

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kedelai (*Glycine max* L.)

Kedelai merupakan salah satu tanaman semusim yang berbentuk semak rendah dan memiliki biji berkeping dua yang terbungkus kulit biji serta tidak mengandung jaringan endosperma. Tinggi tanaman kedelai berkisar antara 40–50 cm, sedikit atau banyaknya cabang pada tanaman kedelai dipengaruhi oleh jenis kultivar dan lingkungan hidupnya (Binardi, 2014). Tanaman kedelai merupakan salah satu sumber protein nabati yang mengandung 39% protein (Pantilu dkk., 2012).

Menurut Adisarwanto (2010) tanaman kedelai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisio : *Spermatophyta*
Subdivisio : *Angiospermae*
Kelas : *Dicotyledonae*
Famili : *Leguminosae*
Genus : *Glycine*
Spesies : *Glycine max* (L.) Merril

Morfologi tanaman kedelai tersusun oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji. Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar mesofil. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu

akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang (Adisarwanto, 2010). Akar kedelai dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium japonicum* dan membentuk bintil akar. Bintil akar berfungsi dalam proses fiksasi N_2 udara yang menghasilkan nitrat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kedelai (Andrianto dan Indarto, 2004).

Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliolate leaves*) yang tumbuh selepas masa pertumbuhan (Adisarwanto, 2010). Tanaman kedelai memiliki daun *trifoliolate* atau bertangkai tiga. Warna daun tanaman kedelai dibedakan menjadi hijau muda, hijau dan hijau tua (Suhartina dkk., 2012).

Tanaman kedelai memiliki batang yang lunak. Pertumbuhan batang tanaman kedelai dibedakan atas dua tipe yaitu tipe determinate dan indeterminate (Fachruddin, 2000). Pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan dengan pucuk batang tanaman masih dapat tumbuh daun, meskipun tanaman sudah mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak dapat tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga (Adisarwanto, 2010).

Kedelai memiliki bunga yang menyerupai kupu-kupu, tangkai bunga tumbuh dari ketiak tangkai daun. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung pada kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai (Adisarwanto, 2010). Warna bunga kedelai yaitu putih dan

ungu, merupakan bunga sempurna, dan memiliki alat reproduksi jantan dan betina dalam satu tempat (Suhartina dkk., 2012).

Polong kedelai terbentuk 7–10 hari setelah munculnya bunga pertama. Warna polong masak dan ukuran biji antara posisi polong paling bawah dan paling atas akan sama selama periode pemasakan polong optimal yaitu berkisar antara 50–75 hari. Periode waktu tersebut dianggap optimal untuk proses pengisian biji dalam polong yang terletak di sekitar pucuk tanaman (Rachman dkk., 2013). Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Biji dalam polong biasanya berjumlah 2-3 biji, setiap biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi mulai dari kecil (sekitar 7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji) dan besar (>13 g/100 biji) (Adisarwanto, 2010).

Kedelai varietas Dering 1 dilepas pada 25 September 2012 memiliki tinggi tanaman rata-rata ± 57 cm, umur masak polong ± 81 hari, umur berbunga ± 35 HST (hari setelah tanam), tipe pertumbuhan determinate, warna daun hijau, rata-rata jumlah polong ± 38 per tanaman, potensi hasil 2,8 ton/ha, rata-rata hasil biji 2,0 ton/ha, serta memiliki berat biji 10,7 gram/100 biji dengan biji ukuran sedang (Balitkabi, 2016).

2.2. Pemeliharaan Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai pada umumnya ditanam setelah panen padi yaitu pada saat irigasi dihentikan atau saat menjelang kemarau tiba (Pantilu dkk., 2012). Pemeliharaan tanaman kedelai meliputi penyiraman, penyulaman, pengendalian

gulma, hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari yaitu pada pagi hari dan sore hari kecuali hujan. Penyulaman dilakukan seminggu setelah tanam untuk menggantikan bibit yang mati dan kurang baik pertumbuhannya. Pengendalian gulma dilakukan secara mekanik sekaligus untuk pengemburan dan pembumbunan. Pengendalian hama dan penyakit dapat dilakukan dengan menggunakan insektisida. Pemanenan tanaman kedelai dilakukan ketika tanaman mengering, berwarna kuning, batang mulai mengeras, polong keras dan berubah warna menjadi kecoklatan dengan cara memotong pangkal tanaman (Marliahdkk., 2012). Penyulaman tanaman kedelai dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 7 hari setelah tanam. Selanjutnya proses penyiangan dilakukan agar gulma tidak mengganggu pertumbuhan tanaman kedelai. Penyiraman dilakukan setiap hari atau disesuaikan dengan kondisi tanah. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan apabila tanaman kedelai terkena penyakit atau terserang hama. Selanjutnya proses panen dilakukan pada saat tanaman berumur 83 hari setelah tanam (Binardi, 2014).

2.3. Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

Syarat tumbuh tanaman kedelai diantaranya adalah suhu, panjang hari, kelembaban dan curah hujan. Fluktuasi suhu udara selama proses pertumbuhan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Bila dibandingkan dengan musim hujan pertumbuhan tanaman kedelai pada musim kemarau dengan suhu udara sekitar 20-30⁰C dianggap lebih optimal dengan kualitas biji lebih baik. Lamanya panjang hari merupakan salah satu faktor penyebab rendahnya tingkat

produksi kedelai. karena sifat tanaman kedelai yang peka terhadap lama penyinaran sinar matahari. Kelembaban udara berpengaruh langsung terhadap proses pemasakan biji kedelai karena semakin tinggi kelembaban proses pemasakan polong akan semakin cepat sehingga proses pembentukan biji menjadi kurang optimal. Curah hujan untuk memenuhi kebutuhan air selama pertumbuhan tanaman kedelai sekitar 350-550 mm, kekurangan atau kelebihan air akan berpengaruh terhadap produksi kedelai (Adisarwanto, 2010). Kebutuhan air tanaman kedelai yang dipanen pada 80-90 hari yaitu berkisar antara 360-405 mm (Sumarno dan Manshurl, 2013). Proses penyerapan air paling tinggi yaitu pada stadia generatif atau saat mulai muncul bunga hingga polong terisi penuh (Adisarwanto, 2010).

Suhu optimum perkecambahan kedelai yaitu 20-23⁰C, apabila suhu terlalu rendah menyebabkan perkecambahan menjadi lambat, sedangkan jika suhu terlalu tinggi akan menyebabkan banyak biji yang tidak berkecambah karena mati akibat respirasi terlalu tinggi (Rachman dkk., 2013). Suhu optimum pertumbuhan vegetatif kedelai 23-26⁰C, semakin meningkatnya suhu akan menghambat pertumbuhan vegetatif kedelai karena enzim *RuBisCo* (*Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase oxygenase*) mengikat oksigen sehingga memacu fotorespirasi yang menyebabkan kehilangan karbon dan nitrogen akibatnya akan menghambat pertumbuhan (Taufiq dan Sundari, 2012). Fase pembungaan tanaman kedelai membutuhkan suhu optimum 24-25⁰C. Jika suhu fase pembungaan terlalu rendah dapat menghambat proses pembungaan sehingga menyebabkan menurunnya produksi polong, sebaliknya jika suhu terlalu tinggi akan menyebabkan bunga

mudah rontok. Pembentukan biji optimum yaitu pada suhu 21-23⁰C serta pematangan biji pada suhu 20-25⁰C. Suhu yang tinggi akan menyebabkan aborsi polong sedangkan suhu yang terlalu rendah menyebabkan terhambatnya pembentukan polong (Sumarno dan Manshurl, 2013).

2.4. Karakteristik Tanah Inceptisol/Regosol

Inceptisol merupakan tanah yang belum banyak mengalami perkembangan profilnya, sehingga solum tanahnya tidak lebih dari 25 cm, mengandung bahan yang belum atau masih mengalami pelapukan. Tanah inceptisol berwarna kelabu, coklat atau coklat kekuningan. Sifat-sifat tanah inceptisol yaitu memiliki tekstur kasar, yaitu pasir hingga lempung berdebu, struktur remah dan memiliki konsistensi tanah lepas sampai gembur serta memiliki nilai pH 6-7. Kandungan unsur P dan K yang masih segar dan belum siap diserap oleh tanaman (Adisarwanto, 2010). Inceptisols merupakan ordo tanah dengan ciri-ciri bersolum tebal antara 1,5-10 meter di atas bahan induk, bereaksi masam dengan pH 4,5-6,5 dan kejenuhan basa dari rendah sampai sedang. Tekstur solum umumnya adalah liat serta memiliki kesuburan dan sifat kimia inceptisol relatif rendah (Sudirja, 2007).

Tanah inceptisol memiliki ciri-ciri diantaranya yaitu teksturnya berlempung, reaksi tanah agak masam hingga agak alkali, kandungan dan cadangan hara relatif sedang serta memiliki nilai kapasitas tukar kation tanah sedang sampai tinggi. Tanah inceptisol pada umumnya memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah dan kadar bahan organik rendah (Nurdin, 2012). Jumlah basa-basa dapat ditukar

diseluruh lapisan tanah inceptisol tergolong sedang sampai tinggi. Kompleks absorpsi didominasi ion Mg dan Ca, dengan kandungan ion K relatif rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) sedang sampai tinggi di semua lapisan serta memiliki kejenuhan basa (KB) rendah sampai tinggi (Damanik dkk., 2011).

2.5. Sifat Logam Berat Besi (Fe)

Logam berat termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Kriteria logam berat yaitu memiliki spesifik yang sangat besar (lebih dari empat), mempunyai nomor atom 22-24 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida, mempunyai respon biokimia khas pada organisme hidup serta limbah logam berat yang lepas ke lingkungan pada dasarnya dapat merusak ekosistem lingkungan. Pemakaian zat besi dalam jumlah yang berlebihan akan bersifat toksin, karena besi akan berikatan dengan peroksida yang akan menghasilkan radikal bebas (Asip dkk., 2008). Logam berat besi (Fe) merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, akan tetapi jika tersedia dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Logam berat seperti Fe, Pb, Zn, Al dan Cu mudah larut dan sangat mobil pada $\text{pH} < 5$. Sedangkan pada $\text{pH} 6,5-7$ merupakan nilai pH yang sangat ideal, dimana unsur-unsur hara akan relatif banyak tersedia pada pH tersebut. Unsur-unsur seperti Al, Mn dan Fe akan bersifat racun jika nilai pH rendah. Persenyawaan logam berat Fe bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan tetapi juga terhadap hewan dan manusia (Ika dkk., 2012).

Sifat-sifat logam berat yaitu sulit terurai, sehingga mudah terakumulasi. Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang diakibatkan apabila logam berat diberikan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, tetapi sebagian dari logam berat tersebut tetap dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil. Bila kebutuhan yang sangat sedikit itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidup tanaman (Sudarmaji dkk., 2006). Besi merupakan logam berat yang dibutuhkan dalam proses untuk menghasilkan oksidasi enzim *cytochrome*. Logam besi akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal. Kandungan logam berat yang menumpuk di bagian tanaman akan berpengaruh pada kehidupan tanaman (Ika dkk., 2012).

2.6. Logam Berat Besi (Fe) bagi Tanaman

Unsur hara besi merupakan unsur hara mikro esensial yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Tanaman menyerap besi dalam bentuk Fe^{2+} , Fe^{3+} , dan $NaFeEDTA$. Unsur hara besi meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil harus tetap ada karena mempunyai peranan atau fungsi yang penting. Fungsi unsur hara besi dalam tanaman adalah dapat mempertahankan klorofil dalam daun, sebagai protein *ferredoxin* dalam metabolisme seperti fiksasi N_2 , fotosintesis, dan transfer elektron dalam kloroplas tanaman (Amilia, 2011). Jumlah logam berat dalam jaringan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu konsentrasi

logam berat dalam larutan tanah, mobilitas ion logam berat ke zona perakaran serta pergerakan logam berat dalam jaringan tanaman. Tanah mempunyai kapasitas sangga yang terbatas terhadap logam berat, kapasitas sangga tanah terhadap logam berat ini dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya pH, kandungan bahan organik dan kapasitas tukar kation. Pergerakan logam berat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu keberadaan pupuk anorganik yang dapat mempercepat pergerakan logam berat atau tidak dapat menghalangi laju ion logam berat dari sistem larutan tanah ke jaringan tanaman karena sifat pupuk anorganik yang tidak memiliki senyawa kompleks (Hayati, 2010).

2.7. Toksisitas Logam Besi (Fe)

Gejala toksisitas Fe pada tanaman beragam dan umumnya adalah adanya bercak coklat dari daun yang diikuti dengan pengeringan. Gejala visual yang khas berhubungan dengan proses toksisitas Fe, terutama terjadinya akumulasi *polyphenol-teroksidasi* yang *bronzing* atau *yellowing*. Karena mobilitas Fe yang rendah dalam tanaman, gejala khas dimulai bercak berwarna coklat kemerahan dari daun tua yang kemudian meluas dan daun menjadi kering. Gejala keracunan besi dapat ditandai dengan adanya bercak berwarna tembaga kemudian meluas keseluruh daun, perkembangan gejala selanjutnya ujung daun menjadi kuning - jingga dan daun menjadi kering (Noor dkk., 2012). Keracunan Fe pada tahap vegetatif menyebabkan menurunnya tinggi dan berat kering tanaman,

berkurangnya anakan serta berkurangnya klorofil tanaman sedangkan pada fase generatif akan menyebabkan menurunkan produksi tanaman (Fageria dkk., 2008).

Toksisitas Fe pada tanaman disebabkan oleh tingginya kadar Fe dalam jaringan tanaman, dan tergantung pada varietas atau kepekaan tanaman. Batas kritis kadar Fe dalam tanaman padi yang menyebabkan toksisitas Fe yaitu berkisar antara 300-500 ppm (Sahrawat, 2010). Nozoe dkk., (2008) menunjukkan bahwa batas kritis toksisitas Fe pada tanaman padi berkisar antara 500-2000 ppm Fe.

Batas kritis konsentrasi Fe dalam larutan tanah yang menyebabkan keracunan besi yaitu sekitar 100 ppm pada pH 3,7 dan 300 ppm atau lebih tinggi pada pH 5,0 (Sahrawat dkk., 2010). Menurut Majerus dan Mehraban (2008) kadar besi dalam larutan hara 250-500 ppm dengan pH 4,5-6,0 akan meningkatkan secara nyata kadar Fe dalam jaringan dan menunjukkan gejala keracunan pada tanaman. Konsentrasi Fe dalam larutan hara lebih dari 250 ppm akan menunjukkan gejala keracunan besi dan menurunnya pertumbuhan tanaman (Dorlodot dkk., 2005).

Mekanisme terjadinya toksisitas Fe dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel-sel akar terhadap ion Fe^{2+} seiring dengan meningkatnya proses reduksi Fe di daerah perakaran tanaman, sehingga penyerapan ion ferro meningkat pesat (Nozoe dkk., 2008). Mekanisme keracunan besi dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel-sel akar terhadap ion Fe^{2+} seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroba pereduksi Fe di daerah perakaran tanaman sehingga penyerapan ion ferro meningkat pesat. Reduksi Fe^{3+} yang terjadi di daerah perakaran secara terus

menerus menyebabkan rusaknya oksidasi Fe sehingga influks Fe^{2+} tidak terkendali masuk dalam perakaran tanaman (Makarim dkk., 1989).

Kadar besi larutan tanah tinggi dapat mengakibatkan ketidakseimbangan hara mineral yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Audebert, 2006). Sebagai unsur esensial yang dibutuhkan oleh tanaman, besi memiliki banyak peran penting dalam proses metabolisme tanaman. Tetapi, besi akan bersifat toksik ketika terakumulasi dalam jumlah besar dalam jaringan tanaman (Effendi dkk., 2015).

2.8. Kompos

Kompos merupakan salah satu contoh bahan organik yang dapat membuat tanah menjadi lebih gembur atau berongga sehingga dapat meningkatkan kandungan oksigen tanah dan juga dapat menambah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman (Subowo, 2011). Kompos mempunyai kandungan hara makro, mikro, zat pengatur tumbuh (ZPT) serta asam-asam organik yang baik, kandungan tersebut akan berfungsi secara baik jika berinteraksi dengan mikroba dan fauna tanah sebagai dekomposer yang tepat (Muzaiyanah dan Subandi, 2016).

Kompos sering digunakan sebagai sumber bahan organik dalam budidaya tanaman dan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Kompos sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Selain itu, juga dapat meningkatkan produksi tanaman, memperbaiki ekosistem tanah, serta dapat mencegah pelindian hara karena bahan organik dapat mengikat ion dan memiliki sifat immobilisasi unsur N dan P (Sarawa dkk., 2014). Pemberian kompos dapat

meningkatkan tinggi tanaman, kandungan protein, lemak biji kedelai, jumlah bunga, jumlah bintil akar, jumlah polong, bobot kering brangkasan, serta bobot kering akar (Hanum, 2013).

Sumber bahan organik dapat berasal dari berbagai biomasa, seperti sisa tanaman atau hewan. Bahan organik memiliki kandungan atau komposisi unsur hara yang berbeda-beda. Sumber bahan organik adalah pupuk kandang dan kompos. Dosis pupuk organik yang direkomendasikan untuk tanaman kedelai yaitu 20-30 ton/ha. Pemberian bahan organik yang terlalu banyak akan menyebabkan tanah menjadi masam, sebaliknya apabila diberikan dalam jumlah sedikit tidak akan memberikan pengaruh yang nyata (Efendi, 2010).

Ciri-ciri kompos yang baik adalah kompos yang sudah mengalami proses pelapukan dengan ciri warna yang berbeda dengan warna bahan pembentuknya, tidak berbau, kadar air rendah, dan mempunyai suhu ruang. Kompos memiliki banyak manfaat diantaranya yaitu; 1. Menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman, 2. Menggemburkan tanah, 3. Memperbaiki struktur dan tekstur tanah, 4. Memudahkan pertumbuhan akar tanaman, 5. Menyimpan air tanah lebih lama, 6. Meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia, 7. Meningkatkan daya ikat tanah terhadap air serta 8. Meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme tanah (Yuniwati dkk., 2012).

2.9. Kompos sebagai Pengikat Logam Berat

Kompos merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk meminimalisasi logam berat. Kompos disebut juga bahan organik matang yang

telah mengalami proses pengolahan dan perombakan oleh bakteri dan mikroorganisme sehingga mengandung humus. Kompos dapat digunakan untuk mengurangi cemaran logam berat konsentrasi tinggi karena mengandung humus. Mekanisme penghilangan logam berat oleh humus yaitu dengan membentuk senyawa kompleks serta *chelate* sehingga logam tersebut sulit untuk bebas (Hayati, 2010). Menurut Yuniwati dkk., (2012) dengan penambahan kompos dapat meningkatkan nilai pH. Tanah yang memiliki nilai pH rendah akan mengakibatkan kandungan Al, Fe dan Mn terlarut tinggi yang dapat meracuni tanaman, sehingga dengan pemberian kompos dapat menurunkan tingkat kelarutan logam. Pemberian kompos dapat mempengaruhi ketersediaan dan kelarutan fosfat (P) dan kalium (K) yaitu melalui hasil dekomposisinya yang menghasilkan asam-asam organik yang mempunyai sifat mengikat ion Al dan Fe dalam tanah yang kemudian akan membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Sehingga konsentrasi Al dan Fe yang bebas akan berkurang dan fosfat serta kalium yang tersedia akan lebih banyak (Simanjuntak dkk., 2015).

Bahan organik yang ada di dalam tanah seperti kompos selain dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi juga dapat mengurangi racun logam berat dengan cara bereaksi dengan logam berat membentuk senyawa kompleks (*organo metallic complex*). Penambahan bahan organik seperti kompos ke tanah yang terpapar dengan ion-ion logam berat merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki nilai pH dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, agar unsur logam berat tersebut terikat secara kuat dalam sistem larutan tanah membentuk kompleks (Hayati, 2010). Peran bahan organik yaitu meningkatkan ketersediaan dan

mengurangi keracunan unsur mikro. Peran tersebut disebabkan oleh bahan organik mengandung sejumlah senyawa organik (asam humat dan asam fulfat) yang berfungsi untuk mengkompleks (mengkelat) ion-ion logam. Sebagian tanah fraksi terlarut hara mikro Fe, Zn, Cu dan Mn dapat kahat karena unsur-unsur tersebut sukar larut. Bahan organik berfungsi mengkelat unsur-unsur tersebut dan dapat meningkatkan kelarutannya dalam tanah sehingga membantu mempertahankan hara mikro terlarut pada tingkat mencukupi (Estiaty dkk., 2005).