

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai

Encarna (2010) menjelaskan bahwa kedelai (*Glycin max L.*) termasuk famili Fabaceae (kacang-kacangan). Tanaman kedelai tergolong dalam tanaman palawija (tanaman pangan) yang memiliki polong dan tanaman ini berbentuk perdu. Cahyono (2007) menjelaskan bahwa susunan morfologi kedelai terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Akar tanaman kedelai terdiri dari akar tunggang yang terbentuk dari bakal akar, empat baris akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang dan sejumlah akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Xavier (2010) melaporkan bahwa akar tunggang kedelai mampu mencapai kedalaman 2 m, namun biasanya hanya mencapai kedalaman lapisan olah tanah saja. Batang tanaman kedelai berukuran kecil, berbulu, berwarna hijau kecoklatan atau kemerahan. dan mampu tumbuh tegak hingga mencapai ketinggian 20-100 cm, serta bercabang menyebar kesemua arah.

Kole (2011) menjelaskan bahwa daun kedelai tumbuh majemuk 3 helai anak daun atau tangkai. Helai daun berbentuk oval dengan ujung lancip dan berwarna hijau. Bunga kedelai termasuk bunga sempurna yaitu setiap bunga mempunyai alat jantan dan alat betina. Bunga terletak pada ruas-ruas batang, berwarna ungu atau putih. Tidak semua bunga dapat menjadi polong walaupun telah terjadi penyerbukan secara sempurna. Sekitar 60% bunga rontok sebelum membentuk polong sedangkan buah kedelai berbentuk polong dan setiap tanaman mampu menghasilkan 100 - 250 polong. Polong kedelai berbulu dan berwarna kuning kecoklatan atau abu-abu. Hidayat (1985) menyatakan bahwa selama proses pematangan buah, polong yang mula-mula berwarna hijau akan berubah menjadi kehitaman.

Dijelaskan juga polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1cm, jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50 bahkan ratusan. Kecepatan pembantukan polong dan

pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga terhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji, yang juga akan diikuti oleh perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak. Soeprapto (1989) menjelaskan bahwa biji kedelai berkeping dua, terbungkus kulit biji dan tidak mengandung jaringan endosperma sedangkan embrio terletak diantara keping biji dengan warna kulit biji kuning, hitam, hijau, coklat. Bentuk biji kedelai umumnya bulat lonjong tetapi ada pula yang bundar atau bulat agak pipih.

Cahyono (2007) menjelaskan bahwa kedelai termasuk dalam tanaman legum yang dalam hidupnya mampu bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* dan membentuk bintil akar. Bintil akar tersebut akan membantu tanaman kedelai untuk memproduksi nitrogen tersedia bagi tanaman kedelai, sehingga tanaman kedelai tidak perlu terlalu banyak diberi pemupukan N.

Fagi dan Tangkuma (1985) dalam forum pasca sarjana melaporkan bahwa fase pertumbuhan tanaman kedelai terdiri dari fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif diawali dengan perkecambahan biji, pembentukan akar, pembentukan batang utama dan cabang yang berakhir saat terbentuknya bunga pertama, setelah itu dilanjutkan dengan fase generatif yang ditandai dengan terbentuknya bunga pertama, pembentukan polong dan diikuti dengan pengisian serta pemasakan polong. Secara lengkap fase pertumbuhan tanaman kedelai disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fase Pertumbuhan Kedelai (Pandey, 1992)

Fase pertumbuhan tanaman	Periode (hari)	Perubahan morfologi
Fase pertumbuhan awal	15	dimulai dari perkecambahan sampai terbentuknya trifoliolate pertama.
Fase pertumbuhan vegetatif aktif	15	ditandai dengan proses daun trifoliat yang terbuka penuh pada buku diatas buku unifoliat.
Fase pembungaan - pengisian polong	35	ditandai dengan bunga terbuka pertama pada buku maupun batang.
Fase pematangan polong	20	ditandai dengan satu polong pada batang utama telah mencapai warna polong matang.

2.2 Inokulasi Rhizobium pada tanaman kedelai

Encarna (2010) menjelaskan bahwa Rhizobium ialah salah satu contoh bakteri yang berkemampuan sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman. Bila bersimbiosis dengan tanaman legume, kelompok bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan akan membentuk bintil akar didalamnya. Gardner (1991) menjelaskan bahwa hubungan keduanya dapat menfiksasi 100 kg.ha^{-1} per musim dan seringkali tiga kali lipat dari jumlah ini yang jauh lebih banyak dari pada sistem fiksasi biologis N_2 yang lainnya. Suprpto (2001) menjelaskan bahwa bintil akar, di bawah kondisi yang menguntungkan akan terbentuk dalam waktu 1 minggu setelah benih ditanam, tetapi bintil akar baru mulai aktif mengikat N setelah 2 minggu berikutnya.

Encarna (2010) menjelaskan bahwa bakteri Rhizobium aktif dapat diketahui secara visual dari bintil-bintil bundar pada akar tanaman. Bila akar dibelah, di dalamnya akan tampak warna kemerahan, dan bila bagian ini dipijit maka akan keluar cairan kemerahan. Ismawati (2004) melaporkan bahwa bakteri Rhizobium akan giat mengadakan fiksasi N pada tanah yang kandungan nitrogennya rendah dan akan berkurang pada tanah yang kandungan nitrogennya tinggi. Dijelaskan pula bahwa jumlah nitrogen yang terfiksasi oleh bakteri Rhizobium akan semakin meningkat selama masa periode pembungaan hingga mencapai maksimum pada masa akhir pembungaan dan menurun drastis pada proses pengisian polong.

Subani (2007) melaporkan bahwa dengan adanya penambahan inokulasi Rhizobium pada saat menanam kedelai dapat meningkatkan peroduktivitas sebesar 33,08%, namun hal tersebut bergantung pada tingkat kondisi lahan dan lingkungan sekitar. Dijelaskan juga bahwa penggunaan dosis legin juga berpengaruh terhadap tingkat produktifitas tanaman kedelai. Jamal (2009) melaporkan bahwa penggunaan dosis legin 3 g kg^{-1} pada lahan alfisol mampu meningkatkan produktivitas tanaman kedelai sebesar 24,68% dibanding tanpa menggunakan inokulan yaitu $1,58 \text{ ton ha}^{-1}$.

2.3 Proses terbentuknya bintil akar tanaman kacang-kacangan

Purwanti (2004) melaporkan bahwa pembentukan bintil akar diawali dengan sekresi produk metabolisme tanaman ke daerah perakaran yang menstimulasi pertumbuhan bakteri. Dijelaskan pula bahwa secara umum tahapan pembentukan bintil akar pada tanaman leguminosa terjadi beberapa tahapan yaitu pengenalan pasangan yang sesuai antara tanaman dengan bakteri yang diikuti oleh pelekatan bakteri *Rhizobium* pada permukaan rambut akar tanaman, invasi rambut oleh bakteri melalui benang infeksi, pembentukan sel-sel bakteri yang mengalami deformasi yang disebut sebagai bakteroid didalam sel akar tanaman dan pembelahan sel tanaman dan bakteri sehingga terbentuk bintil akar.

Arsyad (2010) melaporkan bahwa pelekatan *Rhizobium* pada rambut akar dapat terjadi karena pada permukaan sel *Rhizobium* terdapat suatu protein pelekat (adhesin) yang disebut *Rhcadhesin*. *Rhcadhesin* ialah suatu protein pengikat kalsium yang berfungsi dalam pengikatan kompleks kalsium pada permukaan rambut akar. Yuwono (2006) menjelaskan bahwa penetrasi awal sel bakteri ke dalam rambut akar dilakukan melalui ujung rambut akar. Setelah bakteri melekat, rambut akan menggulung yang disebabkan oleh senyawa yang dikeluarkan oleh bakteri, selanjutnya bakteri memasuki rambut akar dan menginduksi pembentukan benang infeksi yang kemudian tumbuh kearah sel-sel akar. Bakteri yang terdapat didalam akar kemudian tumbuh secara cepat dan mengalami perubahan bentuk menjadi struktur bercabang yang disebut bakteroid.

Dijelaskan pula bahwa dalam perkembangannya, pertumbuhan bintil akar juga dipengaruhi beberapa faktor, yaitu suhu tanah optimum yang berada di kisaran 25° - 30° C dan jika berada pada suhu yang lebih rendah atau jauh lebih panas maka pembentukan bintil akan terhambat, perlunya pengaturan naungan dan cahaya yang cukup banyak dapat meningkatkan jumlah bintil sedangkan naungan akan menurunkan berat bintil akar, adanya konsentrasi CO_2 yang tinggi dapat meningkatkan jumlah bintil akar, jumlah ketersediaan nitrogen di dalam tanah dengan konsentrasi yang tinggi akan mengurangi jumlah maupun berat

bintil akar, keberadaan mikroorganisme lain yang membuat kompetisi di dalam *rhizofer*.

2.4 Herbisida oksifluorfen dan 2,4D

Kasasian (1971) menjelaskan bahwa tanaman kedelai sangat peka terhadap awal persaingan dengan gulma pada periode awal pertumbuhan tanaman sampai tanaman berumur satu bulan. Bangun (1989) menjelaskan bahwa untuk mengatasi persaingan gulma pada tanaman kedelai perlu dicari alternatif pengendalian salah satunya dengan cara menggunakan herbisida. Herbisida ialah bahan kimia yang digunakan untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan gulma. Secara kasat mata tanaman dan gulma memiliki morfologi yang hampir sama namun berbeda peran dalam pertanian. Dijelaskan pula berdasarkan cara aplikasinya, herbisida dibedakan menjadi 3 macam, diantaranya herbisida pra-tanam. Kasasian (1971) menjelaskan bahwa herbisida pratanam dapat menghambat pertumbuhan awal gulma dengan cara mengganggu proses perkecambahan. Salah satu herbisida yang umum digunakan petani kedelai ialah herbisida yang berbahan aktif oksifluorfen dan 2,4D.

Anonymous (2011) menyatakan bahwa berdasarkan pergerakannya dalam tanaman, herbisida berbahan aktif oksifluorfen merupakan salah satu herbisida kontak yang diaplikasikan lewat tanah dengan konsentrasi rendah. Moenandir (1990) menjelaskan bahwa herbisida kontak dengan residu rendah sebaiknya diaplikasikan secara pra tanam, yaitu setelah pengolahan tanah dan sebelum penanaman. Aplikasi semacam ini bertujuan supaya awal pertumbuhan pertanaman tidak terganggu oleh gulma sehingga pertumbuhannya dapat maksimal.

Sastroutomo (1992) menjelaskan bahwa dosis yang digunakan untuk penggunaan herbisida oksifluorfen untuk tanaman kedelai ialah 4,5-5 l/ha. Dijelaskan pula herbisida yang bekerja secara kontak ini membutuhkan peranan cahaya sangat penting bagi aktivitasnya. Residunya pada daun tidak mudah tercuci oleh air hujan dan tidak kekal lama didalam tanah dan masa paruhnya ialah 30-40 hari.

Tjitrosemito (2003) menjelaskan bahwa 2,4D (2,4 – *dichlorophenoxy*) termasuk dalam herbisida jenis pratanam yang ditemukan pada tahun 1940an, dan mengawali era penggunaan herbisida dalam pertanian. Herbisida ini termasuk golongan *phenoxycarboxylic acid* yang bersifat sistemik dan selektif. *Phenoxyacetic acid* dapat menghambat pembelahan sel dan fotosintesis sehingga menyebabkan pelekukan pada tangkai, batang, dan akar menjadi pendek. Purwanti (2003) menjelaskan pada dosis rendah 2,4-D cenderung bersifat sebagai auksin, sedangkan pada dosis tinggi dapat mematikan gulma. Dijelaskan pula bahwa 2,4-D merupakan jenis herbisida yang lebih mudah dirombak di dalam tanah dibandingkan dengan 2,4,5- triklorofenoksi asam asetat.

Suwarni (2000) melaporkan bahwa untuk menghindari menurunnya efektivitas bakteri *Rhizobium* pada bintil akar tanaman kedelai, maka sebaiknya penggunaan herbisida tidak bersamaan dengan penggunaan inokulan *Rhizobium*. Barchia (2009) menjelaskan bahwa mikroorganisme di rizosfer akan terganggu keseimbangannya sedangkan penggunaan beragam pestisida dapat merusak populasi mikroorganisme di daerah perakaran. Nodulasi pada kacang-kacangan sering terganggu atau tidak terbentuk nodul karena penggunaan pestisida.

