

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan sumber pangan utama bagi masyarakat Indonesia yang menempati urutan kedua setelah beras (Kurniawan *et al.*, 2025). Produksi jagung nasional dari tahun 2022 – 2024 secara berturut-turut sebesar 16,53 juta ton, 14,46 juta ton, dan 15,14 juta ton (BPS, 2025). Meskipun demikian, angka ini menunjukkan produksi jagung di Indonesia yang masih mengalami fluktuasi setiap tahunnya. Fluktuasi ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain faktor iklim, jenis tanah, luas lahan, varietas, pupuk, dan meningkatnya serangan hama dan penyakit yang dapat menyebabkan kerugian hasil panen yang signifikan dan menurunkan kualitas tanaman (Kumar *et al.*, 2024).

Sepanjang fase pertumbuhan vegetatif dan generatif, tanaman jagung rentan terhadap berbagai patogen penyebab penyakit. Menurut Sulastri (2024), serangan pada fase vegetatif awal dan varietas yang rentan dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 80-100%. Tercatat sekitar 47 jenis penyakit telah dilaporkan menyerang tanaman ini, diantaranya lima penyakit utama yang sering menjadi kendala dalam budidaya jagung di Indonesia, yaitu penyakit bulai (*Peronosclerospora* spp.), hawar daun (*Helminthosporium turcicum*), karat daun (*Puccinia polysora*), dan busuk batang Fusarium (*Fusarium verticillioides*) (Mirsam *et al.*, 2021). Keberadaan penyakit-penyakit tersebut menjadi salah satu faktor utama pembatas produksi jagung nasional yang perlu mendapat perhatian lebih dalam pengelolaannya.

Pengelolaan penyakit tanaman jagung oleh petani umumnya masih bergantung pada fungisida kimia (Rab *et al.*, 2025). Penggunaan pestisida dinilai lebih praktis, namun penggunaan yang berlebihan dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, serta menyebabkan perkembangan patogen jamur yang resisten (Arasu *et al.*, 2023). Oleh karena itu, solusi pengendalian yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan untuk mendukung keberlanjutan ekosistem, salah satunya dengan pemanfaatan agens hayati berupa mikroba antagonis yang mampu menekan perkembangan patogen. Mikroba antagonis dapat diperoleh dari hasil isolasi bagian tanaman yang sehat, baik yang hidup dalam jaringan (endofit) ataupun yang melekat pada permukaan tanaman (epifit).

Mikroba endofit dan epifit mengandung berbagai macam zat bioaktif yang berperan sebagai sitotoksik, antimikroba, antioksidan, dan antivirus (Sadrati *et al.*, 2023; Dhevi *et al.*, 2025). Mikroba ini mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres biotik atau abiotik, menginduksi ekspresi gen pertahanan tanaman, dan meningkatkan produksi metabolit sekunder yang dapat menghambat atau membunuh patogen (Gao *et al.*, 2025). Beberapa laporan telah menunjukkan kemampuan jamur endofit yang diisolasi dari akar mentimun dapat secara signifikan menekan intensitas penyakit busuk akar mentimun yang disebabkan oleh *R. solani* (Res *et al.*, 2020; Gao *et al.*, 2025). Penggunaan jamur epifit asal daun tanaman padi seperti *Candida sake*, *Mestchnikowia pulcherrima*, *Pichia guilliermondii*, dan

Sporidiobolus pararoseus telah dilaporkan mampu menekan pertumbuhan jamur patogen tanaman padi (Arrarte *et al.*, 2017; Fadilah *et al.*, 2024). Selain itu, formulasi bakteri endofit dengan tanah gambut yang disimpan selama 1 minggu dan 7 minggu efektif mengendalikan penyakit bakteri pustul pada kedelai dengan efektivitas 79,85% dan 77,02% (Anam *et al.*, 2024).

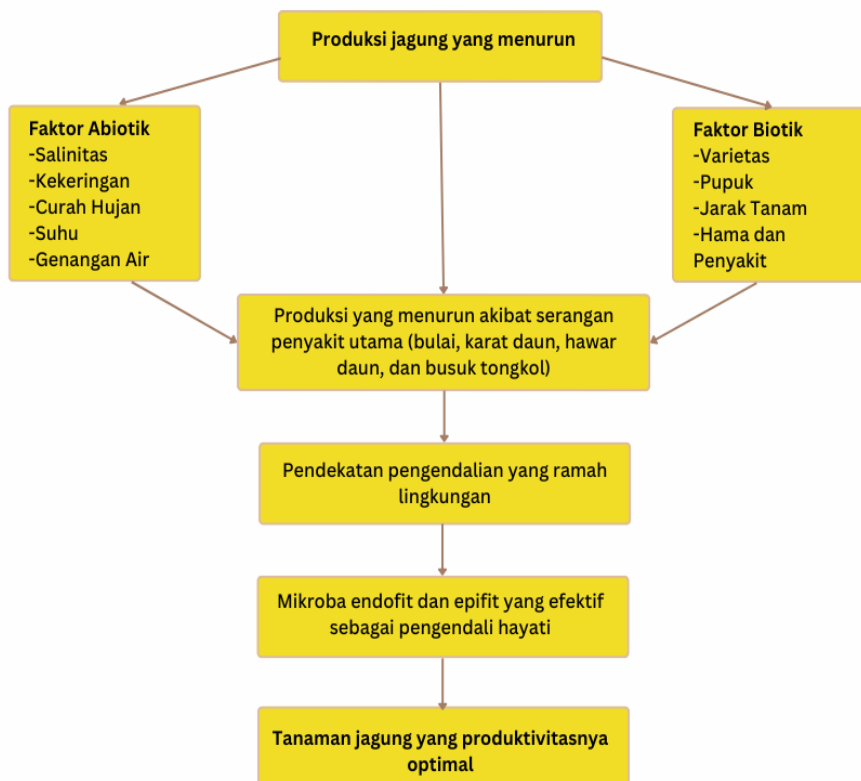
Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyakit utama jagung di Sulawesi Selatan serta mengeksplorasi, menyeleksi, dan menganalisis efektivitas mikroba endofit dan epifit dalam menekan patogen penyebab penyakit busuk batang *Fusarium verticillioides* secara *in vitro* dan *in vivo*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung insidensi dan tingkat keparahan penyakit utama jagung di 6 Kabupaten di Sulawesi Selatan,
- 2) Menyeleksi mikroba endofit dan epifit yang terbaik dalam menekan patogen penyebab penyakit jagung secara *in vitro*, dan
- 3) Menganalisis efektivitas mikroba endofit dan epifit dalam menekan intensitas penyakit busuk batang (*Fusarium verticillioides*) secara *in vivo*.

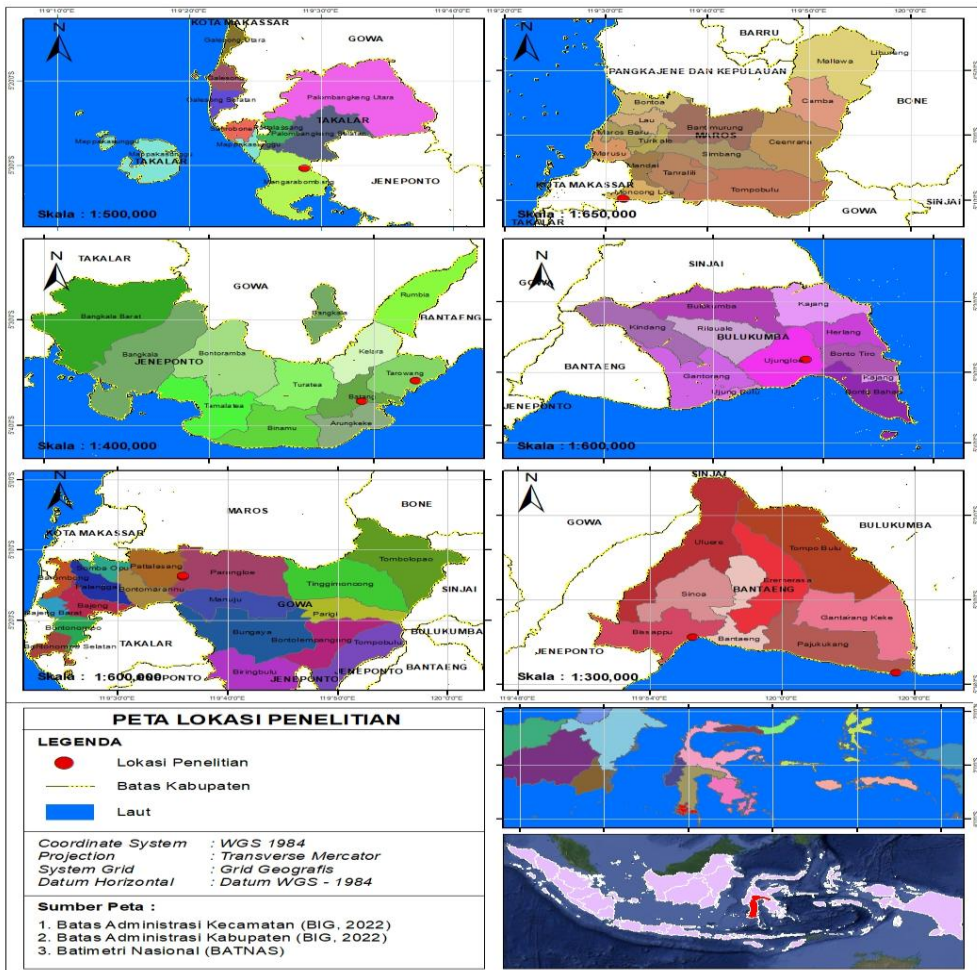
1.3 Kerangka Pikir



BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung pada bulan Mei 2025 hingga selesai. Sampel tanaman diambil dari enam lokasi yaitu Kabupaten Bulukumba, Kabupaten Bantaeng, Kabupaten Jeneponto, Kabupaten Takalar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Maros. Adapun analisis molekuler dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat tulis, kamera, Laminar Air Flow, autoklaf, mikroskop elektron, jarum ose, Rotary Shaker, cawan petri, mikro pipet, tip, vortex, oven, jarum suntik, dan pot semai.

Adapun bahan yang digunakan adalah tanaman jagung yang bergejala, tanaman jagung sehat, media PDA, media NA, natrium hipoklorit, kertas sampel, dan benih jagung Andalan.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Pengamatan Intensitas Penyakit Utama Tanaman Jagung

Pengamatan lapangan dilaksanakan di pertanaman jagung milik petani di 6 Kabupaten di Sulawesi Selatan, yaitu Kabupaten Bulukumba, Kabupaten Bantaeng, Kabupaten Jeneponto, Kabupaten Takalar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Maros. Parameter yang diamati dalam pengamatan ini adalah intensitas penyakit, yang mencakup tingkat kejadian dan keparahan penyakit. Keterjadian penyakit dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\% \text{ (Waller et al., 2001)}$$

Keterangan:

- KP = keterjadian penyakit (%);
- n = jumlah tanaman yang menunjukkan gejala;
- N = jumlah tanaman yang diamati.

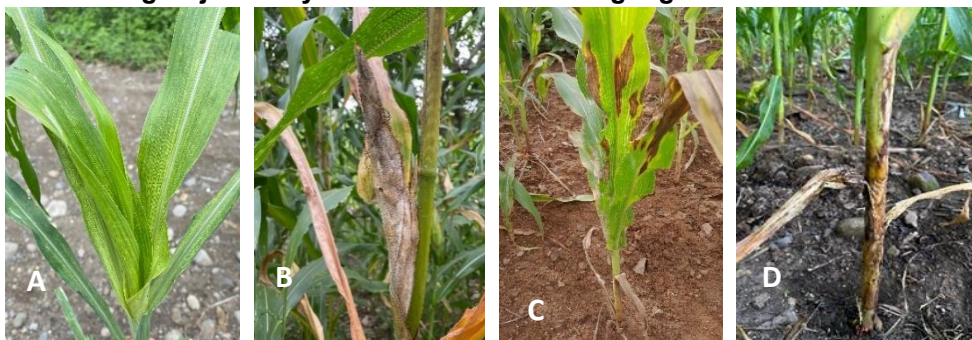
Pengukuran keparahan penyakit dihitung berdasarkan skor tertentu. Nilai skoring setiap kategori dapat dilihat pada Tabel 1 – 4. Setelah mengetahui skor semua sampel, keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\% \text{ (Ma et al., 2023)}$$

Keterangan:

- Kp = keparahan penyakit (%);
- n = jumlah tanaman berdasarkan skala kerusakan v;
- N = jumlah tanaman yang diamati;
- v = nilai skor pada masing-masing kategori;
- V = skor atau skala tertinggi.

2.3.2 Skoring Gejala Penyakit Utama Tanaman Jagung



Gambar 2. (A) Gejala penyakit bulai; (B) Gejala penyakit busuk tongkol; (C) Gejala penyakit hawar daun; (D) Gejala penyakit busuk batang

Keparahan penyakit dihitung dengan skor tertentu. Adapun skoring dari masing-masing gejala penyakit yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Skoring untuk Keparahan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora* spp.)

Skor	Keterangan
0	tidak ada gejala
1	Gejala timbul 1 - ≤10% perdaun
2	Gejala terjadi >10% - ≤ 25% perdaun
3	Gejala terjadi >25% - ≤50% perdaun
4	Gejala terjadi >50% perdaun

Sumber: (Ginting, 2013; Ramadhani *et al*, 2025)

Tabel 2. Nilai Skoring untuk Keparahan Penyakit Busuk Tongkol (*Fusarium verticillioides*)

Skor	Keterangan
1	tidak ada gejala
2	1 – 3% biji jagung terinfeksi penyakit
3	4 – 10% biji jagung terinfeksi penyakit
4	11 – 25% biji jagung terinfeksi penyakit
5	26 – 50% biji jagung terinfeksi penyakit
6	51 – 75% biji jagung terinfeksi penyakit
7	> 75% biji jagung terinfeksi penyakit

Sumber: (Reid *et al*, 1993)

Tabel 3. Nilai Skoring untuk Keparahan Penyakit Hawar Daun (*Helminthosporium* sp.)

Skor	Keterangan
1	tidak ada gejala
2	Gejala hawar < 1%. Panjang lesio pada daun 8,1-16 mm
3	Gejala hawar 1-5%. Panjang lesio pada daun >16-24 mm
4	Gejala hawar 6-20%. Panjang lesio pada daun >24-32 mm
5	Gejala hawar 21-50%. Lesio mencapai bagian tengah (empat daun terdekat dengan tongkol atas) dan daun bagian atas
6	Gejala hawar > 50%. Daun-daun bagian bawah mati, lesio pada daun bagian tengah > 50% dan lesio pada daun bagian atas
7	Tanaman mati

Sumber: (Reid dan Zhu, 2005)

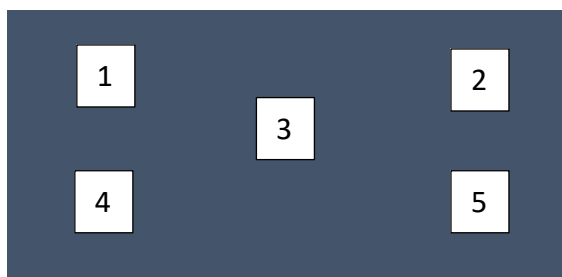
Tabel 4. Nilai Skoring untuk Keparahan Penyakit Busuk Batang (*Fusarium verticillioides*)

Skor	Keterangan
1	perubahan warna yang sehat atau sedikit di ruas batang pertama
2	hingga 50% dari ruas batang pertama berubah warna
3	51-75% dari ruas batang pertama berubah warna
4	76-100% dari ruas batang pertama berubah warna
5	< 50% perubahan warna dari ruas yang berdekatan
6	> 50% perubahan warna dari ruas yang berdekatan
7	perubahan warna dari tiga ruas
8	perubahan warna dari empat ruas
9	perubahan warna dari lima atau lebih ruas dan kematian tanaman

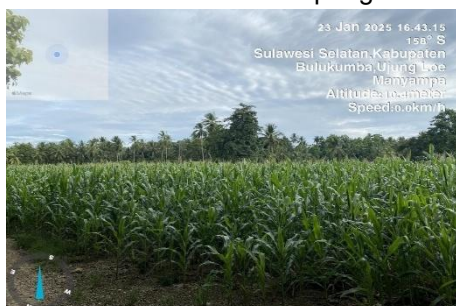
Sumber: (Directorate of Maize Research India, 2012)

2.3.3 Pengambilan Sampel Tanaman Bergejala

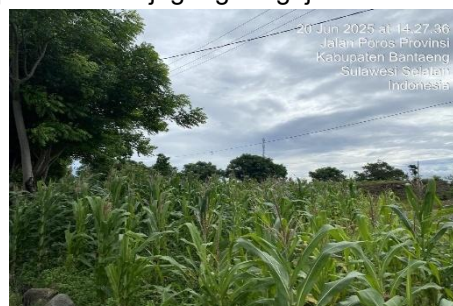
Sampel tanaman jagung bergejala diambil dengan metode *purposive sampling*. Sampel diambil pada luas area tanam berukuran 25 are (25 x 100 meter) dengan membagi ke dalam lima plot, dimana masing-masing plot terdiri dari 10 tanaman. Plot dibuat dengan menarik garis secara diagonal pada tiap sudut area tanam. Sampel diambil dan dikompositkan dengan membungkus sampel menggunakan kertas dengan tujuan agar dapat menyerap sisa air dari setiap sampel.



Gambar 3. Plot pengambilan sampel tanaman jagung bergejala



Gambar 4. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Bulukumba



Gambar 5. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Bantaeng



Gambar 6. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Jeneponto



Gambar 7. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Takalar



Gambar 8. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Gowa



Gambar 9. Pengamatan Insidensi dan Intensitas Penyakit di Kabupaten Maros

2.3.4 Isolasi Cendawan Patogen

Isolasi cendawan patogen dilakukan dengan memotong kecil jaringan daun dan batang yang bergejala dengan ukuran 0,5 cm x 1 cm antara batas daerah yang sehat dan yang terinfeksi. Selain itu, permukaan sampel disterilkan selama satu menit menggunakan etanol 70%, dibilas tiga kali dengan akuades steril, dan dikeringkan selama satu menit pada kertas saring (Kuswinanti *et al.*, 2023). Selanjutnya sampel dipindahkan secara aseptik ke cawan petri yang berisi media Potato Dextrose Agar (PDA). Isolat diinkubasi selama 7 hari pada suhu 28°C, kemudian dimurnikan pada cawan petri baru dengan media PDA.

2.3.5 Eksplorasi Mikroba Endofit dan Epifit

Mikroba antagonis dieksplorasi dari lokasi pengamatan insidensi dan intensitas penyakit tanaman jagung yaitu di Kabupaten Bulukumba, Kabupaten Bantaeng, Kabupaten Jeneponto, Kabupaten Takalar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Maros dengan memilih tanaman jagung yang paling sehat diantara tanaman yang lain. Sampel diambil bagian akar, batang, dan daunnya untuk selanjutnya diisolasi.

2.3.6 Isolasi Mikroba Endofit dan Epifit

Mikroba endofit diisolasi dari bagian akar, batang, dan daun tanaman jagung sedangkan mikroba epifit diisolasi dari daun yang sehat. Sampel tanaman dipotong-potong sepanjang 1,0 – 1,5 cm, disterilisasi permukaan menggunakan natrium hipoklorit 5% selama dua menit, alkohol 75% selama dua menit sebanyak tiga kali,

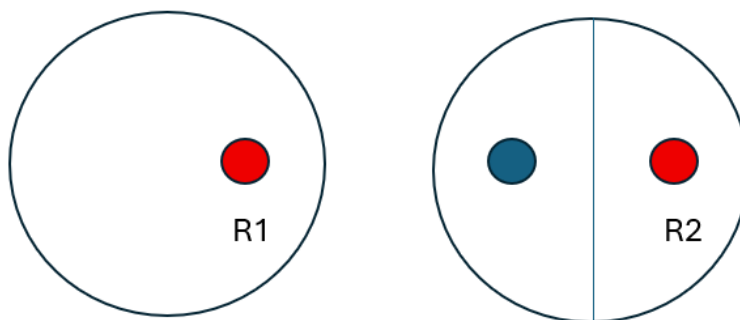
dan akuades steril sebanyak tiga kali. Masing-masing jaringan yang sudah disterilkan diletakkan pada media PDA dan media NA pada cawan petri dan diinkubasi selama 3 – 5 hari. Jika pada media biakan dan jaringan tidak ada kontaminasi maka jaringan selanjutnya dipotong sepanjang 0,5 cm dan dibelah kemudian ditumbuhkan pada media baru (Kuswinanti *et al.*, 2022). Isolat mikroba endofit dan epifit yang telah dimurnikan kemudian dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis selanjutnya diidentifikasi menggunakan buku acuan dari Barnett & Hunter (1998).

2.3.7 Uji Daya Hambat Mikroba Antagonis Terhadap *Fusarium verticillioides*

Uji kemampuan mikroba antagonis menghambat cendawan patogen dilakukan dengan metode kultur ganda Fokkema (1973). Pengujian ini dilakukan untuk menyeleksi isolat-isolat cendawan endofit dan bakteri epifit yang berpotensi sebagai agensia hayati terhadap patogen utama *Fusarium verticillioides*. Persentase penghambatan (P) dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \text{ (Persamaan 3), dengan}$$

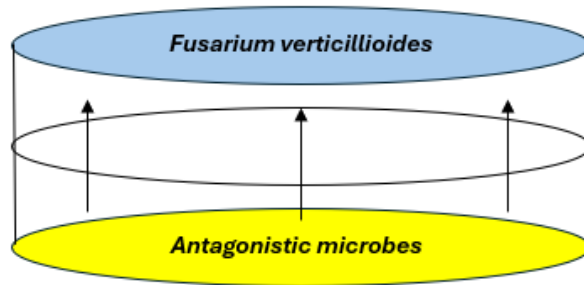
R_1 , rata-rata diameter koloni cendawan patogen yang menjauhi koloni mikroba antagonis (cm); R_2 , rata-rata diameter koloni cendawan patogen yang mendekati koloni mikroba antagonis (cm). Adapun skema peletakan isolat antagonis dan patogen uji dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 10. Metode dual kultur. R1, R2= Isolat cendawan patogen uji. T = Isolat mikroba endofit dan epifit

2.3.8 Uji Senyawa Volatil Isolat Terhadap *Fusarium verticillioides*

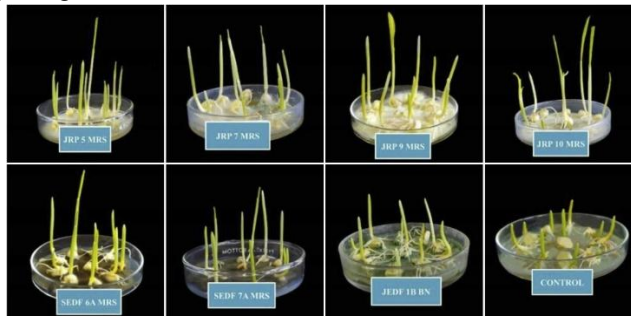
Uji senyawa volatil dilakukan dengan menggunakan metode cawan terbalik, seperti yang dijelaskan oleh Casanca-Uquiche *et al.* (2025). Dalam metode ini, cawan yang berisi mikroba antagonis dipasangkan dengan cawan yang berisi *F. verticillioides* dengan membuka tutupnya dan kemudian menutupnya dengan plastik wrap. Cawan yang berisi *F. verticillioides* ditempatkan di atas, sedangkan cawan dengan mikroba antagonis ditempatkan di bawahnya. Persentase penghambatan pertumbuhan miselium ditentukan menggunakan persamaan (3).



Gambar 11. Uji Volatil Isolat Mikroba Antagonis

2.3.9 Uji Patogenesitas Mikroba Endofit dan Epifit

Uji patogenesitas mikroba antagonis dilakukan dengan tujuan untuk melihat sifat patogenesitas mikroba yang diperoleh apakah bersifat patogen atau non patogen. Benih yang digunakan adalah benih jagung varietas Andalan sebagai indikator. Benih jagung disterilkan permukaannya dengan larutan NaOCl 2% selama 5 menit, alkohol 70% selama 2 menit, dan dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali. Selanjutnya benih diberi perlakuan air panas dengan merendamnya dalam akuades pada suhu 55°C selama 20 menit. Kemudian benih dikeringkan di atas tisu steril dan sepuluh benih disusun di atas mikroba antagonis berumur 7 hari dalam cawan petri yang ditutupi plastik tahan panas steril. Benih diinkubasi selama satu minggu pada suhu ruang. Benih kontrol ditanam pada media PDA steril. Pengamatan dilakukan dengan menghitung persentase kecambah benih normal. Isolat mikroba yang menyebabkan kecambah abnormal dan gejala nekrotik adalah isolat yang bersifat patogen dan/atau berpotensi patogen (Mirsam *et al.*, 2021). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali.



Gambar 12. Metode uji patogenesitas mikroba antagonis menggunakan benih jagung sebagai tanaman indikator

2.3.10 Uji *In Vivo*

Untuk menguji kemampuan mikroba antagonis dalam menekan patogen *Fusarium verticillioides* secara *in vivo*, maka dilakukan tahapan sebagai berikut:

1. Perbanyak Isolat *Fusarium verticillioides*

F. verticillioides diperbanyak pada media PDB steril. Konidia dipanen dari kultur *F. verticillioides* berumur 7 hari dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 100 ml media PDB, kemudian diinkubasi selama 4 hari pada *Rotary Shaker* dengan kecepatan 180 rpm dalam suhu ruang.

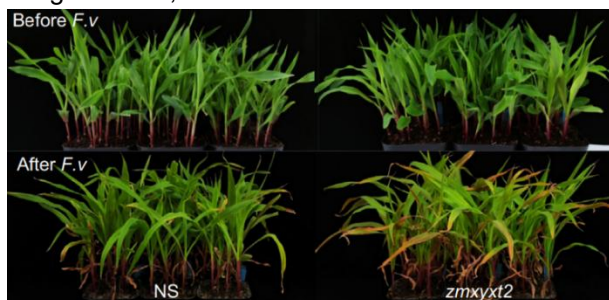
2. Persiapan Benih yang diuji

Benih jagung varietas Andalan direndam dengan air panas dengan suhu 55°C selama 20 menit. Isolat cendawan endofit berumur 7 hari dan isolat bakteri berumur 48 jam disuspensikan dengan menambahkan akuades steril pada isolat jamur dan bakteri, kemudian dikerok dengan spatula. Selanjutnya dilakukan perendaman pada suspensi mikroba endofit dan epifit dengan kerapatan 10^{6-8} CFU mL⁻¹. Benih di *shaker* pada kecepatan 170 rpm selama 24 jam. Perlakuan kontrol positif dilakukan dengan merendam benih jagung dengan akuades steril (Mirsam *et al.*, 2022).

3. Penanaman dan Inokulasi Patogen

Metode penanaman dan inokulasi merujuk pada penelitian Xu *et al.*, (2025) dimana benih ditanam di nampan semai yang telah diisi dengan media tanam. Masing-masing nampan semai berisi sekitar sepuluh bibit, dengan tiga kali ulangan. Pada fase V3 (10 HST), selubung daun sekitar 1 cm dari pangkal diinokulasi menggunakan jarum suntik dengan 25 µL suspensi spora *F. verticillioides* (1×10^8 spora/mL). Setelah inkubasi selama 7–10 hari, pot difoto dan gejala penyakit dinilai menggunakan skala 0–5:

- Skor 0: sangat resisten, tanpa gejala
- Skor 1: resisten, gejala ringan pada < ½ satu daun
- Skor 2: resisten sedang, gejala pada ≥ ½ satu daun atau < ½ dua daun
- Skor 3: rentan sedang, gejala pada ≥ ½ dua daun atau < ½ tiga daun
- Skor 4: rentan, gejala pada ≥ ½ tiga daun tanpa kematian
- Skor 5: sangat rentan, seluruh tanaman mati



Gambar 13. Metode uji *in vivo* kemampuan mikroba antagonis dalam menekan *Fusarium verticillioides*

2.3.11 Analisis Data

Uji antagonis isolate mikroba antagonis disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Sedangkan efektivitas mikroba antagonis terhadap *F. verticillioides* di lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistic dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test/DMRT*) pada taraf nyata 5% (0,05).