

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

#### 2.1. Tinjauan pustaka

##### 2.1.1. Kedelai (*Glycine max* L. Merr)

###### A. Klasifikasi dan morfologi kedelai (*Glycine max* L. Merr)

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetalous
Keluarga	: Leguminosae
Subfamili	: Papilionoideae
Genus	: <i>Glycine</i>
Spesies	: <i>Glycine max</i>
Nama ilmiah	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

Kedelai merupakan tanaman herba yang tumbuh tegak, berbatang pendek (30 sampai 100 cm), memiliki 3 sampai 6 percabangan, dan berbentuk tanaman perdu. Pada pertanaman yang rapat sering kali tidak terbentuk percabangan atau hanya bercabang sedikit. Batang tanaman kedelai berkayu, biasanya kaku, dan tahan rebah. Tunas atau bunga akan muncul pada ketiak daun, setelah tua, daun menguning dan gugur, mulai dari daun yang menempel di bagian bawah batang (Pitojo, 2007 dalam Lestari, 2011).

Pada buku (nodus) pertama tanaman yang tumbuh dari biji terbentuk kotiledon. Selanjutnya, pada semua buku di atasnya terbentuk daun majemuk dengan tiga helai daun. Helai daun kotiledon memiliki tangkai pendek, daun majemuk mempunyai tangkai agak panjang. Masing-masing daun berbentuk oval, tipis dan berwarna hijau. Permukaan daun berbulu halus pada kedua sisi. Tunas atau bunga akan muncul pada ketiak daun majemuk. Setelah tua, daun menguning dan gugur, dimulai dari daun yang menempel di bagian bawah batang (Verawati, 2010).

Biji merupakan komponen morfologi kedelai yang bernilai ekonomis. Bentuk biji kedelai beragam dari lonjong hingga bulat, dan sebagian besar kedelai yang ada di Indonesia berkriteria lonjong. Pengelompokan ukuran biji kedelai berbeda antar negara, di Indonesia kedelai dikelompokkan berukuran besar ( $>14$  g/100 biji), sedang (10 sampai 14 g/100 biji), dan kecil ( $< 10$  g/100 biji). Di Jepang dan Amerika biji kedelai berukuran besar jika memiliki berat 30 g/100 biji. Biji sebagian besar tersusun oleh kotiledon dan dilapisi oleh kulit biji (testa). Antara kulit biji dan kotiledon terdapat lapisan endosperm (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2016).

Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri atas akar tunggang, akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang, serta akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Perkembangan akar kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain penyiapan lahan, tekstur tanah, kondisi fisik dan kimia tanah, serta kadar air tanah (Adisarwanto, 2014).

Salah satu kekhasan dari sistem perakaran tanaman kedelai adalah adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar ini sangat berperan dalam proses fiksasi  $N_2$  yang dibutuhkan oleh tanaman dalam penyediaan unsur hara N. Hal ini yang menyebabkan kedelai tidak banyak memerlukan tambahan pupuk nitrogen pada awal pertumbuhannya (Adisarwanto, 2014).

## **B. Syarat tumbuh kedelai (*Glycine max* L. Merr)**

Kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropis. Kedelai dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas, di tempat-tempat terbuka dan curah hujan 100 sampai 400 mm per bulan. Kedelai cocok ditanam di daerah dengan ketinggian 100 sampai 500 meter di atas permukaan laut (Suhaeni, 2016).

Suhu yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kedelai berkisar antara 22 sampai 27°C. Kedelai tumbuh baik pada pH 5,5 sampai 7,0 dan pH optimal 6,0 sampai 6,5. Pada kisaran pH tersebut hara makro dan mikro tersedia bagi tanaman kedelai. Tanaman kedelai pada dasarnya sesuai untuk iklim agak kering, tetapi memerlukan kelembaban tanah yang cukup selama pertumbuhan (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2016).

Kedelai bisa ditanam pada berbagai jenis tanah. Tetapi yang paling baik adalah pada tanah yang banyak mengandung kapur dan memiliki drainase baik, karena kedelai tidak tahan terhadap genangan air (Suhaeni, 2016). Banyaknya kapur yang terkandung pada tanah yang akan di tanam kedelai akan membantu peningkatan pH tanah terutama pada tanah yang masam.

### **C. Manfaat kedelai (*Glycine max L. Merr*)**

Kacang kedelai terkenal dengan nilai gizi yang tinggi. Kacang kedelai mengandung protein lengkap, kalsium, besi, potasium dan kaya vitamin B kompleks (Verawati, 2010).

Kacang kedelai satu-satunya tumbuhan yang memiliki protein yang sangat besar karena memiliki kadar protein 11 kali lebih banyak dibandingkan susu, 2 kali lebih banyak daripada daging dan ikan, 1½ kali lebih banyak daripada keju, dan yang paling penting adalah mengandung lecithin (Joe, 2011).

Manfaat kedelai diantaranya dapat mencegah osteoporosis, kanker payudara, kanker usus besar, menurunkan kadar gula darah, penyakit tekanan darah tinggi, kolesterol dan menghambat laju pertumbuhan sel-sel kanker (Verawati, 2010).

#### **2.1.2. Fosfat tanah**

Unsur P adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Keberadaan P di tanah melimpah namun konsentrasi P yang dapat diserap oleh tanaman justru sangat rendah. Konsentrasi P tersedia di dalam tanah dipengaruhi oleh pH dan jenis tanah. Pada tanah masam P terikat dengan Al dan Fe, sedangkan di tanah alkali P terikat dengan kalsium (Ca) (Alfiah, Delita, dan Nelvia, 2016).

Ketersediaan P dalam tanah jarang melebihi 0,01% dari total P. Sebagian besar bentuk P terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Pemberian pupuk P ke dalam tanah, hanya 15 sampai 20% yang dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya akan terjerap di antara koloid tanah dan tinggal sebagai residu dalam tanah (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Efisiensi pupuk P dapat ditingkatkan dengan pemanfaatan mikroba pelarut fosfat. Mikroba tersebut selain dapat menghasilkan enzim fosfatase juga dapat mengeluarkan asam-asam organik. Asam-asam organik tersebut seperti asam sitrat, glutamat, suksinat, tartrat, format, asetat, propionat, laktonat, glukonat dan fumarat (Rao, 1994 *dalam* Setiawati, Suryatma, Hindersah, Fitriatin dan Herdiyantoro, 2014). Terdapatnya asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme pelarut fosfat di dalam tanah sangat penting artinya dalam mengurangi pengikatan P oleh unsur penjerapnya dan mengurangi daya racun Al pada tanah masam (Balai Penelitian Tanah, 2006).

### **2.1.3. Bakteri pelarut fosfat**

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan bakteri tanah yang dapat melarutkan P tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Selain meningkatkan P dalam tanah juga dapat berperan memperbaiki pertumbuhan akar dan meningkatkan serapan hara (Marsita, dkk., 2013).

BPF hidup di sekitar perakaran tanaman yaitu di daerah permukaan tanah sampai kedalaman 25 cm dari permukaan tanah. Keberadaan BPF ini berkaitan dengan banyaknya jumlah bahan organik yang secara langsung mempengaruhi jumlah dan aktivitas hidupnya (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Keberadaan BPF dari suatu tempat ke tempat lainnya sangat beragam disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu sifat biologisnya. Ada yang hidup pada kondisi masam, netral dan basa, ada yang hipofilik, mesofilik, termofilik, ada yang aerob, anaerob dan beberapa sifat lain yang bervariasi. Masing-masing memiliki sifat khusus dan kondisi lingkungan optimal yang berbeda-beda yang mempengaruhi efektivitasnya melarutkan fosfat (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok BPF yaitu *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. Berdasarkan penelitian Astuti, Lestanto dan Iman (2013) BPF mampu meningkatkan kadar N dan kadar P pada tanaman tomat. Selain itu, pemberian BPF dan bakteri penambat nitrogen (BPN) mampu dalam meningkatkan bobot basah, tinggi, kadar N dan kadar P tanaman tomat pada tanah masam.

Sukmasari, Budi dan Agung (2016) menyatakan bahwa dosis kombinasi pupuk P (18 sampai 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) dan BPF (50 kg BPF) berpengaruh nyata terhadap serapan P, efisiensi serapan hara, jumlah dan bobot ubi jalar persatuan luas.

Aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat sangat tergantung pada pH tanah. Kecepatan mineralisasi juga meningkat dengan nilai pH yang sesuai bagi metabolisme mikroorganisme dan pelepasan fosfat akan meningkat dengan meningkatnya nilai pH dari asam ke netral. Tanah-tanah yang kaya fosfat organik merupakan tanah yang paling aktif bagi berlangsungnya proses mineralisasi. Secara umum, BPF yang dominan diisolasi dari rizosfer tanah termasuk ke dalam golongan mikroorganisme aerob pembentuk spora, hidup pada kisaran pH 4 sampai 10,6 (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Bakteri *P. fluorescens* P60 dapat tumbuh pada temperatur 15 sampai 35°C dengan suhu optimumnya 30 sampai 35°C. pH pertumbuhan yaitu 5 sampai 8 dan optimum pada pH 7 sampai 8. Memberikan hasil positif terhadap pelarutan fosfat, denitrifikasi, nitrifikasi dan amonifikasi (Soesanto, Endang dan Ruth, 2011). Menurut iGEM Toulouse (2016) *P. fluorescens* strain SBW 25 memiliki rentang suhu optimum yaitu 29 sampai 37°C dan pH optimum 6,5 sampai 9. Bakteri *B. subtilis* memiliki rentang pH optimum yaitu 5 sampai 9 dan suhu optimumnya 34 sampai 37°C.

Selain sebagai BPF, *P. fluorescens* dan *B. subtilis* memiliki keunggulan lain yaitu sebagai pengendali hayati. Penelitian Setiawan (2002) *P. fluorescens* dan *B. subtilis* serta kombinasi dari kedua bakteri tersebut dapat menekan pertumbuhan *Rhizoctonia solani* secara *in vivo*. Aplikasi secara bersamaan dengan aplikasi sebanyak tiga kali memberikan hasil yang paling efektif dalam menekan penyakit *Rhizoctonia* pra tumbuh atau busuk benih, pasca tumbuh dan hawar daun. Kedua bakteri tersebut mampu menekan layu bakteri pada tanaman tomat dengan efektivitas penekanan 30 sampai 60% (Istiqomah dan Dian, 2018).

*P. fluorescens* diketahui dapat menghasilkan siderofor yaitu *pseudobactin*, *pyroverdine*, dan *pyoceline*. Senyawa ini mengikat senyawa Fe menjadi bentuk senyawa kompleks sehingga patogen tidak dapat memanfaatkan Fe untuk

perkembangannya terutama dengan lingkungan dengan Fe terbatas (Setiawan, 2002).

*B. subtilis* sebagai pengendali hayati memiliki kemampuan dalam menghasilkan endospora yang tahan terhadap panas atau dingin, juga terhadap pH yang ekstrim, pestisida, pupuk dan waktu penyimpanan. Selain itu, *B. subtilis* merupakan salah satu genus yang sangat penting untuk pengendalian hayati pada permukaan daun, penyakit perakaran maupun penyakit pascapanen (Backman, Wilson dan Murphy, 1997 dalam Setiawan, 2002).

#### **2.1.4. Derajat keasaman (pH)**

pH merupakan salah satu faktor penting yang mengatur keadaan lingkungan ion dalam tanah. Persoalan yang biasa timbul dalam tanah masam ialah kekahatan Ca, magnesium (Mg), P, tembaga (Cu) dan molibdenum (Mo), keracunan Al dan mangan (Mn), laju penguraian bahan organik sangat lambat (Notohadiprawiro, 2006).

Unsur di dalam tanah mengalami perubahan bentuk akibat perubahan reaksi di dalam tanah. Hal ini terkait dengan perubahan tingkat kelarutan senyawa dari unsur-unsur di dalam tanah dengan pH lingkungan di dalam tanah. Oleh karena itu, pH tanah bertanggung jawab terhadap ketersediaan hara bagi tanaman (Munawar, 2011).

Respirasi akan membuat kondisi tanah mengarah kepada peningkatan konsentrasi karbondioksida, yang pada akhirnya akan memacu terbentuknya asam bikarbonat dan asam karbonat. Kondisi lingkungan dimana mikroba tanah dapat hidup dengan baik sebagian besar dipengaruhi oleh pH tanah (Silvia, 2005 dalam Lumbanraja, 2018).

Kelarutan P dan ketersediaanya bagi tanaman dikendalikan oleh reaksi tanah yang kompleks, yang terpengaruh oleh pH. Ketersediaan P paling tinggi berkisar pada pH 5,5 sampai 6,8. Jika pH tanah turun dibawah 5,8, P akan bereaksi dengan Fe dan Al membentuk senyawa-senyawa P yang tidak larut, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Sebaliknya, pada tanah alkalin (pH tinggi) ion Ca dan senyawa karbonat-nya akan mengendap dengan P larut sebagai mineral Ca-P (Munawar, 2011).

Secara tidak langsung, keasaman tanah yang tinggi mempengaruhi kelarutan hara makro dan mikro. Tanah masam juga meningkatkan kelarutan unsur-unsur beracun bagi tanaman seperti Fe dan Al, sehingga meskipun jumlah pupuk P yang diberikan semakin meningkat tetapi berpotensi menurunkan produktivitas lahan (Sukmasari, dkk., 2016).

## 2.2. Kerangka pemikiran

Kedelai merupakan salah satu tanaman yang memiliki kekhasan dalam sistem perakarannya. Akar kedelai mampu bersimbiosis dengan bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar dibutuhkan oleh kedelai dalam penyediaan unsur hara N melalui proses fiksasi N<sub>2</sub>.

Selain hara N, kedelai membutuhkan P sebagai regulator pembagian hasil fotosintesis antara sumber dan organ reproduksi, pembentukan inti sel, pembelahan dan perbanyakan sel, pembentukan lemak. Disamping itu, P juga memacu kemasakan tanaman, terutama pada biji-bijian dan mengurangi masa untuk pemasakan biji (Munawar, 2011).

Kondisi lahan pertanian Indonesia didominasi oleh pH masam yang dapat menyebabkan keracunan Al, Fe dan Mn. Tingginya kandungan unsur-unsur hara tersebut akan menghambat pertumbuhan akar dan translokasi P dan Ca ke tanaman. Selain itu, ketersediaan unsur hara akan menurun. Terutama P, karena terjerap oleh Al dan Fe, sehingga diperlukan pemupukan P tambahan.

Masalah utama dalam pemupukan P pada lahan pertanian adalah efisiensinya yang rendah, karena hanya 10 sampai 30% saja dari pupuk yang kita berikan ke tanah dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini terjadi karena adanya proses pengikatan atau fiksasi P yang cukup tinggi oleh tanah terhadap pupuk yang diberikan. Tanaman menyerap P dalam tanah dalam bentuk H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> atau HPO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Dalam keadaan tanah masam, P bersenyawa membentuk P-Fe atau P-Al, sedangkan dalam keadaan tanah basa P berikatan dengan Ca sehingga menjadi bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman (Prihatini, 2003 dalam Fitriawati, 2018).

Alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dalam mengatasi terjeratnya P oleh Al dan Fe yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme pelarut

fosfat. Inokulan BPF merupakan mikroba yang diberikan pada tanaman untuk proses pelarutan P yang terikat menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Inokulan pelarut P yang diberikan yaitu *P. fluorescens* dan *B. subtilis*.

Musafa, Luqman dan Budi Prasetya (2015) menyatakan kombinasi mikoriza arbuskula (MA) dan *P. fluorescens* dengan perlakuan 30 spora MA dan  $10^9$  cfu/ml bakteri *P. fluorescens* yang diberikan pada setiap perlakuannya 4 ml/polybag mempunyai hasil yang paling optimal terhadap serapan P dan pertumbuhan jagung. Kombinasi tersebut meningkatkan serapan P yaitu sebesar 24% dan meningkatkan pertumbuhan jagung sebesar 27,59%.

Pemberian *B. subtilis* dengan bahan organik memberikan pengaruh pada tinggi tanaman, luas daun, bobot kering total tanaman dan indeks panen kedelai. Pemberian *B. subtilis* 6 ml/L dengan pupuk kandang sapi 18,5 ton/ha meningkatkan populasi *B. subtilis* sebesar 86,1% dan indeks panen 66,6%. Kerapatan *B. subtilis* ditanah yaitu sebesar  $10^6$  (Setyawan, 2017).

Penelitian A'yun, Tutung dan Mintarto (2013) pemberian 10 ml *P. fluorescens* dan *B. subtilis* dapat meningkatkan produksi pada tanaman cabai rawit. Fitriawati (2018) menyarankan untuk memberikan pupuk fosfat 30 kg/ha dan PGPR 15 ml/L untuk pertumbuhan dan hasil kacang hijau yang maksimal. Bakteri yang ada dalam PGPR tersebut yaitu *P. fluorescens* dan *B. subtilis*.

Mekanisme pelarutan P oleh BPF secara kimia, BPF akan mengekskresikan sejumlah asam organik seperti asam sitrat, malat, oksalat, malat, tarat dan malonat. Meningkatnya asam-asam organik pada tanah akan diikuti dengan penurunan pH. Penurunan pH disebabkan oleh terbebasnya asam sulfat dan nitrat. Perubahan pH berperan penting dalam kelarutan P. Selanjutnya asam organik akan bereaksi dengan bahan pengikat P, membentuk khelat stabil sehingga P terlepas oleh unsur penjerapnya dan mengurangi racun Al pada tanah masam (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Secara biologi, BPF akan menghasilkan enzim fosfatase. Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman. Enzim fosfatase ini akan memutus fosfat

yang terikat oleh senyawa-senyawa organik menjadi bentuk tersedia (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Meningkatnya ketersediaan P di tanah akan membuat fungsinya sebagai regulator antara sumber dan organ reproduksi dalam penyebaran hasil fotosintesis semakin baik. Selain itu, ketersediaan yang cukup akan mendukung pembentukan inti sel, pembelahan dan perbanyakan sel, pembentukan lemak serta pemasakan biji.

Berdasarkan uraian tersebut, melalui penelitian ini akan diperoleh interaksi tentang pengaruh antara bakteri pelarut fosfat pada berbagai pH tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr).

### **2.3. Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, hipotesis yang digunakan sebagai berikut: terjadi interaksi antara bakteri pelarut fosfat pada berbagai pH tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr).