunaannya. Kelemahan-kelemahan itu diantaranya adalah kelarutan dalam air yang rendah, stabilitas yang rendah pada kondisi ruang, rasa pedas yang terlalu tinggi, serta penurunan kondisi saat akan digunakan karena proses penyimpanan. Lebih lanjut disebutkan produk minyak jika disimpan dalam bentuk cair akan mengalami penurunan kualitas dan sifat organoleptiknya yang disebabkan karena adanya reaksi-reaksi yang terjadi pada komponen minyak atsiri (Nagaraju et al., 2021).

Guna mengatasi kelemahan tersebut, maka perlu dilakukan suatu proses pengolahan agar minyak cengkeh dapat disimpan dalam waktu lama tanpa mengalami perubahan sifat yang berarti. Proses ini juga diharapkan dapat mempermudah aplikasi produk seperti meningkatkan kelarutan minyak dalam air. Enkapsulasi merupakan suatu metode yang dapat dilakukan, dimana enkapsulasi bertujuan untuk melapisi bahan aktif dengan material lain yang berfungsi sebagai pelindung. Proses pelapisan ini akan melindungi bahan aktif dari potensi kerusakan, meminimalkan interaksi perasa dengan bahan lain yang tidak dikehendaki serta mengubah bentuk bahan menjadi serbuk sehingga memudahkan proses penanganan dan aplikasinya. Proses enkapsulasi juga dapat digunakan untuk mengontrol pelepasan komponen aktif (Jafari, 2017).

Jenis bahan yang akan dienkapsulasi, pemilihan bahan dinding, dan metode enkapsulasi merupakan faktor-faktor penting dalam proses enkapsulasi. Hal ini karena bahan inti dan dinding umumnya akan berpengaruh terhadap pemilihan metode enkapsulasi yang sesuai. Ada beberapa pilihan bahan dinding serta metode enkapsulasi yang harus disesuaikan untuk mengoptimalkan proses yang dilakukan. Salah satu metode enkapsulasi yang paling sering digunakan adalah emulsifikasi. Kelompok trigliserida, asam lemak, dan minyak

esensial merupakan bahan inti yang cocok untuk diproses melalui metode emulsifikasi (Jafari, 2017).

Faktor penting lainnya adalah pemilihan bahan penyalut/bahan dinding. Bahan dinding akan menentukan kemampuan bahan dalam melindungi material inti, berpengaruh pada efisiensi enkapsulasi dan stabilitas kapsul (Estevinho et al., 2013), serta berpengaruh pada sifat emulsi dan karakteristik partikel setelah pengeringan dan selama penyimpanan (Carneiro et al., 2013). Ada beberapa bahan dinding yang dapat dipilih untuk proses enkapsulasi seperti bahan polisakarida, lemak, protein, serta bahan sintesis.

Salah satu bahan dinding yang dapat dipakai untuk proses enkapsulasi adalah *whey protein concentrate* (WPC). Bahan WPC merupakan bahan dinding berbasis protein, sangat cocok digunakan pada proses enkapsulasi minyak/lemak (Bae & Lee, 2008) serta disebutkan mempunyai kemampuan emulsifikasi yang baik dan mampu melindungi bahan aktif dari proses oksidasi (Yadav et al., 2020). Beberapa proses enkapsulasi dengan bahan dinding WPC diantaranya adalah enkapsulasi madu (Shi et al., 2013), enkapsulasi minyak alpukat (Bae & Lee, 2008), enkapsulasi hidrolisat protein dari polen madu (Maqsoudlou et al., 2020) dan enkapsulasi ekstrak biji anggur (Yadav et al., 2020). Dalam proses enkapsulasi dengan bahan dinding WPC ini maka rasio bahan dinding dengan bahan aktif merupakan salah satu variabel yang dapat mempengaruhi karakteristik produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan proses enkapsulasi minyak cengkeh dengan WPC sebagai bahan dinding pada variasi kadar bahan aktif serta melakukan karakterisasi produk serbuk yang dihasilkan.

2. METODE

2.1. Alat Dan Bahan

Bahan aktif berupa minyak cengkeh (100%) diperoleh dari CV Atsirifarmer Bogor, sedangkan WPC (80% protein basis kering) sebagai bahan dinding diperoleh dari Davigo Foods International. Eugenol murni (99,47%) sebagai standar analisis kadar eugenol diperoleh dari CV Happy Green. Adapun bahan lain yang digunakan adalah Tween 80 yang berfungsi sebagai emulsifier dan metanol (Merck) sebagai pelarut pada analisis kadar eugenol. Alat yang digunakan adalah homogenizer (Eyela, NZ-1000s), ultrasonikator (BS EN 61010-1), *freeze dryer* (Powerdry LL1500), oven (LabTech oven LDO-080N), spektrofotometer UV-Visual (Genesis 10S), FTIR, dan SEM (SEM JEOL tipe JSM 6510 LA)

2.2. Enkapsulasi Minyak Cengkeh

Proses enkapsulasi minyak cengkeh mengacu pada prosedur (Nagaraju et al., 2021) dengan sedikit modifikasi. Larutan WPC dibuat dengan melarutkan WPC sebanyak 4% (wt/wt) dalam akuades, kemudian ditambahkan minyak cengkeh sebanyak 0,5% (vol/vol). Tween 80 ditambahkan sebanyak 60% volume minyak cengkeh. Larutan

dihomogenisasi pada 2000 rpm selama 20 menit dan diultrasonikasi selama 60 menit. Produk emulsi yang dihasilkan kemudian dianalisis stabilitasnya menggunakan *creaming index* dan selanjutnya dikeringkan beku untuk mendapatkan produk serbuk/padat. Prosedur diulang untuk konsentrasi minyak cengkeh 1 dan 1,5%.

2.3. Analisis Stabilitas Emulsi (Creaming Index)

Analisis stabilitas emulsi berkaitan dengan ketahanan emulsi larutan, Salah satu cara untuk mengetahui stabilitas emulsi adalah dengan menggunakan *creaming index* (Nagaraju et al., 2021). Pada uji stabilitas ini 10 ml emulsi minyak cengkeh diletakkan dalam gelas ukur transparan. Pengamatan dilakukan selama 8 hari, dan adanya *creaming* atau pemisahan emulsi diamati setiap 2 hari. *Creaming index* dihitung dengan persamaan (1).

$$Creaming\ index\ (\%) = \frac{H_c}{H_e} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana: H_c = ketinggian lapisan cream bagian atas
 H_e = tinggi total larutan emulsi

2.4. Analisis Rendemen Produk

Analisis rendemen dilakukan dengan membandingkan massa produk padat yang diperoleh dengan massa seluruh bahan yang ditambahkan saat emulsifikasi (Sari et al., 2020) sesuai dengan persamaan (2).

$$Yield = \frac{Ma}{Mt} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana: Ma = massa serbuk yang diperoleh
 Mt = massa total yang ditambahkan

2.5. Analisis Efisiensi Enkapsulasi

Analisis merujuk pada metode yang dilakukan oleh Cahyono et al., (2018). Pada analisis ini efisiensi enkapsulasi merujuk pada kandungan eugenol yang ada di produk kapsul. Produk kapsul minyak cengkeh sebanyak 20 mg ditambahkan dalam metanol 20 ml dan diaduk selama 1 jam. Supernatan diambil dan konsentrasi eugenol dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 282,5 nm. Proses yang sama dilakukan pada minyak cengkeh awal untuk mengetahui kadar eugenol mula-mula. Efisiensi enkapsulasi (EE) dihitung dengan persamaan (3).

$$EE\ (\%) = \frac{E_k}{E_a} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana: E_k = kadar eugenol minyak cengkeh serbuk
 E_a = kadar eugenol minyak cengkeh awal

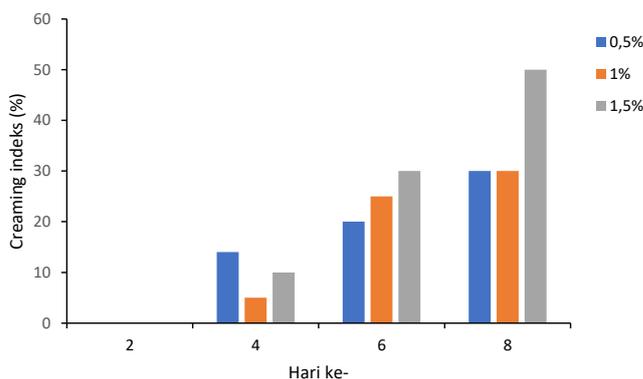
2.6. Analisis FTIR & SEM

Analisis FTIR dilakukan pada panjang gelombang 400-4000 nm untuk minyak cengkeh cair, serbuk minyak cengkeh, dan WPC. Analisis SEM dilakukan dengan meletakkan serbuk minyak cengkeh pada alat hingga diperoleh gambar morfologi produk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Creaming Index

Pemisahan emulsi umumnya mulai terjadi pada hari ke-4 (Gambar 1). Pemisahan emulsi menjadi 2 lapisan menunjukkan bahwa emulsi sudah mulai kehilangan stabilitasnya. Hasil ini sedikit berbeda dengan penelitian Nagaraju et al., (2021), yang menggunakan bahan maltodekstrin sebagai bahan dinding, dimana sampel emulsi masih stabil pada hari ke-8. Menurut Du et al (2021), emulsi yang dihasilkan oleh komponen WPC cenderung mempunyai ukuran partikel yang lebih besar dari emulsi dengan maltodekstrin. Oleh karenanya, ukuran partikel yang lebih besar ini berpotensi menyebabkan terjadinya pemisahan secara gravitasi, penempelan droplet, serta pelepasan minyak yang lebih cepat pula (Du et al., 2021). Pemisahan secara gravitasi dan penempelan droplet akan menyebabkan terjadinya flokulasi dan tumbukan yang akhirnya menyebabkan pemisahan fase.



Gambar 1. Analisis *creaming index*

3.2. Rendemen Enkapsulasi

Rendemen serbuk minyak cengkeh yang diperoleh tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen proses enkapsulasi

Persen minyak cengkeh (%)	Rendemen (%)
0,5	84,89
1	81,30
1,5	79,67

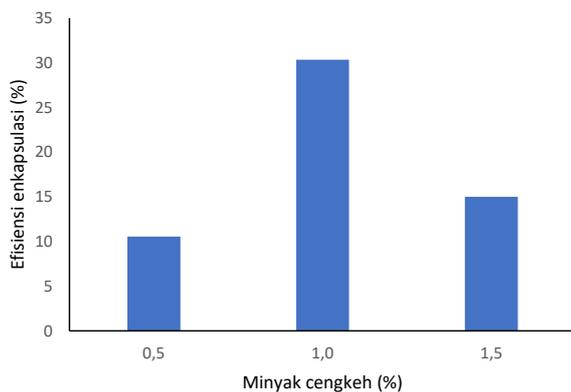
Dari Tabel 2 terlihat bahwa rendemen produk berkisar antara 79-84%. Hasil rendemen ini menunjukkan bahwa proses pengeringan berlangsung dengan baik, dimana batas minimal rendemen pengeringan minimal sebesar 50% (Sari et al., 2020). Pudziuvelyte et al., (2020) melakukan enkapsulasi ekstrak *Elsholtzia ciliate* dengan beberapa bahan dinding seperti sodium caseinat, susu skim, maltodekstrin, dan gum arab menggunakan proses pengeringan beku dan memperoleh rendemen berkisar 75-100%.

Dari tabel ini juga terlihat bahwa terjadi penurunan rendemen jika persentase minyak cengkeh mengalami kenaikan. Rendemen tertinggi diperoleh pada persentase minyak cengkeh 0,5%. Hasil ini disebabkan karena tingginya rasio

WPC/minyak. Bahan dinding yang semakin banyak akan berpotensi menghasilkan padatan yang semakin banyak.

3.3. Efisiensi Enkapsulasi

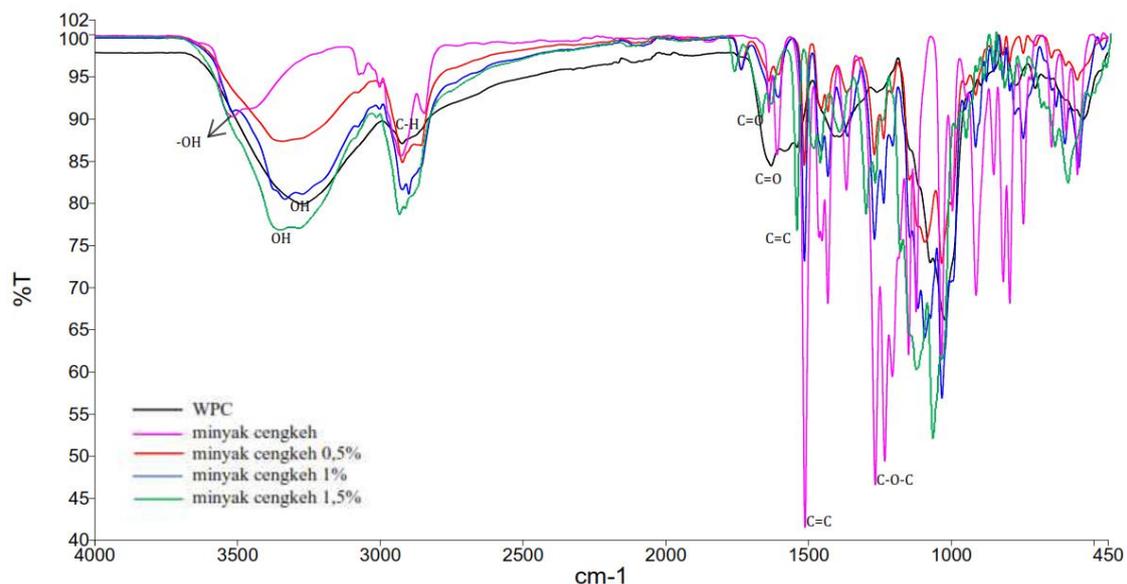
Analisis efisiensi tersaji pada Gambar 2. Dari gambar terlihat bahwa efisiensi enkapsulasi awalnya naik dengan penambahan konsentrasi minyak cengkeh. Pada konsentrasi minyak cengkeh 1% diperoleh nilai tertinggi yaitu 30% dan penambahan konsentrasi berikutnya justru akan menurunkan nilai efisiensi. Penurunan nilai efisiensi ini dimungkinkan karena konsentrasi WPC sebagai bahan dinding jumlahnya tetap sedangkan bahan aktif yang akan dienkapsulasi bertambah banyak. Akibatnya terjadi penurunan kemampuan WPC dalam mengikat minyak. Menurut Cahyono et al., (2018) penurunan efisiensi ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan bahan dinding dalam mengikat bahan aktif.



Gambar 2. Efisiensi enkapsulasi

3.4. Analisis FTIR

Hasil analisis FTIR untuk minyak cengkeh, serbuk minyak cengkeh, dan WPC tersaji pada Gambar 3. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada minyak cengkeh muncul puncak pada 3518 cm^{-1}



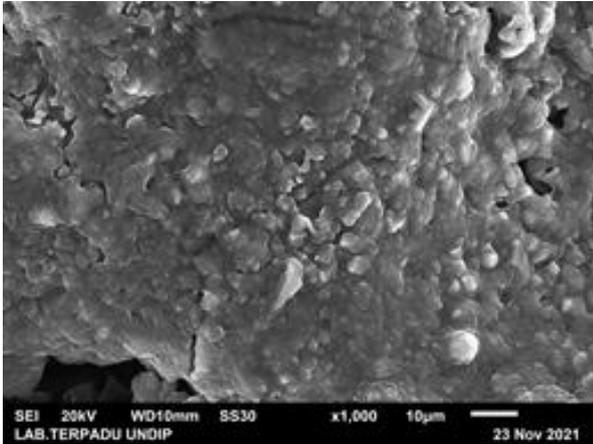
Gambar 3. Analisis FTIR

yang menunjukkan gugus OH pada cincin aromatis yang merujuk pada komponen eugenol yaitu komponen utama minyak cengkeh (Nagaraju et al., 2021), 1511 cm^{-1} yang menunjukkan C=C pada gugus aromatik, $1205\text{-}1265\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus C-O-C, 911 cm^{-1} , dan 994 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan C-H alifatik. Adapun spektrum dari WPC yang muncul adalah pada spektrum 3275 cm^{-1} yang menunjukkan O-H dari ikatan hidrogen dan 2924 cm^{-1} yang merupakan C-H gugus alifatik. Pada produk serbuk minyak cengkeh yang dihasilkan terjadi pergeseran ikatan O-H ke spektrum $3342\text{-}3335\text{ cm}^{-1}$ yang dimungkinkan terjadi karena adanya interaksi antara WPC dengan minyak cengkeh. Pergeseran ini menunjukkan terbentuknya ikatan hidrogen antara β -lactoglobulin dan minyak cengkeh. Ikatan hidrogen dan gaya hidrofobik dimungkinkan menjadi faktor utama ikatan antara WPC dengan komponen hidrofob (Khan et al., 2019). Selain itu terjadi pula pergeseran puncak 1511 cm^{-1} ke 1513 cm^{-1} yang menunjukkan masih adanya ikatan C=C cincin aromatis pada produk serbuk kapsul yang dihasilkan. Adapun puncak 1630 cm^{-1} pada WPC menunjukkan gugus amid I yaitu C=O dari gugus karbonil dan bergeser ke 1638 cm^{-1} pada serbuk minyak cengkeh 0,5%.

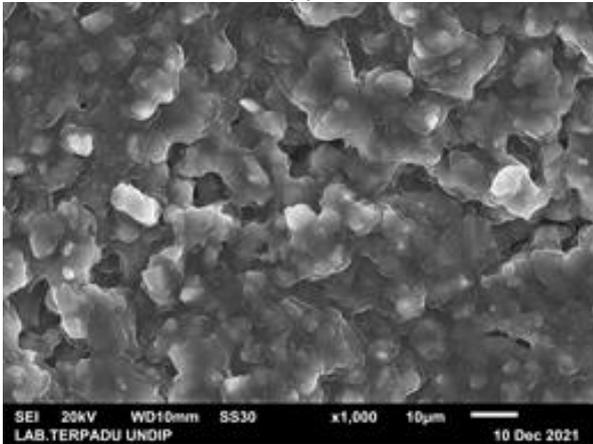
3.5. Analisis Morfologi

Analisis morfologi serbuk minyak cengkeh tersaji pada Gambar 4. Pada gambar terlihat bahwa struktur partikel yang dihasilkan tidak seragam dan cenderung berbentuk serpihan. Hasil ini serupa dengan penelitian Cahyono et al., (2018) yang menghasilkan padatan berbentuk menyerupai serpihan dan tidak seragam. Selain itu terlihat pula adanya aglomerasi yang tinggi pada semua variabel yang dapat disebabkan oleh tingginya kandungan minyak di permukaan (Bae & Lee, 2008). Aglomerasi juga dapat terjadi karena rasio bahan dinding dan minyak yang rendah. Ketika jumlah minyak meningkat maka akan terbentuk jembatan

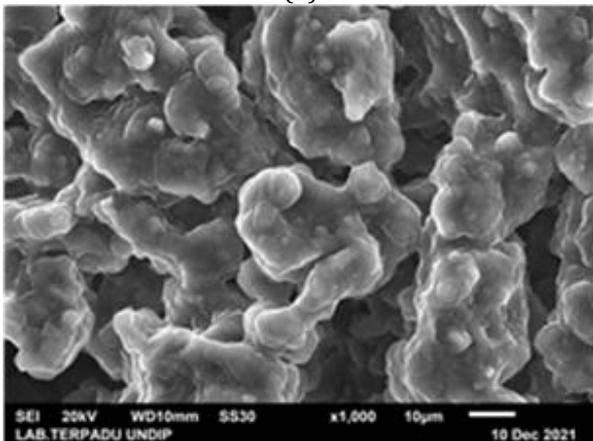
penghubung antar partikel yang selanjutnya menyebabkan partikel bergabung (Sari et al., 2020). Apabila jembatan penghubung ini semakin besar, maka jarak antar partikel menjadi semakin pendek dan partikel akan semakin erat bergabung. Pada tahap akhir dari penggabungan ini adalah terjadi pelelehan serbuk menjadi cairan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Analisis SEM serbuk minyak cengkeh: (a) 0,5%, (b) 1%, (c) 1,5%

Pada gambar 4 terlihat bahwa pada konsentrasi minyak cengkeh 1,5% maka partikel cenderung mengalami aglomerasi yang lebih besar dibandingkan konsentrasi 1%. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi minyak yang lebih tinggi

maka rasio bahan dinding dan minyak menjadi lebih kecil. Akibatnya akan lebih banyak minyak yang tidak terenkapsulasi dengan baik, sehingga kecenderungan partikel untuk bergabung akan semakin besar. Hal ini juga sesuai dengan hasil analisis efisiensi enkapsulasi, dimana pada kadar minyak 1% akan didapatkan nilai efisiensi yang paling tinggi.

4. KESIMPULAN

WPC dapat digunakan sebagai bahan dinding untuk proses enkapsulasi minyak cengkeh. Rendemen yang diperoleh dari semua variabel cukup tinggi, akan tetapi efisiensi enkapsulasi tertinggi diperoleh pada konsentrasi minyak cengkeh 1% yaitu sebesar 30%. Dari spektrum FTIR yang diperoleh terlihat adanya interaksi antara WPC dengan minyak cengkeh di semua variabel yang dianalisis. Dari analisis SEM terlihat adanya aglomerasi partikel dan bentuk partikel yang cenderung tidak seragam.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Wahid Hasyim atas pendanaan penelitian melalui Dana Penelitian DIPA Unwahas Tahun 2021.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bae, E. K., & Lee, S. J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 549–560. <https://doi.org/10.1080/02652040802075682>
- Bustaman, S. (2016). Potensi Pengembangan Minyak Daun Cengkih sebagai Komoditas Ekspor Maluku. *Potensi Pengembangan Minyak Daun Cengkih Sebagai Komoditas Ekspor Maluku*, 30(4), 132–139. <https://doi.org/10.21082/jp3.v30n4.2011.p132-139>
- Cahyono, B., A'Yun, Q., Suzery, M., & Hadiyanto. (2018). Characteristics of eugenol loaded chitosan-tripolyphosphate particles as affected by initial content of eugenol and their in-vitro release characteristic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 349(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/349/1/012010>
- Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 443–451. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033>
- Du, Q., Tang, J., Xu, M., Lyu, F., Zhang, J., Qiu, Y., Liu, J., & Ding, Y. (2021). Whey protein and maltodextrin-stabilized oil-in-water emulsions: Effects of dextrose equivalent. *Food Chemistry*, 339(September 2020), 128094. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128094>

- Estevinho, B. N., Rocha, F., Santos, L., & Alves, A. (2013). Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 138–155.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.04.001>
- Jafari, S. M. (2017). An overview of nanoencapsulation techniques and their classification. In *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809436-5.00001-X>
- Khan, A., Wang, C., Sun, X., Killpartrick, A., & Guo, M. (2019). Preparation and characterization of whey protein isolate–dim nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16).
<https://doi.org/10.3390/ijms20163917>
- Maqsoodlou, A., Sadeghi Mahoonak, A., Mohebodini, H., & Koushki, V. (2020). Stability and structural properties of bee pollen protein hydrolysate microencapsulated using maltodextrin and whey protein concentrate. *Heliyon*, 6(5), e03731.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03731>
- Nagaraju, P. G., Sengupta, P., Chicgovinda, P. P., & Rao, P. J. (2021). Nanoencapsulation of clove oil and study of physicochemical properties, cytotoxic, hemolytic, and antioxidant activities. *Journal of Food Process Engineering*, 44(4).
<https://doi.org/10.1111/jfpe.13645>
- Nurdjannah, N. (2004). Diversifikasi Penggunaan Cengkeh. *Perspektif*, 3(2), 61–70.
<https://doi.org/10.21082/p.v3n2.2004.61-70>
- Pudziuvelyte, L., Marksa, M., Sosnowska, K., Winnicka, K., Morkuniene, R., & Bernatoniene, J. (2020). Freeze-drying technique for microencapsulation of elsholtzia ciliata Ethanolic extract using different coating materials. *Molecules*, 25(9).
<https://doi.org/10.3390/molecules25092237>
- Sari, D. K., Lestari, D., Khinanta, P., & Sahlan, M. (2020). Encapsulation Bioactive Compound Propolis With Carrageenan – Gum Arabic By Spray Drying. *Jurnal Integrasi Proses*, 9(1), 8–11.
- Shi, Q., Fang, Z., & Bhandari, B. (2013). Effect of Addition of Whey Protein Isolate on Spray-Drying Behavior of Honey with Maltodextrin as a Carrier Material. *Drying Technology*, 31(13–14), 1681–1692.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2013.783593>
- Towaha, J. (2012). Manfaat Eugenol Cengkeh Dalam Berbagai Industri Di Indonesia. *Perspektif*, 11(2), 79–90.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800097-7.00008-7>
- Yadav, K., Bajaj, R. K., Mandal, S., & Mann, B. (2020). Encapsulation of grape seed extract phenolics using whey protein concentrate, maltodextrin and gum arabica blends. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 426–434.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04070-4>