

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Cabai (*Capsicum annuum* L.) termasuk komoditas pertanian hortikultura yang utama di Indonesia. Akan tetapi, produktivitas cabai masih belum mencapai potensi maksimal yang seharusnya dapat diperoleh (Agustin *et al.*, 2010). Berbagai faktor dapat memengaruhi produktivitas tanaman ini. Faktor serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) adalah salah satu yang memengaruhi produktivitas tanaman cabai. OPT yang menyerang cabai seperti patogen *Colletotrichum* sp. menjadi salah satu yang paling merugikan karena menyebabkan penyakit antraknosa (Syukur *et al.*, 2009).

Penyakit antraknosa, yang juga dikenal sebagai penyakit pathek (Herwidyarti *et al.*, 2013), merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman cabai di wilayah tropis maupun subtropis. Penyakit ini ditimbulkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. Di Indonesia, jenis yang umum dijumpai antara lain *C. capsici*, *C. gloeosporioides*, dan *C. acutatum*, meskipun masih ada spesies lain seperti jamur *C. dematium* dan *C. coccodes*. Serangan *Colletotrichum* pada cabai dapat dibedakan sesuai dengan tahap pertumbuhan tanaman. *C. acutatum* dan *C. gloeosporioides* lebih sering menyerang bagian buah, sedangkan *C. coccodes* dan *C. dematium* umumnya menginfeksi daun serta batang (Welideniya *et al.*, 2019).

Colletotrichum sp. yang menyebabkan penyakit antraknosa, mampu menginfeksi berbagai organ tanaman seperti ranting, daun, hingga buah (Alfia dan Haryadi, 2022). Gejala antraknosa pada daun biasanya ditandai dengan timbulnya bercak berwarna cokelat kehitaman di permukaan daun. Pada bagian tengah bercak tersebut sering muncul titik-titik putih yang kemudian menyatu hingga membentuk bercak berwarna lebih gelap. Sementara itu, pada buah cabai, antraknosa ditandai dengan adanya bintik-bintik kecil berwarna kehitaman yang tampak agak cekung, sehingga membuat buah menjadi kering, membusuk, dan akhirnya mengerut (Alfia dan Haryadi, 2022). Infeksi *Colletotrichum* sp. pada tanaman cabai berpotensi menurunkan hasil panen hingga 50% (Sulaksono *et al.*, 2002). Pengendalian yang tidak dilakukan secara tepat dapat menyebabkan kerugian hasil panen dapat mencapai 100% (Gunawan, 2006).

Perkembangan suatu penyakit dipengaruhi oleh tiga komponen utama epidemi, yaitu patogen, tanaman inang, serta kondisi lingkungan. Miselium *Colletotrichum* biasanya tampak berwarna putih hingga abu-abu, sedangkan koloni yang tumbuh pada media biakan cenderung menunjukkan warna oranye hingga merah muda. Setelah itu, jamur akan menghasilkan struktur reproduktif berupa acervuli yang tersusun melingkar dan berfungsi membentuk konidium berwarna merah jambu. Konidium berkembang di dalam acervuli yang berada di bawah lapisan epidermis inang, kemudian dilepaskan dalam bentuk butiran kecil dengan variasi warna seperti putih, kuning, jingga, hitam, atau warna lain sesuai pigmen yang dimilikinya. Perkecambahan dan penyebaran penyakit antraknosa pada cabai berlangsung paling baik pada suhu sekitar 27°C dengan kelembapan udara sekitar 80% (Kommula *et al.*, 2017). Menurut Sondakh *et al.*, (2021), serangan *Colletotrichum sp.* perlu dikendalikan secara tepat karena patogen ini dapat menginfeksi tanaman sejak fase vegetatif hingga fase generatif sehingga berpotensi menurunkan hasil panen secara signifikan.

Beragam strategi digunakan dalam upaya mengendalikan penyakit antraknosa pada cabai, antara lain melalui penggunaan benih sehat yang terbebas dari patogen, pergiliran tanaman dengan varietas lain, pengaturan waktu tanam agar tidak dilakukan serentak pada area yang luas, serta penerapan pengendalian menggunakan bahan kimia. Penggunaan pengendalian secara kimiawi berpotensi menimbulkan permasalahan baru, antara lain pencemaran lingkungan serta timbulnya resistensi patogen terhadap pestisida. Oleh karena itu, pengendalian dengan agensia hayati seperti *Bacillus mycoides* menjadi alternatif karena lebih ekonomis, mudah diterapkan, dan ramah lingkungan.

Bacillus mycoides merupakan bakteri gram positif berbentuk batang yang mampu menghasilkan endospora. Endospora yang terbentuk berupa endospora dan memiliki ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan, misalnya pengeringan, paparan radiasi UV, serta keterbatasan nutrisi (Higgins & Dworkin, 2012). Sama halnya dengan sebagian besar anggota genus *Bacillus*, *B. mycoides* termasuk organisme saprofit (Bedoshvili *et al.*, 2021). Secara umum, *Bacillus sp.* diklasifikasikan sebagai bakteri heterotrof, yaitu protista uniseluler yang berperan

sebagai mikroorganisme pereduksi atau dekomposer. Bakteri berbentuk batang ini banyak ditemukan di lingkungan tanah maupun perairan (Simbolon, 2020).

Isolat yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat *Bacillus mycoides* kode Ba-11 dalam penelitian Sagala *et al.*, (2024). Perlakuan *B. mycoides* menunjukkan adanya zona hambat yang besar, dengan rata-rata diameter 5,25 mm. Pembentukan zona hambat diduga terjadi karena aktivitas antibiosis yang dihasilkan oleh *B. mycoides*, yang mampu mengganggu dan menghambat pertumbuhan dari bakteri patogen yaitu *Ralstonia solanacearum* (Sagala *et al.*, 2024). Berdasarkan potensi tersebut, *Bacillus mycoides* juga diperkirakan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. Oleh karena itu, agensia hayati *Bacillus mycoides* yang digunakan perlu diperbanyak pada media pertumbuhan agar efektif dalam mengendalikan patogen.

Media merupakan campuran nutrisi yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme, baik bakteri, jamur, maupun jenis mikroorganisme lainnya. Agar dapat menunjang pertumbuhan, media harus memenuhi beberapa kriteria, seperti tingkat kelembapan yang memadai, pH yang sesuai, ketersediaan oksigen, kondisi steril, serta kandungan nutrisi yang mudah diserap oleh mikroorganisme. Nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme mencakup karbon, nitrogen, unsur logam, antara lain magnesium (Mg), besi (Fe), natrium (Na), tembaga (Cu), kalium (K), kalsium (Ca), dan mangan (Mn), disamping juga vitamin, air, dan sumber energi serta unsur non-logam seperti fosfor dan sulfur (Cappucino dan Sherman, 2017).

Media yang umum digunakan di laboratorium untuk pertumbuhan mikroorganisme, khususnya bakteri, antara lain *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Nutrient Agar* (NA), dan *Nutrient Broth* (NB). Keterbatasan biaya dalam penggunaan media tersebut menjadi alasan bagi para peneliti untuk memanfaatkan sumber daya alam maupun limbah yang melimpah sebagai media alternatif. Media ini tetap harus mengandung unsur hara penting, terutama karbohidrat dan protein, guna mendukung pertumbuhan bakteri (Juariah dan Sari, 2018). *Bacillus* sp. adalah bakteri saprofit tumbuh serta bereproduksi pada bahan organik yang sudah mengalami penguraian. Karena kemampuannya ini, bakteri tersebut dapat dikultur menggunakan limbah organik cair yang mudah dijumpai di lingkungan, misalnya air kelapa dan limbah cair tahu. (Khaeruni dan Abdul, 2013).

Hasil uji laboratorium di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Surabaya (Lampiran 1.), menyatakan bahwa limbah cair tahu mengandung protein sebesar 0,82% dan karbohidrat sebesar 1,29%, sedangkan air kelapa tua mengandung protein sebesar 0,79% dan karbohidrat sebesar 3,22%. Kandungan protein dan karbohidrat tersebut menunjukkan bahwa kedua bahan ini memiliki potensi sebagai sumber nutrisi untuk mendukung pertumbuhan *Bacillus mycoides*.

Proses produksi tahu memproduksi limbah cair sebanyak 1,5 hingga 2 liter dari setiap kilogram kedelai yang diolah. Limbah tersebut dapat dijadikan media alternatif perbanyakan *Bacillus* sp.. Limbah cair tahu diketahui mengandung karbohidrat (25%-50%), protein (40%-50%), dan lemak (10%) (Tharmila, *et al.*, 2011). Kandungan senyawa organik pada limbah cair tahu yaitu karbohidrat, protein, minyak dan lemak (Taufan dan Effendi, 2022).

Limbah air kelapa memiliki kandungan berbagai unsur yang dibutuhkan dalam proses fermentasi bakteri, antara lain sumber nitrogen (valin, arginin, alanin, sistein, serta serin), sumber karbon (glukosa, sukrosa, fruktosa, sorbitol, dan inositol), vitamin (vitamin C, asam nikotinat, asam pantotenat, dan asam folat), serta mineral (magnesium, kalsium, sulfur, natrium, dan kalium) (Mayaserli dan Renowati, 2015). Khaeruni dan Abdul (2013) menyatakan bahwa air kelapa kelapa mengandung berbagai nutrisi antara lain 95,5% air, 4% karbohidrat, 0,1% lemak, 0,02% kalsium, 0,01% fosfor, 0,5% besi, dan berbagai mineral.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa limbah cair tahu dan air kelapa berpotensi sebagai media alternatif *Bacillus* sp. Limbah cair tahu konsentrasi 8% mampu menghasilkan penyebaran koloni yang merata dengan jumlah koloni yang hampir sama dengan media kontrol positif (Juariah dan Sari 2018). Selain itu, penambahan 10% TSB (*Tryptic Soy Broth*) pada limbah cair tahu terbukti dapat menumbuhkan *Bacillus subtilis* hingga mencapai 15,04 log CFU/ml. Kemudian kombinasi media berbasis air kelapa dengan konsentrasi 25%–50% ditambah 10% TSB merupakan formulasi terbaik, karena mampu mendukung pertumbuhan koloni *B. subtilis* yang tinggi serta menjaga aktivitas antagonisnya tetap stabil hingga delapan minggu masa penyimpanan (Khaeruni & Abdul, 2013).

Perlakuan *Bacillus subtilis* pada media 50% air kelapa + 50% MS (Media Sintetis) secara konsisten dapat memberikan daya hambat relatif stabil ($\pm 50\%$)

terhadap *Rhizoctonia solani* selama masa penyimpanan 8 minggu dalam bahan formulasi (Khaeruni dan Abdul, 2013). Oleh karena itu, baik limbah cair tahu maupun air kelapa memiliki potensi besar sebagai media alternatif perbanyakan agensia hayati seperti *Bacillus mycoides* dan mendukung antagonisme *B. mycoides* untuk menghambat jamur *Colletotrichum* sp.

Umur biakan adalah faktor yang juga dapat memengaruhi mikroba terkait pertumbuhan serta aktivitas antagonis mikroba selain faktor jenis media yang digunakan. Menurut Novianto *et al.*, (2020), faktor yang mempengaruhi jumlah sel bakteri pada setiap fase pertumbuhan antara lain ketersediaan nutrisi pada media dan umur bakteri. Menurut Soesanto *et al.*, (2011), produksi antibiotika sebagai senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh mikroorganisme sangat sangat bergantung pada berbagai faktor seperti ketersediaan nutrisi, jenis media, suhu, jumlah inokulum, dan umur biakan.

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa hasil daya hambat meningkat seiring bertambahnya umur biakan hingga 72 jam (Magani *et al.*, 2020). Akan tetapi, ada pula hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa bakteri berumur 22 jam adalah umur yang optimal tetapi tergantung pada jenis dan kondisi bakteri yang diuji (Swenson *et al.*, 2005). Dengan demikian, dua variasi umur biakan yaitu 24 jam dan 48 jam digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh interaksi antarperlakuan antara jenis media alternatif dan umur biakan terhadap jumlah koloni *Bacillus mycoides* serta mengetahui daya hambatnya terhadap patogen *Colletotrichum* sp. secara *in vitro*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah limbah cair tahu dan air kelapa efektif dan berpengaruh secara signifikan sebagai media perbanyakan *Bacillus mycoides* pada umur biakan 24 jam dan 48 jam?
2. Apakah *Bacillus mycoides* dengan media limbah cair tahu dan air kelapa pada umur biakan 24 jam dan 48 jam memiliki daya hambat yang signifikan terhadap patogen *Colletotrichum* sp. secara *in vitro*?
3. Apakah *Bacillus mycoides* yang diperbanyak pada media limbah cair tahu dan air kelapa dengan umur biakan 24 jam dan 48 jam dapat berpengaruh

secara signifikan dalam menunda munculnya gejala serangan antraknosa dan menurunkan intensitas serangan antraknosa pada tanaman cabai?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui efektivitas limbah cair tahu dan air kelapa sebagai media perbanyakan *Bacillus mycoides* pada umur biakan 24 jam dan 48 jam.
2. Mengetahui daya hambat *Bacillus mycoides* dengan media limbah cair tahu dan air kelapa pada umur biakan 24 jam dan 48 jam terhadap patogen *Colletotrichum* sp. secara *in vitro*.
3. Mengetahui masa inkubasi dan intensitas serangan penyakit antraknosa pada tanaman cabai setelah aplikasi *Bacillus mycoides* dengan media limbah cair tahu dan air kelapa pada umur biakan 24 jam dan 48 jam.

1.4. Manfaat

1. Memberikan informasi mengenai potensi limbah cair tahu dan air kelapa sebagai media alternatif perbanyakan *Bacillus mycoides* pada umur biakan 24 jam dan 48 jam, yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian penyakit tanaman secara ramah lingkungan.
2. Menyediakan data empiris mengenai efektivitas media limbah cair tahu dan air kelapa pada umur biakan 24 jam dan 48 jam sebagai media alternatif *Bacillus mycoides*, sehingga dapat dijadikan referensi dalam praktik pertanian berkelanjutan.
3. Memberikan pengetahuan mengenai pengendalian hayati patogen *Colletotrichum* sp. menggunakan *Bacillus mycoides* pada media limbah cair tahu dan air kelapa dengan umur biakan 24 jam dan 48 jam.