

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Budidaya Kedelai

Tanaman kedelai tumbuh optimum pada wilayah bercurah hujan 100-200 mm/bulan. Tanaman kedelai menghendaki temperatur 21-34°C, namun optimal pada 23-27°C. Tanah yang sesuai untuk bertanam kedelai adalah Alluvial, Regosol, Grumosol, Latosol, Andosol dan tanah yang mengandung pasir kuarsa perlu diberi pupuk organik dalam jumlah yang cukup serta ketersediaan air dan hara harus diperhatikan. Ketinggian optimum untuk tanaman kedelai adalah tidak lebih dari 500 m dpl dan toleransi keasaman bagi tanaman kedelai adalah pH 5,8-7,0. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan Aluminium, sehingga pertumbuhan bakteri nodul dan proses Nitrifikasi akan berjalan kurang baik (Kemal, 2000).

Tanaman kedelai dapat mengikat Nitrogen di atmosfer melalui aktivitas bakteri *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar. Nodul akar tanaman kedelai umumnya dapat mengikat Nitrogen dari udara pada umur 10-12 hari setelah tanam, tergantung kondisi lingkungan tanah dan temperatur (Aep, 2006). Kelembaban tanah yang cukup dan temperatur sekitar 25°C sangat mendukung pertumbuhan bintil akar tersebut. Perbedaan warna hijau daun pada awal pertumbuhan (10-15 hst) merupakan indikasi efektivitas *Rhizobium japonicum*. Namun demikian, proses pembentukan nodul akar sebenarnya sudah terjadi mulai 4-5 hst, yaitu sejak terbentuknya akar tanaman. Pada saat itulah terjadi infeksi akar rambut yang merupakan titik awal dari proses pembentukan nodul akar (Aep, 2006).

Kemampuan memfiksasi Nitrogen ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman, namun maksimalnya hanya sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Setelah masa pembentukan biji, kemampuan nodul akar dalam memfiksasi Nitrogen akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya nodul akar yang tua dan luruh (Aep, 2006).

Menurut Kemal (2000), budidaya tanaman kedelai sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan tanam

Benih yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik, artinya memiliki daya tumbuh yang besar, seragam, tidak tercampar varietas lain, bersih dari kotoran, dan tidak terinfeksi hama penyakit (Kemal, 2000). Varietas yang digunakan yakni Demas-1.

2. Penanaman

Jarak tanam yang bisa dipakai adalah 30 x 20 cm, 20 x 20 cm, 25 x 25 cm. Pengaturan jarak tanam hendaknya teratur agar tanaman mendapatkan ruang tumbuh yang seragam. Pada tanah yang subur, jarak tanam lebih renggang, dan sebaliknya untuk tanah yang kurang subur (Kemal, 2000).

3. Pemeliharaan tanaman

- a. Penyulaman

Kedelai mulai tumbuh sekitar umur 5-6 hari setelah tanam. Namun biasanya tidak seruh benih yang ditanam akan tumbuh seluruhnya sehingga perlu penyulaman. Penyulaman yang baik dilakukan pada sore hari.

b. Penyiangan

Penyiangan pertama dilakukan pada umur 2-3 minggu, penyiangan kedua sekitar 6 minggu hst, yang dilakukan bersama dengan pemupukan ke dua.

c. Pemupukan

Tabel 1. Dosis pemupukkan menurut Kemal (2000).

Waktu	Dosis Pemupukkan (kg/h)				
	Dolemit	Pupuk kandang	Urea	SP-36	KCl
2 minggu sebelum tanam	2000				
1 minggu sebelum tanam		15.000			
2 minggu setelah tanam			50	100	75
6 minggu setelah tanam			50	100	75

d. Penyiraman

Kedelai menghendaki kondisi tanah lembab namun tidak becek pada saat penanaman hingga pengisian polong. Menjelang panen sebaiknya lahan dalam keadaan kering. Kekurangan air pada masa pertumbuhan akan menyebabkan tanaman kerdil, bahkan dapat menyebabkan kematian apabila kekeringan telah melalui batas toleransinya. Kekeringan pada masa pembungaan dan pengisian polong dapat menyebabkan kegagalan panen (Kemal, 2000). Menurut Aep (2006), tanaman kedelai memerlukan air saat perkecambahan (0-5 hst), stadium awal vegetatif (15-20 hst), masa pembungaan dan pembentukan biji (35-65 hst).

e. Pengendalian hama dan penyakit

Penyemprotan pestisida dilakukan pada waktu yang berbeda-beda tergantung jenis hama dan pola penyerangannya.

4. Panen

Kedelai dapat dipanen setelah sebagian besar daun sudah menguning, buah mulai berubah warna dari hijau menjadi kuning kecoklatan dan retak-retak, atau polong sudah kelihatan tua, batang berwarna kuning agak coklat. Umur kedelai yang akan dipanen adalah sekitar 75-110 hari tergantung varietas dan ketinggian tempat. Kedelai yang akan dikonsumsi dipetik pada umur 75-100 hari, sedangkan untuk benih dipetik pada umur 100-110 hari.

B. Tanah Podsolik Merah Kuning

Tanah Podsolik Merah Kuning merupakan salah satu lahan suboptimal yang banyak terdapat di Indonesia yang tersebar luas di Indonesia, sekitar 50,4 juta ha atau 29,05 % dari luas daratan Indonesia (Latifa dkk., 2015). Santoso (2006), menyatakan bahwa permasalahan yang dihadapi pada tanah Podsolik Merah Kuning adalah pH masam, tingkat ketersediaan C-organik rendah, unsur N, P, K, Ca, Mg, Na, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) semuanya rendah. Hal ini menyebabkan tingginya unsur Al, Fe dan Mn yang bersifat racun dan menyebabkan kurang produktifnya tanah Podsolik Merah Kuning dijadikan tempat budidaya pertanian. Selain itu menurut Prihastuti *et al.* (2006) bahwa lahan kering masam juga miskin unsur mikroba, dengan populasi berkisar antara 57×10^3 - 29×10^4 cfu/g tanah. Rendahnya populasi mikrobia pada tanah Podsolik Merah Kuning, maka pengolahan tanah secara biologis mutlak diperlukan antara lain dengan memasukkan kultur mikrobia.

Rhizobium sp. merupakan salah satu mikroba yang dapat diberikan pada tanah Podsolik Merah Kuning yang kehidupannya erat dengan akar tanaman kacang-kacangan termasuk kacang kedelai. Bentuk asosiasi bakteri *Rhizobium* sp. dan akar tanaman kacang kedelai terwujud dalam pembentukan nodul akar yang dapat menambat N. Pertumbuhan bakteri *Rhizobium* sp. dilahan masam menghadapi banyak kendala diantaranya, pH tanah yang rendah, kejenuhan Al tinggi, kandungan Fe dan Mn tinggi, sehingga lingkungan tumbuhnya memerlukan perbaikan dengan pemberian amelioran berupa kapur maupun bahan organik yang dapat menaikkan pH serta menekan rendahnya unsur Al, Fe dan Mn pada tanah Podsolik Merah Kuning, Apabila *Rhizobium* sp. di tanah Podsolik Merah Kuning dapat dijadikan sebagai pupuk hayati yang efektif, maka kebutuhan pupuk N pada kacang kedelai sebagian akan dapat di penuhi selain untuk memanfaatkan lahan kering masam sekaligus dapat meningkatkan hasil dari tanaman kacang kedelai.

C. Asosiasi *Rhizobium* sp. pada Tanaman

Menurut Novriani (2011), *Rhizobium* sp. akan bersimbiosis dengan tanaman Legume dengan membentuk nodul akar dan hanya dalam bentuk nodul akar *Rhizobium* sp. akan memfiksasi Nitrogen. *Rhizobium* sp. mampu memberikan Nitrogen dalam bentuk asam amino kepada tanaman. *Rhizobium* sp. menginfeksi tanaman melalui akar tanaman. Infeksi dimulai dari rambut akar menyebabkan pertumbuhannya yang keriting akibat adanya auksin yang dihasilkan bakteri. Benang infeksi berkembang hingga korteks dan mengadakan

percabangan. Percabangan ini mengakibatkan jaringan korteks membesar, inilah yang dilihat sebagai nodul akar.

Waktu antara infeksi hingga *Rhizobium* sp. mampu memfiksasi Nitrogen sekitar 3-5 minggu. Selama waktu tersebut kebutuhan karbohidrat, nutrien mineral dan asam amino disediakan oleh inang. *Rhizobium* sp. membentuk kompleks enzim yang dibutuhkan untuk menambat Nitrogen. Bentuk *Rhizobium* sp. dalam sel akar yang mengandung nodul aktif (warna nodul merah muda hingga kecoklatan) disebut bakteroid. Bakteroid ini membutuhkan oksigen untuk membentuk ATP untuk menambat Nitrogen bebas melalui pembentukan enzim Nitrogenase (protein yang mengandung Fe dan Mo yang memerlukan Co sebagai aktivatornya). Enzim Nitrogenase ini labil terhadap oksigen, sehingga dikontrol oleh leghemoglobin berwarna jingga. Enzim ini menambat Nitrogen di udara dan merubahnya menjadi gas Amoniak di dalam nodul bakteroid (Novriani, 2011).

Nodul akar yang efektif pada tanaman kedelai merupakan hasil simbiosis bakteri *Rhizobium* sp. yang mampu melakukan fiksasi Nitrogen dari udara, pada umumnya dapat memenuhi kurang lebih 66-74% dari kebutuhan nitrogen tanaman, sehingga dapat mengurangi pupuk N anorganik (Yutono, 1985). Indah dkk. (2014) meneliti tentang pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max L.*) dengan penambahan *Rhizobium* sp. dan pupuk urea pada media gambut. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa pemberian *Rhizobium* sp. dapat meningkatkan jumlah polong pertanaman kedelai. Pemberian Urea 225 kg/ha secara nyata meningkatkan bobot 25 biji sebesar 12,78%, bobot biji kering /tanaman kedelai sebesar 39,37% dan bobot kering tanaman sebesar 32,09%. Interaksi antara

Rhizobium sp. dan pupuk urea mempengaruhi bobot kering akar pertanaman. Serta dari hasil Penelitian yang dilakukan Linda (2015), penginokulasian *Rhizobium* sp.-Mikoriza pada varietas kedelai Petek di lahan pasir pantai mendapatkan hasil yang signifikan terhadap pertumbuhan akar, luas daun, hasil (5,97 ton/h) dan diameter nodul. Berdasarkan penelitian Widyasari (2013), *Rhizobium* sp. yang dikondisikan pertumbuhannya dengan pH 5,8 lebih resisten dan dapat membentuk ATR (*Acid Tolerance Responce*) dibandingkan dengan *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada pH 7,0. *Rhizobium* sp. dapat hidup pada tanah dengan pH 5,0 dengan respon inokulum yakni tidak terjadi pembentukan nodul pada tanaman kedelai yang disebabkan oleh defisiensi unsur hara.

D. Asosiasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanaman

Bakteri Pelarut Fosfat seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. merupakan mikrobial tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan P tidak tersedia menjadi tersedia (Triwibowo, 2006). Hal ini terjadi karena Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) tersebut mampu mensekresi asam-asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah dan asam-asam organik tersebut akan menurunkan pH dan memecahkan ikatan pada beberapa bentuk senyawa P sehingga akan meningkatkan ketersediaan P dalam larutan tanah.

Hasil penelitian Louw dan Webley (1959), menggunakan berbagai sumber P menunjukkan bahwa beberapa isolat Bakteri Pelarut Fosfat yang digunakan mampu melepaskan atau melarutkan P dari batuan fosfat gafsa (hidroksiapatit)

dan kalsium fosfat, tetapi tidak satupun dari isolat tersebut mampu melepaskan P dalam bentuk *variscite* ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), *strengite* ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dan *taranakite* ($2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$) yang banyak terdapat pada tanah-tanah masam. Hasil ini mengindikasikan bahwa ada perbedaan mekanisme pelepasan P-terikat pada tanah-tanah bereaksi netral dan basa dengan tanah-tanah bereaksi masam.

Menurut Premono dan Widiastuti (1994), menggunakan bahan fosfat yang dikombinasikan dengan *Pseudomonas putida* dan diperoleh bahwa kombinasi tersebut dapat menggantikan pupuk, sehingga penggunaan pupuk SP-36 dapat dikurangi atau sebagian dapat disubstitusi dengan batuan fosfat. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P saat ini mulai dikembangkan kemampuan bakteri dalam mengefektifkan ketersediaan unsur P. Dalam tanah banyak bakteri yang mempunyai kemampuan melepas P dari ikatan Fe, Al, Ca dan Mg sehingga P yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman, salah satunya adalah *Pseudomonas*, bakteri tersebut dapat digunakan sebagai *Biofertilizer*. Pelarutan P oleh *Pseudomonas* didahului dengan sekresi asam-asam organik, diantaranya asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glioksilat, malat, fumarat. Hasil sekresi tersebut akan berfungsi sebagai katalisator, pengkelat dan memungkinkan asam-asam organik tersebut membentuk senyawa kompleks dengan kation-kation Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan Al^{3+} sehingga terjadi pelarutan P menjadi bentuk tersedia yang dapat diserap oleh tanaman. Tetapi dalam pengaplikasiannya ke dalam tanah, pupuk hayati membutuhkan suatu *carrier* (Wulandari, 2001).

Berdasarkan hasil penelitian Suliasih, dkk., (2010), tanaman yang diinokulasikan dengan BPF menghasilkan berat buah tomat tertinggi (3.043,3

g/tanaman) dibandingkan perlakuan lainnya (1.616,7 – 2.660,0 g/tanaman). Pemberian inokulan Bakteri Pelarut Fosfat mampu lebih meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil buah tomat dibandingkan dengan pemberian pupuk kompos dan kotoran ayam + sekam, maupun pupuk kimia NPK.

Asosiasi Bakteri pelarut Fosfat dan bakteri penambat nitrogen dapat menyediakan unsur hara secara cepat bagi tanaman di tanah Podsolik Merah Kuning. Unsur Nitrogen tersedia berguna untuk mempercepat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, khususnya batang (Salisbury dan Ross, 1995). Unsur Fosfor tersedia penting untuk pertumbuhan sel sehingga dapat memperkuat batang (Elfiati, 2005). Penggunaan unsur nitrogen dan fosfor tersedia bagi tanaman yang dihasilkan bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen, dapat meningkatkan kandungan klorofil dan kloroplas pada daun dan proses fotosintesis juga akan meningkat akibatnya pertumbuhan tanaman akan lebih baik. Meningkatnya fotosintesis maka akan meningkatkan pertumbuhan dan perpanjangan sel dan jaringan lainnya (Tania *et al.*, 2012). Premono dan Widiastuti (1994), mengemukakan bahwa BPF mampu meningkatkan P terekstrak pada tanah masam sampai 50%. Bakteri pelarut fosfat juga diketahui mampu meningkatkan kelarutan P pada tanah ultisol yang kondisi pH-nya rendah (Nasution, 2006).

Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) sangat berpengaruh nyata terhadap peningkatan P tersedia di tanah, selain menghasilkan asam-asam organik, Bakteri Pelarut Fosfat juga menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melarutkan Ca-P sehingga P menjadi tersedia bagi tanaman (Suliasih dkk., 2010). Tania dkk (2012)

menyatakan bahwa penggunaan unsur nitrogen dan fosfor tersedia bagi tanaman yang dihasilkan bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen, dapat meningkatkan kandungan klorofil dan kloroplas pada daun dan proses fotosintesis juga akan meningkat pertumbuhan tanaman.

E. Hipotesis

Asosiasi *Rhizobium* sp. dan Bakteri Pelarut Posfat, diduga dapat memberikan pertumbuhan dan hasil kedelai terbaik di tanah Podsolik Merah Kuning.