

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dan hormon yang diperlukan oleh suatu tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Gardner *et al.*, 2008). Pertumbuhan tanaman kedelai dibagi menjadi dua fase (stadia), yaitu fase vegetatif dan fase reproduktif (generatif). Stadia pertumbuhan vegetatif dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah sampai saat mulai berbunga. Stadia perkecambahan dicirikan dengan adanya kotiledon yang terangkat ke permukaan tanah, kemudian dua lembar daun primer terbuka pada umur 2-3 hari perkecambahan. Penandaan stadia pertumbuhan vegetatif dihitung dari jumlah buku yang terbentuk pada batang utama yang telah memiliki daun terbuka penuh (Unifoliolat). Stadium ini berlangsung setelah tanaman berumur satu minggu, akar – akar cabang dari akar sekunder sudah mulai tumbuh. Oleh sebab itu, tanaman perlu hara yang cukup terutama Nitrogen sebagai stater pertumbuhan. Fase ini berakhir jika satu bunga telah terbentuk pada batang utama (Adie dan Krisnawati, 2007).

Fase generatif dimulai dengan terbentuknya satu bunga yaitu pada umur 25-35 HST dan diakhiri jika 95% polong telah matang setelah tanaman berumur 80 hari yang dicirikan, warna polong sudah coklat, sebagian daun menguning dan kering sehingga apabila terlambat panen, daun akan gugur. Jumlah polong kedelai bervariasi tergantung dari varietas, kesuburan tanah, dan jarak tanam. Satu batang tanaman kedelai yang tumbuh tersendiri pada tanah subur dapat menghasilkan 100-125 polong. Periode kritis tanaman kedelai ialah pada periode pengisian biji. Apabila terdapat gangguan dalam periode ini akan berakibat pada berkurangnya hasil. Salah satu faktor yang mempengaruhi berkurangnya hasil tersebut yaitu kebutuhan air yang tidak tercukupi. Menurut Han *et al* (2006), kekurangan atau kelebihan air pada awal perkembangan polong mengakibatkan lebih banyak bunga, polong yang gugur sedangkan apabila terjadi selama akhir dari stadia pengisian polong mengakibatkan berkurangnya pengisian biji.

2.2 Dampak Penggunaan Pupuk Anorganik pada Kesuburan Tanah

Pupuk anorganik adalah pupuk yang dibuat oleh pabrik pupuk dengan menggunakan bahan kimia anorganik berkadar hara tinggi. Bahan baku pembuatan pupuk anorganik dapat berupa bahan mineral atau senyawa kimia yang kemudian direkayasa menjadi bentuk senyawa kimia yang dapat diserap oleh tanaman. Dengan demikian, fungsi utama pemupukan anorganik adalah sebagai penambah unsur hara bagi tanaman. Unsur hara yang umum dijumpai dalam pupuk anorganik adalah unsur N, P dan K (Novizan, 2005). Kandungan dalam pupuk kimia bermacam-macam dan sebagian besar mengandung unsur pembawa. Unsur pembawa tersebut berupa molekul kimiawi yang diketahui berdampak buruk bagi kesuburan tanah. Seperti yang telah diketahui bahwa pupuk kimia adalah zat substitusi yang dibutuhkan tanaman, sehingga sangat penting keberadaannya. Tidak semua zat tersebut dapat diserap oleh tanaman, sebagian molekul kimiawi akan merusak regenerasi humus dan sebagian yang lainnya akan hilang karena penguapan dan pencucian yang terbawa oleh air hujan (Romli, 2012).

Kebutuhan unsur hara pada tanaman budidaya sering dipenuhi melalui pemupukan anorganik. Beberapa manfaat dan keunggulan pupuk anorganik antara lain: mampu menyediakan unsur hara dalam waktu relatif lebih cepat, menghasilkan unsur hara tersedia yang siap diserap tanaman, kandungan jumlah unsur hara lebih banyak, tidak berbau menyengat, praktis, mudah diaplikasikan, dan lebih mudah didapatkan tetapi harganya relatif mahal (Chan *et al.*, 2013). Namun demikian, penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus selalu diikuti dengan masalah lingkungan, baik terhadap kesuburan biologis maupun kondisi fisik tanah serta dampak pada konsumen (Dewanto *et al.*, 2013). Reaksi pupuk dalam tanah cenderung menurunkan pH tanah dan menyebabkan unsur hara banyak yang tidak tersedia bagi tanaman. Kebanyakan unsur hara dapat diserap tanaman pada kisaran pH agak netral hingga netral (Syekhfani, 1997). Hal ini mengakibatkan pemupukan anorganik menjadi tidak efisien dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman. Perubahan pH tanah juga berdampak pada penurunan populasi dan keanekaragaman hayati tanah, pada umumnya kelompok

biota yang menjalankan fungsi tertentu tidak dapat berkembang sehingga menurunkan peran komunitas biota tersebut dari ekosistem.

2.3 Kebutuhan Unsur Hara pada Tanaman Kedelai

Nitrogen adalah unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman sebagai penyusun dari semua protein dan asam nukleat atau penyusun protoplasma secara keseluruhan. Biomassa tanaman rata-rata mengandung N sebesar 1-2 %. Pada umumnya, nitrogen diambil oleh tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), tetapi nitrat yang terserap segera tereduksi menjadi amonium melalui enzim yang mengandung molibdenum. Nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar. Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen (N_2) di atmosfer melalui aktifitas bakteri pengikat nitrogen, yakni *Rhizobium japonicum*, yang besimbiosis didalam akar tanaman melalui nodul atau bintil akar. Tanaman kedelai dikenal sebagai sumber protein nabati karena kadar protein dalam biji kedelai lebih dari 40%. Semakin besar kadar protein dalam biji, maka semakin banyak kebutuhan nitrogen sebagai bahan utama protein. Untuk memperoleh hasil biji 2,5 ton ha^{-1} , diperlukan nitrogen sebanyak 200 kg ha^{-1} . Dari jumlah tersebut, sekitar 120-130 kg dipenuhi dari kegiatan fiksasi nitrogen (Bintang dan Lahuddin, 2007).

Fosfor berperan dalam pembelahan sel, dan juga untuk perkembangan jaringan meristem yang dapat merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah. Pada umumnya, P diserap tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- . Unsur P sebagian besar berasal dari pelapukan batuan mineral alami dan bahan organik. Tanaman kedelai membutuhkan P dalam jumlah besar dimana setiap 2,5 ton biji ha^{-1} memerlukan 16 kg P ha^{-1} . Periode kebutuhan terbesar pada saat awal pembentukan biji yaitu ± 10 hari sebelum polong berisi dan berkembang penuh. Jumlah P yang perlu diberikan pada tanaman kedelai adalah 35-59 kg ha^{-1} , setara dengan pemberian pupuk fosfor yang mengandung 36% unsur P sebanyak 100-200 kg ha^{-1} (Novizan, 2005).

Kalium penting dalam proses metabolisme dalam tanaman, yakni dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion ammonium, membantu potensial

osmotik dan pengambilan air yang mempunyai pengaruh pada pembukaan dan penutupan stomata. Kemampuan tanaman mendapatkan K sangat bervariasi, tergantung sifat-sifat tanah, antara lain bahan induk tanah, susunan mineral dan proses pelapukan. Kalium ditemukan dalam jumlah yang banyak didalam tanah, tetapi hanya sebagian kecil yang digunakan oleh tanaman ialah yang larut dalam air atau yang dapat dipertukarkan dalam koloid tanah. Tanaman menyerap K dalam bentuk K^+ . Tanaman kedelai menyerap unsur hara K yang paling banyak untuk berpatisi dalam biji, terbukti dengan kandungan K_2O sekitar 20 kg pada setiap 1000 kg biji kedelai. Perkecambahan kedelai tidak memerlukan kalium dalam jumlah besar, namun tingkat serapannya semakin meningkat pada fase vegetatif dengan kebutuhan kalium terbesar pada fase pengisian biji. Pertanaman kedelai menunjukkan respon yang baik pada pemupukan 100 kg $K\ ha^{-1}$ yang diaplikasikan 1/3 saat tanam, 1/3 pada fase inisiasi bunga dan 1/3 pada pengisian biji (Hardjowigeno, 1992).

2.4 Peran Pupuk Kandang pada Tanah dan Tanaman

Pupuk kandang sapi ialah pupuk organik yang berasal dari limbah sapi. Pupuk kandang merupakan pupuk yang penting di Indonesia. Selama ini, limbah sapi yang seringkali dimanfaatkan ialah kotoran dalam bentuk padat saja sebagai pupuk organik. Sedangkan kotoran dalam bentuk cair atau urine belum terlalu banyak dimanfaatkan.

Nilai pupuk kandang tidak saja ditentukan oleh kandungan nitrogen, asam fosfat, dan kalium saja, tetapi karena mengandung hampir semua unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman serta berperan dalam memelihara keseimbangan hara dalam tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan daya ikat air, kapasitas tukar kation, dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme (Huang *et al.*, 2011). Pupuk kandang sapi mengandung bahan organik sebesar 16 %. Pada kotoran sapi padat juga terkandung unsur hara makro dan mikro, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan Unsur Hara Makro dan Mikro Kotoran Sapi Padat

Unsur Makro	N	P	K	Ca	Mg	S
	0,95	1,15	1	6,8	2,68	1,23
Unsur Mikro	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	0,04	0,01	0,09	0,02	0,002	0,04

Sumber : (Gomes and Miguel, 2010)

Kotoran sapi termasuk pupuk dingin. Proses perubahannya berlangsung lambat dan sedikit terbentuk panas. Lambatnya proses pelapukan disebabkan karena sifat fisik pupuk padatnya yang banyak mengandung air dan lendir. Dengan adanya lendir tersebut, maka apabila terkena udara akan mengakibatkan pupuk menjadi berkerak (bagian luarnya mengering) dan oksidasi di dalam pupuk berlangsung lambat karena udara dan air menjadi sulit masuk ke dalamnya (Triwulaningrum, 2009). Ciri-ciri pupuk kandang yang baik dapat dilihat secara fisik atau kimiawi. Ciri fisiknya ialah berwarna coklat kehitaman, cukup kering, tidak menggumpal dan tidak berbau menyengat. Ciri kimiawinya ialah memiliki C/N ratio kecil (bahan pembentuknya sudah tidak terlihat dan suhunya relatif stabil).

Pupuk kandang memiliki beberapa manfaat bagi tanah dan juga tanaman. Selain berfungsi untuk menyediakan unsur hara, pupuk kandang juga memiliki daya ikat ion tinggi, sehingga mampu mengefektifkan penggunaan pupuk organik dengan meminimalkan terjadinya kehilangan pupuk anorganik akibat penguapan atau tererosi oleh air hujan (Siregar dan Hartatik, 2011). Penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus tanpa diimbangi dengan penambahan bahan organik dapat merusak sifat fisik tanah. Kurniawan (2010) menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang secara terus menerus dapat menyebabkan tanah menjadi gembur, mudah diolah dan menyimpan air lebih lama, sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman kedelai. Peningkatan dosis pupuk kandang secara nyata mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah karena pupuk kandang memiliki kandungan bahan organik tinggi, sehingga semakin tinggi pemberian bahan organik pada tanah maka akan meningkatkan kandungan bahan organik pada tanah itu sendiri (Syukur, 2008). Menurut Triwulaningrum (2009), pupuk kandang sapi nyata meningkatkan hasil bobot segar edamame. Pupuk kandang sapi dengan dosis 20 ton ha⁻¹ mampu menghasilkan rerata bobot segar

polong edamame 8,02 ton ha⁻¹, dari pupuk kandang sapi 10 ton ha⁻¹ menghasilkan rerata bobot segar edamame 7,34 ton ha⁻¹ sedangkan tanpa pupuk kandang sapi hanya menghasilkan rerata bobot segar hasil edamame 6.62 ton ha⁻¹.

2.5 Peran *Crotalaria juncea* L. pada Tanah dan Tanaman

Tanaman orok-orok merupakan tanaman kacang-kacangan yang terdiri dari beberapa spesies. Diantaranya *Crotalaria juncea* L yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pupuk hijau. *C. juncea* termasuk tanaman herba yang memiliki perakaran yang panjang dan kuat dan memiliki banyak akar lateral yang telah berkembang dengan baik. Akar *C. juncea* bercabang dengan panjang sekitar 2,5 cm serta terdapat bintil-bintil akar. *C. juncea* memiliki batang tegak mencapai 1-3 m dengan percabangan berbentuk silinder dan beralur. *C. juncea* berdaun tunggal, bergaris lurus, berbentuk 4 persegi panjang atau bulat panjang, memiliki tangkai daun pendek yang berbulu halus dengan panjang 4-10 cm dan lebar 1,5-2,5 cm. Bunga *C. juncea* tumbuh dalam satu tangkai secara bersama-sama dengan panjang tangkai 8-20 cm, daun mahkota berwarna kuning dengan paruh membelit berpilin. Daun dan bunga *C. juncea* mengandung 50% dari total nitrogen yang diproduksi. Buah *C. juncea* berbentuk polong tunggal, dengan panjang 3-6 cm, lebar 1-2 cm, tiap polong berisi 6-15 biji, berbentuk hati, panjang mencapai 6 mm dan berwarna coklat kehitaman.

Tanaman *C. juncea* ini, umumnya tumbuh liar sebagai gulma pada lahan pertanian, juga merupakan tumbuhan yang tidak dibudidayakan yang sering ditemukan di sepanjang jalan, di sekitar semak-semak pohon, maupun padang rumput terbuka. Tanaman *C. juncea* disamping menghasilkan biomassa yang tinggi juga mempunyai kandungan N tinggi (3,01 % N). Kemampuan tanaman ini dalam meningkatkan kadar N tanah yaitu karena memiliki bintil-bintil akar yang dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. yang memiliki kemampuan menambat N dari udara. Selain itu, kontribusi penambahan bahan organik melalui pembenaman hijauan akan menjadi sumber energi bagi perkembangan mikroorganisme tanah, sehingga dapat berpengaruh langsung pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengaplikasian pupuk hijau ada dua cara yaitu dengan membenamkan dan dipakai sebagai mulsa. Aplikasi dengan pembenaman

lebih efektif daripada dengan cara dimulsakan, karena dapat mengurangi terjadinya evaporasi pada bahan organik. (Winarso, 2005).

Pertumbuhan vegetatif *C. juncea* tergolong cepat. Perkecambahan terjadi pada hari ke 3 – 4 setelah sebar. *C. juncea* yang ditanam dengan cara ditugal sedalam 3 – 5 cm, akan berkecambah pada hari ke 7 – 10 setelah tanam. Pembentukan bintil akar terjadi pada hari ke 20 – 24 setelah tanam dan pembentukannya terus meningkat sampai tanaman membentuk bunga pertama. Tumbuhan *C. juncea* mulai berbunga pada umur 1,5 – 2,5 bulan. Selanjutnya terjadi proses pembentukan polong, biji siap panen umur 5 – 6 bulan yang ditandai dengan nyaringnya bunyi polong apabila digerakkan. Suatu penelitian mengenai peran *C. juncea* sebagai kesuburan tanah amelioran kesuburan tanah pada pertanaman jagung, terbukti menghasilkan perbaikan kualitas fisik, kimia dan biologi tanah. *C. juncea* yang ditanam ke dalam tanah selama 3 minggu menyebabkan peningkatan stabilitas kemantapan agregat tanah, meningkatkan KTK tanah dari rendah menjadi sedang, meningkatkan keragaman mikroorganisme hingga 100%, serta menurunkan keragaman patogen hingga 26,67% (Sumarni, 2008). Pembanaman hijauan *C. juncea* pada awal fase generatif (umur 40 -50 HST), dapat menghasilkan pengembalian unsur nitrogen tertinggi yaitu 150 – 165 kg ha⁻¹ nitrogen, 7 ton ha⁻¹ bahan organik, dan produksi dengan bobot kering tanaman sebesar 1,38%. Sedangkan pada umur 9 – 12 minggu, tanaman *C. juncea* dapat menghasilkan 5,9 ton ha⁻¹ bahan organik dan 126 kg ha⁻¹ nitrogen (Wang *et al.*, 2002).

Pembenaman pupuk hijau yang masih segar lebih baik daripada pembenaman pupuk hijau yang sudah layu. Penggunaan pupuk hijau meningkatkan hasil sekitar 78% pada tanah yang kesuburannya rendah, sedangkan pada tanah dengan kesuburan yang tinggi dapat meningkatkan hasil sekitar 22%. Kandungan N pada *C. juncea* dipengaruhi oleh umur *C. juncea* yang digunakan sebagai pupuk hijau (Winarso, 2005).