

EFEKTIVITAS SINTESIS CAO NANOPARTIKEL DENGAN BAWANG PUTIH (*ALLIUM SATIVUM L.*) SEBAGAI ANTIBAKTERI

Saddam Husein^{1*}, Muhammad Nirwan Fachrozi², Yovita Endah Lestari³,
Nofita⁴

¹⁻⁴Program Studi Farmasi Universitas Malahayati

Email Korespondensi: saddam.husein@malahayati.ac.id

Disubmit: 13 Agustus 2024

Diterima: 17 Desember 2024

Diterbitkan: 01 Januari 2025

Doi: <https://doi.org/10.33024/mahesa.v5i1.16913>

ABSTRACT

Skin infections are a common health problem caused by pathogenic bacteria. Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis are two common causes. Staphylococcus aureus is particularly dangerous and can cause abscesses, impetigo, and cellulitis, while Staphylococcus epidermidis is often involved in infections in immunocompromised individuals or infections associated with medical devices. Controlling these infections is essential to prevent serious complications. This study aims to investigate the antibacterial activity of a mixture of CaO nanoparticles and garlic extract against Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis, and to determine the most effective concentration for inhibiting these bacteria. The research involved the green synthesis of CaO nanoparticles using garlic extract. The antibacterial activity was tested using the well diffusion method against both bacteria. Characterization of the nanoparticles was conducted using XRD, SEM, and FTIR analyses. The results indicated that the mixture of CaO nanoparticles with garlic extract exhibited significant antibacterial activity against both Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis. The most effective concentration was identified, showing a higher inhibition zone compared to pure CaO and garlic extract alone. The study concludes that the Green synthesis of CaO nanoparticles using garlic extract is a promising approach to develop natural antibacterial agents for the treatment of skin infections.

Keywords: *Green Synthesis, CaO Nanoparticles, Garlic Extract, Antibacterial, Staphylococcus Aureus, Staphylococcus Epidermidis.*

ABSTRAK

Infeksi kulit adalah masalah kesehatan umum yang disebabkan oleh bakteri patogen. *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* adalah dua bakteri yang sering menjadi penyebab utama. *Staphylococcus aureus* sangat berbahaya dan dapat menyebabkan abses, impetigo, dan selulitis, sedangkan *Staphylococcus epidermidis* sering terlibat dalam infeksi pada individu dengan kekebalan tubuh lemah atau infeksi terkait peralatan medis. Pengendalian infeksi ini sangat penting untuk mencegah komplikasi serius. Untuk menginvestigasi aktivitas antibakteri campuran nanopartikel CaO dan ekstrak bawang putih terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*, serta menentukan konsentrasi paling efektif untuk menghambat bakteri tersebut. Penelitian melibatkan

sintesis hijau nanopartikel CaO menggunakan ekstrak bawang putih. Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi sumuran terhadap kedua bakteri kemudian di Karakterisasi nanopartikel dilakukan menggunakan analisis XRD, SEM, dan FTIR. Campuran nanopartikel CaO dengan ekstrak bawang putih memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*. Konsentrasi paling efektif teridentifikasi, menunjukkan zona hambat yang lebih tinggi dibandingkan CaO murni dan ekstrak bawang putih saja. sintesis hijau nanopartikel CaO menggunakan ekstrak bawang putih adalah pendekatan yang menjanjikan untuk mengembangkan agen antibakteri alami untuk perawatan infeksi kulit.

Kata Kunci: Sintesis Hijau, Nanopartikel CaO, Ekstrak Bawang Putih, Antibakteri, *Staphylococcus Aureus*, *Staphylococcus Epidermidis*.

PENDAHULUAN

Infeksi kulit merupakan kondisi umum yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit yang menyerang kulit dan jaringan di bawahnya (Maheswary *et al.*, 2021). Infeksi ini dapat bervariasi dari yang ringan hingga berat, dan dalam beberapa kasus, dapat mengancam jiwa jika tidak ditangani dengan tepat. Beberapa contoh infeksi kulit yang sering terjadi antara lain adalah impetigo, selulitis, dan abses kulit. Dari berbagai patogen yang dapat menyebabkan infeksi kulit, bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* adalah dua yang paling umum ditemukan.

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram-positif berbentuk kokus yang biasanya ditemukan di kulit dan saluran pernapasan manusia. Bakteri ini berdiameter sekitar 0,5-1,5 mikrometer dan sering terlihat berkelompok seperti anggur di bawah mikroskop. *Staphylococcus aureus* dikenal sebagai patogen utama yang dapat menyebabkan berbagai infeksi kulit dan jaringan lunak, termasuk folikulitis, impetigo, abses, dan selulitis. Selain itu, *Staphylococcus aureus* juga dapat menyebabkan infeksi serius seperti pneumonia, endokarditis, dan sepsis (Linz *et al.*, 2023). Bakteri ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan

toksin dan enzim yang merusak jaringan, serta membentuk biofilm yang membuatnya lebih resisten terhadap terapi antibiotik. Banyak strain *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antibiotik, termasuk *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), yang menjadi tantangan besar dalam pengobatan klinis. (Fadila Fitriana *et al.*, 2024)

Staphylococcus epidermidis adalah bakteri Gram-positif berbentuk kokus dan merupakan bagian dari flora normal kulit manusia. Bakteri ini berukuran sekitar 0,5-1,5 mikrometer dan biasanya ditemukan dalam kelompok kecil. Meskipun biasanya bersifat komensal, *Staphylococcus epidermidis* dapat menjadi patogen oportunistis terutama pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah atau mereka yang menggunakan alat medis seperti kateter dan prostesis (Siciliano *et al.*, 2023) *Staphylococcus epidermidis* sering terlibat dalam infeksi terkait alat medis karena kemampuannya untuk membentuk biofilm pada permukaan alat tersebut, yang melindungi bakteri dari respons imun host dan antibiotik. Infeksi oleh *Staphylococcus epidermidis* sering kali lebih kronis dan dapat menyebabkan kegagalan alat medis yang terinfeksi, memerlukan

intervensi bedah untuk pengangkatan alat tersebut (Lestari *et al.*, 2021)

Pada penelitian kali ini digunakan sampel formulasi campuran CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih dengan perbandingan 1:1, 1:2 dan 1:3 untuk menangani infeksi kulit. Penanganan infeksi kulit dengan menggunakan CaO nanopartikel yang di campurkan dengan ekstrak bawang putih menawarkan pendekatan inovatif dan alami. CaO nanopartikel memiliki sifat anti mikroba yang kuat, mampu merusak membran sel bakteri, dan dapat disintesis secara ramah lingkungan menggunakan ekstrak bawang putih (Basavegowda & Baek, 2022). Sementara bawang putih dikenal dengan kandungan *allicin* yang efektif melawan berbagai bakteri patogen. Kombinasi ini meningkatkan kemampuan anti mikroba, mempercepat penyembuhan luka, dan mengurangi risiko resistensi bakteri (Krishna, 2021). Penggunaan CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih juga dapat mengurangi peradangan dan meningkatkan regenerasi jaringan kulit yang terinfeksi.

Manfaat dari penelitian ini yaitu, untuk mengetahui aktivitas antibakteri CaO nanopartikel yang di campurkan dengan ekstrak bawang putih terhadap bakteri *Staphylococcus*. Kemudian dapat menjadi sumber informasi mengenai solusi baru pengganti obat kimia dalam mengobati infeksi kulit menggunakan obat alami yang berasal dari campuran CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih.

Berdasarkan pendahuluan di atas maka pada penelitian ini bertujuan untuk membuat formulasi campuran CaO Nanopartikel dengan ekstrak bawang putih sebagai anti bakteri.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu, mencampurkan formulasi CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* sebagai penyebab infeksi kulit kemudian mengetahui formulasi yang paling efektif dalam menghambat bakteri serta melihat pengaruh campuran CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih terhadap karakterisasi SEM, FTIR dan XRD.

KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Pudiarifanti *et al.*, 2022 terkait ekstrak etanol bawang putih sebagai anti bakteri di simpulkan bahwa ekstrak etanol bawang putih tunggal (*Allium sativum* L.) mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin, namun tidak mengandung steroid. Uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa hanya ekstrak dengan konsentrasi 100% yang memiliki aktivitas antibakteri, dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar 9mm, sedangkan konsentrasi ekstrak yang lebih rendah (80%, 60%, 40%, dan 20%) tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Ini menunjukkan bahwa bawang putih tunggal memiliki potensi sebagai agen antibakteri pada konsentrasi tinggi, namun tidak efektif pada konsentrasi yang lebih rendah. Hasil ini mendukung penggunaan bawang putih tunggal sebagai alternatif pengobatan antibakteri, terutama dalam menghadapi resistensi antibiotik.

Kemudian penelitian selanjutnya yang di lakukan oleh Indrayati Sri *et al.*, 2020 terkait bawang putih sebagai anti bakteri di simpulkan bahwa pengujian efektivitas pada larutan bawang putih pada konsentrasi 10%, 40%,

70%, dan 100%. Hasil menunjukkan bahwa larutan bawang putih dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis*, dengan konsentrasi 70% sebagai yang paling efektif. Senyawa aktif dalam bawang putih, seperti *allicin*, berperan dalam merusak dinding sel bakteri.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyuningsih dan Perdani, 2020 terkait dengan CaO nanopartikel sebagai antibakteri di hasilkan bahwa kandungan senyawa CaO yang terdapat dalam kulit kerang mutiara sebesar 93,9%. Hasil pengujian aktivitas anti mikrobya memperlihatkan bahwa senyawanya mampu menghambat aktivitas metabolisme bakteri gram negatif (*Staphylococcus dysenteriae*), bakteri gram positif (*Staphylococcus epidermidis*) dan jamur (*C. Albicans*) dengan rata-rata daya hambat secara berurutan sebesar 11,96 mm.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Jadhav *et al.*, 2022 hasil dari penelitian ini meliputi sintesis nanopartikel kalsium oksida (CaO NPs) menggunakan ekstrak daun *Moringa oleifera* dengan metode hijau. Nanopartikel yang dihasilkan memiliki morfologi sferis dengan ukuran rata-rata 32,08 nm dan menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap bakteri Gram-positif, seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa ekstrak daun *Moringa oleifera* dapat berfungsi sebagai agen reduksi dan penutup dalam proses sintesis nanopartikel, menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan metode kimia tradisional.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Khan *et al.*, 2023 Penelitian ini berhasil menyintesis nanopartikel kalsium oksida (CaONPs) dengan menggunakan ekstrak *Ficus carica* sebagai agen pereduksi dan penstabil melalui metode ramah

lingkungan. CaONPs yang dihasilkan memiliki ukuran rata-rata 84.87 nm dan menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap beberapa jenis bakteri patogen, terutama *Pseudomonas aeruginosa*. Selain itu, CaONPs juga efektif dalam menghambat pembentukan biofilm bakteri. Hasil ini menunjukkan potensi CaONPs sebagai alternatif agen antibakteri dan anti-biofilm yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah resistensi antibiotik.

Rumusan Pertanyaan

1. Apakah campuran bahan alam CaO nanopartikel (CaO NPs) dan Ekstrak bawang putih memiliki aktivitas antibakteri bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*?
2. Apakah campuran CaO nanopartikel (CaO NPs) dan Ekstrak bawang putih memiliki aktivitas antibakteri lebih baik dibandingkan dengan CaO murni dan Ekstrak bawang putih murni dan formulasi berapa yang paling efektif sebagai antibakteri?
3. Bagaimana pengaruh campuran CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih terhadap karakterisasi XRD, SEM dan FTIR serta bagaimana ketiga karakterisasi ini berkontribusi terhadap sifat antibakteri dari nanopartikel tersebut?

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian uji aktivitas antibakteri dan karakterisasi campuran CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih di laksanakan pada bulan April 2024 hingga Juli 2024 di Laboratorium Kesehatan Daerah, Jl. Sam Ratulangi No.103, Penengahan, Kec. Tj. Karang Pusat, Kota Bandar Lampung dan karakterisasi XRD di Laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional

(BRIN) Tanjung Bintang. kemudian SEM dan FTIR di UPT. Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

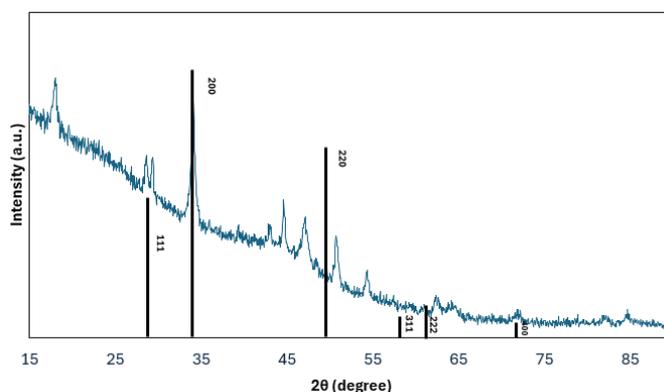
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Aluminium foil, Beaker glass, Blender, batang pengaduk, Cawan petri, gelas ukur, Instrumen malvern analytical - *Benchtop X-Ray Diffractometer (XRD) Aeris*, *Instrumen Evo MA10 Carl Zeiss and EDX Scanning Electron Microscope (SEM)*, *Instrumen cary 630 ftr spectrometer (FTIR)*, jarum ose, jangka sorong, mikropipet, penggaris, timbangan analitik.

Bahan yang digunakan antara lain bawang putih, etanol 96%, kultur bakteriologis *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*, antibiotik klindamisin, aquadest, media nutrient agar dan Kalsium Oksida (CaO) merek Multichem.

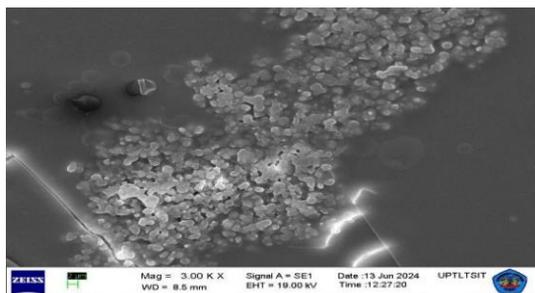
Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari pembuatan ekstrak bawang putih dengan menggunakan metode maserasi lalu di evaporasi dengan *rotary evaporatory* kemudian membuat formulasi campuran CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih dengan perbandingan 1:1, 1:2 dan 1:3 yang digunakan untuk pengujian anti bakteri dengan metode sumuran. Kemudian di lanjutkan dengan Karakterisasi CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih dilakukan dengan Difraksi Sinar-X (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Selanjutnya di lanjutkan dengan analisis data menggunakan program IBM *Statistical product of Servive Solution (SPSS)* Versi 25.

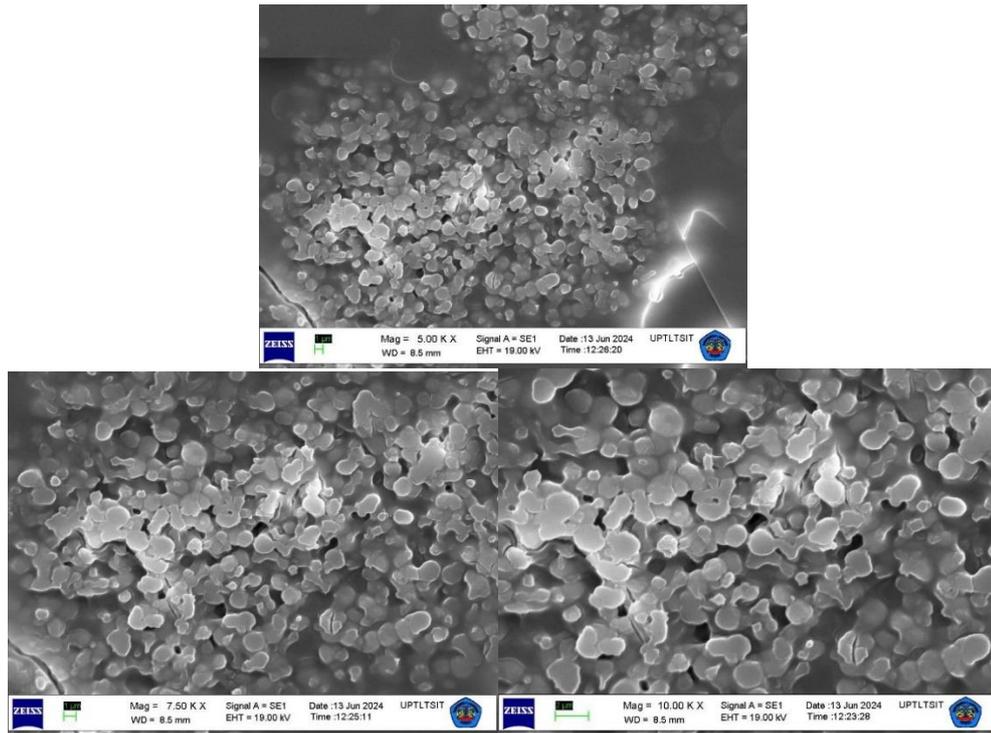
HASIL PENELITIAN

Karakterisasi XRD, SEM dan FTIR

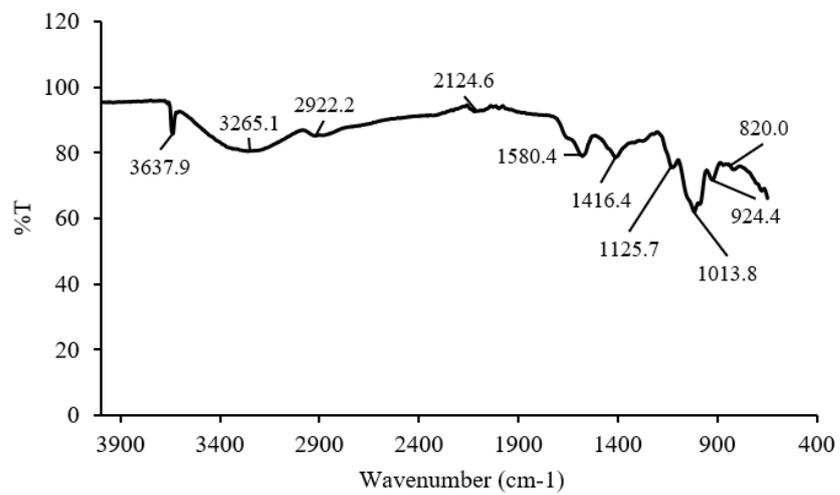


Gambar 1. XRD CaO Nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih



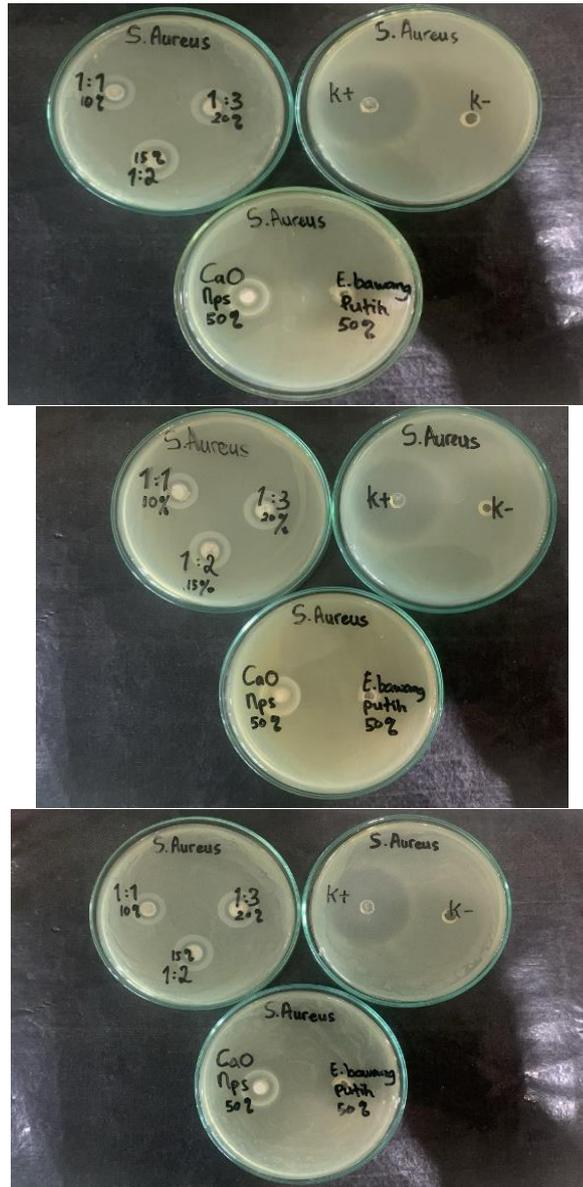


Gambar 2. Hasil SEM Campuran CaO Nanopartikel dengan Ekstrak Bawang putih

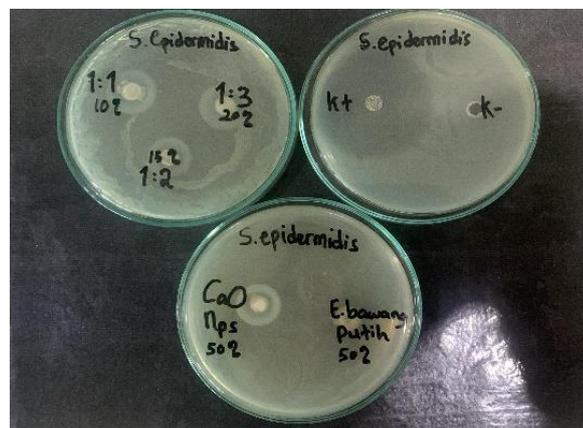


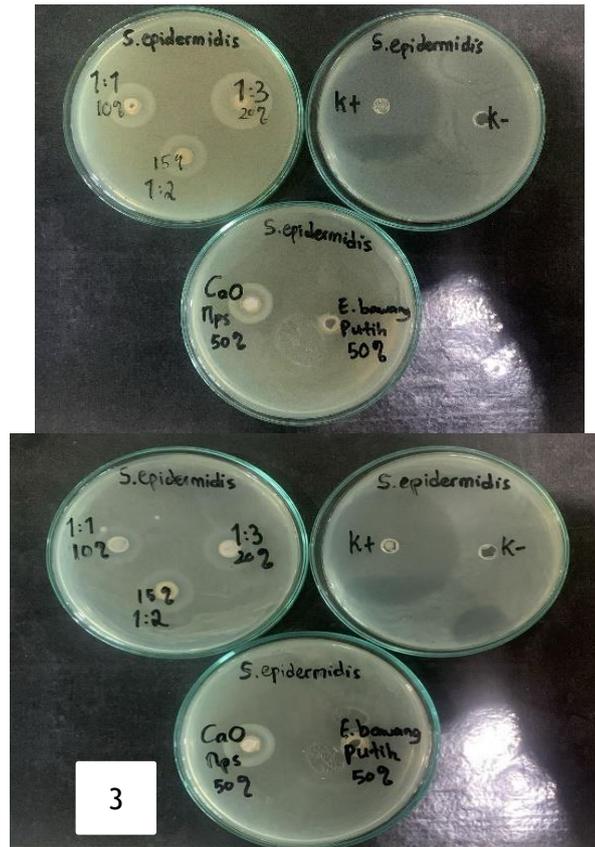
Gambar 3. Hasil Serapan FTIR Campuran CaO Nanopartikel dengan Ekstrak Bawang Putih

Hasil uji aktivitas antibakteri



Gambar 4. Hasil Diameter Zona Hambat pada bakteri *Staphylococcus Aureus*





Gambar 5. Hasil Diameter Zona Hambat pada bakteri *Staphylococcus epidermidis*

Tabel 1. Hasil diameter zona hambat *Staphylococcus aureus*

Perlakuan (variasi konsentrasi)	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Kriteria Kekuatan
	Pengulangan ke				
	1	2	3		
F1	17,16	17,46	17,13	17,25	Kuat
F2	20,02	18,95	19,21	19,39	Kuat
F3	21,11	20,19	20,95	20,75	Sangat kuat
CaO Nps	17,03	17,64	17,98	17,55	Kuat
E. BP	9,85	10,64	10,83	10,44	Sedang
Kontrol (+)	38,48	40,20	37,77	38,81	Sangat kuat

Tabel 2. Hasil diameter zona hambat *Staphylococcus epidermidis*

Perlakuan (variasi konsentrasi)	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Kriteria Kekuatan
	Pengulangan ke				
	1	2	3		
F1	20,07	18,93	16,33	18,44	Kuat
F2	21,11	19,22	20,50	20,27	Sangat kuat
F3	25,89	21,78	21,41	23,02	Sangat kuat

CaO Nps	18,27	17,91	19,72	18,63	Kuat
E.BP	10,15	11,29	11	10,81	Sedang
Kontrol (+)	45,94	42,63	50,19	46,25	Sangat kuat
Kontrol (-)	0	0	0	0	Tidak ada daya hambat

Uji SPSS

Tabel 3. Hasil uji normalitas kelompok perlakuan terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*

a. Tests of Normality

Konsentrasi	Shapiro-Wilk	
	df	Sig.
F1	3	,157
F2	3	,449
F3	3	,312
CaO NPs	3	,689
E.BP	3	,351
K+	3	,550
K-	3	.

b. Tests of Normality

Konsentrasi	Shapiro-Wilk	
	df	Sig.
F1	3	,577
F2	3	,614
F3	3	,142
CaO Nps	3	,361
E.BP	3	,472
K+	3	,863
K-	3	.

Keterangan :
 a = Hasil uji normalitas terhadap *Staphylococcus aureus*
 b = Hasil uji normalitas terhadap *Staphylococcus epidermidis*

Tabel 4. Hasil uji homogenitas kelompok perlakuan terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*

a. Test of Homogeneity of Variances					
Sampel	Based on Mean	Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			
		3,782	6	14	,019

b. Test of Homogeneity of Variances					
Sampel	Based on Mean	Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			

sampel	Based on Mean	3,014	6	14	,042
--------	---------------	-------	---	----	------

Keterangan :
a = Hasil uji homogenitas terhadap *Staphylococcus aureus*
b = Hasil uji homogenitas terhadap *Staphylococcus epidermidis*

Tabel 5. Hasil uji *kruskal-Wallis* kelompok perlakuan terhadap diameter zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*

a. Test Statistics	
	Sampel
Kruskal-Wallis H	19,375
Df	6
Asymp. Sig.	,004

b. Test Statistics	
	sampel
Kruskal-Wallis H	18,924
Df	6
Asymp. Sig.	,004

Keterangan :
a = Hasil uji *kruskal-wallis* terhadap *Staphylococcus aureus*
b = Hasil uji *kruskal-wallis* terhadap *Staphylococcus epidermidis*

Tabel 6. Hasil uji *Mann-Whitney* kelompok perlakuan terhadap diameter zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*

Uji *Mann-Whitney*

Kelompok perlakuan	F1	F2	F3	CaO NPs	E.BP	K+	K-
F1		0,050*	0,050*	0,513	0,050*	0,050*	0,037*
F2	0,050*		0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,037*
F3	0,050*	0,050*		0,050*	0,050*	0,050*	0,037*
CaO NPs	0,513	0,050*	0,050*		0,050*	0,050*	0,037*
E.BP	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*		0,050*	0,037*
K+	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*		0,037*
K-	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	

Uji *Mann-Whitney*

Kelompok perlakuan	F1	F2	F3	CaO NPs	E.BP	K+	K-
F1		0,127	0,050*	0,827	0,050*	0,050*	0,037*
F2	0,127		0,050*	0,127	0,050*	0,050*	0,037*
F3	0,050*	0,050*		0,050*	0,050*	0,050*	0,037*
CaO NPs	0,827	0,127	0,050*		0,050*	0,050*	0,037*
E.BP	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*		0,050*	0,037*
K+	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*		0,037*
K-	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	0,037*	

Keterangan :

a : Hasil uji post hoc man whitney terhadap *Staphylococcus aureus*

b : Hasil uji post hoc man whitney

terhadap *Staphylococcus epidermidis*

*) Berbeda secara signifikan

PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan sampel bawang putih lalu mengupas dan membersihkan bawang putih kemudian di iris. Kemudian hasil irisan ini di oven selama 3 hari dengan suhu 40 °C ketika sudah kering kemudian diblender hingga terbentuk serbuk halus atau simplisia selanjutnya simplisia ini dilakukan ekstraksi dengan menggunakan metode maserasi. Simplisia yang sudah dihaluskan kemudian ditimbang dan didapatkan sebanyak 500 gram serbuk halus bawang putih kemudian simplisia ini diekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 3 hari dengan pengadukan beberapa kali.

Ekstraksi maserasi merupakan proses pencarian senyawa kimia secara sederhana yaitu dengan cara merendam simplisia pada suhu kamar dengan menggunakan pelarut yang sesuai sehingga bahan menjadi lunak dan larut. metode maserasi sangat efektif untuk ekstraksi senyawa bioaktif dari tanaman obat karena kesederhanaan dan fleksibilitasnya. Selain itu, maserasi dapat diadaptasi dengan berbagai jenis pelarut dan kondisi ekstraksi untuk mengoptimalkan hasil ekstraksi senyawa bioaktif yang diinginkan (Zhang *et al.*, 2023).

Setelah dilakukan maserasi kemudian dilanjutkan dengan evaporasi untuk mendapatkan ekstrak kental. Evaporasi dilakukan dengan menggunakan rotary evaporator yang diatur dengan suhu 40-50 °C selama satu hingga dua jam. Lalu didapatkan ekstrak kental bawang putih sebanyak 92 gram dan hasil rendemen campuran CaO

nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih sebesar 18,4%. Di dapatkan hasil penelitian yang di dapatkan Pudiarianti *et al.*, (2022) ekstraksi bawang putih menggunakan pelarut etanol 96% dengan 27 metode maserasi diperoleh persen rendemen sebesar 8,9±0,12%. Menghitung rendemen ekstrak merupakan langkah penting dalam proses ekstraksi karena membantu dalam mengukur efisiensi dan mengevaluasi kandungan senyawa aktif. Rendemen yang tinggi menunjukkan proses ekstraksi yang efisien dan efektif, sedangkan rendemen yang rendah mungkin memerlukan penyesuaian metode ekstraksi atau menunjukkan rendahnya kandungan senyawa aktif dalam bahan mentah (Rodríguez De Luna *et al.*, 2020).

Selanjutnya dilakukan proses karakterisasi dengan menggunakan campuran CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih dengan perbandingan 1:3. Karakterisasi ini dilakukan untuk melihat keberadaan CaO dan ekstrak bawang putih itu sendiri ketika sudah dicampurkan. Karakterisasi dilakukan dengan 3 metode uji yaitu XRD (*X-ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*).

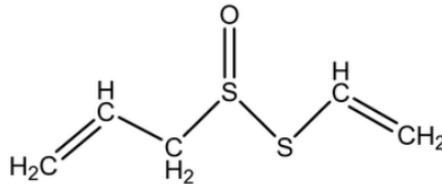
Hasil karakterisasi CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih dilakukan menggunakan XRD. Prinsip kerja XRD yaitu, menganalisis struktur kristal bahan dengan memantulkan sinar-X ke dalam sampel dan mengukur pola difraksi yang dihasilkan. Pola difraksi ini memberikan informasi tentang

jarak antar lapisan dalam struktur kristal, ukuran butiran, dan orientasi kristalografi (Ali *et al.*, 2022). XRD berguna untuk menentukan fase kristalin dan struktur bahan. Hasil yang didapatkan menunjukkan puncak-puncak yang tajam, yang menunjukkan bahwa nanopartikel CaO memiliki struktur kristalin yang baik. Puncak-puncak yang diamati pada sudut 2θ sekitar 32° , 37° , dan 54° mengindikasikan fase kristalin dari CaO yang terbentuk. Struktur kristalin yang baik ini berkontribusi pada stabilitas dan reaktivitas kimia dari nanopartikel, yang merupakan faktor penting dalam aktivitas antibakteri. Kristalinitas yang tinggi memungkinkan nanopartikel memiliki titik kontak yang lebih efektif dengan dinding sel bakteri, yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada bakteri dan meningkatkan efektivitas antibakteri. Kemudian karakterisasi CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih dilanjutkan menggunakan SEM. Prinsip kerja SEM yaitu, dengan menembakkan sinar elektron ke sampel dan menganalisis elektron yang dipantulkan atau yang dilepaskan dari permukaan sampel. Hasilnya adalah gambar resolusi tinggi dari morfologi dan topografi sampel (Koga *et al.*, 2021). SEM memungkinkan analisis detail struktur permukaan pada tingkat mikroskopis dan bahkan nanometrik. Hasil yang didapat menunjukkan morfologi permukaan dari nanopartikel CaO yang terdispersi dengan baik dengan ukuran partikel yang seragam. Adanya partikel-partikel dengan morfologi yang tidak beraturan dan distribusi ukuran yang relatif kecil mengindikasikan bahwa proses sintesis berjalan dengan baik. Dispersi yang baik ini penting karena ukuran dan morfologi nanopartikel dapat mempengaruhi aktivitas antibakterinya, di mana nanopartikel dengan ukuran yang

lebih kecil dan morfologi yang seragam umumnya memiliki luas permukaan yang lebih besar untuk interaksi dengan bakteri, sehingga meningkatkan efektivitas antibakteri. Selanjutnya karakterisasi CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih dilakukan menggunakan FTIR. Prinsip kerja FTIR yaitu, mengukur spektrum inframerah dari sebuah sampel dengan mencatat penyerapan atau transmitansi radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi komponen kimia dan kelompok fungsional dalam senyawa dengan menganalisis pola absorpsi yang unik pada spektrum inframerah (Su Lee, 2020). Hasil yang didapat menunjukkan 10 daerah serapan, dimana masing-masing serapan tersebut terdapat beberapa gugus fungsi seperti fenol, alifatik, nitril, aromatik, karbonil, ester, amina dan kalsium oksida. beberapa puncak signifikan yang di dapat mengindikasikan adanya berbagai gugus fungsi yang terlibat dalam sintesis nanopartikel. Puncak pada 3637.9 cm^{-1} terkait dengan gugus O-H yang berasal dari molekul air atau gugus hidroksil yang teradsorpsi pada permukaan nanopartikel. Selain itu, puncak pada 1580.4 cm^{-1} dan 1416.4 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus C=C atau C=O, yang berasal dari komponen organik dalam ekstrak bawang putih yang teradsorpsi pada permukaan nanopartikel. Puncak yang terlihat pada daerah di 924.4 cm^{-1} dan 820.0 cm^{-1} menunjukkan adanya keberadaan ikatan Ca-O, yang mengkonfirmasi terbentuknya CaO. Adanya gugus-gugus fungsi ini menunjukkan bahwa komponen bioaktif dari ekstrak bawang putih berhasil terkonjugasi dengan nanopartikel CaO, yang dapat meningkatkan sifat antibakteri dari

nanopartikel tersebut. Hasil serapan pada gambar 3 dapat menunjukkan gugus yang terdapat pada struktur allicin pada gambar 4.7. Hasil ketiga karakterisasi ini menunjukkan bahwa CaO nanopartikel (CaO NPs) yang dicampurkan dengan ekstrak bawang putih memiliki morfologi yang baik, struktur kristalin yang terdefinisi,

dan konjugasi yang berhasil dengan komponen bioaktif dari bawang putih. Hal ini secara sinergis berkontribusi terhadap peningkatan sifat antibakteri dari nanopartikel CaO, membuatnya lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri.



Gambar 6. Struktur *Allicin* (Ojha L. K., 2020)

Selain *allicin* yang dikenal luas sebagai senyawa utama dengan aktivitas antibakteri, terdapat beberapa senyawa lain yang juga berkontribusi terhadap aktivitas tersebut. Senyawa-senyawa ini termasuk *ajoene*, *diallyl disulfide*, *diallyl trisulfide*, flavonoid dan saponin. *Ajoene* telah diketahui memiliki aktivitas anti mikroba yang kuat, terutama terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. *Diallyl disulfide* dan *diallyl trisulfide* juga berperan penting dalam menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme patogen. Pada tabel 3 menunjukkan beberapa serapan dimana serapan tersebut merupakan metabolit sekunder dalam bawang putih, seperti *allicin*, flavonoid, dan saponin.

Penelitian dilanjutkan dengan pengujian antibakteri dengan menggunakan metode sumuran kemudian di analisis data menggunakan *kruskal-wallis*. Metode sumuran (*well diffusion*) digunakan pada penelitian kali ini karena metode ini sederhana, mudah dilakukan, dan memungkinkan untuk mengukur kemampuan anti mikroba dari

sampel cair atau ekstrak terhadap berbagai jenis mikroorganisme. Dalam metode ini, sampel diuji dengan cara menempatkannya ke dalam sumuran yang dibuat pada media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Difusi senyawa aktif dari sampel ke dalam media agar menghasilkan zona hambatan di sekitar sumuran, yang kemudian dapat diukur untuk menentukan efektivitas antibakteri. Metode sumuran juga memungkinkan untuk menguji beberapa sampel sekaligus dalam satu piring agar, mempermudah perbandingan antara sampel yang berbeda. Selain itu, metode ini efektif untuk mengevaluasi ekstrak tanaman atau nanopartikel yang mungkin memiliki viskositas atau sifat yang berbeda dibandingkan dengan metode lain seperti *disk diffusion*. Hasil dari penelitian ini diperoleh dengan cara mengukur zona bening atau zona hambat menggunakan jangka sorong. Rata-rata diameter zona hambatan pada pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan pemberian berbagai campuran CaO nanopartikel (CaO NPs) dengan ekstrak bawang putih

pada formulasi F1, F2, F3, CaO nanopartikel murni konsentrasi 50% dan ekstrak bawang putih murni yang dapat di lihat pada tabel 1 dan 2.

Data hasil uji dilakukan menggunakan SPSS. Prinsip kerja spss yaitu, meliputi pengolahan data, pengujian hipotesis, dan pembuatan model statistik. SPSS memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis statistik deskriptif, inferensial, dan multivariat (Sen Yildirim, 2022). Selanjutnya dilakukan uji normalitas *Shapiro-wilk* terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*. uji *Shapiro-Wilk* digunakan untuk menguji normalitas distribusi data. Hasil yang didapatkan pada tabel 4.5 disimpulkan bahwa semua kelompok perlakuan terdistribusi normal ($p > 0,05$). Setelah itu dilanjutkan dengan uji homogenitas varian data *Levene*, uji ini dilakukan untuk mendeteksi apakah data yang didapatkan homogen atau tidak. Hasil uji homogenitas terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yaitu, 0,19 sedangkan pada *Staphylococcus epidermidis* sebesar 0,42. Uji homogenitas varian data *Levene* dikatakan homogen jika ($p > 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa data diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* memiliki varian yang berbeda (heterogen).

Uji *kruskal-wallis* kemudian dilakukan karena data terdistribusi normal namun tidak homogen. Uji *kruskal-Wallis* merupakan cara uji non-para metrik yang digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara dua atau lebih kelompok independen. Tes ini digunakan untuk membandingkan median dari berbagai kelompok untuk melihat apakah ada bukti yang cukup untuk

menyimpulkan bahwa setidaknya satu kelompok berbeda dari yang lain. Hasil uji *kruskal-wallis* menunjukkan adanya satu kelompok yang berbeda dengan yang lain pada *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* yaitu, kontrol positif sebesar 20. Kemudian dilihat bahwa nilai signifikansi adalah 0,004 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara semua kelompok perlakuan yaitu, F1, F2, F3, CaO NPs, E.BP, Kontrol positif (klindamisin) dan kontrol negatif (aquades) terhadap rata rata diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*.

Selanjutnya dilakukan uji statistik post hoc menggunakan *Mann-Whitney*. Uji *Mann-Whitney* digunakan untuk membandingkan dua kelompok independen untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan antara keduanya dalam hal distribusi. Ini adalah uji non-parametrik yang digunakan ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas. Hasil yang didapatkan menunjukkan F2 dan F3 memiliki efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan F1 terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* dengan perbedaan signifikan terhadap kontrol positif (K+) dan kontrol negatif (K-), sementara E.BP sangat efektif terhadap hampir semua kelompok perlakuan, dan CaO NPs kurang efektif dibandingkan F2, F3, dan E.BP karena beberapa nilai p yang tidak signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa F3 adalah formulasi yang paling efektif sebagai antibakteri di antara F1, F2, dan F3 terhadap kedua jenis bakteri yang diuji.

KESIMPULAN

Campuran CaO nanopartikel dengan ekstrak bawang putih memiliki efek antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*, dimana formulasi F3 merupakan formulasi yang paling efektif ditandai dengan adanya zona hambat terbesar dibandingkan formulasi lain. Selain itu, karakterisasi SEM, XRD, dan FTIR mendukung peningkatan aktivitas antibakteri dengan menunjukkan modifikasi morfologi, kehadiran gugus-gugus fungsional bioaktif, dan kontrol ukuran partikel yang memperkuat efek antibakteri dari nanopartikel tersebut.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efektivitas campuran nanopartikel CaO dan ekstrak bawang putih secara in vivo pada model hewan untuk memastikan keamanan dan efikasinya dalam kondisi biologis. Selain itu, studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengevaluasi toksisitas jangka panjang, stabilitas nanopartikel, serta potensi aktivitasnya terhadap bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Pengembangan formulasi topikal, seperti salep atau gel, juga dapat menjadi langkah penting untuk aplikasi klinis.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan pendanaan program penelitian kepada penulis dengan Nomor Kontrak Induk 104/E5/PG.02.00.PL/2024 dan Kontrak Turunan 1107/LL2/KP/PL/2024,497.72.40606.24 dengan Judul "Efektivitas Sintesis CaO Nanopartikel dari Cangkang Telur Ayam dengan Minyak

Kemangi Sebagai Obat Ulkus Luka Diabetikum"

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Chiang, Y. W., Santos, R. M. (2022). *X-Ray Diffraction Techniques For Mineral Characterization: A Review For Engineers Of The Fundamentals, Applications, And Research Directions. Minerals, 12(2).*
- Basavegowda, N., Baek, K. H. (2022). *Combination Strategies Of Different Antimicrobials: An Efficient And Alternative Tool For Pathogen Inactivation. In Biomedicines (Vol. 10, Issue 9). Mdpi.*
- Fadila Fitriana, N., Rachmalia, N., & Mukhlisah, I. (2024). Review: Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper Betle Linn.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *13(1), 32-46.*
- Indrayati Sri, Diana Eno Pivin. (2020). Uji Efektifitas Larutan Bawang Putih (*Allium Sativum*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Epidermidis*.
- Jadhav, V., Bhagare, A., Wahab, S., Lokhande, D., Vaidya, C., Dhayagude, A., Khalid, M., Aher, J., Mezni, A., & Dutta, M. (2022). *Green Synthesized Calcium Oxide Nanoparticles (CaO Nps) Using Leaves Aqueous Extract Of Moringa Oleifera And Evaluation Of Their Antibacterial Activities. Journal Of Nanomaterials, 2022.*
- Khan, A. U., Hussain, T., Abdullah, Khan, M. A., Almostafa, M. M., Younis, N. S., & Yahya, G. (2023). *Antibacterial And Antibiofilm Activity Of Ficus Carica-Mediated Calcium Oxide (Caonps) Phyto-Nanoparticles.*

- Molecules*, 28(14).
- Koga, D., Kusumi, S., Shibata, M., Watanabe, T. (2021). Applications Of Scanning Electron Microscopy Using Secondary And Backscattered Electron Signals In Neural Structure.
- Krishna, S. B. N. (2021). Emergent Roles Of Garlic-Based Nanoparticles For Bio-Medical Applications-A Review. In *Current Trends In Biotechnology And Pharmacy* (Vol. 15, Issue 3, Pp. 349-360). Association Of Biotechnology And Pharmacy.
- Lestari, H. D., Asri, M. T., Biologi, J., Matematika, F., Pengetahuan, I., Universitas, A., & Surabaya, N. (2021). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Terhadap *Staphylococcus Epidermidis* Antibacterial Activity Of Cocoa Pod Husk Extract (*Theobroma Cacao L.*) Against *Staphylococcus Epidermidis*. 10, 302-308.
- Linz, M. S., Mattappallil, A., Finkel, D., Parker, D. (2023). Clinical Impact Of *Staphylococcus Aureus* Skin And Soft Tissue Infections. In *Antibiotics* (Vol. 12, Issue 3). Mdpi.
- Maheswary, T., Nurul, A. A., Fauzi, M. B. (2021). The Insights Of Microbes' Roles In Wound Healing: A Comprehensive Review. *Pharmaceutics*, 13(7).
- Pudiarifanti, N., Farizal, J., Analisis Kesehatan, J., Kemenkes Bengkulu, P. (2022). Skrining Fitokimia Dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bawang Putih Tunggal Terhadap *Staphylococcus Aureus*. In *Jurnal Farmasi Higea* (Vol. 14, Issue 1).
- Rodríguez De Luna, S. L., Ramírez-Garza, R. E., Serna Saldívar, S. O. (2020). Environmentally Friendly Methods For Flavonoid Extraction From Plant Material: Impact Of Their Operating Conditions On Yield And Antioxidant Properties. In *Scientific World Journal* (Vol. 2020). Hindawi Limited.
- Sen, S., Yildirim, I. (2022). A Tutorial On How To Conduct Meta-Analysis With Ibm Spss Statistics. *Psych*, 4(4), 640-667.
- Siciliano, V., Passerotto, R. A., Chiuchiarelli, M., Leanza, G. M., & Ojetti, V. (2023). Difficult-To-Treat Pathogens: A Review On The Management Of Multidrug-Resistant *Staphylococcus Epidermidis*. In *Life* (Vol. 13, Issue 5). Mdpi.
- Su, K. Y., Lee, W. L. (2020). Fourier Transform Infrared Spectroscopy As A Cancer Screening And Diagnostic Tool: A Review And Prospects. In *Cancers* (Vol. 12, Issue 1). Mdpi Ag.
- Wahyuningsih, K., Perdani, L. (2020). Aktivitas Partikel Nano Cao Dari Kulit *Pinctada Maxima* Sebagai Anti Mikroba. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(1), 14.
- Zhang, M., Zhao, J., Dai, X. Li, X. (2023). Extraction And Analysis Of Chemical Compositions Of Natural Products And Plants. In *Separations* (Vol. 10, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Mdpi).