

Kajian Aktivitas Antibakteri Sediaan Nanoemulsi Minyak Atsiri Secara *In Vitro* dan Aplikasinya sebagai Pengawet Makanan Alami dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Penyebab *Foodborne Diseases*

Aini Ramdhan Yumashar, Aulia Fikri Hidayat, Sani Ega Priani

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

email: ainiumashar@gmail.com, aulia.fikri.h@unisba.ac.id, egapriani@gmail.com

ABSTRACT: The increase interest and awareness of consumers on the safety of synthetic preservatives on health, encourage the use of natural preservative in the food industry. Essential oils are known to have antibacterial activity that can fight pathogenic bacteria found in food, so they can be used as natural preservative. Nanoemulsion can be a carrier of essential oils to overcome their limitations and increase their stability and antibacterial activity. This study aims to determine the *in vitro* antibacterial activity of essential oil nanoemulsion against pathogenic bacteria and its ability to inhibit the growth of pathogenic bacteria found in food samples using the Systematic Literature Review (SLR) method, where the data used are sourced from scientific journals that published in the last 10 years. The results obtained from the literature review show that essential oil nanoemulsions are known to have more effective *in vitro* antibacterial activity and are able to inhibit the growth of bacteria found in food samples better than pure essential oils. The finger citron nanoemulsion was found to give the best results in inhibiting bacterial growth, this was evidenced by the reduction in the number of bacterial populations in tofu samples which reached more than 99.99%.

Keywords: Essential Oil, Nanoemulsion, Antibacterial, Natural Food Preservative.

ABSTRAK: Meningkatnya minat dan kesadaran konsumen akan keamanan pengawet sintesis terhadap kesehatan mendorong penggunaan pengawet alami dalam industri makanan. Minyak atsiri diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang dapat melawan bakteri patogen yang terdapat pada makanan, sehingga dapat digunakan sebagai pengawet alami. Nanoemulsi dapat menjadi pembawa minyak atsiri untuk mengatasi keterbatasannya dan meningkatkan stabilitas serta aktivitas antibakterinya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas antibakteri sediaan nanoemulsi minyak atsiri terhadap bakteri patogen secara *in vitro* dan mengetahui kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang terdapat pada sampel makanan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR), dimana data yang digunakan bersumber dari jurnal-jurnal ilmiah yang dipublikasikan dalam rentang waktu 10 tahun ke belakang. Hasil yang didapatkan dari penelusuran pustaka menunjukkan bahwa nanoemulsi minyak atsiri diketahui memiliki aktivitas antibakteri *in vitro* yang lebih efektif dan mampu menghambat pertumbuhan bakteri yang terdapat pada sampel makanan dengan lebih baik dibandingkan minyak atsiri murni. Sediaan nanoemulsi jeruk cakar harimau ditemukan memberikan hasil yang paling baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri, hal tersebut dibuktikan dari berkurangnya jumlah populasi bakteri pada sampel tahu yang mencapai lebih dari 99,99%.

Kata kunci: Minyak Atsiri, Nanoemulsi, Antibakteri, Pengawet Makanan Alami.

1 PENDAHULUAN

Foodborne diseases merupakan penyakit yang terjadi akibat konsumsi makanan yang terkontaminasi mikroorganisme patogen (Bajpai et al., 2013). Salah satu cara efektif untuk mengurangi risiko terjadinya *foodborne diseases* adalah dengan menambahkan pengawet sintesis ke

dalam makanan, selain dapat menghindari pertumbuhan mikroorganisme juga dapat membuat makanan bertahan dalam jangka waktu yang cukup lama. Namun kesadaran konsumen akan resiko penggunaan pengawet sintetis terhadap kesehatan menjadi salah satu masalah besar yang dialami oleh industri makanan (Hassoun & Coban, 2017). Saat ini minat para konsumen dan produsen dalam

hal penerapan bahan alam sebagai pengawet alami yang dapat digunakan untuk menggantikan pengawet sintetis pada produk makanan sudah mulai meningkat (Moghimi et al., 2016). Sehingga masalah tersebut menarik perhatian dan minat para peneliti untuk melakukan suatu penelitian mengenai penggunaan bahan alam sebagai pengawet alami pada produk makanan, yaitu dengan memanfaatkan kandungan minyak atsiri pada tanaman yang memiliki aktivitas antibakteri.

Minyak atsiri atau dikenal juga sebagai “*essential oil*” merupakan komponen aromatik yang dihasilkan oleh metabolit sekunder tumbuhan (Diao et al., 2013). Minyak atsiri diketahui bersifat tidak beracun dan memiliki aktivitas antibakteri yang dapat melawan bakteri patogen yang terdapat pada makanan, sehingga minyak atsiri memiliki peluang besar untuk digunakan pada produksi pengawet makanan alami. Namun penggunaan minyak atsiri secara langsung pada makanan memiliki sejumlah keterbatasan, yaitu tidak stabil secara kimiawi, mudah menguap, memiliki bau dan rasa yang kuat, serta kelarutannya dalam air yang rendah (Ghosh et al., 2014). Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya untuk meningkatkan stabilitas dan memastikan efektivitasnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan enkapsulasi terhadap minyak atsiri menggunakan metode nanoemulsi.

Nanoemulsi merupakan sediaan emulsi dengan ukuran partikel berkisar antara 10-200 nm (Prakash et al., 2018). Enkapsulasi minyak atsiri ke dalam sistem nanoemulsi dilakukan sebagai cara untuk meningkatkan kualitas dan keamanannya. Nanoemulsi diketahui dapat melindungi minyak atsiri dari proses degradasi dan penguapan, serta dapat memastikan stabilitasnya dan meningkatkan kelarutannya dalam air. Karena ukuran partikel nanoemulsi yang sangat kecil, nanoemulsi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas dan bioaktivitas dari minyak atsiri, dalam hal ini adalah aktivitas antibakterinya (Blanco-Padilla et al., 2014; Rai et al., 2017; Zhang et al., 2017). Nanoemulsi cenderung memiliki stabilitas fisik jangka panjang yang lebih baik daripada emulsi konvensional, dan ukuran partikelnya yang kecil memberikan tampilan yang transparan, sehingga membuatnya cocok digunakan pada produk makanan dan minuman (Lu et al., 2017; Moghimi et al., 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan dari

penelitian ini adalah:

- Menentukan hasil pengujian aktivitas antibakteri sediaan nanoemulsi minyak atsiri terhadap bakteri patogen secara *in vitro*.
- Mengetahui kemampuan sediaan nanoemulsi minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang terdapat pada sampel makanan.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR), dimana data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari jurnal-jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan serta diterbitkan oleh penerbit ternama yang telah diakui dalam rentang waktu 10 tahun ke belakang (2011-2021). Kata kunci yang digunakan adalah *nanoemulsion*, *essential oil*, dan *antibacterial*. Pemilihan artikel dilakukan dengan memperhatikan kriteria inklusi dan eksklusi, sehingga diperoleh sampel penelitian berjumlah 14 jurnal artikel.

3 HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Aktivitas Antibakteri Nanoemulsi Minyak Atsiri Secara *In Vitro*

Hasil aktivitas antibakteri nanoemulsi minyak atsiri akan sangat bergantung pada kandungan senyawa kimia yang terdapat pada tanaman, strain bakteri yang diuji, serta formulasi dan ukuran partikel nanoemulsi.

Tabel 1. Data hasil pengujian antibakteri secara *in vitro*

Tanaman	Bakteri	Aktivitas Antibakteri (mg/mL)				Referensi
		Minyak Atsiri		Nanoemulsi		
		KHM	KBM	KHM	KBM	
Thyme (<i>Thymus daenensis</i>)	<i>Escherichia coli</i>	4	4	0.4	0.4	Moghimi et al., 2016
Thyme (<i>Thymus capitatus</i>)	<i>Bacillus subtilis</i>	1.5	> 3	0.094	0.188	Benjemaa et al., 2018
	<i>Escherichia coli</i>	3	> 3	0.094	0.375	
Sage (<i>Salvia officinalis</i>)	<i>Escherichia coli</i>	8	8	2	2	Moghimi et al., 2016
	<i>Shigella dysentery</i>	8	8	4	4	
	<i>Salmonella typhimurium</i>	32	32	8	8	
<i>Cymbopogon citratus</i> (serai)	<i>Salmonella enterica</i>	2	2	1	2	Prakash et al., 2019

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh hasil bahwa nanoemulsi minyak atsiri memiliki aktivitas antibakteri lebih besar dibandingkan minyak atsiri murni. Hal tersebut dibuktikan dari nilai KHM dan KBM nanoemulsi yang lebih rendah dibandingkan minyak atsiri. Sehingga mengubah minyak atsiri ke

dalam bentuk nanoemulsi dapat meningkatkan aktivitas antibakterinya. Hal tersebut dapat disebabkan karena nanoemulsi memiliki partikel minyak yang berukuran kecil, sehingga memberikan keuntungan akses minyak atsiri yang lebih mudah menuju sel bakteri dan mudah berinteraksi dengan membran sel. Selain itu, nanoemulsi dapat bertindak sebagai pembawa minyak atsiri untuk mengatasi keterbatasan sifatnya yang hidrofobik, sehingga kelarutannya menjadi lebih baik.

Tabel 2. Data hasil pengujian antibakteri secara *in vitro*

Tanaman	Bakteri	Aktivitas Antibakteri (mg/mL)		Referensi
		Minyak Atsiri	Nanoemulsi	
KHM				
Basil (<i>Ocimum basilicum</i>)	<i>Escherichia coli</i>	35.7	3.85	da Silva Gündel et al., 2018
	<i>Proteus mirabilis</i>	17	3.85	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	8.09	1.83	
<i>Citrus medica L. var. sarcodactylis</i> (jeruk cakar harimau)	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.12 (40.8%)	0.12 (80.4%)	Lou et al., 2017
		0.48 (67.2%)	0.48 (100%)	
<i>Cinnamomum verum</i> (kayu manis)	<i>Escherichia coli</i>			Chuesiang et al., 2021
	<i>Salmonella typhimurium</i>	0.488	1.429	
	<i>Staphylococcus aureus</i>			
<i>Backhousia citriodora</i> (lemon myrtle)	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.56	0.62	Nirmal et al., 2018
	<i>Listeria monocytogenes</i>	1.56	0.31	
	<i>Escherichia coli</i>	6.25	2.5	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	

Pada Tabel 2 hasil yang diperoleh sama dengan Tabel 1, bahwa nanoemulsi minyak atsiri memiliki aktivitas antibakteri lebih besar dibandingkan minyak atsiri murni. Namun pada tabel ini hanya ditentukan pengujian aktivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri saja, sehingga hanya diperoleh nilai KHM. Pada penggunaannya secara langsung sebagai pengawet makanan, nilai KBM tidak begitu diperlukan karena konsentrasi minyak atsiri yang digunakan dibatasi hingga 3 mg/mL, dikarenakan konsentrasi yang tinggi dianggap tidak cocok untuk digunakan pada produk makanan. Penggunaan pengawet yang ditambahkan umumnya sangat kecil agar tidak mengganggu kesehatan konsumen (Benjemaa et al., 2018).

Tabel 3. Data hasil pengujian antibakteri secara *in vitro*

Tanaman	Ukuran Partikel (nm)	Bakteri	Aktivitas Antibakteri (mg/mL)				Referensi
			Minyak Atsiri		Nanoemulsi		
			KHM	KBM	KHM	KBM	
Sage (<i>Salvia officinalis</i>)	204.4	<i>Staphylococcus aureus</i>	> 25	> 25	> 25	> 25	Yuzgan, 2020
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	6.25	> 25	> 25	> 25	
		<i>Salmonella paratyphi</i>	6.25	6.25	6.25	> 25	
		<i>Enterococcus faecalis</i>	12.50	> 25	> 25	> 25	
Basil (<i>Ocimum basilicum</i>)	58.02	<i>Enterococcus faecalis</i>	15	-	20	-	Sundararajan et al., 2018
		<i>Staphylococcus aureus</i>	5	-	10	-	
		<i>Salmonella paratyphi</i>	15	-	10	-	
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	15	-	15	-	

Sedangkan pada Tabel 3, hasil yang diperoleh berlawanan dengan hasil pada tabel sebelumnya. Pada tabel ini didapatkan hasil bahwa minyak atsiri murni menunjukkan aktivitas antibakteri lebih besar dibandingkan nanoemulsi minyak atsiri. Hal tersebut mungkin dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perbedaan kandungan senyawa kimia yang terdapat pada minyak atsiri dan sediaan, strain bakteri yang diuji, serta formulasi dan ukuran partikel emulsi. Jika ukuran partikel nanoemulsi yang dihasilkan cukup besar (>200 nm), kemungkinan dapat membatasi aktivitas antibakterinya untuk melintasi membran luar sel bakteri (Donsi & Ferrari, 2016).

Tabel 4. Data hasil pengujian antibakteri secara *in vitro*

Tanaman	Bakteri	Aktivitas Antibakteri (mg/mL)				Referensi
		Minyak Atsiri		Nanoemulsi		
		KHM	KBM	KHM	KBM	
Thyme (<i>Thymus capitatus</i>)	<i>Bacillus subtilis</i>	1.5	> 3	0.094	0.188	Benjemaa et al., 2018
	<i>Escherichia coli</i>	3	> 3	0.094	0.375	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	-	-	0.625	0.625	
Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)	<i>Salmonella typhimurium</i>	-	-	0.625	0.625	Bhargava et al., 2015
	<i>Escherichia coli</i>	-	-	0.625	1.25	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	0.56	0.90	
Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)	<i>Escherichia coli</i>	-	-	0.60	3.32	Moraes-Lovison et al., 2017
	<i>Escherichia coli</i>	35.7	-	3.85	-	
	<i>Proteus mirabilis</i>	17	-	3.85	-	
Basil (<i>Ocimum basilicum</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i>	8.09	-	1.83	-	da Silva Gündel et al., 2018
	<i>Escherichia coli</i>	0.63	1.25	0.63	1.25	
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.63	1.25	0.63	1.25	
Jeruk Cakar Harimau (<i>Citrus medica L. var. sarcodactylis</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.63	0.61	0.31	1.25	Li et al., 2018
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.56	-	0.62	-	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	1.56	-	0.31	-	
Lemon Myrtle (<i>Backhousia citriodora</i>)	<i>Escherichia coli</i>	6.25	-	2.5	-	Nirmal et al., 2018
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	

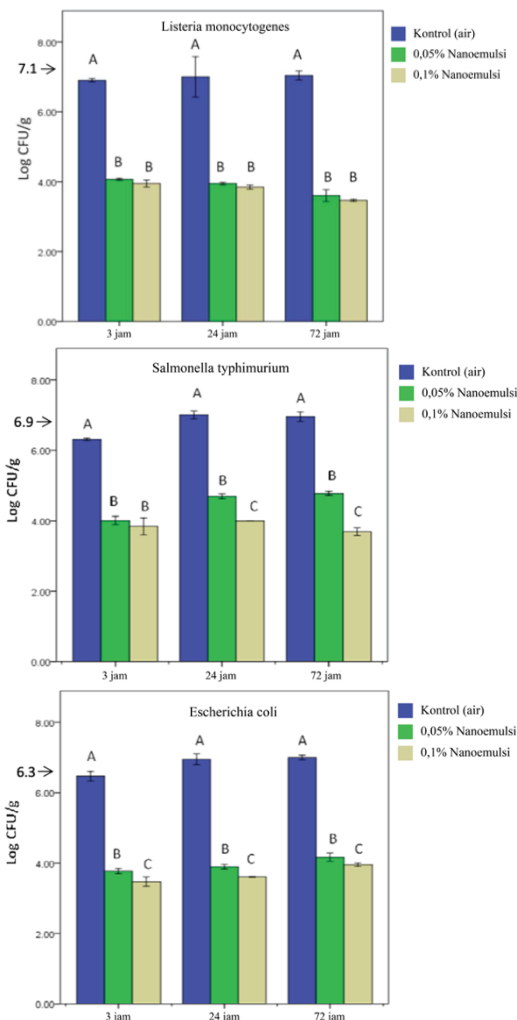
Pada Tabel 4, diperoleh hasil bahwa bakteri Gram-positif lebih sensitif terhadap nanoemulsi maupun minyak atsiri, dibuktikan dari konsentrasi yang dibutuhkannya lebih rendah dibandingkan bakteri Gram-negatif. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan struktur dinding sel antara kedua jenis bakteri. Dinding sel bakteri Gram-negatif ditemukan lebih kompleks dibandingkan bakteri Gram-positif. Bakteri Gram-negatif memiliki komponen membran luar yang kaya akan

lipopolisakarida hidrofilik yang dapat menghalangi penetrasi senyawa hidrofobik masuk dengan mudah ke dalam membran sel target (Shakeri et al., 2014). Sehingga bakteri Gram-negatif diketahui lebih kuat dan membutuhkan konsentrasi yang lebih banyak dibandingkan bakteri Gram-positif.

Aktivitas Antibakteri Nanoemulsi Minyak Atsiri Pada Sampel Makanan

Nanoemulsi minyak atsiri diketahui memiliki potensi yang besar sebagai pengawet makanan alami, sehingga perlu diketahui efektivitasnya dengan melakukan pengujian aktivitas antibakteri nanoemulsi minyak atsiri secara langsung pada sampel makanan di kondisi pengujian tertentu.

a. Daun Selada (Oregano)



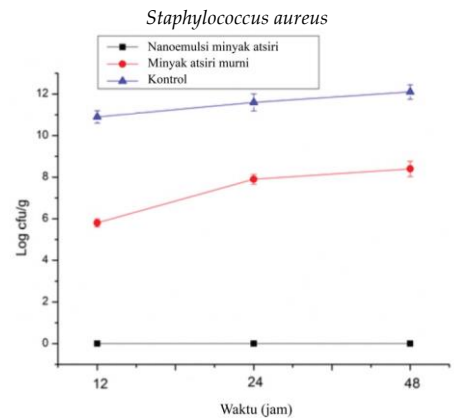
Gambar 1. Grafik pengaruh nanoemulsi oregano terhadap jumlah bakteri

Berdasarkan data pada ketiga grafik diatas, diperoleh hasil bahwa kedua konsentrasi nanoemulsi oregano mampu menghambat pertumbuhan ketiga bakteri pada sampel daun

selada secara signifikan dibandingkan dengan kontrol. Meningkatnya konsentrasi nanoemulsi oregano dari 0,05% menjadi 0,1% menyebabkan meningkatnya aktivitas antibakteri.

Peningkatan pertumbuhan bakteri tertinggi terjadi pada *S. typhimurium* dan pengurangan jumlah bakteri tertinggi terjadi pada *L. monocytogenes*. Sehingga terjadi pengurangan jumlah ketiga bakteri sebanyak 2,18-3,57 log CFU/g oleh kedua konsentrasi nanoemulsi oregano selama 72 jam.

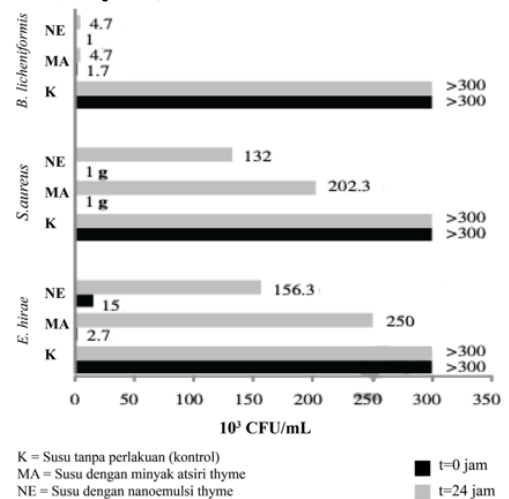
b. Tahu (Jeruk Cakar Harimau)



Gambar 2. Grafik pengaruh jeruk cakar harimau terhadap jumlah bakteri *S. aureus*

Berdasarkan data pada grafik diatas, diperoleh hasil bahwa terdapat lebih dari 99,99% pengurangan populasi *S. aureus* pada sampel tahu dengan perlakuan nanoemulsi jeruk cakar harimau (JCH) dalam waktu 48 jam. Sedangkan pada sampel tahu yang diberi perlakuan minyak atsiri JCH, aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* jauh lebih rendah, karena setelah 48 jam terdapat 8,4 Log CFU/g bakteri dalam sampel.

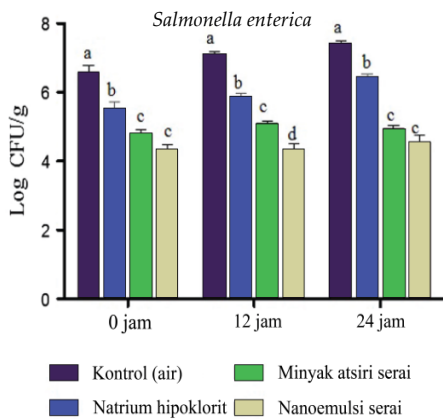
c. Susu (Thyme)



Gambar 3. Grafik pengaruh thyme terhadap jumlah bakteri

Berdasarkan data pada grafik diatas, diperoleh hasil bahwa minyak atsiri dan nanoemulsi thyme mampu mengurangi jumlah ketiga bakteri hingga sekitar 95% dari jumlah total bakteri pada t=0 jam dibandingkan dengan kontrol. Dan pada t=24 jam, jumlah ketiga bakteri total pada sampel minyak atsiri thyme mencapai 250×10^3 CFU/mL, sedangkan pada nanoemulsi thyme hanya mencapai $<160 \times 10^3$ CFU/mL.

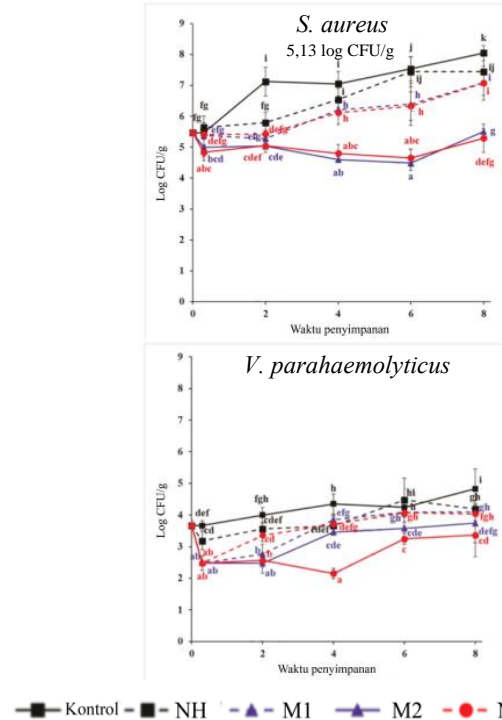
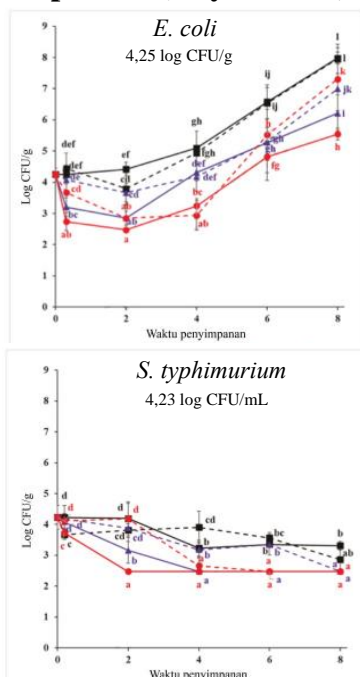
d. Buah Nanas (Serai)



Gambar 4. Grafik pengaruh serai terhadap jumlah bakteri *S. enterica*

Berdasarkan data pada grafik diatas, didapatkan hasil bahwa minyak atsiri serai dapat mengurangi bakteri *S. enterica* yang terdapat pada sampel buah nanas sebesar 2,11 log CFU/g, sedangkan nanoemulsi serai sebesar 2,57 log CFU/g.

e. Ikan Kakap Putih (Kayu Manis)



Gambar 5. Grafik pengaruh kayu manis terhadap jumlah bakteri

Berdasarkan data pada grafik diatas, diperoleh hasil bahwa bakteri *E. coli* pertumbuhannya menjadi lebih lambat ketika diberi perlakuan N1 (1,429 mg/mL) dan N2 (11,429 mg/mL) dibandingkan ketika diberi perlakuan larutan natrium hipoklorit, M1 (0,488 mg/mL), M2 (11,429 mg/mL), dan tanpa perlakuan (kontrol).

Pada bakteri *S. typhimurium*, pertumbuhan bakteri sudah mulai menurun pada fase awal periode penyimpanan, yaitu sekitar 30 menit setelah diberi perlakuan N2. Sedangkan ketika diberi perlakuan M2 dan N1, pertumbuhan bakteri masing-masing menurun setelah 2 hari dan 4 hari penyimpanan. Sampel yang diberi perlakuan M1 dan larutan natrium hipoklorit tidak menunjukkan efektifitas yang signifikan jika dibandingkan dengan sampel kontrol.

Pada bakteri *S. aureus*, pertumbuhan bakteri juga sudah mulai menurun pada fase awal periode penyimpanan setelah diberi perlakuan N2 dan M2. Sedangkan pada sampel yang diberi perlakuan N1, M1, dan larutan natrium hipoklorit tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada penurunan jumlah bakteri jika dibandingkan dengan sampel kontrol, yang pertumbuhan bakterinya meningkat.

Sedangkan pada bakteri *V. parahaemolyticus*, sampel yang diberi perlakuan kedua konsentrasi nanoemulsi dan minyak atsiri kayu manis mengalami penurunan jumlah awal bakteri yang

signifikan jika dibandingkan dengan larutan NH dan sampel kontrol.

Sehingga berdasarkan penelitian aktivitas antibakteri terhadap kelima sampel makanan diatas, diperoleh hasil bahwa penggunaan nanoemulsi minyak atsiri sebagai pengawet alami memberikan hasil yang lebih efektif dibandingkan minyak atsiri murni. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel nanoemulsi yang sangat kecil (minyak atsiri murni memiliki ukuran partikel dalam kisaran mikro), sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan luas permukaan dan memungkinkan terjadinya permeasi zat aktif yang lebih besar untuk melewati membran bakteri (Soliman, 2017).

Sampel tahu yang diberi perlakuan nanoemulsi jeruk cakar harimau ditemukan memberikan hasil yang paling baik diantara tanaman lain dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hal tersebut dibuktikan dari berkurangnya jumlah populasi bakteri *S. aureus* yang mencapai lebih dari 99,99%. Namun hal tersebut belum dapat dipastikan karena tidak diketahui secara pasti faktor apakah yang menyebabkan aktivitas antibakterinya paling baik, apakah karena formulasi, ukuran partikel, atau kandungan senyawa antibakteri yang terdapat pada tanaman jeruk cakar harimau yang membuat aktivitas antibakteri lebih unggul dibandingkan tanaman lain.

4 KESIMPULAN

- a. Nanoemulsi minyak atsiri diketahui memiliki aktivitas antibakteri *in vitro* yang lebih efektif dibandingkan minyak atsiri murni, walaupun pada beberapa literatur nanoemulsi menunjukkan hasil yang kurang efektif. Hal tersebut dapat disebabkan karena berbagai faktor, seperti perbedaan kandungan senyawa kimia yang terdapat pada minyak atsiri dan sediaan, strain bakteri yang diuji, formulasi nanoemulsi, dan ukuran partikel sediaan.
- b. Nanoemulsi minyak atsiri mampu menghambat pertumbuhan bakteri yang terdapat pada sampel makanan dengan baik dan lebih efektif dibandingkan minyak atsiri murni, dengan nanoemulsi jeruk cakar harimau sebagai sediaan yang paling baik karena dapat mengurangi jumlah bakteri hingga 99,99% dari jumlah total. Hal tersebut dibuktikan dari nilai

CFU (*colony forming units*) nanoemulsi yang lebih rendah dibandingkan minyak atsiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Bajpai, V. K., Sharma, A., and Baek, K. H. (2013). Antibacterial Mode of Action of *Cudrania tricuspidata* Fruit Essential Oil, Affecting Membrane Permeability and Surface Characteristics of Food-Borne Pathogens. *Food Control*, 32(2): 582-590.
- Benjemaa, M., Neves, M. A., Falleh, H., Isoda, H., Ksouri, R., and Nakajima, M. (2018). Nanoencapsulation of *Thymus capitatus* Essential Oil: Formulation Process, Physical Stability Characterization and Antibacterial Efficiency Monitoring. *Industrial Crops and Products*, 113: 414-421.
- Blanco-Padilla, A., Soto, K. M., Hernández Iturriaga, M., and Mendoza, S. (2014). Food Antimicrobials Nanocarriers. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Diao, W. R., Hu, Q. P., Feng, S. S., Li, W. Q., and Xu, J. G. (2013). Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil from Green Huajiao (*Zanthoxylum schinifolium*) Against Selected Foodborne Pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(25): 6044-6049.
- Donsì, F., and Ferrari, G. (2016). Essential Oil Nanoemulsions as Antimicrobial Agents in Food. *Journal of Biotechnology*, 233: 106-120.
- Ghosh, V., Mukherjee, A., and Chandrasekaran, N. (2014). Eugenol-Loaded Antimicrobial Nanoemulsion Preserves Fruit Juice Against Microbial Spoilage. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 114: 392-397.
- Hassoun, A., and Coban, Ö. E. (2017). Essential Oils for Antimicrobial and Antioxidant Applications in Fish and Other Seafood Products. *Trends in Food Science & Technology*, 68: 26-36.
- Lu, W. C., Huang, D. W., Wang, C. C., ... and Li, P. H. (2018). Preparation, Characterization, and Antimicrobial Activity of Nanoemulsions Incorporating Citral Essential Oil. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1): 82-89.

- Moghim, R., Ghaderi, L., Rafati, H., Aliahmadi, A., and McClements, D. J. (2016). Superior Antibacterial Activity of Nanoemulsion of *Thymus daenensis* Essential Oil Against *E. coli*. *Food chemistry*, 194: 410-415.
- Prakash, A., Baskaran, R., Paramasivam, N., and Vadivel, V. (2018). Essential Oil Based Nanoemulsions to Improve the Microbial Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables: a Review. *Food Research International*, 111: 509-523.
- Puglia, C., Rizza, L., Drechsler, M., and Bonina, F. (2010). Nanoemulsions As Vehicles For Topical Administration Of Glycyrrhetic Acid: Characterization And In Vitro And In Vivo Evaluation. *Drug Delivery*, 17(3): 123-129.
- Rai, M., Paralikar, P., Jogee, P., Agarkar, G., Ingle, A. P., Derita, M., and Zacchino, S. (2017). Synergistic Antimicrobial Potential of Essential Oils in Combination with Nanoparticles: Emerging Trends and Future Perspectives. *International Journal of Pharmaceutics*, 519(1-2): 67-78.
- Shakeri, A., Khakdan, F., Soheili, V., Sahebkar, A., Rassam, G., and Asili, J. (2014). Chemical Composition, Antibacterial Activity, and Cytotoxicity of Essential Oil from *Nepeta ucrainica* L. spp. *kopetdaghensis*. *Industrial Crops and Products*, 58, 315-321.
- Soliman, G. M. (2017). Nanoparticles as Safe and Effective Delivery Systems of Antifungal Agents: Achievements and Challenges. *International Journal of Pharmaceutics*, 523(1): 15-32.
- Zhang, S., Zhang, M., Fang, Z., and Liu, Y. (2017). Preparation and Characterization of Blended Cloves/ Cinnamon Essential Oil Nanoemulsions. *LWT*, 75: 316-322.
- 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.