

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan data mengenai pengaruh variasi konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, sekaligus hasil validitas Lembar Kerja Mahasiswa (LKM). Penelitian ini menggunakan lima perlakuan dengan enam kali pengulangan, dengan menggunakan sampel uji bakteri *Staphylococcus aureus*. Adapun rincian perlakuan yang diterapkan adalah sebagai berikut.

Konsentrasi 0% berupa 10 ml akuades tanpa tambahan ekstrak.

Konsentrasi 10% dibuat dari campuran 1 ml ekstrak dengan 9 ml akuades.

Konsentrasi 30% dibuat dari campuran 3 ml ekstrak dan 7 ml akuades.

Konsentrasi 60% dibuat dari campuran 6 ml ekstrak dan 4 ml akuades.

Konsentrasi 90% dibuat dari campuran 9 ml ekstrak dan 1 ml akuades.

Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas antibakteri yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

1. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bangle Hitam (*Zingiber ottensii*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*.

a. Hasil Identifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

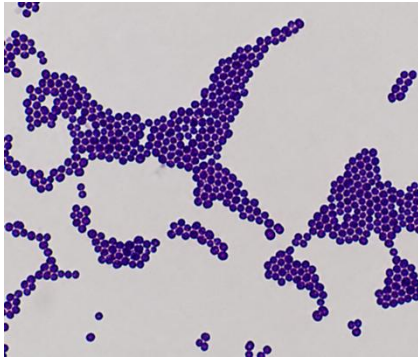
Sebelum melakukan pengujian aktivitas antibakteri, perlu dilakukan identifikasi bakteri untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang digunakan

adalah *Staphylococcus aureus* yang murni dan bebas kontaminasi. Penelitian ini kemudian dilakukan dengan menumbuhkan bakteri uji untuk memperoleh kultur yang murni. Media *Nutrient Agar* (NA) digunakan sebagai tempat pertumbuhan bakteri, dan koloni yang muncul setelah inkubasi diisolasi agar diperoleh bakteri yang benar-benar berasal dari satu jenis. Pengamatan bakteri dilakukan secara langsung untuk melihat karakteristik umum bakteri, sedangkan pewarnaan Gram dilakukan untuk mengidentifikasi bentuk sel, susunan sel, dan sifat Gram bakteri sebelum dilakukan pengujian aktivitas antibakteri.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bakteri yang diperoleh memiliki ciri-ciri *Staphylococcus aureus*. Koloni pada media agar tampak berwarna kuning keemasan dengan permukaan halus, berbentuk cembung, dan terlihat mengkilap. Ukuran koloni juga relatif sedang dan mudah dibedakan dari koloni lain di sekitarnya. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa bakteri bersifat Gram-positif. Bentuk sel terlihat bulat (kokus) dan tersusun berkelompok seperti buah anggur, yang merupakan ciri khas *Staphylococcus aureus* saat diamati di bawah mikroskop sebagaimana pada gambar berikut:



Gambar 4 1 Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Pengamatan Mikroskop
Sumber: Dok. Pribadi (2026)



Gambar 4 2 Koloni *Staphylococcus aureus* pada mikroskop
Sumber: Dok. Pribadi (2026)

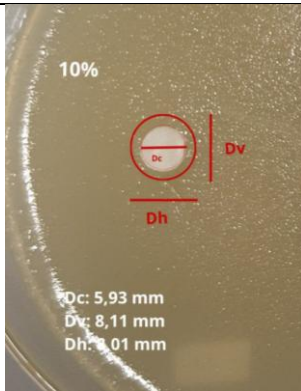
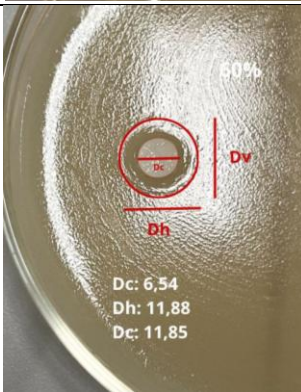
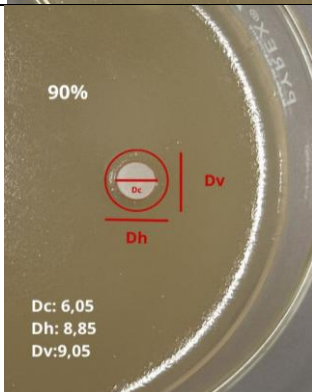
Karakteristik yang diperoleh dari hasil pengamatan makroskopis dan mikroskopis menunjukkan kesesuaian dengan ciri-ciri *Staphylococcus aureus*. Dengan demikian, bakteri yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai bakteri uji pada tahap selanjutnya. Tahap berikutnya dilakukan pengujian aktivitas antibakteri ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan berbagai konsentrasi ekstrak untuk melihat kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

b. Hasil perbedaan ukuran zona hambat dari berbagai konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan menggunakan 4 konsentrasi perlakuan, yaitu 10%, 30%, 60%, dan 90%. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak enam kali pengulangan untuk memperoleh data yang lebih akurat. Pengaruh ekstrak terhadap pertumbuhan bakteri diamati melalui terbentuknya zona hambat

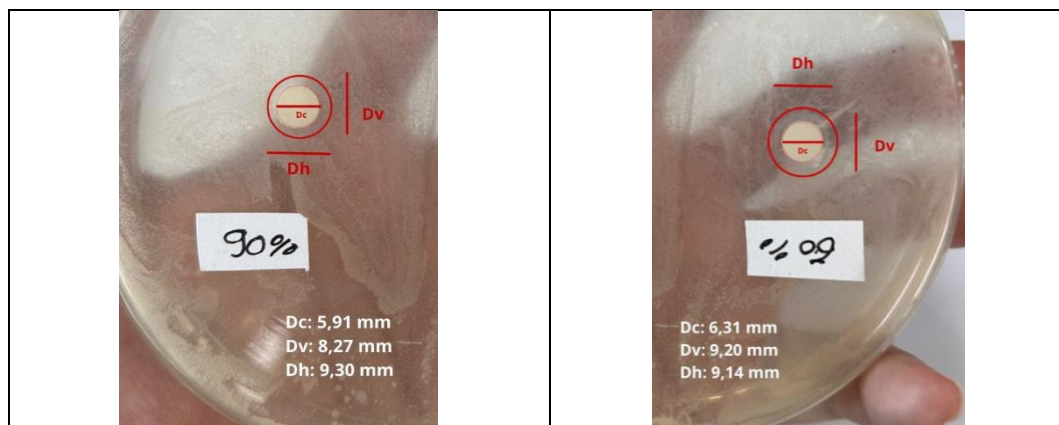
pada media yang telah diinokulasikan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Pengukuran diameter zona hambat dilakukan menggunakan jangka sorong digital pada dua arah pengukuran, yaitu diameter horizontal (Dh) dan diameter vertikal (Dv). Pengukuran pada dua arah dilakukan untuk memperoleh nilai diameter yang lebih mewakili ukuran zona hambat yang terbentuk. Hasil pengukuran diameter zona hambat pada masing-masing konsentrasi ekstrak bangle hitam dari pengulangan 1 sampai 6 disajikan pada Gambar 4.3 berikut:

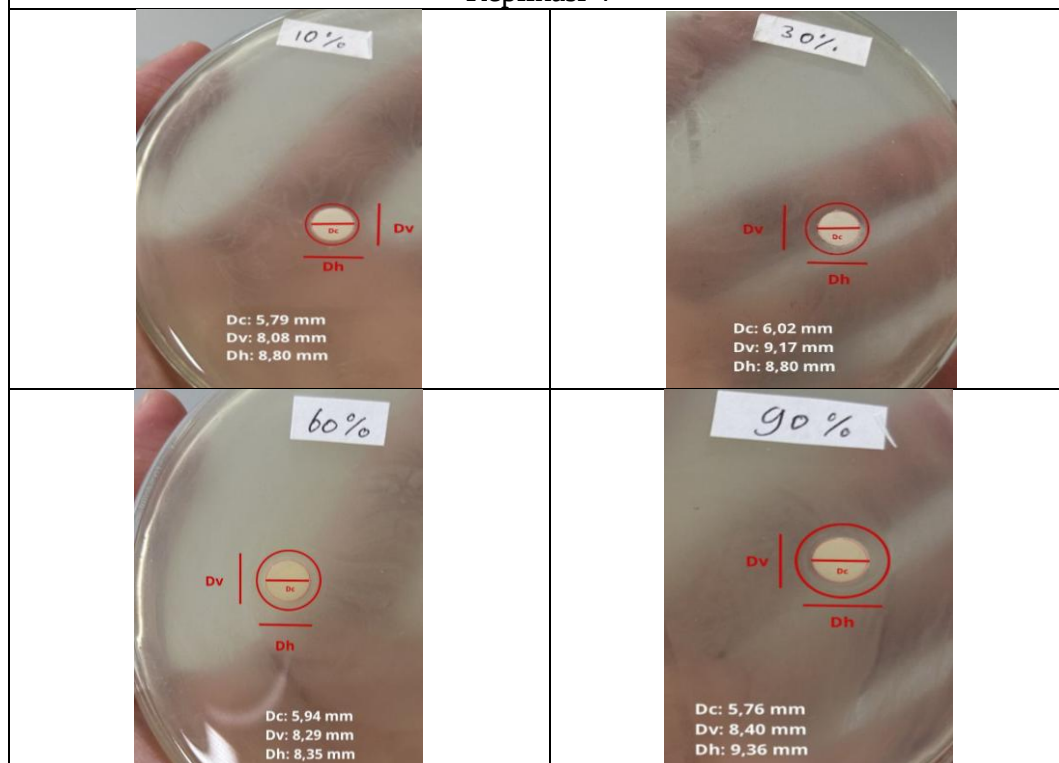
Pengukuran Diameter Zona Hambat Ekstrak Rimpang Bangle Hitam (<i>Zingiber ottensii</i>)			
Replikasi 1			
			
			

Replikasi 2

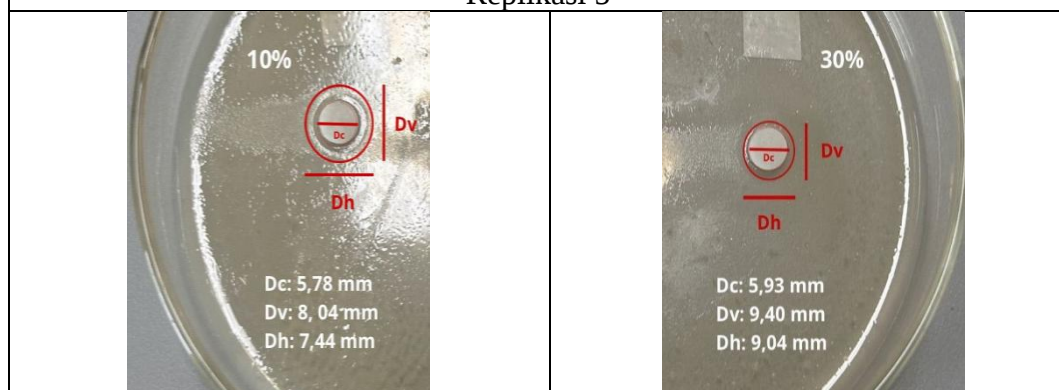
10% Dc: 5,82 mm Dv: 8,35 mm Dh: 8,00 mm		30% Dc: 5,69 mm Dv: 10,25 mm Dh: 9,98 mm
60% Dc: 5,75 mm Dv: 9,26 mm Dh: 9,59 mm		90% Dc: 6,02 mm Dv: 9,31 mm Dh: 9,71 mm
Replikasi 3		
10% Dc: 6,12 mm Dv: 9,32 mm Dh: 9,07 mm		30% Dc: 6,47 mm Dv: 9,67 mm Dh: 9,90 mm

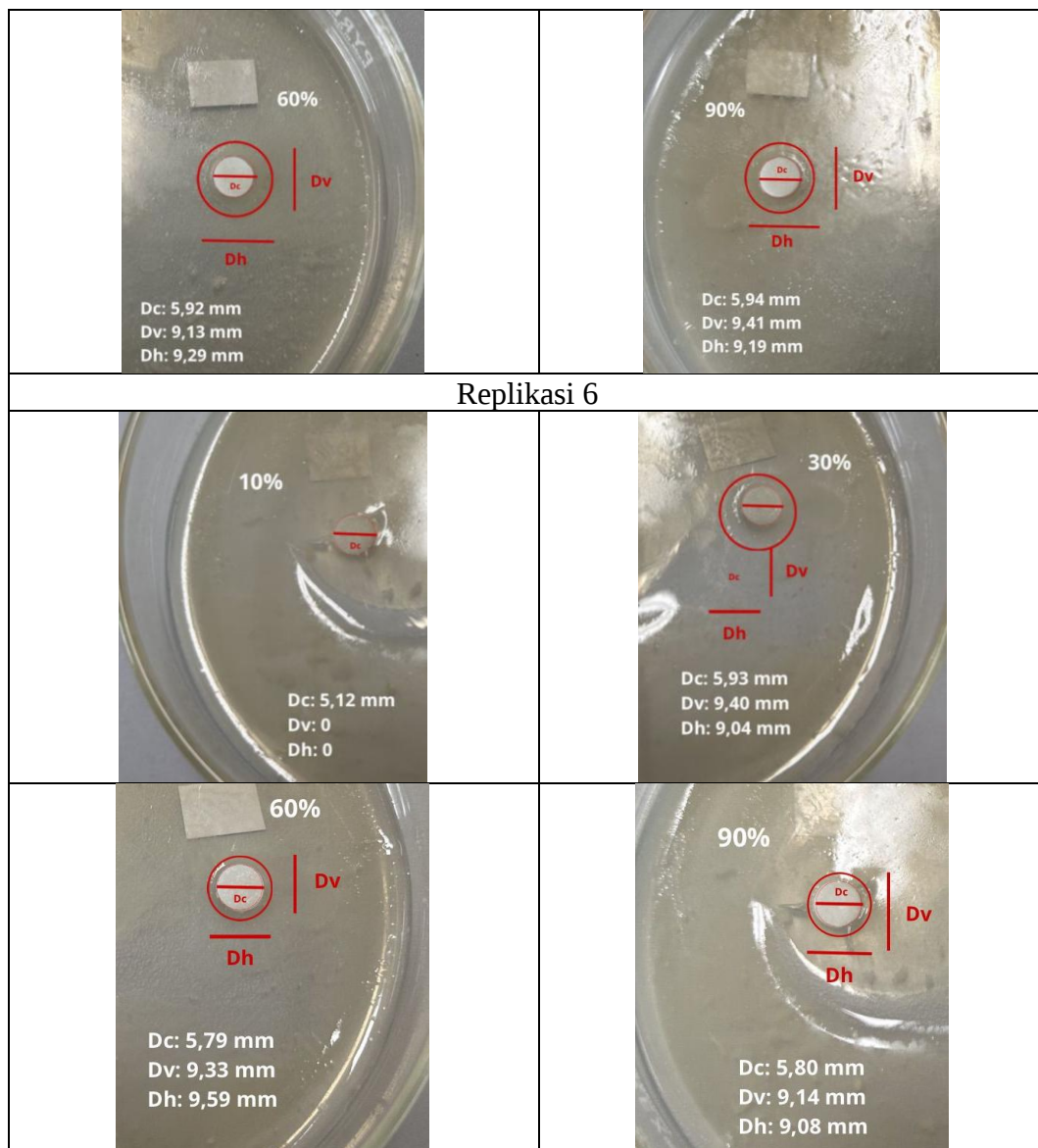


Replikasi 4



Replikasi 5





Gambar 4 3. Pengukuran Diameter Zona Hambat
Sumber: Dok. Pribadi (2026)

Keterangan:

Dc= Diameter cakram

Dv= Diameter vertikal

Dh= Diameter horizontal

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan zona hambat pada setiap konsentrasi ekstrak yang digunakan. Zona hambat terlihat sebagai daerah bening yang terbentuk di sekitar cakram dan menunjukkan adanya penghambatan

pertumbuhan bakteri. Pada perlakuan yang diberi ekstrak bangle hitam mulai terlihat terbentuknya daerah bening dengan ukuran yang berbeda-beda pada setiap konsentrasi perlakuan yang diberikan.

Perbedaan ukuran zona hambat yang terbentuk menunjukkan adanya perbedaan kemampuan ekstrak bangle hitam dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin besar zona hambat yang terbentuk, semakin besar pula kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu, pengukuran diameter zona hambat dilakukan untuk mengetahui besarnya penghambatan yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan.

Nilai diameter horizontal (Dh) dan diameter vertikal (Dv) yang diperoleh dari hasil pengukuran selanjutnya digunakan untuk menghitung diameter zona hambat pada setiap pengulangan. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan rata-rata diameter zona hambat pada masing-masing konsentrasi perlakuan. Data hasil perhitungan diameter zona hambat dari seluruh pengulangan disajikan pada Tabel 4. 1 berikut:

Tabel 4. 1 Perhitungan Zona Hambat

No	Konsentrasi	Replikasi						Rata-rata	Kategori
		P1	P2	P3	P4	P5	P6		
1	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
2	10%	2,31 mm	2,35 mm	3,07 mm	2,65 mm	1,96 mm	0,0	2,05	Lemah
3	30%	3,06 mm	4,42 mm	3,31 mm	2,96 mm	3,29 mm	5,28 mm	3,72	Lemah
4	60%	5,31 mm	4,2 mm	2,86 mm	2,38 mm	3,60 mm	3,67 mm	3,67	Lemah
5	90%	3,8 mm	3,5 mm	2,87 mm	3,12 mm	3,36 mm	3,31 mm	3,32	Lemah

Tests of Normality							
Kolmogorov-Smirnov					Shapiro-Wilk		
diameter	Kelompok	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
	Kontrol (0%)	–	6	–	–	6	–
	Ekstrak 10%	0.308	6	0.077	0.839	6	0.127
	Ekstrak 30%	0.338	6	0.031	0.820	6	0.088
	Ekstrak 60%	0.167	6	0.200*	0.970	6	0.891
	Ekstrak 90%	0.146	6	0.200*	0.992	6	0.994

*. This is a lower bound o the true significance

a. Lilliefors Significance correction.

Selanjutnya dilakukan uji homogenitas untuk melihat kesamaan variasi antar kelompok perlakuan. Uji ini bertujuan memastikan bahwa varians data dari setiap kelompok relatif sama, sehingga hasil uji ANOVA dapat diterapkan dengan valid. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Uji Homogenitas

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
diameter	Based on Mean	2.964	4	25	0.039
	Based on Median	1.712	4	25	0.179
	Based on Median (adjusted df)	1.712	4	15.210	0.199
	Based on Trimmed Mean	2.723	4	25	0.052

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa seluruh kelompok perlakuan memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data berdistribusi normal sehingga memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan dalam analisis statistik parametrik. Selanjutnya, berdasarkan Tabel 4.3, hasil uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 yang menandakan bahwa varians antar kelompok perlakuan bersifat homogen. Dengan demikian, data penelitian telah memenuhi syarat normalitas dan homogenitas sehingga dapat dilanjutkan pada uji ANOVA untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan pengaruh konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Adapun hasil uji ANOVA disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Uji ANOVA

ANOVA					
diameter					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60.017	4	15.004	23.747	< 0.001
Within Groups	15.796	25	0.632		
Total	75.814	29			

Berdasarkan hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$, yaitu $< 0,05$. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Dengan kata lain, H_1 diterima dan H_0 ditolak, sehingga konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) berpengaruh nyata terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus*. Selanjutnya, data ini dapat dilanjutkan ke tahap uji LSD (*Least Significant Difference*) untuk melihat secara lebih rinci perbedaan antar masing-masing konsentrasi. Hasil uji LSD disajikan pada Tabel 4.5 berikut.

Berdasarkan hasil uji LSD, dapat disimpulkan bahwa semua konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan kontrol (0%), dengan nilai signifikansi $< 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak bangle efektif dalam meningkatkan diameter zona hambat *Staphylococcus aureus*. Jika dibandingkan antar konsentrasi ekstrak, perbedaan signifikan terutama terlihat antara ekstrak 10% dengan konsentrasi yang lebih tinggi (30%, 60%, dan 90%). Namun, perbandingan antar konsentrasi tinggi (30%, 60%, dan 90%) sebagian besar tidak menunjukkan perbedaan signifikan, sehingga peningkatan konsentrasi di atas 30% tidak selalu menghasilkan diameter zona hambat yang lebih besar secara nyata. Dengan demikian, ekstrak bangle terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang nyata dibanding kontrol, tetapi peningkatan konsentrasi tinggi tidak selalu menambah efek secara signifikan.

2. Hasil Uji Validitas Lembar Kerja Mahasiswa Mikrobiologi

a. Validasi Ahli

Validasi ahli adalah proses penilaian yang dilakukan oleh para pakar untuk memastikan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) sudah tepat dari segi materi, bahasa, dan tampilan media. Validasi ini bertujuan untuk mengecek apakah materi yang disajikan sesuai, bahasanya jelas dan mudah dipahami, serta tampilannya mendukung proses praktikum. Dalam penelitian ini, validasi dilakukan oleh ahli materi dan bahasa serta ahli media. Penilaian mencakup beberapa aspek, yaitu kelayakan materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, kepraktisan, serta desain sampul dan isi. Setiap aspek memiliki indikator yang telah ditentukan, hasil

validasi ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana LKM yang dikembangkan sudah sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan membantu penyempurnaan sebelum digunakan pada praktikum. Rekapitulasi hasil validasi ahli disajikan pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Persentase Validasi Ahli

No	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Tingkat Validitas
1	Kelayakan materi	86,66%	Sangat valid
2	Konstruksi	88,88%	Sangat valid
3	Penyajian	91,66%	Sangat valid
4	Kebahasaan	75%	Cukup valid
5	Kepraktisan	77,77%	Cukup valid
7	Desain sampul	81,25%	Cukup valid
8	Desain isi	79,16%	Cukup valid
Rata-rata		83%	Cukup Valid

Berdasarkan Tabel 4.6 hasil validasi ahli menunjukkan bahwa lembar kerja mahasiswa mikrobiologi pada materi uji aktivitas antibakteri memperoleh nilai rata-rata sebesar 83% dengan kategori cukup valid menurut kriteria validitas Akbar (2022). Nilai tersebut diperoleh dari penilaian terhadap tujuh aspek, yaitu kelayakan materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, kepraktisan, desain sampul dan desain isi. Secara umum, hasil validasi menunjukkan bahwa LKM yang dikembangkan telah memenuhi kriteria, namun masih memerlukan beberapa revisi sesuai dengan masukan dari validator sebelum digunakan pada tahap uji selanjutnya.

Tahap validasi tidak hanya menghasilkan data berupa skor penilaian, tetapi juga berbagai saran dan masukan dari validator sebagai bahan penyempurnaan lembar kerja mahasiswa yang dikembangkan. Komentar dan saran tersebut menjadi acuan bagi peneliti dalam melakukan revisi pada produk agar sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh validator. Revisi yang dilakukan

bertujuan untuk meningkatkan kualitas lembar kerja mahasiswa sehingga memenuhi kriteria yang diharapkan sebelum dilanjutkan ke tahap uji berikutnya. Saran dari validator beserta tindak lanjut yang dilakukan oleh peneliti disajikan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4. 7 Komentar dan Saran Validator Ahli Materi, Media dan Bahasa

No	Validator	Saran	Tindak Lanjut
1.	Validator I	Lengkapi teori dasar dan tambahkan sitasi pada setiap materi yang digunakan.	Telah ditambahkan
		Perbaiki rubrik penilaian dengan menambahkan skor penilaian dan rumus perhitungan.	Telah diperbaiki
		Tambahkan keterangan mengenai jumlah anggota kelompok yang ideal pada petunjuk pelaksanaan.	Telah ditambahkan
		Perhatikan penggunaan istilah asing yang belum dicetak miring.	Telah diperbaiki
2.	Validator II	Pisahkan pertanyaan refleksi nomor 3 menjadi dua pertanyaan.	Telah diperbaiki
		Tambahkan kategori diameter zona hambat pada hasil pengamatan	Telah ditambahkan
		Perbaiki kualitas foto bakteri pada cover	Telah diperbaiki
		Gabungkan identitas dosen pengampu ke dalam bagian penulis pada LKM.	Telah diperbaiki
3.	Validator II	Rapikan daftar isi dan perbesar kolom jawaban	Telah diperbaiki
		Tambahkan keterangan pada barcode	Telah diperbaiki
		Tambahkan sitasi pada gambar dengan mencantumkan nama penulis sebagai sumber.	Telah diperbaiki
		Perbaiki penggunaan font pada bagian isi LKM agar konsisten.	Telah diperbaiki

Secara keseluruhan, hasil validasi dari ketiga validator menunjukkan bahwa lembar kerja mahasiswa uji aktivitas antibakteri ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap bakteri *Staphylococcus* memperoleh persentase sebesar 83% dari validator ahli. Mengacu pada kriteria validitas Akbar (2022), nilai tersebut termasuk dalam kategori cukup valid. Dengan demikian lembar kerja mahasiswa yang dikembangkan telah memenuhi kriteria validitas, namun

masih memerlukan beberapa penyempurnaan berdasarkan saran dan masukan dari validator agar kualitasnya menjadi lebih baik.

3. Hasil Uji Kepraktisan Lembar Kerja Mahasiswa

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah uji kepraktisan melalui *one-to-one evaluation* melibatkan enam mahasiswa Program Studi Tadris Biologi yang telah menempuh mata kuliah Praktikum Mikrobiologi sebagai responden.. Uji ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan lembar kerja mahasiswa yang telah dikembangkan berdasarkan kemudahan penggunaan, kejelasan penyajian, dan kebermanfaatannya dalam kegiatan praktikum. Hasil uji kepraktisan disajikan pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Persentase Kepraktisan

No	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Tingkat Kepraktisan
1	Kelayakan materi	85,58%	Sangat praktis
2	Kemudahan penggunaan	95,83%	Sangat praktis
3	Materi atau isi	93,75%	Sangat praktis
4	Manfaat	87,5%	Sangat praktis
Rata-rata		90,62%	Sangat praktis

Sumber: Hasil Olah Data Lampiran

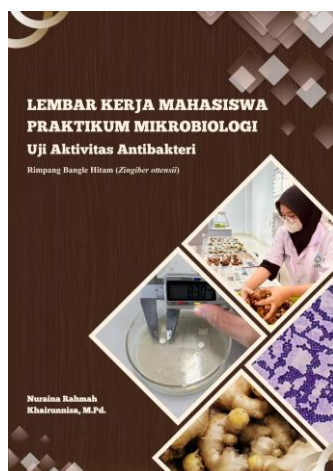
Berdasarkan hasil uji kepraktisan, Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang dikembangkan memperoleh persentase rata-rata sebesar 90,62%. Berdasarkan kriteria penilaian Akbar (2022), persentase tersebut termasuk dalam kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM mudah digunakan, memiliki isi yang mudah dipahami, serta memberikan manfaat bagi mahasiswa dalam kegiatan praktikum. Oleh karena itu, LKM yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kepraktisan dan layak digunakan pada tahap penelitian selanjutnya. Responden juga memberikan beberapa saran dan masukan sebagai bahan penyempurnaan. Saran tersebut menjadi acuan bagi peneliti dalam

melakukan revisi pada beberapa bagian LKM agar lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Seluruh masukan yang diberikan telah ditindaklanjuti melalui perbaikan sebelum lembar digunakan pada tahap penelitian selanjutnya. Adapun saran responden beserta tindak lanjut yang dilakukan oleh peneliti disajikan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4. 9 Komentar dan Saran Responden Kepraktisan

No	Saran	Tindak Lanjut
1	Perlu dilakukan penyesuaian penggunaan istilah, termasuk istilah ilmiah dan istilah asing, agar konsisten sesuai kaidah penulisan.	Telah diperbaiki
2	Penulisan nama ilmiah, simbol atau variabel pada rumus, serta format sitasi perlu diperiksa kembali agar tepat dan seragam.	Telah diperbaiki
3	Masih terdapat beberapa kesalahan pengetikan (<i>typo</i>) dan penulisan nama institusi yang perlu diperbaiki.	Telah diperbaiki
4	Bisa tambahkan daftar barcode juga di bagian awal.	Telah diperbaiki
5	Perlu dilakukan perapian format dan tata letak naskah agar lebih konsisten.	Telah diperbaiki
6	Penggunaan tanda baca dan kalimat perlu diperbaiki agar lebih tepat.	Telah diperbaiki

Setelah dilakukan penilaian uji validitas oleh validator, uji kepraktisan oleh responden, serta evaluasi diri, maka diperoleh produk final lembar kerja mahasiswa. Berikut adalah cover final lembar kerja mahasiswa.



Gambar 4 4 Cover Final Lembar Kerja Mahasiswa
Sumber: Dok. Pribadi (2026)

B. Pembahasan

1. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bangle Hitam (*Zingiber ottensii*)

Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*.

a. Identifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

Identifikasi bakteri merupakan tahapan awal yang penting dalam penelitian ini sebelum dilakukan pengujian aktivitas antibakteri ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*). Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa bakteri yang digunakan sebagai bakteri uji benar-benar merupakan *Staphylococcus aureus* sehingga hasil pengujian aktivitas antibakteri yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian. Identifikasi dilakukan melalui pengamatan makroskopis terhadap karakteristik koloni pada media *Nutrient Agar* (NA) dan pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram.

Hasil pengamatan makroskopis menunjukkan bahwa koloni bakteri yang tumbuh pada media *Nutrient Agar* (NA) memiliki warna kuning keemasan dengan bentuk cembung, permukaan halus, dan tampak mengkilap. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Murray *et al.* (2015) bahwa *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram positif berbentuk kokus yang mampu tumbuh dengan baik pada berbagai media pertumbuhan dan menghasilkan koloni yang umumnya berbentuk bulat, cembung, berpermukaan halus, serta tampak mengkilap. Selain itu, Xue *et al.* (2019) menjelaskan bahwa warna kuning keemasan pada koloni *Staphylococcus aureus* disebabkan oleh adanya pigmen karotenoid yang diproduksi oleh bakteri tersebut. Pigmen karotenoid tersebut menjadi salah satu karakteristik khas yang sering digunakan dalam proses identifikasi awal

Staphylococcus aureus. Oleh karena itu, kesesuaian karakteristik koloni yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa hasil identifikasi secara makroskopis telah sesuai dengan karakteristik *Staphylococcus aureus*.

Pada pengamatan secara mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram hasil pewarnaan menunjukkan bahwa bakteri tampak berwarna ungu dengan bentuk sel bulat (kokus) yang tersusun bergerombol menyerupai gugusan buah anggur. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bakteri yang diamati termasuk bakteri Gram positif. Pewarnaan Gram merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk membedakan bakteri menjadi kelompok Gram positif dan Gram negatif berdasarkan karakteristik dinding selnya. Menurut NauE *et al.* (2022) bakteri Gram positif akan mempertahankan zat warna kristal violet sehingga tampak berwarna ungu, sedangkan bakteri Gram negatif akan kehilangan zat warna utama dan tampak merah atau merah muda setelah diberi pewarna tandingan.

Menurut Virgianti & Luciana (2017) juga menyatakan bahwa pewarnaan Gram tidak hanya berfungsi untuk membedakan kelompok bakteri, tetapi juga membantu memperjelas bentuk, ukuran, dan susunan sel sehingga memudahkan proses identifikasi. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan pendapat Murray *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram positif berbentuk kokus yang tersusun tidak teratur menyerupai gugusan buah anggur.

Berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis yang saling mendukung menunjukkan bahwa proses identifikasi yang dilakukan telah

memberikan karakteristik yang sesuai dengan *Staphylococcus aureus*. Identifikasi bakteri sebelum dilakukan pengujian aktivitas antibakteri merupakan tahapan yang penting karena memastikan bahwa bakteri yang digunakan sebagai bakteri uji telah sesuai dengan tujuan penelitian. Kultur bakteri yang telah teridentifikasi juga dapat mengurangi kemungkinan adanya kontaminasi oleh mikroorganisme lain yang dapat memengaruhi hasil pengujian aktivitas antibakteri. Oleh karena itu, proses identifikasi menjadi salah satu tahapan yang mendukung ketepatan pelaksanaan penelitian sehingga hasil yang diperoleh pada tahap selanjutnya dapat menggambarkan kemampuan ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

b. Hasil perbedaan ukuran zona hambat dari berbagai konsentrasi konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) terhadap bakteri genus *Staphylococcus aureus*.

Berdasarkan hasil pengujian aktivitas antibakteri, ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Aktivitas antibakteri tersebut ditunjukkan oleh terbentuknya zona hambat di sekitar cakram pada seluruh perlakuan yang menggunakan ekstrak, sedangkan pada perlakuan kontrol (0%) tidak terbentuk zona hambat. Pengujian dilakukan menggunakan metode difusi cakram kertas, yaitu metode yang menilai aktivitas antibakteri berdasarkan terbentuknya daerah bening di sekitar cakram setelah proses inkubasi (Pelczar & Chan, 1988). Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap konsentrasi ekstrak menghasilkan diameter zona hambat yang berbeda, sehingga menunjukkan adanya perbedaan kemampuan

ekstrak bangle hitam dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Tidak terbentuknya zona hambat pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa aquades sebagai pelarut tidak memiliki aktivitas antibakteri karena tidak mengandung senyawa antimikroba (Citradewi *et al.*, 2019). Sebaliknya, terbentuknya zona hambat pada seluruh perlakuan yang menggunakan ekstrak menunjukkan bahwa ekstrak bangle hitam memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Menurut Putri *et al.* (2025) menyatakan aktivitas antibakteri tersebut diduga berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder pada rimpang bangle hitam. Senyawa flavonoid dan tanin diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui kerusakan membran sel, penghambatan kerja enzim, dan gangguan terhadap protein bakteri. Saponin dapat meningkatkan permeabilitas membran sel sehingga menyebabkan keluarnya komponen penting dalam sel bakteri. Alkaloid dapat mengganggu proses fisiologis bakteri. Selain itu, minyak atsiri juga berpotensi sebagai antibakteri karena dapat mengganggu fungsi membran sel mikroba. Menurut Merta *et al.* (2020), semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk maka semakin kuat kemampuan suatu senyawa dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Selanjutnya, hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$ ($p < 0,05$), sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti konsentrasi ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) berpengaruh terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus*. Hasil tersebut kemudian dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Difference*) untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan. Hasil

uji LSD menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi ekstrak berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (0%), sehingga membuktikan bahwa ekstrak bangle hitam memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Namun, tidak terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi 30%, 60%, dan 90% karena peningkatan konsentrasi ekstrak tidak menghasilkan peningkatan diameter zona hambat yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang konsentrasi tersebut, kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* relatif sama, sehingga perbedaan diameter zona hambat yang dihasilkan belum cukup untuk menunjukkan perbedaan secara statistik.

Setiap konsentrasi ekstrak membentuk zona hambat, namun peningkatan konsentrasi tidak selalu menyebabkan peningkatan diameter zona hambat. Rata-rata diameter zona hambat tertinggi diperoleh pada konsentrasi 30% sebesar 3,72 mm, sedangkan pada konsentrasi 60% dan 90% masing-masing sebesar 3,67 mm dan 3,32 mm. Diameter zona hambat tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak bangle hitam pada penelitian ini masih tergolong lemah. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh proses ekstraksi yang belum menghasilkan jumlah senyawa aktif secara optimal.

Pada penelitian ini, rimpang yang digunakan memiliki ukuran irisan yang masih cukup tebal, sehingga luas permukaan bahan yang berkontak dengan air selama proses distilasi menjadi lebih kecil. Kondisi tersebut dapat membatasi proses pelepasan senyawa aktif dari jaringan rimpang. Menurut Pluháčková *et al.* (2026) menyatakan bahwa metode ekstraksi dan ukuran potongan bahan tanaman memengaruhi jumlah senyawa bioaktif yang diperoleh serta aktivitas biologis

ekstrak. Potongan yang lebih tipis memudahkan pelarut menembus bahan dan mempercepat pelepasan senyawa aktif, sehingga ekstrak menjadi lebih kaya senyawa bioaktif dan potensinya meningkat. Sebaliknya, irisan bahan yang lebih tebal mengurangi kontak pelarut dengan bahan, sehingga ekstrak mengandung lebih sedikit senyawa aktif dan aktivitas antibakterinya, yang diukur melalui diameter zona hambat, bisa lebih rendah.

Rendahnya diameter zona hambat yang diperoleh juga berkaitan dengan karakteristik rimpang sebagai sumber senyawa aktif. Rimpang merupakan batang yang mengalami modifikasi dan berfungsi sebagai organ penyimpanan cadangan makanan. Secara anatomi, rimpang memiliki struktur yang menyerupai batang, dengan susunan jaringan yang terdiri atas epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat (Kuntorini, 2011). Bagian korteks dan silinder pusat didominasi oleh jaringan parenkim serta mengandung sel sekresi dan berkas pengangkut. Jaringan parenkim berperan sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan, sedangkan sel sekresi berfungsi menghasilkan dan menyimpan metabolit sekunder (Kuntorini, 2018).

Kandungan metabolit sekunder pada rimpang dapat berubah seiring dengan pertumbuhan dan tingkat kematangan tanaman. Menurut Purwakusumah *et al.* (2018), komposisi senyawa pada rimpang dapat berbeda meskipun berasal dari spesies yang sama. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh umur tanaman, teknik budidaya, kondisi lingkungan, waktu panen, serta proses pascapanen dan penyimpanan. Oleh karena itu, penggunaan rimpang yang telah mencapai tingkat kematangan optimum diperkirakan dapat menghasilkan ekstrak dengan

kandungan senyawa bioaktif yang lebih optimal dibandingkan rimpang yang masih terlalu muda atau telah melewati fase kematangan.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Putri *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa ekstrak metanol rimpang bangle hitam (*Zingiber ottensii*) menunjukkan peningkatan diameter zona hambat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Pada penelitian tersebut, konsentrasi 20% menghasilkan diameter zona hambat sebesar $6,641 \pm 0,182$ mm dan meningkat menjadi $9,967 \pm 0,396$ mm pada konsentrasi 40%, sehingga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin besar daya hambat terhadap *Staphylococcus aureus*. Perbedaan hasil tersebut diduga dipengaruhi oleh metode ekstraksi yang digunakan. Putri *et al.* (2022) menggunakan metode maserasi dengan pelarut metanol, sedangkan penelitian ini menggunakan metode distilasi dengan aquades tanpa penambahan pelarut organik.

Metode distilasi dipilih karena proses ekstraksinya lebih efisien, dengan waktu sekitar 6 jam, dibandingkan metode maserasi yang memerlukan waktu sekitar 7 hari. Selain itu, penggunaan aquades pada proses distilasi menghasilkan ekstrak tanpa penambahan pelarut organik, sedangkan metanol sebagai pelarut polar pada metode maserasi mampu melarutkan lebih banyak senyawa metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, tanin, dan senyawa fenolik. Perbedaan prinsip ekstraksi tersebut diduga menghasilkan komposisi dan jumlah senyawa aktif yang berbeda sehingga aktivitas antibakteri yang diperoleh pada kedua penelitian juga berbeda.

Perbedaan aktivitas antibakteri juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain. Menurut Nuraini (2007), efektivitas suatu zat antibakteri dipengaruhi oleh konsentrasi zat antibakteri, suhu, lama penyimpanan, kadar air, pH, serta jenis dan jumlah senyawa aktif yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan pengamatan selama penelitian, selain metode ekstraksi, faktor seperti lama proses distilasi, ketebalan media, ukuran irisan rimpang, dan waktu inkubasi juga diduga memengaruhi proses pelepasan serta difusi senyawa aktif ke dalam media sehingga berdampak terhadap diameter zona hambat yang terbentuk.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bangle hitam (*Zingiber ottensii*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, meskipun daya hambat yang dihasilkan masih tergolong lemah. Aktivitas tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain metode ekstraksi, jenis dan jumlah senyawa aktif yang berhasil diperoleh, karakteristik bahan, serta kondisi selama proses pengujian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan rimpang bangle dengan tingkat kematangan yang lebih sesuai, mengiris rimpang dengan ukuran yang lebih tipis untuk memperluas luas permukaan kontak selama proses distilasi, serta mengoptimalkan lama proses distilasi agar pelepasan senyawa aktif dari jaringan rimpang berlangsung lebih maksimal sehingga aktivitas antibakteri yang dihasilkan dapat meningkat.

2. Uji Validitas Lembar Kerja Mahasiswa Mikrobiologi.

a. Validasi Ahli

Menurut Destiara (2019) kegiatan validasi dilakukan untuk meninjau draf awal bahan ajar dan memberikan masukan perbaikan, sekaligus memastikan bahwa bahan ajar sudah valid. Produk yang telah dinyatakan valid selanjutnya dapat digunakan pada tahap selanjutnya. Menurut Plomp & Nieveen (2013) validasi oleh ahli (*expert review*) merupakan bagian dari tahap pengembangan yang bertujuan untuk menilai dan menyempurnakan produk yang dikembangkan sebelum diujicobakan. Oleh karena itu, validasi produk menjadi tahapan penting dalam penelitian pengembangan karena melalui proses tersebut dapat diketahui tingkat kevalidan produk. Produk yang telah memenuhi kriteria kevalidan selanjutnya dapat dilanjutkan ke tahap penelitian berikutnya.

Menurut Plomp & Nieveen (2013), *expert review* dilakukan dengan melibatkan ahli yang memiliki kompetensi sesuai bidangnya untuk menilai kualitas prototipe berdasarkan aspek-aspek tertentu, seperti kelayakan isi, konstruksi, bahasa, maupun penyajian. Penilaian dari para ahli tidak hanya bertujuan untuk mengetahui tingkat validitas produk, tetapi juga untuk mengidentifikasi kekurangan serta memberikan rekomendasi perbaikan sehingga produk menjadi lebih layak sebelum memasuki tahap uji coba kepada pengguna. Oleh karena itu, hasil *expert review* menjadi dasar dalam melakukan revisi terhadap prototipe agar memenuhi kriteria valid dan siap untuk diimplementasikan pada tahap evaluasi berikutnya.

Validasi dalam penelitian ini melibatkan tiga validator yang memberikan penilaian terhadap LKM yang dikembangkan. Penilaian dilakukan menggunakan instrumen berupa angket yang mencakup aspek materi, bahasa, dan media. Instrumen tersebut menghasilkan data kuantitatif berupa skor penilaian. Hal ini sejalan dengan Fadilah *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian angket validasi ahli, sedangkan data kualitatif berupa tanggapan, komentar, dan saran validator digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan revisi terhadap produk yang dikembangkan..

Instrumen yang digunakan dalam validasi ahli merupakan hasil adopsi dari instrumen Setiawan *et al.* (2021). Instrumen tersebut dipilih karena memuat indikator penilaian yang sesuai untuk mengevaluasi kualitas LKM yang dikembangkan. Instrumen tes efektif apabila hasil penilaiannya sesuai dengan yang ingin diukur (Mubarak *et al.*, 2024). Aspek yang dinilai meliputi kelayakan materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, dan kepraktisan. Skor hasil penilaian pada setiap aspek kemudian dianalisis dan diklasifikasikan berdasarkan kriteria validitas yang dikemukakan oleh Akbar (2022). Persentase 85,01%–100,00% dikategorikan sangat valid, 70,01%–85,00% cukup valid, 50,01%–70,00% kurang valid, dan 1,00%–50,00% tidak valid.

Aspek kelayakan materi digunakan untuk menilai kesesuaian isi LKM dengan tujuan pembelajaran, kebenaran konsep, serta kecukupan materi pendukung. Hasil validasi menunjukkan bahwa aspek ini memperoleh persentase sebesar 86,66% dengan kategori sangat valid. Capaian tersebut menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran dan

mampu mendukung pelaksanaan praktikum uji aktivitas antibakteri. Penyajian materi tidak hanya memuat konsep dasar, tetapi juga disusun sebagai pengantar sebelum mahasiswa melaksanakan kegiatan praktikum sehingga dapat membantu membangun pemahaman awal. Hasil ini sejalan dengan Astuti *et al.* (2022) yang menjelaskan bahwa kelayakan materi ditinjau dari kesesuaian uraian materi, keakuratan konsep, dan keberadaan materi pendukung pembelajaran.

Kelayakan materi tersebut didukung oleh aspek konstruksi yang memperoleh persentase sebesar 88,88% dengan kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap tahapan praktikum telah disusun secara sistematis sehingga mudah diikuti oleh mahasiswa. Selain itu, penyusunan petunjuk praktikum, prosedur kerja, dan pertanyaan yang disusun secara sistematis sesuai dengan tujuan praktikum menjadikan LKM mampu membimbing mahasiswa dalam melaksanakan setiap tahapan praktikum. Hal ini didukung oleh Nirwana *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa LKM memuat petunjuk penggunaan, pertanyaan, alat dan bahan, prosedur kerja, serta tugas yang berfungsi membimbing mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum secara sistematis. Menurut Qulub *et al.* (2023) petunjuk praktikum merupakan panduan yang dirancang untuk membimbing pengguna melaksanakan kegiatan eksperimen secara sistematis. Dengan demikian, aspek konstruksi pada LKM yang dikembangkan telah mendukung keterlaksanaan praktikum secara lebih terarah.

Selain didukung oleh konstruksi yang sistematis, kualitas penyajian LKM memperoleh persentase sebesar 91,66% dengan kategori sangat valid sekaligus

menjadi aspek dengan nilai tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa petunjuk praktikum disajikan secara jelas dan runtut sehingga memudahkan mahasiswa memahami setiap tahapan kegiatan. Penyajian LKM juga dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif mahasiswa melalui kegiatan pengamatan, menjawab pertanyaan, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan. Hal ini sejalan dengan Bare & Sari (2021) yang menyatakan bahwa LKM dikembangkan untuk menunjang aktivitas mahasiswa dalam pembelajaran sehingga mendorong keterlibatan mereka dalam membangun pemahaman terhadap materi. Selain itu, pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses belajar melalui berbagai aktivitas pembelajaran yang terstruktur (Nizam & Partiwi, 2023). Dengan demikian, LKM tidak hanya berfungsi sebagai panduan praktikum, tetapi juga memfasilitasi proses pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa.

Berbeda dengan aspek sebelumnya, aspek kebahasaan memperoleh persentase sebesar 75% dengan kategori cukup valid. Meskipun demikian, hasil tersebut menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan pada LKM telah cukup komunikatif dan dapat dipahami oleh mahasiswa. Beberapa masukan dari validator terutama berkaitan dengan penyempurnaan penggunaan istilah, struktur kalimat, dan konsistensi penulisan agar informasi yang disampaikan menjadi lebih jelas. Hal ini sejalan dengan Suci *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa aspek kebahasaan mencakup penggunaan bahasa Indonesia yang benar, kalimat yang jelas, serta bahasa yang sederhana sehingga memudahkan peserta didik memahami isi lembar kerja.

Sejalan dengan aspek kebahasaan, aspek kepraktisan memperoleh persentase sebesar 77,77% dengan kategori cukup valid. Penilaian tersebut menunjukkan bahwa LKM pada dasarnya telah mudah digunakan dalam kegiatan praktikum, namun masih memerlukan beberapa penyempurnaan agar penggunaannya menjadi lebih optimal. Masukan validator terutama berkaitan dengan penyajian beberapa petunjuk dan komponen pendukung yang dinilai masih dapat dibuat lebih sederhana dan informatif. Hal ini sejalan dengan Indayati (2020) yang menyatakan bahwa kepraktisan LKM berkaitan dengan kemudahan penggunaan produk serta keterlaksanaannya dalam mendukung kegiatan pembelajaran. Selain itu, Nirwana *et al.* (2019) menjelaskan bahwa penyajian komponen dalam LKM, seperti petunjuk penggunaan, alat dan bahan, prosedur kerja, serta tugas, perlu disusun secara sistematis agar dapat membimbing mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Oleh karena itu, hasil validasi pada aspek ini menjadi salah satu dasar dalam melakukan revisi terhadap LKM.

Pada aspek desain sampul yang memperoleh persentase sebesar 81,25% dengan kategori cukup valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa desain sampul telah mampu memberikan gambaran umum mengenai isi LKM melalui pemilihan ilustrasi, tata letak, kombinasi warna, dan tipografi yang cukup sesuai. Meskipun demikian, validator masih memberikan beberapa saran agar tampilan sampul menjadi lebih menarik dan representatif. Menurut Kusmiati *et al.* (2023) desain sampul yang baik sebaiknya memiliki ilustrasi yang mencerminkan isi, tata letak yang harmonis, serta penggunaan huruf yang mudah dibaca sehingga mampu

memberikan informasi awal mengenai materi yang dipelajari.

Secara keseluruhan, hasil validasi memperoleh persentase sebesar 83% dengan kategori cukup valid menurut Akbar (2022). Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM yang dikembangkan telah memenuhi aspek validitas dari segi materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, kepraktisan, dan desain. Keunggulan LKM terletak pada penyusunan materi yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, langkah praktikum yang sistematis, serta penyajian kegiatan yang mendorong keterlibatan aktif mahasiswa selama praktikum. Meskipun masih terdapat beberapa aspek yang memerlukan penyempurnaan, terutama pada kebahasaan, kepraktisan, dan desain sampul, seluruh masukan validator telah dijadikan sebagai dasar revisi sehingga kualitas LKM menjadi lebih baik sebelum diujicobakan kepada pengguna.

3. Uji Kepraktisan Lembar Kerja Mahasiswa Mikrobiologi

Tahap *one-to-one evaluation* merupakan salah satu tahapan dalam *formative evaluation* yang bertujuan memperoleh tanggapan pengguna terhadap produk yang telah dikembangkan. Menurut Rusdi (2019), *one-to-one evaluation* dilakukan secara individual untuk memperoleh umpan balik yang lebih rinci terhadap produk pembelajaran sehingga dapat diketahui bagian-bagian yang masih memerlukan penyempurnaan. Plomp & Nieveen (2013) juga menjelaskan bahwa *one-to-one evaluation* melibatkan sejumlah kecil partisipan, umumnya sekitar lima orang pada produk berbasis cetak (*paper-based*), untuk mengidentifikasi kejelasan, keterbacaan, dan aspek-aspek lain yang masih perlu diperbaiki sebelum produk digunakan pada tahap berikutnya.

Pada penelitian ini, tahap *expert review* dan *one-to-one evaluation* dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan. Pelaksanaan kedua tahap tersebut bertujuan untuk memperoleh masukan dari validator ahli dan pengguna sasaran secara lebih efisien, tanpa mengurangi tujuan masing-masing tahapan evaluasi. *One-to-one evaluation* melibatkan enam orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi yang telah menyelesaikan mata kuliah Mikrobiologi. Mahasiswa tersebut dipilih karena telah memiliki pemahaman dasar mengenai materi yang terdapat dalam LKM sehingga diharapkan mampu memberikan tanggapan terhadap aspek kelayakan materi, kemudahan penggunaan, materi atau isi, serta manfaat LKM. Hasil penilaian dari keenam responden kemudian dianalisis secara terpisah dari hasil validasi ahli dan digunakan sebagai dasar dalam melakukan penyempurnaan LKM yang dikembangkan. Menurut Destiara (2019) uji ini bermanfaat untuk memperoleh masukan langsung dari pengguna sehingga bahan ajar yang telah divalidasi dapat disempurnakan agar lebih relevan dan optimal bagi calon pengguna.

Aspek kelayakan materi memperoleh persentase sebesar 85,58% dengan kategori sangat praktis. Persentase tersebut menunjukkan bahwa materi dalam LKM telah disusun secara sistematis dan sesuai dengan tahapan kegiatan praktikum sehingga mudah dipahami oleh mahasiswa. Penyajian materi tidak hanya memuat konsep dasar mengenai uji aktivitas antibakteri, tetapi juga mengarahkan mahasiswa untuk menerapkan konsep tersebut melalui kegiatan pengamatan, analisis hasil, hingga penarikan kesimpulan. Keterpaduan antara materi, tujuan pembelajaran, dan kegiatan praktikum dapat membantu mahasiswa

memahami hubungan antara konsep yang dipelajari dengan penerapannya secara langsung. Menurut Widiyanti & Wiarta (2021) menyatakan bahwa pengembangan media pembelajaran perlu memperhatikan kesesuaian antara tujuan pembelajaran, materi yang disajikan, serta evaluasi agar peserta didik lebih mudah memahami isi pembelajaran dan mencapai kompetensi yang diharapkan. Oleh karena itu, penyusunan materi dalam LKM yang selaras dengan tujuan praktikum menjadi salah satu faktor yang mendukung ketercapaian pembelajaran.

Pada aspek kemudahan penggunaan diperoleh persentase sebesar 95,83% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM mudah digunakan karena setiap tahapan praktikum disajikan secara sistematis dan disertai petunjuk yang jelas. Penyusunan langkah-langkah praktikum secara berurutan membantu mahasiswa melaksanakan kegiatan sesuai prosedur sehingga dapat meminimalkan kesalahan selama praktikum. Hal ini sejalan dengan Widayanti *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa lembar kerja praktikum yang disusun secara sistematis dapat membantu mahasiswa memahami kegiatan praktikum dengan lebih baik. Selain itu, Susilowati dan Hastuti (2019) menjelaskan bahwa petunjuk praktikum berperan dalam mengarahkan mahasiswa agar mampu melaksanakan kegiatan eksperimen secara lebih terarah. Dengan demikian, mahasiswa dapat lebih memusatkan perhatian pada proses pengamatan, analisis, dan interpretasi hasil praktikum dibandingkan memahami kembali prosedur pelaksanaannya.

Kepraktisan penggunaan LKM juga didukung oleh kelengkapan isi yang memperoleh persentase sebesar 93,75% dengan kategori sangat praktis. LKM

tidak hanya memuat materi pendukung, tetapi juga dilengkapi dengan lembar hasil pengamatan, analisis data, evaluasi, refleksi, serta QR Code yang terhubung dengan video tutorial pelaksanaan praktikum. Kelengkapan komponen tersebut menjadi salah satu keunggulan LKM karena membantu mahasiswa memperoleh informasi dan panduan praktikum dalam satu bahan ajar sehingga tidak perlu bergantung pada berbagai sumber belajar lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Istiqomah *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa penyajian materi secara sistematis disertai media visual dapat memperjelas konsep, meningkatkan pemahaman, serta membuat proses pembelajaran menjadi lebih efektif.

Keunggulan tersebut memberikan manfaat nyata bagi mahasiswa, yang ditunjukkan oleh persentase aspek manfaat sebesar 87,50% dengan kategori sangat praktis. LKM membantu mahasiswa melaksanakan praktikum secara lebih mandiri, sistematis, dan terarah karena seluruh tahapan kegiatan telah disusun dalam satu kesatuan yang saling berkaitan. Selain itu, keberadaan lembar analisis, evaluasi, dan refleksi mendorong mahasiswa untuk mengolah hasil pengamatan serta menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh. Dengan demikian, LKM tidak hanya berfungsi sebagai panduan praktikum, tetapi juga sebagai bahan ajar yang mendukung pemahaman konsep mikrobiologi secara lebih menyeluruh.

Secara keseluruhan, hasil uji perorangan (*one-to-one evaluation*) menunjukkan bahwa LKM memperoleh rata-rata persentase sebesar 90,62% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM telah memenuhi aspek kepraktisan, baik dari segi kelayakan materi, kemudahan penggunaan, kelengkapan isi, maupun manfaat bagi mahasiswa. Keunggulan

utama LKM terletak pada penyajian materi yang terintegrasi dengan kegiatan praktikum, petunjuk yang sistematis, serta kelengkapan fitur seperti lembar pengamatan, analisis data, evaluasi, refleksi, dan video tutorial melalui QR Code. Kombinasi komponen tersebut menjadikan LKM mudah digunakan sekaligus mampu mendukung mahasiswa dalam memahami materi dan melaksanakan praktikum mikrobiologi secara lebih efektif.