

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman bawang merah merupakan salah satu komoditas yang menjadi permintaan pasar yang cukup tinggi karena menjadi bumbu masakan yang sering digunakan dan memiliki banyak kandungan dan komponen bioaktif yang berguna bagi tubuh seperti senyawa flavonoid dan fenolik yang dapat menjadi zat antioksidan alami (Hikmah dan Anggarani, 2021). Berdasarkan hal tersebut, maka permintaan produksi dari bawang merah terus meningkat dua tahun terakhir. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi bawang merah di Indonesia tiga tahun terakhir yakni tahun 2021-2023 mengalami penurunan yakni dari angka 2.004.590 di tahun 2021, 1.982.360 di tahun 2022, dan menurun di angka 1.985.233 di tahun 2023. Menurunnya angka produksi bawang merah ini dapat disebabkan oleh serangan penyakit, salah satunya adalah layu Fusarium atau penyakit moler.

Penyebab penyakit layu Fusarium atau moler yang sering menyerang tanaman bawang merah adalah jamur *Fusarium* sp. Menurut Hikmahwati *et al.*, (2020), penyakit layu Fusarium yang menyerang tanaman bawang merah dapat menurunkan hasil produksi, pada serangan tinggi akan menyebabkan kegagalan panen hingga pendapatan petani menurun. Pada penelitian Wiyatiningsih *et al.*, (2009), penyakit layu Fusarium menyebabkan kehilangan hasil hingga 50% pada beberapa sentra produksi bawang merah di Indonesia. Selain itu, penyakit ini juga dapat menimbulkan kegagalan panen karena produktivitas tanaman tidak maksimal yang disebabkan oleh timbulnya gejala pada bagian-bagian tanaman bawang merah, seperti layu pada daun, akar menjadi busuk, dan dasar umbi lapis yang terlihat adanya koloni jamur berwarna putih (Juwanda *et al.*, 2016). Tanaman bawang merah yang terserang jamur *Fusarium* sp. akan menunjukkan bibit yang tidak tumbuh sempurna, tunas yang tumbuh akan mengalami klorosis dan rebah ke tanah kemudian membusuk (Emeliawati *et al.*, 2022).

Mekanisme serangan jamur *Fusarium* sp. pada tanaman bawang merah didukung dengan kondisi lingkungan yang optimal, yaitu kelembapan yang tinggi dengan suhu optimal sekitar 20°C – 32°C (Yaqin *et al.*, 2024). Spora kemudian akan masuk dan berkembang biak di dalam jaringan akar dan pangkal batang, yang

menyebabkan terhambatnya aliran air dan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Prakoso *et al.*, (2016), *Fusarium oxysporum* menyerang area perakaran dengan cara mengkoloni atau memperbanyak diri sehingga menghambat proses pengangkutan air serta hasil fotosintat ke seluruh bagian tanaman. Gejala dapat muncul akibat tanaman tidak dapat mendapatkan nutrisi dari sistem pembuluh tanaman. Pada penelitian tersebut disebutkan *Fusarium oxysporum* mengeluarkan toksin berjenis mikotoksin dan famoniris yang menyebabkan perubahan kelenturan selaput plasma pada daun bawang merah, sehingga menyebabkan daun menjadi meliuk.

Pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah umumnya dilakukan dengan menggunakan fungisida kimia yang merupakan ancaman terbesar bagi lingkungan dan menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman (Susandi *et al.*, 2018). Menurut Mustakin dan Kas (2022), akibat dari penggunaan pestisida kimia secara terus menerus adalah pencemaran pada tanah hingga mengganggu kesehatan manusia. Alternatif pengendalian dapat dilakukan menggunakan mikroorganisme sebagai Agensi Pengendali Hayati (APH), salah satunya adalah *Streptomyces* sp. *Streptomyces* sp. merupakan mikroorganisme dari genus bakteri tanah yang memiliki potensi antibakteri dan antifungi serta menghasilkan senyawa antimikroorganisme yang mampu menghambat pertumbuhan patogen penyebab penyakit pada tanaman (Ekundayo *et al.*, 2014). Suryaminarsih *et al.*, (2015) menemukan bahwa *Streptomyces griseorubens* memiliki mekanisme antibiosis dan menghasilkan senyawa yang dapat menghambat diameter koloni dari jamur *Fusarium oxysporum*.

Penggunaan *Streptomyces* sp. sebagai APH sudah cukup banyak dilakukan. Pada penelitian Wijayanti *et al.*, (2024), *Streptomyces* sp. cukup efektif untuk mengendalikan penyakit busuk fusarium dan terbukti memiliki beberapa senyawa bioaktif seperti *d-limonene*, *ethanol*, *2-butoxy-*, *tridecane*, dan *alpha-terpineol* yang bersifat anticendawan. Pada penelitian Muthahanas *et al.*, (2017) ditemukan *Streptomyces* sp. mampu memberikan hambatan terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* dengan persentase sebesar 43% – 56%. Hambatan tersebut ditandai adanya zona bening akibat kandungan senyawa metabolit ekstra seluler hingga dua fraksi antibiotik pada kromatografi dari isolat *Streptomyces* sp.

Streptomyces sp. berperan sebagai PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) sehingga mampu meningkatkan ketahanan tanaman pada tanaman dengan menyediakan nutrisi di dalam tanah dan memproduksi siderofor dan fitohormon asam indolasetat (IAA) (Tamreihao *et al.*, 2016). Penggunaan *Streptomyces* sp. dengan kombinasi biopestisida menunjukkan hasil tidak adanya serangan patogen *Fusarium* sp. karena tanaman bawang merah memiliki tingkat ketahanan tanaman yang tinggi (Hasyidan *et al.*, 2021). *Streptomyces* sp. juga memiliki senyawa yang bekerja secara simultan dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan mengganggu permisiabilitas membran sel utama pada sel, kemudian menghambat kerja enzim dari jamur patogen sehingga menghambat pertumbuhan koloni jamur, khususnya adalah *Fusarium oxysporum* (Pranatayana dan Khalimi, 2023).

Tantangan utama dalam menggunakan dan menerapkan *Streptomyces* sp. sebagai APH yakni ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang tidak selalu mendukung, seperti adanya suhu ekstrim, kelembaban yang tinggi, hingga paparan sinar matahari secara langsung. Hambatan tersebut dapat diatasi dengan peningkatan efektifitas dari APH dengan membuat suatu formulasi aplikasi. Salah satu cara pengolahan APH yang bisa dilakukan adalah dengan metode enkapsulasi. Menurut penelitian Saputra *et al.*, (2024), formulasi enkapsulasi yang paling efisien dan efektif adalah dengan bioenkapsulasi. Formulasi bioenkapsulasi yang dibentuk dalam manik-manik atau *beads* memiliki kelebihan yakni dapat melindungi mikroorganisme saat diaplikasikan di dalam tanah sehingga dapat mengontrol pelepasannya secara berkelanjutan.

Bioenkapsulasi merupakan salah satu proses pembungkusan mikroorganisme dalam bahan penyalut yang dapat melindunginya dari berbagai kondisi lingkungan yang dianggap merugikan. Terdapat beberapa bahan penyalut yang dapat digunakan untuk proses bioenkapsulasi, yakni seperti alginat, kitosan, hingga tepung pati yang dianggap mampu meningkatkan stabilitas dan efikasi agen hidup. Sodium alginat merupakan bahan yang tidak beracun namun tetap konsisten dalam menjaga kualitas dari agen hidup yang disalut, sehingga tidak mudah terkontaminasi dan kompatibel dengan mikroorganisme (Chan *et al.*, 2011). Sodium alginat ini juga dapat larut dalam air hingga kultur mikroorganisme cair

atau membentuk butiran *hydrogel* yang stabil secara termal atau yang disebut dengan *beads*. Penyalutan agen hayati menggunakan sodium alginat dianggap mampu menjaga dan mempertahankan kelangsungan hidup bakteri selama berbagai proses penanganan hingga penyimpanan dan pelepasan mikroorganisme yang terbungkus ke dalam tanah akan terjadi secara lambat dan sifatnya tidak beracun, biodegradabilitas, biaya rendah, dan ketahanan terhadap lingkungan asam (Riseh *et al.*, 2021).

Penggunaan sodium alginat sebagai bahan penyalut agensia hayati telah banyak dilakukan untuk pengendalian patogen penyebab penyakit. Pada penelitian Phuengsanthia *et al.*, (2024), penggunaan sodium alginat sebagai penyalut untuk agens hayati *Trichoderma harzianum* mampu menghambat pertumbuhan beberapa patogen tanaman seperti *Fusarium* sp. dan *Alternaria* sp. berkisar 64,10% hingga 86,27%. Selain itu, pada penelitian Riseh *et al.*, (2021) juga menggunakan *beads* *Streptomyces fulvissimus* Uts22 dengan dosis 2 gram beads/kg tanah untuk mengendalikan patogen *Gaeumannomyces graminis* pada tanaman gandum. Keunggulan sodium alginat sebagai bahan penyalut dalam proses bioenkapsulasi dibandingkan dengan formulasi lainnya adalah bahannya dapat membentuk gel dengan mudah, memiliki kelarutan yang baik sehingga dapat digunakan dalam kondisi ringan, serta memungkinkan sel terperangkap dengan baik tanpa meningkatkan kehilangan viabilitas (Rojas-Sánchez *et al.*, 2022).

Konsentrasi sodium alginat mempengaruhi biokompatibilitas yang baik dengan mikroorganisme yang disalut. Berdasarkan penelitian Anjani *et al.*, (2025), semakin tinggi konsentrasi sodium alginat yang digunakan maka mikroorganisme dapat tumbuh lebih baik dan jumlah bakteri menjadi lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa alginat. Penelitian tersebut menunjukkan konsentrasi 3% menjadi konsentrasi yang paling sesuai untuk bioenkapsulasi. Pada penelitian Saputra *et al.*, (2023) juga menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi memiliki stabilitas yang baik dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah. Hal ini disebabkan, semakin kecil konsentrasi sodium alginat maka permukaan *beads* akan semakin longgar dan jumlah sel yang hidup akan menurun.

Pengaplikasian *beads* memerlukan waktu aplikasi yang tepat karena akan mempengaruhi hidup agensia hayati yang tersalut dan interaksinya di dalam tanah.

Hal ini ditunjukkan pada penelitian Sa'diyah *et al.*, (2017), waktu pengaplikasian agensia hayati yang kurang tepat dapat mempengaruhi ruang tumbuh dan sumber makanan untuk pertumbuhan *Trichoderma viride*, sehingga perkembangan patogen lebih tinggi. Penelitian Amaria dan Wardiana (2014) juga menunjukkan hasil aplikasi *T. virens* dan *T. amazonicum* satu minggu sebelum infeksi patogen dapat memperpanjang masa inkubasi patogen dan mampu menekan serangan penyakit.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dilakukan penggunaan beberapa konsentrasi bahan penyalut sodium alginat dan perbedaan waktu aplikasi pada proses bioenkapsulasi dengan menggunakan agens hayati *Streptomyces* sp. untuk mengendalikan penyakit layu Fusarium pada tanaman bawang merah. Sehingga, diharapkan penelitian mengenai bioenkapsulasi *Streptomyces* sp. ini mampu menjadi temuan baru dan dapat mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah dengan efektif dan efisien.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi bahan penyalut sodium alginat terhadap viabilitas *Streptomyces* sp. dan ukuran diameter *beads*?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi bahan penyalut sodium alginat terhadap efisiensi bioenkapsulasi *Streptomyces* sp. dan swelling *beads*?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi dan waktu aplikasi terhadap intensitas penyakit layu Fusarium dan pertumbuhan tanaman bawang merah di lapangan?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi bahan penyalut sodium alginat terhadap viabilitas *Streptomyces* sp. dan ukuran diameter *beads*.
2. Mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi bahan penyalut sodium alginat terhadap efisiensi bioenkapsulasi *Streptomyces* sp. dan swelling *beads*.
3. Mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi dan waktu aplikasi terhadap intensitas penyakit layu Fusarium dan pertumbuhan tanaman bawang merah di lapangan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai pengaruh perbedaan konsentrasi bahan penyalut sodium alginat terhadap efisiensi viabilitas bioenkapsulasi *Streptomyces* sp. dan perubahan ukuran diameter *beads* serta mampu mengetahui mengenai efektivitasnya dalam mengurangi tingkat serangan dan perkembangan penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah dengan faktor waktu pengaplikasianya.