

# Studi Literatur Pembuatan dan Karakterisasi Nanoemulsi yang Mengandung Minyak Atsiri dan Potensinya sebagai Antibakteri

Muzdalifah, Aulia Fikri Hidayat, Ratih Aryani

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

*email: <sup>1</sup>muzdalifahdr18@gmail.com, <sup>2</sup>aulia.fikri.h@gmail.com, <sup>3</sup>ratih\_aryani@ymail.com*

**ABSTRACT:** Essential oil is the result of the secondary metabolism of plants containing volatile compounds which are used as antibacterial. However, essential oils have a drawback that is volatile so that it can affect their activity as an antibacterial. Therefore, a suitable delivery system for essential oils is nanoemulsion. Nanoemulsions have small droplet sizes between 20-200 nm. In this review, attention is paid to the results of the study of the formulation and characterization of nanoemulsions containing essential oils and their antibacterial activity. The method used is Systematic Literature Review (SLR) using Scopus indexed international journals and Sinta indexed national journals. The results reported that the antibacterial activity of essential oils such as ginger, betel, rosemary, basil, eucalyptus, and cinnamon had antibacterial activity on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria with MIC values below 1 mg/mL and the zone of inhibition was in the range of 13-30 mm. The optimal essential oil nanoemulsion formulation contains surfactants, cosurfactants, with the ratio of the oil phase and Smix 1:9. Furthermore, for good particle size characteristics, namely between 20-200 nm, a polydispersity index value below 0.3 indicates good monodispersity or uniformity of size and a zeta potential value of >30mV which indicates that the nanoemulsion has good electrostatics. The nanoemulsion system as a carrier of volatile values was proven to increase the diameter of the bacterial inhibition zone.

**Keywords:** Essential Oil, Formulation, Characterization, Nanoemulsion, Antibacterial.

**ABSTRAK:** Minyak atsiri merupakan minyak hasil metabolisme sekunder tumbuhan mengandung senyawa-senyawa volatil yang digunakan sebagai antibakteri. Namun minyak atsiri memiliki kekurangan yaitu mudah menguap sehingga dapat mempengaruhi aktivitasnya sebagai antibakteri. Oleh karena itu, sistem penghantaran yang sesuai untuk minyak atsiri adalah nanoemulsi. Nanoemulsi memiliki ukuran tetesan yang kecil yaitu antara 20-200 nm. Dalam ulasan ini, perhatian difokuskan untuk mendapatkan hasil kajian formulasi dan karakterisasi nanoemulsi yang mengandung minyak atsiri serta aktivitasnya sebagai antibakteri. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) menggunakan jurnal internasional terindeks Scopus dan jurnal nasional terindeks Sinta. Hasil penelitian melaporkan bahwa aktivitas antibakteri minyak atsiri seperti jahe, sirih, rosemary, basil, eucalyptus dan kayu manis memiliki aktivitas antibakteri pada bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan nilai KHM dibawah 1 mg/mL dan zona hambat berada pada rentang 13-30 mm. Formulasi nanoemulsi minyak atsiri yang optimal mengandung surfaktan, kosurfaktan, dengan jumlah perbandingan fasa minyak dan Smix 1:9. Selanjutnya untuk karakteristik ukuran partikel yang baik yaitu antara 20-200 nm, nilai indeks polidispersitas dibawah 0,3 menunjukkan monodispersitas atau keseragaman ukuran yang baik, dan nilai potensial zeta yaitu >30mV yang menunjukkan bahwa nanoemulsi memiliki stabilitas elektrostatis yang baik. Sistem nanoemulsi sebagai pembawa minyak atsiri terbukti dapat meningkatkan nilai diameter zona hambat bakteri.

**Kata Kunci:** Minyak atsiri, Formulasi, Karakterisasi, Nanoemulsi, Antibakteri.

## 1 PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan minyak volatile hasil metabolisme sekunder tumbuhan yang diperoleh

dari penyulingan pada bagian tumbuhan seperti daun, bunga, buah-buahan, biji, kulit kayu dan akar atau rimpang. Minyak atsiri diketahui mengandung senyawa-senyawa volatile seperti

golongan monoterpen dan sesquiterpen yang umumnya digunakan sebagai pemberi esens (aroma) pada pangan, kosmetika, atau sebagai komponen fungsional pada produk farmasi (Tajkarimi et al., 2010). Pada umumnya, masyarakat menggunakan minyak atsiri dari rempah-rempah hanya sebagai penyedap makanan dan minuman, namun saat ini banyak penelitian yang mengembangkan minyak atsiri karena sudah sejak lama diketahui bahwa minyak atsiri memiliki sifat antibakteri. Berbagai hasil penelitian dan studi literatur kali ini telah melaporkan aktivitas antibakteri minyak atsiri rempah-rempah seperti thyme, cengkeh, jahe, dan rempah lainnya.

Minyak atsiri yang digunakan secara langsung memiliki kekurangan salah satunya yaitu mudah menguap, sehingga penguapan minyak atsiri tersebut dapat menyebabkan bioavailabilitas minyak atsiri menurun sekaligus dapat mempengaruhi aktivitasnya sebagai antibakteri (Zhang et al., 2016). Oleh karena itu, sistem penghantaran yang sesuai untuk bahan aktif berupa minyak atsiri adalah nanoemulsi. Nanoemulsi diketahui berpotensi memperbaiki sifat fisika dan bioavailabilitas dari minyak atsiri. Minyak atsiri akan terenkapsulasi oleh sistem nanoemulsi sehingga dapat mengurangi penguapan minyak atsiri. Nanoemulsi memiliki ukuran tetesan yang kecil yaitu antara 5 nm sampai dengan 200 nm (Mishra et al., 2014). Ukuran tetesan nanoemulsi yang relatif kecil memiliki keuntungan yaitu mampu meningkatkan luas permukaan sediaan dan meningkatkan penetrasi zat aktif (Bhatt dan Madhav, 2011). Nanoemulsi yang dibuat sebagai pembawa minyak atsiri bermanfaat untuk meningkatkan aktivitas antibakteri baik pada penggunaan topikal maupun sistemik (Gupta et al., 2010).

Berdasarkan dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan suatu rumusan masalah yang akan dikaji dalam studi literatur ini adalah bagaimana formulasi dan karakterisasi nanoemulsi yang mengandung minyak atsiri serta apakah formulasi nanoemulsi dari minyak atsiri tersebut memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Tujuan dari studi literatur kali ini adalah untuk mendapatkan hasil kajian formulasi dan karakterisasi nanoemulsi yang mengandung minyak atsiri serta apakah formulasi nanoemulsi sebagai pembawa minyak atsiri tersebut memiliki aktivitas sebagai

antibakteri melalui analisis berbagai hasil penelitian yang terkait..

## 2 METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penyusunan artikel penelitian ini yaitu *Systematic Literature Review* (SLR). SLR ini dilakukan secara sistematis setelah menentukan topik penelitian dan ditetapkannya rumusan masalah untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menginterpretasi temuan dari berbagai studi penelitian. Dalam penelitian ini, prosedur dari SLR ini terdiri dari beberapa langkah yaitu perancangan (*planning*), pencarian serta pengambilan (*searching* dan *retrieval*), menyaring dan memilih artikel (*filtering* dan *sorting*), penentuan artikel (*final inclusion*), ekstraksi data (*data extraction* dan *synthesis*) dan pelaporan hasil review (*reporting*). Sumber data base yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Science Direct, Springer Link, Taylor and Francis, John Wiley and Sons, Sage Publications*, dan *Google Scholar*. Kemudian dipilih publisher yang bereputasi dimana untuk jurnal internasional bereputasi Scopus minimal Q4 dan jurnal nasional terindeks SINTA minimal S2.

Kemudian dipilih lagi berdasarkan kriteria tipe artikel spesifik yaitu kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi (penyertaan) dan eksklusi (pengecualian) digunakan untuk mengeluarkan artikel-artikel yang tidak relevan dengan rumusan masalah penelitian. Kriteria inklusi berupa artikel yang membahas topik formulasi dan karakterisasi nanoemulsi minyak atsiri serta artikel yang membahas aktivitas antibakteri nanoemulsi minyak atsiri. Sedangkan kriteria eksklusi berupa artikel yang tidak membahas topik formulasi dan karakterisasi nanoemulsi minyak atsiri serta artikel nanoemulsi minyak atsiri dengan bahasan utama selain aktivitas antibakteri. Sampel penelitian yang diperoleh berjumlah 12 artikel berdasarkan kriteria inklusi dan kriteria eksklusi yang telah ditentukan.

## 3 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

Pada penelitian ini menggunakan penelusuran pustaka. Penelusuran pustaka dilakukan untuk memperoleh data beberapa minyak atsiri yang

dibuat dalam bentuk sediaan nanoemulsi yang berpotensi sebagai antibakteri. Berbagai jenis tumbuhan dapat dijadikan sumber minyak atsiri, dan beberapa tumbuhan minyak atsiri terkandung senyawa yang mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Untuk meningkatkan potensinya tersebut maka minyak atsiri perlu dikemas dalam suatu sistem penghantaran khusus. Sistem penghantaran yang sesuai untuk bahan aktif berupa minyak atsiri adalah nanoemulsi, sehingga formulasi sediaan nanoemulsi dapat menjadi sistem penghantaran obat dengan penetrasi yang baik.

### Aktivitas Antibakteri Berbagai Minyak Atsiri

Tabel 2. Aktivitas antibakteri berbagai minyak atsiri

Minyak Atsiri	Kandungan Senyawa	KHM (mg/mL)	Zona Hambat (mm)	Pustaka
Jahe	$\alpha$ -pinena dan kamfena	0.2	12.3 $\pm$ 0.6	Wang et al., 2020
		0.1	17.1 $\pm$ 0.8	
Sirih	Kavikol dan eugenol	0.625	14.67 $\pm$ 1.15	Hoque et al., 2011
		0.625	14.67 $\pm$ 0.57	
Rosemary	1,8-Cineole dan $\alpha$ -pinena	0.016	16.6 $\pm$ 2.3	Ding et al., 2015
		0.016	27.2 $\pm$ 2.7	
Basil	1,8-Cineole	0.009	21.60	Moghaddam et al., 2011
		0.018	29.20	
Eucalyptus	1,8 sineol dan alpha terpineol	0.390	13.0	Bosnić et al., 2016
		0.390	12.5	
Kayu manis	Sinamilaldehid	1.0	19.2	Zhang et al., 2016
		1.0	28.7	

Berdasarkan hasil studi literatur pengujian aktivitas antibakteri terhadap beberapa minyak atsiri, diketahui bahwa rata-rata pengujian dilakukan dengan metode difusi. Pada metode difusi ini senyawa yang terkandung didalam minyak atsiri dan memiliki khasiat sebagai antibakteri akan berdifusi pada lempeng agar yang telah ditanami bakteri yang uji yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Aktivitas antibakteri ini ditunjukkan dengan adanya zona hambat dan nilai KHM. Hasil nilai KHM yang terbentuk dapat dilihat pada tabel Tabel 2 dalam penentuan nilai KHM dilakukan penurunan konsentrasi sampai tidak terjadi penghambatan dari zat atau senyawa antibakteri. Berdasarkan data yang diperoleh nilai KHM terbesar ditunjukkan oleh minyak atsiri kayu manis yang menghasilkan nilai KHM sebesar 0.1 pada

kedua bakteri uji. Minyak atsiri suatu tanaman dapat dinyatakan menghasilkan aktivitas antibakteri jika diperoleh nilai KHM dibawah 1 mg/mL (Ríos & Recio, 2005). Sehingga berdasarkan data pengamatan yang diperoleh bahwa seluruh minyak atsiri menghasilkan efektivitas antibakteri yang baik karena nilai seluruh KHM berada pada rentang yang dianjurkan. Parameter zona bening ini merupakan yang menunjukkan kekuatan dari suatu larutan antibakteri. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai zona hambat maka semakin kuat pula suatu larutan tersebut bersifat sebagai antibakteri.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa minyak atsiri basil untuk kedua bakteri uji memiliki nilai zona hambat untuk antibakteri *Escherichia coli* yaitu 21.60 sedangkan *Staphylococcus aureus* yaitu 29.20. Berdasarkan Susanto dan Ruga (2012), bahwa diameter zona hambat  $\geq 21$  mm merupakan kategori respon hambatan pertumbuhan bakteri yang sangat kuat. Ini artinya bahwa minyak atsiri basil memiliki aktivitas antibakteri yang sangat kuat.

Berdasarkan hasil pengamatan bahwa aktivitas antibakteri berbagai minyak atsiri memiliki zat antibakteri. Hal ini dikarenakan adanya kandungan dalam suatu minyak atsiri yang dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri. Hasil analisis dari ke 6 minyak atsiri bahwa pada minyak atsiri rosemary, basil dan eucalyptus mengandung komponen utama penyusun minyak atsiri yaitu 1,8-sineol, pada minyak atsiri jahe dan rosemary juga mengandung senyawa utama yaitu  $\alpha$ -pinena, pada minyak atsiri daun sirih mengandung senyawa kavikol dan eugenol, sedangkan pada minyak atsiri kayu manis mengandung senyawa sinamilaldehid.

Secara umum, pembuatan sediaan nanoemulsi dipengaruhi oleh sifat minyak, surfaktan dan kosurfaktan yang digunakan serta konsentrasi dan perbandingan dari bahan-bahan tersebut. (Kreilgaard, 2002; Shafiq et al., 2007).

Tabel 3. Formulasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Yang Mengandung Minyak Atsiri

Minyak Atsiri	Smix	Karakterisasi		Pustaka
		Ukuran Partikel	Indeks Polidispersitas	
Jahe	Surfaktan : Tween 20 Kosurfaktan : Gom arab	68-1035 nm	0.617 ± 0.077	Firoozi et al., 2020
Daun sirih	Surfaktan: Tween 20	210 ± 30 nm	-	Roy & Guha, 2018
<i>Alhagi maurorum</i>	Surfaktan: Tween 80	172 ± 11 nm	-	Hassanshahian et al., 2020
<i>Thymus daenensis</i>	Surfaktan: Kombinasi Tween 80 dan Span 80	143.2 ± 2.6 nm	-	Moghimi et al., 2016
<i>Lavandula x intermedia</i>	Surfaktan : tween 20 Kosurfaktan: Etanol	479.1 ± 3.9 nm	0.110 ± 0.016	Garzoli et al., 2020
Serai	Surfaktan: Tween 80	30.25 ± 1.30	0.65 ± 0.04	Gago et al., 2019
<i>Grapefruit peel</i>	Surfaktan: Tween 80	204,5 nm	0,168	Özogul et al., 2021
Cengkeh	Surfaktan: Kombinasi Tween 80 dan Span 80	50,43 ± 0,91	0,496 ± 0,25	Shahavi et al., 2016
Selasih	Surfaktan: Kombinasi Tween 80 dan Span 80	119 ± 1.13	0.16 ± 0.08	da Silva Gündel et al., 2018
Sage	Surfaktan: Tween 80	204,4 nm	0,12	Yazgan, 2020
Rosemary	Surfaktan: Kombinasi Tween 80 dan Span 80	61.73 ± 0.94	0.230 ± 0.009.	Hassanzadazar et al., 2019

Karakteristik yang pertama yaitu ukuran partikel. Tujuan pengukuran ukuran partikel untuk mengetahui apakah sediaan nanoemulsi yang dibuat sudah memenuhi kriteria ukuran partikel yang sesuai dengan karakteristik ukuran nanoemulsi. (Ibrahim, et al., 2015). Pengukuran uji ukuran partikel ini menggunakan alat yaitu Particle Size Analyser (PSA). Prinsip kerja dari alat ini berdasarkan hamburan cahaya dinamis atau Dynamic Light Scattering (DLS). Dengan teknik DLS, PSA dapat diaplikasikan untuk mengukur ukuran dan distribusi ukuran dari partikel dan molekul yang terdispersi atau terlarut dalam sebuah larutan (Malvern, 2017). Rentang ukuran partikel nanoemulsi adalah berkisar antara 10-200 nm.

Karakteristik kedua yaitu indeks polidispersitas. Pengukuran indeks polidispersitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel. Nilai indeks polidispersitas dari 0,3 – 0,7 memiliki sifat polidispersi yang artinya menunjukkan bahwa ukuran partikel seragam tetapi memiliki bentuk yang berbeda dan distribusi partikel yang lebar, sedangkan nilai indeks polidispersitas lebih dari 0,7 memiliki sifat superdispersi, artinya menunjukkan bahwa ukuran partikel tidak seragam

dan bentuk yang berbeda serta distribusi partikel yang menyebar. Dan berdasarkan data yang diperoleh seluruh nilai indeks polidispersitas masuk ke dalam rentang 0,7 yang artinya sifat indeks polidispersitas tersebut polidispersi yang artinya menunjukkan bahwa ukuran partikel seragam tetapi memiliki bentuk yang berbeda dan distribusi partikel yang lebar.

Secara umum, khasiat antibakteri dari nanoemulsi minyak atsiri sangat tergantung pada komponen minyak atsiri, strain mikroba yang diuji dan formulasi serta ukuran nanoemulsi. Berbagai parameter yang digunakan dalam pembuatan minyak atsiri dari bahan alam dalam pengujian aktivitas antibakteri di antaranya adalah jenis bahan alam, kontrol positif, kontrol negatif, konsentrasi sampel, dan kemampuan menghambat pertumbuhan antibakteri. Salah satu upaya dalam meningkatkan keefektifan aktivitas antibakteri yaitu dengan cara membuat sediaan nanoemulsi. Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Gemilang dkk, (2019) mengenai formulasi dan uji aktivitas antibakteri nanoemulsi dari ekstrak daun sirih pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menghasilkan zona hambat nanoemulsi ekstrak daun sirih 7,5% sebesar 10,69 ± 0,16 mm dan pada ekstrak daun sirih 7,5% sebesar 7,85 ± 0,09 mm untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan untuk bakteri *Escherichia coli* sebesar 9,61 ± 0,22 mm dan 7,93 ± 0,10 mm. Aktivitas penghambatan antibakteri menunjukkan hasil yang berbeda signifikan antara sediaan nanoemulsi daun sirih dengan ekstrak daun sirih dimana sediaan nanoemulsi memiliki zona hambat lebih tinggi daripada ekstrak daun sirih.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Minyak atsiri yang diformulasi dalam bentuk sediaan nanoemulsi memiliki aktivitas antibakteri lebih baik. Formulasi nanoemulsi minyak atsiri yang optimal mengandung surfaktan non ionik, kosurfaktan, dan jumlah perbandingan Smix berkisar antara 1:1 1:2 dan 2:1 juga perbandingan dengan fasa minyak yang umumnya 1:9.
2. Karakterisasi nanoemulsi diperoleh rentang ukuran partikel dari 30 nm sampai 200 nm.

Untuk nilai indeks polidispersitas memiliki rentang nilai dari 0,3 – 0,7 yang artinya bersifat polidispersi. Sedangkan potensial zeta yang diperoleh memiliki rentang nilai yang beragam.

3. Aktivitas penghambatan antibakteri menunjukkan hasil yang berbeda antara minyak atsiri murni dengan minyak atsiri yang dibuat menjadi nanoemulsi, dimana sediaan nanoemulsi memiliki zona hambat lebih tinggi daripada minyak atsiri murni.

## ACKNOWLEDGE

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Aulia Fikri Hidayat, M.Si. dan Ibu apt. Ratih Aryani, M.Farm. selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan dan penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman dan pihak-pihak terkait yang telah membantu secara langsung ataupun tidak langsung serta mendukung dalam proses penulisan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Nurul dan Das, Biswajit. (2019). A Review On Formulation And Characterization Nanoemulsion. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 11(4): 1-5.
- Bhatt, P., dan Madhav, S. (2011). A Detailed Review on Nanoemulsion Drug Delivery System. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(10): 2482-2489.
- Dos Santos Ramos, M. A., Da Silva, P. B., Spósito, L., De Toledo, L. G., Bonifácio, B. vidal, Rodero, C. F., Dos Santos, K. C., Chorilli, M., & Bauab, T. M. (2018). Nanotechnology-based drug delivery systems for control of microbial biofilms: A review. *International Journal of Nanomedicine*, 1179–1213.
- Gemilang S., Hapsari, Martien, R., Purwanto. (2019). *Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Nanoemulsi Ekstrak Daun Sirih (Piper betle L.) terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli* [Skripsi].
- Fakultas Farmasi. Universitas Gadjah Mada.
- Gupta, P. (2010). Callusing in *Stevia rebaudiana* (Natural Sweetener) for SteviolGlycoside Production. *International Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 1:1.
- Kordali, S., Kotan, R., Mavi, A., Cakir, A., Ala, A., & Yildirim, A. (2005). Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24), 9452–9458.
- Kreilgaard, M. (2002). Influence of microemulsions on cutaneous drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 54, S77–S98.
- Mac Tavish, Hazel and Harris, David. (2002). *An Economic Study of Essential Oil Production in The UK : A Case Study Comparing Non-UK Lavender/Lavandin Production and Peppermint/Spearmint Production With UK Production*. Techniques and Cost. ADAS Consulting Ltd.
- Mishra R.K., G.C. Soni, R.P. Mishra. (2014). Review Article: On Nanoemulsion. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*. Vol. 3 (9): 258-274.
- Patel, R. P., and Joshi, J. R. (2012). An Overview On Nanoemulsion: A Novel Approach. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 3(12): 4640-4650.
- Preetz, C., Hauser, A., Hause, G., Kramer, A., & Mäder, K. (2010). Application of atomic force microscopy and ultrasonic resonator technology on nanoscale: Distinction of nanoemulsions from nanocapsules. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 39 (1–3), 141–151.
- Ríos, J. L. and Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1–2): 80–84.
- Shafiq S., Shakeel F., Talegaonkar S., Ahmad F. J., Khar R. K., dan Ali M., (2007). Development and Bioavailability Assessment of Ramipril Nanoemulsion Formulation. *European Journal of Pharmaceutics and*

- Biopharmaceutics*, 66; 227-242.
- Silva, H. D., Cerqueira, M. Â., & Vicente, A. A. (2011). Nanoemulsions for Food Applications: Development and Characterization. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 854–867.
- Simunkova, H., Pessenda-Garcia, P., Wosik, J., Angerer, P., Kronberger, H., & Nauer, G. E. (2009). The fundamentals of nano- and submicro-scaled ceramic particles incorporation into electrodeposited nickel layers: Zeta potential measurements. *Surface and Coatings Technology*, 203(13), 1806–1814.
- Susanto, D., Sudrajat dan R. Ruga. 2012. Studi Kandungan Bahan Aktif Tumbuhan Meranti Merah (*Shorea leprosula* Miq) Sebagai Sumber Senyawa Antibakteri. *Jurnal Mulawarman Scientifie*. 11 (2): 181-190.
- Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A. dan Cliver, D.O. (2010). Review: antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Contaminant* 21: 1199-1218.
- Wijayanti, I., Rianingsih, L., Amalia, U. (2018). Karakteristik Fisikokimia Kalsium Dari Tulang Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan Perendaman Belimbing Wuluh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2): 336-344.
- Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., & Quek, S. (2016). Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Food Control*, 59, 282–289.
- Nuraeni Anisa Dwi, Lukmayani Yani, Kodir Reza Abdul. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri *Propionibacterium acnes* Ekstrak Etanol dan Fraksi Daun Karuk (*Piper sarmentosum* Roxb. Ex. Hunter) serta Analisis KLT Bioautografi. *Jurnal Riset Farmasi*, 1(1), 9-15.