

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Isolat Bakteri Endofit Asal Tumbuhan Mangrove

Hasil isolasi yang dilakukan dari tanaman mangrove ditemukan sebanyak 43 isolat bakteri endofit yang tersebar di Wilayah Kabupaten Konawe Selatan dan Kota Kendari. Jumlah masing-masing bakteri endofit yang diisolasi dari setiap Wilayah dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Isolat Bakteri Endofit Tumbuhan Mangrove

No	Lokasi Pengambilan Sampel	Jumlah Isolat Bakteri Ditemukan
1	Desa Tondonggeu, Konawe Selatan	8 isolat bakteri
2	Desa Lalowaru, Konawe Selatan	20 isolat bakteri
3	Desa Tanjung Tiram, Konawe Selatan	6 isolat bakteri
4	Kelurahan Lahundape, Kota Kendari	9 isolat bakteri

Berdasarkan tabel 4.1 isolat tertinggi ditemukan di Desa Lalowaru Kabupaten Konawe Selatan. Untuk isolat terendah ditemukan di Desa Tanjung Tiram Kabupaten Konawe Selatan. Perbedaan jumlah perolehan isolat bakteri dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan hidup, kondisi agroklimat dan kondisi ekologis suatu mikroorganisme. Selain itu perbedaan ini mempengaruhi terhadap sebaran jenis bakteri yang hidup di lingkungan tertentu. Sehingga berdasarkan hasil penelitian diperoleh isolat bakteri endofit yang berbeda-beda jumlahnya pada tiap lokasi pengambilan sampel. Selanjutnya 43 isolat bakteri endofit ini dikarakterisasi dan diuji kemampuannya terhadap toleran kekeringan. Dari 43 bakteri yang diuji terdapat 16 bakteri endofit yang memiliki kemampuan toleran

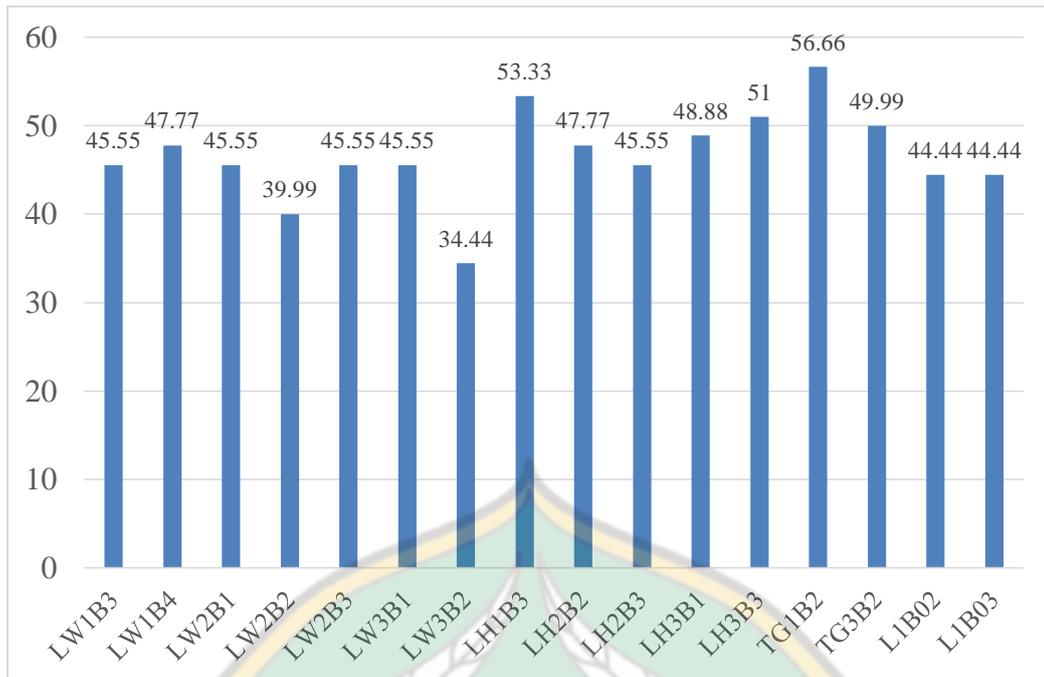
terhadap kekeringan berdasarkan nilai OD (*optical identy*) tertinggi pada tekanan osmotik -2,00Mpa, Selanjutnya digunakan untu di uji kemampuannya dalam menghambat patogen fusarium dan menghasilkan senyawa HCN.

5.1.2 Potensi Isolat Bakteri Endofit dalam Menghambat Layu Fusarium

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa daya hambat bakteri endofit terhadap pathogen *Fusarium oxysporum* berpengaruh baik pada umur 5 hari setelah inokulasi (HSI) secara signifikan. Hasil pengamatan isolat bakteri endofit terhadap daya hambat patogen *Fusarium oxysporum* umur 5 dan 7 HSI disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Uji Daya Hambat Bakteri Endofit Hari Ke-5 Setelah Inokulasi

Perlakuan	Ulangan			Uji Duncan	Rata-Rata
	I	II	III		
LW1B3	46,66	46,66	43,33	45,55 ^{abcd}	45,55
LW1B4	50,00	40,00	53,33	47,77 ^{bcd}	47,77
LW2B1	46,66	46,66	43,33	45,55 ^{abcd}	45,55
LW2B2	33,33	46,66	40,00	39,99 ^{ab}	39,99
LW2B3	46,66	46,66	43,33	45,55 ^{abcd}	45,55
LW3B1	43,33	53,33	40,00	45,55 ^{abcd}	45,55
LW3B2	33,33	33,33	36,66	34,44 ^a	34,44
LH1B3	56,66	50,00	53,33	53,33 ^{cd}	53,33
LH2B2	60,00	43,33	40,00	47,77 ^{bcd}	47,77
LH2B3	43,33	43,33	50,00	45,55 ^{abcd}	45,55
LH3B1	50,00	43,33	53,33	48,88 ^{bcd}	48,88
LH3B3	53,33	40,00	60,00	51,00 ^{bcd}	51,00
TG1B2	46,66	60,00	63,33	56,66 ^d	56,66
TG3B2	46,66	50,00	53,33	49,99 ^{bcd}	49,99
L1B02	46,66	43,33	43,33	44,44 ^{abc}	44,44
L1B03	50,00	43,33	40,00	44,44 ^{abc}	44,44

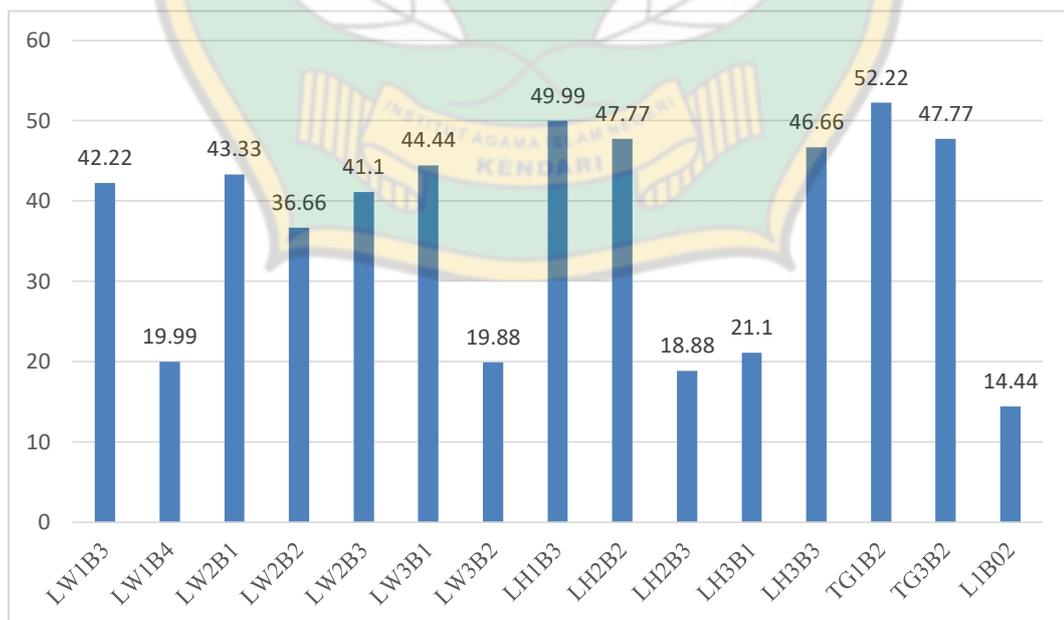


Gambar 4.1 Nilai Rata-Rata Uji Daya Hambat Hari ke-5 Setelah Inokulasi

Hasil analisis pada tabel 4.2 dan gambar 4.1 menunjukkan daya hambat 16 isolat bakteri endofit pada pengamatan 5 HSI presentase daya hambat tertinggi di peroleh pada perlakuan TG1B2 sebesar 56,66% yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan LH1B3 sebesar 53,33%, LH3B3 sebesar 51,00%, TG3B2 sebesar 49,99, LH3B1 sebesar 48,88%, LH2B2 sebesar 47,77%, LW1B4 sebesar 45,55%, LW1B3 sebesar 45,55%, LW2B3 sebesar 45,55%, LW3B1 sebesar 45,55% dan LH2B3 sebesar 45,55% tetapi berbeda nyata dengan pelakuan lainnya dengan presentase daya hambat terendah yaitu LW2B2 sebesar 39,99%, LW3B2 sebesar 34,44% L1B02 sebesar 44,44% dan L1B03 sebesar 44,44%. Berdasarkan hasil uji analisis varian menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit 5 HSI berpengaruh signifikan dalam menghambat *Fusarium oxysporum*.

Tabel 4.3 Hasil Uji Daya Hambat Bakteri Endofit Hari Ke-7 Setelah Inokulasi

Perlakuan	Ulangan			Uji Duncan	Rata-Rata
	I	II	III		
LW1B3	43,33	43,33	40,00	42,22 ^{bc}	42,22
LW1B4	20,00	23,33	16,66	19,99 ^a	19,99
LW2B1	43,33	43,33	43,33	43,33 ^{bc}	43,33
LW2B2	33,33	40,00	36,66	36,66 ^b	36,66
LW2B3	43,33	43,33	36,66	41,10 ^{bc}	41,10
LW3B1	43,33	50,00	40,00	44,44 ^{bc}	44,44
LW3B2	20,00	23,33	16,66	19,88 ^a	19,88
LH1B3	53,33	46,66	50,00	49,99 ^c	49,99
LH2B2	60,00	43,33	40,00	47,77 ^{bc}	47,77
LH2B3	13,33	23,33	20,00	18,88 ^a	18,88
LH3B1	16,66	20,00	26,66	21,10 ^a	21,10
LH3B3	50,00	33,33	56,66	46,66 ^{bc}	46,66
TG1B2	43,33	53,33	60,00	52,22 ^c	52,22
TG3B2	43,33	46,66	53,33	47,77 ^{bc}	47,77
L1B02	20,00	13,33	10,00	14,44 ^a	14,44
L1B03	26,66	20,00	13,33	19,99 ^a	19,99



Gambar 4.2 Nilai Rata-Rata Uji Daya Hambat Hari Ke-7 Setelah Inokulasi

Hasil analisis pada tabel 4.3 dan gambar 4.2 menunjukkan daya hambat dari 16 isolat bakteri endofit pada pengamatan 7 HSI presentase daya hambat tertinggi diperoleh pada perlakuan TG1B2 sebesar 52,22% yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan LH1B3 sebesar 49,99%, TG3B2 sebesar 47,77%, LH3B3 sebesar 46,66%, LH2B2 sebesar 47,77%, LW3B1 sebesar 44,44%, LW1B3 sebesar 42,22%, LW2B1 sebesar 43,33%, LW2B3 sebesar 41,10% dan LW2B2 sebesar 36,66% yang berbeda nyata dengan daya hambat dengan presentase terendah diperoleh pada perlakuan LW1B4 sebesar 19,99%, LW3B2 sebesar 19,88%, LH2B3 sebesar 18,88%, LH3B1 sebesar 21,10%, L1B02 sebesar 14,44% dan L1B03 sebesar 19,99%. Berdasarkan hasil uji analisis varian menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit & HSI berpengaruh secara signifikan dalam menghambat *Fusarium oxysporum*.

4.1.2 Kemampuan Bakteri Endofit dalam Menghasilkan Senyawa Antagonis (HCN)

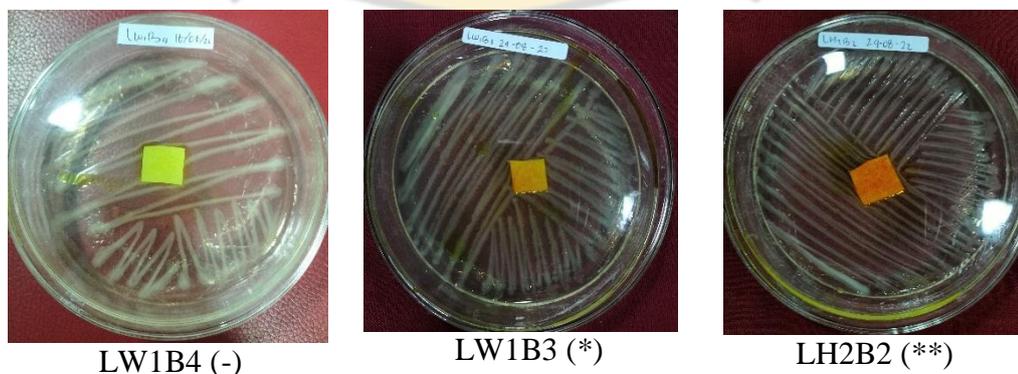
Berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengujian produksi asam sianida (HCN) pada bakteri endofit terdapat 6 isolat bakteri endofit yang mampu memproduksi senyawa asam sianida (HCN). Data dari pengujian produktivitas asam sianida (HCN) pada isolat bakteri endofit dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.4 Kemampuan Bakteri Endofit dalam Menghasilkan Senyawa Antagonis Asam Sianida (HCN)

No	Perlakuan	Uji (HCN)	Keterangan
1.	LW1B3	*	Coklat muda
2	LW1B4	-	Kuning
3	LW2B1	-	Kuning
4	LW2B2	*	Coklat muda
5	LW2B3	**	Merah bata
6	LW3B1	-	Kuning
7	LW3B2	-	Kuning

8	LH1B3	-	Kuning
9	LH2B2	**	Merah bata
10	LH2B3	-	Kuning
11	LH3B1	-	Kuning
12	LH3B3	-	Kuning
13	TG1B2	**	Merah bata
14	TG3B2	**	Merah bata
15	L1B02	-	Kuning
16	L1B03	-	Kuning

Hasil analisis kemampuan isolat bakteri endofit dalam menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) dapat dilihat pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa kemampuan bakteri endofit sebagai pengendali hayati ditunjukkan dengan kemampuannya dalam menghasilkan senyawa yang berupa asam sianida (HCN). Hasil penelitian menunjukkan dari 16 isolat bakteri terdapat 6 isolat bakteri endofit yang menghasilkan asam sianida (HCN) yang dimana 4 dari 6 isolat bakteri endofit menunjukkan produksi asam sianida tertinggi yaitu pada perlakuan LH2B2, TG3B2, TG1B2, dan LW2B3. Sedangkan untuk isolat bakteri endofit dengan kemampuan produksi asam sianida rendah diperoleh pada isolat LW2B2 dan LW1B3. Berikut disajikan performa kemampuan bakteri endofit dalam memproduksi senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN).



Gambar 4.3 Uji Kemampuan Bakteri Endofit Menghasilkan Senyawa Antagonis Asam Sianida (HCN)

Pada gambar 4.3 dapat dilihat perubahan pada kertas lakmus dalam pengujian kemampuan bakteri endofit dalam menghasilkan senyawa antagonis yang dimana pada perlakuan LW1B4 terlihat kertas lakmus masih berwarna kuning atau tidak terdapat perubahan sama sekali yang mendahkan bahwa isolat bakteri tersebut menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN). Sementara untuk isolat bakteri endofit pada perlakuan LW1B3 terdapat perubahan pada kertas lakmus dengan warna coklat muda yang dimana mendahkan bahwa bakteri endofit mampu menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) dengan kategori rendah. Pada isolat bakteri endofit perlakuan LH2B2 terlihat perubahan kertas lakmus menjadi merah bata yang menandakan bakteri endofit tersebut mampu menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) dengan kategori tinggi.

4.1.3 Uji Kelayakan Bahan Ajar Brosur Kingdom Monera (*Eubacteria*)

Uji kelayakan bahan ajar brosur kingdom monera (*Eubacteria*) dilakukan dengan melibatkan dosen-dosen Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Kendari yang berperan sebagai validator ahli materi dan ahli media. Kelayakan bahan ajar brosur ini dinyatakan layak berdasarkan hasil validasi dari ahli materi dan ahli media. Penelitian ini akan dibatasi pada beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut yaitu: a) Tahap pengumpulan informasi; b) Tahap perencanaan; dan c) Tahap pembuatan bahan ajar; d) Tahap validasi dan uji kelayakan media bahan ajar. Penjelasan tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut.

a. Tahap pengumpulan informasi

Tahap awal yang dilakukan adalah dengan melakukan tinjauan standar isi. Isi dari brosur ini dimaksudkan untuk dapat digunakan sebagai suplemen dalam pembelajaran materi (*Eubacteria*). Setelah materi telah ditentukan, langkah selanjutnya yaitu melakukan studi pustaka guna memperoleh materi yang dibutuhkan dalam penyusunan bahan ajar brosur.

b. Tahap pengumpulan perencanaan

Tahap perencanaan mengacu pada proses pembuatan kisi-kisi instrumen penelitian yang akan digunakan sebagai kriteria penilaian brosur. Kisi-kisi yang telah dibuat maka langkah selanjutnya adalah membuat instrumen penelitian uji kelayakan brosur. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi yang akan diberikan kepada validator. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui kelayakan dari bahan ajar brosur yang dikembangkan. Penilaian ahli materi mengacu pada aspek materi yang dimuat dalam brosur dan penilaian ahli media mengacu pada aspek pemanfaatan dan tampilan.

c. Tahap pembuatan bahan ajar

Tahap pembuatan media brosur *Eubacteria* menggunakan situs canva. Sebuah aplikasi di komputer yang dapat digunakan oleh seluruh kalangan dikarenakan terdapat fitur gratis pengguna. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan bahan ajar ini yaitu: 1) Membuat daftar susunan materi yang akan ditampilkan pada brosur; 2) Mengumpulkan komponen-komponen yang akan digunakan dalam pembuatan brosur *Eubacteria* seperti materi dan

gambar; 3) Menentukan desain brosur; 4) Menyusun brosur *Eubacteria*; 5) Melakukan pengecekan pada brosur apabila terdapat kesalahan; dan 6) Penyesuaian akhir.

d. Tahap validasi dan uji kelayakan produk

Tahap validasi bahan ajar dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan bahan ajar brosur *Eubacteria* berdasarkan penilaian dari ahli materi dan ahli media. Validasi bahan ajar ini dilakukan oleh ahli materi yang berkompeten di bidang Biologi dan ahli media yang berkompeten dalam bidang media pembelajaran. Bahan ajar brosur *Eubacteria* yang telah divalidasi kemudian akan direvisi sesuai saran dan masukan yang telah diberikan oleh ahli materi dan media saat proses validasi.

4.1.3.1 Hasil Validasi Ahli Media

Ahli media menilai brosur *Eubacteria* berdasarkan pemanfaatan dan tampilan yang telah disajikan. Ahli media yang menjadi validator dalam penelitian ini adalah dosen Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Kendari yaitu ibu Sri Sukmawati S.Pd, M.Si. Data validasi diperoleh dengan cara memberikan angket kepada ahli media. Selanjutnya ahli media akan melihat dan menilai brosur *Eubacteria* dengan didampingi oleh peneliti, sehingga ahli media dapat mengajukan pertanyaan, komentar, dan saran secara langsung dengan hal-hal yang berkaitan dengan media yang dikembangkan. Komentar dan saran inilah yang nantinya akan digunakan sebagai pedoman revisi brosur *eubacteria* yang akan dikembangkan. Data hasil validasi ahli media dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Aspek Penilaian Indikator Ahli Media oleh Ibu Sri Sukmawati S.Pd, M.Si

No	Indikator	Penilaian	Kriteria
1	Tampilan warna menarik	4	Baik
2	Penggunaan variasi huruf sesuai standar brosur	5	Sangat Baik
3	Spasi antar teks sesuai aturan penulisan	4	Baik
4	Kejelasan tulisan	5	Sangat Baik
5	Urutan penyajian sistematis	4	Baik
6	Desain brosur menarik	4	Baik
7	Ukuran brosur sesuai standar	5	Sangat Baik
8	Komponen brosur yang disajikan ada judul	4	Baik
9	Komponen brosur yang disajikan ada kompetensi dasar/materi	5	Sangat Baik
10	Komponen brosur yang disajikan ada informasi pendukung	5	Sangat Baik
11	Komponen brosur yang disajikan ada penilaian	4	Baik
12	Ketepatan gambar yang mendukung kejelasan materi	4	Baik
13	Penempatan gambar tepat	5	Sangat Baik
14	Gambar menarik	5	Sangat Baik
Jumlah		63	
Rata-Rata		4,5	

Pada tabel 4.5 dapat dilihat hasil penialain yang diperoleh dari ahli media dengan jumlah skor sebanyak 63 dengan rata-rata 4,5. Maka apabila dikonversikan kedalam data kualitatif termasuk dalam kategori “baik”. Penilaian ahli media tidak perlu direvisi lagi.

4.1.3.2 Hasil Validasi Ahli Materi

Ahli materi menilai bahan ajar brosur *Eubacteria* berdasarkan materi yang disajikan. Ahli materi yang menjadi validator dalam penelitian ini adalah dosen Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Istitut Agama Islam Negeri (IAIN) Kendari yaitu ibu Wa Alimuna, SP., M.Sc. Hasil penilaian dari validator ahli materi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Aspek Penilaian Indikator oleh Ahli Materi I oleh Ibu Wa Alimuna SP., M.Sc

No	Indikator	Penilaian	Kriteria
1.	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar	5	Sangat Baik
2.	Kesesuaian materi dengan indicator	5	Sangat Baik
3.	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran	5	Sangat Baik
4.	Kesesuaian materi dengan penilaian	4	Baik
5.	Materi brosur sesuai dengan tema	5	Sangat Baik
6.	Materi dalam brosur relevan dengan materi yang harus siswa pelajari	5	Sangat Baik
7.	Brosur sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	4	Baik
8.	Penyajian materi jelas dan mudah dipahami	4	Baik
9.	Penggunaan bahasa mudah dipahami	5	Sangat Baik
10.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan PUEBI	5	Sangat Baik
11.	Kalimat yang digunakan benar dan efektif	4	Baik

12.	Kejelasan tulisan	4	Baik
13	Keterangan gambar memberikan informasi yang jelas	3	Kurang Baik
14.	Kebenaran penggunaan istilah	5	Sangat Baik
Jumlah		63	
Rata-Rata		4,5	

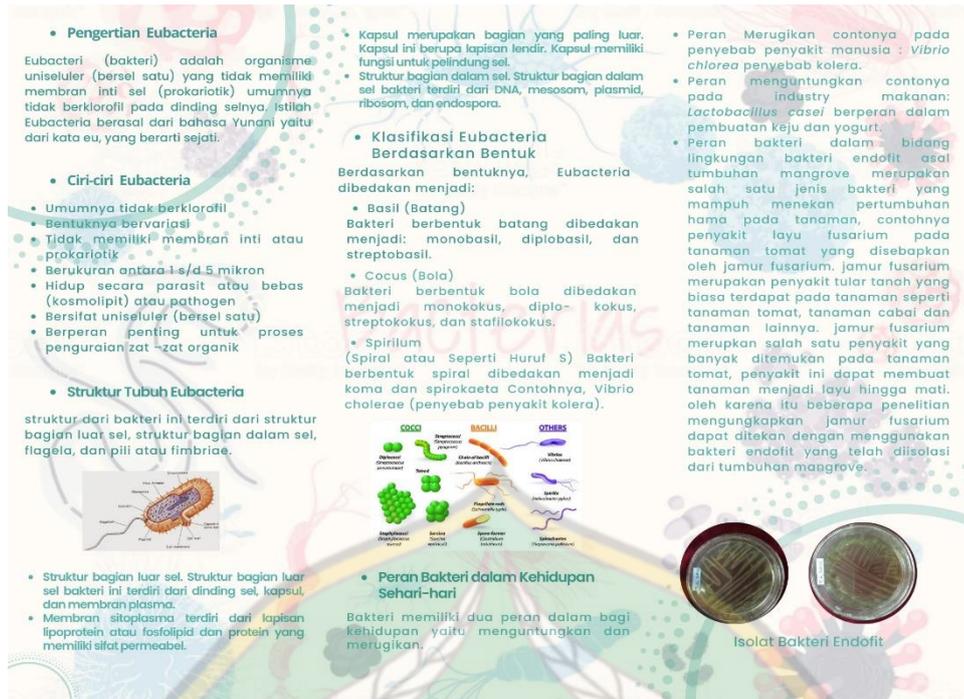
Pada tabel 4.6 dapat dilihat hasil penialain yang diperoleh dari ahli materi dengan jumlah skor sebanyak 63 dengan rata-rata 4,5 Maka apabila dikonversikan kedalam data kualitatif termasuk dalam kategori “baik”. Penilaian ahli media tidak perlu direvisi lagi.

4.1.4 Tampilan Brosur *Eubacteria* Sebelum direvisi

Berikut adalah bahan ajar brosur *Eubacteria* sebelum direvisi.



Gambar 4.4 Tampilan Depan Brosur



Gambar 4.5 Tampilan Belakang Brosur

4.1.5 Tampilan Brosur Eubacteria Setelah direvisi

Berikut adalah bahan ajar brosur *Eubacteria* yang telah direvisi sesuai arahan ahli materi dan ahli media.



Gambar 4.6 Tampilan Depan Brosur



Gambar 4.7 Tampilan Belakang Brosur

4.2 Pembahasan

4.2.1 Potensi Bakteri Endofit dalam Menghambat *Fusarium Oxysporum*

Isolat bakteri endofit pada tumbuhan mangrove dilakukan untuk memperoleh sejumlah isolat potensial yang mampu berperan sebagai agens pengendali hayati pada tanaman tomat yang terkena penyakit layu *fusarium oxysporum*. Hasil isolasi terdapat 16 isolat bakteri endofit yang dilakukan pengujian terhadap kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan penyakit layu *Fusarium oxysporum* serta kemampuan isolat bakteri endofit dalam menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN). Sihombi (2019) melaporkan bahwa Bakteri yang memiliki kemampuan antibiosis biasanya dapat mengganggu pertumbuhan morfologis dan fisiologis jamur. Ada beberapa cara yang dilakukan bakteri dalam menghambat serangan jamur patogen. Pertama,

bakteri menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat mendegradasi komponen struktural jamur. Kedua, senyawa bioaktif juga mempengaruhi permeabilitas membran sel jamur sehingga mengganggu transportasi zat-zat yang diperlukan untuk metabolisme. Ketiga, senyawa yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai inhibitor terhadap suatu enzim yang dihasilkan oleh jamur.

Kemampuan bakteri endofit menghasilkan berbagai senyawa antagonis merupakan faktor penyebab bakteri mampu menghambat pertumbuhan layu fusarium pada tanaman tomat. Hal ini disebabkan karena senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit yang berfungsi sebagai antibakteri penghambat jamur. Bakteri endofit asal tumbuhan mangrove merupakan sumber mikroba yang memiliki potensi besar menghasilkan metabolit sekunder. Beberapa penelitian terhadap tumbuhan mangrove, diketahui bahwa tumbuhan ini merupakan bahan alami yang mengandung senyawa bioaktif seperti: saponin, tanin, flavonoid, diterpenoid, oktakosil alkohol yang aktif sebagai bahan antimikroba dan asam sianida (HCN) (Awaludin Prihanto et al., 2018).

Jamur *Fusarium oxysporum* memiliki sifat polifag dan dapat menyebabkan kerugian yang besar. Patogen ini mampu menginfeksi tanaman hortikultura, pangan, perkebunan, dan tanaman rempah. Penyakit layu pada tanaman cukup sulit dikendalikan secara konvensional karena inokulum patogen berada di bawah tanah, dan patogen dapat membentuk inokulum sekunder di lapangan. Penyakit layu fusarium yang diakibatkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu kendala terbesar dalam budidaya tanaman tomat. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kerugian akibat infeksi *Fusarium*

oxysporum pada tanaman tomat adalah mengendalikan jumlah inokulum *Fusarium oxysporum* sp. menggunakan agens pengendali hayati. Efektivitas agens hayati dari golongan bakteri dalam mengendalikan populasi cendawan fitopatogen telah banyak dilaporkan sebelumnya. Eksplorasi dan isolasi agens hayati terutama dari golongan bakteri seringkali dilakukan dari bagian daun tanaman (Sri Astutik , Endang Susantini, Madladzim, 2017).

Bakteri endofit dapat digunakan sebagai agen antagonis terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum* yang menyerang tanaman. Bakteri endofit dilaporkan efektif dalam mengendalikan penyakit pada berbagai jenis tanaman dari rumput-rumputan hingga tanaman berkayu. Bakteri endofit mampu memberikan ketahanan bagi tanaman inang karena mikroba ini mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat laju pertumbuhan jamur patogen. Mardhiana (2020) mengungkapkan Diduga kemampuan bakteri asal *N. mirabilis* dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. ada kaitannya dengan kemampuannya memproduksi enzim ekstra seluler dan senyawa asam sianida (HCN). Isolat Mrb16 mampu memproduksi enzim protease, enzim kitinase, dan asam sianida (HCN). Isolat Mrb6 mampu memproduksi enzim kitinase dan protease.

Hasil penelitian terhadap daya hambat bakteri endofit terhadap patogen *Fusarium oxysporum* penyebab layu fusarium pada tanaman tomat secara *in vitro* dapat dilihat pada tabel 4.3 yang dimana masing-masing perlakuan memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menekan patogen *Fusarium oxysporum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat terbaik diperoleh pada perlakuan TG1B2 dengan presentase daya hambat sebesar 52,22% yang dimana

tidak berbeda nyata dengan perlakuan TG1B2 sebesar 47,77%, LH2B2 sebesar 47,77%, LW3B1 sebesar 42,22%, LW2B3 sebesar 41,10% dan LW2B2 sebesar 36,66% yang berpengaruh secara signifikan dalam menghambat *F. oxysporum*. Kemampuan tertinggi isolat bakteri endofit disebabkan oleh kemampuannya dalam memproduksi senyawa anti mikroba yang berperan sebagai pengendali hayati. Munif (2015) melaporkan bahwa bakteri endofit memiliki beberapa mekanisme yang bekerja menekan atau menghambat pertumbuhan patogen. Mekanisme ini adalah kemampuan menghasilkan antibiotik antar lain asam sianida (HCN). Beberapa bakteri endofit diketahui mampu sebagai *Plant Growth Promoting* yang memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Malinda (2015) melaporkan bahwa diantara 102 isolat bakteri endofit terdapat 3 isolat bakteri endofit dengan presentase daya hambat tertinggi, yaitu pada perlakuan EDA 3 yaitu sebesar 60,14%, diikuti dengan EBA 6 yaitu sebesar 57,69% dan EBA 7 yaitu sebesar 57,08%.

4.2.2 Kemampuan Isolat Memproduksi Senyawa Antagonis Asam Sianida (HCN)

Asam sianida merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki peran dalam pengendalian hayati terutama dalam membatasi pertumbuhan jamur pada tanaman. Mikroorganisme penghasil asam sianida (HCN) bermanfaat saat mereka menekan komponen komunitas mikroba yang tidak diinginkan. Keberadaan asam sianida di dalam tanah mampu menekan perkembangan jamur fusarium penyebab kelayuan pada tanaman tomat (Dewi & Advinda, 2022).

Isolat bakteri endofit yang memiliki kemampuan daya hambat terhadap patogen *Fusarium oxysporum* selanjutnya dilakukan uji kemampuan

memproduksi asam sianida (HCN) sebagai salah satu mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 16 isolat bakteri endofit hanya terdapat 6 isolat yang memproduksi asam sianida (HCN) dan 2 dari 6 isolat merupakan isolat dengan produksi asam sianida rendah sedangkan 4 lainnya merupakan isolat dengan produksi asam sianida (HCN) tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat isolat bakteri endofit tersebut memiliki kemampuan menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) tertinggi hal ini dapat dijadikan sebagai salah satu mekanisme daya hambat bakteri endofit terhadap patogen *Fusarium oxysporum*. Wandita (2018) melaporkan bahwa kehadiran asam sianida (HCN) dalam jaringan tanaman yang diproduksi oleh bakteri endofit berperan sebagai biokontrol lingkungan dari tanaman terhadap serangan gulma, penyakit atau nematode.

Kehadiran asam sianida (HCN) dalam jaringan tanaman yang diproduksi oleh bakteri endofit berperan sebagai biokontrol lingkungan dari tanaman terhadap serangan gulma, penyakit atau nematode. Hasil penelitian menunjukkan terdapat beberapa bakteri endofit yang diisolasi dari tumbuhan mangrove mampu menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN). Isolat bakteri edofit yang menghasilkan senyawa antagonis berupa asam sianida (HCN) terdapat pada isolat bakteri TG3B2, TG1B2, LH2B2, LW2B3, LW2B2 dan LW1B3 ditandai dengan dihasilkannya perubahan warna pada potongan kertas saring. Warna kertas saring yang tetap berwarna kuning menunjukkan isolat yang diuji tidak memproduksi asam sianida, sedangkan warna coklat muda menghasilkan senyawa antagonis rendah, merah bata menandakan produksi asam sianida yang tinggi. Saridewi (2020) melaporkan bahwa isolat bakteri endofit

mampu menghasilkan senyawa sianida yang ditunjukkan dengan perubahan warna pada kertas saring. Perubahan kertas warna yang awalnya kuning menjadi merah bata menandakan adanya asam sianida yang diproduksi oleh bakteri endofit. Kade (2020) melaporkan terdapat 2 isolat bakteri endofit yang mampu memproduksi senyawa metabolit asam sianida (HCN), yaitu isolat Be03 dan Wae05 Kemampuan bakteri endofit dalam memproduksi senyawa asam sianida (HCN) ditandai dengan perubahan warna kertas saring. Perubahan dari kuning menjadi cokelat muda hingga merah bata mengindikasikan produksi asam sianida (HCN) yang semakin meningkat. Senyawa antagonis asam sianida (HCN) yang dihasilkan oleh bakteri endofit dapat mengendalikan beberapa patogen antara lain *Macrophomina phaseolina* dan *Fusarium oxysporum* sp. penyebab layu pada tanaman tomat. Asam sianida (HCN) yang diproduksi agens biokontrol berfungsi menghambat pertumbuhan patogen.

4.2.3 Kelayakan Bahan Ajar Brosur *Eubacteria*

Media ajar merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran. Kehadiran Media ajar akan mempermudah pendidik dalam menyampaikan materi pembelajaran dan siswa lebih mudah dalam belajar. Media ajar ini bisa dibuat dan disusun sendiri oleh guru pengampuh mata pelajaran yang bertujuan agar media ajar yang dihasilkan bisa menyesuaikan dengan kondisi siswa (Haryoko & Jaya, 2017). Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan dalam proses belajar mengajar adalah bahan ajar brosur.

Brosur merupakan bahan ajar berbahan cetak yang di dalamnya terdapat gambar atau tulisan yang berisikan penjelasan-penjelasan singkat mengenai sesuatu informasi tertentu. Brosur dapat dijadikan sebagai bahan ajar yang

menarik dalam pembelajaran di kelas, karena bentuknya yang sederhana dan praktis, selain itu dengan adanya ilustrasi gambar dalam sebuah brosur akan menarik minat siswa untuk menggunakannya (Biologi et al., 2022).

Uji kelayakan brosur *Eubacteria* dilakukan dengan keterlibatan validator ahli dimana validator ini terbagi menjadi dua yaitu ahli materi dan ahli media. Validator yang berperan sebagai ahli materi yaitu dosen Institut Agama Islam Negeri Kendari ibu Wa Alimuna SP., M.Sc dan untuk validator yang berperan sebagai ahli media adalah ibu Sri Sukmawati S.Pd, M.Si. Data yang diperoleh dari ahli materi dan ahli media kemudian akan dianalisis menggunakan serangkaian rumus untuk melihat tingkat persentase kelayakan bahan ajar brosur yang telah dikembangkan.

Media pembelajaran yang layak harus sesuai dengan materi dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai sesuai dengan pernyataan Sumiati (2017) bahwa penggunaan media pembelajaran termasuk didalamnya sumber belajar, dan alat-alat pelajaran, disesuaikan dengan isi atau materi pembelajaran dan tujuan yang hendak dicapai, menurut (Widyoko: 2011) media pembelajaran dinyatakan layak berdasarkan konversi data kuantitatif ke data kualitatif dengan skala likert dan pedoman hasil data kuantitatif ke data kualitatif.

4.2.3.1 Ahli Materi

Hasil validasi uji kelayakan bahan ajar brosur *Eubacteria* yang dilakukan oleh ibu Wa Alimuna SP., M.Sc menunjukkan total nilai nyata 63 dari skor harapan 70. Nilai ini mendekati nilai sempurna untuk nilai kelayakan produk brosur *Eubacterai* yang dikembangkan. Penilaian dari ibu Wa Alimuna SP., M.Sc menyatakan bahwa bahan ajar brosur layak digunakan

dengan revisi sesuai saran yang telah diberikan. Adapun saran yang telah diberikan oleh validator adalah sebagai berikut.

1. Menampilkan gambar yang lebih jelas untuk memudahkan bagi yang membaca brosur.
2. Menambahkan point pada glosarium: bakteri.
3. Menampilkan gambar hasil penelitian dan menambahkan sumber yang jelas.

4.2.3.2 Ahli Media

Hasil validasi uji kelayakan bahan ajar brosur *Eubacteria* yang dilakukan oleh ibu Sri Sukmawati S.Pd, M.Si. menunjukkan total nilai nyata 63 dari skor harapan 70. Nilai ini mendekati nilai sempurna untuk nilai kelayakan produk brosur *Ebacterai* yang dikembangkan. Penilaian dari ibu Sri Sukmawati S.Pd., M.Si. menyatakan bahwa bahan jar brosur layak digunakan dengan revisi sesuai saran yang telah diberikan. Adapun saran yang telah diberikan oleh validator adalah sebagai berikut.

1. Sebaiknya background lebih transparan.
2. Keterangan gambar lebih di perjelas.

Dari hasil penilaian yang telah diberikan oleh dosen validasi ahli media dan ahli materi masing-masing memperoleh skor sebanyak 63 dengan rata-rata 4,5 yang dinyatakan “Baik” yang dimana dinyatakan layak digunakan sebagai pedoman belajar siswa dengan revisi sesuai saran yang telah diberikan. Feri Pernado (2015) mengungkapkan bahwa penggunaan bahan ajar brosur melalui model pembelajaran kooperatif tipe STAD meningkatkan penguasaan materi siswa, ini terlihat pada kelas eksperimen rata-rata nilai N-gain sebesar 58,88.

Rata-rata persentase aktivitas belajar siswa yaitu 80,77% memiliki kriteria tinggi. Penggunaan bahan ajar brosur dapat membantu siswa lebih aktif dalam diskusi kelompok dan gambar dalam brosur tersebut menarik perhatian siswa untuk membacanya.

