

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian memungkinkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pangan melalui produksi beberapa jenis tanaman (Adbodjato *et al.*, 2024). Salah satunya adalah kacang merah yang merupakan tanaman hortikultura sayuran sering dikonsumsi oleh masyarakat. Kacang merah termasuk dalam famili Leguminosa (polong-polongan) yang berperan penting dalam sistem pangan karena memiliki kandungan nutrisi tinggi sehingga termasuk komoditas strategis. Kandungan protein dalam kacang merah sebanyak 18,2 % - 18,8 %, karbohidrat 0.8 % dan lemak 60,32 % - 61,55 % (Lewar dan Hasan, 2019). Kacang merah bermanfaat untuk menurunkan kolesterol dalam darah serta mengurangi ancaman diabetes karena indeks glikemiknya tergolong rendah, selain itu kacang merah mengandung senyawa fenolik yang digunakan sebagai antioksidan. Kacang merah adalah salah satu sumber protein nabati dengan harga murah serta tidak sulit untuk dibudidayakan sehingga kacang merah tergolong jenis kacang yang dapat mendukung peningkatan nilai gizi (Sihaloho *et al.*, 2018).

Kacang merah berpotensi secara ekonomi karena perannya dalam meningkatkan pendapatan petani/negara melalui ekspor, peningkatan gizi, pengembangan agribisnis, serta memperluas kesempatan lapangan kerja dengan mencakup pasar dalam dan luar negeri (Yanto dan Sunaryo, 2019). Produksi kacang merah di Indonesia dinilai belum stabil karena jumlahnya fluktuatif dari tahun ke tahun (Pomutao *et al.*, 2022). Terjadi penurunan tajam produksi kacang merah dari yang

awalnya mencapai 103.376 ton (tahun 2016) menjadi 61.517 ton (tahun 2019), dan akhirnya mulai sedikit meningkat menjadi 66.210 ton pada tahun 2020 (BPS, 2018; BPS, 2022). Penurunan produktivitas serta hasil panen kacang merah disebabkan oleh faktor lingkungan tidak berkelanjutan seperti penurunan kesuburan tanah (degradasi tanah) yang disebabkan oleh penggunaan pupuk kimia secara intensif dan penanaman lahan secara terus-menerus. Penurunan kesuburan tanah menyebabkan ketidakseimbangan kadar unsur hara, tanah tidak layak ditanami, serta berkurangnya mikroba tanah (Widodo *et al.*, 2019). Penurunan kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk kimia menyebabkan pencemaran agroekosistem seperti air, tanah, dan udara yang berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati serta kesehatan manusia (Riah *et al.*, 2014). Salah satu faktor yang menurunkan produktivitas adalah kacang merah sangat sensitif terhadap cekaman lingkungan seperti cekaman kekeringan menyebabkan penurunan hasil biji kacang merah (Seran & Raharjo, 2018).

Penggunaan pupuk kimia secara besar-besaran tidak dapat disangkal telah meningkatkan hasil panen dan memperbaiki pengendalian panen. Namun, penggunaan pupuk kimia mengakibatkan tanah menjadi kehilangan kesuburan dikarenakan berkurangnya kadar unsur hara (Puspawati & Haryono, 2018). Diperlukan langkah alternatif sebagai upaya mengurangi ketergantungan pupuk kimia dengan menggunakan *biofertilizer* yang berasal dari bakteri PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). PGPR merupakan bakteri tanah yang menghuni rizosfer tanaman dengan kemampuan unik seperti pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan pelarutan kalium. Bakteri PGPR dapat mengubah bentuk fosfat dan kalium tidak larut menjadi bentuk terlarut dalam tanah sehingga mudah diserap oleh tanaman serta

mengkonversi N_2 di udara menjadi NH_3 untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah (Cowdhury *et al.*, 2021).

PGPR semakin banyak digunakan untuk meningkatkan hasil panen tanaman. Aplikasi PGPR skala besar dalam budidaya digunakan untuk mengurangi kebutuhan penggunaan pestisida dan pupuk yang kimia sehingga membantu melestarikan lingkungan (Basu *et al.*, 2021). Selama beberapa dekade terakhir, para ilmuwan telah membuat langkah signifikan dalam memahami fungsi PGPR dan mikroba tanah lainnya dalam mendorong pertumbuhan tanaman. Meskipun ada kemajuan, penggunaan PGPR dan mikroba tanah masih terbatas di negara-negara berkembang (Glick, 2014).

Salah satu bakteri PGPR yaitu rhizobia dikenal karena kemampuannya dalam menjalin hubungan simbiosis dengan tanaman legum seperti kacang merah. Hubungan simbiosis antara rhizobia dengan tanaman kacang merah dinilai penting bagi produktivitas pertanian berkelanjutan (Hernandez *et al.*, 2025). Rhizobia memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman legum dengan membentuk nodul akar untuk mengikat nitrogen dari atmosfer serta menyediakan nutrisi bagi tanaman (Ojija *et al.*, 2023). Kemampuan rhizobia dalam menambat nitrogen dibantu oleh gen *nif* (*nitrogen fixation*) sedangkan untuk proses nodulasi dibantu oleh gen *nod* (*nodulation*). Rhizobia terbukti memiliki kemampuan merangsang pertumbuhan akar, melindungi tanaman dari patogen yang ditularkan melalui tanah, meningkatkan toleransi terhadap stres, dan menginduksi resistensi sistemik (Fahde *et al.*, 2023). Rhizobia juga digunakan sebagai *rhizobacteria* pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui

pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, pengembangan deaminase ACC, pengembangan siderofor, dan produksi asam indole-3-asetat (IAA) (Pravin *et al.*, 2016).

Penelitian mengenai interaksi kacang merah dan rhizobia di Indonesia tergolong sedikit dibandingkan dengan jenis kacang yang lain karena hanya ditemukan penelitian mengenai kacang merah yang dipacu pertumbuhannya oleh pupuk organik yang berasal dari bakteri PGPR (Candraningtyas & Indrawan, 2023). Penelitian yang dilakukan di Peru berhasil mengisolasi rhizobia yang berasal dari tanaman kacang merah dan dilakukan uji PGPR yaitu pelarutan fosfat, produksi IAA, dan pembentukan nodul akar (Lirio-Paredes *et al.*, 2022). Isolat rhizobia yang diisolasi dari tanaman kedelai (*Glycine max* L.) di Indonesia telah diuji kemampuan PGPR meliputi produksi IAA, pelarutan fosfat, dan uji nodulasi akar (Widawati *et al.*, 2015; Sari *et al.*, 2018; Adriantama *et al.*, 2021). Bakteri rhizobia asal kacang tanah (*Arachis hypogaea*) dilakukan proses isolasi dan uji kemampuan PGPR meliputi uji fiksasi nitrogen dan pelarutan fosfat (Suryanti *et al.*, 2024; Indriyani *et al.*, 2024). Isolasi bakteri rhizobia asal kacang tunggak (*Vigna Unguiculata* L.) telah dilakukan dan diuji kemampuan pelarutan fosfat (Aryaldi *et al.*, 2021). Penelitian rhizobia dari nodul akar tanaman putri malu dapat dimanfaatkan untuk memacu pertumbuhan nodul akar tanaman kacang hijau (Rosita *et al.*, 2025; Astija *et al.*, 2022). Penelitian mengenai identifikasi gen *nod* atau *nif* juga tergolong sedikit di Indonesia, ditemukan penelitian yang membahas mengenai identifikasi gen *nodD* serta *nifH* yang berasal dari pohon mangium dan sengon (Bait *et al.*, 2022).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan upaya agar dapat meningkatkan pertanian berkelanjutan salah satunya yaitu melakukan eksplorasi yang lebih mendalam guna menggali potensi yang dimiliki oleh rhizobia berasal dari kacang

merah (*Phaseolus vulgaris* L.) untuk meningkatkan kesuburan tanaman dan tanah. Penelitian mengenai uji kemampuan PGPR serta deteksi gen *nod* dan *nif* pada tanaman kacang merah masih jarang dilakukan. Untuk itu dilakukanlah penelitian ini guna mengkaji potensi rhizobia yang berasal dari nodul akar kacang merah mengenai kemampuan sebagai PGPR seperti fiksasi nitrogen, penghasil hormon IAA, melarutkan fosfat, serta mendeteksi keberadaan gen *nod* dan *nif* guna mengetahui isolat yang berpotensi untuk digunakan sebagai *biofertilizer*.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimanakah karakteristik isolat rhizobia baik secara makroskopis maupun mikroskopis yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.)?
- 1.2.2 Bagaimana potensi rhizobia sebagai PGPR yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.)?
- 1.2.3 Apakah gen *nodA*, *nodB*, *nodC*, *nodD*, *nifA*, dan *nifH* terdeteksi pada isolat rhizobia yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.)?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui karakteristik isolat rhizobia baik secara makroskopis maupun mikroskopis yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.).
- 1.3.2 Mengetahui potensi rhizobia sebagai PGPR yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.).

1.3.3 Mendeteksi gen nod *nodA*, *nodB*, *nodC*, *nodD*, *nifA*, dan *nifH* pada isolat rhizobia yang berasal dari nodul akar kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah serta pemahaman terhadap pembaca mengenai potensi rhizobia yang berasal dari nodul akar kacang merah sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat berfungsi sebagai pupuk alami sebagai langkah mengurangi penggunaan pupuk kimia serta sebagai pemahaman terhadap pembaca mengenai simbiosis yang terjadi antara tanaman leguminosa (polong-polongan) dengan rhizobia.