

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai dapat tumbuh di daerah yang memiliki ketinggian 0 – 900 m dpl. Kondisi curah hujan yang ideal bagi pertanaman kedelai lebih dari 1.500 mm/tahun dan curah hujan optimal antara 100 – 200 mm/bulan. Pertumbuhan terbaik diperoleh pada kisaran suhu antara 20°C – 35°C. Suhu optimal berkisar antara 20°C – 27°C, dengan kelembaban udara rata-rata 50%. Tanaman kedelai memerlukan intensitas cahaya penuh. Kedelai dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah yang terkena sinar matahari selama dua belas jam. Keadaan tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman kedelai adalah yang memiliki aerasi, drainase, dan permeabilitas cukup baik. Jenis tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kedelai adalah tanah aluvial, regosol, grumosol, latosol, dan andosol. Jenis-jenis tanah tersebut tersebar pada tanah persawahan, tegalan, maupun tanah kering perkebunan dan kehutanan. Keadaan pH tanah berkisar antara 5,5 – 6,5. Pada pH tanah 4,6 – 5,5 dapat mempengaruhi penyerapan hara oleh perakaran tanaman dan mempengaruhi kemampuan penetrasi bakteri *Rizhobium* ke perakaran tanaman kedelai untuk membentuk bintil akar (Pitojo, 2003). Tanaman kedelai termasuk dalam tanaman yang memiliki kepekaan terhadap pH 6,5 – 7,5 (Gardner, Pearce, and Mitchel, 2008).

Stadium pertumbuhan tanaman kedelai secara umum terdiri dari stadium vegetatif dan generatif yang masing-masing terdiri atas beberapa stadium sebagai berikut (Nazariah, Han, dan Yatiman, 2007):

#### A. Stadium Vegetatif

Periode vegetatif dihitung sejak tanaman muncul dari dalam tanah sampai awal pembungaan.

##### 1. Stadium pemunculan (VE = Vegetatif/Epigeous)

Stadium ini ditandai dengan munculnya kotiledon dari dalam tanah yang disebut dengan Vegetatif Epigeous. Epigeous /Epigeal adalah salah satu tipe perkecambahan yang kotiledon bijinya terangkat ke permukaan tanah.

##### 2. Stadium Cotiledon (VC)

Proses membukanya kedua lembar daun primer. Pertumbuhan berikutnya adalah pembentukan daun bertangkai tiga (trifoliat).

### 3. Stadium Buku Pertama (V1)

Stadium ini terjadi setelah tanaman berumur satu minggu, daun terbuka penuh pada buku daun tunggal (unfoliolat). Buku pertama dan tanaman sudah terlihat jelas. Akar-akar cabang dari akar sekunder mulai tumbuh. Pada saat ini perlu persediaan hara yang cukup, terutama Nitrogen sebagai starter pertumbuhan.

### 4. Stadium Buku Kedua (V2)

Stadium ini umumnya setelah tanaman berumur dua minggu dan ditandai dengan terbuka penuhnya daun ketiga pada buku di atas buku unfoliolat, akar cabang sudah mulai berkembang dan berperan dalam menyerap air dan unsur hara.

### 5. Stadium Buku Ketiga (V3)

Stadium ini biasanya setelah tanaman berumur tiga minggu dan telah terbentuk buku batang utama yang dihitung dari buku unfoliolat dengan daun terbuka penuh. Perakaran sudah berfungsi penuh dan bintil akar sudah mulai berfungsi untuk mengikat Nitrogen dari udara.

### 6. Stadium Buku Ke n (Vn)

Stadium ini adalah stadium berikutnya yang mana nilai n ini tergantung pada umur berbunga setiap varietas. Dalam menentukan nilai n berpedoman pada jumlah buku pada batang utama, setelah unfoliolat (buku pertama) dengan daun sudah terurai penuh. Dalam stadium ini sangat diutamakan pengendalian hama, penyakit, dan gulma.

## B. Stadium Generatif

Stadium ini dimulai sejak masuk waktu pembungaan sampai saat polong matang.

1. Stadium Mulai Berbunga (R1) : Stadium ini ditandai dengan terbukanya bunga pertama pada buku manapun. Umur berbunga ini bervariasi tergantung umur varietas tanaman kedelai, biasanya mulai dari umur 35 – 45 hari.

2. Stadium Berbunga Penuh (R2) : Stadium ini ditandai dengan terbukanya bunga pada satu dari dua buku di atas pada batang utama dengan daun terbuka penuh. Biasanya stadium ini terjadi pada umur tanaman 45 – 55 hari.

3. Stadium Mulai Berpolong (R3) : Stadium ini terjadi sekitar umur 55 – 65 hari dan ditandai dengan terbentuknya polong pada salah satu dari empat buku teratas.

4. Stadium Berpolong Penuh (R4) : Stadium ini mulai pada umur tanaman 60 – 70 hari tergantung pada varietas. Pada stadium ini terbentuk polong sepanjang 2 cm pada salah satu buku dari 4 buku teratas pada batang utama. Kekurangan air pada stadium ini dapat menyebabkan terganggunya stadium pengisian polong.

5. Stadium Mulai Berbiji (R5) : Stadium ini disebut stadium pengisian polong yang umumnya terjadi pada umur tanaman 65 – 75 hari. Stadium ini ditandai dengan terbentuknya biji sebesar 3 mm dalam polong pada salah satu dari 4 buku teratas.

6. Stadium Biji Penuh (R6) : Pengisian biji penuh pada umur 70 – 80 hari yang ditandai dengan terisinya penuh buah polong.

7. Stadium Mulai Matang (R7) : Stadium ini dimulai pada tanaman umur 80 hari dan ditandai dengan adanya satu buah polong pada batang utama telah berwarna matang (kuning atau coklat muda).

8. Stadium Matang Penuh (R8) : Stadium ini ditandai pada saat warna polong sudah berwarna coklat, sebagian daun menguning, dan mengering.

## 2.2 Pengaruh Pemupukan Anorganik

Penggunaan pupuk anorganik lebih mudah dan cepat dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman. Pupuk anorganik diberikan pada tanah untuk menambah unsur hara bagi tanaman. Sumarni (2008) menyatakan bahwa penggunaan pupuk anorganik yang berlebih akan menurunkan kualitas tanah. Selanjutnya dijelaskan bahwa pupuk anorganik yang diberikan berlebihan dapat mengurangi kesuburan tanah diantaranya bahan organik tanah. Kandungan bahan organik yang rendah menyebabkan kesuburan tanah berkurang (Magdalena *et al.*, 2013).

Tanaman kedelai termasuk dalam famili *Leguminoceae*. Famili ini memiliki bintil akar yang berasosiasi dengan bakteri *Rhizobium* dalam menambat N di udara sehingga tanaman kedelai dapat menyediakan kebutuhan unsur hara N di dalam tanaman sendiri dan hanya sebagian saja yang membutuhkan tambahan dari lingkungannya. Milazzo *et al.*, (2013) menyatakan bahwa siklus Nitrogen pada tanaman kedelai terjadi sangat kompleks karena tanaman kedelai yang dapat memanfaatkan nitrogen dalam tanah yang berupa nitrat dan juga memanfaatkan nitrogen dalam atmosfer dalam bentuk  $N_2$ . Dalam memaksimalkan hasil dan

fiksasi  $N_2$  oleh tanaman kedelai dilakukan interaksi antara pasokan N organik dan fiksasi  $N_2$  ditunjukkan dengan hasil produksi tanaman kedelai tersebut. Penjelasan di atas menunjukkan bahwa siklus nitrogen dalam tanaman kedelai secara langsung berpengaruh pada kebutuhan hara tanaman kedelai tersebut.

Kebutuhan unsur hara tanaman tidak lepas dari peranan unsur hara tersebut dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen merupakan bahan penyusun amino, amida, basa bernitrogen seperti purin, protein, dan nukleoprotein. Pemberian pupuk N mengakibatkan pembesaran sel dan pembelahan sel yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Gardner *et al.*, 2008). Pemberian pupuk N ke dalam tanah akan lebih baik pada saat tanaman dalam fase vegetatif untuk membantu pertumbuhan tanaman.

Penggunaan pupuk anorganik lebih cepat dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman sehingga petani lebih banyak memilih menggunakan pupuk anorganik dibandingkan pupuk organik. Namun, penggunaan pupuk anorganik N secara berlebih mengakibatkan menurunnya kesuburan tanah. Sumarni (2008) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk N anorganik yang berlebihan meningkatkan kemasaman tanah (pH tanah menurun) dan dapat menurunkan ketersediaan fosfor bagi tanaman serta mematikan kehidupan mikroorganisme. Dijelaskan lebih lanjut bahwa penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dan berlebihan akan berpengaruh pada penurunan kesuburan tanah yang disebabkan oleh menurunnya kandungan bahan organik tanah, kahat unsur hara makro (Mg dan S), kahat unsur hara mikro (Zn, Cu) dan keracunan akibat kelebihan unsur mikro Fe, Mn, dan Al (Syekhfani, 1997). Al ialah unsur non esensial bagi tanaman, keberadaannya dalam tanah akan menekan pertumbuhan akar. Al dapat diturunkan dengan penambahan bahan organik ke dalam tanah. Turunnya Al dengan meningkatnya bahan organik dapat terjadi karena pertukaran Al oleh kation-kation basa (seperti K, Ca, Mg) (Tan, 2010).

### 2.3 Peranan Pupuk Hijau pada Kesuburan Tanah

Tingkat kesuburan tanah di lahan pertanian Indonesia semakin menurun dikarenakan beberapa faktor di antaranya adalah penggunaan pupuk anorganik yang terus-menerus dan berakibat kurangnya bahan organik yang dikembalikan ke

dalam tanah. Dijelaskan lebih lanjut, bahwa pupuk anorganik yang diberikan berlebihan dapat mengurangi kesuburan tanah (Magdalena *et al.*, 2013).

Pupuk hijau merupakan salah satu bahan organik yang termasuk pupuk organik yang berasal dari tanaman/tumbuhan atau berupa sisa panen. Pemberian pupuk hijau ke dalam tanah bertujuan untuk meningkatkan kandungan bahan organik dan unsur hara dalam tanah, sehingga terjadi perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Perbaikan sifat-sifat tanah tersebut berdampak pada peningkatan produktivitas tanah dan ketahanan tanah terhadap erosi (Rachman, A. Dariah, dan D. Santoso, 2006).

Pupuk hijau sebagai bahan organik tanah yang selanjutnya akan terdekomposisi di dalam tanah. Seperti yang dijelaskan Hanafiah (2010) bahwa bahan organik tanah adalah kumpulan berbagai macam senyawa-senyawa organik humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi termasuk mikrobial yang terlibat di dalam proses dekomposisi. Setelah adanya dekomposisi, maka bahan organik menjadi bahan organik tanah. Bahan organik tanah berperan secara fisik, kimia, maupun biologi sehingga menentukan status kesuburan suatu tanah. Manfaat bahan organik adalah sebagai berikut (Wang, B.S. Sipes, and D.P. Schmitt, 2002; Saraswati, E. Santosa, E. Yuniarti, 2006; Suriardikarta dan R.D.M. Siannungkalit, 2006; Hanafiah, 2010; dan Agustina 2011) :

1. Fisik
  - a. Agregasi tanah dan menahan erosi tanah

Bahan organik terurai dari struktur biokimia yang kompleks menjadi struktur biokimia yang sederhana, akhirnya dilepas dalam bentuk ion. Proses penguraian dibantu oleh mikroorganisme tanah yang beraktivitas sehingga dalam aktivitasnya akan membantu proses perekatan partikel-partikel tanah dan membentuk agregat tanah menjadikan agregat tanah menjadi mantap dan struktur tanah baik. Apabila struktur tanah baik maka aerasi menjadi baik pula. Aerasi yang baik membuat pertukaran gas dan lalu lintas air baik, drainase tanah menjadi baik dan tanah memiliki konsistensi yang kuat dalam menahan erosi. Keadaan tersebut juga berpengaruh baik terhadap perkembangan akar tanaman. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat berperan dalam pembentukan

agregat yang mantap, memperbaiki porositas, penyimpanan dan penyediaan air, aerasi tanah, dan suhu tanah.

b. Ketersediaan air tanah

Bahan organik mampu mengikat air atau memiliki daya tahan air yang tinggi di dalam tanah sehingga tanah senantiasa lembab dan selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh tanaman. BO dapat memperbaiki infiltrasi air dalam tanah, menurunkan laju evaporasi, dan meningkatkan daya pegang air.

2. Kimia

a. Tempat menyimpan dan melepaskan unsur hara

Dalam proses dekomposisi, BO terurai menjadi bentuk unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Sifat BO yang lama tersedia (*slow release*) sehingga dapat menjadi tempat menyimpan unsur hara yang akan dilepaskan atau diurai menjadi unsur hara tersedia bagi tanaman secara kontinyu.

b. Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Di dalam tanah memiliki muatan listrik negatif (anion) dan positif (kation) yang terdiri dari partikel-partikel liat berukuran koloid dan partikel-partikel organik. Muatan listrik yang terjadi dapat memutuskan ikatan pada rantai senyawa-senyawa kimiawi penyusun bebatuan seperti silikat (Si) dan aluminium (Al). Putusnya rantai senyawa kimia tersebutlah yang kemudian menghasilkan muatan listrik yang muncul di permukaan koloid-koloid tanah. Pemutusan ikatan antar ion pada permukaan luar koloid dan substitusi isomorfi antar kation ini pada permukaan dalam koloid yang terjadi selama proses pelapukan mineral dan dekomposisi bahan organik sehingga menimbulkan muatan listrik pada permukaan koloid tanah. Bahan organik tanah (BOT) memiliki KTK paling besar dibanding koloid-koloid liat.

c. Penyangga pH tanah

BOT memiliki peranan terhadap KTK sehingga BOT juga berpengaruh besar terhadap penyangga pH pada permukaan tanah. Keracunan Al disebagian areal lahan masam di Indonesia berdampak pada produktivitas tanaman. Pada pH antar 3,5 – 5,5 menambahkan bahan organik hasil humifikasi ke dalam tanah berakibat berkurangnya Al dalam bentuk yang tidak dapat dipertukarkan. Berkurangnya Al sehingga menjadikan fiksasi P lebih baik lagi.

### 3. Biologi

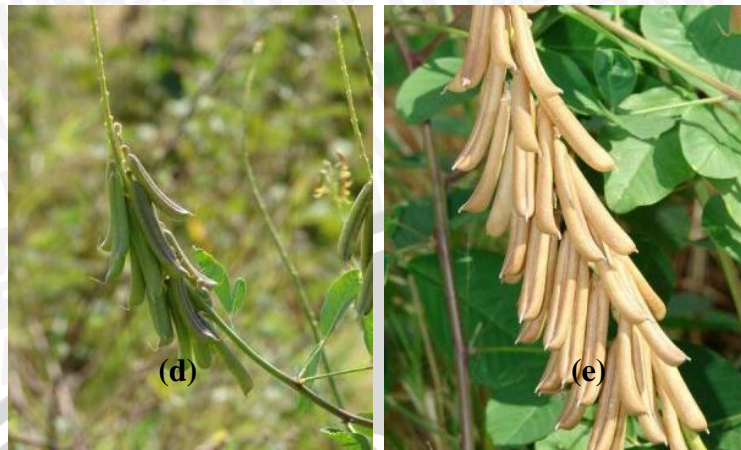
BOT berfungsi sebagai sumber energi atau sumber makanan bagi mikroorganisme tanah. Mikroorganisme di dalam tanah yang berperan selama terjadinya proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah. BOT mempengaruhi sifat biologi dalam tanah, yaitu residu organik dapat mempengaruhi hama dalam tanah. Residu organik dapat berupa residu tanaman yang terdiri atas kompleks polimer selulosa dan lignin. Pada jenis tumbuhan *Crotalaria* spp. yang memiliki senyawa *pyrrolizidine alkaloid* dan *monocotiline* yang menjadi racun (toxic) dan toksisitas bagi vertebrata sehingga juga berpotensi menjadi racun bagi nematoda.

#### 2.4 Deskripsi *Crotalaria mucronata* Desv.

*C. mucronata* termasuk ke dalam famili *Leguminoceae* yang merupakan tanaman perdu (Gambar 1a). *C. mucronata* yang memiliki nama lain *Crotalaria pallida* Aiton ini memiliki siklus hidup semusim (*annual*) hingga dua musim (*binnual*). *C. pallida* termasuk dalam tumbuhan ruderal yang hidup sebagai tanaman liar (Bigirimana *et al.*, 2011).

Tumbuhan ini memiliki batang yang tegak dan bercabang. Morfologi daunnya, yaitu berupa daun majemuk (trifoliolate) dan menyirip (Gambar 1b). Bunga dari *C. mucronata* Desv. adalah bunga majemuk yang terletak di ujung batang, memiliki kelopak yang berjumlah lima, berwarna hijau, dan berbentuk oval (bulat telur), mahkotanya berbentuk seperti lonceng, dan berwarna kuning cerah (Gambar 1c). Bentuk polongnya panjang membulat dan menggembung. Dalam satu polong terdapat banyak biji (Gambar 1d dan 1e) (Burrows *et al.*, 2013). Biji dari *C. mucronata* Desv. berwarna coklat dengan ukuran 38 – 46 mm (Jacks, 2013).





Gambar 1. (a) *C. mucronata* Desv., (b) Morfologi daun, (c) Morfologi bunga, (d) Polong basah, (e) Polong kering (USDA, 2009).

### 2.5 Potensi Pupuk Hijau *Crotalaria mucronata* Desv.

Spesies *Crotalaria* berpotensi digunakan sebagai pupuk hijau karena kandungan Nitrogennya yang tinggi. Pada pembenaman hijauan *C. juncea* umur 9 – 12 minggu dapat menghasilkan 5,90 ton ha<sup>-1</sup> bahan organik dan 126 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen (Wang *et al.*, 2002). Hasil penelitian lainnya menunjukkan penggunaan pupuk hijau dari *C. juncea* 20 ton ha<sup>-1</sup> dan pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik (Magdalena *et al.*, 2013). Hal ini, dikarena-kan penambahan pupuk hijau dan pupuk kandang dapat menambah bahan organik tanah dan memperbaiki sifat-sifat tanah. *C. juncea* yang digunakan sebagai pupuk hijau selain dapat menambah hara tanah juga dapat menekan parasit nematoda pada tanaman dan meningkatkan biodiversitas tanah ditandai dengan penambahan *C. juncea* ke dalam tanah dapat menjadikan tanah yang awalnya hanya terdapat bakteri menjadi ditemukannya fungi, omnivora, dan nematoda predator. Kelimpahan nematoda tersebut merespon perkembangan tanaman jagung pada areal tersebut (Wang *et al.*, 2004 dan Wang *et al.*, 2006). Penambahan hijauan *C. juncea* ke dalam tanah juga dapat menekan nematoda parasit *Rotylenchulus reniformis* pada tanah pertanaman nanas (Wang *et al.*, 2003).

Spesies *Crotalaria* lainnya yang berpotensi digunakan sebagai pupuk hijau selain *C. juncea* adalah *C. mucronata*. Tumbuhan ini tumbuh liar di lahan-lahan terbengkalai atau di pinggir jalan. *C. mucronata* termasuk dalam famili



*Leguminoceae* yang memiliki bintil-bintil akar yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. sehingga dapat menambat N dari udara.

Penggunaan *C. mucronata* sebagai pupuk hijau tidak berbenturan dengan pemanfaatan *C. mucronata* sebagai pakan ternak karena tanaman ini menghasilkan zat *pyrrolizidine alkaloid* dan *monocotaline* yang menjadi racun (toxic) dan toksisitas bagi vertebrata sehingga juga berpotensi menjadi racun bagi nematoda. Nematoda secara efektif dapat ditekan populasinya dengan berbagai tanaman termasuk *C. mucronata*. Sejarah lahan yang sebelumnya ditanami *C. mucronata* setelah 1 atau 2 tahun masih berpengaruh menekan nematoda *Meloidogyne incognita* (Wang *et al.*, 2002 dan Chengxu *et al.*, 2011). Nematoda parasit *M. incognita* dan *M. javanica* diketahui dapat terperangkap oleh keberadaan *Crotalaria* spp.

Di dalam 20 g tanaman *C. pallida* (*C. mucronata*) mengandung 78,60 mg N (3,9 % N) seperti tersaji pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Bobot kering dan Nitrogen total dari bagian tanaman *C. pallida*

Spesies Tanaman	Bagian Tanaman	Bobot kering (g)	N total (mg)
<i>C. pallida</i>	Daun (4,60 g)	1,00	46,60
	Batang (15,40 g)	4,20	32,00
	Total (20,00 g)	5,20	78,60

Sumber: Uratani *et al.*, 2004

Kandungan nitrogen dalam tanaman *C. pallida* atau *C. mucronata* tidak lepas dari kemampuan tanaman tersebut dalam memfiksasi nitrogen dari udara bebas. Pada tanah-tanah yang memiliki tekstur liat sebesar 22%, pasir sebesar 72%, dan C-organik sebesar 0,70% tanaman *C. pallida* dapat menghasilkan nitrogen sebesar 173 kg N ha<sup>-1</sup> dari 86% N<sub>2</sub> yang didapatkan dari udara bebas (Nezomba *et al.*, 2008).

Penelitian lainnya menunjukkan penggunaan pupuk hijau *C. mucronata* pada pertanaman kopi diperoleh hasil biomassa yang mengandung N sebesar 70 kg ha<sup>-1</sup> (pada tahun pertama) dan 120 kg ha<sup>-1</sup> (pada tahun kedua). Hasil ini lebih rendah dari jenis *Crotalaria* yang lainnya seperti pada *C. spectabilis* yang memiliki biomassa yang mengandung N sebesar 60 kg ha<sup>-1</sup> (pada tahun pertama) dan 80 kg ha<sup>-1</sup> (pada tahun kedua) (Cardoso *et al.*, 2013). Penggunaan pupuk hijau *C. mucronata* berpengaruh terhadap persentase penurunan penyakit pada daun

kopi. Nilai persentase penyakit pada daun kopi yang diberi perlakuan pupuk hijau *C. mucronata* sebesar 10,0% sedangkan pada perlakuan kontrol menunjukkan persentase penyakit sebesar 43,30% – 57,50% (Cardoso *et al.*, 2013). Dari berbagai penelitian terhadap kandungan *C. mucronata* tersebut di atas menunjukkan potensi *C. mucronata* sebagai pupuk hijau yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dari sifat fisik, kimia, dan biologinya sehingga dapat meningkatkan hasil tanaman.

