

Pemanfaatan Kitosan Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) dan Ion Ag^+ dalam Pembuatan Lapisan Antibakteri pada *Casing Handphone*

Adolf Parhusip^{1*}, Esli Yunita Sari^{2*}, Donna Calistalia Ruslim³, Jessica Adelia Tiono⁴

¹Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, 15811, Indonesia

²IPA, SMA Tarakanita Citra Raya, Tangerang, 15710, Indonesia (esli11sari79@gmail.com)

³IPA, SMA Tarakanita Citra Raya, Tangerang, 15710, Indonesia (donnalia29@gmail.com)

⁴IPA, SMA Tarakanita Citra Raya, Tangerang, 15710, Indonesia (jessicaadellia15@gmail.com)

ABSTRACT

Phone cases are essential for protecting mobile phones from dirt and the risk of damage. However, it may also serve as reservoirs for bacterial growth, including Staphylococcus aureus, due to frequent handling and environmental exposure. To address this issue, an antibacterial coating was developed using an epoxy resin matrix incorporated with chitosan derived from Scylla serrata and silver ions (Ag^+) obtained from $AgNO_3$ as active antibacterial agents. This study aimed to evaluate the antibacterial effectiveness of Scylla serrata chitosan and Ag^+ ions and to determine the optimal chitosan-to- Ag^+ ratio for inhibiting Staphylococcus aureus growth on coated surfaces. An in vitro antibacterial assay was performed using the agar well diffusion method on Nutrient Agar by applying 75.36 μ L of chitosan- $AgNO_3$ solutions at ratios of 0:1, 1:0, 1:1, 2:1, and 1:2, with epoxy resin in 99.9% absolute ethanol as the negative control and 100 ppm amoxicillin as the positive control. Antibacterial activity was assessed by measuring inhibition zone diameters, and data were analyzed using tests of normality and homogeneity followed by one-way ANOVA and the Games-Howell post hoc test. The results demonstrated that both chitosan and Ag^+ ions exhibited significant antibacterial activity, with the highest inhibition observed for the 0:1 and 1:0 ratios, while the combined chitosan- Ag^+ formulation at a 1:1 ratio showed the most effective synergistic antibacterial performance against Staphylococcus aureus.

ARTICLE INFO

Keywords:

Ag^+ ions; agar well diffusion; antibacterial; chitosan; Scylla serrata

*Penulis Korespondensi:

adolff.parhusip@uph.edu

esli11sari79@gmail.com

Article history:

Submitted 5 Feb 2026

Revised 26 Feb 2026

Accepted 11 Mar 2026

Online Available 17 Apr 2026

Published 20 May 2026



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi telah menjadikan *handphone* sebagai perangkat yang tidak terpisahkan dari aktivitas manusia sehari-hari. Intensitas penggunaan *handphone* yang tinggi menyebabkan perangkat ini sering bersentuhan langsung dengan tangan, wajah, serta berbagai permukaan lingkungan. Kondisi tersebut menjadikan *handphone*, khususnya bagian *casing*, berpotensi menjadi media akumulasi dan transmisi mikroorganisme patogen. Berbagai penelitian melaporkan bahwa *handphone* dapat terkontaminasi oleh beragam bakteri, termasuk bakteri patogen yang berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia [1].

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi bakteri pada *handphone* tergolong tinggi. Gashaw *et al.* [1] melaporkan bahwa lebih dari 90% *handphone* yang digunakan oleh tenaga kesehatan terkontaminasi bakteri. Penelitian lain juga mengidentifikasi keberadaan bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus* sp., dan *Streptococcus* sp. pada permukaan *handphone* [2]. Keberadaan bakteri tersebut menjadi perhatian serius karena *Staphylococcus aureus* diketahui dapat menyebabkan berbagai infeksi, mulai dari infeksi kulit hingga infeksi sistemik dengan tingkat keparahan yang bervariasi [3].

Sebagai upaya untuk melindungi *handphone* dari kerusakan fisik, penggunaan *casing* menjadi hal yang umum dilakukan [4]. Namun, di sisi lain, *casing handphone* juga dapat berperan sebagai reservoir mikroorganisme apabila tidak dibersihkan secara rutin [5]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang tidak hanya berfungsi melindungi *handphone* secara mekanis, tetapi juga mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada permukaannya. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pengembangan lapisan antibakteri pada *casing handphone*.

Ion perak (Ag^+) dan kitosan merupakan dua bahan yang telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri yang baik. Ion Ag^+ diketahui mampu merusak struktur sel bakteri melalui interaksi dengan protein dan asam nukleat, sehingga menghambat metabolisme dan menyebabkan kematian sel [6] [7]. Sementara itu, kitosan merupakan polisakarida kationik hasil deasetilasi kitin yang banyak diperoleh dari limbah cangkang krustasea. Kitosan memiliki aktivitas antibakteri yang berkaitan dengan

keberadaan gugus amina bermuatan positif yang dapat berinteraksi dengan dinding sel bakteri bermuatan negatif [8].

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi besar dalam pemanfaatan sumber daya laut, termasuk kepiting bakau (*Scylla serrata*). Produksi kepiting bakau yang tinggi menghasilkan limbah cangkang dalam jumlah besar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah tersebut berpotensi diolah menjadi kitosan bernilai tambah tinggi dan ramah lingkungan [9]. Pemanfaatan kitosan dari cangkang *Scylla serrata* sebagai agen antibakteri tidak hanya mendukung pengembangan material fungsional, tetapi juga berkontribusi terhadap pengelolaan limbah perikanan.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa kombinasi kitosan dan ion Ag^+ dapat menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan penggunaan tunggal masing-masing komponen [6], [10]. Namun, efektivitas sistem kitosan- Ag^+ sangat dipengaruhi oleh rasio perbandingan kedua komponen tersebut. Perbedaan konsentrasi dan viskositas larutan dapat memengaruhi kemampuan difusi senyawa aktif ke dalam media dan sel bakteri [8][11]. Hingga saat ini, penelitian mengenai penggunaan kombinasi kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag^+ dalam bentuk lapisan antibakteri pada *casing handphone*, khususnya dengan variasi rasio perbandingan yang berbeda, masih terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag^+ sebagai agen antibakteri dalam lapisan berbasis epoxy resin terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan rasio perbandingan kitosan dan ion Ag^+ yang paling optimal dalam menghasilkan daya hambat antibakteri. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan material lapisan antibakteri yang aplikatif, ramah lingkungan, dan bernilai tambah bagi industri *casing handphone*.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan Petri disposable berdiameter 90 mm (Onemed), spiritus, laminar air flow, autoklaf, vortex, mikropipet, mikrotip 1 mL dan 5 mL, erlenmeyer 250 mL, magnetic stirrer, alu dan mortar, botol kaca, tabung ulir, serta digital caliper. Seluruh alat digunakan untuk mendukung proses sterilisasi, pencampuran larutan, penanaman bakteri, serta pengukuran diameter zona hambat pada pengujian antibakteri.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas kitosan sebanyak 100 gram, resin epoxy, larutan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 20 ppm, asam asetat 1%, etanol absolut 99,9%, amoksisilin, akuades, garam fisiologis, media Plate Count Agar (PCA), Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB), serta alkohol 70%. Seluruh bahan tersebut digunakan dalam pembuatan lapisan antibakteri, persiapan larutan uji, serta pelaksanaan uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Mei–Oktober 2025 di SMA Tarakanita Citra Raya dan Universitas Pelita Harapan. Penelitian ini dilakukan secara *in vitro* untuk menguji aktivitas antibakteri lapisan berbasis epoxy resin dengan agen aktif kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag^+ (dari $AgNO_3$) terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi agar sumuran. Perlakuan berupa variasi rasio kitosan: Ag^+ yaitu 1:0, 0:1, 1:1, 2:1, dan 1:2, disertai kontrol negatif dan kontrol positif, total 5 cawan petri. Setiap cawan petri dibuat 6 sumuran (4 ulangan perlakuan dengan rasio sama, 1 kontrol negatif, 1 kontrol positif). Seluruh alat dan bahan disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C. Sebelum digunakan di dalam *Laminar Air Flow*, seluruh alat dan bahan disemprot alkohol.

2.2.1 Pembuatan larutan kitosan 1%

Kitosan (DD 96%) ditimbang 1 g dan dimasukkan ke botol kaca steril. Kitosan dilarutkan dalam 30 mL asam asetat, dikocok hingga larut, kemudian ditambahkan 70 mL akuades. Larutan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C.

2.2.2 Pencampuran kitosan dan $AgNO_3$

Larutan disiapkan dengan variasi rasio kitosan: Ag^+ sebagai berikut.

- Rasio 1:1: 10 mL kitosan + 10 mL $AgNO_3$, diaduk perlahan 30 menit dengan *magnetic stirrer*.
- Rasio 2:1: 20 mL kitosan + 10 mL $AgNO_3$, diaduk perlahan 30 menit.

- (c) Rasio 1:2: 10 mL kitosan + 20 mL AgNO₃, diaduk perlahan 30 menit.
- (d) Rasio 1:0 dan 0:1: masing-masing 10 mL larutan kitosan dan 10 mL AgNO₃ dimasukkan ke erlenmeyer terpisah.

2.2.3 Pencampuran dengan epoxy resin (lapisan antibakteri)

Sebanyak 2g epoxy resin dilarutkan dalam 10 mL etanol, lalu diaduk kuat selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Selama pengadukan, larutan kitosan–AgNO₃ (atau kitosan saja/AgNO₃ saja) diteteskan ke dalam larutan epoxy secara bertahap hingga tercampur.

2.2.4 Pembuatan larutan kontrol

Kontrol negatif dibuat dari 2g epoxy resin yang dilarutkan dalam 10 mL etanol dan diaduk kuat selama 1 jam. Kontrol positif dibuat dengan menggerus 10 mg amoksisilin hingga halus, kemudian dilarutkan dalam 100 mL akuades steril sehingga diperoleh konsentrasi 100 ppm.

2.2.5 Persiapan suspensi bakteri *Staphylococcus aureus*

Sebanyak 1 mL suspensi bakteri diambil dari tabung ulir. Pengenceran pertama (10⁻¹) dilakukan dengan menambahkan 1 mL suspensi ke dalam 9 mL larutan garam fisiologis. Pengenceran kedua (10⁻²) dilakukan dengan memindahkan 1 mL dari pengenceran pertama ke tabung kedua berisi 9 mL larutan garam fisiologis. Seluruh tahap dilakukan aseptis di dalam *Laminar Air Flow*.

2.2.6 Inokulasi bakteri pada media

Sebanyak 1 mL suspensi *S. aureus* pengenceran 10⁻² dimasukkan ke masing-masing 5 cawan petri steril, kemudian ditambahkan 20 mL Nutrient Agar (NA) dan dicampurkan perlahan dengan gerakan membentuk pola angka delapan hingga homogen. Media dibiarkan memadat sempurna secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow*.

2.2.7 Uji antibakteri metode difusi agar sumuran

Pembuatan sumuran dilakukan dengan melubangi media agar yang telah memadat menggunakan pipet steril berdiameter 6 mm. Pada setiap cawan petri dibuat enam sumuran yang terdiri atas empat sumuran untuk ulangan perlakuan, satu sumuran sebagai kontrol negatif, dan satu sumuran sebagai kontrol positif. Selanjutnya, masing-masing larutan perlakuan dengan rasio 1:0, 0:1, 1:1, 2:1, dan 1:2 serta larutan kontrol dimasukkan ke dalam sumuran sebanyak 75 µL menggunakan mikropipet secara perlahan untuk mencegah tumpahan. Cawan kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi, zona bening (zona hambat) yang terbentuk pada media Nutrient Agar diukur menggunakan digital caliper dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).

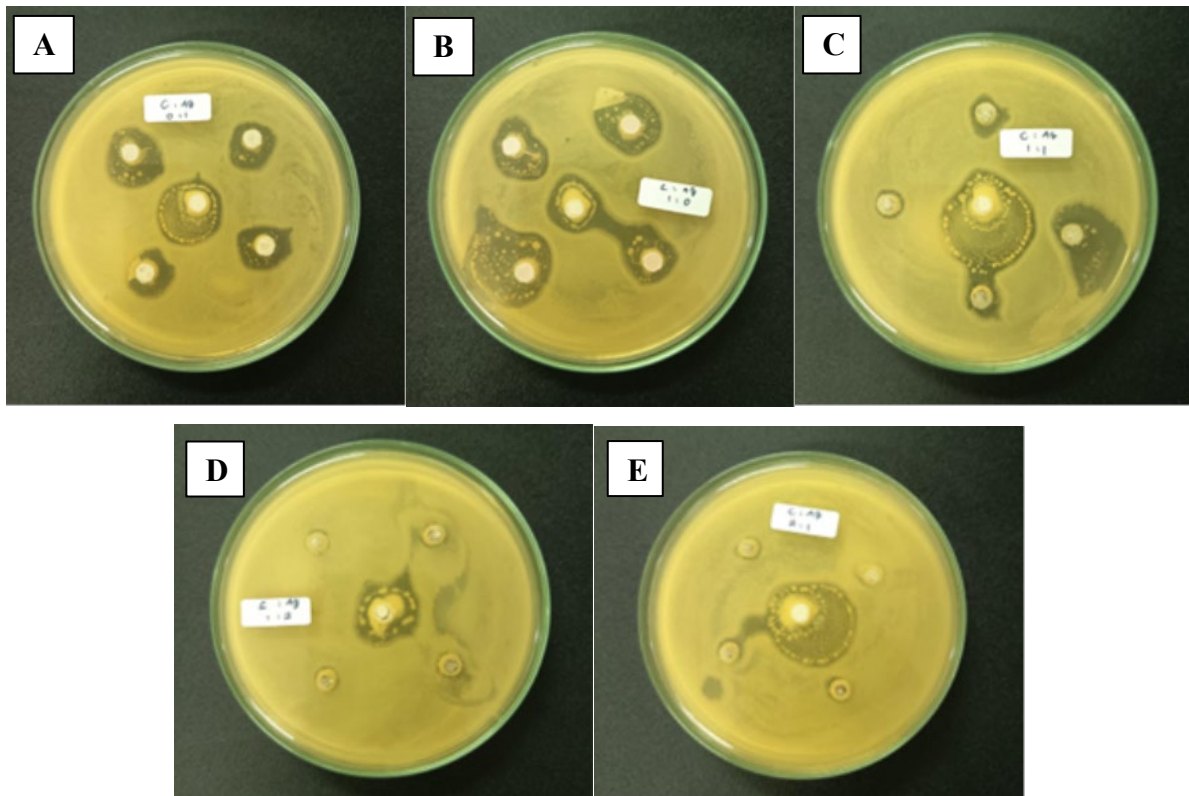
2.2.8 Analisis data

Data diameter zona hambat dianalisis menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Selanjutnya dilakukan uji One-way ANOVA, dan bila terdapat perbedaan signifikan dilanjutkan dengan uji lanjut Games–Howell.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Antibakteri

Uji daya antibakteri larutan kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag⁺ dengan perbandingan (C:Ag⁺) sebesar 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, dan 2:1 terhadap *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Hasil uji antibakteri dapat dilihat pada **Tabel 1**. Biakan bakteri *Staphylococcus aureus* dalam media Nutrient Agar yang telah diberi perlakuan difusi sumur dengan larutan kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag⁺ tercampur resin epoxy menunjukkan pembentukan zona bening di sekitar sumuran. Besarnya daya antibakteri larutan kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag⁺ diketahui melalui pengukuran diameter zona bening yang diukur dengan satuan milimeter (mm).



Gambar 1. Aktivitas antibakteri larutan kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag^+ terhadap *Staphylococcus aureus* pada media Nutrient Agar berdasarkan zona hambat: (A) 0:1, (B) 1:0, (C) 1:1, (D) 1:2, (E) 2:1.

Tabel 1. Diameter zona bening pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan perlakuan larutan kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag^+ , dan kontrol pada media Nutrient Agar

No	Perlakuan/Kontrol	Diameter zona bening (mm) 1	Diameter zona bening (mm) 2	Diameter zona bening (mm) 3	Diameter zona bening (mm) 4	Mean (mm)
1.	Kontrol Negatif	16,75	19,13	26,53	26,5	22,23
2.	Perbandingan (C:Ag ⁺) 0:1	13,7	17,33	13,6	15,28	14,98
3.	Perbandingan (C:Ag ⁺) 1:0	22,88	17,48	15,43	16,8	18,15
4.	Perbandingan (C:Ag ⁺) 1:1	8	11,95	21,2	10,05	12,8
5.	Perbandingan (C:Ag ⁺) 1:2	7,73	6,33	6,8	7,55	7,10
6.	Perbandingan (C:Ag ⁺) 2:1	7,93	6,5	8,03	6,3	7,19
7.	Kontrol Positif	41,68	54,03	44,68	54,1	48,62

3.2 Analisis Statistik

Data yang diperoleh tersebut dianalisis menggunakan uji normalitas untuk mengetahui tingkat distribusi data yang diperoleh. Jika data yang diperoleh terbukti memiliki tingkat distribusi normal, data akan dianalisis lebih lanjut dengan uji Oneway ANOVA dan Post Hoc Test.

3.2.1 Uji Normalitas

Tingkat distribusi data diuji dengan uji normalitas sebelum perbedaan antar variabel yang terdapat pada data dapat diuji menggunakan uji Oneway ANOVA. Hasil analisis distribusi data menurut uji normalitas pada **Tabel 2**. Diketahui bahwa semua kelompok perlakuan memiliki nilai signifikansi lebih dari 0,05. Melalui hasil tersebut, data percobaan dinyatakan terdistribusi secara normal. Keputusan ini telah memenuhi syarat untuk Uji Oneway ANOVA, yaitu data wajib terdistribusi secara normal.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Hasil Uji Normalitas						
Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			
Perlakuan	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Rasio 1:0	.331	4	.	.855	4	.242
Rasio 0:1	.268	4	.	.873	4	.308
Rasio 1:1	.308	4	.	.865	4	.279
Rasio 2:1	.290	4	.	.807	4	.116
Rasio 1:2	.253	4	.	.921	4	.544
Negatif	.301	4	.	.827	4	.160
Positif	.301	4	.	.828	4	.163

Ket: Sig. > 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi normal
 Sig. < 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi tidak normal
 a. Lilliefors Significance Correction.

3.2.2 Uji Homogenitas

Homogenitas data diuji dengan uji homogenitas sebelum dapat diuji menggunakan uji ANOVA. Hasil analisis distribusi data menurut uji normalitas pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Hasil Uji Homogenitas				
Dasar Perhitungan	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	6.260	6	21	<.001
Based on Median	3.332	6	21	.018
Based on Median and with adjusted df	3.332	6	6.611	.075
Based on trimmed mean	5.671	6	21	.001

Ket: Sig. > 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi normal
 Sig. < 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi tidak normal

Nilai signifikansi *Based on Median and with adjusted df* yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa varians data antar kelompok tidak homogen, sehingga asumsi homogenitas tidak terpenuhi dan analisis parametrik tidak dapat langsung digunakan.

3.2.3 Uji Oneway ANOVA

Perbedaan variabel data diuji dengan uji Oneway ANOVA dengan interval kepercayaan 95%. Setelah dilakukan input data dan analisis, diperoleh output pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Uji ANOVA

ANOVA					
Hasil	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4894.998	6	815.833	49.482	<.001
Within Groups	346.236	21	16.487		
Total	5241.234	27			

Ket: Sig. > 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi normal
 Sig. < 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi tidak normal

Dari tabel hasil Uji Oneway ANOVA di atas, diketahui bahwa kelompok percobaan memiliki nilai signifikansi kurang dari 0.05. Melalui hasil tersebut, data percobaan dinyatakan memiliki perbedaan signifikan.

3.1.4 Uji Post Hoc

Uji Oneway ANOVA adalah uji yang hanya mampu menganalisis data untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan di antara semua variabel data tanpa menampilkan perlakuan yang berbeda secara spesifik [12]. Untuk mengetahui perbedaan signifikan di antara variabel data satu dengan yang lain, diperlukan Uji Post Hoc. Dalam penelitian ini, Uji Post Hoc menurut Games-Howell dilakukan untuk menganalisis perbedaan signifikan antara variabel data.

Tabel 5. Hasil Uji Post Hoc (Games-Howell)

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Rasio 1:0	Rasio 0:1	3.17000	1.85288	.640	-5.4527	11.7927
	Rasio 1:1	5.34750	3.34075	.692	-9.9958	20.6908
	Rasio 2:1	10.95750	1.69716	.029	1.7533	20.1617
	Rasio 1:2	11.04500	1.66646	.032	1.5893	20.5007
	Negatif	-4.08000	3.00563	.805	-17.3760	9.2160
	Positif	-30.47500	3.59431	.005	-47.4167	-13.5333
Rasio 0:1	Rasio 1:0	-3.17000	1.85288	.640	-11.7927	5.4527
	Rasio 1:1	2.17750	3.04193	.982	-14.1263	18.4813
	Rasio 2:1	7.78750	.96644	.006	3.1735	12.4015
	Rasio 1:2	7.87500	.93263	.009	3.1059	12.6441
	Negatif	-7.25000	2.66956	.297	-21.1459	6.6459
	Positif	-33.64500	2.31840	.007	-51.7251	-15.5649
Rasio 1:1	Rasio 1:0	-5.34750	3.34075	.692	-20.6908	9.9958
	Rasio 0:1	-2.17750	3.04193	.982	-18.4813	14.1263
	Rasio 2:1	5.61000	2.94967	.574	-11.4636	22.6836
	Rasio 1:2	5.69750	2.93211	.560	-11.5619	22.9509
	Negatif	-9.42750	3.85409	.319	-25.6107	6.7557
	Positif	-35.82250	4.32888	.002	-53.9243	-17.7207
Rasio 2:1	Rasio 1:0	-10.95750	1.69716	.029	-20.1617	-1.7533
	Rasio 0:1	-7.78750	.96644	.006	-12.4015	-3.1735
	Rasio 1:1	-5.61000	2.94967	.574	-22.6836	11.4636
	Rasio 1:2	.08750	.56300	1.000	-2.3495	2.5245
	Negatif	-15.03750	2.56393	.047	-29.7168	-.3582
	Positif	-41.43250	3.23403	.005	-60.2603	-22.6047
Rasio 1:2	Rasio 1:0	-11.04500	1.66646	.032	-20.5007	-1.5893
	Rasio 0:1	-7.87500	.93263	.009	-12.6441	-3.1059
	Rasio 1:1	-5.69750	2.93211	.560	-22.9569	11.5619
	Rasio 2:1	-.08750	.56300	1.000	-2.5245	2.3495
	Negatif	-15.12500	2.54371	.048	-30.0100	-.2400
	Positif	-41.52000	3.21802	.005	-60.5207	-22.5193
Negatif	Rasio 1:0	4.08000	3.00563	.805	-9.2160	17.3760
	Rasio 0:1	7.25000	2.66956	.297	-6.6459	21.1459
	Rasio 1:1	9.42750	3.85409	.319	-6.7557	25.6107
	Rasio 2:1	15.03750	2.56393	.047	.3582	29.7168
	Rasio 1:2	15.12500	2.54371	.048	.2400	30.0100
	Positif	-26.39500	4.07583	.007	-43.7181	-9.0719
Positif	Rasio 1:0	30.47500	3.59431	.005	13.5333	47.4167

Rasio 0:1	33.64500	3.31840	.007	15.5649	51.7251
Rasio 1:1	35.82250	4.32888	.002	17.7207	53.9243
Rasio 2:1	41.43250	3.23403	.005	22.6047	60.2603
Rasio 1:2	41.52000	3.21802	.005	22.5193	60.5207
Negatif	26.39500	4.07583	.007	9.0719	43.7181

Ket: Sig. > 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi normal
Sig. < 0.05 maka data dinyatakan terdistribusi tidak normal

Dari hasil Uji Oneway Post Hoc (Games-Howell) pada **Tabel 5**, diketahui bahwa kelompok percobaan memiliki nilai signifikansi kurang dari 0.05. Melalui hasil tersebut, data percobaan dinyatakan memiliki perbedaan signifikan.

3.3 Pembahasan Hasil

Berdasarkan hasil uji antibakteri yang telah diperoleh dan diolah secara statistik, diketahui bahwa data terdistribusi secara normal sehingga uji Oneway ANOVA yang memiliki normalitas data sebagai syarat pengujian. Uji Oneway ANOVA merupakan uji parametric yang berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan antar variabel independen dalam data.

Uji Oneway ANOVA dilakukan pada 7 variabel yaitu larutan kitosan-AgNO₃ dengan rasio perbandingan (C:AgNO₃) 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, 2:1, kontrol negatif dan kontrol positif. Melalui uji tersebut, diperoleh hasil analisis berupa nilai Sig. < 0.05 (tabel 4). Nilai Sig. tersebut lebih kecil daripada probabilitas 0.05 sehingga data dinyatakan memiliki perbedaan signifikan. Keputusan yang diambil terhadap data di atas adalah ketujuh populasi dinyatakan tidak identik satu sama lain (data diameter zona bening tiap kelompok perlakuan berbeda secara signifikan)[13].

Hasil uji Oneway ANOVA tidak dapat menunjukkan perbedaan yang ada antara satu kelompok dengan kelompok yang lain secara independen. Oleh karena itu, diperlukan uji Post Hoc untuk mengetahui perbedaan 2 variabel yang bersifat independen. Jenis uji yang digunakan adalah uji Games-Howell.

Hasil uji Games-Howell terhadap 2 variabel independen yang tampak pada tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kelompok perlakuan 2:1 dan 1:2 dengan kontrol negatif. Namun, hal tersebut disebabkan oleh kelompok perlakuan 2:1 dan 1:2 memiliki efektivitas yang lebih rendah daripada kontrol negatif. Kontrol negatif sendiri memiliki zona bening, hal ini disebabkan oleh adanya penggunaan ethanol absolut 99%. Ethanol sendiri dikatakan efektif sebagai zat antibakteri, termasuk terhadap *Staphylococcus aureus* [12]. Namun, ethanol pada kontrol negatif tidak mampu untuk membunuh bakteri secara maksimal. Terlihat dari pertumbuhan kembali bakteri di dalam zona bening tersebut. Ini mengindikasikan adanya penurunan aktivitas antibakteri dari kontrol negatif dalam 24 jam masa inkubasi [14].

Berdasarkan hasil uji Games-Howell, semua kelompok perlakuan memiliki perbedaan secara nyata dengan kelompok positif. Analisis peneliti terhadap kelompok percobaan 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, dan 2:1 telah menunjukkan adanya potensi antibakteri yang lebih besar pada kelompok percobaan 0:1 dan 1:0. Ini ditunjukkan dari adanya zona bening yang paling besar di antara lainnya, dan bakteri yang tumbuh kembali cenderung lebih sedikit dibandingkan kelompok percobaan lain [15]. Dari hasil tersebut, dapat dinyatakan juga bahwa kitosan atau ion Ag⁺ memiliki daya hambat yang lebih tinggi terhadap pertumbuhan bakteri dalam perlakuan tunggal. Hasil ini tidak sinergis dengan hasil yang didapatkan dalam penelitian [6] yang menemukan adanya daya hambat pertumbuhan bakteri yang lebih baik dari komposit kitosan-Ag. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem kitosan-Ag⁺ sangat bergantung pada konsentrasi, viskositas, dan metode formulasi yang digunakan. Menurut [6], konsentrasi kitosan berpengaruh terhadap viskositas larutan yang akhirnya menyebabkan degradasi pada daya hambat terhadap *Staphylococcus aureus*. Semakin tinggi viskositas larutan, semakin lemah daya hambat terhadap bakteri.

Di antara ketiga variasi rasio perbandingan kitosan-AgNO₃, rasio perbandingan 1:1 adalah rasio perbandingan yang menghasilkan daya hambat antibakteri tertinggi berdasarkan nilai mean (mm). Idealnya, kitosan dapat menjadi stabilisator bagi ion Ag⁺. Namun, kitosan juga dapat membatasi difusi ion Ag⁺ ke dalam sel bakteri [7]. Larutan dengan rasio perbandingan 2:1 dan 1:2 mengeluarkan daya hambat yang lebih rendah daripada larutan dengan rasio perbandingan 1:1 karena adanya pengaruh kitosan terhadap difusi ion Ag⁺.

Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, diketahui bahwa daya hambat larutan kitosan-Ag⁺ dengan rasio perbandingan 1:0, 0:1, dan 1:1 tergolong kuat. Sedangkan daya hambat larutan kitosan-Ag⁺ dengan rasio perbandingan 2:1 dan 1:2 tergolong menengah [6].

4. Kesimpulan dan Saran

Kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag⁺ menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* secara signifikan sebagai zat aktif dalam lapisan antibakteri. Hal ini dikarenakan diameter zona hambat kelompok percobaan kitosan-AgNO₃, kitosan, dan AgNO₃ menunjukkan perbedaan secara nyata terhadap kontrol positif. Dapat dilihat melalui hasil Uji Post Hoc, yaitu nilai signifikansi antara kontrol positif dengan kelima variasi rasio perbandingan kurang dari 0,05, yang menandakan adanya perbedaan yang signifikan. Rasio kitosan *Scylla serrata* dan ion Ag⁺ pada kelompok percobaan 1:0, 0:1, dan 1:1 terbukti memberikan efek penghambatan yang signifikan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Penghambatan terbesar diperoleh pada rasio 0:1, dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar 18,15 mm, menunjukkan efektivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan rasio lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengkaji lebih dalam mengenai alasan kelompok perlakuan dengan rasio 1:0 dan 0:1 menunjukkan diameter zona hambat yang lebih luas dibandingkan dengan ketiga variasi rasio perbandingan kitosan-AgNO₃ lainnya. Selain itu, perlu dilakukan eksplorasi terhadap metode pencampuran yang mampu menghasilkan larutan yang lebih homogen, serta pencarian bahan alternatif lain yang berpotensi memberikan efektivitas antibakteri yang lebih optimal.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Sekolah SMA Tarakanita Citra Raya, Tangerang yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti OPSI (Olimpiade Penelitian Siswa Indonesia). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kaprodi Teknologi Pangan dan tim laboran di Laboratorium Mikrobiologi, Universitas Pelita Harapan atas bantuan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

Daftar Referensi

- [1] M. Gashaw, M. Abteu, and A. Addis, "Prevalence and antimicrobial susceptibility pattern of bacteria isolated from mobile phones of health care professionals working in Gondar town health centers," *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2014, Art. no. 205074, 2014. doi: 10.1155/2014/205074.
- [2] A. Rahman, I. Hardi, and A. Baharuddin, "Identifikasi bakteri *Staphylococcus* sp. pada handphone dan analisis praktik personal hygiene," *Window of Health*, vol. 1, no. 1, pp. 40–47, 2018.
- [3] M. U. E. Sanam, A. I. R. Detha, and N. K. Rohi, "Detection of antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from Sumba mare's milk against *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli*," *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, vol. 9, no. 1, p. 53, 2022. doi: 10.5455/javar.2022.i568.
- [4] S. S. M. Talabani and A. Taifor, "Simulation the effect of impact on the mobile cover using SolidWorks analysis," *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 31, no. s3, 2019, doi: 10.21271/ZJPAS.31.s3.6.
- [5] T. Sadiq, A. Arikan, T. Sanlidag, E. Guler, and K. Suer, "Big concern for public health: Microbial contamination of mobile phones," *Journal of Infection in Developing Countries*, vol. 15, no. 6, pp. 798–804, 2021, doi: 10.3855/jidc.13708.[6] M. Potara, E. Jakab, A. Damert, O. Popescu, V. Canpean, and S. Astilean, "Synergistic antibacterial activity of chitosan–silver nanocomposites on *Staphylococcus aureus*," *Nanotechnology*, vol. 22, no. 13, p. 135101, 2011. doi: 10.1088/0957-4484/22/13/135101.
- [7] J. Florencia, "Menilik manfaat ion perak dalam membunuh bakteri," *KlikDokter*, 2017. [Online]. Available: <https://www.klikdokter.com>
- [8] F. Nurainy, S. Rizal, and Y. Yudiantoro, "Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap aktivitas antibakteri dengan metode difusi agar (sumur)," *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, vol. 13, no. 2, pp. 117–123, 2008.
- [9] M. Ambari, "Kepiting dan rajungan: Enak rasanya, unggulan ekspor Indonesia, bagaimana keberlanjutannya?" *Mongabay Indonesia*, 2024. [Online]. Available: <https://mongabay.co.id>
- [10] C.-J. Yao, S.-J. Yang, M.-J. Shieh, and T.-H. Young, "Development of a chitosan–silver nanocomposite/β-1,3-glucan/hyaluronic acid composite as an antimicrobial system for wound healing," *Polymers*, vol. 17, no. 3, p. 350, 2025. doi: 10.3390/polym17030350.

- [11] R. Riski and F. J. Sami, "Formulasi krim anti jerawat dari nanopartikel kitosan cangkang udang windu (*Penaeus monodon*)," *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, vol. 3, no. 4, pp. 1–6, 2017.
- [12] C. Wendakoon, P. Calderon, and D. Gagnon, "Evaluation of selected medicinal plants extracted in different ethanol concentrations for antibacterial activity against human pathogens," *Journal of Medicinally Active Plants*, vol. 1, no. 2, pp. 60–68, 2012.
- [13] A. W. Lestari, Z. Marlita, V. Sefiya, and I. A. Prasetyo, "Analysis of variance (ANOVA): Concept, steps, and its application in data analysis," *J. Sintesis*, vol. 6, no. 1, 2025, doi: 10.56399/jst.v6i1.283.
- [14] N. B. A. Prasetya, Ngadiwiyana, Ismiyanto, and P. R. Sarjono, "Synthesis and study of antibacterial activity of polyeugenol," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 509, no. 1, Art. no. 012101, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/509/1/012101.
- [15] G. E. C. Alouw, Fatimawali, and J. S. Lebang, "Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan metode difusi sumuran," *Pharmacy Medical Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 36–45, 2022, doi: 10.35799/pmj.v5i1.41430