

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs)
EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP *Propionibacterium acnes*
DAN *Staphylococcus aureus* PENYEBAB JERAWAT**

SKRIPSI

**Oleh:
PUTRI SARMILA AGUSTINA
NIM. 210602110008**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2025

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs)
EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP *Propionibacterium acnes*
DAN *Staphylococcus aureus* PENYEBAB JERAWAT**

SKRIPSI

**Oleh:
PUTRI SARMILA AGUSTINA
NIM. 210602110008**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2025

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs)
EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP *Propionibacterium acnes*
DAN *Staphylococcus aureus* PENYEBAB JERAWAT**

SKRIPSI

Oleh:
PUTRI SARMILA AGUSTINA
NIM. 210602110008

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal:

Pembimbing I



Prof. Dr. drh. Hj. Bavvinatul M., M.Si
NIP. 19710919 200003 2 001

Pembimbing II



Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag
NIP. 19720420 200212 1 003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi

Maulana Malik Ibrahim Malang



Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs)
EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP *Propionibacterium acnes*
DAN *Staphylococcus aureus* PENYEBAB JERAWAT**

SKRIPSI

**Oleh:
PUTRI SARMILA AGUSTINA
NIM. 210602110008**

**Telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai salah satu
persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 12 Juni 2025**

Ketua Penguji	: Dr. Kiptiyah, M.Si	(.....)
	NIP. 19731005 200212 2 003	
Anggota Penguji I	: Maharani Retna D., Ph.D. Med. Sc	(.....)
	NIP. 198806212020102 2 003	
Anggota Penguji II	: Prof. Dr. drh. Bayyinatul, M, M.Si	(.....)
	NIP. 19710910 200003 2 001	
Anggota Penguji III	: Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag	(.....)
	NIP. 19720420 200212 1 003	

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi
Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P**



**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah, atas limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Proses penyusunan skripsi ini, bukan lah hal yang mudah, penulis mengalami berbagai tantangan dan rintangan. Namun, setia p langkah dalam proses ini memberikan pelajaran yang sangat berharga. Skripsi ini menjadi bukti nyata perjuangan penulis menempuh pendidikan selama 4 tahun. Maka, dengan penuh rasa syukur, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak La Munara dan Ibu Sayana (*rahimallah*), yang menjadi sumber kekuatan penulis. Terima kasih untuk segala cinta, kasih sayang serta doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis, sejak penulis hadir ke dunia hingga sampai di titik ini. Semoga Allah memberikan tempat terbaik di sisi-Nya untuk Ibu.
2. Saudara-saudara tercinta, Yuniarti, Darfin, Aldi Sunaryo, Alan Sunardi, Rosida Marsia Citra Andini, Bintang Taufik Maulana, Bulan Bintang Wahdana, Bunga Citra Laila Jannah. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan, semangat dan tawa yang kalian berikan dalam setiap langkah penulis.
3. Ibu sambung, Sri Muliati. Terima kasih atas kebaikan dan dukungan yang tulus sejak awal bertemu.
4. Keponakan tersayang, Naylah Nurul Sayana dan Nu'man. Terima kasih telah menjadi penyemangat tersendiri di setiap langkah perjuangan penulis.
5. Nenek terkasih, Ibu Wa Bani dan Ibu Wa Hido. Terima kasih atas perhatian dan doa yang tidak pernah pudar selama ini.
6. Yang tercinta, Jumaidin. Terima kasih atas kesabaran dan pengertian yang diberikan kepada penulis selama masa pendidikan.
7. Sahabat terkasih, Hafidzoh, Nur Halizah dan Isabella. Terima kasih telah menjadi teman berbagi cerita dan semangat selama masa pendidikan penulis.
8. Sahabat seperjuangan, Zahra Yuni Lestari dan Lubna Nora Sauqina. Terima kasih atas kerjasama, dukungan dan kebersamaan selama menjalani masa kuliah.
9. Dosen pembimbing dan seluruh dosen biologi. Terima kasih atas ilmu yang diberikan kepada penulis selama masa pendidikan.
10. Teman satu kelas, satu bimbingan dan satu angkatan. Terima kasih atas kebersamaan, kerjasama dan kenangan selama masa kuliah,
11. Untuk diri sendiri, Putri Sarmila Agustina. Terima kasih sudah berusaha, bertahan dan tidak menyerah hingga sampai di titik ini.

MOTTO

“Percayalah, kamu akan sampai selama kamu terus berjuang”

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Sarmila Agustina
NIM : 210602110008
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak (AgNPs)
Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*) terhadap
Propionibacterium acnes dan *Staphylococcus aureus*
Penyebab Jerawat

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian yang ditulis ini merupakan hasil karya sendiri dan tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian ilmiah milik orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam sumber kutipan dalam daftar pustaka. Apabila pernyataan hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur penjiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi dan bertanggungjawab mengikuti proses hukum yang berlaku.

Malang, 25 Mei 2025

Yang Membuat Pernyataan



Putri Sarmila Agustina

NIM. 210602110008

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs)
EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP *Propionibacterium acnes*
DAN *Staphylococcus aureus* PENYEBAB JERAWAT**

Putri Sarmila Agustina, Bayyinatul Muchtaromah, Munirul Abidin

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Jerawat dapat disebabkan oleh bakteri seperti *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* yang umumnya dapat diobati dengan antibiotik. Namun, pemberian antibiotik dapat menimbulkan resistensi. Oleh karena itu, diperlukan agen antibakteri alternatif yang tidak menyebabkan resistensi. Nanopartikel perak berpotensi sebagai agen antibakteri yang efektif terhadap bakteri resisten, karena memiliki aktivitas spektrum luas. Dalam penelitian ini, nanopartikel perak disintesis menggunakan ekstrak kunyit (*Curcuma longa*) yang juga memiliki aktivitas antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antibakteri nanopartikel perak-ekstrak kunyit terhadap bakteri penyebab jerawat. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, dengan parameter uji meliputi zona hambat, konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM). Uji zona hambat dilakukan pada konsentrasi 100, 150, 200 dan 250 mg/mL dengan empat kali ulangan, sedangkan uji KHM dan KBM menggunakan konsentrasi 7,81, 15,62, 31,25, 62,5, 125 dan 250 mg/mL dengan tiga kali ulangan. Hasil menunjukkan bahwa zona hambat terbesar terhadap *S. aureus* berturut-turut adalah $14,38 \pm 2,69$, $12,50 \pm 1,00$, $11,00 \pm 3,16$ dan $10,80 \pm 2,75$ mm. Zona hambat terbesar terhadap *P. acnes* secara berturut-turut adalah $7,00 \pm 1,08$, $5,50 \pm 0,71$, $3,70 \pm 1,65$ dan $4,13 \pm 1,22$ mm. Nilai KHM nanopartikel perak-kunyit terhadap kedua bakteri yaitu 15,62 mg/mL. Nilai KBM nanopartikel perak-kunyit terhadap *S. aureus* yaitu 62,5 mg/mL dan terhadap *P. acnes* 31,25 mg/mL. Nanopartikel perak-kunyit efektif sebagai agen antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat, dengan efektivitas lebih tinggi terhadap *S. aureus*.

Kata kunci: antibakteri, nanopartikel perak, *Curcuma longa*, jerawat

Antibacterial Activity Test of Silver Nanoparticles (AgNPs) from Turmeric (*Curcuma longa*) Extract Against Acne-Causing Bacteria *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus*

Putri Sarmila Agustina, Bayyinatul Muchtaromah, Munirul Abidin

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang

ABSTRACT

Acne can be caused by bacteria such as *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus*, which can generally be treated with antibiotics. However, the use of antibiotics can lead to resistance. Therefore, alternative antibacterial agents that do not cause resistance are needed. Silver nanoparticles have the potential to be effective antibacterial agents against resistant bacteria, as they have broad-spectrum activity. In this study, silver nanoparticles were synthesized using turmeric extract (*Curcuma longa*), which also has antibacterial activity. This study aims to test the antibacterial activity of silver nanoparticles-turmeric extract against acne-causing bacteria. This is an experimental study, with test parameters including zone of inhibition, minimum inhibitory concentration (MIC), and minimum bactericidal concentration (MBC). The zone of inhibition test was conducted at concentrations of 100, 150, 200, and 250 mg/mL with four replicates, while the MIC and MBC tests used concentrations of 7.81, 15.62, 31.25, 62.5, 125, and 250 mg/mL with three replicates. The results showed that the largest inhibition zones against *S. aureus* were 14.38 ± 2.69 , 12.50 ± 1.00 , 11.00 ± 3.16 , and 10.80 ± 2.75 mm, respectively. The largest inhibition zones against *P. acnes* were 7.00 ± 1.08 , 5.50 ± 0.71 , 3.70 ± 1.65 , and 4.13 ± 1.22 mm. The MIC value of silver-turmeric nanoparticles against both bacteria was 15.62 mg/mL. The MBC value of silver-turmeric nanoparticles against *S. aureus* was 62.5 mg/mL and against *P. acnes* was 31.25 mg/mL. Silver-turmeric nanoparticles are effective as antibacterial agents against acne-causing bacteria, with higher efficacy against *S. aureus*.

Keywords: *antibacterial*, silver nanoparticle, *Curcuma longa*, *acne*

المُستخلصة من الكُرْكُم (AgNPs) اختبارُ فَعَالِيَّةِ النِّشَاطِ المُضَادِّ للبِكْتِيرِيَا لِجُسَيْمَاتِ الفِضَّةِ النَّنَوِيَّةِ
***Propionibacterium acnes* وَ *Staphylococcus aureus* ضِدَّ (*Curcuma longa*)**
المُسَبِّبَتَيْنِ لِحَبِّ الشَّبَابِ

بُنِيَ سَرْمِيلاً أَعْسَتِينَا، بَيَّنَّهُ الْمُخْتَارُ مَهْ، مُنِيرُ الْعَابِدِينَ

بِرَنَامَجِ الدِّرَاسَاتِ الْأَخْيَانِيَّةِ، كُلِّيَّةُ الْعُلُومِ وَالتَّكْنُولُوجِيَا، الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الْوُطْنِيَّةُ مَوْلَانَا مَلِكُ إِبْرَاهِيمَ
مَالَانَج

المُلَخَّصُ

‘*Staphylococcus aureus* و *Propionibacterium acnes* حب الشباب يمكن أن يسببه بكتيريا مثل والتي يمكن علاجها عادةً بالمضادات الحيوية. ومع ذلك، فإن استخدام المضادات الحيوية يمكن أن يؤدي إلى مقاومة. لذلك، هناك حاجة إلى عوامل مضادة للبكتيريا بديلة لا تسبب مقاومة. جزيئات الفضة النانوية لها إمكانية أن تكون عاملاً مضاداً للبكتيريا فعالاً ضد البكتيريا المقاومة، لأنها تتمتع بنشاط واسع النطاق. في هذه الدراسة، تم تصنيع جزيئات الفضة النانوية باستخدام مستخلص الكركم (*Curcuma longa*) أيضاً بنشاط مضاد للبكتيريا. تهدف هذه الدراسة إلى اختبار النشاط المضاد للبكتيريا لجزيئات الفضة النانوية المستخلصة من الكركم ضد البكتيريا المسببة لحب الشباب. هذه الدراسة هي دراسة تجريبية، وتشمل معايير اختبار منطقة (KBM) والتركيز الأدنى القاتل (KHM) الاختبار منطقة التثبيط، والتركيز الأدنى المثبط KHM التثبيط أجري بتركيزات 100 و 150 و 200 و 250 مجم/مل مع أربع مرات تكرار، بينما اختبار استخدم تركيزات 7.81 و 15.62 و 31.25 و 62.5 و 125 و 250 مجم/مل مع ثلاث مرات KBM و كانت على التوالي 2.69 ± 14.38 و 12.50 *S. aureus* تكرار. أظهرت النتائج أن أكبر منطقة تثبيط ضد فهي على التوالي *P. acnes* و 3.16 ± 11.00 و 2.75 ± 10.80 ملم. أما أكبر منطقة تثبيط ضد $1.00 \pm$ للجسيمات النانوية KHM و 0.71 ± 5.50 و 1.65 ± 3.70 و 1.22 ± 4.13 ملم. قيمة 1.08 ± 7.00 *S. aureus* للجسيمات النانوية الفضة-الكركم تجاه KBM الفضية والكركم ضد البكتيريتين هي 15.62 مجم/مل. قيمة مجم/مل. الجسيمات النانوية الفضة-الكركم فعالة 31.25 *P. acnes* هي 62.5 مجم/مل وتجاه *aureus* *S. aureus*. كعامل مضاد للجراثيم تجاه البكتيريا المسببة لحب الشباب، مع فعالية أعلى تجاه

حب الشباب، مضادة للبكتيريا، *Curcuma longa*: الكَلِمَاتُ الْمُفْتَاتِحِيَّةُ

KATA PENGANTAR

Assalaamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah *subhaanahu wata'ala* karena atas limpahan rahmat dan inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak (AgNPs) Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* Penyebab Jerawat. Shalawat dan salam tak lupa pula penulis haturkan kepada Nabi besar Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* yang telah membawa umat islam dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Penulis memahami bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan semua pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA., selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Hj. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P., selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si dan Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag selaku dosen pembimbing I dan II yang telah penuh dedikasi membimbing, memberikan arahan, serta dukungan selama penyusunan skripsi ini, sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
5. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberi dukungan dan masukan, sehingga penulis dapat melaksanakan studi dengan baik
6. Seluruh dosen, laboran dan staff Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang ikut berpartisipasi dalam masa studi penulis
7. Orang tua penulis Bapak La Munara dan saudara-saudara penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan setiap saat kepada penulis.

Penulis berharap penyusunan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalaamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 7 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
المُلخَصُ.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.3 Rumusan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Batasan Masalah.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pemanfaatan Tumbuhan sebagai Obat dalam Perspektif Islam.....	9
2.2 Jerawat.....	11
2.3 Bakteri Penyebab Jerawat.....	14
2.4 <i>Propionibacterium acnes</i>	14
2.4.1 Klasifikasi	14
2.4.2 Deskripsi dan Morfologi.....	14
2.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	16
2.5.1 Klasifikasi	16
2.5.2 Deskripsi dan Morfologi.....	16

2.6 Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	18
2.6.1 Klasifikasi	18
2.6.2 Deskripsi	18
2.6.3 Kandungan dan Manfaat	19
2.6.4 Potensi Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) sebagai Agen Antibakteri.....	20
2.7 Nanopartikel	21
2.7.1 Nanopartikel Perak (AgNPs)	25
2.7.2 Sintesis Nanopartikel Perak (AgNP s)	28
2.7.3 Potensi Nanopartikel Perak (AgNPs) sebagai Agen Antibakteri	29
2.8 Uji Aktivitas Antibakteri.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Waktu dan Tempat	34
3.3 Variabel Penelitian.....	34
3.3.1 Variabel Bebas	34
3.3.2 Variabel Terikat.....	34
3.3.3 Variabel Kontrol.....	35
3.4 Alat dan Bahan	35
3.4.1 Alat.....	35
3.4.2 Bahan	35
3.5 Prosedur Penelitian.....	36
3.5.1 Ekstraksi.....	36
3.5.2 Sintesis Nanopartikel Perak Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	36
3.5.3 Uji Aktivitas Antibakteri	37
3.5.3.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	37
3.5.3.2 Pembuatan Media.....	37
3.5.3.3 Peremajaan Bakteri Uji	38
3.5.3.4 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji.....	38
3.5.3.5 Uji Daya Hambat.....	38
3.5.3.6 Uji KHM	39
3.5.3.7 Uji KBM.....	40
3.5.4 Analisis Data.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Zona Hambat Nanopartikel Perak Kunyit (<i>Curcuma longa</i>).....	41
4.2 Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Nanopartikel Perak Kunyit (<i>Curcuma longa</i>).....	52
4.3 Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Nanopartikel Perak Kunyit (<i>Curcuma longa</i>).....	56
4.4 Potensi Nanopartikel Perak Kunyit sebagai Antibakteri dalam Perspektif Islam	59
BAB V.....	65
PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Kategori Daya Hambat Bakteri	31
Tabel 4. 1 Diameter Zona Hambat (mm) Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap Propionibacterium acnes	42
Tabel 4. 2 Diameter Zona Hambat (mm) Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap Staphylococcus aureus	42
Tabel 4. 3 Rerata Diameter Zona Hambat Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap Propionibacterium acnes dan Staphylococcus aureus.....	42
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Uji KHM secara Visual.....	52
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Angka Lempeng Total (CFU/mL).....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Morfologi Mikroskopis <i>S. aureus</i> (Hayati dkk., 2019).....	17
Gambar 2. 2 Struktur Kukurminoid; a) kurkumin, b) demethoxycurcumin, c) bisdemethoxycurcumin	19
Gambar 2. 3 Metode Top-Down (Patil <i>et al.</i> , 2021)	23
Gambar 2. 4 Metode Bottom-Up (Patil <i>et al.</i> , 2021)	24
Gambar 2. 5 Sintesis Nanopartikel dengan Ekstrak Tanaman.....	25
Gambar 4. 1 Zona Hambat Gambar 4. 2 Zona Hambat	41
Gambar 4. 3 Pertumbuhan koloni <i>Propionibacterium acnes</i> pada media MHA .	57
Gambar 4. 4 Pertumbuhan koloni <i>Staphylococcus aureus</i> pada media MHA.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Alur Penelitian	74
Lampiran 2. Prosedur Uji Antibakteri	75
Lampiran 3. Data Hasil Uji Antibakteri	78
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	79
Lampiran 5. Uji Statistik Non-Parametrik	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Kulit merupakan organ terbesar pada tubuh manusia yang berada di bagian paling luar dan melapisi seluruh permukaannya. Karena posisinya yang berada di luar, kulit menjadi bagian pertama yang merespons berbagai rangsangan seperti sentuhan, nyeri, maupun paparan faktor lingkungan yang merugikan. Kondisi ini menjadikan kulit lebih rentan terhadap berbagai gangguan, salah satunya adalah jerawat, yang menjadi salah satu keluhan kulit paling umum di masyarakat. (Fitriana & Raharjo, 2024).

Di kawasan Asia Tenggara, prevalensi jerawat dilaporkan mencapai 40–80%. Berdasarkan data dari kelompok studi dermatologi kosmetik di Indonesia, tercatat bahwa sebanyak 83–85% individu mengalami jerawat pada periode 2019 hingga 2021, dengan total 243 kasus. Umumnya, jerawat disebabkan oleh infeksi bakteri gram positif seperti *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* (Nurfitriana *et al.*, 2021).

Secara umum, jerawat dapat diobati menggunakan antibiotik seperti NaCl, tetrasiklin, eritromisin, doksisisiklin dan klindamisin. Namun, pemberian antibiotik tersebut dapat menimbulkan resistensi. Penelitian (Zahrah *et al.*, 2018) menyatakan bahwa *Propionibacterium acnes* menunjukkan tingkat resistensi terhadap beberapa jenis antibiotik, yaitu sebesar 12,9% terhadap tetrasiklin, 45,2% terhadap eritromisin, dan 61,3% terhadap klindamisin. Resistensi antibiotik menyebabkan jerawat sulit untuk disembuhkan karena bakteri penyebab penyakit ini telah resisten. Oleh karena itu diperlukan agen antibakteri yang tidak menimbulkan resistensi guna meminimalisir efek samping (Wulansari *et al.*, 2019).

Penelitian Dharman *et al* (2023) menyatakan bahwa nanopartikel perak dapat menjadi agen antibakteri yang baik pada bakteri resisten. Nanopartikel perak memiliki aktivitas antibakteri berspektrum luas (Mohammadi *et al.*, 2021). Hal ini pun yang kemudian menyebabkan nanopartikel perak dapat mengurangi pertumbuhan bakteri resisten (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Nanopartikel perak dapat dengan metode pereduksi kimia seperti askorbat, trisodium sitrat, hidrazin dan natrium borohidrida. Namun, nanopartikel perak yang disintesis dengan metode ini menghasilkan hasil kemurnian yang rendah, membutuhkan energi yang banyak dan biaya mahal. Oleh karena itu, guna mengatasi masalah ini, dilakukan sintesis nanopartikel perak dari zat biologis dengan memanfaatkan senyawa bioaktif dalam tumbuhan (Akintelu *et al.*, 2020).

Senyawa bioaktif dalam tumbuhan seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, asam amino, tanin, saponin, fenol dan karbohidrat berperan sebagai agen untuk biosintesis nanopartikel perak. Salah satu tumbuhan yang memiliki senyawa aktif tersebut adalah kunyit (*Curcuma longa*). *Curcuma longa* juga memiliki aktivitas antibakteri yang baik, disebabkan oleh senyawa kurkumin yang dimilikinya. Kurkumin dikenal sebagai antibakteri berspektrum luas, termasuk bakteri gram positif dan negatif, jamur, parasit dan virus (Trung *et al.*, 2020). Dengan adanya kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antibakteri pada *C. longa*, sintesis nanopartikel perak menggunakan *C. longa* dianggap dapat menjadi alternatif agen antibakteri alami.

Kurkumin merupakan salah satu senyawa dari kelompok senyawa kurkuminoid. Kurkuminoid terdiri atas tiga senyawa utama, yaitu kurkumin atau yang disebut juga *Diferuloylmethane*, *Demethoxycurcumin* (DMC) dan *Bisdemethoxycurcumin* (BDMC). Dalam penelitian (Madushanka *et al.*, 2018) disebutkan bahwa *Curcuma longa* mengandung sekitar 77% kurkumin, 17% *demethoxycurcumin* dan 6% *bisdemethoxycurcumin*. Penelitian (Khatun *et al.*, 2021) melaporkan bahwa senyawa kurkumin memiliki sifat antibakteri, antioksidan, anti-inflamasi dan antikanker. Senyawa kurkumin dapat merusak permeabilitas dan integritas membran sel bakteri, yang akhirnya menyebabkan kematian pada bakteri tersebut (Khatun *et al.*, 2021).

Penelitian Di Lorenzo *et al* (2023) menyebutkan bahwa kurkumin memiliki aktivitas antibakteri yang dapat mengatasi jerawat. Kurkumin dapat meredakan gejala jerawat atau meningkatkan perawatan kesehatan kulit melalui pemberian secara topikal. Vaughn *et al* (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa secara topikal, kurkumin dilaporkan memiliki aktivitas sebagai agen antibakteri terhadap infeksi jerawat. Pemberian senyawa bioaktif secara topikal telah terbukti lebih efektif dalam mengatasi jerawat dibandingkan pemberian secara oral, terutama karena memungkinkan penyerapan langsung pada area yang terinfeksi dan menghindari metabolisme di saluran pencernaan yang dapat mengurangi efektivitas senyawa tersebut (Di Lorenzo *et al.*, 2023).

Efektivitas kurkumin sering kali dibatasi oleh kelarutannya yang rendah dalam air. Oleh karena itu, kurkumin dapat dikombinasikan dengan nanopartikel perak. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan kelarutan kurkumin, tetapi juga menciptakan efek sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab

jerawat, sehingga meningkatkan potensi terapi topikal. Pemberian secara topikal menunjukkan efek yang baik terhadap infeksi jerawat dan dianggap lebih baik jika dibandingkan dengan pemberian secara oral (Dharman *et al.*, 2023).

Pemanfaatan tumbuhan sebagai agen antibakteri merupakan salah satu bentuk *back to nature*. Hal ini merupakan renungan untuk menjaga alam yang merupakan makhluk ciptaan Allah. Salah satu bentuk tindakan *back to nature* adalah memanfaatkan tumbuhan secara bijaksana, merawat dan memeliharanya dari kerusakan serta mempertahankannya demi kemaslahatan manusia itu sendiri, yang nantinya manfaat tersebut akan kembali kepada manusia dan generasi di masa kelak. Tumbuhan memiliki peran yang sangat penting dalam hidup manusia, sebagaimana firman Allah dalam QS Asy-Syu'ara: 7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَىٰ الْآلِ رُضٍ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam (tumbuh-tumbuhan) yang baik?"

Menurut penjelasan dari tafsir Quraish Shihab dan Ibnu Katsir (2015), ayat tersebut menegaskan bahwa apabila manusia mau menyelami dan merenungkan ciptaan Allah yang ada di bumi ini, mereka pasti akan mendapatkan petunjuk yang hakiki. Allah-lah yang menciptakan dan memunculkan beragam jenis tumbuhan yang memiliki banyak manfaat bagi manusia. Peristiwa ini tidak mungkin dilakukan oleh makhluk manapun selain Allah sendiri. Hal ini juga menunjukkan kebesaran kekuasaan Allah serta kemurahan-Nya yang tak terhingga kepada umat manusia.

Imam Asy-Syaukani dalam Tafsir Fathul Qadir menjelaskan bahwa berbagai jenis tumbuhan yang berkembang di bumi beserta manfaatnya yang beragam hanyalah hasil ciptaan Allah, Sang Pencipta Alam Semesta. Hal ini

menegaskan bahwa pernyataan tentang tumbuhnya tumbuh-tumbuhan di bumi merupakan fakta nyata yang menjadi bukti nyata kekuasaan Allah. Kejadian tersebut mencerminkan kesempurnaan dan keindahan ciptaan-Nya yang luar biasa.

Ayat di atas menjelaskan bahwasanya Allah memerintahkan kepada manusia agar memikirkan segala ciptaan-Nya di alam semesta. Allah menciptakan tumbuhan yang bermacam-macam, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia. Bagian tumbuhan yang bermacam-macam meliputi bagian daun, akar, rimpang, bunga, buah dan biji semuanya memiliki peran dan manfaat masing-masing (Rohmah, 2024).

Penelitian sebelumnya telah banyak mengevaluasi aktivitas antibakteri dari ekstrak kunyit murni terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. Salah satunya adalah penelitian oleh (Odo *et al.*, 2023) yang menggunakan ekstrak kunyit dalam bentuk larutan etanol pada konsentrasi 100, 50, dan 25 mg/mL, yang menghasilkan zona hambat berturut-turut sebesar 9 mm, 6 mm, dan 4 mm terhadap *S. aureus*. Berdasarkan klasifikasi efektivitas antibakteri, zona hambat tersebut masih tergolong lemah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kunyit murni belum cukup efektif digunakan sebagai agen antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat. Oleh karena itu, diperlukan formulasi yang lebih inovatif untuk meningkatkan potensi antibakterinya.

Dalam penelitian ini, ekstrak kunyit dikombinasikan dengan nanopartikel perak untuk meningkatkan efektivitas antibakteri terhadap *P. acnes* dan *S. aureus*. Beberapa penelitian mendukung keunggulan formulasi ini. Tran *et al* (2024) bahwa melaporkan bahwa nanopartikel perak-kunyit mampu menghasilkan zona hambat sebesar 13 mm terhadap *P. acnes* pada konsentrasi 100 mg/mL. Sementara itu

Dharman *et al* (2023) menunjukkan bahwa nanopartikel perak-kunyit memberikan zona hambat terhadap *S. aureus* sebesar 30 mm pada konsentrasi 25 µg/mL, 35 mm pada 50 µg/mL, dan 40 mm pada 100 µg/mL. Selain itu, Momami, *et al* (2024) menyatakan bahwa nanopartikel perak tanpa kunyit mampu menghambat *P. acnes* sebesar 13,2 mm pada konsentrasi 250 µg/mL. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi nanopartikel dapat meningkatkan efektivitas antibakteri ekstrak kunyit, menjadikannya lebih potensial sebagai agen terapi jerawat dibandingkan ekstrak murni tanpa modifikasi.

Sebagai upaya untuk mengkaji potensi antibakteri secara menyeluruh, penelitian ini menerapkan tiga metode pengujian, yaitu uji zona hambat melalui metode difusi cakram, serta uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM). Pendekatan ini dilakukan guna memperoleh data kualitatif dan kuantitatif yang dapat menggambarkan efektivitas nanopartikel perak-ekstrak kunyit dalam menghambat pertumbuhan *P. acnes* dan *S. aureus*.

Kombinasi AgNPs dengan ekstrak kunyit (*Curcuma longa*) yang memiliki aktivitas antibakteri, antiinflamasi, dan antioksidan, diharapkan dapat menciptakan efek sinergis yang lebih efektif dalam pengobatan jerawat. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan potensi antibakteri, tetapi juga mendukung perbaikan peradangan dan kerusakan jaringan kulit akibat infeksi. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan kombinasi AgNPs dan ekstrak kunyit dalam menghambat pertumbuhan *P. acnes* dan *S. aureus*, serta memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan produk farmasi dan kosmetik berbasis nanoteknologi yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana daya hambat nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat?
2. Berapa nilai konsentrasi hambat minimum nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat?
3. Berapa nilai konsentrasi bunuh minimum nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis daya hambat nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat.
2. Menganalisis nilai konsentrasi hambat minimum nanopartikel perak kunyit (*C. longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat.
3. Menganalisis nilai konsentrasi bunuh minimum nanopartikel perak kunyit (*C. longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* penyebab jerawat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada peneliti, pembaca, dan mahasiswa yang akan melakukan penelitian selanjutnya serta masyarakat umum tentang pemanfaatan tanaman obat.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai potensi nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) sebagai agen antibakteri berbahan alami.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serbuk kunyit diperoleh dari UPT. Materia Medica, Kota Batu, Jawa Timur.
2. Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*, yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Brawijaya.
3. Parameter yang diuji dalam penelitian ini meliputi zona hambat, konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM).
4. Konsentrasi yang digunakan untuk uji zona hambat yaitu 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL dan 250 mg/mL dengan empat ulangan.
5. Konsentrasi yang digunakan untuk uji KHM dan KBM yaitu 250 mg/mL, 125 mg/mL, 62,5 mg/mL, 31,25 mg/mL, 15,62 mg/mL dan 7,81 mg/mL dengan tiga ulangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Tumbuhan sebagai Obat dalam Perspektif Islam

Tumbuhan merupakan komponen penting dalam sumber daya alam. Tumbuhan memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, yakni sebagai penyedia makanan, pemasok oksigen, penghalang bencana dan lain sebagainya (Anam *et al.*, 2021). Tumbuhan juga merupakan komponen lingkungan yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem di bumi, sehingga diperlukan upaya atau langkah-langkah untuk menjaga kelestariannya. Indonesia sebagai negara megabiodiversitas dan juga negara dengan penduduk muslim terbesar, tentunya memiliki peluang untuk berperan penting dalam menjaga kelestarian tumbuhan. Keberadaan tumbuhan di bumi ini adalah anugerah dari Allah kepada seluruh makhluk-Nya di dunia. Sebagaimana firman Allah dalam QS. Abasa: 27-32

فَاُنْبِثْنَا فِيْهَا حَبًّا (٢٧) وَ عِنَبًا وَقَضْبًا (٢٨) وَ زَيْتُوْنًا وَ نَخْلًا (٢٩) وَ حَدَآئِقَ
عُلْبًا (٣٠) وَ فَاَكِهَةً وَ اَبًّا (٣١) مَّتَا عَا لَكُمْ وَاِلَّا نَعَا مِكُمْ (٣٢)

Artinya: “Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, 28). Anggur dan sayur-sayuran, 29). Zaitun dan kurma, 30). Kebun-kebun yang lebat, 31). Dan buah-buahan serta rumput-rumputan, 32). Untuk kesenanganmu dan binatang ternakmu”.

Dalam Tafsir Munir dijelaskan bahwa Allah mengajak manusia untuk merenungkan makanan yang mereka konsumsi, serta bagaimana proses penciptaannya terjadi. Allah menurunkan air dari langit, lalu membuka bumi sehingga berbagai jenis tumbuhan dapat tumbuh darinya. Beragam tanaman tersebut diciptakan untuk memberikan manfaat bagi manusia dan hewan. Seluruh

proses ini menunjukkan bahwa tumbuh-tumbuhan hadir sebagai bentuk karunia dan kesenangan bagi semua makhluk hidup (Az-Zuhaili, 2016).

Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman yang tinggi. Indonesia memiliki sekitar 143 juta hektar kawasan hutan hujan tropis yang menjadi habitat bagi sekitar 80% dari total tanaman obat dunia. Kondisi ini menjadikan Indonesia dikenal sebagai *live laboratory* atau laboratorium hidup. Beragam jenis tanaman obat yang tumbuh di Indonesia berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pengobatan berbagai penyakit. Tanaman tersebut diantaranya adalah, kunyit (18,82%), jahe (37,98%), kapulaga (12,22%), laos (10,50%), kencur (6,33%), lempuyang, temulawak, temukunci, temuireng, sambiloto, mengkudu, mahkota dewa, lidah buaya dengan kontribusi produksi kurang dari 5% (Dewanti dkk., 2021). Dengan banyaknya tanaman obat, perlu dilakukan perlindungan demi kelestarian tanaman ini. Di dalam ayat al-qur'an tidak dijelaskan secara tersurat mengenai anjuran terhadap perlindungan tanaman obat, tetapi ada beberapa surah yang menjelaskan secara tersirat mengenai tanaman obat. Hal ini sebagaimana firman Allah dalam Q.S Asy-Syu'ara: 80

وَاِذَا مَرَضْتُ فَهُوَ يَشْفِيْنِ

Artinya: *“Dan apabila aku sakit, maka Dialah yang menyembuhkan Ku”*

Az-Zuhaili dalam tafsir Munir Ayat tersebut menegaskan bahwa hanya Allah yang layak untuk disembah dan dijadikan tempat bergantung. Dialah Sang Pencipta segala sesuatu, Pemberi petunjuk menuju jalan yang lurus, serta Pengarah kepada kebenaran. Allah pula yang mencurahkan rezeki kepada makhluk-Nya, baik berupa makanan, minuman, maupun berbagai manfaat lainnya. Tidak ada selain Dia

yang mampu memberi kesembuhan dan kesehatan. Dia jugalah yang berkuasa atas kehidupan dan kematian. (Az-Zuhaili, 2016).

Dewanti dkk (2021) dalam penelitiannya menyatakan makna dari ayat tersebut menunjukkan bahwa ketika seseorang mengalami sakit, Allah-lah yang menjadi sumber kesembuhan. Proses penyembuhan tersebut dapat terjadi melalui perantara, seperti penggunaan obat-obatan atau bahan alamiah dari bumi, termasuk tanaman yang memiliki khasiat sebagai obat. Tanaman obat dapat menjadi alternatif bagi manusia dalam melakukan pengobatan. Islam telah mengajarkan kepada umat manusia untuk melakukan pengobatan, sebagaimana pengobatan yang telah dilakukan oleh Rasulullah (Syukri, 2022).

Dengan keagungan dan kekuasaan-Nya, Allah menciptakan alam semesta beserta seluruh isinya secara sempurna. Salah satu bukti dari kebesaran-Nya adalah penciptaan berbagai jenis tumbuhan yang beragam, yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman obat. Dalam Islam, penggunaan tumbuhan sebagai media penyembuhan telah dicontohkan oleh Nabi Muhammad melalui metode *Ath-Thibbun Nabawi* (Pengobatan Nabi). Pengobatan ini merupakan pendekatan yang diterapkan oleh Rasulullah dalam menangani penyakit, baik yang beliau alami sendiri maupun yang diderita oleh keluarga dan para sahabatnya. Menurut Al-Jauziyah, salah satu bentuk pengobatan yang dianjurkan Nabi adalah penggunaan bahan-bahan alami atau herbal sebagai obat (Syukri, 2022).

2.2 Jerawat

Jerawat merupakan salah satu gangguan pada kulit yang muncul akibat peradangan serta tersumbatnya saluran kelenjar minyak dan rambut (saluran pilosebacea). Ketika saluran ini mengalami penyumbatan, sebum (minyak kulit)

tidak dapat keluar dan menumpuk di dalam, menyebabkan pembengkakan pada saluran tersebut. Akibatnya, timbul komedo yang menjadi tahap awal perkembangan jerawat, baik berupa komedo terbuka (*blackhead*) maupun komedo tertutup (*whitehead*). Secara klinis, jerawat ditandai dengan munculnya lesi seperti komedo, papul, pustul, dan nodul yang biasanya muncul di area wajah, bahu, dada bagian atas, punggung bagian atas, dan lengan atas (Hafsari, 2015). Secara fisik, jerawat tampak seperti benjolan kecil mirip bisul yang berisi nanah, berwarna kuning di bagian puncaknya, terasa gatal, nyeri, dan terkadang mengeras di permukaan kulit (Kesehatan and Tunas, 2017).

Meskipun jerawat bukanlah penyakit yang membahayakan jiwa, kondisi ini kerap menjadi masalah serius bagi remaja karena dapat menurunkan rasa percaya diri. Munculnya jerawat pada wajah sering kali membuat kulit tampak kusam, yang salah satunya disebabkan oleh penumpukan sel kulit mati (Latifah, 2015). Jerawat juga tidak terbatas hanya pada masa remaja. Insiden jerawat ditemukan pada 80–100% individu usia dewasa muda, terutama pada perempuan usia 14–17 tahun dan laki-laki usia 16–19 tahun. Prevalensi tertinggi terjadi pada rentang usia 16–17 tahun, dengan persentase wanita yang mengalami jerawat mencapai 83–85%, sementara pada pria angkanya berkisar antara 95–100%. (Latifah *et al.*, 2025).

Terdapat dua pengobatan terhadap infeksi jerawat, yaitu secara oral dan topikal. Pengobatan secara oral artinya obat dikonsumsi melalui mulut, sedangkan secara topikal artinya dioleskan pada kulit yang mengalami infeksi (Rifda & Lisdiana, 2022). Penelitian (Vaughn *et al.*, 2016) menyatakan bahwa pemberian secara topikal lebih efektif karena ditujukan secara langsung pada kulit, sedangkan

pemberian secara oral dinilai kurang efektif. Namun, pemberian pengobatan pada penderita jerawat ini sebaiknya disesuaikan dengan kondisi tubuh penderita.

Jerawat menjadi penyakit yang tidak jarang dialami oleh masyarakat Indonesia, khususnya para remaja. Hal ini akibat rendahnya perhatian terhadap kebersihan diri (Hartopo & Hajjah, 2021). Islam mengajarkan umat manusia untuk hidup bersih dan menjaga kesehatan. Rasulullah dalam haditsnya juga menganjurkan kepada manusia untuk menjaga kebersihan, seperti kebersihan badan, pakaian dan lingkungan. Sebagaimana sabda Rasulullah dalam hadits yang diriwayatkan oleh Imam Tirmidzi

إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ, نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ, كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكَرَمَ, جَوَادٌ يُحِبُّ
الْجُودَ, فَتَنَظَّفُوا أَفْنِيَتَكُمْ

Artinya: “Dari Rasulullah Shallallahu ‘Alaihi Wa Sallam: Sesungguhnya Allah itu suci dan menyukai hal-hal yang suci, Dia Maha Bersih dan menyukai kebersihan, Dia Maha Mulia dan menyukai kemuliaan, Dia Maha Indah dan menyukai keindahan, karena itu bersihkanlah tempat-tempatmu (lingkunganmu)” (HR. Tirmidzi).

Hadits di atas menjelaskan bahwasanya Allah mencintai atau menyukai kebersihan, keindahan dan kesucian. Allah dan Rasul-Nya memberikan perintah kepada manusia untuk senantiasa menjaga kebersihan, karena kebersihan merupakan aspek penting yang mendukung kesehatan dan kualitas hidup manusia. Hidup bersih akan mendatangkan raga yang sehat dan terhindar dari penyakit (Agustina, 2021).

Menjaga kebersihan memiliki dampak besar dalam kehidupan manusia. Hidup yang bersih tidak hanya membuat tubuh terasa segar, tetapi juga memberikan perlindungan dari berbagai penyakit. Dalam pandangan medis modern, kebersihan

adalah salah satu langkah utama untuk mencegah penyebaran bakteri dan virus yang berbahaya. Dengan demikian, ajaran Islam yang mendorong kebersihan menunjukkan relevansinya yang luar biasa, baik dari segi kesehatan maupun spiritualitas.

2.3 Bakteri Penyebab Jerawat

2.4 *Propionibacterium acnes*

2.4.1 Klasifikasi

Klasifikasi *Propionibacterium acnes* menurut (Fitriana & Raharjo, 2024)

adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

Phylum : Actinobacteria

Class : Actinomycetia

Ordo : Propionibacteriales

Family : Propionibacteriaceae

Genus : *Propionibacterium*

Species : *Propionibacterium acnes*

2.4.2 Deskripsi dan Morfologi

Propionibacterium acnes merupakan bakteri yang menyebabkan penyakit kulit seperti jerawat. *Propionibacterium acnes* juga termasuk flora normal dalam kulit manusia, tetapi jumlahnya yang banyak dapat menyebabkan infeksi. Orang dengan jerawat memiliki konsentrasi *P. acnes* lebih banyak dari orang tidak dengan jerawat. Dalam proses patogenesis jerawat, *Propionibacterium acnes* berperan

dengan memecah trigliserida—komponen utama sebum—menjadi asam lemak. Proses ini mendorong kolonisasi *P. acnes* yang kemudian memicu terjadinya infeksi pada kulit. Hal ini dikarenakan sebum merupakan nutrisi bagi *P. acnes*. Bakteri ini tumbuh di folikel rambut dan dapat menyebabkan peradangan, menghasilkan jerawat pada kulit wajah, punggung, dan dada (Rifda & Lisdiana, 2022).

Propionibacterium acnes memiliki kemampuan untuk memproduksi enzim lipase yang berperan dalam menguraikan trigliserida zat utama dalam sebum menjadi asam lemak bebas. Kehadiran asam lemak bebas ini menciptakan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan *P. acnes*. Penumpukan bakteri tersebut selanjutnya dapat memicu respon peradangan pada kulit dan berkontribusi pada pembentukan komedo, yang menjadi salah satu penyebab utama munculnya jerawat (Karim *et al.*, 2018).

Propionibacterium acnes adalah bakteri Gram-positif berbentuk batang pendek yang anaerob fakultatif (Mollerup *et al.*, 2016). Bakteri ini sering ditemukan di kulit manusia, terutama di area berminyak seperti wajah dan punggung. Morfologi *P. acnes* terdiri dari bakteri berbentuk pleomorfik atau sedikit membulat, dengan ukuran sekitar 0,5–1,0 μm . Bakteri ini tidak memiliki flagela, tetapi dapat bergerak dengan pili. *P. acnes* bersifat fermentatif dan menghasilkan asam propionat sebagai produk sampingan (Zoubolis, 2009).

Koloni *P. acnes* yang tumbuh pada media agar biasanya berwarna putih kekuningan atau keabu-abuan dengan diameter sekitar 1–3 mm. Koloni ini cenderung lembut, sedikit berminyak, dan tampak semi-transparan dengan tekstur yang agak berkilau. Bakteri ini memiliki aroma khas asam propionat yang dihasilkan dari fermentasi, meskipun tidak terlalu mencolok. *P. acnes* berperan

dalam mikrobiota kulit, tetapi dapat menyebabkan masalah kulit seperti jerawat ketika keseimbangan mikroba terganggu (Zoubolis, 2009).

2.5 *Staphylococcus aureus*

2.5.1 Klasifikasi

Klasifikasi *Staphylococcus aureus* menurut (Dwijayanti & Pamungkas, 2016) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Phylum : Firmicutes
Class : Bacilli
Ordo : Bacillales
Family : Staphylococcaceae
Genus : Staphylococcus
Species : *Staphylococcus aureus*

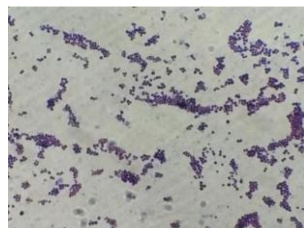
2.5.2 Deskripsi dan Morfologi

Staphylococcus aureus adalah jenis bakteri yang dapat memicu berbagai macam infeksi, mulai dari infeksi kulit yang ringan hingga keracunan makanan dan infeksi sistemik (Zulfiani *et al.*, 2022). Bakteri ini berkembang optimal pada suhu 37°C, namun produksi pigmennya paling maksimal terjadi pada suhu ruang, yaitu sekitar 20–25°C. *Staphylococcus aureus* merupakan patogen paling umum yang terlibat dalam infeksi kulit manusia di seluruh dunia, terlepas dari usia, iklim dan wilayah geografis. Umumnya, *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan penyakit kulit seperti impetigo. Impetigo merupakan infeksi kulit yang terjadi pada lapisan luar kulit. Penyakit ini biasanya menyerang anak-anak yang berada di lingkungan

yang kurang sejahtera. Impetigo bersifat menular, sehingga bisa menyebar melalui kontak langsung (Del Giudice, 2020).

Staphylococcus aureus termasuk dalam flora normal yang hidup di permukaan kulit manusia, namun dapat menjadi berbahaya dalam kondisi tertentu. Ketika bakteri ini masuk ke dalam tubuh melalui luka atau sobekan kulit, ia dapat berubah menjadi patogen. Infeksi lebih mudah terjadi pada individu dengan sistem imun yang lemah. Dalam kondisi tersebut, *S. aureus* mampu menghasilkan toksin yang merusak jaringan tubuh dan dapat menyebabkan berbagai jenis infeksi, seperti jerawat, impetigo, meningitis, pneumonia, serta endokarditis. (Kurniawan dkk., 2021).

Koloni *Staphylococcus aureus* yang tumbuh pada media padat berbentuk bulat dengan permukaan halus, sedikit menonjol, berwarna hitam mengilap, dan dikelilingi oleh zona bening (Idrees *et al.*, 2021). Dari segi morfologi, *S. aureus* merupakan bakteri gram positif berbentuk kokus (bulat) yang tersusun secara acak menyerupai kelompok buah anggur. Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, serta tidak motil karena tidak memiliki flagela (Zulfiani *et al.*, 2022). Sebagai bakteri gram positif, dinding sel *S. aureus* cukup tebal dan tersusun dari lapisan peptidoglikan. Struktur peptidoglikannya rapat dan acak, dengan ketebalan mencapai puluhan nanometer (Pasquina-Lemonche *et al.*, 2020).



Gambar 2. 1 Morfologi Mikroskopis *S. aureus* (Hayati dkk., 2019)

2.6 Kunyit (*Curcuma longa*)

2.6.1 Klasifikasi

Klasifikasi *Curcuma longa* menurut (Chanda & Ramachandra, 2019)

adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Zingiberidae
Order	: Zingiberales
Family	: Zingerberaceae
Genus	: Curcuma
Species	: <i>Curcuma longa</i>

2.6.2 Deskripsi

Kunyit adalah satu diantara tanaman obat yang berasal dari keluarga Zingerceraceae dan memiliki banyak kegunaan (Dharman *et al.*, 2023). Kunyit termasuk tanaman rempah-rempah yang sudah sejak lama dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Kunyit memiliki rimpang berwarna kuning cerah yang menjadi ciri khasnya. Rimpang kunyit inilah yang sering digunakan sebagai bahan masakan, pewarna alami, serta bahan utama dalam berbagai jenis obat tradisional. Tanaman ini tumbuh subur di daerah tropis seperti Indonesia, dengan ketinggian tempat di bawah 1.000 meter di atas permukaan laut.

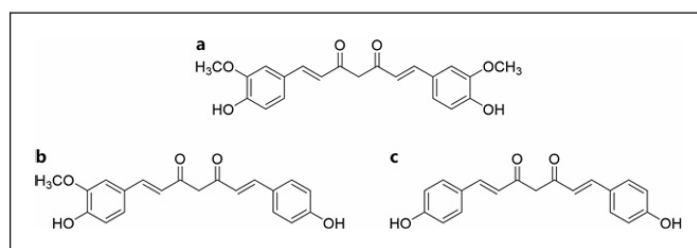
Kunyit sebagai tanaman obat banyak dikembangkan dalam dunia kesehatan karena kemanjuran senyawa bioaktifnya, ketersediaan yang melimpah dan efek yang kurang atau tidak beracun. Kandungan utama dalam kunyit adalah kurkumin, sebuah senyawa polifenol yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan.

Kurkumin memiliki sifat antioksidan yang kuat, anti-inflamasi, dan antibakteri. Oleh karena itu, kunyit sering digunakan untuk mengatasi berbagai macam penyakit, seperti peradangan, nyeri sendi, gangguan pencernaan, dan masalah kulit. Selain kurkumin, kunyit juga mengandung berbagai senyawa bermanfaat lainnya, seperti minyak atsiri, pati, dan vitamin (Iweala *et al.*, 2023).

2.6.3 Kandungan dan Manfaat

Kunyit memiliki kandungan senyawa kurkuminoid yang meliputi kurkumin 77%, *Demethoxycurcumin* (DMC) 17% dan *Bisdemethoxycurcumin* (BDMC) 6%. Selain itu, kunyit juga memiliki kandungan seperti senyawa fenolik, alkaloid, tanin, saponin, terpenoid dan flavonoid. Kunyit memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, antiinflamasi (Khatun *et al.*, 2021). Kandungan kunyit memiliki banyak manfaat dalam bidang kesehatan, salah satunya sebagai pengobatan jerawat (Di Lorenzo *et al.*, 2023).

Kunyit banyak digunakan untuk pengobatan, pencegahan dan pengelolaan berbagai penyakit seperti kanker, batuk, diabetes, radang sendi, diare, peradangan, psoriasis, penyakit hepatobilier, gangguan kulit, tukak lambung dan sakit lambung. Kunyit dapat meningkatkan sirkulasi darah, menghilangkan stagnasi, mengurangi depresi, dan berfungsi sebagai bahan penyedap alami yang sangat mempengaruhi warna, rasa, dan sifat makanan (Iweala *et al.*, 2023).



Gambar 2. 2 Struktur Kurkuminoid; a) kurkumin, b) demethoxycurcumin, c) bisdemethoxycurcumin

2.6.4 Potensi Kunyit (*Curcuma longa*) sebagai Agen Antibakteri

Kunyit dikenal memiliki potensi sebagai agen antibakteri karena mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti kurkuminoid, flavonoid, tanin, saponin, dan alkaloid. Kandungan senyawa aktif ini menjadikan kunyit sering dimanfaatkan dalam penelitian di bidang kesehatan. Misalnya, kurkumin dalam kunyit dapat merusak permeabilitas membran sel bakteri, sehingga berperan sebagai agen antibakteri yang efektif dalam mengatasi infeksi dan penyakit yang disebabkan oleh bakteri. Hal ini mengilustrasikan bahwa setiap ciptaan Allah memiliki manfaat bagi kehidupan, bahkan makhluk kecil seperti bakteri pun memiliki peran dan kegunaan. Pernyataan ini selaras dengan firman Allah dalam Q.S. Sad (38:27)

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا.

فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Artinya: “Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”.

Menurut Syaikh Prof. Dr. Imad Zuhair Hafidz, maksud dari ayat di atas adalah bahwasanya Allah tidaklah menciptakan langit, bumi, dan segala isinya tanpa tujuan. Seluruh ciptaan-Nya yang penuh keajaiban dan keberagaman itu diciptakan dengan penuh ketelitian dan hikmah, bukan untuk kesia-siaan. Meyakini bahwa semua makhluk tersebut tercipta tanpa maksud adalah pandangan yang keliru dan mencerminkan keyakinan kaum kafir. Menurut tafsir Syaikh Dr. Muhammad Sulaiman Al-Asyqar, penciptaan langit, bumi, dan apa pun yang ada di antaranya mengandung hikmah yang dalam. Semua itu merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah, dan menjadi sarana bagi makhluk untuk menaati-Nya, baik di

langit maupun di bumi. Namun, orang-orang kafir justru menyangka bahwa penciptaan ini tidak memiliki arah atau tujuan, bahkan mengingkari datangnya hari kiamat dan kebangkitan. Oleh karena itu, mereka pantas menerima azab neraka atas kekafiran dan anggapan sesat mereka tersebut.

Sebagai seorang muslim dan muslimah manusia seharusnya mempercayai bahwasanya Allah menciptakan segala apa-apa yang ada di langit dan di bumi pasti ada manfaatnya, dan tidak mungkin sia-sia. Walaupun yang diciptakan tersebut berukuran kecil seperti bakteri. Hal tersebut tentu memiliki manfaat dan hikmah tersendiri. Allah telah menciptakan bakteri sesempurna mungkin hingga bisa menjadi alternatif pengobatan manusia.

Penelitian Odo *et al* (2023) menyatakan bahwa kunyit berpotensi sebagai antibakteri karena mengandung komponen senyawa bioaktif kurkumin. Kunyit memiliki senyawa dengan sifat antibakteri yang dapat digunakan sebagai agen antibakteri dalam obat baru untuk pengobatan infeksi jerawat. Kunyit mengandung komponen kurkuminoid yang berperan sebagai antibakteri dan bekerja melalui mekanisme penghambatan metabolisme bakteri dengan melisiskan sel bakteri, hingga akhirnya menyebabkan kematian bakteri. Senyawa kurkuminoid dalam kunyit memiliki spektrum luas, sehingga mampu menghambat berbagai mikroorganisme (Giri & Paramita, 2023).

2.7 Nanopartikel

Nanoteknologi merupakan suatu teknologi atau pendekatan ilmiah untuk menciptakan atau memproduksi partikel dengan ukuran yang sangat kecil, yaitu 1-100 nm. Pada skala ini, partikel-partikel memiliki rasio luas permukaan yang sangat besar dibandingkan dengan volumenya, sehingga memberikan sifat khusus yang

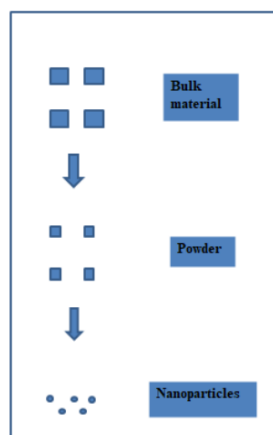
tidak dimiliki partikel berukuran lebih besar. Nanopartikel merupakan salah satu produk dari kemajuan nanoteknologi, yaitu partikel dengan ukuran sangat kecil, berkisar antara 1 hingga 100 nanometer. Nanopartikel bisa terbentuk secara alami atau dibuat oleh manusia. Sintesis nanopartikel bertujuan untuk mengecilkan ukuran partikel hingga di bawah 100 nm agar memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis berukuran besar (Akintelu *et al.*, 2020).

Nanopartikel memiliki perbedaan mendasar dibandingkan dengan material serupa yang berukuran lebih besar, terutama dalam dua hal utama. Pertama, ukuran yang sangat kecil membuat nanopartikel memiliki perbandingan luas permukaan terhadap volume yang jauh lebih besar. Kondisi ini meningkatkan tingkat reaktivitasnya secara signifikan dibandingkan partikel berukuran makro. Hal ini dikarenakan atom di permukaan dapat bersentuhan langsung dengan lingkungan luar.

Kedua, efek kuantum, pada skala nano, hukum fisika kuantum lebih berpengaruh, sehingga dapat menyebabkan perubahan sifat seperti warna, transparansi, kekuatan, konduktivitas, dan magnetisasi. Selain itu, ukuran kecil juga mempengaruhi sifat kimia seperti titik didih dan titik lebur, karena banyak atom yang berada di permukaan. Sifat-sifat inilah yang menjadikan nanopartikel banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi teknologi, industri dan kesehatan (Harso, 2017).

Metode yang dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel meliputi metode fisika (*Top-Down*), kimia (*Bottom-Up*) dan biologi (*Green-Synthesis*). Metode fisika dilakukan dengan memecah material padat menjadi partikel yang lebih kecil (Jiang *et al.*, 2022). Metode *top-down* menggunakan struktur makroskopik

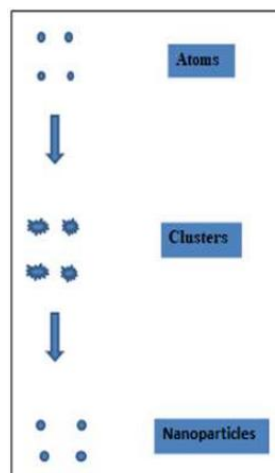
awal. Metode ini dimulai dengan partikel yang lebih besar, yang kemudian dikurangi menjadi nanopartikel setelah serangkaian operasi yang dilakukan. Namun, metode ini memiliki kelemahan utama diantaranya adalah memerlukan instalasi besar dan biaya yang tinggi. Beberapa teknik yang termasuk dalam metode *top-down* meliputi *Mechanical Method*, *Pulse Laser Ablation*, *Pulsed Wire Discharge Method*, *Chemical Vapor Deposition*, *Laser Pyrolysis*, serta *Ionized Cluster Beam Deposition* (Patil *et al.*, 2021).



Gambar 2. 3 Metode Top-Down (Patil *et al.*, 2021)

Metode *Bottom-Up* dilakukan dengan melibatkan pembentukan nanopartikel dari prekursor molekuler atau ionik. Teknik yang dapat digunakan pada metode ini yaitu mekanokimia dan reduksi kimia. Mekanokimia menggunakan penggilingan atau proses mekanis untuk mengurangi ukuran partikel. Namun, waktu penggilingan justru akan meningkatkan ukuran nanopartikel karena proses pertumbuhan. Waktu penggilingan yang lama dapat mengurangi luas permukaan total meskipun ada agen pelapisan karena koalesensi partikel kecil dan pengelasan. Oleh karena itu, penting untuk mengontrol waktu penggilingan agar dapat mengatur ukuran dan sifat fisikokimia nanopartikel yang dihasilkan (de Oliveira *et al.*, 2020).

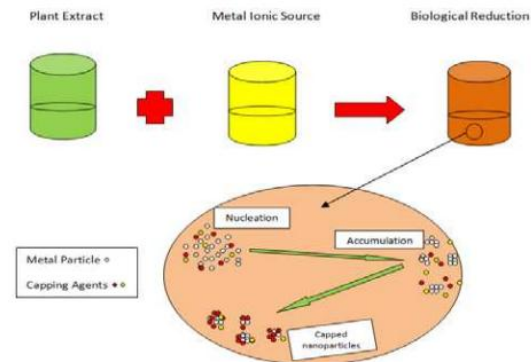
Adapun reduksi kimia menggunakan agen reduktor berupa bahan kimia dengan mengubah logam ion menjadi nanopartikel logam. Metodologi ini terutama didasarkan pada prinsip pengenalan molekuler (*molecular recognition*) atau *self-assembly*. *Self-assembly* berarti kemampuan material untuk tumbuh dan membentuk struktur yang lebih besar secara otomatis dari unit-unit dasar mereka sendiri, tanpa memerlukan kontrol eksternal yang signifikan. Beberapa teknik yang biasa diterapkan dalam pendekatan *Bottom-Up* antara lain *Sol-gel Method*, *Sonochemical Synthesis*, *Co-precipitation Method*, *Inert Gas Condensation Method*, dan *Hydrothermal Synthesis* (Patil *et al.*, 2021).



Gambar 2. 4 Metode Bottom-Up (Patil *et al.*, 2021)

Metode biologis dapat dilakukan menggunakan mikroorganisme, ekstrak tumbuhan dan alga Sintesis nanopartikel menggunakan metode biologis menjadi pilihan menarik karena menyediakan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan dengan metode kimia konvensional, yang sering melibatkan reagen beracun dan menghasilkan limbah berbahaya. Proses biologis ini lebih ramah lingkungan, menggunakan sumber daya terbarukan, dan lebih efisien dalam penggunaan energi (Patil *et al.*, 2021). Sintesis nanopartikel dengan

ekstrak tanaman memberikan keuntungan, seperti proses yang lebih ramah lingkungan dan penggunaan bahan alami yang tidak berbahaya (Jiang *et al.*, 2022).



Gambar 2. 5 Sintesis Nanopartikel dengan Ekstrak Tanaman

Secara umum, prinsip kerja nanopartikel logam didasarkan pada sifat unik yang dimilikinya akibat ukuran nanometer, yaitu peningkatan luas permukaan, reaktivitas yang tinggi, dan kemampuan untuk berinteraksi dengan berbagai elemen dan molekul. Nanopartikel logam seperti perak, emas, tembaga dan zinc memiliki potensi sebagai agen antibakteri, tetapi yang paling efektif adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak banyak dimanfaatkan sebagai antibakteri karena sifat perak yang mampu merusak dinding dan membran sel bakteri serta mengganggu kestabilan struktur sel, sehingga menyebabkan kebocoran isi sel dan akhirnya mematikan bakteri tersebut.

2.7.1 Nanopartikel Perak (AgNPs)

Nanopartikel perak adalah partikel perak berukuran sangat kecil, dengan diameter antara 1 hingga 100 nanometer. Pada skala tersebut, nanopartikel perak menunjukkan sifat fisik, kimia, dan biologis yang berbeda dibandingkan perak dalam bentuk besar atau massal. Nanopartikel perak memiliki keunggulan khusus dalam berbagai aplikasi, disebabkan oleh sifat antibakteri dan sifat katalitik yang dimilikinya (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Nanopartikel perak menunjukkan kemampuan antibakteri yang tinggi. Perak dapat merusak membran sel bakteri, mengganggu fungsi metabolisme mikroorganisme, serta menghambat proses reproduksi sel bakteri. Mekanisme kerja nanopartikel perak adalah berinteraksi dengan permukaan sel bakteri dan melepaskan ion perak (Ag^+). Ion perak ini dapat mengikat protein, DNA, dan membran sel bakteri, mengganggu fungsi-fungsi vital dan akhirnya membunuh bakteri tersebut (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Nanopartikel perak terkenal karena kemampuan antibakterinya yang tinggi, bahkan pada konsentrasi rendah, jika dibandingkan dengan nanopartikel tembaga atau seng. AgNPs efektif melawan berbagai jenis bakteri, baik gram positif maupun gram negatif, sehingga menawarkan spektrum aktivitas yang lebih luas. Hal ini menjadikan nanopartikel perak sebagai pilihan yang lebih efektif untuk uji antibakteri (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Aktivitas nanopartikel perak (AgNPs) terhadap bakteri gram positif dipengaruhi oleh beberapa faktor. Lapisan peptidoglikan pada dinding sel bakteri Gram-positif lebih tebal. Lapisan ini berfungsi sebagai perlindungan terhadap faktor eksternal. Meskipun demikian, nanopartikel perak masih dapat menembus lapisan tebal tersebut, sehingga bisa masuk ke dalam sel bakteri. Selain itu, bakteri pertahanan antioksidan yang dimiliki oleh bakteri gram positif lebih rendah, sehingga mereka lebih rentan terhadap kerusakan oleh Reactive Oxygen Species (ROS) atau senyawa oksidatif yang dihasilkan oleh AgNPs. Efek gabungan antara bahan alami AgNP ke dalam dinding sel dan kerusakan yang diakibatkan oleh ROS ini meningkatkan efektivitas AgNP dalam membunuh bakteri. Hal ini menunjukkan

bahwa nanopartikel perak kunyit dapat menjadi solusi agen antibakteri yang lebih efektif.

Nanopartikel perak memiliki kesamaan dengan atom karena keduanya sangat kecil sehingga tidak bisa dilihat dengan mata biasa. Meskipun ukuran sekecil nanopartikel dan atom tidak disebutkan secara eksplisit dalam Al-Qur'an, terdapat penjelasan tersirat mengenai benda berukuran mikro melalui istilah *zarrah*. Kata *zarrah* sendiri diartikan sebagai biji terkecil, termasuk partikel debu yang tampak saat terkena cahaya, dan dapat juga dimaknai sebagai atom. Hal ini sebagaimana firman Allah dalam Q.S Al-Zalzalah: 7-8

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۖ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا

يَرَهُ ۚ

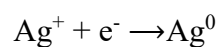
Artinya: “Maka barang siapa mengerjakan kebaikan seberat *zarrah*, niscaya dia akan melihat (balasan)nya. Dan barang siapa mengerjakan kejahatan seberat *zarrah*, niscaya dia akan melihat (balasan)nya”.

Syaikh Muhammad Abduh menjelaskan bahwa ayat tersebut mengandung makna bahwa setiap perbuatan dan usaha, baik yang besar maupun kecil, serta yang baik maupun buruk, akan memperoleh balasan dari Allah. Dalam tafsirnya, Muhammad Quraish Shihab memaknai kata *zarrah* sebagai benda-benda kecil seperti debu yang tampak di bawah sinar matahari, kepala semut, maupun semut yang sangat kecil. Pandangan serupa juga disampaikan oleh Kementerian Agama RI, yang menyatakan bahwa *zarrah* mencakup bagian terkecil, termasuk molekul, atom, dan debu yang beterbangan. Meskipun berukuran sangat kecil, benda-benda tersebut memiliki manfaat penting terutama dalam bidang medis. Hal ini menegaskan bahwa sekecil apapun ciptaan Allah, semuanya memiliki tujuan dan manfaat yang berarti.

2.7.2 Sintesis Nanopartikel Perak (AgNP s)

Nanopartikel perak dapat disintesis menggunakan metode pereduksi kimia seperti askorbat, trisodium sitrat, hidrazin, dan natrium borohidrida. Selain itu, sintesis nanopartikel perak juga bisa dilakukan melalui metode fisika. Namun, sintesis nanopartikel perak dengan kedua metode ini menghasilkan hasil kemurnian yang rendah, membutuhkan energi yang banyak dan biaya (Akintelu *et al.*, 2020).

Saat ini, telah banyak dilakukan produksi nanopartikel perak dengan pendekatan biologis seperti sintesis hijau atau *green synthesis* yang tidak beracun (Dharman *et al.*, 2023). Metode *green synthesis* adalah teknik pembuatan nanopartikel yang memanfaatkan bahan-bahan alami, seperti ekstrak tumbuhan, sebagai agen pembentuknya (Taba *et al.*, 2019). Senyawa fitokimia yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan yaitu alkaloid, flavonoid, terpenoid, asam amino, tanin, saponin, fenol, polifenol dan karbohidrat bertindak sebagai agen untuk biosintesis nanopartikel perak (Trung *et al.*, 2020). Mekanisme reduksi oleh agen pereduksi tanaman menjadi nanopartikel perak adalah sebagai berikut:



Pada tahap awal, ion perak Ag^+ dengan muatan positif direduksi menjadi perak logam (Ag^0) saat menerima elektron (e^-). Peran agen pereduksi yakni senyawa organik dari tanaman adalah menyumbangkan elektron yang diperlukan dalam proses reduksi. Senyawa organik dalam ekstrak tanaman akan mengoksidasi dirinya sendiri yakni kehilangan elektron dan mentransfer elektron tersebut kepada ion Ag^+ . Setelah menerima elektron, ion Ag^+ berubah menjadi Ag^0 , yang merupakan perak dalam bentuk logam. Perak logam ini kemudian akan mengendap dan membentuk nanopartikel perak (AgNP) (Zulaicha *et al.*, 2021).

Sintesis nanopartikel perak menggunakan pendekatan biologis menghasilkan produk yang lebih aman, sehingga cocok untuk diaplikasikan di berbagai bidang, termasuk kesehatan dan biomedis (Taba *et al.*, 2019). Selain itu, bahan biologis dalam sintesis nanopartikel perak lebih bermanfaat karena sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman lebih cepat dan lebih stabil (Willian *et al.*, 2023).

2.7.3 Potensi Nanopartikel Perak (AgNPs) sebagai Agen Antibakteri

Nanopartikel perak telah banyak digunakan dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan, pengobatan infeksi dan tidak jarang pula digunakan sebagai agen antibakteri. Nanopartikel perak memiliki sifat katalitik yang unik dan fungsional, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai antibakteri, antioksidan dan antiinflamasi. Nanopartikel perak berpotensi sebagai antibakteri karena memiliki ukuran yang kecil, sehingga mampu menembus sampai ke sel bakteri. Nanopartikel dengan ukuran yang kecil dianggap lebih beracun dan lebih mematikan bakteri. Nanopartikel perak memiliki spektrum luas, sehingga mampu menghambat bakteri gram positif maupun gram negatif. Selain itu, nanopartikel perak dapat mengurangi pertumbuhan bakteri resisten. Hal ini menjadikan nanopartikel perak sebagai solusi efektif untuk pengendalian dan pengobatan infeksi (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Pemanfaatan nanopartikel sebagai agen antibakteri sangat efisien, karena nanopartikel mampu mendeteksi penyakit secara dini, dan mengurangi kerusakan sel-sel sehat di dalam tubuh. Penggunaan nanopartikel ini bertujuan untuk membantu kelarutan suatu zat atau senyawa aktif. Sebagai contoh, senyawa kunyit sulit larut dalam air, sehingga dapat dikombinasikan dengan nanopartikel untuk meningkatkan bioviabilitasnya. Selain itu, nanopartikel juga mampu memodifikasi

sistem penghantaran obat sehingga dapat langsung menuju ke lokasi target secara spesifik. Nanopartikel perak menjadi pilihan efektif sebagai agen antibakteri karena memiliki bioviabilitas tinggi, ukuran sangat kecil, tingkat toksisitas rendah, serta mampu memperbesar luas permukaan sehingga zat aktif dapat tersebar lebih cepat (Maulahibati dkk., 2023).

2.8 Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri biasanya dilakukan dengan dua metode utama, yakni metode difusi dan metode dilusi. Metode Kirby-Bauer merupakan salah satu teknik difusi yang sering umum digunakan. Metode ini, yang juga dikenal sebagai metode difusi cakram, digunakan untuk menguji sensitivitas mikroorganisme terhadap agen antibakteri. Teknik ini sering dipakai untuk menilai sejauh mana suatu zat mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme, baik bakteri maupun jamur (Ngamsurach & Praipipat, 2022).

Metode difusi cakram dilakukan dengan menggunakan kertas cakram yang telah direndam dalam larutan uji, kemudian diletakkan di atas media agar yang sudah diinokulasi dengan suspensi bakteri. Suspensi bakteri tersebut disesuaikan kekeruhannya menggunakan standar McFarland 0,5, lalu media diinkubasi. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengukuran zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram. Pengukuran zona bening dilakukan dengan menarik garis diameter dari tepi luar zona bening yang mengelilingi kertas cakram. Berikut adalah rumus untuk menghitung diameter zona hambat:

$$\text{Diameter Zona Hambat} = \frac{(Dh - Dc) + (Dv - Dc)}{2}$$

Keterangan:

Dh : Diameter horizontal

Dv : Diameter vertikal

Dc : Diameter cakram

Kemampuan daya hambat suatu bahan uji ditentukan berdasarkan kategori sangat kuat, kuat, sedang dan lemah. Pengkategorian ini berdasarkan (A'lana *et al.*, 2017).

Tabel 2. 1 Kategori Daya Hambat Bakteri

Daya Hambat Bakteri	Kategori
≥ 20 mm	Sangat Kuat
10-20 mm	Kuat
5-10 mm	Sedang
≤ 5 mm	Lemah

Selain itu, untuk menentukan konsentrasi terkecil yang efektif menghambat pertumbuhan bakteri, dapat digunakan metode mikrodilusi. Metode ini lebih efisien karena memanfaatkan volume larutan yang lebih sedikit. Mikrodilusi adalah teknik untuk menguji kepekaan bakteri terhadap agen antibakteri dengan menentukan konsentrasi terendah zat yang mampu menghentikan pertumbuhan bakteri. Metode ini biasanya digunakan untuk mengukur konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) (AbuDalo *et al.*, 2019).

Prinsip uji KHM adalah membuat serangkaian pengenceran zat antibakteri dalam medium cair dalam *96-well microplate*. Setiap sumur mengandung konsentrasi yang berbeda dari zat antibakteri, lalu diinokulasikan dengan bakteri uji. Uji KHM bertujuan untuk menentukan konsentrasi terendah yang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Adapun uji KBM merupakan uji lanjutan dari KHM. Uji KBM dilakukan guna mengetahui konsentrasi minimum yang tidak hanya menghambat tetapi benar-benar membunuh bakteri target. Prinsip uji KBM

didasarkan pada penghitungan jumlah koloni bakteri yang berkembang pada media agar (AbuDalo *et al.*, 2019).

Standar pertumbuhan koloni yang diperhitungkan di dalam cawan petri adalah 30-300 (ISO 21149: 2017). Koloni yang tumbuh dihitung berdasarkan (Kadri dkk., 2015).

- a. Satu koloni dianggap terhitung apabila berupa koloni tunggal; dua koloni yang saling menumpuk; beberapa koloni yang tersusun berurutan; koloni yang terlihat seperti garis tebal; atau sekelompok koloni besar dengan jumlah yang sulit ditentukan secara pasti.
- b. Dua koloni dihitung apabila koloni-koloni tersebut saling berhimpitan namun masih dapat dibedakan secara jelas.
- c. Hasil perhitungan koloni dimasukkan dalam rumus perhitungan CFU/mL yaitu sebagai berikut:

$$TPC = \frac{\text{jumlah koloni}}{\text{Volume inokulum}} \times \text{faktor pengenceran}$$

Keterangan:

Jumlah koloni : Jumlah rerata koloni di setiap cawan petri

Volume inokulum : Volume inokulum yang ditanam pada media agar

Faktor pengenceran : Pengenceran yang digunakan. Tanpa pengenceran = 1

Uji KHM dan KBM berguna dalam formulasi obat atau kosmetik untuk menentukan berapa konsentrasi minimum yang masih bekerja dengan baik yakni mampu menghambat dan membunuh bakteri uji. Selain itu, konsentrasi rendah juga menjadi acuan penggunaan dosis optimal agar bakteri tidak menjafi resisten terhadap senyawa tersebut. Dengan mengetahui nilai KHM dan KBM, formulasi produk dapat disusun lebih efisien dan aman, serta meminimalkan risiko efek

samping akibat penggunaan dosis yang berlebih (Kowalska-Krochmal & Dudek-Wicher, 2021).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian mengenai aktivitas antibakteri nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) terhadap bakteri penyebab jerawat ini merupakan penelitian eksperimental dengan analisis deskriptif kuantitatif. Proses penelitian meliputi pengujian zona hambat menggunakan metode difusi cakram, serta pengujian konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) dengan metode mikrodilusi.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu tiga bulan, dari Februari hingga Mei 2025. Proses ekstraksi kunyit dan sintesis nanopartikel perak dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sedangkan uji aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Tepadu Mikrobiologi, Universitas Islam Malang.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat diatur dan diubah oleh peneliti dalam sebuah penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi nanopartikel perak kunyit yang digunakan sebagai agen antibakteri. Konsentrasi yang digunakan yaitu 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL dan 250 mg/mL.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dapat diukur atau diamati untuk melihat perubahan yang terjadi akibat pengaruh variabel bebas. Pada penelitian ini,

variabel terikat meliputi aktivitas antibakteri, seperti ukuran zona hambat, kejernihan larutan pada Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), serta jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM).

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang tetap dijaga atau dikendalikan agar tidak terjadi perubahan selama dilakukan eksperimen. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah diameter kertas cakram, suhu dan waktu inkubasi, jumlah inokulum bakteri, media yang digunakan dan metode uji antibakteri.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, tabung erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, timbangan analitik, botol kaca, corong gelas, pipet tetes, batang pengaduk, batang *spreader*, *shaker*, *hotplate*, *magnetic stirrer*, kertas saring, kertas label, aluminium foil, kapas, *cotton swab* steril, mikropipet, *blue tip*, *yellow tip*, kertas cakram 6mm *antimicrobial*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pinset, jarum ose, bunsen, cawan petri, kuvet, plastik wrap, *autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), inkubator, spektrofotometer UV-Vis, vortex, dan colony counter.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, serbuk simplisia kunyit, perak nitrat, aquades steril, aquabidest, media *Mueller Hinton Agar* (MHA), *Mueller Hinton Broth* (MHB), etanol 95%, alkohol 70%, isolat *S. aureus* dan *P. acnes*, klindamisin, DMSO, dan NaCl 0,9%.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Ekstraksi

Proses ekstraksi kunyit (*Curcuma longa*) dilakukan dengan metode maserasi yang mengacu pada prosedur Khatun *et al.* (2021) dengan beberapa modifikasi. Pada penelitian Khatun, pelarut yang digunakan adalah aquades, sedangkan dalam penelitian ini dipilih pelarut etanol 95% karena kemampuannya yang lebih baik dalam melarutkan senyawa lipofilik pada kunyit. Sebanyak 100 gram serbuk simplisia kunyit ditimbang dan dicampur dengan 400 mL etanol 95% di dalam gelas beaker. Campuran tersebut kemudian ditutup menggunakan aluminium foil dan diaduk menggunakan dishaker selama 24 jam. Setelah proses pengadukan, campuran disaring memakai kertas saring Whatman No.1. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dikonsentrasikan menggunakan Rotary Evaporator untuk memperoleh ekstrak dengan konsistensi kental (Khatun *et al.*, 2021; Suwal *et al.*, 2021).

3.5.2 Sintesis Nanopartikel Perak Kunyit (*Curcuma longa*)

Sintesis nanopartikel perak mengikuti metode (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021). 20 mL ekstrak kunyit ditambahkan ke dalam 1 mM perak nitrat yang telah dilarutkan dalam 80 mL aquabidest. Selanjutnya, campuran disimpan di tempat gelap pada suhu ruangan sampai nanopartikel perak (AgNP_s) terbentuk sepenuhnya. Setelah ditambahkan AgNO₃, warna larutan ekstrak kunyit berubah dari kuning terang menjadi kuning pucat, dan setelah 24 jam, warnanya berubah menjadi kuning gelap. Perubahan warna ini menandakan bahwa ion perak telah sepenuhnya berubah menjadi nanopartikel perak (AgNP_s). Setelah itu, nanopartikel perak yang telah disintesis dengan kunyit, di *freeze drying* untuk mendapatkan

serbuk nanopartikel. Serbuk nanopartikel tersebut kemudian digunakan sebagai pengujian (Dharman *et al.*, 2023; Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

3.5.3 Uji Aktivitas Antibakteri

3.5.3.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan bertujuan untuk membasmi mikroorganisme yang menempel. Proses sterilisasi dilakukan dengan memasukkan alat ke autoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit dengan tekanan 1 atm (Rosmania & Yanti, 2020). Untuk peralatan yang tidak tahan panas, sterilisasi dilakukan menggunakan alkohol 70% (Alydrus & Khofifah, 2022).

3.5.3.2 Pembuatan Media

Media yang digunakan dalam uji aktivitas antibakteri merupakan media yang berisi campuran nutrisi yang digunakan untuk menumbuhkan, memperbanyak dan memelihara mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Pada penelitian ini, media yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri adalah media *Mueller Hinton Agar* (MHA) dan *Mueleer Hinton Broth* (MHB). Media MHA dan MHB yang digunakan disiapkan dengan cara menimbang media MHA sebanyak 38g, dan media MHB 2g, lalu dilarutkan ke dalam 1000 mL aquades untuk MHA dan 100 mL aquades untuk MHB. Selanjutnya, dihomogenkan menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Setelah homogen, media MHA dan MHB disterilisasi menggunakan autoklaf. Hal ini dilakukan guna memastikan bahwa media yang digunakan sebagai pertumbuhan bakteri dalam keadaan steril sebelum digunakan untuk pengujian.

3.5.3.3 Peremajaan Bakteri Uji

Peremajaan bakteri uji dilakukan untuk menjaga viabilitas bakteri yang digunakan dalam penelitian. Media yang dipakai untuk peremajaan adalah media MHA. Proses peremajaan dilakukan dengan mengambil 1 ose koloni bakteri dari biakan murni, kemudian diinokulasikan ke media agar dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Retnaningsih dkk., 2019).

3.5.3.4 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

Suspensi bakteri uji dibuat dengan mengambil 1 ose dari setiap bakteri yang telah diremajakan. Selanjutnya, inokulum tersebut diencerkan menggunakan larutan NaCl 0,9% hingga mencapai kekeruhan yang sesuai dengan standar 0,5 McFarland. Kekeruhan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm, dengan nilai absorbansi antara 0,08 hingga 1. Setelah tahap ini, suspensi bakteri uji siap untuk digunakan (Gayathiri *et al.*, 2018).

3.5.3.5 Uji Daya Hambat

Uji daya hambat dilakukan dengan metode difusi cakram. Media Mueller-Hinton Agar (MHA) yang sudah steril dituangkan ke dalam cawan petri. Selanjutnya, 100 µL suspensi bakteri dioleskan secara merata pada permukaan media yang telah mengeras menggunakan cotton swab steril. Kertas cakram berukuran diameter 6 mm direndam dalam larutan uji dengan konsentrasi 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL, dan 250 mg/mL selama 15 hingga 30 menit. Setelah itu, kertas cakram yang telah diresapi nanopartikel perak kunyit diletakkan di atas permukaan agar. Sebagai kontrol positif, digunakan klindamisin sebanyak 1 mL, sedangkan kontrol negatif menggunakan DMSO sebanyak 1 mL.

Setelah semua persiapan, cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah proses inkubasi selesai, pengukuran diameter zona hambat dilakukan dengan menggunakan jangka sorong untuk mengukur area di sekitar kertas cakram yang bebas dari pertumbuhan bakteri. Pengujian ini dilakukan sebanyak empat kali ulangan untuk memperoleh hasil yang akurat (Khanh *et al.*, 2019).

3.5.3.6 Uji KHM

Pengujian KHM dilakukan dengan menyiapkan well plate 96 steril, serta larutan uji nanopartikel perak kunyit 250 mg/mL. Selanjutnya, diisi kolom pertama dengan larutan uji sebanyak 100 µL. Kemudian, untuk kolom kedua (konsentrasi 125 mg/mL) hingga kolom keenam (konsentrasi 7,81 mg/mL) diisi dengan 50 µL media cair steril. Setelah itu, diambil 50 µL larutan uji dari kolom pertama (250 mg/mL) dimasukkan ke kolom kedua (125 mg/mL), lalu dihomogenkan. Selanjutnya, diambil 50 dari kolom kedua (125 mg/mL) dimasukkan pada kolom ketiga (62,5 mg/mL). Demikian seterusnya, dilakukan berurutan hingga kolom keenam.

Sumur yang telah berisi larutan uji, kemudian ditambahkan 50 µL suspensi bakteri uji disetiap kolom sumur. Kontrol positif dan kontrol negatif dilakukan pada sumur yang sama. Pengenceran kontrol positif dengan klindamisin dan kontrol negatif dengan DMSO, lalu ditambah dengan 50 µL suspensi bakteri uji. Selanjutnya, permukaan sumur 96 ditutup dengan penutup sumur dan dilapisi dengan plastik *wrap*. Setelah itu, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Barabadi *et al.*, 2021).

3.5.3.7 Uji KBM

Nilai Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) merupakan uji konfirmasi dari KHM. Uji konfirmasi dilakukan dengan menumbuhkan larutan tersebut pada media agar dan menghitung jumlah koloni bakteri yang berkembang. Sebanyak 100 μ L larutan hasil KHM diinokulasikan ke permukaan agar dan diratakan menggunakan cotton swab steril. Setelah itu, media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, jumlah koloni bakteri yang tumbuh kemudian dihitung.

3.5.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri atas data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil uji zona hambat, yang dianalisis berdasarkan ukuran diameter zona bening di sekitar cakram pada media agar. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong. Selanjutnya, data tersebut dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS versi 22.0. Untuk mengetahui signifikansi perbedaan antar perlakuan, digunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis, kemudian dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney sebagai uji lanjut.

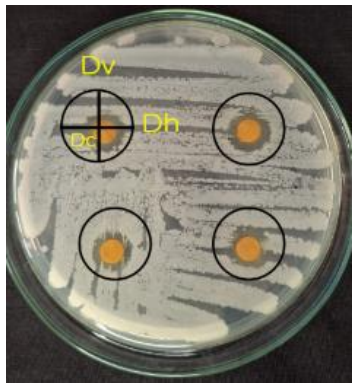
Data kualitatif diperoleh dari uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM). Nilai KHM ditentukan secara visual tanpa bantuan alat, berdasarkan kejernihan larutan uji yang menunjukkan ada atau tidaknya pertumbuhan bakteri. Untuk mengonfirmasi nilai KHM, dilakukan uji KBM dengan penanaman larutan uji ke media agar, kemudian jumlah koloni yang tumbuh diamati dan dihitung menggunakan alat penghitung koloni (*Colony Counter*). Hasil data kemudian disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik, serta dibandingkan dengan berbagai literatur terkait.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Zona Hambat Nanopartikel Perak Kunyit (*Curcuma longa*)

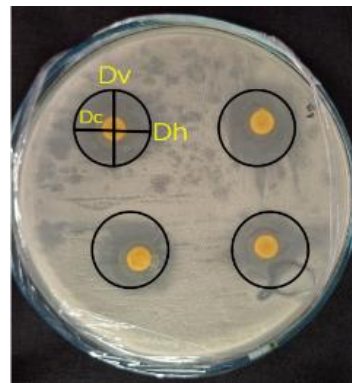
Uji zona hambat merupakan uji yang dilakukan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri dari senyawa uji terhadap bakteri target. Uji ini ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar cakram yang berisi senyawa uji nanopartikel perak-kunyit. Semakin besar diameter zona bening yang terbentuk, maka semakin tinggi daya hambat antibakteri dari senyawa uji (Morejon & Michel, 2023).

Pengukuran zona bening dilakukan menggunakan metode dua arah, yaitu secara horizontal dan vertikal, kemudian dirata-rata setelah dikurangi diameter cakram. Gambar berikut merupakan hasil uji zona hambat pada konsentrasi 250 mg/mL terhadap kedua bakteri uji. Gambar uji zona hambat konsentrasi 100, 150, 200 dan kontrol positif serta kontrol negatif dapat dilihat pada Lampiran 4.4



Gambar 4. 1 Zona Hambat
Propionibacterium acnes Konsentrasi
250 mg/mL

Keterangan: Dh: Diameter Horizontal; Dv: Diameter Vertikal; Dc: Diameter Cakram



Gambar 4. 2 Zona Hambat
Staphylococcus aureus Konsentrasi
250 mg/mL

Data hasil pengukuran diameter zona hambat terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* dari masing-masing ulangan disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Diameter Zona Hambat (mm) Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap *Propionibacterium acnes*

Konsentrasi (mg/mL)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	Rerata	Kategori
100	3	4.5	5.5	3	4.13	Lemah
150	4	3.5	5.5	1.5	3.70	Lemah
200	6	6	5.5	4.5	5.50	Sedang
250	7	5	7.5	8	7.00	Sedang
K+	16	16.5	20.5	19	18.00	Kuat
K-	0	0	0	0	0.00	Tidak ada

Tabel 4. 2 Diameter Zona Hambat (mm) Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (mg/mL)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	Rerata	Kategori
100	9	8	14	12	10.80	Kuat
150	15	8	12	9	11.00	Kuat
200	13	11	13	13	12.50	Kuat
250	15	14	17.5	11	14.38	Kuat
K+	8	13	10	16	11.75	Kuat
K-	0	0	0	0	0.00	Tidak ada

Hasil rerata diameter zona hambat dari masing-masing perlakuan disajikan secara ringkas pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rerata Diameter Zona Hambat Nanopartikel Perak-Kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi (mg/mL)	Rerata Diameter Zona Hambat (mm) $\pm$ SD					
	<i>Propionibacterium acnes</i>			<i>Staphylococcus aureus</i>		
	Rerata	Kategori Angka (mm)	Kategori Daya Hambat	Rerata	Kategori Angka (mm)	Kategori Daya Hambat
100	4,13 $\pm$ 1,22	≤ 5	Lemah	10,80 $\pm$ 2,75	10-20	Kuat
150	3,70 $\pm$ 1,65	≤ 5	Lemah	11,00 $\pm$ 3,16	10-20	Kuat
200	5,50 $\pm$ 0,71	5-10	Sedang	12,50 $\pm$ 1,00	10-20	Kuat

250	7,00 ± 1,08	5-10	Sedang	14,38 ± 2,69	10-20	Kuat
K+	18,00 ± 2,12	10-20	Kuat	11,75 ± 3,38	10-20	Kuat
K-	0,00 ± 0,00	0	Tidak Ada	0,00 ± 0,00	0	Tidak Ada

Keterangan: ≥ 20 mm: Sangat kuat; 10–20 mm: Kuat; 5–10 mm: Sedang; < 5 mm: Lemah; 0 mm: Tidak ada

Data diameter zona hambat yang diperoleh, terlebih dahulu dianalisis menggunakan analisis statistik SPSS. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan. Data diameter zona hambat pada penelitian ini tidak memenuhi asumsi distribusi normal dan homogenitas, sehingga analisis statistik tidak dapat dilakukan menggunakan uji ANOVA. Oleh karena itu, digunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan antar perlakuan. Jika hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji lanjutan (Post Hoc) Mann-Whitney untuk mengidentifikasi pasangan konsentrasi yang menunjukkan perbedaan signifikan.

Berdasarkan hasil uji Kruskal-Wallis, data diameter zona hambat baik *Propionibacterium acnes* maupun *Staphylococcus aureus* menunjukkan perbedaan signifikan, dengan nilai $p\text{ value} < 0.05$, yakni 0.001 (Lampiran 5.1) dan 0.030 (Lampiran 5.2). Uji Kruskal-Wallis hanya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan, tetapi tidak menunjukkan kelompok mana saja yang memiliki perbedaan signifikan (Nurhayat dkk., 2020), (Sidarta dkk., 2013). Oleh karena itu, untuk mengidentifikasi kelompok konsentrasi yang menunjukkan perbedaan signifikan, dilakukan uji lanjut Mann-Whitney. Uji ini menggunakan nilai signifikansi ($p\text{-value}$) sebesar 0,05 sebagai batas penentu. Jika $p\text{-value} < 0,05$, maka terdapat

perbedaan yang signifikan antara dua kelompok yang dibandingkan. Sebaliknya, jika $p\text{-value} > 0,05$, maka tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Hasil uji Mann Whitney dapat dilihat pada Lampiran 5.1 dan 5.2

Berdasarkan hasil uji Mann Whitney *Propionibacterium acnes* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi perlakuan nanopartikel perak kunyit memiliki perbedaan yang signifikan dengan semua konsentrasi. Selain itu, juga berbeda signifikan dengan klindamisin sebagai kontrol positif dan DMSO sebagai kontrol negatif. Oleh karena terdapat perbedaan signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak kunyit memiliki pengaruh terhadap zona hambat pertumbuhan *Propionibacterium acnes* (Nurhayat *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil uji Mann Whitney *Staphylococcus aureus* menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan ($p > 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi perlakuan nanopartikel perak kunyit tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan klindamisin sebagai kontrol positif, hanya berbeda signifikan dengan DMSO sebagai kontrol negatif. Walaupun seluruh konsentrasi tidak berbeda signifikan, namun secara deskriptif terdapat kecenderungan peningkatan diameter zona hambat seiring bertambahnya konsentrasi.

Hasil penelitian uji zona hambat berdasarkan Tabel 2.2 menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit mampu menghambat pertumbuhan *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* dengan efektivitas yang cukup berbeda. Nanopartikel perak kunyit menghasilkan zona hambat dengan kategori “sedang” pada *P. acnes*. Sementara itu, pada *S. aureus* menghasilkan zona hambat dengan kategori “kuat”. Rerata diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap *P. acnes*

pada konsentrasi 100 mg/mL, 150, 200 mg/mL dan 250 mg/mL secara berturut turut adalah 4,10 mm, 3,70 mm, 5,50 mm dan 7,00 mm.

Rerata diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 100 mg/mL, 150, 200 mg/mL dan 250 mg/mL secara berturut turut adalah 10,80 mm, 11,00 mm, 13,00 mm dan 14,38 mm. Berdasarkan kriteria interpretasi standar CLSI, hasil rerata zona hambat tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit lebih efektif terhadap *S. aureus*. Perbedaan efektivitas nanopartikel perak kunyit terhadap *P. acnes* dan *S. aureus* dipengaruhi oleh sensitivitas masing-masing bakteri.

Perbedaan efektivitas antara *P. acnes* dan *S. aureus* diantaranya dapat disebabkan oleh perbedaan struktur dinding sel dan karakter fisiologis dari kedua bakteri. *P. acnes* dan *S. aureus* merupakan bakteri gram positif, tetapi variasi pada komposisi dan ketebalan peptidoglikan keduanya berbeda, sehingga mempengaruhi tingkat penetrasi nanopartikel perak. Selain itu, *P. acnes* merupakan bakteri anaerob fakultatif, yang artinya bakteri ini dapat tumbuh dengan optimal dalam kondisi rendah atau tanpa oksigen (Mollerup *et al.*, 2016). Namun, dalam penelitian ini, bakteri *P. acnes* diinokulasikan dalam kondisi aerob, sehingga hal ini yang menyebabkan kurangnya efektivitas nanopartikel perak kunyit terhadap *P. acnes*. Berbeda dengan *S. aureus* yang lebih adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan baik aerob maupun anaerob (Zulfiani, Windiasti, Prabawati, & Artasasta, 2022), yang menyebabkan nanopartikel perak kunyit lebih efektif terhadap *S. aureus*.

Cahyani *et al.*, (2020) dalam penelitiannya tentang Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kunyit terhadap *Propionibacterium acnes*, menunjukkan bahwa diameter zona hambat *P. acnes* cenderung besar sesuai dengan peningkatan konsentrasi

ekstrak rimpang. Rerata diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap *P. acnes* pada konsentrasi 15%, 30%, 50%, 75% dan 100% secara berturut turut adalah 11,35 mm, 15,65, 17,575 mm, 18,85 mm dan 20,8 mm. Hasil zona hambat terhadap *P. acnes* pada penelitian (Cahyani *et al.*, 2020) berbeda dengan hasil zona hambat pada penelitian ini.

Hasil zona hambat *P. acnes* yang terbentuk pada penelitian ini lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh inokulum bakteri, konsentrasi antibakteri dan inkubasi. Inokulum bakteri *P. acnes* yang diinokulasikan pada media agar terlalu padat. Selain itu, konsentrasi antibakteri yang digunakan seharusnya lebih tinggi dibandingkan *S. aureus*, karena *P. acnes* termasuk bakteri yang resisten. *Propionibacterium acnes* merupakan bakteri anaerob, sehingga sebaiknya diinkubasi dalam kondisi anaerob dengan menggunakan *anaerobic jar* (Cahyani *et al.*, 2020).

Zona hambat terhadap *P. acnes* yang kecil juga disebabkan oleh waktu inkubasi yang singkat, yakni hanya 24 jam. Sementara *P. acnes* merupakan bakteri anaerob yang tumbuh lambat dan umumnya memerlukan waktu inkubasi 48 hingga 72 jam untuk menunjukkan efek antibakteri yang maksimal. Apabila inkubasi dilakukan terlalu singkat, antibakteri belum sempat bekerja optimal, sehingga zona hambat yang terbentuk menjadi kecil atau kurang jelas meskipun pertumbuhan bakteri sudah padat (Teow *et al.*, 2016).

Luthfia & Miswanda, (2023) dalam penelitiannya tentang Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak terhadap *Staphylococcus aureus*, menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit mampu menghambat *S. aureus* dengan rerata penghambatan 13, 11, 9 dan 13 mm. Pada setiap konsentrasi, nanopartikel perak

berinteraksi secara berbeda dengan bakteri, sehingga memberikan efek penghambatan yang berbeda pula. Luas zona hambat yang terbentuk, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka semakin besar zona hambat yang dihasilkan.

Hasil penelitian uji zona hambat (Luthfia & Miswanda, 2023) terhadap *Staphylococcus aureus* selaras dengan hasil uji zona hambat dalam penelitian ini. Nanopartikel perak mampu menghambat *S. aureus* dengan kategori penghambatan yang kuat. Hal ini mengindikasikan bahwa nanopartikel perak memiliki sifat antibakteri, khususnya terhadap *Staphylococcus aureus*.

Uji zona hambat dalam penelitian ini menggunakan kontrol positif berupa klindamisin. Klindamisin merupakan antibiotik golongan lincosamida. Klindamisin digunakan sebagai kontrol positif karena antibiotik ini efektif terhadap bakteri gram positif, termasuk *P. acnes* dan *S. aureus*. Selain itu, sifat antibakteri klindamisin sudah terbukti efektif dan digunakan secara luas dalam terapi pengobatan jerawat. Klindamisin biasanya diresepkan untuk acne vulgaris, dengan standar praktik saat ini yang memanfaatkan kombinasi topikal tetap yang mengandung klindamisin yang mencegah pertumbuhan *P. acnes* dan mengurangi peradangan yang terkait dengan pembentukan lesi jerawat. Beberapa presentasi klinis dari folikulitis, rosacea, infeksi stafilokokus, dan hidradenitis suppurativa juga responsif terhadap klindamisin. Hal ini menunjukkan kesesuaian dan fleksibilitasnya sebagai pilihan pengobatan (Armillei, Lomakin, Del Rosso, Grada, & Bunick, 2024).

Kontrol positif digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui kemampuan larutan uji dalam menghambat bakteri. Berdasarkan Tabel 2.2 klindamisin menghasilkan zona hambat dengan kategori “kuat” pada *P. acnes* dan *S. aureus*.

Rerata diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap *P. acnes* adalah 18,00 mm. Rerata diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap *S. aureus* adalah 11,75 mm. Selain kontrol positif, dalam uji zona hambat juga digunakan kontrol negatif berupa DMSO (Dimetil sulfoksida). DMSO dipilih sebagai kontrol negatif karena larutan ini tidak mengandung sifat antibakteri.

Kontrol negatif digunakan untuk memastikan bahwa penghambatan pertumbuhan bakteri murni berasal dari larutan uji, bukan DMSO. Nilai zona hambat yang dihasilkan oleh DMSO terhadap *P. acnes* dan *S. aureus* adalah 0,00 mm. Nilai nol ini menjadi referensi dasar untuk menyatakan bahwa hasil perlakuan memiliki efek antibakteri yang nyata.

Metode difusi cakram (disk diffusion) adalah metode standar untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri dengan mengukur diameter zona bening (zona hambat) di sekitar cakram berisi senyawa uji. Efektivitas zona hambat dengan difusi cakram dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah konsentrasi senyawa uji, semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, maka semakin tinggi zona hambat yang dihasilkan. Selain itu, juga dipengaruhi oleh jenis bakteri, kepadatan inokulum bakteri, media yang digunakan, ukuran dan ketebalan kertas cakram serta waktu dan suhu inkubasi (Morejon & Michel, 2023).

Hasil uji zona hambat nanopartikel perak kunyit menunjukkan daya hambat yang signifikan. Hal ini diindikasikan dengan terbentuknya diameter zona bening yang cukup besar pada media agar. Daya hambat yang besar ini disebabkan oleh sifat antibakteri yang dimiliki oleh nanopartikel perak dan senyawa aktif dalam kunyit, yakni kurkumin. Nanopartikel perak menghambat pertumbuhan bakteri melalui beberapa mekanisme. Salah satunya adalah kemampuan nanopartikel untuk

berinteraksi langsung dengan membran sel bakteri, sehingga merusak struktur membran dan menyebabkan kebocoran isi sel. Selain itu, nanopartikel perak juga dapat menghasilkan Reactive Oxygen Species (ROS) yang memicu stres oksidatif, merusak protein, lipid, dan DNA bakteri. Nanopartikel perak juga mampu mengganggu proses replikasi DNA, sehingga menghambat proses pembelahan sel (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021).

Nanopartikel perak (AgNPs) dikenal luas sebagai agen antimikroba yang sangat efektif karena ukuran partikelnya yang sangat kecil, umumnya dalam skala 1–100 nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini memberikan luas permukaan yang besar sehingga meningkatkan kontak dengan permukaan bakteri. Ketika AgNPs berinteraksi dengan dinding sel bakteri, mereka dapat menempel, menembus, dan menyebabkan kerusakan struktural pada membran sel. Hal ini memicu kebocoran ion dan komponen seluler penting, mengganggu fungsi normal bakteri, dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021b). Kemampuan penetrasi yang tinggi ini membuat AgNPs efektif terhadap berbagai jenis bakteri, termasuk *Staphylococcus aureus* dan *Propionibacterium acnes*.

Selain menyerang secara fisik, AgNPs juga dapat melepaskan ion perak (Ag^+) yang bersifat toksik bagi mikroorganisme. Ion Ag^+ mampu berinteraksi dengan protein dan enzim pada dinding sel maupun dalam sitoplasma, menyebabkan denaturasi protein dan gangguan metabolisme sel. Ion ini juga dapat mengikat DNA bakteri, menghambat proses replikasi dan transkripsi, sehingga bakteri tidak dapat berkembang biak. Aktivitas ganda ini baik dari nanopartikel maupun ionnya menjadikan perak sebagai agen antimikroba yang ampuh dan sulit

ditoleransi oleh bakteri, sehingga risiko resistensi relatif lebih rendah dibandingkan antibiotik konvensional (Li, Ren, & Yin, 2022).

Keunggulan lain dari nanopartikel perak adalah kemampuannya untuk dikombinasikan dengan senyawa bioaktif dari ekstrak tanaman, seperti ekstrak kunyit, untuk menghasilkan efek sinergis. Dalam formulasi nanopartikel perak kunyit, senyawa aktif dari kunyit seperti kurkumin dapat distabilisasi dan dikirim lebih efisien ke target bakteri. Nanopartikel berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) yang meningkatkan kelarutan, stabilitas, dan daya penetrasi senyawa aktif ke dalam sel bakteri. Dengan demikian, kombinasi ini tidak hanya memperkuat aktivitas antibakteri, tetapi juga dapat menurunkan dosis yang diperlukan, sehingga meminimalkan efek samping dan memperluas aplikasi dalam bidang pengobatan herbal modern (Song, Wu, Wang, & Han, 2019).

Sementara itu, senyawa aktif kunyit yakni kurkumin memiliki aktivitas antibakteri yang berperan menghambat sintesis protein bakteri dan mengganggu integritas membran sel. Selain mekanisme nanopartikel perak itu sendiri, peran ekstrak kunyit sebagai komponen aktif tambahan juga memberikan kontribusi terhadap aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Senyawa aktif dalam kunyit yakni kurkumin memiliki aktivitas antibakteri yang berperan menghambat sintesis protein bakteri dan mengganggu integritas membran sel bakteri serta penghambatan pembelahan sel bakteri. Kurkumin dapat merusak struktur dinding sel dan membran sel bakteri melalui ikatan dengan peptidoglikan, yang pada akhirnya menyebabkan lisis sel. Selain itu, kurkumin berikatan dengan protein FtsZ, sehingga mengganggu pembentukan protofilamen dan cincin Z yang berfungsi dalam proses sitokinesis dan proliferasi bakteri (Teow *et al.*, 2016).

Selain itu, kunyit juga memiliki senyawa aktif berupa kinyak atsiri. Minyak atsiri dalam kunyit bekerja dengan mengganggu pembentukan dinding atau membran sel bakteri, sehingga struktur sel tidak berbentuk dengan baik. Aktivitas antibakterinya didukung oleh keberadaan gugus hidroksil (-OH) dan karbonil. Gugus ini dapat menyebabkan denaturasi protein. Efektivitas antibakteri dari minyak atsiri juga berkaitan dengan bobot molekul yang dikandungnya. Semakin tinggi bobot molekulnya, maka semakin kuat efek antibakterinya (Korenblum *et al.*, 2013). Dengan kombinasi antara nanopartikel perak dengan ekstrak kunyit, mampu memberikan kemampuan penghambatan terhadap *P. acnes* dan *S. aureus* (Giri & Paramita, 2023).

Secara alami kunyit memiliki daya antibakteri, tetapi juga memiliki keterbatasan seperti kelarutan rendah dan bioavailabilitas yang buruk, sehingga senyawa aktifnya sulit dimanfaatkan secara maksimal dalam bentuk ekstrak biasa. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan nanopartikel perak yang dikombinasikan dengan ekstrak kunyit untuk meningkatkan efektivitasnya. Penggunaan nanopartikel memungkinkan senyawa aktif dari kunyit berdifusi lebih cepat dan menembus dinding sel bakteri dengan lebih efektif. Dengan demikian, penggabungan teknologi nanopartikel dan fitokimia dari kunyit menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat, termasuk *P. acnes* dan *S. aureus* (Maulahibati *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nanopartikel perak kunyit berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan aktif dalam produk perawatan kulit, terutama yang ditujukan untuk mengatasi jerawat yang disebabkan oleh *P. acnes* dan *S. aureus*. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada pembuatan krim, gel, atau

lotion antibakteri berbasis nanopartikel, yang diharapkan memiliki efektivitas tinggi dan efek samping yang minimal. Namun demikian, hasil penelitian ini juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Uji zona hambat bersifat kualitatif sehingga belum dapat menentukan konsentrasi minimal efektif yang dapat menghambat *P. acnes* dan *S. aureus*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga dilakukan uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif.

4.2 Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Nanopartikel Perak Kunyit (*Curcuma longa*)

Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) uji yang digunakan untuk menentukan konsentrasi minimum suatu senyawa antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri secara in vitro. Penentuan nilai KHM penting untuk mengevaluasi efektivitas antibakteri dari suatu agen antibakteri terhadap mikroorganisme target (Kowalska & Dudek, 2021). Dalam penelitian ini, uji KHM dilakukan untuk mengetahui kemampuan antibakteri dari nanopartikel perak yang dikombinasikan dengan ekstrak kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* yang merupakan patogenitas jerawat. Hasil pengamatan uji KHM secara visual dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Uji KHM secara Visual

Konsentrasi (mg/mL)	NP-K		K+		K-	
	PA	SA	PA	SA	PA	SA
250	+	+	-	-	+	+
125	-	+	-	-	+	+
62,5	-	-	-	-	+	+
31,25	-	-	-	-	+	+
15,62	-	-	-	-	+	+
7,81	-	-	-	-	+	+

Keterangan: NP-K: Nanopartikel Perak-Kunyit; K+: Kontrol Positif; K-; Kontrol Negatif; PA: *Propionibacterium acnes*; SA: *Staphylococcus aureus*; Simbol (+): keruh; Simbol (-): jernih; Label kuning (-): Positif KHM

Pengujian dilakukan dengan metode mikrodilusi dalam mikroplate 48 sumur dan pengamatan dilakukan secara visual berdasarkan tingkat kejernihan dan kekeruhan larutan. Pada uji KHM kejernihan menunjukkan bahwa bakteri tidak tumbuh secara aktif. Berdasarkan Tabel 2.11, hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada konsentrasi 250 mg/mL, larutan tampak keruh (ditandai dengan (+)), baik terhadap *P. acnes* maupun *S. aureus*. Sementara, pada konsentrasi 125 mg/mL larutan tampak jernih (ditandai dengan (-)) terhadap *P. acnes* dan tampak keruh terhadap *S. aureus*. Kekeruhan tersebut mengindikasikan adanya pertumbuhan bakteri. Sedangkan, kejernihan larutan mengindikasikan bahwa pertumbuhan bakteri telah terhambat. Oleh karena itu, pada konsentrasi ini nanopartikel perak kunyit belum efektif menghambat bakteri sepenuhnya.

Pada konsentrasi 62,5 mg/mL hingga 7,81 mg/mL, seluruh larutan tampak jernih. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan bakteri telah terhambat senyawa uji. Maka berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai KHM dari nanopartikel perak-kunyit terhadap *P. acnes* dan *S. aureus* adalah 15 mg/mL. Hal ini dikarenakan, konsentrasi 15 mg/mL merupakan konsentrasi terendah yang menunjukkan hasil larutan jernih secara konsisten. Konsentrasi 7,81 mg/mL walaupun menunjukkan larutan jernih, tetapi pada data lanjutan yakni KBM masih terdapat pertumbuhan koloni yang sangat banyak. Oleh sebab itu, konsentrasi 7,81 mg/mL tidak dapat dikategorikan sebagai KHM secara pasti.

Hasil kontrol positif yang diperoleh serupa dengan perlakuan nanopartikel perak-kunyit, yaitu larutan menunjukkan kejernihan mulai dari konsentrasi 62,5

mg/mL hingga 7,81 mg/mL. Hal ini menandakan bahwa efektivitas antibakteri dari nanopartikel perak-kunyit sebanding dengan kontrol antibiotik (klindamisin) yang digunakan. Sementara itu, kontrol negatif (K-) menunjukkan larutan keruh pada seluruh konsentrasi, baik untuk *Propionibacterium acnes* maupun *Staphylococcus aureus*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat aktivitas antibakteri dalam kontrol negatif dan bahwa inokulasi bakteri berhasil dilakukan dengan baik. Keberadaan kekeruhan pada K- juga memperkuat validitas hasil uji, karena menunjukkan bahwa pengamatan kejernihan larutan pada perlakuan lainnya memang disebabkan oleh aktivitas antibakteri dari senyawa uji.

Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit memiliki daya hambat yang baik terhadap kedua jenis bakteri penyebab jerawat. Efektivitas antibakteri ini disebabkan oleh mekanisme kerja ion perak yang merusak dinding sel bakteri, mengganggu enzim pernapasan, dan menghambat replikasi DNA, serta adanya senyawa aktif dalam ekstrak kunyit yang bersifat antibakteri (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021). Nanopartikel perak dengan ukuran 1-100 memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat karena luas permukaan yang lebih besar, sehingga interaksi dengan membran sel bakteri menjadi lebih efektif (Li *et al.*, 2022).

Hasil uji konsentrasi hambat minimum (KHM) menunjukkan bahwa nilai KHM yang relatif rendah terhadap *P. acnes* dan *S. aureus* menandakan potensi antibakteri yang tinggi. Uji KHM dilakukan dengan tujuan menentukan konsentrasi terendah dari senyawa antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri secara nyata. Nilai KHM rendah yang mampu menghambat bakteri, mengindikasikan bahwa hanya diperlukan konsentrasi kecil untuk menghambat

pertumbuhan bakteri *P. acnes* dan *S. aureus* penyebab jerawat (Kowalska-Krochmal & Dudek-Wicher, 2021).

Konsentrasi rendah atau kecil dari KHM berguna dalam formulasi obat atau kosmetik untuk menentukan berapa konsentrasi minimum yang masih bekerja dengan baik yakni mampu menghambat bakteri uji. Selain itu, konsentrasi rendah juga menjadi acuan penggunaan dosis optimal agar bakteri tidak menjafi resisten terhadap senyawa tersebut (Kowalska-Krochmal & Dudek-Wicher, 2021).

Dalam penelitian ini, uji KHM dari nanopartikel perak kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* ditentukan dengan metode mikrodilusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KHM efektif pada konsentrasi 15,62 mg/mL. Nilai konsentrasi ini lebih rendah dibandingkan nilai yang dinyatakan oleh (Parvekar *et al.*, 2020). Dalam penelitian Parvekar, *et al* (2020) tentang nanopartikel perak tanpa ekstrak kunyit, menunjukkan nilai konsentrasi terendah KHM yaitu sebesar 0,625 mg/mL atau setara dengan 625 µg/mL. Hal ini mengindikasikan bahwa formulasi nanopartikel perak dalam penelitian ini memiliki potensi antibakteri yang lebih kuat, karena mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada konsentrasi yang lebih kecil.

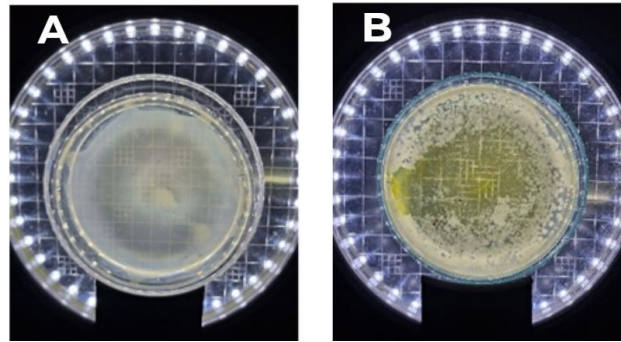
Meskipun, nilai konsentrasi KHM dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil Moodley *et al.* (2018), yang mencatat KHM sebesar 0,025 mg/mL atau setara dengan 25 µg/mL. Namun, nilai yang diperoleh dalam penelitian ini tetap berada dalam rentang efektif. Oleh karena itu, nanopartikel perak yang dikombinasikan dengan ekstrak kunyit memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai agen antibakteri yang efisien terhadap bakteri penyebab jerawat.

Dengan demikian, nilai KHM 15,62 mg/mL menunjukkan bahwa nanopartikel perak-kunyit memiliki daya hambat yang baik terhadap *P. acnes* dan *S. aureus*, dan potensial untuk digunakan dalam formulasi sediaan antimikroba, seperti produk topikal antijerawat berbasis bahan alami dan teknologi nanopartikel.

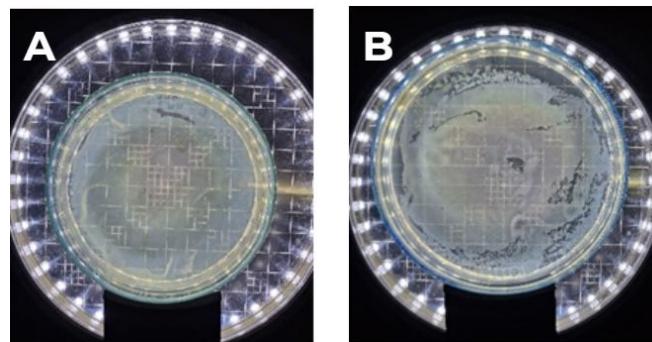
4.3 Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Nanopartikel Perak Kunyit (*Curcuma longa*)

Uji Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) merupakan lanjutan dari uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), yang bertujuan untuk menentukan konsentrasi terkecil dari suatu agen antibakteri yang tidak hanya menghambat, tetapi juga benar-benar membunuh bakteri target. Uji KBM bertujuan untuk membedakan antara efek bakteristatik dan bakterisidal. Dalam penelitian ini, uji KBM dilakukan terhadap nanopartikel perak ekstrak kunyit untuk mengetahui kemampuan bakterisidalnya terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. Penentuan KBM dilakukan dengan menanam kembali suspensi dari *well plate* KHM ke media agar dan mengamati ada tidaknya pertumbuhan koloni bakteri setelah inkubasi (Rodríguez *et al.*, 2021).

Pada uji KBM terhadap *P. acnes*, tidak ditemukan pertumbuhan koloni pada konsentrasi 31,25 mg/mL (Gambar 4.3 A), sedangkan pertumbuhan masih terjadi pada 7,81 mg/mL (Gambar 4.3 B). Hal serupa juga ditemukan pada *S. aureus*, yang menunjukkan KBM pada konsentrasi 62,5 mg/mL (Gambar 4.4 A), dan pertumbuhan koloni bakteri masih terjadi pada 7,81 mg/mL (Gambar 4.4 B).



Gambar 4. 3 Pertumbuhan koloni *Propionibacterium acnes* pada media MHA



Gambar 4. 4 Pertumbuhan koloni *Staphylococcus aureus* pada media MHA

Hasil perhitungan koloni bakteri yang tumbuh pada uji KBM dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Angka Lempeng Total (CFU/mL)

Konsentrasi (mg/mL)	NP-K		K+		K-	
	PA	SA	PA	SA	PA	SA
250	0	0	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
125	0	0	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
62,5	0	0	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
31,25	0	$5,0 \times 10^2$	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
15,62	$8,8 \times 10^2$	$1,2 \times 10^3$	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
7,81	TBUD	TBUD	0	0	$6,3 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$

Keterangan: NP-K: Nanopartikel Perak-Kunyit; K+: Kontrol Positif; K-; Kontrol Negatif; PA: *Propionibacterium acnes*; SA: *Staphylococcus aureus*; Angka (0): Positif KBM

Hasil penelitian berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi bunuh minimum nanopartikel perak-kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* tercapai pada konsentrasi 31,25 mg/mL, sedangkan terhadap *Staphylococcus*

aureus tercapai pada konsentrasi 62,5 mg/mL. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapatnya pertumbuhan koloni bakteri pada konsentrasi tersebut. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak-kunyit memiliki efektivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap *P. acnes* dibanding *S. aureus*, karena mampu membunuh *P. acnes* pada konsentrasi yang lebih rendah (Mustarichie, 2020).

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian (Parvekar *et al.*, 2020) tentang KHM & KBM nanopartikel perak terhadap *Staphylococcus aureus*. Parvekar *et al.* (2020), dalam penelitiannya diperoleh nilai KBM nanopartikel perak murni terhadap *S. aureus* sebesar 0,625 mg/mL, yang berarti sepuluh kali lebih rendah dari nilai KBM yang diperoleh dalam penelitian ini. Perbedaan nilai KBM terjadi karena perbedaan ukuran partikel. Nanopartikel yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 64,75 nm, sedangkan pada penelitian Parvekar *et al.*, (2020) hanya 5 nm. Secara umum, semakin kecil ukuran nanopartikel, semakin besar luas permukaan relatifnya, yang memungkinkan interaksi lebih efektif dengan dinding sel bakteri. Oleh karena itu, nanopartikel berukuran lebih besar seperti dalam penelitian ini membutuhkan konsentrasi lebih tinggi untuk mencapai efek bakterisidal yang sama.

Efektivitas kontrol positif, yaitu antibiotik berupa klindamisin yang digunakan sebagai pembanding, menunjukkan hasil yang konsisten, dimana tidak terdapat pertumbuhan koloni bakteri pada seluruh konsentrasi yang diuji (250–7,81 mg/mL). Hal ini membuktikan bahwa antibiotik bekerja efektif dan dapat dijadikan sebagai standar pembanding efektivitas antibakteri dari nanopartikel perak-kunyit. Sementara itu, kontrol negatif menunjukkan pertumbuhan koloni yang stabil dengan jumlah rata-rata $6,3 \times 10^2$ CFU/mL untuk semua konsentrasi. Ini

menunjukkan bahwa tidak terdapat senyawa antibakteri dalam kontrol negatif dan proses inokulasi bakteri berhasil dilakukan. Hasil ini juga menguatkan bahwa pengujian berjalan dengan valid dan tidak terdapat kontaminasi atau kesalahan teknis selama proses berlangsung.

Efektivitas antibakteri dari nanopartikel perak kunyit berasal dari sinergi antara sifat antimikroba nanopartikel perak dan senyawa aktif dalam ekstrak kunyit, seperti kurkumin. Nanopartikel perak diketahui dapat merusak dinding sel bakteri, meningkatkan permeabilitas membran, dan mengganggu fungsi enzim seluler (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021). Sementara itu, kurkumin memiliki kemampuan menghambat replikasi DNA dan sintesis protein bakteri. Kombinasi keduanya menghasilkan efek bakterisidal yang kuat, yang terbukti mampu membunuh koloni bakteri secara signifikan pada konsentrasi tertentu. Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri alternatif terhadap bakteri penyebab jerawat, khususnya *P. acnes* dan *S. aureus* (Jaiswal & Mishra, 2018).

4.4 Potensi Nanopartikel Perak Kunyit sebagai Antibakteri dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak kunyit mampu menghambat bakteri *P. acnes* dan *S. aureus* penyebab jerawat. Uji antibakteri nanopartikel perak kunyit dilakukan dengan tiga metode uji yakni, uji zona hambat, KHm (konsentrasi Hambat Minimum) dan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum). Hasil uji zona hambat menunjukkan penghambatan yang besar di setiap konsentrasi, ditandai dengan zona bening yang terbentuk. Rerata diameter zona bening yang dihasilkan terhadap *P. acnes* pada konsentrasi 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL dan 250 mg/mL secara berturut turut adalah 4,10 mm, 3,70

mm, 5,50 mm dan 7,00 mm. Rerata diameter zona bening yang dihasilkan terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL dan 250 mg/mL secara berturut turut adalah 10,80 mm, 11,00 mm, 13,00 mm dan 14,38 mm.

Uji KHM dilakukan guna mengetahui konsentrasi minimum yang mampu menghambat bakteri, ditandai dengan larutan konsentrasi yang bening. Semakin bening larutan konsentrasi maka artinya bakteri yang tumbuh sangat sedikit atau bahkan tidak ada. Sebaliknya, semakin keruh larutan, maka bakteri yang tumbuh sangat banyak. Dalam penelitian ini, larutan bening ditunjukkan oleh konsentrasi 15,62 mg/mL. Konsentrasi tersebut menunjukkan positif KHM, yang artinya konsentrasi tersebut mampu menghambat bakteri. Untuk mendapatkan hasil yang akurat terhadap uji KHM, maka dilakukan penanaman pada media agar, yang kemudian disebut uji KBM.

Uji KBM dilakukan guna mengetahui konsentrasi terkecil yang tidak hanya menghambat, tetapi benar-benar membunuh bakteri target. Indikasi dari berhasilnya uji KBM adalah tidak terdapat koloni bakteri yang tumbuh. Dalam penelitian ini, konsentrasi yang menunjukkan positif KBM adalah konsentrasi 250, 125, 62,5 dan 31,25 mg/mL. Hasil dari ketiga uji memperkuat bahwa nanopartikel perak kunyit mampu menghambat bakteri penyebab jerawat, sehingga dapat dijadikan antibakteri alami. Penggunaan kunyit sebagai antibakteri, merupakan bentuk “*back to nature*” yaitu menggunakan bahan alami dari alam, yakni pemanfaatan tumbuhan. Pemanfaatan tumbuhan sesuai dengan firman Allah dalam QS. Thaha:

53

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَ لَكُم فِيهَا سُبُلًا وَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً

فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّى

Artinya: *"Dialah (Allah) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit." Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan."*

Tafsir Nuur menafsirkan ayat di atas bermakna bahwasanya Allah menjadikan bumi sebagai tempat manusia hidup dan berkembang. Allah menyuburkan tanah dengan menurunkan air hujan dan dari tanah tersebut tumbuh beragam jenis tumbuhan dengan manfaat yang banyak. Kunyit merupakan salah satu tumbuhan yang Allah tumbuhkan dari bumi yang subur. Kunyit menjadi salah satu bukti kekuasaan Allah karena tumbuhan ini bisa dimanfaatkan sebagai antibakteri terhadap jerawat.

Penelitian Odo *et al* (2023) menyatakan bahwa kunyit berpotensi sebagai antibakteri karena mengandung komponen senyawa bioaktif kurkumin. Kunyit memiliki senyawa dengan sifat antibakteri yang dapat digunakan sebagai agen antibakteri dalam obat baru untuk pengobatan infeksi jerawat. Kunyit mengandung komponen kurkuminoid yang berperan sebagai antibakteri dan bekerja melalui mekanisme penghambatan metabolisme bakteri dengan melisis sel bakteri, hingga akhirnya menyebabkan kematian bakteri. Senyawa kurkuminoid dalam kunyit memiliki spektrum luas, sehingga mampu menghambat berbagai mikroorganisme (Giri & Paramita, 2023). Pemanfaatan kunyit sebagai antibakteri alami selaras dengan firman Allah dalam QS. Asy-Syu'ara:7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَىٰ الْآرْضِ كَمَا أَنْبَأْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam (tumbuh-tumbuhan) yang baik?"*

Menurut Tafsir Munir ayat ini menjelaskan bahwasanya tumbuhan yang ada di bumi bukan tumbuh tanpa maksud, tetapi diciptakan oleh Allah dengan manfaat

yang besar (زَوْجٌ كَرِيمٌ / *zauj karim* artinya bermanfaat). Kunyit termasuk dalam tumbuhan dari tanah Allah tumbuhkan tanaman yang mengandung zat aktif, dan dari sanalah manusia bisa memperoleh pengobatan alami, salah satunya untuk jerawat melalui mekanisme antibakteri dari kurkumin. Hal ini juga menunjukkan integrasi antara sains dan Islam, bahwa penemuan ilmiah adalah pengungkapan dari manfaat ciptaan Allah yang sudah ada.

Berdasarkan perspektif fiqih, penggunaan kunyit sebagai antibakteri adalah mudah, artinya diperbolehkan. Kunyit yang dipadukan dengan nanopartikel perak juga dalam perspektif fiqih dianggap mubah selama bertujuan sebagai pengobatan dan tidak mengandung bahan haram atau najis. Dalam penelitian Rasidin (2023), kunyit secara turun-temurun telah digunakan sebagai pengobatan alami, karena kemampuan antibakteri, antioksidan dan antiinflamasi. Perihal ini sesuai dengan kaidah fikih: *“Hukum asal segala sesuatu adalah mubah, sampai ada ayat yang menunjukkan larangannya.”* Dengan demikian, tidak ada alasan untuk melarang penggunaan kunyit, termasuk dalam bentuk formulasi modern seperti nanopartikel perak-kunyit, selama penggunaannya tetap berada dalam koridor syariat dan memberi manfaat secara medis.

Selain itu, penggunaan bahan alami seperti kunyit dan perpaduannya dengan teknologi modern yakni nanopartikel perak menunjukkan ikhtiar ilmiah dan nilai islami dalam menjaga kesehatan umat manusia. Ditinjau dari hasil penelitian ini, nanopartikel perak yang disintesis dengan kunyit berpotensi sebagai antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat. Nanopartikel walaupun memiliki ukuran yang kecil, tetapi memiliki peran yang mulia bagi kehidupan manusia. Ukuran

nanopartikel yang sangat kecil disebutkan di dalam al-qur'an, walaupun penyebutannya tidak secara gamblang. Allah berfirman dalam QS. Saba': 3

لَا يَغْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرُ
إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ

Artinya: *“Tidak ada yang tersembunyi bagi-Nya sekalipun seberat zarrah baik yang di langit maupun yang di bumi, yang lebih kecil dari itu atau yang lebih besar, semuanya tertulis dalam Kitab yang jelas (Lauh Mahfudz).”*

Menurut Tafsir Thabrani ayat di atas menjelaskan bahwa semua ciptaan Allah sesuai dengan ketetapan-Nya. Meskipun ciptaan seberat “zarrah”, yang dalam ilmu modern disebut sebagai partikel yang sangat kecil seperti atom, atau yang lebih kecil dari atom. Semua elemen tersebut telah tercatat dalam kitab yang nyata yaitu Lauhulmahfudz.

Nanopartikel perak dalam penelitian ini berukuran 64.75 nm. Walaupun memiliki ukuran yang kecil, tetapi memiliki aktivitas antibakteri yang kuat. Nanopartikel dapat dengan mudah masuk dan merusak sel bakteri karena ukurannya yang kecil (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa ilmu pengetahuan modern mampu menemukan manfaat dari ciptaan Allah dengan ukuran kecil sekalipun. Penelitian dan pengembangan nanopartikel sebagai antibakteri alami tidak hanya bernilai ilmiah, tetapi juga menjadi bukti keagungan ciptaan Allah, serta bukti bahwa manusia berperan sebagai khalifah atau pemimpin di muka bumi ini untuk menjaga alam dengan bijak.

Berdasarkan hasil penelitian nanopartikel perak kunyit, mengindikasikan bahwa Allah tidak lah menciptakan segala sesuatu dengan sia-sia. Walaupun nanopartikel berukuran kecil, tetap memiliki manfaat bagi manusia. Sebagaimana firman Allah dalam QS. Ali-Imran: 191

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۖ سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”

Menurut Tafsir Thabari makna ayat di atas adalah ciri-ciri ulul albab. Ulul albab adalah orang-orang yang berakal dan mau berpikir, merenungi kekuasaan Allah. Memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya siang dan malam. Firman Allah **وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ** "Dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi." Maknanya adalah “Mereka mengambil pelajaran dari semua penciptaan itu, dan mereka tahu bahwa tidak ada yang membuatnya kecuali Dzat Yang tidak ada bandingnya yaitu Allah, sehingga membuat mereka semakin dekat kepada Allah.

Firman Allah **بَنَّا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا** "Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. " Maknanya adalah Allah tidak menciptakan penciptaan ini dengan sia-sia dan senda gurau, semua ada hikmahnya. Setiap ciptaan Allah, baik yang terlihat maupun tersembunyi, baik ukuran besar atau kecil, semua memiliki tujuan dan manfaat. Allah tidak menciptakan segala hal di muka bumi ini dengan sia-sia, bahkan sesuatu yang kecil seperti nanopartikel perak dengan ukuran sangat kecil sekitar 1-100 nm, memiliki manfaat yang besar dalam kehidupan manusia.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji zona hambat, nanopartikel perak-kunyit lebih efektif terhadap *S. aureus*. Zona hambat nanopartikel perak-kunyit (*Curcuma longa*) sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* adalah $14,38 \pm 2,69$ mm, kategori kuat. Zona hambat terhadap *Propionibacterium acnes* adalah $7,00 \pm 1,08$ mm, kategori sedang.
2. Berdasarkan uji KHM, nanopartikel perak-kunyit mampu menghambat kedua bakteri dengan baik, ditandai dengan nilai KHM yang kecil. Nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) nanopartikel perak-kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* & *Staphylococcus aureus* adalah 15,62 mg/mL.
3. Berdasarkan uji KBM, nanopartikel perak-kunyit lebih efektif terhadap *P. acnes* karena mampu membunuh koloni bakteri pada konsentrasi yang lebih rendah dibanding *S. aureus*. Nilai Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) nanopartikel perak-kunyit terhadap *Propionibacterium acnes* adalah 31,25 mg/mL. Adapun nilai KBM terhadap *S. aureus* adalah 62,5 mg/mL.

5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan ukuran nanopartikel yang lebih kecil
2. Variasi waktu inkubasi perlu disesuaikan dengan bakteri uji
3. Inokulum bakteri yang diinokulasikan sebaiknya jangan terlalu pekat

DAFTAR PUSTAKA

- AbuDalo, M. A., Al-Mheidat, I. R., Al-Shurafat, A. W., Grinham, C., & Oyanedel-Craver, V. (2019). Synthesis of silver nanoparticles using a modified Tollens' method in conjunction with phytochemicals and assessment of their antimicrobial activity. *PeerJ*, 7, e6413.
- Agustina, A. (2021). Perspektif Hadis Nabi Saw Mengenai Kebersihan Lingkungan. *Jurnal Penelitian Ilmu Ushuluddin*, 1(2), 96–104.
- Akintelu, S. A., Bo, Y., & Folorunso, A. S. (2020). A review on synthesis, optimization, mechanism, characterization, and antibacterial application of silver nanoparticles synthesized from plants. *Journal of Chemistry*, 2020(1), 3189043.
- A'lane, L., Sari, R., & Apridamayanti, P. (2017). Penentuan nilai FICI kombinasi ekstrak etanol kulit daun lidah buaya (*Aloe vera* (L) Burm. f) dan gentamisin sulfat terhadap bakteri *Escherichia coli*. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(3), 3.
- Alydrus, N. L., & Khofifah, N. (2022). Efektifitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper Betle* L) Terhadap *Staphylococcus Aureus*. *Inhealth: Indonesian Health Journal*, 1(1), 56–61.
- Anam, M. S., Yulianti, W., Safitri, S. N., Qolifah, S. N., & Rosia, R. (2021). Konservasi Sumber Daya Alam dalam Perspektif Islam. *Al-Madaris Jurnal Pendidikan Dan Studi Keislaman*, 2(1), 26–37.
- Armillei, M. K., Lomakin, I. B., Del Rosso, J. Q., Grada, A., & Bunick, C. G. (2024, March 1). Scientific Rationale and Clinical Basis for Clindamycin Use in the Treatment of Dermatologic Disease. *Antibiotics*, Vol. 13. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/antibiotics13030270>
- Barabadi, H., Mojab, F., Vahidi, H., Marashi, B., Talank, N., Hosseini, O., & Saravanan, M. (2021). Green synthesis, characterization, antibacterial and biofilm inhibitory activity of silver nanoparticles compared to commercial silver nanoparticles. *Inorganic Chemistry Communications*, 129, 108647.
- Cahyani, A., Anggraini, D. I., Soleha, T. U., & Tjiptaningrum, A. (2020). Uji efektivitas antibakteri ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma domestica* Val.) terhadap pertumbuhan *Propionibacterium acnes* In Vitro. *Jurnal Kesehatan*, 11(3), 414–421.

- Chanda, S., & Ramachandra, T. V. (2019). Phytochemical and pharmacological importance of turmeric (*Curcuma longa*): A review. *Research & Reviews: A Journal of Pharmacology*, 9(1), 16–23.
- de Oliveira, P. F. M., Torresi, R. M., Emmerling, F., & Camargo, P. H. C. (2020). Challenges and opportunities in the bottom-up mechanochemical synthesis of noble metal nanoparticles. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(32), 16114–16141.
- Del Giudice, P. (2020). Skin infections caused by *Staphylococcus aureus*. *Acta Dermato-Venereologica*, 100(9).
- Dewanti, A. P., Diassari, A., Putra, B. A., Safarosarita, D., Novitasari, F., Mufidah, H. R., ... Faizah, U. N. (2021). Konservasi Keanekaragaman Hayati Tanaman Obat Dalam Pandangan Islam. *PISCES: Proceeding of Integrative Science Education Seminar*, 1(1), 307–313.
- Dharman, S., Maragathavalli, G., Shanmugam, R., & Shanmugasundaram, K. (2023). Biosynthesis of Turmeric Silver Nanoparticles: Its Characterization and Evaluation of Antioxidant, Anti inflammatory, Antimicrobial Potential Against Oral Pathogens an In vitro Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 35(3), 299–305.
- Di Lorenzo, R., Forgione, F., Bernardi, A., Sacchi, A., Laneri, S., & Greco, G. (2023). Clinical studies on topical curcumin. *Skin Pharmacology and Physiology*, 36(5), 235–248.
- Dwijayanti, S. I. P., & Pamungkas, G. S. (2016). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Tapak Dara (*Catharantus roseus* (L.) G. Don.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Biomedika*, 9(2), 11–20.
- Fitriana, L., & Raharjo, D. (2024). Formulasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan Krim Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana* Linn.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium Acnes* ATCC 1335. *OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 2(1), 171–190.
- Gayathiri, E., Bharathi, B., & Priya, K. (2018). Study of the enumeration of twelve clinical important bacterial populations at 0.5 McFarland standard. *Int. J. Creat. Res. Thoughts (IJCRT)*, 6(2), 880–893.
- Giri, G. S., & Paramita, N. L. P. V. (2023). Potensi Boreh Usada Bali Berbasis Kearifan Lokal Dengan Bahan Utama Melati Putih Sebagai Antibakteri *Propionibacterium Acnes*. *Kartika: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 8(2), 77–89.
- Harso, A. (2017). Nanopartikel dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 20–26.

- Hartopo, S. W., & Hajjah, A. (2021). Penerapan Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosa Penyakit Kulit Pada Manusia. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi (JMApTeKsi)*, 2(2), 77–82.
- Hayati, L. N., Tyasningsih, W., Praja, R. N., Chusniati, S., Yunita, M. N., & Wibawati, P. A. (2019). Isolasi dan identifikasi *Staphylococcus aureus* pada susu kambing peranakan etawah penderita mastitis subklinis di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*, 2(2), 76–82.
- Iweala, E. J., Uche, M. E., Dike, E. D., Etumnu, L. R., Dokunmu, T. M., Oluwapelumi, A. E., ... Ugbogu, E. A. (2023). Curcuma longa (Turmeric): Ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological activities and toxicity profiles—A review. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*, 6, 100222.
- Jaiswal, S., & Mishra, P. (2018). Antimicrobial and antibiofilm activity of curcumin-silver nanoparticles with improved stability and selective toxicity to bacteria over mammalian cells. *Medical Microbiology and Immunology*, 207, 39–53.
- Jiang, Z., Li, L., Huang, H., He, W., & Ming, W. (2022). Progress in laser ablation and biological synthesis processes: “Top-Down” and “Bottom-Up” approaches for the green synthesis of Au/Ag nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23), 14658.
- Kadri, A. N., Gelgel, K. T. P., & Suarjana, I. G. K. (2015). Perbedaan cara penyebaran suspensi terhadap jumlah bakteri pada media eosin methylene blue agar. *Indonesia Medicus Veterinus*, 4(3), 205–212.
- Khanh, L. L., Truc, N. T., Dat, N. T., Nghi, N. T. P., Van Toi, V., Hoai, N. T. T., ... Hiep, N. T. (2019). Gelatin-stabilized composites of silver nanoparticles and curcumin: characterization, antibacterial and antioxidant study. *Science and Technology of Advanced Materials*, 20(1), 276.
- Khatun, M., Nur, M. A., Biswas, S., Khan, M., & Amin, M. Z. (2021). Assessment of the anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-bacterial activities of different types of turmeric (*Curcuma longa*) powder in Bangladesh. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100201.
- Korenblum, E., Regina de Vasconcelos Goulart, F., de Almeida Rodrigues, I., Abreu, F., Lins, U., Alves, P. B., ... Alviano, D. S. (2013). Antimicrobial action and anti-corrosion effect against sulfate reducing bacteria by lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil and its major component, the citral. *AMB Express*, 3, 1–8.

- Kowalska-Krochmal, B., & Dudek-Wicher, R. (2021). The minimum inhibitory concentration of antibiotics: methods, interpretation, clinical relevance. *Pathogens*, 10(2), 165.
- Kurniawan, S. E., Mahyarudin, M., & Rialita, A. (2021). Aktivitas antibakteri isolat bakteri endofit daun pegagan (*Centella asiatica*) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 14–29.
- Latifah, U., Bachtiar, N., Andodo, C., Ayu, R., & Salsabila, K. (2025). *Peningkatan pengetahuan tentang jerawat dan faktor resiko timbulnya luka jerawat pada remaja di Tegal*. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 9(2), 1434–1443.
- Li, Y., Ren, X., & Yin, W. (2022). Toxicity of silver nanoparticles on *Achromobacter denitrificans*: effect of concentration, temperature and coexisting anions. *Water Science & Technology*, 86(10), 2570–2580.
- Luthfia, C. U. T. D., & Miswanda, D. (2023). *Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Bidara (Ziziphus spina-Christi) Dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus*.
- Madushanka, G., Thilakarathne, R. C. N., Liyanage, T., & Navaratne, S. B. (2018). *Analysis of curcumin content in Sri Lankan and Indian turmeric rhizomes and investigating its impact on the colour*.
- Maulahibati, F. F., Syarifah, U., & Minarno, E. B. (2023). Studi Tafsir Tematik: Kajian Nanopartikel Menurut Al-Qur'an Serta Pemanfaatannya di Bidang Medis. *Es-Syajar: Journal of Islam, Science and Technology Integration*, 1(2), 89–101.
- Mohammadi, E., Amini, S. M., Mostafavi, S. H., & Amini, S. M. (2021). An overview of antimicrobial efficacy of curcumin-silver nanoparticles. *Nanomedicine Research Journal*, 6(2), 105–111.
- Mollerup, S., Friis-Nielsen, J., Vinner, L., Hansen, T. A., Richter, S. R., Fridholm, H., ... Izarzugaza, J. M. G. (2016). *Propionibacterium acnes*: disease-causing agent or common contaminant? Detection in diverse patient samples by next-generation sequencing. *Journal of Clinical Microbiology*, 54(4), 980–987.
- Morejon, B., & Michel, K. (2023). A zone-of-inhibition assay to screen for humoral antimicrobial activity in mosquito hemolymph. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13, 891577.
- Neculai-Văleanu, S., Ariton, A.-M., Matei, A. C., Mădescu, B.-M., Davidescu, M.-A., Poroșnicu, I., & Creangă, Ș. (2021). *Green synthesis of silver nanoparticles using Curcuma longa plant extract and their possible applications*.

- Ngamsurach, P., & Praipipat, P. (2022). Antibacterial activities against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* of extracted Piper betle leaf materials by disc diffusion assay and batch experiments. *RSC Advances*, 12(40), 26435–26454.
- Nurhayat, N., Yuliar, Y., & Marpaung, M. P. (2020). Analisis efek konsentrasi ekstrak etanol daun senggani (*Melastoma malabathricum* L.) sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan Poltekkes Kemenkes Ri Pangkalpinang*, 8(1), 17–26.
- Odo, E. O., Ikwuegbu, J. A., Obeagu, E. I., Chibueze, S. A., & Ochiaka, R. E. (2023a). Analysis of the antibacterial effects of turmeric on particular bacteria. *Medicine*, 102(48), e36492.
- Odo, E. O., Ikwuegbu, J. A., Obeagu, E. I., Chibueze, S. A., & Ochiaka, R. E. (2023b). Analysis of the antibacterial effects of turmeric on particular bacteria. *Medicine*, 102(48), e36492.
- Parvekar, P., Palaskar, J., Metgud, S., Maria, R., & Dutta, S. (2020). The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus*. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 7(1), 105–109.
- Pasquina-Lemonche, L., Burns, J., Turner, R. D., Kumar, S., Tank, R., Mullin, N., ... Foster, S. J. (2020). The architecture of the Gram-positive bacterial cell wall. *Nature*, 582(7811), 294–297.
- Patil, N., Bhaskar, R., Vyavhare, V., Dhadge, R., Khaire, V., & Patil, Y. (2021). Overview on methods of synthesis of nanoparticles. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 13(2), 11–16.
- Retnaningsih, A., Primadimanti, A., & Febrianti, A. (2019). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Ungu (*Graptophyllum Pictum* (L.) Griff) Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis* Dan Bakteri *Propionibacterium acnes* penyebab Jerawat Dengan Metode Cakram. *Jurnal Analis Farmasi*, 4(1).
- Rifda, R., & Lisdiana, L. (2022). Efektivitas Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kersen dan Kunyit sebagai Antibakteri *Propionibacterium acnes*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(3), 586–593.
- Rodríguez-Melcón, C., Alonso-Calleja, C., García-Fernández, C., Carballo, J., & Capita, R. (2021). Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) for twelve antimicrobials (biocides and antibiotics) in eight strains of *Listeria monocytogenes*. *Biology*, 11(1), 46.

- Rohmah, M. N. (2024). Pemanfaatan dan kandungan kunyit (*Curcuma domestica*) Sebagai Obat Dalam Perspektif Islam. *Es-Syajar: Journal of Islam, Science and Technology Integration*, 2(1), 178–186.
- Sidarta, Y. O., Prasetyaningrum, N., Fitriani, D., & Prawiro, S. R. (2013). White pepper extract (*Piper nigrum* L.) as antibacterial agent for *Streptococcus mutans* in vitro. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 4(6), 25–29.
- Song, Z., Wu, Y., Wang, H., & Han, H. (2019). Synergistic antibacterial effects of curcumin modified silver nanoparticles through ROS-mediated pathways. *Materials Science and Engineering: C*, 99, 255–263.
- Suwal, N., Subba, R. K., Paudyal, P., Khanal, D. P., Panthi, M., Suwal, N., ... Koirala, N. (2021). Antimicrobial and antibiofilm potential of *Curcuma longa* Linn. Rhizome extract against biofilm producing *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates. *Cellular and Molecular Biology*, 67(1), 17–23.
- Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor dan uji aktivitasnya sebagai antioksidan. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 51–60.
- Teow, S.-Y., Liew, K., Ali, S. A., Khoo, A. S.-B., & Peh, S.-C. (2016). Antibacterial action of curcumin against *Staphylococcus aureus*: a brief review. *Journal of Tropical Medicine*, 2016(1), 2853045.
- Tran, B. L. T., Van Vo, T., Chu, T.-P., Bach, D. T., Nguyen, T. Q., Luu, P. H. B., ... Le, G. T. (2024). Antibacterial efficacy of low-dosage silver nanoparticle–sodium alginate–chitosan nanocomposite films against pure and clinical acne strains. *RSC Advances*, 14(45), 33267–33280.
- Trung, N. D., Nhuan, N. T., Van, L. T. C., Minh, N. V, Anh, N. P., & Tri, N. (2020). Biofabrication of silver nanoparticles using *Curcuma longa* extract: Effects of extraction and synthesis conditions, characteristics, and its antibacterial activity. *Journal of Biochemical Technology*, 11(1–2020), 57–66.
- Vaughn, A. R., Branum, A., & Sivamani, R. K. (2016). Effects of turmeric (*Curcuma longa*) on skin health: a systematic review of the clinical evidence. *Phytotherapy Research*, 30(8), 1243–1264.
- Willian, N., Pardi, H., & Arief, S. (2023). Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Buah Mangrove *Rhizophora stylosa*. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(1), 53–60.
- Wulansari, A., Aqlinia, M., Wijanarka, W., & Raharja, B. (2019). Isolasi bakteri endofit dari tanaman bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) dan uji aktivitas

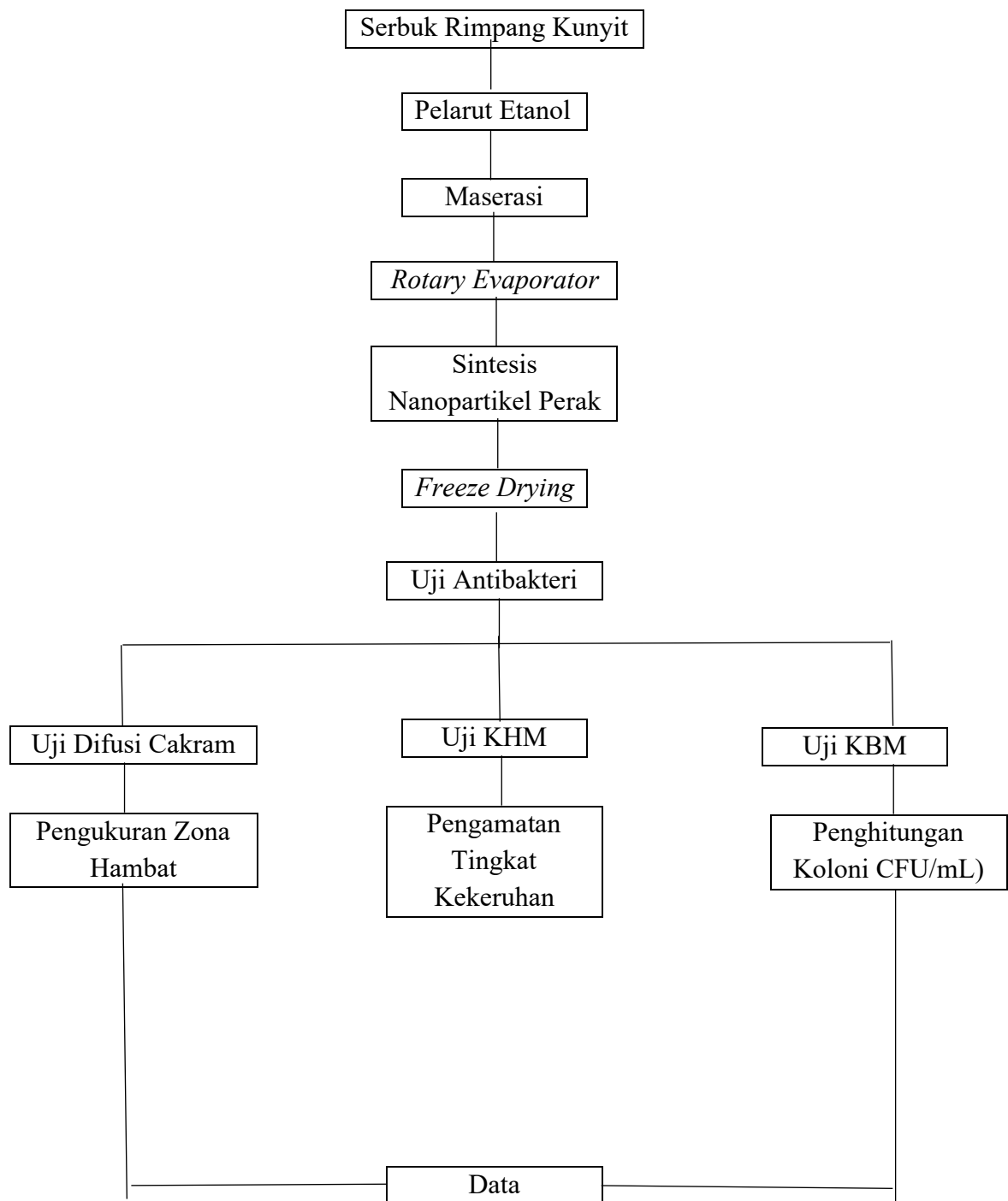
antibakterinya terhadap bakteri penyebab penyakit kulit *Staphylococcus epidermidis* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Berkala Bioteknologi*.

Zahrah, H., Mustika, A., & Debora, K. (2018). Aktivitas antibakteri dan perubahan morfologi dari *Propionibacterium acnes* setelah pemberian ekstrak *Curcuma xanthorrhiza*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 20(3), 160–169.

Zulaicha, A. S., Saputra, I. S., Sari, I. P., Ghifari, M. A., Yulizar, Y., Permana, Y. N., & Sudirman, S. (2021). Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Daun Ilalang (*Imperata cylindrica* L). *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(1), 11–19.

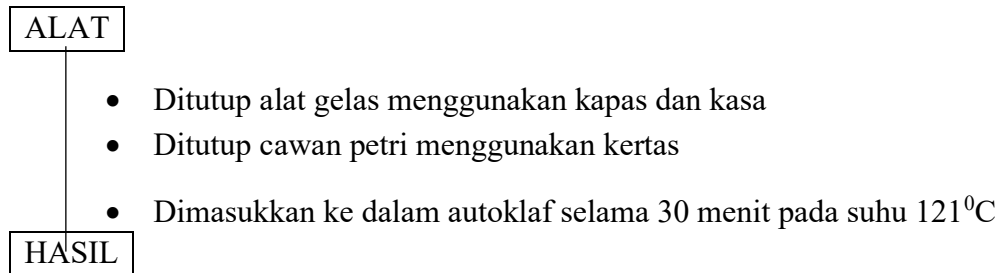
Zulfiani, B. F., Windiasti, Y., Prabawati, P., & Artasasta, M. A. (2022). Uji Cemaran Patogen Mikrobiologi Pada Sampel Kosmetika Remaja Dalam Bentuk Cream. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 1.

Lampiran 1. Alur Penelitian

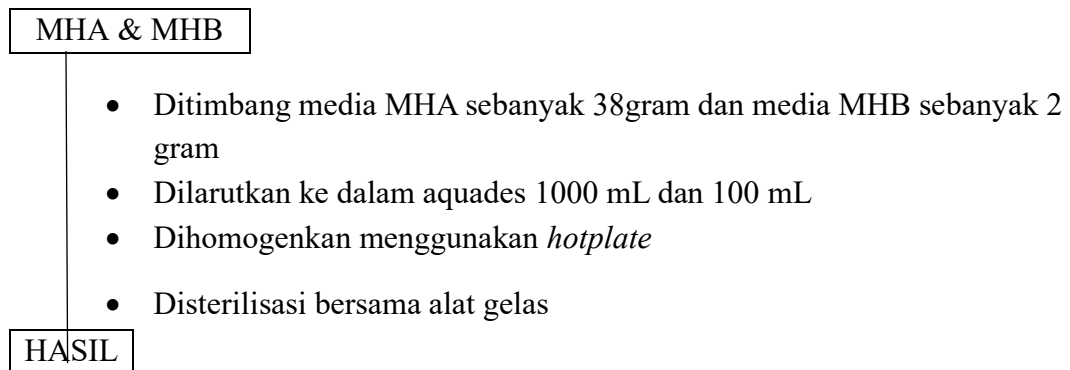


Lampiran 2. Prosedur Uji Antibakteri

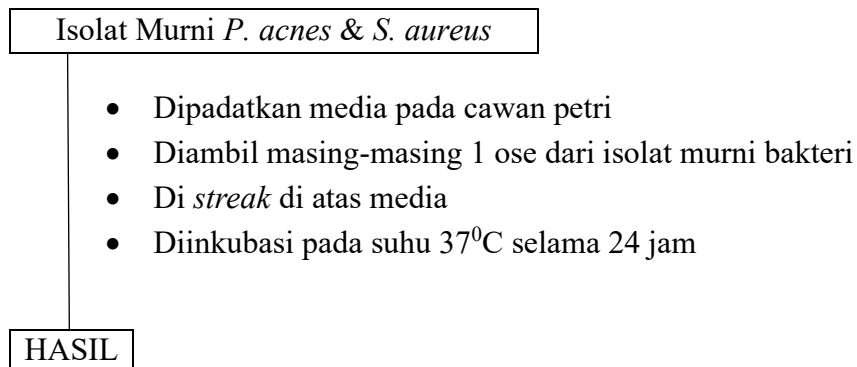
L.2.1 Sterilisasi Alat



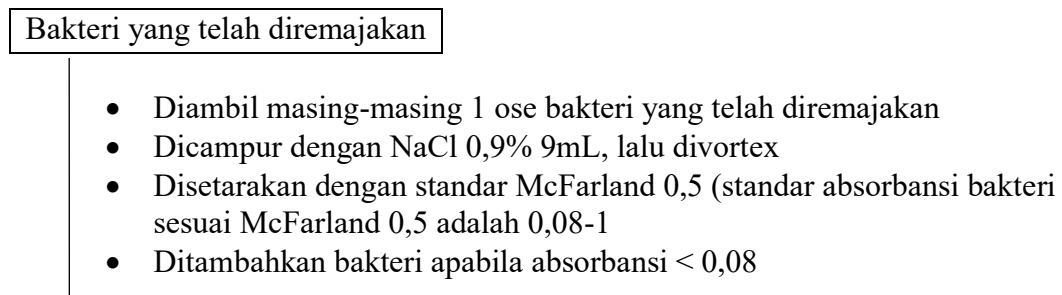
L.2.2 Pembuatan Media MHA dan MHB



L.2.3 Peremajaan Bakteri



L.2.4 Pembuatan Suspensi Bakteri



- Ditambahkan NaCl 0,9% apabila absorbansi > 1

HASIL

L.2.5 Pembuatan Stok Larutan Uji 100%

Nanopartikel Perak-Kunyit

- Ditimbang nanopartikel perak-kunyit 250 mg, 100 mg, 150 mg, 200 mg dan 250 mg.
- Dimasukkan masing-masing ke dalam tube yang berbeda
- Ditambahkan DMSO hingga 1 mL
- Dihomogenkan menggunakan vortex

HASIL

L.2.6 Uji Zona Hambat

Stok Larutan Uji 100%

- Dituang media MHA ke dalam cawan petri dan dibiarkan hingga memadat
- Direndam kertas cakram ke dalam larutan uji antibakteri selama 15-30 menit
- Diambil 100 μ L suspensi bakteri, lalu diratakan di atas media agar menggunakan *cotton swab*
- Diletakkan 4 buah kertas cakram dengan jarak yang setara dalam 1 cawan petri
- Diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam
- Diukur zona bening yang terbentuk menggunakan jangka sorong
- Dianalisis

HASIL

L.2.7 Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)

Stok Larutan Uji
100%

- Ditentukan kode perlakuan untuk setiap sumuran pada mikropelat 48 steril (angka 1-8 menunjukkan perlakuan larutan uji dan kontrol. Huruf

A, B dan C menunjukkan ulangan 1, 2 dan 3 untuk *Propionibacterium acnes*, sedangkan huruf D, E, F menunjukkan ulangan untuk *Staphylococcus aureus*)

- Dimasukkan larutan uji sebanyak 100 μL pada sumuran 1
- Dimasukkan media cair steril sebanyak 50 μL pada sumuran 2-8
- Dilakukan pengenceran dengan mengambil 50 μL larutan dari sumuran 1 dan dimasukkan ke sumuran dua, lalu dihomogenkan
- Diambil 50 μL dari sumuran 2 dan dimasukkan ke sumuran 3, begitu seterusnya hingga sumuran ke 6
- Diisi setiap sumuran dengan suspensi mikroba uji sebanyak 50 μL
- Dilakukan hal yang sama untuk sumuran huruf A-F
- Ditutup permukaan well dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam
- Diamati secara langsung sumuran yang tampak jernih

HASIL

L.2.8 Uji Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)

Hasil KHM

- Dituang media MHA ke dalam cawan petri dan dibiarkan hingga memadat
- Diinokulasikan larutan dari sumuran KHM sebanyak 50 μL ke dalam media agar dan diratakan menggunakan batang *spreader*
- Diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam
- Dihitung koloni bakteri yang tumbuh menggunakan *colony counter*
- Dianalisis

HASIL

Lampiran 3. Data Hasil Uji Antibakteri

L.3.1 Tabel Diameter Zona Hambat

K (mg/mL)	Diameter Zona Hambat (mm)											
	PA				Rerata	Ket	SA				Rerata	Ket
	U1	U2	U3	U4			U1	U2	U3	U4		
100	3	4.5	5.5	3	4.13	Lemah	9	8	14	12	10.80	Kuat
150	4	3.5	5.5	1.5	3.70	Lemah	15	8	12	9	11.00	Kuat
200	6	6	5.5	4.5	5.50	Sedang	13	11	13	13	12.50	Kuat
250	7	5	7.5	8	7.00	Sedang	15	14	17.5	11	14.38	Kuat
K+	16	16.5	20.5	19	18.00	Kuat	8	13	10	16	11.75	Kuat
K-	0	0	0	0	0.00	Tidak ada	0	0	0	0	0.00	Tidak ada

L.3.2 Tabel Perhitungan Koloni Bakteri Uji KBM

Senyawa Uji	Bakteri Uji	U	Konsentrasi (mg/mL)							
			250	125	62,5	31,25	15,62	7,81	K+	K-
NP-K	<i>P. acnes</i>	1	0	0	0	0	163	TBUD	0	85
		2	0	0	0	0	51	TBUD	0	53
		3	0	0	0	0	51	TBUD	0	50
	<i>S. aureus</i>	1	0	0	0	78	166	TBUD	0	85
		2	0	0	0	36	98	TBUD	0	53
		3	0	0	0	36	85	TBUD	0	85

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

L.4.1 Proses Ekstraksi



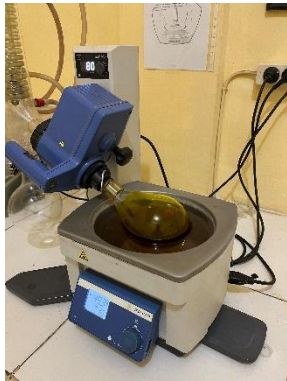
Serbuk kunyit 100g



Maserasi dengan etanol



Penyaringan

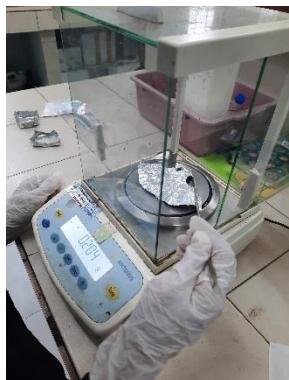


Dipekatkan dengan
*Vacum Rotary
Evaporator*



Hasil Rotary Evaporator

L.4.2 Sintesis Nanopartikel Perak-Kunyit



Penimbangan AgNO_3



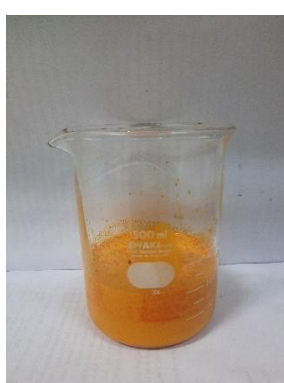
AgNO_3 dilarutkan dalam Aquadest



Ekstrak kunyit dicampur dengan AgNO_3



Dihomogenkan menggunakan *hotplate*

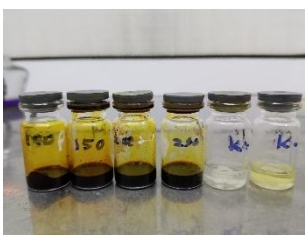
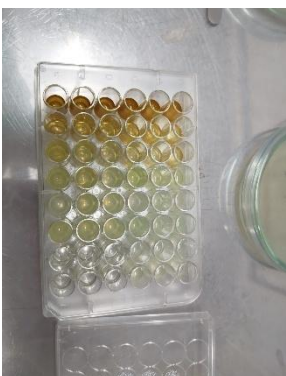
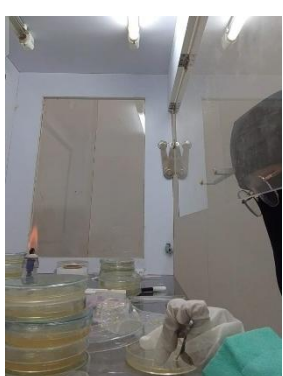


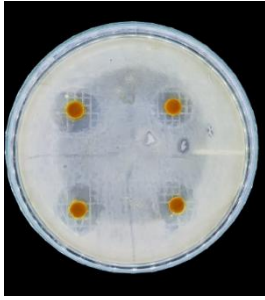
Hasil sintesis NP-K



Hasil NP-K setelah *freeze drying*

L.4.3 Uji Antibakteri

 Isolat murni bakteri <i>P. acnes</i> & <i>S. aureus</i>	 Pembuatan media	 Penimbangan NP-K
 Pencampuran dengan DMSO sampai 1mL	 Dihomogenkan dengan vortex	 Perendaman kertas cakram
 Uji zona hambat	 Uji KHM	 Uji KKM



Pengukuran zona
hambat

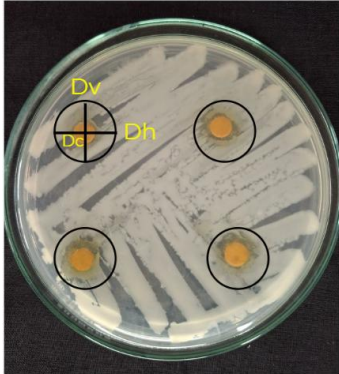
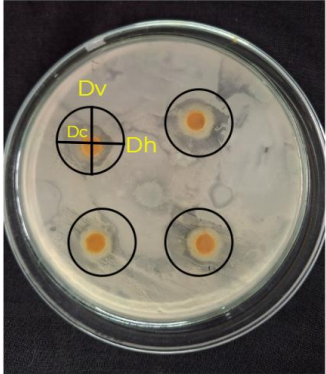
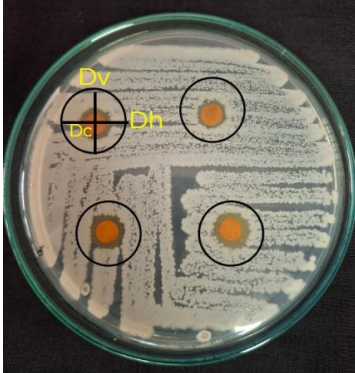
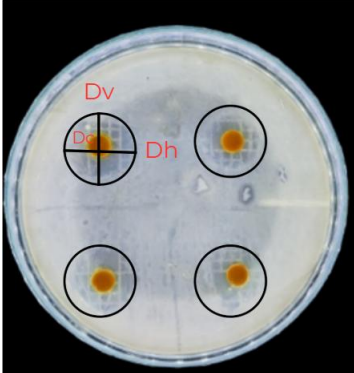
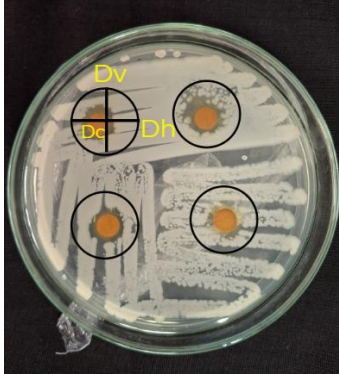
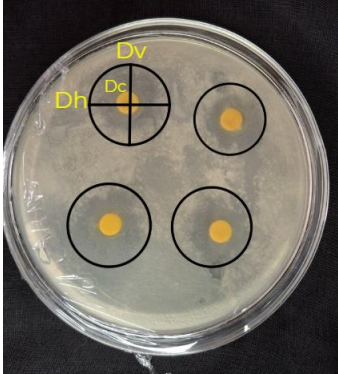
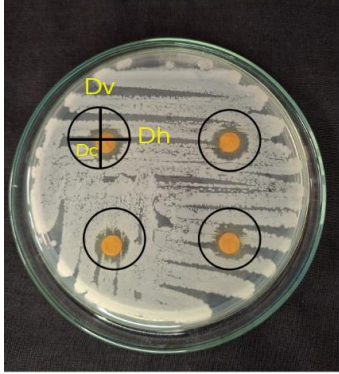
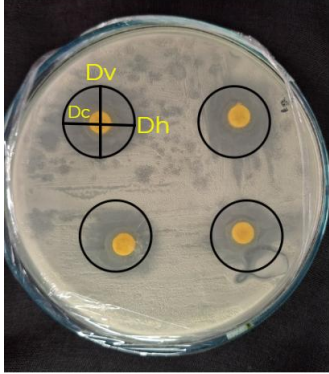


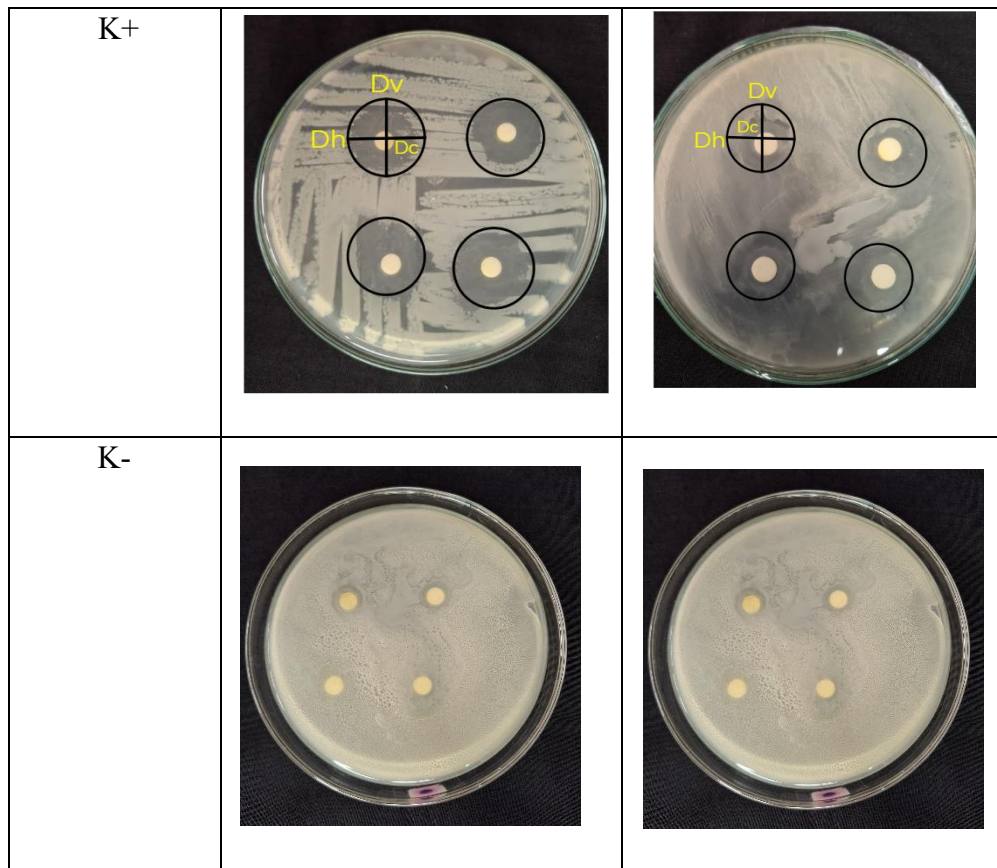
Pengamatan kejernihan
larutan, uji KHM



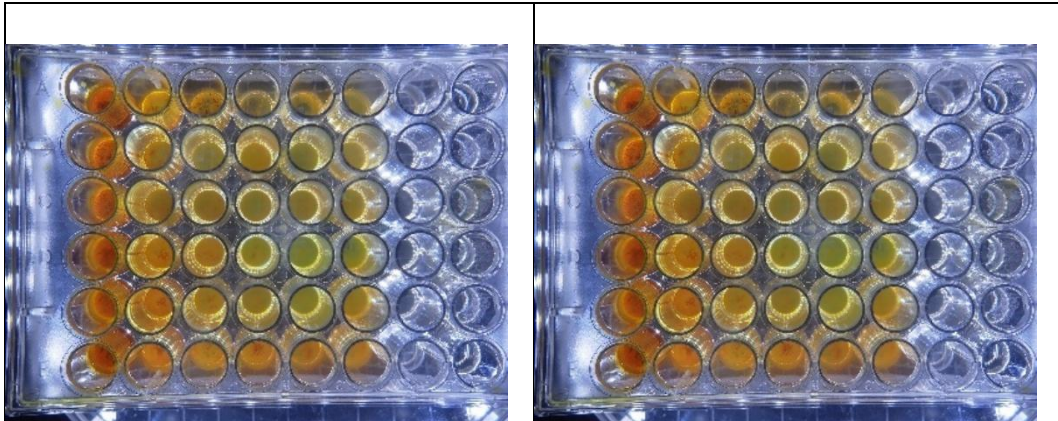
Penghitungan koloni
bakteri, uji KBM

L.4.4 Hasil Uji Difusi Cakram

K (mg/mL)	Nanopartikel Perak-Kunyit	
	PA	SA
100		
150		
200		
250		



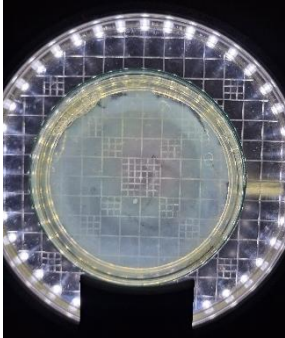
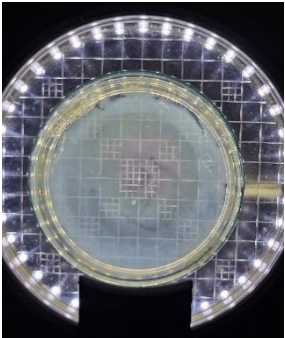
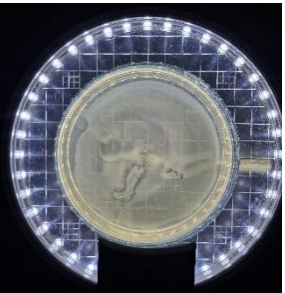
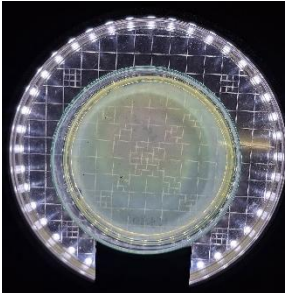
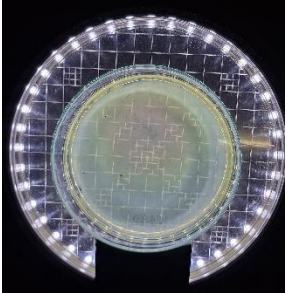
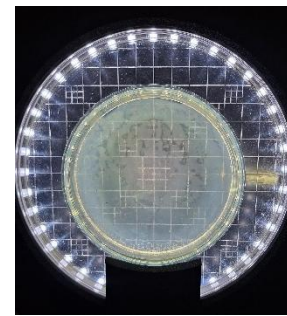
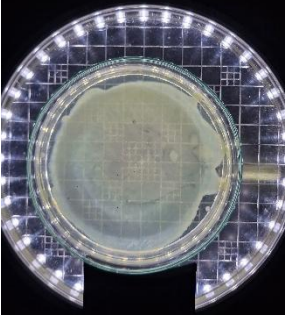
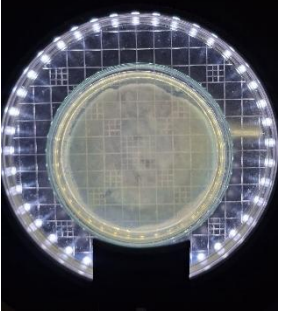
L.4.5 Hasil Uji Konsentrasi Hambat Minimum

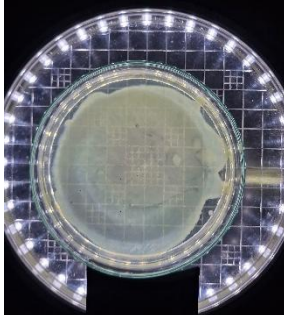
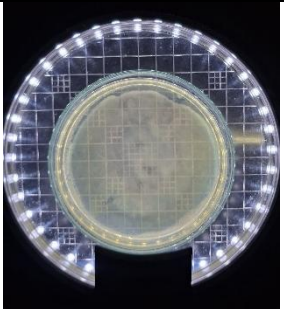
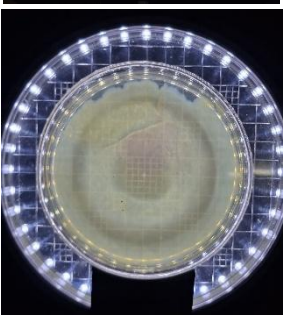
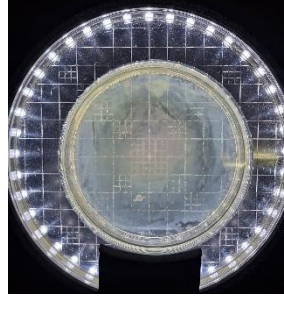
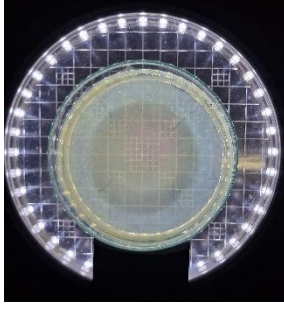
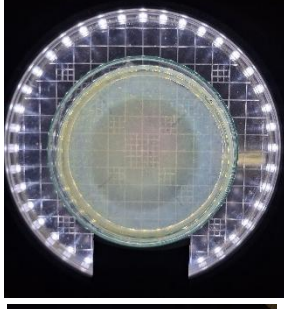
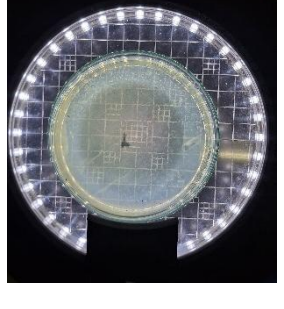


Keterangan:

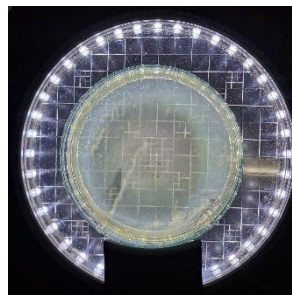
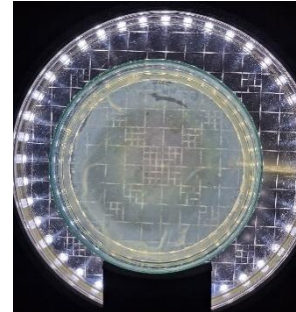
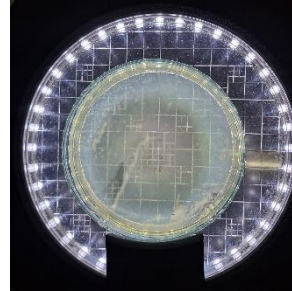
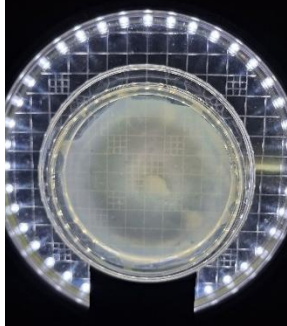
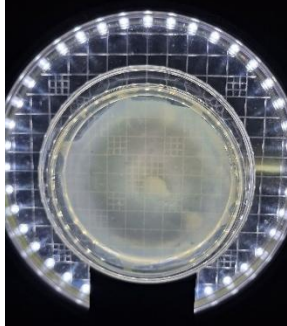
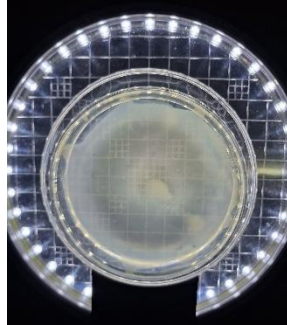
- 1-6 : nanopartikel perak-kunyit konsentrasi 250, 125, 62,5 31,25, 15,62 dan 7,81 mg/mL
- 7 dan 8: kontrol positif dan negatif
- A, B, C: ulangan 1, 2 dan 3 *Propionibacterium acnes*
- D, E, F: ulangan 1,2 dan 3 untuk *Staphylococcus aureus*

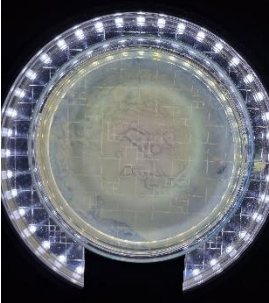
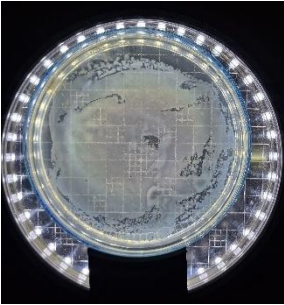
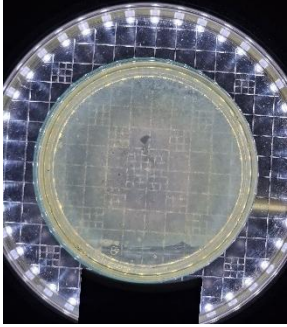
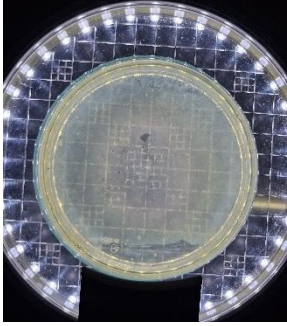
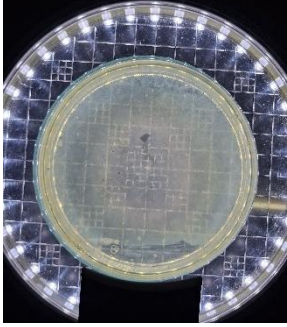
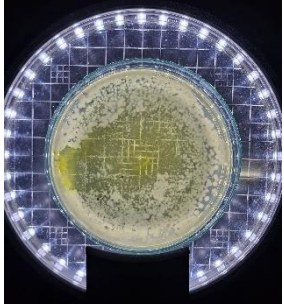
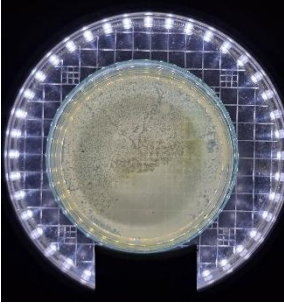
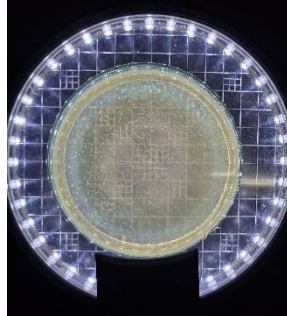
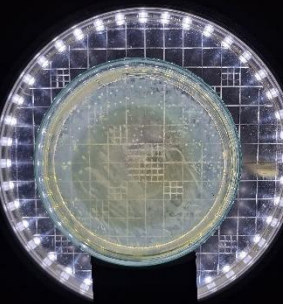
L.4.6 Hasil Uji KBM

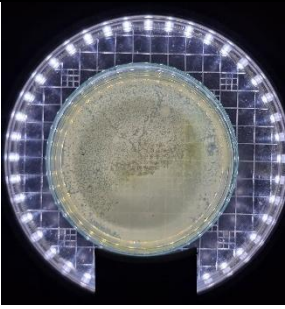
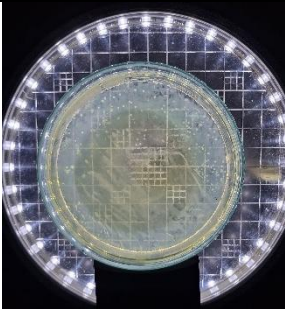
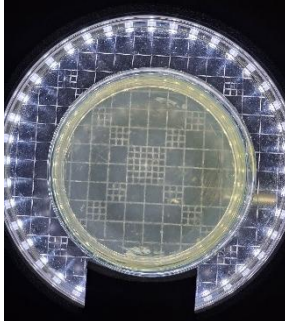
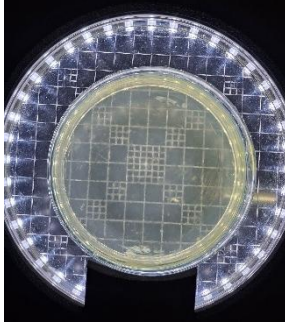
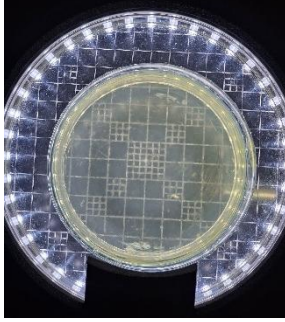
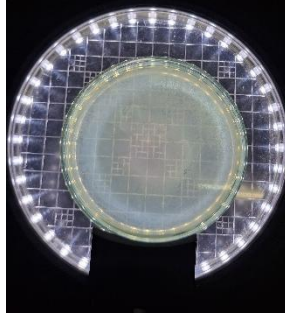
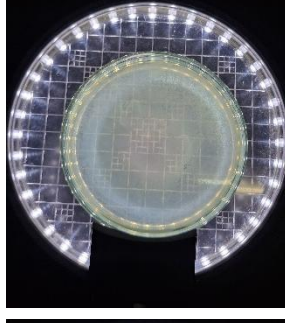
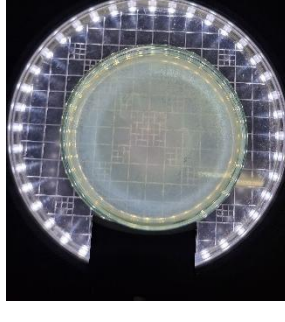
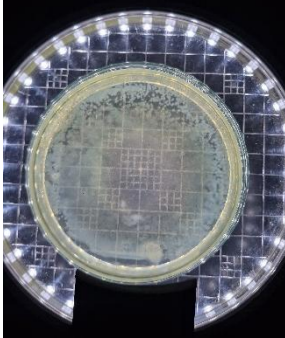
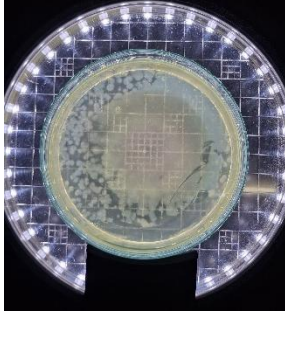
K (mg/mL)	Nanopartikel Perak-Kunyit	
	PA	SA
250	  	  
125		

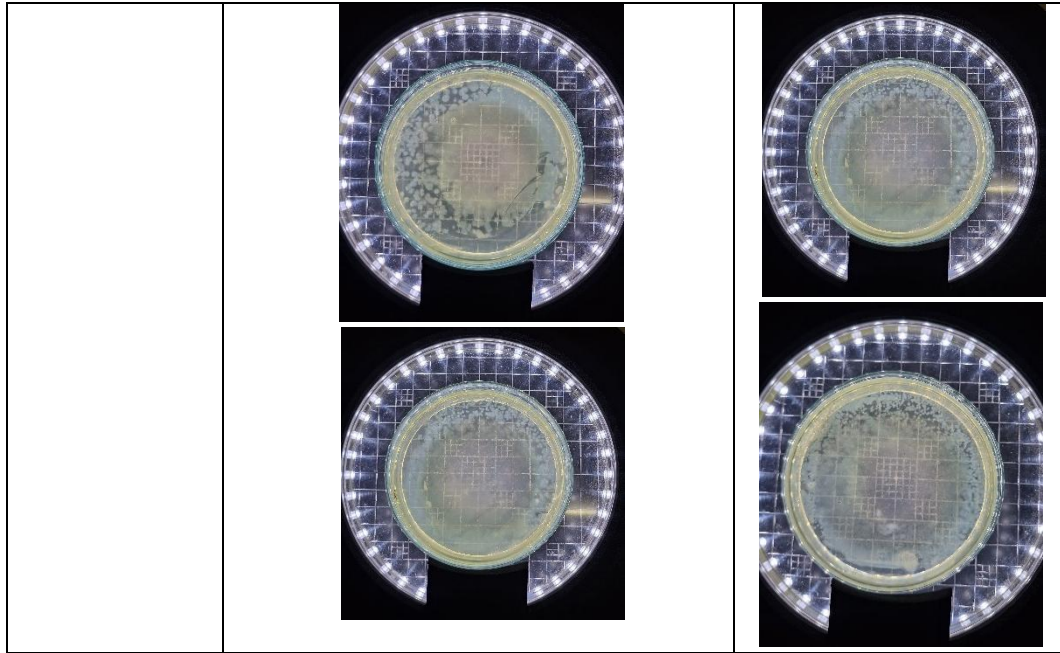
		 		 
62,5		  		  

31,25



15,62	  	  
7,81	 	 

				
K+		  		  
K-				



Lampiran 5. Uji Statistik Non-Parametrik

L.5.1 Uji Kruskal-Wallis *Propionibacterium acnes*

Test Statistics^{a,b}

	Zona Hambat
Chi-Square	20.447
df	5
Asymp. Sig.	.001

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Konsentrasi

Uji Mann Whitney *Propionibacterium acnes*

No.	Kelompok Konsentrasi	Nilai p*	Keterangan
1.	K- vs 100 mg/mL	0.013	Berbeda
2.	K- vs 150 mg/mL	0.014	Berbeda
3.	K- vs 200 mg/mL	0.013	Berbeda
4.	K- vs 250 mg/mL	0.014	Berbeda
5.	K- vs K+	0.014	Berbeda
6.	100 mg/mL vs 150 mg/mL	0.884	Tidak berbeda
7.	100 mg/mL vs 200 mg/mL	0.076	Tidak berbeda
8.	100 mg/mL vs 250 mg/mL	0.028	Berbeda
9.	100 mg/mL vs K+	0.020	Berbeda
10.	150 mg/mL vs 200 mg/mL	0.058	Tidak berbeda
11.	150 mg/mL vs 250 mg/mL	0.029	Berbeda
12.	150 mg/mL vs K+	0.021	Berbeda
13.	200 mg/mL vs 250 mg/mL	0.108	Tidak berbeda
14.	200 mg/mL vs K+	0.020	Berbeda
15.	250 mg/mL vs K+	0.021	Berbeda

Kontrol Negatif vs 100 mg/mL

Kontrol Negatif vs 150 mg/mL

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.477
Asymp. Sig. (2-tailed)	.013
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.460
Asymp. Sig. (2-tailed)	.014
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs 200 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics ^a	
	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.477
Asymp. Sig. (2-tailed)	.013
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs 250 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics ^a	
	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.460
Asymp. Sig. (2-tailed)	.014
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics ^a	
	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.460
Asymp. Sig. (2-tailed)	.014
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 150 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics ^a	
	Zona Hambat
Mann-Whitney U	7.500
Wilcoxon W	17.500
Z	-.146
Asymp. Sig. (2-tailed)	.884
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.886 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 200 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics ^a	
	Zona Hambat
Mann-Whitney U	2.000
Wilcoxon W	12.000
Z	-1.775
Asymp. Sig. (2-tailed)	.076
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.114 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 250 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.500
Wilcoxon W	10.500
Z	-2.191
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.323
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs 200 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	1.500
Wilcoxon W	11.500
Z	-1.899
Asymp. Sig. (2-tailed)	.058
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.057 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs 250 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.500
Wilcoxon W	10.500
Z	-2.178
Asymp. Sig. (2-tailed)	.029
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs Kontrol Positif**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.309
Asymp. Sig. (2-tailed)	.021
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

200 mg/mL vs 250 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	2.500
Wilcoxon W	12.500
Z	-1.607
Asymp. Sig. (2-tailed)	.108
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.114 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

200 mg/mL vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.323
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

250 mg/mL vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.309
Asymp. Sig. (2-tailed)	.021
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

L.5.2 Uji Kruskal-Wallis *Staphylococcus aureus***Test Statistics^{a,b}**

	Zona Hambat
Chi-Square	12.364
df	5
Asymp. Sig.	.030

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Konsentrasi Perlakuan**Uji Mann Whitney *Staphylococcus aureus***

No.	Kelompok Konsentrasi	Nilai p*	Keterangan
1.	K- vs 100 mg/mL	0.014	Berbeda
2.	K- vs 150 mg/mL	0.014	Berbeda
3.	K- vs 200 mg/mL	0.011	Berbeda
4.	K- vs 250 mg/mL	0.014	Berbeda
5.	K- vs K+	0.014	Berbeda
6.	100 mg/mL vs 150 mg/mL	0.883	Tidak berbeda
7.	100 mg/mL vs 200 mg/mL	0.375	Tidak berbeda
8.	100 mg/mL vs 250 mg/mL	0.110	Tidak berbeda
9.	100 mg/mL vs K+	0.663	Tidak berbeda
10.	150 mg/mL vs 200 mg/mL	0.375	Tidak berbeda
11.	150 mg/mL vs 250 mg/mL	0.191	Tidak berbeda
12.	150 mg/mL vs K+	0.663	Tidak berbeda
13.	200 mg/mL vs 250 mg/mL	0.180	Tidak berbeda
14.	200 mg/mL vs K+	1.000	Tidak berbeda
15.	250 mg/mL vs K+	0.248	Tidak berbeda

Kontrol Negatif vs 100 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.460
Asymp. Sig. (2-tailed)	.014
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs 150 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	7.500
Wilcoxon W	17.500
Z	-.146
Asymp. Sig. (2-tailed)	.884
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.886 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs 200 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	2.000
Wilcoxon W	12.000
Z	-1.775
Asymp. Sig. (2-tailed)	.076
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.114 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs 250 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.500
Wilcoxon W	10.500
Z	-2.191
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

Kontrol Negatif vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	10.000
Z	-2.323
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 150 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	7.500
Wilcoxon W	17.500
Z	-.147
Asymp. Sig. (2-tailed)	.883
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.886 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 200 mg/mL

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	5.000
Wilcoxon W	15.000
Z	-.887
Asymp. Sig. (2-tailed)	.375
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.486 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs 250 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	.500
Wilcoxon W	10.500
Z	-2.178
Asymp. Sig. (2-tailed)	.029
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.029 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi

b. Not corrected for ties.

100 mg/mL vs Kontrol Positif**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	6.500
Wilcoxon W	16.500
Z	-.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.663
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.686 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs 200 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	5.000
Wilcoxon W	15.000
Z	-.887
Asymp. Sig. (2-tailed)	.375
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.486 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs 250 mg/mL**Test Statistics^a**

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	3.500
Wilcoxon W	13.500
Z	-1.307
Asymp. Sig. (2-tailed)	.191
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.200 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

150 mg/mL vs Kontrol Positif

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	6.500
Wilcoxon W	16.500
Z	-.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.663
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.686 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

200 mg/mL vs 250 mg/mL

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	3.500
Wilcoxon W	13.500
Z	-1.340
Asymp. Sig. (2-tailed)	.180
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.200 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

200 mg/mL vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	8.000
Wilcoxon W	18.000
Z	.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	1.000 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.

250 mg/mL vs Kontrol Positif

Uji Mann Whitney

Test Statistics^a

	Zona Hambat
Mann-Whitney U	4.000
Wilcoxon W	14.000
Z	-1.155
Asymp. Sig. (2-tailed)	.248
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.343 ^b

a. Grouping Variable: Konsentrasi Perlakuan

b. Not corrected for ties.



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210602110008
Nama : PUTRI SARMILA AGUSTINA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*) TERHADAP BAKTERI PENYEBAB PENYAKIT KULIT

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	17 September 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi Judul Skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	27 September 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi Bab 1	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	04 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Revisi Bab 1	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	16 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi Bab 3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	29 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Revisi Bab 3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	05 November 2024	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Konsultasi Integrasi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	05 November 2024	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	ACC Integrasi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	06 November 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi Bab 2	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	12 November 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	ACC Proposal Skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	15 Mei 2025	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	20 Mei 2025	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Bimbingan Integrasi BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
12	23 Mei 2025	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	ACC Integrasi BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
13	28 Mei 2025	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Bimbingan BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag



Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Putri Sarmila Agustina
NIM : 210602110008
Judul : Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak (AgNPs) Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*) terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* Penyebab Jerawat

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	149	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi


Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002