

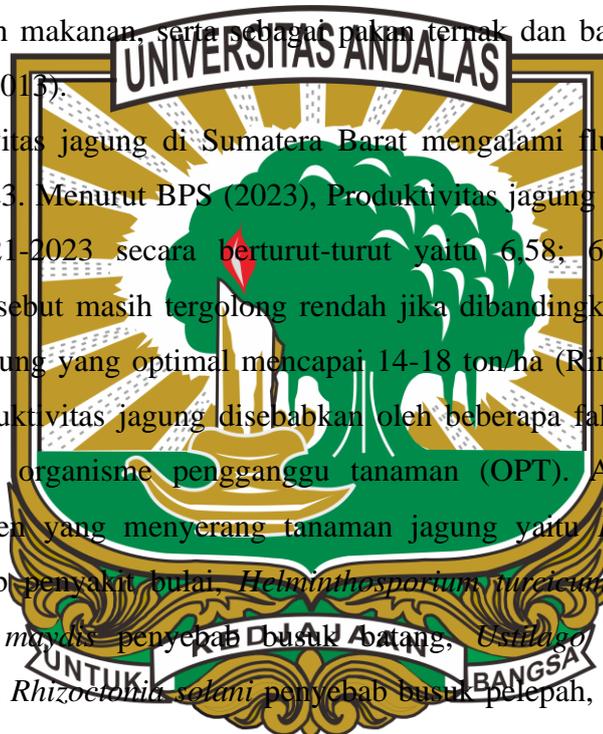
# BAB I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas tanaman pangan penting bagi Indonesia setelah padi (Wahyudin *et al.*, 2018). Tanaman jagung juga dijadikan sebagai konsumsi langsung dan bahan baku bioenergi (Sulaiman *et al.*, 2018). Selain itu jagung juga merupakan komoditas strategis karena mempunyai pengaruh yang besar terhadap kestabilan ekonomi. Hal ini dipicu oleh semakin bertambahnya permintaan jagung akibat semakin meningkatnya kebutuhan dalam pembuatan bahan makanan, serta sebagai pakan ternak dan bahan baku industri (Dachlan *et al.*, 2015).

Produktivitas jagung di Sumatera Barat mengalami fluktuasi dari tahun 2021 sampai 2023. Menurut BPS (2023), Produktivitas jagung di Sumatera Barat pada tahun 2021-2023 secara berturut-turut yaitu 6,58; 6,15; 6,21 ton/ha. Produktivitas tersebut masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan tingkat produktivitas jagung yang optimal mencapai 14-18 ton/ha (Rinanti *et al.*, 2021). Rendahnya produktivitas jagung disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya disebabkan oleh organisme pengganggu tanaman (OPT). Adapun OPT dari kelompok patogen yang menyerang tanaman jagung yaitu *Peronosclerospora maydis* penyebab penyakit bulai, *Helminthosporium turcicum* penyebab hawar daun, *Diplodia maydis* penyebab busuk batang, *Ustilago maydis* penyebab penyakit gosong, *Rhizoctonia solani* penyebab busuk pelepah, *Puccinia polysora* penyebab karat daun, dan *Fusarium* spp penyebab penyakit busuk batang dan tongkol (Siregar dan Sari, 2021). *Fusarium verticillioides* adalah salah satu spesies dalam genus *Fusarium*, yang dikenal sebagai patogen tanaman penting, terutama bagi tanaman jagung (Leslie & Summerell, 2006).

Penyakit busuk tongkol yang disebabkan *F. verticillioides* sering tidak menampakkan gejala pada biji, tetapi bagian dalam jaringan sel biji rusak (Bacon *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2014). Gejala pada biji jagung diawali oleh adanya benang-benang miselia berwarna putih, kemudian terjadi perubahan warna permukaan biji menjadi merah muda hingga coklat, namun biasanya tidak mempengaruhi biji pada tongkol secara keseluruhan (Duncan & Howard, 2010;



Parsons & Munkvold, 2012). Infeksi awal jamur *F. verticillioides* pada biji jagung berasal dari konidia di permukaan tanah, sisa-sisa hasil panen, dan tanaman yang terinfeksi (Duncan & Howard, 2010).

Mikrokonidia dan makrokonidia yang diproduksi oleh *F. verticillioides* dapat bertahan cukup lama dalam lingkungan luar, terutama jika berada pada bahan tanaman yang terinfeksi (seperti biji, tongkol jagung yang rusak, atau tanaman mati). Konidia dapat bertahan selama berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, tergantung pada kelembapan dan suhu lingkungan. Pada kondisi yang kering dan kurang nutrisi, konidia dapat tetap hidup dan potensial untuk menginfeksi tanaman baru saat kondisi menjadi lebih lembap (Nelson *et al.*, 1983). *F. verticillioides* menginfeksi pada saat perkembangan biji sehingga mengakibatkan kehilangan hasil 10% pada infeksi ringan dan 30-50% pada infeksi berat (Gai *et al.*, 2018). Infeksi *F. verticillioides* pada tanaman jagung menyebabkan kehilangan hasil 1,8 ton/ha (Eller *et al.*, 2008).

Upaya pengendalian penyakit busuk tongkol yang telah dilakukan diantaranya rotasi tanaman, sanitasi lingkungan dan aplikasi fungisida sintetis. Rotasi tanaman dan sanitasi lingkungan terkadang tidak efektif karena patogen ini dapat bertahan dalam tanah meskipun inangnya tidak ada. Penggunaan fungisida sintetis dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia apabila penggunaannya tidak bijaksana (Suriani & Muis, 2016). Untuk itu diperlukan alternatif pengendalian untuk mengurangi pemakaian fungisida sintetis seperti memanfaatkan mikroorganisme kelompok aktinobakteria sebagai agens hayati (Glare *et al.*, 2012).

Aktinobakteria termasuk dalam kelompok bakteri Gram positif, berbentuk filamen, umumnya bersifat aerob dan beberapa bersifat aerob fakultatif (Suhartono & Artika, 2017). Aktinobakteria mudah untuk beradaptasi, sehingga dapat ditemukan di berbagai habitat (Nafis *et al.*, 2019). Aktinobakteria diketahui mempunyai kemampuan menghasilkan metabolit sekunder seperti enzim, antibiotik, dan mampu menghasilkan banyak senyawa bioaktif penting serta tercatat sebagai mikroba yang banyak menghasilkan senyawa bioaktif baru (Inayah, 2020). Aktinobakteria juga mampu memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, produksi siderofor, produksi IAA (*Indole Acetic Acid*), produksi amonia,

dan enzim litik lainnya, oleh karena itu aktinobakteria juga dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Amelia & Aditiawati., 2016).

Aktinobakteria dalam mengendalikan patogen dapat merusak dinding sel patogen. Aktinobakteria menghasilkan bermacam antibiotik seperti poliketida,  $\beta$ -laktam, peptida, dan kasugamisin yang berperan dapat menghambat biosintesis protein dalam mikroorganisme, selain itu aktinobakteria juga menghasilkan enzim seperti kitinase, proteinase dan enzim lainnya yang dapat menyebabkan lisis pada dinding sel patogen tanaman. Antibiotik yang dihasilkan oleh aktinobakteria dapat digunakan sebagai pengendalian patogen tanaman (Roopa & Gadag, 2019).

Aktinobakteria bertindak sebagai biostimulan, yang berarti mereka dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan merangsang sistem fisiologis tanaman. Aktinobakteria menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang meningkatkan pertumbuhan akar, pembelahan sel, dan proses fisiologis lainnya yang penting untuk pertumbuhan tanaman (Prakash *et al.*, 2013). Aktinobakteria juga berperan sebagai biofertilizer, yaitu mikroorganisme yang dapat memperbaiki ketersediaan nutrisi untuk tanaman. Beberapa aktinobakteria memiliki kemampuan untuk mengubah bentuk unsur hara yang tidak dapat diakses tanaman menjadi bentuk yang lebih mudah diserap, seperti pelarutan fosfat dan fiksasi nitrogen (Gou *et al.*, 2014).

Mekanisme secara tidak langsung adalah *Induce Systemic Resistance* (ISR). ISR merupakan cara penekanan penyakit oleh beberapa bakteri rizosfer tanaman non-patogenik seperti aktinobakteria. ISR berimplikasi pada jalur pensinyalan asam salisilat, asam jasmonat, etilen pada tanaman, dan hormon-hormon ini merangsang mekanisme pertahanan inang melawan patogen. ISR terlibat dalam perlindungan fisik dan mekanik pelindung dinding sel serta mengubah reaksi fisiologis dan biokimia inang yang mengarah ke sintesis bahan kimia pertahanan terhadap patogen (Roopa & Gadag, 2019).

Aktinobakteria dilaporkan dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen yang berbeda seperti *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, dan *Colletotrichum* (Raaijmakers *et al.*, 2009). Lopez *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa rizobakteri dari perakaran tanaman jagung mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. verticillioides* penyebab

penyakit busuk tongkol pada tanaman jagung. Kemampuan aktinobakteria sebagai agens hayati telah dibuktikan melalui penelitian Solans & Vobis, (2013) menguji tiga strain aktinobakteria dari *Streptomyces*, *Actinoplanes* dan genera *Micromonospora* yang menunjukkan aktivitas penghambatan pertumbuhan jamur. Conn *et al.* (2008) melaporkan bahwa Endofit *Streptomyces* sp. EN27 dan *Micromonospora* sp. EN 43 mampu menginduksi ketahanan pada *Arabidopsis thaliana*.

Introduksi aktinobakteria dapat meningkatkan enzim pertahanan seperti peroksidase (PO), polyphenol oksidase (PPO), dan phenylalanine ammonialyase (PAL) pada tanaman, enzim-enzim ini berperan aktif dalam meningkatkan respon pertahanan tanaman terhadap patogen (Li *et al.*, 2021). Aktinobakteria dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dengan menginduksi ketahanan tanaman yang menyebabkan meningkatnya aktivitas enzim pertahanan tanaman sehingga tanaman lebih resisten terhadap patogen (Zarandi *et al.*, 2022).

Enzim PO berperan dalam mengurai hidrogen peroksida yang dihasilkan selama proses metabolisme tanaman. Hidrogen peroksida bersifat toksik bagi sel jika tidak segera dinetralkan. Enzim PO mengkatalisis reaksi yang mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen, sehingga melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Enzim PO berkontribusi pada pertahanan tanaman dengan mengkatalisis sintesis lignin dan senyawa fenolik, yang memperkuat dinding sel tanaman dan bertindak sebagai penghalang fisik terhadap serangan patogen (Liu *et al.*, 2019). Selain berperan dalam pertahanan, enzim PO juga berperan dalam pembentukan senyawa-senyawa penting yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk dalam pembungaan dan pemupukan (Sharma *et al.*, 2016).

Enzim PPO juga berperan dalam membantu pertahanan terhadap patogen dengan mengubah polifenol menjadi senyawa fenolik yang lebih kompleks dan memiliki aktivitas antimikroba. Proses ini terjadi melalui reaksi oksidasi yang menghambat pertumbuhan dan invasi patogen. Enzim PPO terlibat dalam respon tanaman terhadap stres oksidatif yang diakibatkan oleh faktor lingkungan seperti pencemaran, kekeringan, atau suhu ekstrem. Aktivitas enzim PPO dapat mengubah senyawa fenolik menjadi senyawa yang dapat membantu tanaman

bertahan hidup dalam kondisi tersebut (Vahdati *et al.*, 2017). Enzim PPO juga terlibat dalam proses *senescence* (penuaan) tanaman dengan mengubah polifenol menjadi senyawa yang membentuk lignin dan memperkuat dinding sel (Zhang *et al.*, 2018). Lignin berfungsi sebagai penghalang untuk melindungi tanaman dari kerusakan lebih lanjut.

Bukan hanya enzim PO dan PPO saja yang berperan dalam pertahanan tanaman, enzim PAL juga berperan penting dalam pertahanan tanaman terhadap serangan patogen. Senyawa fenolik yang dihasilkan melalui aktivitas enzim PAL, seperti flavonoid dan asam sinamat, berfungsi sebagai penghalang terhadap invasi mikroba. Selain itu, senyawa fenolik ini juga dapat memiliki efek antimikroba secara langsung. Enzim PAL adalah enzim penting dalam jalur biosintesis asam fenilpropanoat, yang merupakan prekursor untuk senyawa fenolik seperti flavonoid, asam fenolik, dan lignin. Lignin berfungsi untuk memperkuat dinding sel tanaman dan memberikan kekuatan mekanik (Huang *et al.*, 2018).

Ketiga enzim tersebut berperan dalam peningkatan ketahanan tanaman. Peningkatan aktivitas enzim pertahanan tanaman mempengaruhi tingkat ketahanan tanaman terhadap patogen. Kurth *et al.*, (2014) melaporkan peningkatan aktivitas enzim pertahanan seperti enzim PO dan PPO akibat introduksi aktinobakteria, mampu meningkatkan ketahanan tanaman oak terhadap penyakit embun tepung yang disebabkan *Microspheera alphitoides*. Introduksi Aktinobakteria mampu meningkatkan resistensi tanaman kacang arab (*chickpea*) terhadap *Sclerotium rolfii* dengan meningkatkan aktivitas enzim PO, PPO, PAL, dan superoxide dismutase tanaman kacang arab (*chickpea*) (Singh & Gaur, 2017). Oleh sebab itu, perlu dilakukan identifikasi untuk mengetahui spesies aktinobakteria untuk mengetahui spesies yang mampu meningkatkan aktivitas enzim pertahanan tanaman jagung.

Identifikasi molekuler terhadap aktinobakteria dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, Analisis gen 16S rRNA merupakan metode identifikasi aktinobakteria yang paling sering digunakan, data urutan basa nitrogen pada gen penyandi 16S rRNA dapat digunakan untuk mengkonstruksi pohon filogenetik serta mengetahui hubungan kekerabatan suatu prokariot (bakteri) (Inayah, 2020).

Penggunaan sekuens 16S rRNA sebagai metode alternatif identifikasi bakteri semakin meningkat karena hemat biaya dan waktu (Simmon *et al.*, 2008). Beberapa penelitian mengenai identifikasi molekuler aktinobakteria telah dilakukan, Wulan *et al.* (2022) melaporkan isolat aktinobakteria terbaik penghasil mananase dengan kode isolat HJ45B1 telah diidentifikasi berdasarkan gen 16S rRNA dan diperoleh kemiripan dengan spesies rujukan *Streptomyces rochei*. Inayah, (2020) melaporkan keragaman aktinobakteria rizosfer tanaman sawit pada tanah perkebunan kelapa sawit telah diidentifikasi menggunakan gen 16S rRNA dengan diperoleh ordo terbanyak yaitu Micromonosporales, Microtrichales dan Streptomycetales.

Menurut hasil penelitian Annisa, (2023) bahwa 10 isolat aktinobakteria indigenus mampu mengendalikan *F. verticillioides* secara *in vitro* dan memiliki kemampuan dalam menekan penyakit busuk tongkol dan meningkatkan pertumbuhan bibit jagung dengan efektifitas mencapai 69,87%. Untuk mengetahui kemampuan aktinobakteria dalam menghambat perkembangan penyakit busuk tongkol perlu dilakukan uji lebih lanjut dan mengetahui respon pertahanan tanaman setelah diintroduksi aktinobakteria.

Berdasarkan hal tersebut telah dilaksanakan penelitian dengan judul “Induksi Ketahanan Tanaman Jagung dengan Aktinobakteria Indigenus untuk Pengendalian Penyakit Busuk Tongkol (*Fusarium verticillioides*)”.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana karakterisasi aktinobakteria sebagai agens biokontrol, biostimulan dan biofertilizer?
2. Bagaimana kemampuan aktinobakteria dalam menginduksi ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit busuk tongkol dan aktivitas enzim pertahanan tanaman?
3. Apa spesies aktinobakteria indigenus berdasarkan primer spesifik ActF dan ActR?

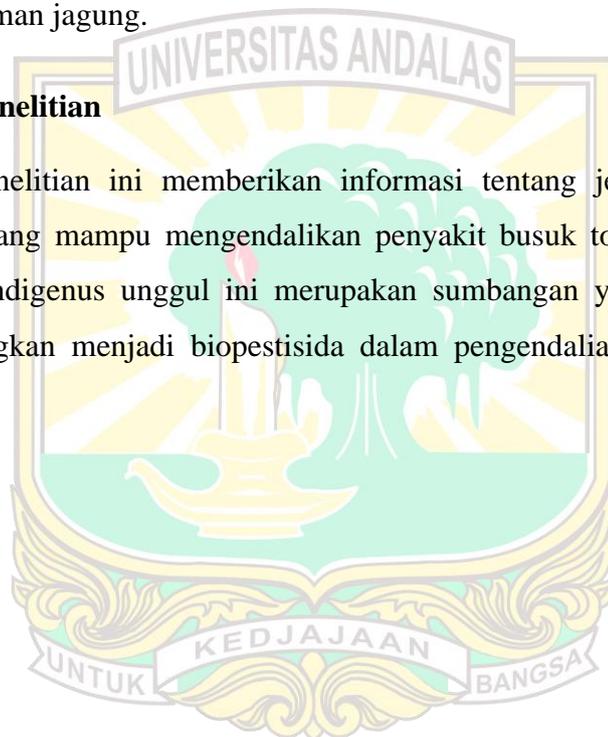
### C. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

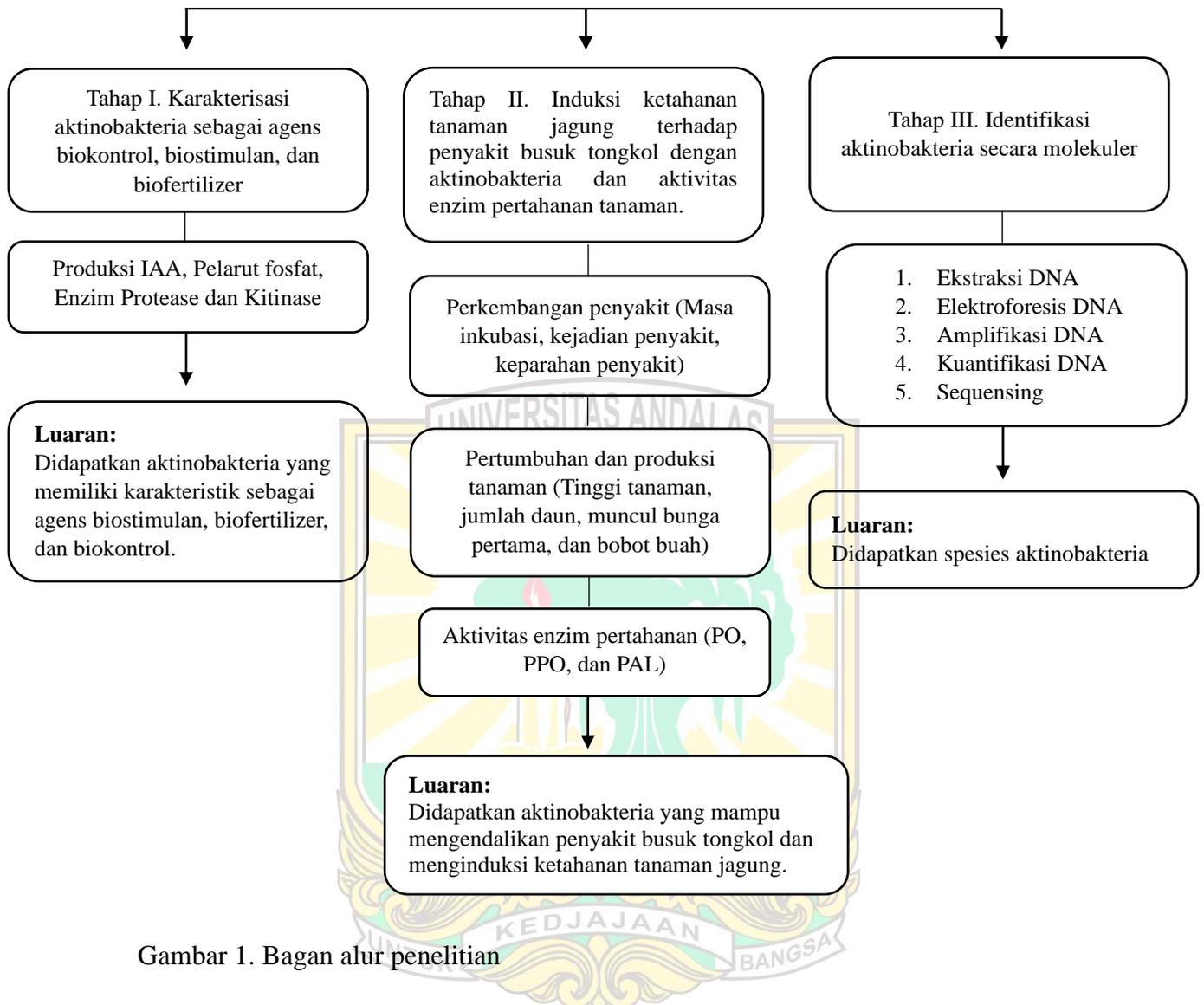
1. Mengetahui karakterisasi aktinobakteria sebagai agens biokontrol, biostimulan dan biofertilizer.
2. Mengetahui kemampuan aktinobakteria dalam menginduksi ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit busuk tongkol dan meningkatkan aktivitas enzim pertahanan tanaman.
3. Mengetahui spesies aktinobakteria indigenus yang diidentifikasi berdasarkan primer spesifik ActF dan ActR sebagai agens biokontrol penyakit busuk tongkol tanaman jagung.

### D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan informasi tentang jenis dan karakter aktinobakteria yang mampu mengendalikan penyakit busuk tongkol. Penemuan aktinobakteria indigenus unggul ini merupakan sumbangan yang berarti untuk dapat dikembangkan menjadi biopestisida dalam pengendalian penyakit busuk tongkol.



### E. Bagan Alur Penelitian



Gambar 1. Bagan alur penelitian