

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Daya Antiseptik Berbagai Jenis *Eco Enzyme* Terhadap Bakteri

Staphylococcus aureus

a. Uji Daya Antiseptik

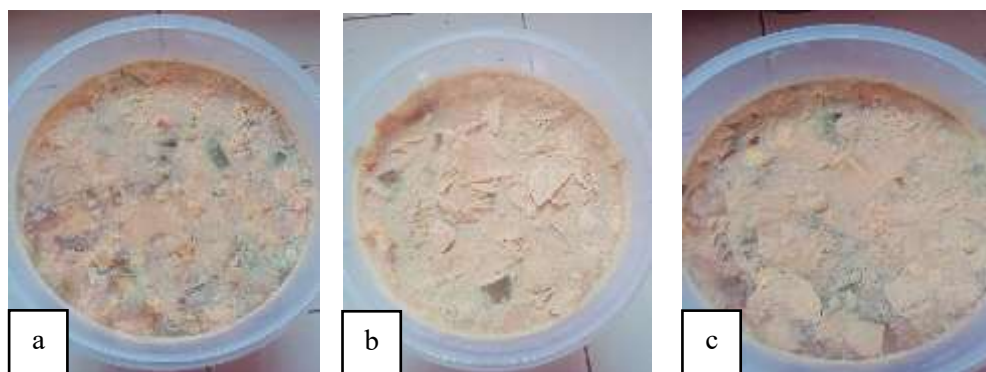
Pada penelitian ini *eco enzyme* dibuat dengan perbandingan yaitu 10 bagian air : 3 bagian limbah organik : 1 bagian gula merah. Pada penelitian ini komposisi bahan organik dalam pembuatan 3 jenis *eco enzyme* terdiri dari limbah kulit buah, sayuran, dan campuran. Semua bahan organik kemudian dicampurkan dan difermentasi selama tiga bulan, kemudian setelah tiga bulan *eco enzyme* siap untuk dipanen. Setelah ketiga jenis *eco enzyme* dipanen kemudian peneliti melakukan pengamatan secara organoleptis. Pengamatan organoleptis ini menggunakan indra seperti penciuman, dan penglihatan. Tujuan dari pengamatan secara organoleptis ini yaitu untuk mengetahui karakteristik *eco enzyme* yang dibuat apakah *eco enzyme* tersebut termasuk berhasil dan mengalami proses fermentasi yang sempurna. Adapun hasil fermentasi *eco enzyme* selama tiga bulan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Organoleptis Pada *Eco Enzyme*

Eco enzyme	Warna	Bau	Jamur pitera
Limbah kulit buah	Coklat bening	Asam segar	Ada
Limbah sayuran	Coklat keruh	Asam segar	Ada
Limbah campuran	Coklat bening	Asam segar	Ada

Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Berdasarkan hasil pengamatan pada ketiga jenis *eco enzyme* maka dapat dinyatakan bahwa *eco enzyme* yang dibuat dalam penelitian ini telah memenuhi ciri-ciri fisik yang diharapkan. Diketahui pada ketiga jenis *eco enzyme* memiliki ciri-ciri yaitu berwarna coklat dengan dua perbedaan yaitu ada yang bening dan keruh. Kemudian ketiga jenis *eco enzyme* ini juga memiliki bau asam segar khas fermentasi seperti bau *eco enzyme* pada umumnya dan memiliki jamur pitera di permukaannya. Ketiga jenis *eco enzyme* yaitu *eco enzyme* limbah kulit buah, sayuran, dan campuran juga dapat dilihat pada gambar 4.1. dibawah ini.



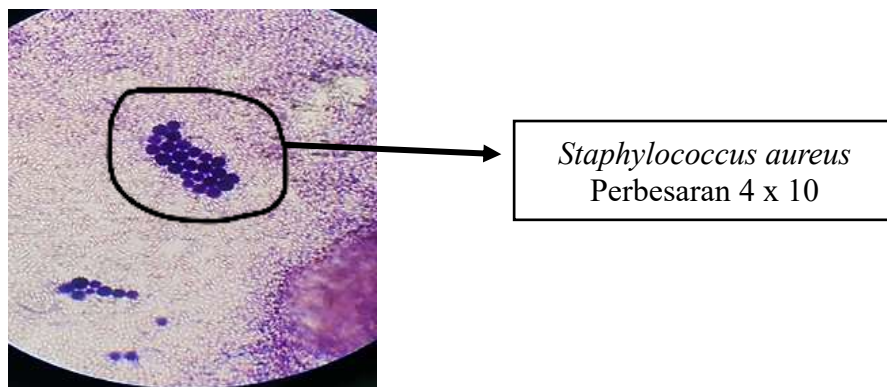
Gambar 4.1 Sampel Ketiga Jenis *Eco Enzyme*

- a. *Eco Enzyme* Limbah Kulit Buah
- b. *Eco Enzyme* Limbah Sayuran
- c. *Eco Enzyme* Limbah Campuran

Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Pada uji mikrobiologi juga dilakukan pewarnaan gram yang bertujuan untuk mengetahui dan memastikan bahwa bakteri yang digunakan dalam uji daya antiseptik adalah benar bakteri *Staphylococcus aureus*. Bakteri *Staphylococcus aureus* yang sebelumnya telah dibiakan selama 2 x 24 jam kemudian dilakukan pewarnaan gram dibawah mikroskop dengan perbesaran 4 x 10. Kemudian didapatkan identifikasi bahwa bakteri tersebut adalah bakteri *Staphylococcus*

aureus. Berdasarkan identifikasi bakteri tersebut adalah benar bakteri *Staphylococcus aureus* dengan memiliki ciri-ciri berbentuk kokus (bulat) dan berkelompok seperti buah anggur. Selain itu terlihat pula pada saat pengamatan warna bakteri ini yaitu biru keunguan yang menandakan bahwa bakteri ini memiliki gram positif. Adapun gambaran morfologi bakteri *Staphylococcus aureus* yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.2 Morfologi Bakteri *Staphylococcus aureus*
Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Setelah melakukan pewarnaan gram kemudian dilanjutkan dengan persiapan kultur bakteri *Staphylococcus aureus* yaitu dengan mengisolasi biakan bakteri *Staphylococcus aureus* yang telah dibiakan dan dilakukan pewarnaan gram sebelumnya. Biakan bakteri *Staphylococcus aureus* diisolasi selama 2 x 24 jam di dalam inkubator. Adapun hasil isolasi bakteri *Staphylococcus aureus* selama 2 x 24 jam dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.3 Isolasi biakan bakteri *Staphylococcus aureus*
Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Kemudian pada penelitian ini dilakukan uji daya antiseptik pada ketiga jenis *eco enzyme* yang bertujuan untuk menganalisis daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Adapun *eco enzyme* yang digunakan dalam uji daya antiseptik ini adalah 3 jenis *eco enzyme* yaitu *eco enzyme* limbah buah, sayuran, dan campuran (limbah buah dan sayur). Hasil uji daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* pada penelitian ini kemudian diklasifikasikan menggunakan sistem klasifikasi Davis & Stout (1971). Berikut ini gambar hasil pengamatan zona hambat dari 3 jenis *eco enzyme* ulangan ke-1, ulangan ke-2, dan ke-3.

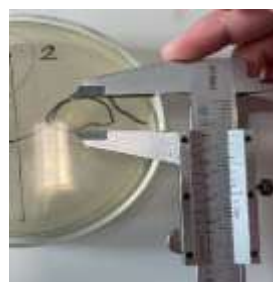
1. Pengulangan I



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Buah



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Buah



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Sayur



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Sayur



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Campuran



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Campuran

2. Pengulangan II



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Buah



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Buah



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Sayur



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Sayur



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Campuran



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Campuran

3. Pengulangan III



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Buah



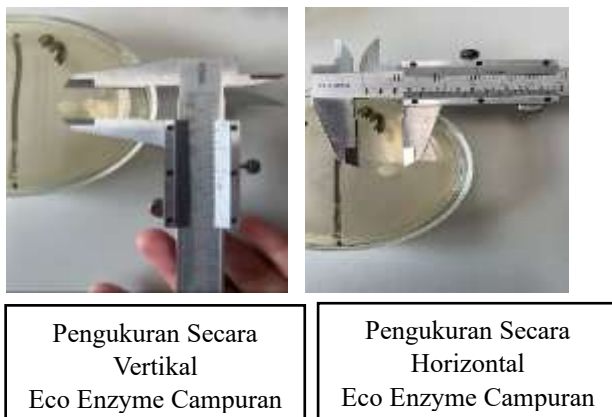
Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Buah



Pengukuran Secara
Vertikal
Eco Enzyme Sayur



Pengukuran Secara
Horizontal
Eco Enzyme Sayur



Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap diameter zona hambat yang dihasilkan oleh ketiga jenis *eco enzyme* maka diperoleh bahwa *eco enzyme* memiliki daya antiseptik. Daya antiseptik ketiga jenis *eco enzyme* ini termasuk ke dalam kategori kuat karna diameter zona hambat yang dihasilkan melebihi kategori sedang yaitu > 10 mm. Hasil klasifikasi diameter zona hambat menggunakan sistem klasifikasi Davis & Stout (1971) terhadap berbagai jenis *eco enzyme* dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Uji Daya Antiseptik Berbagai Jenis *Eco Enzyme*

No	Sampel Perlakuan	Diameter Zona Bening				Respon Hambatan Pertumbuhan
		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	Diameter Rata-rata	
1.	P0	-	-	-	-	Tidak ada
2.	P1	14,1 mm	12,9 mm	6,3 mm	11,1 mm	Kuat
3.	P2	13,4 mm	6,5 mm	18,9 mm	12,9 mm	Kuat
4.	P3	9,1 mm	11,5 mm	11,5 mm	10,7 mm	Kuat

Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Keterangan:

P0 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l aquadest steril (Kontrol)

P1 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* buah

P2 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* sayuran

P3 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* campuran 50% buah dan 50% sayuran

Berdasarkan hasil uji daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* pada bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan diameter rata-rata zona hambat dari *eco enzyme* limbah buah sebesar 11,1 mm, *eco enzyme* sayur sebesar 12,9 mm, dan *eco enzyme* campuran sebesar 10,7 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa daya antiseptik ketiga jenis *eco enzyme* termasuk kategori kuat menurut klasifikasi Davis dan Stout (1971). Ini menunjukkan bahwa ketiga jenis *eco enzyme* memiliki daya antiseptik yang kuat untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yang merupakan bakteri gram positif.

b. Uji Anova

Uji anova ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan yang signifikan terhadap daya antiseptik berbagai macam *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Analisis uji antiseptik dapat dilakukan melalui Statistik Uji Anova (*Analysis of varian*) atau Analisis Ragam Satu Arah. Uji ANOVA digunakan untuk membandingkan lebih dari dua kelompok, dalam hal ini adalah daya antiseptik *eco enzyme* pada beberapa kelompok yaitu control negatif, *eco enzyme* buah, *eco enzyme* sayur, dan campuran. Uji *One-Way ANOVA (analysis of varian)* atau menghasilkan data perhitungan yang terdiri dari *descriptives* dan *test of homogeneity of variances* yang termuat pada lampiran 11. Sedangkan untuk data perhitungan Anova terhadap daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Uji Anova

ANOVA					
diameter					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	310.110	3	103.370	7.109	.012
Within Groups	116.327	8	14.541		
Total	426.437	11			

Sumber: Olah data (2025)

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa nilai signifikansi hasil uji (sig) < taraf signifikansi ($0,012 < 0,05$), maka hasilnya dianggap signifikan pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan hasil tersebut maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya ada daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semua jenis *eco enzyme* yaitu *eco enzyme* limbah buah, sayur, dan campuran memiliki daya antiseptik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, sehingga dibuktikan dengan nilai sig yaitu 0,012. Kemudian berdasarkan hasil penghitungan F hitung dan dibandingkan dengan F tabel maka diperoleh nilai yaitu F hitung $7,109 > F$ tabel 4,07 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya ada perbedaan yang signifikan pada daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

Data hasil uji Anova (*Analysis of varian*) dapat dilanjutkan ketahap uji LSD (*Least Significant Difference*) atau uji BNt (Beda Nyata Terkecil) taraf 5 %. Adapun data perhitungan uji LSD (*Least Significant Difference*) dengan menggunakan Anova dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Uji *Least Significant Difference* (LSD)

Multiple Comparisons

diameter

LSD

(I) sampel	(J) sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
aquadest (kontrol negatif)	<i>eco enzyme</i> buah	-11.10000*	3.11350	.007	-18.2797	-3.9203
	<i>eco enzyme</i> sayur	-12.93333*	3.11350	.003	-20.1131	-5.7536
	<i>eco enzyme</i> campuran	-10.70000*	3.11350	.009	-17.8797	-3.5203
<i>eco enzyme</i> buah	aquadest (kontrol negatif)	11.10000*	3.11350	.007	3.9203	18.2797
	<i>eco enzyme</i> sayur	-1.83333	3.11350	.572	-9.0131	5.3464
	<i>eco enzyme</i> campuran	.40000	3.11350	.901	-6.7797	7.5797
<i>eco enzyme</i> sayur	aquadest (kontrol negatif)	12.93333*	3.11350	.003	5.7536	20.1131
	<i>eco enzyme</i> buah	1.83333	3.11350	.572	-5.3464	9.0131
	<i>eco enzyme</i> campuran	2.23333	3.11350	.494	-4.9464	9.4131
<i>eco enzyme</i> campuran	aquadest (kontrol negatif)	10.70000*	3.11350	.009	3.5203	17.8797
	<i>eco enzyme</i> buah	-.40000	3.11350	.901	-7.5797	6.7797
	<i>eco enzyme</i> sayur	-2.23333	3.11350	.494	-9.4131	4.9464

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Hasil analisis Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tabel menunjukkan perbedaan signifikan dalam diameter zona hambat antara berbagai perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan hasil analisis Beda Nyata Terkecil (BNT), terdapat perbedaan signifikan pada diameter zona hambat antara perlakuan *eco enzyme* dan kontrol negatif (*aquadest*) dengan tingkat kepercayaan

95% ($\alpha = 0,05$). Hal ini ditunjukkan oleh nilai Sig. (p-value) yang lebih kecil dari 0,05 dan adanya tanda bintang (*), yang mengindikasikan bahwa *eco enzyme* buah, sayur, dan campuran memiliki aktivitas antibakteri yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif. Perbedaan terbesar ditemukan pada *eco enzyme* sayur dengan kontrol negatif (-12,9333), diikuti oleh *eco enzyme* buah (-11,1000) dan *eco enzyme* campuran (-10,7000).

Namun ketika dibandingkan antar jenis *eco enzyme* (buah, sayur, dan campuran), tidak ditemukan perbedaan yang signifikan, karena nilai Sig. lebih besar dari 0,05. Seperti perbedaan antara *eco enzyme* buah dan sayur adalah -1,8333 dengan $p = 0,572$, sedangkan antara *eco enzyme* buah dan campuran memiliki $p = 0,901$, dan antara *eco enzyme* sayur dan campuran memiliki $p = 0,494$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semua jenis *eco enzyme* memiliki efektivitas antibakteri yang signifikan dibandingkan kontrol negatif, namun tidak terdapat perbedaan nyata dalam efektivitas antibakteri antara *eco enzyme* buah, sayur, dan campuran.

Berdasarkan hasil uji BNT daya antiseptik *eco enzyme* terhadap bakteri memang signifikan dibandingkan dengan kontrol negatif yang menunjukkan bahwa *eco enzyme* memang memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami. Tidak adanya perbedaan signifikan antara *eco enzyme* buah, sayur, dan campuran masih bisa dianggap normal, karena kemungkinan besar kandungan zat aktifnya serupa. Namun, jika ingin memastikan lebih lanjut, bisa dilakukan uji tambahan seperti uji kandungan senyawa aktif atau uji antibakteri terhadap berbagai jenis bakteri untuk melihat apakah ada variasi dalam efektivitasnya.

Kemudian peneliti juga melakukan perhitungan uji BNT secara manual dapat dilihat pada lampiran 13. Adapun hasil perhitungan manual uji BNT pada taraf 5% dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Manual BNT Taraf 5%

No	Sampel Perlakuan	Diameter Rata-rata	Notasi
1.	P0	-	-
2.	P1	11,1 mm	a
3.	P2	12,9 mm	a
4.	P3	10,7 mm	a

Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Keterangan:

P0 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l aquadest steril (Kontrol negatif)

P1 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* buah

P2 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* sayuran

P3 = Perlakuan ditetaskan 20 μ l *eco enzyme* campuran 50% buah dan 50% sayuran

Kemudian berdasarkan hasil uji BNT manual pada taraf 5% diperoleh hasil yaitu diameter rata-rata zona hambat ketiga jenis *eco enzyme* tidak berbeda signifikan karena memiliki notasi huruf a yang sama. Adapun beberapa kemungkinan yang menyebabkan hasil uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5% menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan daya antiseptik ketiga jenis *eco enzyme*. Pada penelitian ini nilai *Mean Square Error* MS_E pada uji anova memiliki nilai yang tinggi yaitu sebesar 14,541 dan jumlah ulangan (r) pada penelitian ini hanya 3 kali ulangan termasuk kecil, maka nilai BNT akan menjadi tinggi, sehingga sulit menemukan perbedaan yang signifikan.

2. Hasil Uji Validitas Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Validasi lembar kerja mahasiswa mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dilakukan melalui metode *paper test* oleh tiga ahli, yaitu dua dosen dan satu laboran dari Program Studi Tadris Biologi UIN Antasari Banjarmasin. Validasi tersebut mencakup beberapa kali proses revisi sehingga hasilnya sesuai dengan kategori yang telah ditetapkan. Kemudian dilanjutkan dengan uji kepraktisan LKM yaitu dengan memberikan angket langsung kepada enam orang mahasiswa Program Studi Tadris Biologi yang telah mengikuti praktikum uji daya antiseptik pada praktikum Mikrobiologi.

a. Validasi Ahli Materi

Validasi materi lembar kerja mahasiswa mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dilakukan oleh 3 orang yang ahli dibidangnya. Analisis kelayakan materi didasarkan pada lima aspek, yaitu kelayakan materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, dan kepraktisan. Aspek kelayakan materi meliputi lima indikator, aspek konstruksi tiga indikator, aspek penyajian dua indikator, aspek kebahasaan dua indikator, dan aspek kepraktisan tiga indikator. Perhitungan hasil validasi oleh para ahli dapat dilihat pada lampiran 15. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kevalidan materi lembar kerja mahasiswa. Hasil evaluasi dari ketiga validator menunjukkan bahwa untuk semua aspek termasuk kelayakan materi, konstruksi, penyajian, kebahasaan, dan kepraktisan validator pertama memberikan nilai total sebesar 93,33%, yang masuk dalam rentang 85,01%-100,00% dan

dikategorikan sangat valid serta dapat digunakan tanpa revisi. Validator kedua memberikan nilai total 83,33%, yang termasuk dalam rentang 70,01%-85,00% dengan kategori cukup valid, sehingga materi dapat digunakan namun memerlukan revisi minor. Sedangkan validator ketiga memperoleh nilai total 88,33%, berada dalam rentang 85,01%-100,00%, dengan kategori sangat valid dan dapat digunakan tanpa revisi. Rata-rata persentase kevalidan dari ketiga validator adalah 88,33%, yang berarti materi tersebut termasuk sangat valid dan dapat digunakan tanpa perlu revisi.

b. Validasi Ahli Media

Validasi ahli media lembar kerja mahasiswa daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dilakukan oleh 3 orang yang ahli dibidangnya. Analisis kelayakan media berdasarkan 2 aspek yaitu aspek desain sampul dan aspek desain isi. Aspek kelayakan desain sampul memiliki 8 butir indikator. Sedangkan aspek kelayakan desain isi terdiri dari 5 butir indikator. Adapun untuk perhitungan hasil validasi dari ahli pakar dapat dilihat pada lampiran 16. Berdasarkan perhitungan diperoleh persentase kevalidan untuk setiap aspek yang dinilai. Hasil penghitungan untuk semua aspek, yaitu desain sampul dan isi, dari ketiga validator menunjukkan bahwa validator pertama memperoleh persentase total sebesar 90,38%, yang termasuk dalam rentang 85,01%-100%, sehingga dikategorikan sangat valid dan dapat digunakan tanpa revisi. Validator kedua mendapatkan persentase total 78,84%, yang berada di rentang 70,01%-85,00%, sehingga termasuk kategori cukup valid dan dapat digunakan dengan revisi kecil. Sedangkan validator ketiga memperoleh

persentase total 86,53%, yang masuk dalam kategori sangat valid dengan rentang 85,01%-100%, sehingga dapat digunakan tanpa revisi. Rata-rata persentase total dari ketiga validator adalah 85,25%, yang berarti termasuk kategori sangat valid dan dapat digunakan tanpa perlu revisi.

Selanjutnya, hasil uji validasi yang diperoleh dari rata-rata penilaian tiga ahli materi dan media dijumlahkan untuk mendapatkan nilai rata-rata akhir validasi kelayakan lembar kerja mahasiswa mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dalam praktikum Mikrobiologi. Data hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.6 Rata-Rata Validasi Lembar Kerja Mahasiswa

No	Validator	Persentase (%)	Kategori
1.	Ahli Materi	88,33%	Sangat valid
2.	Ahli Media	85,25%	Sangat valid
Rata-rata		86,79%	Sangat valid

Sumber: Dok. Pribadi (2025)

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.6 didapatkan persentase rata-rata kevalidan lembar kerja mahasiswa yaitu 86,79% yang berada pada rentang 85,01%-100,00% dengan kategori sangat valid, dapat digunakan tanpa revisi.

3. Hasil Uji Kepraktisan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Pada penelitian ini uji kepraktisan lembar kerja mahasiswa (LKM) daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dilakukan oleh 6 orang responden yaitu mahasiswa Program Studi Tadris Biologi angkatan 2022 yang telah melakukan praktikum uji daya antiseptik pada mata kuliah praktikum Mikrobiologi. Uji kepraktisan lembar kerja mahasiswa (LKM) ini dilaksanakan secara daring (online). Analisis

kepraktisan dilakukan dengan mengacu pada tujuh aspek yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan validasi dari para responden dapat dilihat pada lampiran 16. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase rata-rata validitas kepraktisan lembar kerja mahasiswa sebesar 85,71%, yang termasuk dalam rentang 81,00% hingga 100,00%. Nilai ini masuk dalam kategori sangat baik dan menunjukkan bahwa lembar kerja tersebut dapat digunakan tanpa perlu revisi. Namun peneliti tetap melakukan perbaikan lagi pada lembar kerja mahasiswa sesuai saran yang telah diberikan oleh responden uji kepraktisan.

B. Pembahasan

1. Hasil Daya Antiseptik Berbagai Jenis *Eco Enzyme* Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan hasil pengamatan organoleptis pada ketiga jenis *eco enzyme* maka dapat disimpulkan bahwa *eco enzyme* yang dibuat dalam penelitian ini dapat dikatakan berhasil dengan melihat beberapa ciri-ciri yang telah didapatkan. Diketahui pada ketiga jenis *eco enzyme* memiliki ciri-ciri yaitu berwarna coklat dengan dua perbedaan yaitu ada yang bening dan keruh. Kemudian ketiga jenis *eco enzyme* ini juga memiliki bau asam segar khas fermentasi seperti bau *eco enzyme* pada umumnya dan memiliki jamur pitera di permukaannya. Hal ini sejalan dengan penelitian Nururrahmani, *et.al.* (2021), *eco enzyme* dianggap berhasil apabila memiliki aroma yang kuat dengan ciri khas asam segar serta menghasilkan kualitas air yang melimpah. Semakin beragam bahan organik yang

digunakan dalam proses pembuatannya, semakin besar pula jumlah *eco enzyme* yang dihasilkan.

Menurut penelitian dari Nurhaliza & Tivani (2024), hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa setelah proses fermentasi selama tiga bulan, *eco enzyme* mengalami variasi perubahan warna pada masing-masing wadah. Wadah pertama cenderung menghasilkan warna kuning kecoklatan, sedangkan pada wadah kedua dan ketiga warnanya tampak lebih gelap menuju coklat pekat, disertai pertumbuhan jamur pitera dan enzim. Perbedaan warna tersebut dipengaruhi oleh fermentasi gula serta perbedaan jenis campuran bahan organik yang digunakan. Selain perbedaan warna, tiap wadah juga menghasilkan aroma yang berbeda wadah pertama tercium bau asam, sedangkan wadah kedua dan ketiga memiliki aroma khas asam yang lebih segar.

Berdasarkan hasil uji daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* pada bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan diameter rata-rata zona hambat dari *eco enzyme* limbah buah sebesar 11,1 mm, *eco enzyme* sayur sebesar 12,9 mm, dan *eco enzyme* campuran sebesar 10,7 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa daya antiseptik ketiga jenis *eco enzyme* termasuk kategori kuat menurut klasifikasi Davis dan Stout (1971). Ini menunjukkan bahwa ketiga jenis *eco enzyme* memiliki daya antiseptik yang kuat untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yang merupakan bakteri gram positif. Pada penelitian ini diketahui bahwa *eco enzyme* merupakan cairan fermentasi limbah organik yang memiliki segudang manfaat. Seperti yang dijelaskan oleh Hasanah (2021), *eco enzyme* merupakan hasil fermentasi dari limbah organik seperti buah-buahan,

sayuran, serta bahan organik lainnya yang memiliki beragam manfaat dalam bidang pertanian, kesehatan, dan keperluan rumah tangga.

Berdasarkan hasil uji Anova maka didapatkan bahwa semua jenis *eco enzyme* yaitu *eco enzyme* limbah buah, sayur, dan campuran memiliki daya antiseptik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, dibuktikan dengan nilai sig yaitu $0,012 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis *eco enzyme* memiliki daya antiseptik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, karena *eco enzyme* mengandung asam asetat dan alkohol. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari Larasati, *et.al.* (2020), *eco enzyme* dapat dimanfaatkan sebagai desinfektan karena mengandung asam asetat dan alkohol. Senyawa ini terdiri dari asam asetat (CH_3COOH), serta enzim seperti lipase, tripsin, dan amilase yang memiliki sifat antibakteri, antifungal, dan antivirus.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ketiga jenis *eco enzyme* memiliki daya hambat yang kuat. Berdasarkan hasil analisis Beda Nyata Terkecil (BNT) menggunakan LSD, terdapat perbedaan signifikan dalam diameter zona hambat antara perlakuan *eco enzyme* dan kontrol negatif (*aquadest*) dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hal ini ditunjukkan oleh nilai Sig. (*p-value*) yang lebih kecil dari 0,05 dan adanya tanda bintang (*), yang mengindikasikan bahwa *eco enzyme* buah, sayur, dan campuran memiliki aktivitas antibakteri yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif. Namun, ketika dibandingkan antar jenis *eco enzyme* (buah, sayur, dan campuran), tidak ditemukan perbedaan yang signifikan, karena nilai Sig. lebih besar dari 0,05.

Kemudian berdasarkan hasil uji BNT manual pada taraf 5% diperoleh hasil yaitu diameter rata-rata zona hambat ketiga jenis *eco enzyme* tidak berbeda signifikan karena memiliki notasi huruf a yang sama. Adapun beberapa kemungkinan yang menyebabkan hasil uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5% menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan daya antiseptik ketiga jenis *eco enzyme*. Pada penelitian ini nilai *Mean Square Error* MS_E pada uji anova memiliki nilai yang tinggi yaitu sebesar 14.541 dan jumlah ulangan (r) pada penelitian ini hanya 3 kali ulangan termasuk kecil, maka nilai BNT akan tinggi, sehingga sulit menemukan perbedaan yang signifikan.

Selain itu, ada beberapa faktor lain yang juga dapat mempengaruhi hasil nilai uji BNT signifikan atau tidak yaitu seperti bahan baku yang digunakan dan lamanya waktu fermentasi. Jenis bahan organik yang digunakan dapat mempengaruhi daya antiseptik *eco enzyme*. Bahan organik yang kaya akan senyawa fenolik, seperti kulit buah dan sayuran, dapat meningkatkan daya antiseptik *eco enzyme*. Kemudian lamanya waktu fermentasi juga akan mempengaruhi yang mana mikroorganisme memerlukan waktu untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Semakin lama waktu fermentasi, semakin banyak bahan organik yang dapat diuraikan, sehingga daya antiseptik *eco enzyme* dapat meningkat. Hanya saja variabel dari varian bahan baku untuk *eco enzyme* dan lamanya waktu fermentasi tidak menjadi fokus pada penelitian ini sehingga hasil uji BNT yang diperoleh tidak menunjukkan beda nyata.

Pada penelitian ini bahan-bahan dalam pembuatan *eco enzyme* dapat berpengaruh terhadap efektivitasnya sebagai agen antibakteri. Berbagai jenis buah dan sayur mengandung senyawa bioaktif yang berbeda, sehingga kombinasinya dapat menghasilkan enzim dan asam organik yang lebih kompleks. Senyawa ini berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* dan memperkuat sifat antimikroba dari *eco enzyme*. Menurut Muliarta & Darmawan (2021), mencampurkan buah dan sayur sebagai bahan dalam pembuatan *eco enzyme* diperbolehkan. *Eco enzyme* tidak harus berasal dari satu jenis bahan saja, baik hanya buah maupun hanya sayur.

Berdasarkan uraian di atas *eco enzyme* memiliki efek antiseptik karena mengandung senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Bahan baku pembuatan *eco enzyme* berasal dari limbah kulit buah seperti kulit nanas, semangka, dan pisang. Kulit-kulit buah tersebut kaya akan senyawa fenolik, termasuk flavonoid dan asam fenolat, yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang kuat. Menurut Ariani & Niah (2019), kulit pisang kepok mengandung berbagai senyawa kimia, termasuk flavonoid, fenol, alkaloid, saponin, dan tanin.

Kandungan-kandungan yang terdapat dalam kulit-kulit buah yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* pada penelitian ini seperti flavonoid, fenol, alkaloid, saponin dan tanin memiliki daya antibakteri yang kuat. Hal inilah yang menyebabkan daya antiseptik *eco enzyme* limbah kulit buah masuk kategori kuat. Menurut Purwanto & Irianto (2022), flavonoid bersifat antibakteri karena dapat menghambat pembentukan dan merusak membran sel serta menghambat

sintesis asam nukleat. Sementara itu, saponin dapat merusak bakteri dengan menghancurkan dinding sel, yang kemudian mengganggu membran dan protein di dalamnya (Dong *et.al.*, 2020). Tanin bersifat antibakteri karena kemampuannya untuk mengaktifkan enzim, mengganggu kerja protein di dalam sel bakteri, dan merusak dinding sel, sehingga dinding sel bakteri tidak terbentuk dengan sempurna (Pakadang *et.al.*, 2021).

Setiap jenis limbah organik yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* memiliki perbedaan kandungan senyawa aktif, yang dapat mempengaruhi efektivitasnya sebagai antiseptik. Seperti limbah sayur sawi, wortel, dan terong yang digunakan dalam penelitian ini yang mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan fenol yang bersifat antibakteri. Menurut Sunarsih, *et.al.* (2024), menjelaskan bahwa beberapa limbah sayuran seperti daun mimba, sereh wangi, tongkol jagung, labu siam, kangkung, bayam, sawi, dan terong mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan fenol, yang bersifat antibakteri. Ditambahkan kembali oleh Sirait, *et.al.* (2016), bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dapat dihambat pertumbuhannya oleh ekstrak dari umbi wortel.

Pada penelitian ini, limbah sayuran yang digunakan untuk pembuatan *eco enzyme* meliputi timun, kol, sawi putih, wortel, terung, dan tomat. Masing-masing sayuran ini mengandung senyawa aktif seperti flavonoid, karotenoid, saponin, tanin, alkaloid, glukosinolat, dan likopen yang memiliki daya antibakteri tinggi terhadap *Staphylococcus aureus*. Menurut Prestianti, *et.al.* (2018), disebutkan bahwa flavonoid mampu merusak membran sitoplasma bakteri dengan

menyerang komponen fosfolipid, sehingga menyebabkan kebocoran isi sel yang berujung pada kematian bakteri. Flavonoid dan tanin yang terkandung dalam *eco enzyme* berkontribusi dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kedua senyawa ini dapat mencegah pembentukan sel bakteri baru, mengganggu sintesis asam nukleat, merusak fungsi membran sel, serta menghambat proses metabolisme energi yang dibutuhkan bakteri untuk tetap hidup (Rahayu *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini, tomat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan untuk pembuatan *eco enzyme* berbasis limbah sayuran. Selain menyediakan nutrisi yang diperlukan mikroorganisme selama proses fermentasi, tomat juga mengandung senyawa aktif seperti saponin dan alkaloid. Kedua senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antibakteri, saponin berperan dalam merusak membran sel bakteri, sedangkan alkaloid menghambat proses sintesis protein serta mengganggu metabolisme bakteri patogen. Menurut Rasit, *et.al.* (2019), tomat kaya akan alkaloid, solanin, saponin, asam folat, dan bioflavonoid yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara merusak membran sel dan mengurangi permeabilitasnya, yang pada akhirnya menyebabkan sel bakteri pecah dan mati (Mahyuni & Sofihidayati, 2018).

Aktivitas antiseptik *eco enzyme* diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah bahan baku yang digunakan. Berbagai jenis bahan baku seperti kulit buah dan sisa sayuran telah digunakan dalam banyak penelitian seputar aktivitas antimikroba *eco enzyme*, baik menggunakan satu jenis kulit buah, campuran kulit buah, maupun campuran kulit buah dan sisa sayuran. Masing-masing jenis sampah organik baik buah maupun sayur memiliki kandungan

tersendiri yang diduga dapat memberikan pengaruh tertentu terhadap aktivitas antiseptik *eco enzyme*.

Pada penelitian ini komposisi *eco enzyme* limbah campuran yaitu seperti limbah kulit semangka, pisang, dan nanas. Sedangkan limbah sayurannya menggunakan sawi putih, kol, dan timun. Menurut Rahayu, *et.al.* (2021), kombinasi buah dan sayuran dalam *eco enzyme* terbukti memiliki aktivitas antimikroba yang kuat. *Eco enzyme* yang dibuat dari kangkung, bayam, sawi, terong, jeruk, anggur, apel, dan semangka mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, *eco enzyme* berbahan kulit jeruk, kulit nanas, kulit semangka, paku sayur, dan lemidi menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Escherichia coli* (Ledo *et al.*, 2024).

2. Hasil Uji Validitas Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

a. Validasi Ahli Materi

Hasil validasi dari validator ahli materi yang merupakan 3 orang yang ahli dibidangnya dengan persentase yang didapatkan yakni validator pertama 93,33%, validator kedua 83,33%, dan validator ketiga 88,33%. Adapun saran yang diberikan untuk lembar kerja mahasiswa yaitu penulisan *eco enzyme* dicetak miringkan karna bahasa asing, tambahkan alat dan bahan untuk pembuatan *eco enzyme*, susun ulang bagian isi agar lebih menarik, sesuaikan dalil al-qur'an dengan topik LKM, saran untuk perbaiki judul LKM, perbaiki daftar pustaka, tambahkan matriks pertemuan mikrobiologi, perbaiki penulisan untuk penomoran, kesimpulan dulu baru evaluasi, dan desainkan kolom agar mahasiswa dapat menulis langsung hasil pengamatan di LKM. Adapun rata-rata dari semua total

presentase% 3 orang validator ahli materi adalah 88,33% yang artinya berada pada rentang 85,01%-100,00% dengan kategori sangat valid, dapat digunakan tanpa revisi.

b. Validasi Ahli Media

Hasil validasi dari validator ahli media yang merupakan 2 orang dosen tadris biologi dan 1 orang laboran tadris biologi dengan persentase yang didapatkan yakni validator pertama 90,38%, validator kedua 78,84%, dan validator ketiga 86,53%. Adapun saran yang diberikan untuk lembar kerja mahasiswa yaitu sesuaikan logo UIN agar transparan, gambar diperbesar, gambar diberi sumber dan keterangan, perbaiki penulisan, dan gambar pembuatan *eco enzyme* diperbesar dan diperjelas keterangannya. Adapun rata-rata dari semua total presentase% 3 orang validator adalah 85,25% yang artinya berada pada rentang 85,01%-100,00% dengan kategori sangat valid, dapat digunakan tanpa revisi.

Berdasarkan hasil validasi lembar kerja mahasiswa mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi, diperoleh persentase kelayakan sebesar 88,33% dari ahli materi dan 85,25% dari ahli media. Dari kedua hasil tersebut dihitung rata-rata, sehingga diperoleh nilai akhir validasi LKM sebesar 86,79% yang termasuk dalam kategori sangat valid dan dapat digunakan tanpa perlu revisi. Validasi lembar kerja mahasiswa berdasarkan hasil penelitian mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa *eco enzyme* layak digunakan sebagai bahan praktikum Mikrobiologi pada topik uji

daya antiseptik, karena memiliki sifat sebagai antiseptik alami. Diharapkan *eco enzyme* dapat menjadi alternatif bahan alami yang digunakan mahasiswa dalam praktikum uji daya antiseptik di mata kuliah mikrobiologi.

Pemanfaatan *eco enzyme* pada praktikum uji daya antiseptik memberikan dua manfaat sekaligus sebagai agen alami yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta sebagai bentuk kontribusi terhadap kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, lembar kerja mahasiswa ini dapat dimanfaatkan baik sebagai panduan praktikum maupun sebagai bahan ajar pendukung, khususnya dalam mata kuliah mikrobiologi dengan tema daya antibakteri. Sementara itu, pengembangan lengkap dari LKM ini dapat dilihat pada lampiran 18.

Kesimpulannya, berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh validator ahli materi dan media, produk lembar kerja mahasiswa (LKM) mengenai daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi memperoleh persentase kelayakan sebesar 86,79%. Nilai ini termasuk dalam kategori “sangat valid” karena berada pada rentang 85,01%–100,00%, sehingga dinyatakan layak untuk digunakan.

3. Hasil Uji Kepraktisan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Uji kepraktisan lembar kerja mahasiswa daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dilakukan oleh 6 orang responden yaitu mahasiswa Tadris Biologi angkatan 2022 dengan kualifikasi telah melakukan praktikum uji daya antiseptik pada mata

kuliah praktikum Mikrobiologi. Berdasarkan hasil validasi tersebut diperoleh presentase yang didapatkan yakni responden pertama 96,42%, responden kedua 92,42%, responden ketiga 89,28%, responden keempat 75,00%, responden kelima 82,14%, dan responden keenam 75,00%.

Adapun saran yang diberikan untuk lembar kerja mahasiswa yaitu Untuk dafus gambar referensi bisa di masukkan di daftar pustakanya. Untuk keseluruhan nya sudah bagus dan mudah di pahami, namun bahasanya di perbaiki lagi agar mudah di pahami dan lebih di buat menarik lagi seperti perbanyak gambar ilustrasi, beberapa kalimat terasa agak panjang dan bisa disederhanakan agar lebih mudah dipahami oleh semua mahasiswa. Selain itu, ada beberapa bagian yang sebaiknya ditinjau ulang dari segi ejaan atau tata bahasa, meskipun tidak terlalu mengganggu. Adapun rata-rata dari semua total presentase% 6 orang validator adalah 85,71% yang berada pada rentang 81,00 % - 100,00 %, dengan kategori sangat baik, dapat digunakan tanpa revisi.

Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa lembar kerja mahasiswa yang dikembangkan memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi, dengan rata-rata total presentase 85,71% dari 6 orang responden. Hal ini menunjukkan bahwa lembar kerja mahasiswa daya antiseptik berbagai jenis *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada praktikum Mikrobiologi dapat digunakan dengan efektif dan efisien dalam proses praktikum maupun pembelajaran.