

Inhibitory Effect of Encapsulated Lemongrass Leaf Extract with Chitosan and Tripolyphosphate against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*

Daya Hambat Ekstrak Daun Serai Dapur yang Terenkapsulasi dengan Kitosan terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes*

Komariah Komariah¹, Rezky Anggraeni¹*, Fauziah Rahma Annisa², Febry Febry²

¹Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Jakarta Barat, Indonesia

²Study Program of Dentistry, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Jakarta Barat, Indonesia

*Corresponding author

E-mail: rezkyanggraeni@trisakti.ac.id

Article History:

Received: November 7, 2024; Revised: June 7, 2025; Accepted: June 30, 2025; Online: June 30, 2025

ABSTRACT

The lemongrass plant (*Cymbopogon citratus*) was a potential medicinal plant due to the presence of secondary metabolites such as neral, citral, geranial acetate, flavonoids, and tannins, which possess pharmacological activities including antibacterial, antifungal, and antiinflammatory. However, the antibacterial secondary metabolites contained in lemongrass leaves were unstable, hence required a substance capable of encapsulating or entrapping them using other natural compounds such as chitosan and tripolyphosphate (TPP). The chitosan and TPP ratio significantly affects crosslinking during the encapsulation process. *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes* are among the bacteria potentially causing infections in the oral cavity. The aim of this research was to determine the inhibitory effect of encapsulated lemongrass leaf extract with chitosan and TPP ratios of 1:1, 1:0.9, 1:0.8, and 1:0.7 against *S.aureus* and *S.pyogenes*. The research results showed inhibition zones formed on *S. aureus* and *S. pyogenes* for each encapsulation ratio of 1:1, 1:0.9, 1:0.8, 1:0.7, were 25.09±0.62 mm, 21.01±0.13 mm, 22.78±0.39 mm, 23.96±0.14 mm, and 24.38±0.45 mm, 21.99±0.34 mm, 22.44±0.48 mm, and 20.49±0.24 mm, respectively. Encapsulation of lemongrass leaf extract using chitosan and TPP ratios was effective in inhibiting the growth of *S. aureus* and *S. pyogenes*, with the best ratio at 1:1.

Keywords: Lemongrass leaves, encapsulation, chitosan, antibacterial, *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*

ABSTRAK

Tanaman serai dapur (*Cymbopogon citratus*) berpotensi sebagai tanaman obat, karena kandungan metabolit sekunder seperti neral, citral, geranial acetate, flavonoid, dan tannin, yang memiliki aktivitas farmakologis seperti antibakteri, antijamur, dan antiinflamasi. Sebagai antibakteri metabolit sekunder yang terkandung dalam daun serai bersifat tidak stabil, sehingga diperlukan suatu bahan yang mampu menjebak atau mengenkapsulasi dengan menggunakan senyawa alam lain seperti kitosan dan tripolifosfat (TPP). Perbandingan kitosan TPP sangat berpengaruh terhadap ikatan silang dalam proses enkapsulasi. *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes* termasuk dalam bakteri yang berpotensi menyebabkan infeksi pada rongga mulut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya hambat ekstrak daun serai dapur yang terenkapsulasi kitosan dan TPP pada perbandingan 1:1 ; 1:0,9 ; 1:0,8 dan 1:0,7 terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes*. Zona hambat yang terbentuk pada *S.aureus* dan *S.pyogenes* untuk tiap perbandingan enkapsulasi 1:1 ; 1:0,9 ; 1:0,8 ; 1:0,7, masing-masing 25,09±0,62 mm, 21,01±0,13 mm, 22,78±0,39 mm, 23,96±0,14 mm, serta 24,38±0,45 mm, 21,99±0,34 mm, 22,44±0,48 mm, dan 20,49±0,24. Enkapsulasi ekstrak daun serai dapur menggunakan perbandingan kitosan dan TPP efektif dalam menghambat pertumbuhan *S.aures* dan *S.pyogenes*, dengan perbandingan terbaik pada 1: 1.

Kata kunci: Ekstrak serai dapur, enkapsulasi, kitosan, daya hambat, *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara tropis memiliki keanekaragaman sumber daya alam hayati.

Keanekaragaman ini sangat bermanfaat, terutama dengan banyaknya spesies tanaman yang dapat digunakan sebagai obat. Salah satu tanaman yang dipercaya dapat dijadikan obat yaitu serai (Kawengian *et al.*, 2017). Di Indonesia

Cite this Komariah, K., Anggraeni, R., Annisa, F. R. and Febry, F. (2025) 'The Inhibitory Effect of Encapsulated Lemongrass Leaf Extract with Chitosan against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*', *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, 12(1), pp. 8 – 13. doi: 10.20473/bikfar.v12i1.65116.



Copyright: ©2025 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA) license

terdapat dua macam serai yaitu serai dapur (*Cymbopogon citratus*) dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*). Daun serai wangi telah banyak dimanfaatkan secara maksimal sebagai pupuk dan makanan ternak, sehingga serai wangi tidak memiliki limbah. Sedangkan, daun serai dapur masih belum banyak dimanfaatkan sehingga masih menjadi limbah (Murdiah *et al.*, 2022). Berdasarkan kajian ilmiah, bagian daun serai dapur memiliki metabolit sekunder yang lebih baik dibandingkan dengan bagian batang yang selama ini digunakan sebagai bumbu dapur (Nuryadin *et al.*, 2018).

C. citratus dikenal dengan nama *Lemongrass*, dengan nama daerah serai yang merupakan tanaman herbal dan paling banyak digunakan di negara-negara tropis khususnya Asia Tenggara. Serai dapur umumnya dikonsumsi dalam berbagai bentuk seperti kari, sup, dan teh di seluruh dunia seperti Vietnam, Thailand, dan Asia Tenggara (Yan *et al.*, 2021). Daun serai dapur diketahui memiliki kandungan metabolit sekunder yaitu alkaloid, saponin, tanin, polifenol, flavonoid, dan minyak atsiri yang memiliki aktivitas antibakteri (Kawengian *et al.*, 2017). Kandungan metabolit sekunder minyak atsiri dari serai dapur terbukti secara efektif menghambat pertumbuhan bakteri dalam rongga mulut, seperti *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans* dan bakteri Gram negatif (Gao *et al.*, 2020).

Metabolit sekunder dari suatu bahan alam bersifat tidak stabil dalam mencapai target, sehingga diperlukan suatu polimer yang mampu meningkatkan stabilitas metabolit sekunder yang berasal dari bahan alam seperti kitosan. Kitosan dapat berperan sebagai bahan untuk mengenkapsulasi atau penjebak suatu metabolit sekunder, yang dapat membantu menstabilkan dan melepaskannya pada daerah target (Schwab, 2011).

Kitosan merupakan polisakarida yang berasal dari deasetilasi kitin. Kitin merupakan polimer alam yang terkandung dalam beberapa makhluk hidup seperti udang, kepiting, kerang, serangga, dan yeast (Agustina, 2015). Kitosan dengan struktur $[\beta\text{-(1-4)-2-amina -2-deoksi-D-glukosa}]$ memiliki sifat menguntungkan antara lain anti mikroba, *wound healing* (penyembuhan luka), tidak beracun, biokompatibel, biodegradabel, dan larut dalam air. Kitosan dikenal secara luas karena adanya aktivitas antimikroba yang kuat dengan spektrum luas (Kaya, 2015).

S. aureus dan *S. pyogenes* merupakan mikroorganisme yang dapat ditemukan di dalam rongga mulut sebagai flora normal (Astriyani, 2017). Namun, pada rongga mulut yang memiliki *oral hygiene* yang rendah *S. aureus* dan *S. pyogenes* yang awalnya bersifat saprofit akan berubah menjadi patogen dan menyebabkan infeksi. *S. aureus* merupakan salah satu bakteri pembentuk plak, yang dominan dalam rongga mulut (Jamal, 2015). Bakteri ini juga dapat menimbulkan suatu infeksi, yang ditandai dengan adanya inflamasi, kematian jaringan, dan abses (Ali, 2021). *S. pyogenes* adalah bakteri patogen utama yang spesifik pada manusia dan menyebabkan beragam manifestasi mulai dari infeksi lokal ringan hingga infeksi invasif yang mengancam jiwa. Bakteri ini merupakan kelompok bakteri patogen yang memiliki kemampuan untuk menyebabkan infeksi kulit maupun tenggorokan (Mace, 2015).

Pada penelitian lain ekstrak daun serai dapur telah teruji memiliki aktivitas antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan *S. mutans* dengan konsentrasi

30% memiliki rata-rata diameter hambatan sebesar 5,64 mm. Selain itu, Kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam daun serai dapur seperti alkaloid, flavonoid, dan minyak atsiri (Susanto, 2018).

Penelitian kitosan dengan konsentrasi 0,8% mampu memiliki aktivitas antibakteri yang telah teruji terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *S. aureus*, semakin tinggi konsentrasi kitosan, semakin tinggi aktivitas antibakteri. Kitosan 0,8% mampu membentuk zona hambatan sebesar 12,5 mm dan 16,5 mm masing-masing pada *S. aureus* dan *E. coli* (Wulandari *et al.*, 2021).

Bahan alam ekstrak daun serai dapur dengan metabolit sekunder memiliki kemampuan sebagai antibakteri dan kitosan juga berfungsi sebagai penjebak dan memiliki aktivitas antibakteri. Untuk stabilitas metabolit sekunder daun serai dapur dilakukan penjebakan dengan kitosan yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan antibakteri terhadap *S. aureus* dan *S. pyogenes* (Fitriyah *et al.*, 2023).

Penelitian enkapsulasi metabolit sekunder bahan alam menggunakan kitosan, yang telah dilakukan sebelumnya, seperti enkapsulasi minyak atsiri jahe emprit (*Zingiber officinale Roscoe*) dan enkapsulasi minyak atsiri bunga cekeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai antibakteri terhadap *Klebsiella pneumoniae* dan *Micrococcus luteus*. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan enkapsulasi kitosan dalam menjebak minyak atsiri dan mampu meningkatkan aktivitas antibakteri (Umayah, 2022).

Enkapsulasi ekstrak daun serai dapur dengan kitosan telah teruji memiliki aktivitas sebagai antioksidan dan juga antikanker, namun aktivitas sebagai antibakteri belum dilakukan. Selain itu perbandingan kitosan dan sodium tripolifosfat (STTP) memiliki pengaruh dalam proses enkapsulasi dan ukuran partikel. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini untuk menguji daya hambatan pada berbagai perbandingan kitosan dan STTP dalam proses enkapsulasi ekstrak daun serai dapur terhadap *S. aureus* dan *S. pyogenes*.

METODOLOGI PENELITIAN

Ekstrak Daun Serai Dapur

Simplisia daun serai dapur berusia 8 bulan diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan cara merendam sampel daun serai dapur menggunakan etanol 70% dengan perbandingan 1: 10 selama 3x24 jam pada suhu 27°C. Setelah itu, diaduk secara manual selama tiga hari setiap hari 15 menit sekali diulang pengadukannya selama 8 jam. Setelah tiga hari, dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring whatman dan diputar menggunakan mesin evaporator dengan suhu 50-60°C.

Enkapsulasi ekstrak daun serai dapur dengan kitosan

Enkapsulasi nano kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan dalam asam asetat 1% sebanyak 40 mL 100 mL air suling. Ekstrak daun serai dapur dilarutkan menggunakan air suling, lalu dimasukkan ke dalam larutan kitosan. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 2500 rpm selama 2 jam. Setelah itu, TPP akan ditetaskan tetes demi tetes, sembari diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan yang sama selama 1 jam. Terakhir, sebanyak 0,1 mL tween 80 ditambahkan ke dalam larutan. Pada proses

Tabel 1. Perbandingan Kitosan dan TPP pada Proses Enkapsulasi

Kelompok	CS:TPP Ratio	Chitosan (mg/mL)	TPP (mg/mL)	Serai (mg/mL)	Tween 80 (mg/mL)
1	1 : 1	0,57	0,570	2	0,1
2	1 : 0,9	0,57	0,514	2	0,1
3	1 : 0,8	0,57	0,468	2	0,1
4	1 : 0,7	0,57	0,429	2	0,1

enkapsulasi, variasi perbandingan ekstrak dan kitosan serta TPP disajikan pada [Tabel 1](#).

Uji Aktivitas Antibakteri Metode Difusi Cakram

Dalam penelitian ini, digunakan standar McFarland 0,5 yang setara dengan perkiraan jumlah bakteri dalam suspensi sebanyak $1,5 \times 10^8$ CFU/ml. Suspensi bakteri diinokulasikan ke dalam media NA padat dan media agar darah menggunakan metode *spread plate*. Sejumlah 0,1 ml suspensi bakteri uji ditempatkan pada cawan petri yang berisi media NA dan kemudian diratakan menggunakan spatel.

Uji aktivitas daya hambat pertumbuhan bakteri uji dilakukan dengan metode difusi kertas cakram. Kertas cakram diambil secara aseptis dengan pinset steril, kemudian dicelupkan dalam setiap konsentrasi daun serai dapur, kemudian diletakkan pada media yang berisi bakteri uji. Kemudian diinkubasi dengan suhu 37°C selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Zona hambat akan terlihat dengan adanya daerah yang lebih bening dibandingkan daerah sekitar yang tidak ada pertumbuhan bakterinya. Zona hambat akan diukur menggunakan jangka sorong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Aktivitas Antibakteri Metode Difusi Cakram

Daun serai dapur mengandung metabolit sekunder yang berperan sebagai antibakteri yaitu alkaloid, flavonoid, fenol, saponin, dan minyak atsiri. Ekstrak daun serai dapur telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri dengan kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid yang memiliki aktivitas mengubah permeabilitas dan menghambat fungsi membran sitoplasma, serta menghambat perlekatan dalam pembentukan biofilm. Senyawa saponin bekerja dengan mengikat sterol dalam membran sel bakteri, mengakibatkan pecahnya membran sel, serta senyawa polifenol dan fenolik dapat menyebabkan denaturasi protein bakteri.

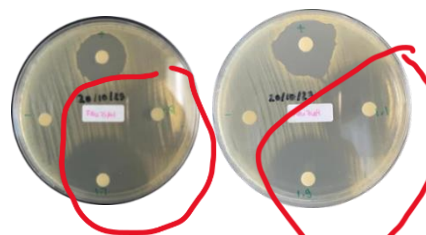
Uji daya hambat terhadap *S.aureus*

Uji daya hambat pada perbandingan kitosan dan TPP dalam menjebak ekstrak daun serai dapur dengan perbandingan 1:1, 1: 0,9, 1: 0,8, 1: 0,7 terhadap *S. aureus*

dilakukan sebanyak tiga kali ulangan dengan kontrol positif chlorhexidine dan kontrol negatif yaitu asam asetat. Hasil pengukuran daya hambat diperlihatkan pada [Tabel 2](#).

Hasil uji lanjut dari pembentukan daya hambat enkapsulasi ekstrak daun serai dapur menggunakan perbandingan kitosan dan TPP yang berbeda terhadap *S.aureus* memperlihatkan kontrol negatif berbeda signifikan dengan kelompok lainnya dengan nilai $p < 0,05$. Pada kelompok kontrol positif memperlihatkan perbedaan signifikan dengan semua kelompok dengan daya hambat yang terbentuk lebih kecil dibandingkan kelompok perlakuan, namun daya hambat kelompok kontrol positif lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif yang diberikan asam asetat.

Daya hambat terhadap *S. aureus* yang terbentuk pada kelompok enkapsulasi ekstrak daun serai dapur perbandingan 1 : 1, memperlihatkan perbedaan signifikan dengan kelompok kontrol positif, kontrol negatif, enkapsulasi perbandingan 1 : 0,9 dan 1 : 0,8 dengan nilai $p < 0,05$, sedangkan dengan kelompok enkapsulasi perbandingan 1 : 0,7 tidak memperlihatkan perbedaan signifikan dengan nilai $p = 0,052$, namun enkapsulasi perbandingan 1 : 1 memiliki daya hambat lebih besar 5,97% dibandingkan dengan enkapsulasi perbandingan 1 : 0,7. Hasil pengamatan *S. aureus* pada *nutrient agar* dapat dilihat pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Daya hambat *S. aureus* pada media agar

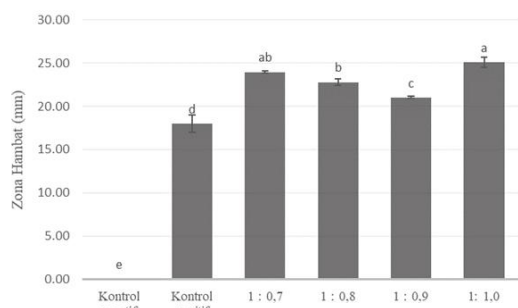
Pada kelompok enkapsulasi perbandingan 1 : 0,9 memperlihatkan pembentukan daya hambat terhadap *S. aureus* berbeda signifikan dengan semua kelompok penelitian. Daya hambat terhadap *S. aureus* setelah enkapsulasi pada perbandingan kitosan : TPP 1 : 0,9

Tabel 2. Data daya hambat *S.aureus*

Kelompok Penelitian	Daya Hambat (mm)			Rerata
	1	2	3	
Kontrol negatif	0	0	0	0000 ± 0000
Kontrol positif	19,00	17,00	18,00	16,67 ± 1,53
1 : 0,7	23,90	23,87	24,12	23,96 ± 0,14
1 : 0,8	22,47	22,65	23,21	22,78 ± 0,39
1 : 0,9	20,99	20,89	21,14	21,01 ± 0,13
1 : 1,0	25,52	24,65	26,01	25,09 ± 0,62

memperlihatkan daya hambat yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol negatif dan kontrol positif, sedangkan pada perbandingan 1 : 0,8, 1 : 0,7, dan 1 : 1 memperlihatkan daya hambat yang lebih kecil.

Daya hambat yang terbentuk pada kelompok enkapsulasi perbandingan 1 : 0,8 berbeda signifikan dengan kelompok kontrol negatif dan kontrol positif, perbandingan 1 : 1, 1 : 0,9, dan 1 : 1 ($p < 0,05$), namun tidak berbeda signifikan dengan kelompok 1 : 0,7 ($p = 0,132$). Pada kelompok enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 0,7 berbeda signifikan dengan kelompok kontrol negatif, kontrol positif dan perbandingan 1 : 0,9, namun tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$) dengan kelompok perbandingan 1 : 0,8 ($p = 0,132$) dan 1 : 1 ($p = 0,052$). enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 0,9 (Gambar 2).



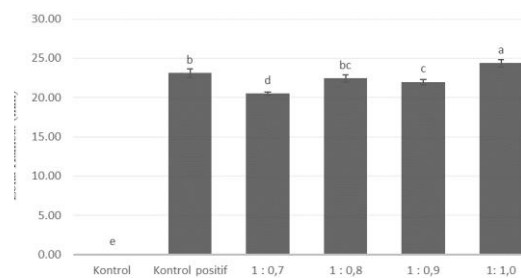
Gambar 2. Zona hambat *S. aureus*

Uji daya hambat terhadap *S.pyogenes*

Hasil rerata pengukuran daya hambat diperlihatkan pada Tabel 3. Hasil penelitian memperlihatkan kelompok kontrol negatif berbeda signifikan dengan semua kelompok penelitian ($p < 0,05$). Kelompok kontrol positif tidak memperlihatkan perbedaan signifikan dengan kelompok enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 0,8 dengan nilai $p = 0,375$, sedangkan dengan kelompok kontrol negatif, enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 1, 1 : 0,9 dan 1 : 0,7 memperlihatkan perbedaan signifikan dengan kontrol positif.

Daya hambat yang terbentuk pada kelompok perlakuan enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 1 berbeda signifikan dengan kelompok kontrol negatif, kontrol positif, perbandingan 1 : 0,9, 1 : 0,8, dan 1 : 0,7. Hasil pembentukan daya hambat pada kelompok enkapsulasi kitosan perbandingan 1 : 0,9 memperlihatkan perbedaan signifikan dengan kelompok kontrol negatif, kontrol positif, perbandingan 1 : 0,7 dan 1 : 1, namun tidak memperlihatkan perbedaan signifikan dengan kelompok perbandingan 1 : 0,8 ($p = 0,731$). Meskipun tidak memperlihatkan perbedaan signifikan namun kelompok

dengan perbandingan 1 : 0,8 menghasilkan daya hambat lebih besar 2,94% dibandingkan perbandingan 1 : 0,9 (Gambar 3).



Gambar 3. Zona hambat *S. pyogenes*

Daya hambat pada kelompok perbandingan 1 : 0,8 memperlihatkan perbedaan tidak signifikan dengan kelompok perbandingan 1 : 0,9, namun berbeda signifikan dengan kelompok kontrol negatif, kontrol positif, perbandingan 1 : 0,7 dan 1 : 1. Pada kelompok perbandingan 1 : 0,7 memperlihatkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) dengan kelompok kontrol negatif, kontrol positif, perbandingan 1 : 0,9, 1 : 0,8 dan 1 : 1. Kelompok perbandingan 1 : 0,7 merupakan kelompok dengan pembentukan daya hambat terkecil dibandingkan dengan kelompok perlakuan enkapsulasi lainnya. Hasil pengamatan daya hambat *S.pyogenes* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Daya hambat *S. pyogenes* pada media agar darah

Penggunaan kitosan dalam jumlah yang sama pada semua kelompok juga dikarenakan kitosan telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri (Ke *et al.*, 2021). Kitosan sebagai penjebak pada proses enkapsulasi memiliki gugus NH_3^+ yang bermuatan positif dan dikenal sebagai senyawa antibakteri. Aktivitas antibakteri terjadi dari hasil interaksi kitosan yang bermuatan positif dan membran sel mikroba yang bermuatan negatif serta

Tabel 3. Data zona hambat *S.pyogenes*

Kelompok Penelitian	Daya Hambat (mm)			Rerata
	1	2	3	
Kontrol negatif	0	0	0	0,00 ± 0,00
Kontrol positif	22,46	23,24	23,59	23,10 ± 0,58
1 : 0,7	20,57	20,68	20,22	20,49 ± 0,24
1 : 0,8	22,53	22,86	21,92	22,44 ± 0,48
1 : 0,9	21,73	22,37	21,86	21,99 ± 0,34
1 : 1,0	24,48	24,78	23,89	24,38 ± 0,45

dimediasi oleh gaya elektrostatis. Interaksi elektrostatis menghasilkan perubahan sifat permeabilitas dinding membran, sehingga memicu ketidakseimbangan osmotik internal dan akibatnya menghambat pertumbuhan mikroorganisme, selain itu dengan adanya hidrolisis peptidoglikan pada dinding mikroorganisme mengarah pada kebocoran elektrolit intraseluler seperti ion kalium dan konstituen berprotein dengan berat molekul rendah seperti protein, asam nukleat, glukosa, dan laktat dehidrogenase (Cahyoni *et al.*, 2018).

Pada penelitian ini, semua kelompok perlakuan memiliki kesamaan jumlah konsentrasi ekstrak daun serai dapur dan kitosan, tetapi berbeda dalam penggunaan konsentrasi TPP. Hal ini dikarenakan TPP memiliki lebih banyak muatan negatif sehingga dapat berinteraksi lebih kuat dibandingkan polianion lain seperti sulfat dan sitrat. Kitosan yang bersifat polikationik dalam media asam bereaksi dengan muatan negatif (Lee *et al.*, 2019).

Menurut Lee *et al.*, 2019, TPP selain berperan dalam proses *crosslink* dengan kitosan juga berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri. TPP *crosslink* menjadi nanopartikel kitosan yang *biocompatible*. *Crosslink* nanopartikel kitosan terjadi melalui pembentukan ikatan silang ikatan antara gugus amino dan ion fosfat (HPO_4^{4-}) *P. gulas*, *P. cansulci*, dan *P. cangingivalis* pada konsentrasi 250 - 750 mg/mL (Lee *et al.*, 2019). STTP dapat menyebabkan kerusakan membran bakteri sehingga terjadi kebocoran komponen intraseluler seperti ion kecil, protein, dan nukleotida. Pada bakteri Gram positif pemberian STTP akan menyebabkan lisis sel secara langsung namun tidak pada Gram negatif, yang diperlihatkan adanya penghambatan pertumbuhan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Listeria monocytogenes* (Lee *et al.*, 2019).

Penelitian Meng *et al.*, 2021, menunjukkan hal yang sama dalam aktivitas TPP sebagai antibakteri yang diperlihatkan adanya penghambatan pada pertumbuhan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Listeria monocytogenes* (Meng *et al.*, 2021). Peran TPP sebagai agen pengikat silang akan memperkuat matriks nanopartikel kitosan, dengan meningkatnya jumlah ikatan silang yang terbentuk antara kitosan dan TPP, akan meningkatkan kekuatan mekanik matriks dan mempermudah pemecahan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Selain itu, aktivitas antibakteri suspensi nanopartikel Kitosan TPP lebih tinggi daripada larutan kitosan tunggal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak daun serai dapur terenkapsulasi dengan Kitosan-TPP pada perbandingan 1:1 diperoleh daya hambat terbaik terhadap pertumbuhan *S.aures* dan *S.pyogenes*.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, S. (2015) 'Isolasi kitin, karakterisasi dan sintesis kitosan dari kulit udang', *Jurnal Kimia*, 9(2), pp. 271–278.

Ali Dinar (2021) 'Pemanfaatan ekstrak etil asetat daun kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus*: literature review', [Skripsi], Universitas Muhammadiyah Semarang.

Astriyani, W.S. (2017) 'Daya hambat ekstrak buah mahkota dewa dengan pelarut etanol dan aquades terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* penyebab mastitis pada sapi perah', *Journal of Tropical Animal Production*, 18(2), pp. 8–13.

Cahyoni, B., Suzery, M., Hadiyanto, H. and Pratiwi, S.B. (2018) 'Encapsulation of rutin with chitosan-Natpp using conversation method', *Chemical Engineering Journal*, 17(4:2), pp. 15–20.

Fitriyah, L., Cahyaningrum, S.E., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D. and Alam, P. (2023) 'Synthesis and characterization of gel chitosan-nanosilver-extract of pare fruit (*Momordica charantia*) as antibacterial against *Staphylococcus aureus*', *Journal of Chemical Sciences* [online], 12(1). Available at: [URL].

Gao, S., Liu, G., Li, J., Chen, J., Li, L. and Li, Z. (2020) 'Antimicrobial activity of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and its active component citral against dual-species biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* species', *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*.

Jamal, M. and Tuht (2015) 'Bacterial biofilm: its composition, formation and role in human infections', *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 4(3), pp. 1–14.

Kaya, M.B.T. (2015) 'Extraction and characterization of chitin and chitosan with antimicrobial and antioxidant activities from cosmopolitan Orthoptera species', *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 20, pp. 168–175.

Kawengian, S.A.F., Wuisan, J. and Leman, M.A. (2017) 'Uji daya hambat ekstrak daun serai (*Cymbopogon citratus* L.) terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*', *E-Gigi*, 5(1), pp. 7–11.

Ke, C.L., Deng, F.S., Chuang, C.Y. and Lin, C.H. (2021) 'Antimicrobial actions and applications of chitosan', *Polymers (Basel)*, 13(6), p. 904.

Lee, J.H., Moon, J.H., Ryu, J.I., Kang, S.W., Kwack, K.H. and Lee, J.Y. (2019) 'Antibacterial effects of sodium tripolyphosphate against *Porphyromonas* species associated with periodontitis of companion animals', *Journal of Veterinary Science*, 20(4).

Mace, S., Truelstrup Hansen, L. and Rupasinghe, H.P.V. (2017) 'Anti-bacterial activity of phenolic compounds against *Streptococcus pyogenes*', *Medicines*, 4(2), p. 25.

- Meng, Y., Xingfen, H., Liang, G., Yuyan, X., Sheng, F. and Yanhua, L. (2021) 'Physicochemical and antibacterial properties of sodium tripolyphosphate/ ϵ -polylysine complexes and their application in cooked sausage', *Food Biophysics*, 16, pp. 415–425.
- Murdiyah, Y., Murwanti, A. and Oetopo, A. (2022) 'Pemanfaatan serat limbah serai dapur (*Cymbopogon citratus*) sebagai kertas seni', *Serat Rupa Journal of Design*, 6(1), pp. 40–52.
- Newberger, R. and Gupta, V. (2023) 'Streptococcus group A', in: *Treasure Island: Statpearls* [online]. Available at: [URL] [Accessed 20 Jan. 2024].
- Nuryadin, Y., Naid, T., Dahlia, A.A. and Dali, K.S. (2018) 'Kadar flavonoid total ekstrak etanol daun serai dapur dan daun alang-alang menggunakan spektrofotometri UV-Vis', *Jurnal Kesehatan*, 1(4), pp. 337–345.
- Schwab, T. and Sr. (2011) 'Stabilization of a metabolic enzyme by library selection in *Thermus thermophilus*', *Chembiochem*, 12, pp. 1581–1588.
- Susanto, A. and Ss. (2018) 'The combination effect of bitter melon extract and sapodila to the growth of *Salmonella typhi* bacteria by using in vivo', *Jurnal Risan Cendikia*, 5(2), pp. 111–117.
- Umayah, S. (2022) 'Nanoenkapsulasi minyak atsiri jahe emprit (*Zingiber officinale* Roscoe) dan bunga cengkeh sebagai antibakteri *Klebsiella pneumoniae* dan *Micrococcus luteus*', [Tesis], Universitas Islam Indonesia.
- Wulandari, W.T., Alam, R.N. and Aprillia, A.Y. (2021) 'Antibacterial activities of chitosan synthesized from chitin isolated from green mussels (*Perna viridis* L.) shell against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*', *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 18(2), pp. 345–350.
- Yan, Y., Li, X., Zhang, C., Lv, L., Gao, B. and Li, M. (2021) 'Research progress on antibacterial activities and mechanisms of natural alkaloids: a review', *Antibiotics* [online], 10(3), p. 318. Available at: [URL] [Accessed 20 Jan. 2024].