

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Biologi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill)

Menurut Stennis dkk (1978), kedudukan tanaman kedelai dalam taksonomi adalah sebagai berikut :

- Divisio : Spermatophyta
- Subdivisio : Angiospermae
- Classis : Dicotyledoneae
- Ordo : Polypetales
- Familia : Leguminosae
- Subfamilia: Papilionoideae
- Genus : *Glycine*
- Species : *Glycine max* (L). Merrill

Tanaman kedelai merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, tumbuh tegak berdaun lebat, berbentuk bulat telur hingga lancip, tinggi tanaman berkisar 10 – 200 cm, dapat bercabang sedikit atau banyak tergantung kultivar dan lingkungan hidup. Tinggi batang antara 30–100 cm dan setiap batang dapat membentuk 3– 6 cabang (Lamina, 1989).

Bunga tanaman kedelai termasuk bunga sempurna, artinya dalam setiap bunga terdapat alat kelamin jantan dan alat kelamin betina . Bunga terletak diruas-ruas batang, berwarna ungu atau putih. Besar bunga 3–5 mm dengan kelopak bunga berbentuk tabung yang bergerigi dan tidak rata. Pada bunga terdapat 3–5 bakal biji (Suprpto, 1991).

Buah tanaman kedelai berbentuk polong, setiap buah berisi 1–4 biji, polong kedelai mempunyai bulu, berwarna kuning kecoklatan atau abu-abu. Polong yang sudah masak berwarna lebih tua. Polong yang sudah kering biji – bijinya melenting keluar dari polongnya (Lamina, 1989).

Biji kedelai berkeping dua terbungkus kulit biji (testa). Embrio terletak di antara keping biji. Warna kulit biji bermacam- macam, ada yang kuning, hitam, hijau atau coklat. Pada kulit biji terdapat hilum (pusar biji) yaitu jaringan bekas biji kedelai yang menempel pada dinding buah. Bentuk biji kedelai pada umumnya bulat, lonjong dan ada yang bulat agak pipih. Besar biji kedelai ukurannya bervariasi. Tanaman kedelai berakar tunggang, akar dapat sampai pada kedalaman 150 cm. Pada akar terdapat bintil – bintil akar, berupa koloni bakteri *Rhizobium japonicum* (Suprpto, 1991).

Tanaman kedelai cocok tumbuh pada iklim tropis, karena kedelai memerlukan suhu yang cukup panas. Suhu yang optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai antara 20 – 30°C. Untuk pembungaan tanaman kedelai diperlukan suhu di atas 24°C. Perkecambahan yang optimal tanaman kedelai terjadi pada suhu 30°C (Lamina, 1989).

Pertumbuhan yang optimal dapat diperoleh dengan menanam kedelai pada bulan-bulan kering asal kelembaban tanah masih cukup terjamin. Selama periode pertumbuhan hingga pengisian polong air sangat diperlukan (Suprpto, 1991).

Budidaya tanaman kedelai dapat dilakukan di dataran tinggi dan rendah. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik sampai ketinggian 1500 m dari permukaan air laut, tapi yang paling baik sampai 650 m dari permukaan air laut. Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis tanah dengan syarat

drainasi tanah cukup baik serta ketersediaan air cukup selama pertumbuhan tanaman (Lamina, 1989).

Salah satu syarat agar tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik adalah kondisi tanah yang subur, gembur dan kaya akan humus atau bahan organik. Bahan organik yang cukup dalam tanah akan memperbaiki daya olah dan juga merupakan sumber makanan bagi jasad renik yang akhirnya akan membebaskan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman (Suprpto, 1991).

Kedelai dapat tumbuh di tanah yang agak asam akan tetapi pada pH yang terlalu rendah bisa menimbulkan keracunan Al, Fe. Keasaman (pH) tanah yang cocok bagi tanaman kedelai berkisar antara 5,8–7,0. Pada pH dibawah 5,0 pertumbuhan bakteri bintil akar dan proses nitrifikasi berjalan kurang baik (Lamina, 1989).

## 2.2 Pembentukan Bintil Akar dan Faktor Yang Mempengaruhi

Bintil akar merupakan hasil simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman inang yang mampu menambat N<sub>2</sub> dari udara (Bray, 1983). Menurut Rao (1994) bakteri *Rhizobium* dapat bersimbiosis hanya dengan tumbuh-tumbuhan legum, dengan menginfeksi akarnya dan membentuk bintil akar di dalamnya.

Pembentukan bintil akar diawali dengan kehadiran *Rhizobium* pada ujung rambut akar yang berkembang yang menyebabkan rambut akar mengalami deformasi dan menjadi keriting (Stacey and Keen, 1995). Bakteri tersebut memperbanyak diri dan membentuk benang infeksi. Benang-benang itu menembus ke dalam akar dan merangsang proliferasi sel-selnya. Jumlah sel dalam bintil meningkat karena pembelahan massa sel dan karena aktivitas meristematik

setempat yang tidak dimasuki bakteri. Struktur bagian dalam akar legum terdapat zona bakteroid yang mengandung bakteri yang dilepaskan dari benang infeksi (Fahn 1991). Menurut Bray (1983), bakteri mengalami perubahan struktur dan fungsi menjadi bakteroid yang kaya enzim nitrogenase, yaitu enzim yang bertanggung jawab dalam penambatan  $N_2$ . Enzim nitrogenase ini sangat peka terhadap oksigen. Nitrogenase mampu mereduksi  $N_2$  atmosfer menjadi  $NH_3$ . Struktur khusus bintil dimaksudkan untuk membatasi ketersediaan oksigen bagi rhizobia agar enzim nitrogenase dapat berfungsi dengan baik (Rao, 1994).

Bintil akar terdiri dari bintil akar efektif dan bintil akar tidak efektif. Perbedaan kedua macam bintil akar tersebut adalah dalam bentuk, warna dan letaknya pada akar. Bintil akar efektif letaknya tersebar pada akar tunggang, bintil tidak efektif tersebar pada akar lateral, akar cabang dan berwarna pucat (Sarief, 1994). Pada bintil tidak efektif umumnya berukuran kecil dan terdapat sedikit bakteroid. Bintil akar efektif terdiri banyak bakteroid dan umumnya berukuran lebih besar (Rao, 1981). Menurut Lamina (1989), bintil akar dengan massa hijau tidak aktif dalam fiksasi nitrogen, sedangkan warna merah aktif dalam fiksasi nitrogen.

Menurut Rao (1994), di dalam bintil akar diantara bakteroid dan selubung membran yang mengelilinginya terdapat pigmen merah mirip dengan hemoglobin darah yang disebut leghemoglobin. Jumlah leghemoglobin di dalam bintil akar memiliki hubungan langsung dengan jumlah nitrogen yang difiksasi oleh legum. Leghemoglobin tidak berperan aktif dalam fiksasi nitrogen secara simbiotik tapi mengatur pemasokan oksigen ke bakteroid pada tingkat optimum yang kondusif.

Aktivitas nitrogenase dan fiksasi N pada legum berhubungan erat dengan kandungan leghemoglobin. Warna kuning sampai coklat menandakan penuaan atau tidak berfungsinya bakteroid. Massa bintil yang berwarna putih atau hijau umumnya menunjukkan aktivitas nitrogenase yang tidak efektif. Ternyata sampling secara visual mengenai jumlah dan ukuran bintil (massa bintil) serta warnanya dapat menunjukkan keadaan fiksasi  $N_2$  dalam suatu tanaman budidaya legum (Gardner, 1991).

Bakteri *Rhizobium* dapat mengikat nitrogen dari udara yang kemudian dapat digunakan untuk pertumbuhan kedelai, sebaliknya *Rhizobium* juga memerlukan makanan yang berasal dari tanaman kedelai untuk pertumbuhannya (Suprpto, 1991). Menurut Nyakpa dkk (1998), banyak N yang difiksasi oleh bakteri *Rhizobium* tergantung dari suplai karbohidrat oleh tanaman serta kandungan N didalam tanah. Bakteri memerlukan karbohidrat sebagai sumber energi untuk memfiksasi N. Nitrogen (N) udara diserap dari  $N_2$  bebas lewat bakteri bintil akar (Rismunandar dan Yuwono, 2001).

Fiksasi  $N_2$  dipengaruhi oleh rasio C/N, jumlah N yang tinggi dalam hubungannya dengan C di dalam tanah menekan ekspresi gen *nif* sehingga mengurangi pembentukan bintil akar dan aktifitas nitrogenase. Pembentukan bintil akar dan fiksasi  $N_2$  pada legum dibatasi oleh nitrogen tersedia. Pada legum  $NH_3$  menurunkan fiksasi  $N_2$  (Gardner dkk, 1991).

Nitrogen yang tersedia di dalam tanah dapat menguntungkan pertumbuhan legum. Hinson (1973) dalam penelitiannya memperoleh banyak pucuk dan akar dari eksperimen tanaman kedelai dalam pot yang dipupuk N tapi jumlah bintil dan massa bintil sangat berkurang (Gardner, 1991). Pengikatan nitrogen secara

simbiotik menyebabkan legum mempunyai nitrogen yang tinggi (Fitter dan Hay, 1992).

Menurut Rao (1994) Pembentukan bintil akar pada tanaman legum dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Temperatur dan Cahaya

Temperatur yang menguntungkan untuk pembentukan jaringan bakteroid di dalam bintil antara 20-30 °C. Pada kedelai bakteri paling efektif pada temperatur 33 °C. Selain itu cahaya mempengaruhi pembentukan, ukuran, dan jumlah bintil akar. Hasil dari fotosintesis mempengaruhi perbintilan.

2. Nitrogen Terkombinasi

Pada kondisi lingkungan yang terkendali, nitrogen mineral di atas tingkat tertentu mempengaruhi infeksi pada rambut akar, jumlah bintil, struktur bintil dan jumlah nitrogen yang difiksasi.

3. Konsentrasi Ion Hidrogen

Tumbuhan legum tumbuh kurang subur pada media asam dibanding keadaan netral atau sedikit basa yang secara tidak langsung disebabkan oleh berkurangnya kolonisasi *Rhizobium* dalam tanah yang menyebabkan tidak cukup untuk pembentukan bintil akar.

4. Nutrisi Mineral

Pemberian nutrisi mineral pada legum meningkatkan jumlah bintil pada perakaran dan juga meningkatkan pertumbuhan dan kandungan nitrogen.

### 5. Zat Tumbuh

Pengaruh zat tumbuh terhadap perbintilan bervariasi. Beberapa zat tumbuh merangsang pembentukan bintil sedang yang lain menghambat, tergantung konsentrasi zat kimia yang digunakan.

### 6. Faktor- Faktor Genetik

Varietas yang berbeda dari legum yang sama diketahui berbeda responnya terhadap *Rhizobium* tertentu, terutama dalam hal jumlah bintil yang terbentuk pada tanaman legum.

### 7. Faktor Ekologis

Penggunaan pestisida mempengaruhi proses mikrobiologis dalam tanah. Herbisida mempengaruhi perbintilan dan fiksasi nitrogen pada legum.

### 8. Rhizobiotoksin

*Rhizobium japonicum* dalam bintil akar menghasilkan toksin (fitotoksin) yang menyebabkan klorosis pada kedelai.

### 9. Salinitas dan Alkalinitas

Salinitas dan alkalinitas di dalam daerah perakaran menghambat tahap tertentu dari tahap pra infeksi dalam simbiosis legum dengan *Rhizobium*.

## 2.3 Perubahan Yang Terjadi Selama Pengomposan Jerami Padi

Prinsip dasar pengomposan adalah mendegradasi bahan organik secara terkontrol menjadi bahan anorganik dengan mempergunakan aktivitas mikroorganisme (Djuli dan Gumbira, 1988). Pengomposan juga diartikan sebagai proses biologi oleh kegiatan mikroorganisme dalam mengurai bahan organik

semacam humus. Bahan yang terbentuk mempunyai berat volume yang lebih rendah dari bahan dasarnya, stabil, dan dekomposisi lambat (Sutanto, 2002).

Kompos merupakan hasil pembusukan sisa-sisa tanaman yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pengurai. (Novizan, 2002). Menurut Sutedjo (1999) kompos merupakan hasil akhir suatu proses fermentasi tumbuhan atau seresah tanaman dan kadang digunakan pula bangkai binatang.

Kualitas kompos sangat ditentukan oleh besarnya perbandingan antara jumlah karbon dan nitrogen (rasio C/N). Jika rasio C/N tinggi, berarti bahan penyusun kompos belum terurai secara sempurna. Bahan kompos dengan rasio C/N tinggi akan terurai atau membusuk lebih lama dibanding dengan bahan ber rasio C/N rendah (Novizan, 2002).

Bahan-bahan mentah seperti merang, daun, sampah dapur dan sampah kota dan lain-lain umumnya mempunyai rasio C/N lebih dari 30 (Sutedjo, 1999). Menurut Murbandono (1990), Rasio C/N tanah pertanian berkisar antara 10-12 maka bahan organik yang akan digunakan harus mempunyai perbandingan C/N yang mendekati C/N tanah. Bahan mentah yang umumnya mempunyai rasio C/N tinggi sebaiknya dikomposkan terlebih dahulu supaya rasio C/N-nya menjadi lebih rendah.

Kompos yang belum matang (rasio C/N-nya tinggi) dianggap merugikan karena bila diberikan secara langsung pada tanah akan diserang mikrobia (bakteri dan fungi). Populasi mikrobia yang tinggi memerlukan hara yang tinggi pula untuk pertumbuhannya. Hara yang seharusnya digunakan oleh tanaman digunakan oleh mikrobia sehingga akan terjadi immobilisasi hara, yaitu perubahan senyawa anorganik menjadi senyawa organik yang diikat oleh jaringan mikrobia, jadi

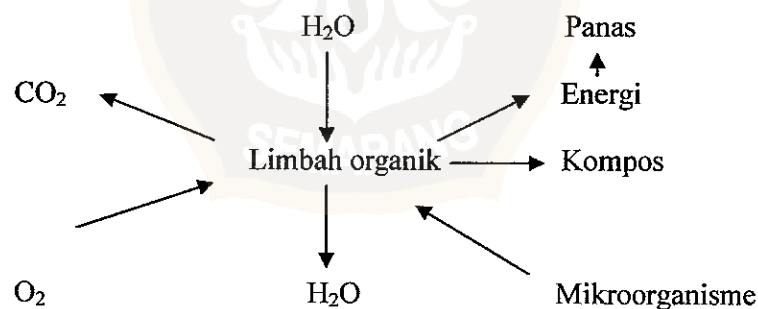


imobilisasi merupakan pengikatan hara tersedia menjadi tidak tersedia dalam jangka waktu yang relatif tidak terlalu lama (Rismunandar dan Yuwono, 2001). Menurut Buckman dan Brady (1982), jika kegiatan mikrobia berkurang, nitrogen yang diimobilisasi akan dimineralisasi sehingga ion amonium dan nitrat akan timbul lagi.

Pemanfaatan mineral nitrogen tanah dan efisiensi pengambilannya ditentukan oleh faktor laju remineralisasi dari nitrogen pada daerah tropik dan imobilisasi nitrogen dari mineral nitrogen yang terakumulasi selama inkubasi (Paul and Clark, 1989).

Kompos yang terjadi dengan sendirinya mempunyai kualitas kurang baik karena dalam proses penghancuran sering terjadi hal-hal yang merugikan seperti, pencucian kandungan unsur-unsur penting dan penguapan oleh sinar matahari (Sarief, 1994).

Proses Pembentukan Kompos menurut Dalzell et al. (1987) yaitu :



Gambar 01. Proses pembentukan kompos.

Mikroorganisme menyerap  $O_2$  dari udara, air dan makanan dari bahan organik. Mikroorganisme ini kemudian membebaskan karbondioksida, air dan energi, sebagian energi dilepas untuk pertumbuhan dan sisanya dibebaskan sebagai panas.

Perubahan yang terjadi selama dekomposisi bahan organik adalah pengurangan total C dan peningkatan total N sehingga terjadi penurunan total C/N dengan semakin lamanya inkubasi (Alexander, 1977). Menurut Novizan (2002) proses yang terjadi dalam pembuatan kompos adalah sebagai berikut :

- a. Karbohidrat, protein dan lilin (rasio C/Nnya tinggi) diuraikan menjadi senyawa sederhana seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Mikroorganisme menyerap unsur hara dari lingkungan sekitarnya untuk pertumbuhannya.
- b. Setelah perombakan selesai mikroorganisme akan mati sehingga unsur hara penyusun tubuh mikrobial akan dilepaskan. Pada tahap ini rasio C/N menjadi lebih rendah karena banyak karbon yang berubah menjadi  $\text{CO}_2$  dan menguap ke udara dan kandungan nitrogennya berlimpah.
- c. Jika rasio C/N mencapai angka 12-20 berarti unsur hara yang terikat pada humus telah dilepaskan melalui proses mineralisasi sehingga dapat digunakan oleh tanaman.

Pengomposan pada dasarnya merupakan upaya mengaktifkan kegiatan mikrobial agar mampu mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Mikrobial tersebut adalah bakteri, fungi dan jasad renik lain. Bahan yang digunakan untuk pembuatan kompos ialah jerami, sampah kota, limbah pertanian dan kotoran hewan atau ternak (Rismunandar dan Yuwono, 2001).

Proses pengomposan dapat ditambahkan inokulum bakteri untuk membantu mempercepat proses dekomposisi. Inokulum dapat berupa *Effektif Mikroorganisme* yang mengandung bakteri yang membantu mempercepat pengomposan (Indriani, 1999).

Mikroorganisme Efektif (EM) merupakan kultur campuran berbagai jenis mikroorganisme yang bermanfaat (bakteri, bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, aktinomisetes dan jamur peragian) yang dapat dimanfaatkan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikrobial tanah (Sutanto, 2002)

#### 2.4 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pengomposan

##### 1. Rasio C/N

Rasio C/N yang optimal dapat mempercepat proses pengomposan. Unsur C diperlukan mikroorganisme pengurai sebagai sumber energi, sedang unsur N berfungsi sebagai pembentuk struktur sel. Kisaran rasio C/N yang optimum sebesar 30 – 40 (Murbandono, 1990).

##### 2. Pencampuran Bahan Kompos

Bahan kompos yang mempunyai C/N terlalu tinggi dapat diturunkan dengan penambahan bahan yang mengandung unsur nitrogen seperti urin, feses hewan, darah kering, urea. Sampah yang mempunyai C/N rendah dapat ditingkatkan dengan mencampur bahan yang mengandung C tinggi seperti jerami (Gaur, 1983)

##### 3. Ukuran Bahan Kompos

Pengomposan dapat dipercepat bila bahan kompos dipotong menjadi bagian yang lebih kecil, hal ini memperluas permukaan yang tersedia bagi mikroorganisme pembusuk yang menghancurkan bahan, sedang timbunan yang terlalu kecil akan menyebabkan timbunan menjadi mampat sehingga tidak cukup tersedia O<sub>2</sub> (Gaur, 1983). Ukuran bahan kompos yang optimum untuk pengomposan ± 5 cm (Djuli dan Gumbira, 1988).

#### 4. Kelembaban dan Aerasi

Timbunan kompos harus selalu lembab, kelembaban yang tinggi akan mengakibatkan volume  $O_2$  turun menyebabkan kondisi anaerob. Kelembaban terlalu rendah menyebabkan mikroorganisme kekurangan air untuk metabolisme sehingga aktivitasnya terhambat (Finstein dan Moris, 1975).

#### 5. Temperatur

Temperatur merupakan faktor terpenting dalam pengomposan aerob. Pada pengomposan aerob panas yang terbentuk lebih besar. Selama proses pengomposan terbentuk panas akibat aktivitas metabolisme mikroorganisme yang menyebabkan temperatur kompos naik (Gaur, 1983). Pada awal pengomposan temperatur meningkat dengan cepat kemudian turun sampai akhir pengomposan (Gotaas, 1956).

#### 6. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) optimum berkisar antara 5,5 – 8,0. Bakteri lebih senang pada pH netral, fungsi berkembang baik pada pH agak asam. Kondisi sangat asam pada awal pengomposan menunjukkan proses dekomposisi berlangsung tanpa terjadi peningkatan suhu. Biasanya pH agak turun pada awal proses pengomposan karena aktivitas bakteri yang menghasilkan asam. Dengan munculnya mikroorganisme lain dari bahan yang terdekomposisi maka pH kembali naik setelah beberapa hari dan pH berada pada kondisi netral (Sutanto, 2002).

## 2.5 Hipotesis

Selama masa inkubasi terjadi perubahan-perubahan pada proses pengomposan jerami padi. Rasio C/N jerami padi semakin lama masa inkubasi maka semakin kecil karena terjadi peningkatan kadar nitrogen (N) dan penurunan kadar karbon (C). Peningkatan nitrogen selama masa inkubasi jerami padi akan mempengaruhi pembentukan bintil akar pada tanaman kedelai. Semakin lama jerami padi diinkubasi maka semakin menurunkan pembentukan bintil akar pada tanaman kedelai.

