

Studi Literatur Pengaruh Formulasi dan Metode Nanoenkapsulasi Terhadap Karakteristik Nanokapsul Minyak Atsiri

Iin Dian Novita, Aulia Fikri Hidayat, Ratih Aryani

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Bandung, Indonesia

email: iinnovita493@gmail.com, aulia.fikri.h@gmail.com, ratih_aryani@yahoo.com

ABSTRACT: Essential oils have various uses, for example as an antibacterial, antimicrobial, anti-inflammatory, sedative, and painkiller. However, essential oils have limitations due to strong aroma and taste, low solubility in the water phase, and low stability. Therefore, preparations in the form of nanoencapsulation can be a solution to these limitations. This study aims to provide information about the effect of formulations and methods on the characteristics of the nanocapsules of essential oils. A literature study method was performed to compare results from various research on the nanoencapsulation of essential oil. Formulations used in various types of essential oils and nanoencapsulation methods determine the characteristics of the resulting nanocapsules in terms of measurements of particle size, polydispersity index, zeta potential, morphology, and encapsulation efficiency. The different formulations and methods of nanoencapsulation used can affect the characteristics of the nanocapsules of essential oils produced.

Keywords: Nanoencapsulation, Essential Oils, Characterization.

ABSTRAK: Minyak atsiri memiliki berbagai macam manfaat seperti antibakteri, antimikroba, antiinflamasi, sedatif, dan anti nyeri. Akan tetapi, pada umumnya minyak atsiri memiliki keterbatasan seperti aroma dan rasa yang kuat, kelarutannya rendah di dalam fase air dan stabilitasnya yang rendah. Oleh karena itu, sediaan dalam bentuk nanoenkapsulasi dapat menjadi solusi dari keterbatasan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai pengaruh formulasi dan metode nanoenkapsulasi terhadap karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan. Pada penelitian digunakan metode studi literatur yang diperoleh dari hasil penelitian nanoenkapsulasi minyak atsiri. Formulasi yang digunakan pada berbagai jenis minyak atsiri dan juga metode pembuatan nanoenkapsulasi sangat menentukan karakteristik nanokapsul yang dihasilkan ditinjau dari pengukuran terhadap ukuran partikel, indeks polidispersitas, potensial zeta, morfologi, dan efisiensi enkapsulasi. Perbedaan formulasi dan metode pembuatan nanoenkapsulasi yang digunakan dapat mempengaruhi karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan.

Kata Kunci: Nanoenkapsulasi, Minyak Atsiri, Karakterisasi.

1 PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan cairan berminyak dan bersifat mudah menguap yang diperoleh dari suatu tanaman dalam sel atau jaringan tertentu pada bagian tumbuhan seperti daun dan batang. Akan tetapi biasanya terpusat pada bagian tertentu seperti pada daun, kulit kayu, dan buah (Oussalah dkk, 2006).

Menurut Burt S. (2004) minyak atsiri yang diekstrak dari tanaman atau simplisia merupakan sumber yang kaya akan senyawa aktif biologis seperti terpenoid dan asam fenolik. Minyak atsiri memiliki berbagai macam aktivitas farmakologi seperti antibakteri dan antimikroba (Guarda dkk,

2011), antiinflamasi, sedatif dan anti nyeri (Pascual dkk, 2000; Monteiro, 2007).

Keterbatasan penggunaan minyak atsiri pada umumnya yaitu disebabkan karena aroma, rasa, volatilitas, ketersebaran yang buruk pada media yang bersifat hidrofil, dan sensitivitasnya terhadap oksidasi, panas, dan cahaya. Oleh karena itu, sediaan dalam bentuk nanoenkapsulasi dapat menjadi solusi dari keterbatasan yang ada (Ali dkk, 2020).

Nanoenkapsulasi diharapkan mampu mengubah minyak atsiri dari cairan yang mudah menguap menjadi produk yang stabil, serta memberikan perlindungan terhadap senyawa aktif

terhadap faktor lingkungan (misalnya oksigen, cahaya, kelembaban, dan pH), mengurangi resiko dari sifatnya yang mudah terbakar dan peningkatan ketercampuran dengan air, sehingga meningkatkan kemudahan penanganan, keselamatan, dan penerapan pada berbagai produk, terutama dalam formulasi berbasis air (Sansukcharearnpon dkk, 2010).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh formulasi dan metode nanoenkapsulasi terhadap karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai pengaruh formulasi dan metode nanoenkapsulasi terhadap karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat untuk menghasilkan sediaan nanokapsul minyak atsiri yang baik dan stabil menggunakan formulasi dan metode yang tepat, serta menghasilkan nanokapsul minyak atsiri dengan karakteristik yang baik.

2 LANDASAN TEORI

Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan senyawa metabolit sekunder yang termasuk ke dalam golongan terpen yang disintesis melau jalur asam mevalonat (Ganjewala, 2009). Minyak atsiri memberikan aroma khas pada tumbuhan (Muchtaridi, 2015). Saat ini minyak atsiri sudah banyak digunakan sebagai parfum, kosmetik, antioksidan, antibiotik, imunostimulan, dan relaksasi (Buchbauer, 2010).

Disebutkan juga bahwa minyak atsiri ini termasuk ke dalam minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas. Sebagian dari komponen minyak atsiri adalah senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen, atau karbon, hidrogen, dan oksigen yang tidak bersifat aromatik, senyawa ini biasanya disebut dengan terpenoid. Minyak atsiri saat ini sudah dikembangkan dan menjadi komoditas ekspor di Indonesia seperti minyak atsiri nilam, akar wangi, pala, cengkeh, sereh wangi, kayu manis, dan cendana (Hanief dkk, 2013).

Nanoenkapsulasi

Enkapsulasi merupakan teknologi yang memiliki banyak potensi untuk diaplikasikan di berbagai bidang seperti industri farmasi dan makanan.

Enkapsulasi molekul bioaktif dalam skala nano (10^{-9} m) dikenal dengan nama nanoenkapsulasi. Nanoenkapsulasi merupakan suatu teknik untuk menyalut suatu senyawa yang dapat berupa padatan, cairan, dan gas (core) dengan suatu polimer yang berukuran 10-1000 nm. Enkapsulasi utamanya digunakan untuk memberikan perlindungan terhadap senyawa bioaktif seperti polifenol, mikronutrien, enzim, antioksidan, dan nutrasetikal dari kondisi lingkungan yang ekstrim selama proses dan penanganan serta pelepasan terkontrol di sel target (Ezhilarasi dkk, 2013).

Keuntungan sediaan nanoenkapsulasi adalah perubahan dari cairan ke bentuk padat yang mudah mengalir (serbuk); peningkatan stabilitas (melindungi dari proses oksidasi atau mencegah akibar reaksi dari lingkungan); menutupi sifat organoleptik seperti warna, rasa, dan bau dari suatu bahan; penanganan untuk bahan-bahan yang beracun; *controlled release* dan *targeted release* pada senyawa aktif. Selain itu juga, nanoenkapsulasi dapat dilakukan modifikasi sehingga dapat memiliki mekanisme *sustained release* (mempertahankan konsentrasi), *long lasting release* (meningkatkan efek), *targeted release* (meningkatkan adhesi, penetrasi, atau pengenalan jaringan dan sel), atau *triggered release* (dipicu oleh perubahan pH dan suhu pada lingkungan) (Bhushan, 2012).

Karakterisasi Nanoenkapsulasi

Informasi mengenai ukuran partikel, homogenitas ukuran, dan stabilitas sistem terdispersi dapat dilakukan dengan instrumen *particle size analyzer* (PSA). Distribusi ukuran partikel dideskripsikan oleh indeks polidispersitas, yang pengukurannya dilakukan dengan memanfaatkan prinsip kerja DLS. Informasi indeks polidispersitas berupa nilai simpangan baku. Semakin kecil nilai simpangan baku menunjukkan indeks polidispersitas yang semakin kecil, yang berarti bahwa distribusi ukuran semakin tinggi (Horiba, 2017).

Potensial zeta adalah ukuran permukaan muatan partikel yang tersebar dalam kaitannya dengan medium pendispersi. Partikel harus memiliki muatan atau potensial zeta yang tinggi dibanding dengan medium pendispersi untuk mencegah agregasi. Dengan mengatur potensial zeta akan didapatkan kondisi yang optimal untuk mencegah terjadinya agregasi. Nanopartikel dengan nilai potensial zeta lebih besar dari +25 mV atau kurang dari -25 mV biasanya memiliki

derajat stabilitas tinggi (Ronson, 2012).

Morfologi yang terbentuk dari nanokapsul dapat digambarkan dengan instrumen *scanning electron microscope* (SEM) dan *transmission electron microscopy* (TEM). SEM dan TEM adalah mikroskop yang menggunakan elektron untuk membentuk gambaran.

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur. Pada penelitian ini akan dilakukan penelaahan sumber data primer yang berupa hasil penelitian yang telah dipublikasikan dalam jurnal nasional maupun internasional. Jurnal yang digunakan pada studi literatur ini merupakan hasil penelitian yang membuat nanoenkapsulasi menggunakan minyak atsiri. Hasil dari berbagai telaah ini digunakan untuk mengidentifikasi mengenai formulasi, metode dan karakterisasi nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan.

4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan oleh Seyed Fakhreddin Hosseini dkk, (2013) menggunakan dua langkah metode pembuatan nanoenkapsulasi yaitu metode emulsifikasi dan gelasi ionik. Penelitian tersebut menggunakan minyak oregano sebagai bahan yang akan dienkapsulasi ke dalam nanopartikel kitosan. Perbandingan antara kitosan dan minyak oregano diamati pada penelitian tersebut. Perbandingan kitosan:minyak oregano yang digunakan secara berturut-turut adalah 1:0,1; 1:0,2; 1:0,4; dan 1:0,8. Dimana minyak oregano yang digunakan secara berturut-turut adalah 0,04; 0,08; 0,16; dan 0,32 g. Sehingga formulasi yang digunakan ialah kitosan 0,4 g; tween 80 0,45 g; CH_2Cl_2 4 mL; dan minyak oregano sejumlah yang telah disebutkan sebelumnya. Maka dari optimasi formula tersebut diperoleh 4 formula yang berbeda komposisi minyak oregananya. Metode nanoenkapsulasi yang digunakan yaitu metode emulsifikasi dan gelasi ionik. Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh ukuran partikel 309,8 sampai 402,2 nm; minyak terenkapsulasi ke dalam nanopartikel; nanoenkapsulasi terdekomposisi pada suhu 340,6°C; dan efisiensi enkapsulasi sebesar 24,72% (Hosseini, 2013).

Erick F. de Oliveira dkk, melakukan penelitian nanoenkapsulasi *L. sidoides* menggunakan alginat dan *cashew gum* menggunakan metode *spray-*

drying dengan tujuan menghasilkan karakteristik dan profil pelepasan nanoenkapsulasi minyak *L. sidoides* yang lebih baik. Metode yang dapat dilakukan pada nanoenkapsulasi adalah metode *spray-drying* seperti yang dilakukan oleh Erick F. de Oliveira dkk, (2013). Formulasi yang digunakan pada penelitian Erick F. de Oliveira adalah menggunakan perbandingan antara alginat:*cashew gum* sebesar 1:3, 1:1, dan 3:1, serta menggunakan tween 80: minyak atsiri *L. sidoides* sebesar 10:1 (b/b), kemudian dilakukan penambahan larutan CaCl_2 0,5 (b/b). Nanoenkapsulasi yang terbentuk kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM), *fourier transform infrared* (FTIR), *nano zetalyzer*, *laser light scattering* (LLS), dan *thermogravimetric analyzer* (TGA). Morfologi yang diperoleh berbentuk bulat, ukuran tidak seragam, ada yang memiliki ukuran 5 μm ; ukuran partikel 288 nm; nilai potensial zeta sebesar -36,2 mV; efisiensi enkapsulasi sebesar 48%; nilai kapasitas muatan sebesar 4,4%; dan terdekomposisi pada suhu 379-392°C (Oliveira, 2013).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Abreu dkk, (2012) juga menggunakan minyak *Lippia sidoides* dalam formulasi enkapsulasi nanogel menggunakan kitosan:*cashew gum*. Pada penelitian tersebut dilakukan optimasi terhadap rasio penggunaan *cashew gum*:kitosan yaitu sebesar 1:10, 1:2, 1:1, 2:1, dan 10:1 di dalam larutan dengan konsentrasi 1%, 5%, dan 10% (b/v). Penggunaan minyak dan polimer pun dilakukan optimasi dengan cara menggunakan perbandingan rasio matriks polimer:minyak sebesar 10:1 dan 10:2 b/b. Pada masing-masing formula yang dihasilkan dilakukan proses *spray-drying*. Formula yang paling optimal diperoleh pada rasio penggunaan matriks polimer:minyak (10:2) dengan konsentrasi polimer di dalam larutan sebesar 5%. Dimana nilai kapasitas muatan yang diperoleh sebesar 11%, nilai efisiensi enkapsulasi sebesar 70%, dan ukuran partikel sebesar 405 nm. Selain itu juga, formula yang menggunakan rasio *cashew gum*:kitosan (2:1) memiliki ukuran partikel dan potensial zeta sebesar 21 nm dan +38 mV pada 80% volumenya, sedangkan pada 20% volumenya memiliki ukuran partikel dan potensial zeta sebesar 456 nm dan +17 mV dengan indeks polidispersitas sebesar 0,408. Maka dari itu formula yang menggunakan

rasio cashew gum:kitosan (2:1) dipilih sebagai formula yang paling optimal (Abreu dkk, 2012).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Elissa Ephrem dkk, (2014) nanoenkapsulasi dibuat dengan metode nanopresipitasi. Formula yang digunakan yaitu polikaprolakton, tween 20 atau span 20, aseton, dan minyak atsiri rosemary sebagai fasa organik, serta tween 80 dan akuades sebagai fasa air. Dimana dilakukan optimasi terhadap metode eliminasi pelarut, formulasi, tipe surfaktan, konsentrasi polimer, dan konsentrasi minyak atsiri rosemary. Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh morfologi berbentuk bulat seperti bola; ukuran partikel 220 ± 10 nm; potensial zeta sebesar $-19,9 \pm 4,6$ mV; indeks polidispersitas sebesar $0,19 \pm 0,01$; dan efisiensi enkapsulasi 72,69% sampai 99,99% (Ephrem dkk, 2014).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ali dkk, nanoenkapsulasi dibuat menggunakan minyak atsiri *O. glandulosum* Desf. dengan teknik homogenisasi menggunakan homeginisasi berkecepatan tinggi atau biasa disebut dengan *high speed homogenization* (HPH). Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh morfologi bulat seperti bola dan permukaan yang halus dan ukuran partikel sebesar $34,65 \pm 0,76$ nm (Ali dkk, 2020).

Ferdiansyah dkk, (2017) membuat nanoenkapsulasi minyak buah merah untuk memperbaiki kelarutannya dalam air dan mempertahankan stabilitasnya. Formulasi yang digunakan yaitu minyak buah merah 2,5%; kitosan 0,625%; tween 80 2,5%; dan larutan asam asetat 1% : larutan STPP 0,5% (70:30). Metode nanoenkapsulasi yang digunakan yaitu gelasi. Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh morfologi berbentuk bulat; ukuran partikel sebesar 70,48 nm; potensial zeta sebesar $\pm 14,8$ mV; indeks polidispersitas sebesar 0,02 (Ferdiansyah dkk, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Masrukan dan Iva Mindhayani (2020) membuat nanokapsul minyak kopi menggunakan penyalut kitosan, maltodekstrin, dan kombinasi keduanya. Nanokapsul dibuat dari campuran minyak kopi dengan berbagai enkapsulan: kitosan, maltodekstrin, dan kombinasi keduanya (1:10 v/v). Formula paling optimal yang digunakan yaitu rasio kitosan : maltodekstrin (75:25) dan rasio minyak kopi : penyalut (1:10 v/v). Pada

penelitian nanokapsul minyak kopi dibuat menggunakan metode *freeze drying*. Pada pengamatan morfologi menggunakan SEM dipeoleh bentuk serpihan tidak beraturan dan berongga (Masrukan dan Mindhayani, 2020).

Flores dkk, (2013) membuat nanokapsul *tea tree oil* untuk meningkatkan aktivitas antifungi terhadap *Trichophyton rubrum* dengan konsentrasi *tea tree oil* yang digunakan yaitu 10 mg/mL. Metode nanoenkapsulasi yang digunakan yaitu emulsifikasi- evaporasi. Formula yang digunakan yaitu *tea tree oil* 0,5 g; span 80 0,383 g; poli(- kaprolakton) 0,25 g; aseton; tween 80 0,383 g; dan akuades. Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh hasil ukuran partikel 160-220 nm dan indeks polidispersitas sebesar 0,25 (Flores dkk, 2013).

Pada penelitian Maryan Hasani dan Shirin Hasani (2018) minyak atsiri thymi dibuat menjadi bentuk sediaan nanokapsul menggunakan kitosan dan gom Arab. Metode yang digunakan yaitu modifikasi gelasi ionik dan *freeze drying*. Optimasi formula yang digunakan menggunakan perbandingan kitosan:gom Arab secara berturut-turut yaitu 0,5:9,5; 1:9; dan 1,5:8,5 (% b/v). Formula paling optimal yang dipilih yaitu tween 80 0,1%; minyak thymi 10%; kitosan:gom Arab (1,5:8,5 % b/v); dan larutan TPP 1 mg/mL. Metode nanoenkapsulasi yang digunakan merupakan modifikasi dari metode yang sebelumnya digunakan oleh Hosseini dkk, (2009) dan Saloko dkk, (2013) yaitu gelasi ionik dan *freeze drying*. Pada karakterisasi yang dilakukan, diperoleh morfologi tidak ada retakan dan minyak di permukaan; ukuran partikel 385,2 hingga 756,1 nm; potensial zeta sebesar $43,17 \pm 1,76$ mV; indeks polidispersitas sebesar 0,44 hingga 0,66; dan nilai efisiensi enkapsulasi sebesar $77,67 \pm 4,16\%$ (Hasani dan Hasani, 2018).

5 KESIMPULAN

Hasil dari berbagai penelitian yang ditelusuri, pada formulasi nanoenkapsulasi minyak atsiri seperti pemilihan jenis penyalut, konsentrasi penyalut, rasio kombinasi penyalut, pemilihan surfaktan, rasio surfaktan dengan minyak atsiri, dan rasio penyalut dengan minyak atsiri yang digunakan dapat mempengaruhi karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan. Selain itu juga, metode pembuatan nenoenkapsulasi yang digunakan juga mempengaruhi terhadap

karakteristik nanokapsul minyak atsiri yang dihasilkan. Karakteristik yang dipengaruhi seperti ukuran partikel, indeks polidispersitas, nilai potensial zeta, nilai efisiensi enkapsulasi dan morfologi partikel.

SARAN

Hasil dari studi literatur terkait nanoenkapsulasi minyak atsiri, maka peneliti yang akan melakukan penelitian terkait nanoenkapsulasi minyak atsiri harus memperhatikan formulasinya dilihat dari segi pemilihan jenis penyalut, konsentrasi penyalut, rasio kombinasi penyalut, pemilihan surfaktan, rasio surfaktan dengan minyak atsiri, dan rasio penyalut dengan minyak atsiri dan juga terhadap metode pembuatan yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., dan Lacroix, M. (2006). Inhibitory Effects of Selected Plant Essential Oils on The Growth of Four Pathogenic Bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*. 18: 414–420.
- Guarda, A., Rubilar, J.F., Miltz, J., dan Galotto, M.J., The Antimicrobial Activity of Microencapsulated Thymol and Carvacrol. *International Journal Food Microbiol*. 146: 144–150.
- Bhushan, B. (2012). *Encyclopedia of Nanotechnology*. Netherlands: Springer Science+Business Media B.V.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 94: 223–253.
- Pascual, M.E., Slowing, K., Carretero, E., Mata, D.S., dan Villar, A., (2000). Lippia: Traditional uses, Chemistry and Pharmacology: A review. *Ethnopharmacology*. 76: 201–214.
- Monteiro, M.V.B, Leite, A.K.R.M., Bertini, L.M., Morais, S.M., dan Pinheiro D.C.S.N., (2007). Topical Anti-inflammatory, Gastroprotective and Antioxidant Effects of The Essential Oil of *Lippia sidoides* Cham Leaves. *Ethnopharmacology*. 111: 378–382.
- Ali, H., Al-Khalifa, A. R., Aouf, A., Boukhebt, H., dan Farouk, A. (2020). Effect of Nanoencapsulation on Volatile Constituents, and Antioxidant and Anticancer Activities of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. Essential Oil. *Scientific Reports*. 10(1): 1-9.
- Sansukcharearnpon, A., Wanichwecharungruang, S., Leepipatpaiboon, N., Kerdcharoen, T., dan Arayachukeat, S. (2010). High loading fragrance encapsulation based on a polymer-blend: preparation and release behavior. *International Journal Pharmacy*. 391(1): 267–273.
- Ganjewala, D. (2009). Cymbopogon Essential Oils: Chemical Compositions and Bioactivities. *International Journal of Essential Oil Therapeutics*. 3: 56-65.
- Muchtaridi. (2015). Penelitian Pengembangan Minyak Atsiri sebagai Aromaterapi dan Potensinya sebagai Produk Sediaan Farmasi. *Jurnal Teknik Industri Pertanian*. 17(3): 80-88.
- Buchbauer, G. (2010). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*. New York: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Ezhilarasi, P.N., Karthik, P., Chhanwal, N., dan Anandharamakrishnan, C. (2013). Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: a review. *Food Bioprocess Tech*. 6 (3), 628–647.
- Hanief, M. M.A., dan Mushawwir, W.H.A. (2013). Ekstraksi Minyak Atsiri dari Akar Wangi Menggunakan Metode Steam-Hydro Distillation dan Hydro Distillation dengan Pemanas Microwave. *Jurnal Teknik ITS*. 2(2): 219-223.
- Horiba Instruments Inc, producers. (2017). *A guidebook to particle size analysis*. Irving Horiba.
- Ronson. (2012). *Zeta Potensial Analysis of Nanoparticles*. Nano Composix, San Diego.
- Hosseini, S. F., Zandi, M., Rezaei, M., dan Farahmandghavi, F. (2013). Two-Step Method for Encapsulation of Oregano Essential Oil in Chitosan Nanoparticles: Preparation, Characterization and *in vitro* Release Study. *Carbohydrate Polymers*. 95(1): 50-56.
- Oliveira, E.F.D., Paula, H.C., dan Paula, R.C.D. (2014). Alginate/Cashew Gum

- Nanoparticles for Essential Oil Encapsulation. *Colloids and Surfaces Biointerfaces*. 113: 146-151.
- Ephrem, E., Greige-Gerges, H., Fessi, H., dan Charcosset, C. (2014). Optimisation of Rosemary Oil Encapsulation in Polycaprolactone and Scale-Up of The Process. *Journal of Microencapsulation*. 31(8): 746-753.
- Ali, H., Al-Khalifa, A. R., Aouf, A., Boukhebt, H., dan Farouk, A. (2020). Effect of Nanoencapsulation on Volatile Constituents, and Antioxidant and Anticancer Activities of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. Essential Oil. *Scientific Reports*. 10(1): 1-9.
- Ferdiansyah F., Heriyanto, H., Wijaya, C. H., dan Limantara, L. (2017). Pengaruh Metode Nanoenkapsulasi terhadap Stabilitas Pigmen Karotenoid dan Umur Simpan Minyak dari Buah Merah (*Pandanus conoideus* L.). *Agritech*. 37(4): 369-376.
- Masrukan, M., dan Mindhayani, I. (2020). Aplikasi Nanoenkapsulasi Minyak Kopi *Specialty* dengan Berbagai Enkapsulan menggunakan Metode *Freeze Drying*. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 12(1): 47-53.
- Flores, F.C., Lima, J.A.D., Ribeiro, R.F., Alves, S.H., Rolim, C.M.B., Beck, R.C.R., dan Silva, C.B.D. (2013). Antifungal Activity of Nanocapsule Suspensions Containing *Tea Tree Oil* on The Growth of *Trichophyton rubrum*. *Mycopathologia*. 175(3-4): 281-286.
- Hasani, M., & Hasani, S. (2018). Nanoencapsulation of Thyme Essential Oil in Chitosan-Arabic Gum System: Evaluation of Its Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Trends in Phytochemical Research*. 2(2): 75-82.