

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asal usul kedelai

Kedelai termasuk tanaman golongan strata A, yang memerlukan penyinaran matahari secara penuh, tidak memerlukan naungan. Adanya naungan yang menahan sinar matahari hingga 20% pada umumnya masih dapat ditoleransi oleh tanaman kedelai, tetapi bila melebihi 20% tanaman mengalami etiolasi. Intensitas penyinaran hanya 50% dari total radiasi normal dilaporkan menekan pertumbuhan, mengurangi jumlah cabang, buku, dan polong yang berakibat turunnya hasil biji hingga 60%. Umumnya persyaratan panjang hari untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 11-16 jam, dan panjang hari optimal untuk memperoleh produktivitas tinggi adalah panjang hari 14-15 jam. Di Indonesia panjang hari pada dataran rendah (1-500 m dpl), dataran sedang (501-900 m dpl), dataran tinggi (901-1600 m dpl) relatif konstan dan sama, sekitar 12 jam (Sumarno dan Manshuri, 2007)

Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan tipe batang determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan bila pucuk batang

tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga (Adisarwanto, 2005)

Pengembangan kedelai dapat dilakukan di lahan sawah maupun di lahan kering, bergantung kepada iklim dan kebutuhan petani setempat. Tanaman Kedelai dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah asal drainase (tata air) dan aerasi (tata udara) tanah cukup baik, curah hujan 100-400 mm/bulan, suhu udara 23-30°C, kelembaban 60-70%, pH tanah 5,8-7 dan ketinggian kurang dari 600 m dpl (Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008).

2.2 Morfologi Tanaman Kedelai

Klasifikasi tanaman kedelai adalah sebagai berikut : Menurut Sharma (1993), tanaman kedelai diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Subdivisio : Angiospermae
Class : Dicotyledoneae
Ordo : Polypetales
Family : Papilionaceae
Genus : Glycine
Species : *Glycine max* (L.) Merril

2.2.1 Akar

Sistem perakaran pada kedelai terdiri dari sebuah akar tunggang yang terbentuk dari calon akar, sejumlah akar sekunder yang tersusun dalam empat barisan sepanjang akar tunggang, cabang akar sekunder, dan cabang akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Bintil akar pertama terlihat 10 hari setelah tanam. Panjang akar tunggang ditentukan oleh berbagai faktor, seperti kekerasan tanah, populasi tanaman, varietas, dan sebagainya. Akar tunggang dapat mencapai kedalaman 200 cm, namun pada pertanaman tunggal dapat mencapai 250 cm. Populasi tanaman yang rapat dapat mengganggu pertumbuhan akar. Umumnya sistem perakaran terdiri dari akar lateral yang berkembang 10-15 cm di atas akar tunggang. Dalam berbagai kondisi, sistem perakaran terletak 15 cm di atas tanah yang tetap berfungsi mengabsorpsi dan mendukung kehidupan tanaman (Carlson, 1973).

2.2.2 Batang dan Cabang

Ada dua tipe pertumbuhan batang dan permulaan pembungaan pada kedelai. Tipe pertama adalah indeterminat, yaitu tunas terminal melanjutkan fase vegetatif selama pertumbuhan. Tipe kedua adalah determinat dimana pertumbuhan vegetatif tunas terminal terhenti ketika terjadi pembungaan. Proses pemasakan kedelai dikendalikan oleh fotoperiodisitas (panjang hari) dan suhu. Kedelai diklasifikasikan sebagai tanaman hari pendek dikarenakan hari yang pendek akan menginisiasi pembungaan. Suhu hangat dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan kedelai dan sebaliknya, suhu yang lebih dingin akan menghambat dua proses tersebut (Adie dan Krisnawati, 2007)

2.2.3 Daun

Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliate leaves*) yang tumbuh selepas masa pertumbuhan. Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua, yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Daun mempunyai stomata, berjumlah antara 190-320 buah/m².

Umumnya, daun mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi. Panjang bulu bisa mencapai 1 mm dan lebar 0,0025 mm. Kepadatan bulu bervariasi, tergantung varietas, tetapi biasanya antara 3-20 buah/mm². Jumlah bulu pada varietas berbulu lebat, dapat mencapai 3-4 kali lipat dari varietas yang berbulu normal. Contoh varietas yang berbulu lebat yaitu IAC₁₀₀, sedangkan varietas yang berbulu jarang yaitu Wilis, Dieng, Anjasmoro, dan Mahameru.

Lebat-tipisnya bulu pada daun kedelai berkait dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu. Hama penggerek polong ternyata sangat jarang menyerang varietas kedelai yang berbulu lebat (Arsyad, 2008)

2.2.4 Bunga

Bunga kedelai berwarna putih, ungu pucat dan ungu. Bunga dapat menyerbuk sendiri. Saat berbunga bergantung kepada kultivar (*varietas*) dan iklim. Suhu mempengaruhi proses pembungaan. Semakin pendek penyinaran dan semakin tinggi suhu udaranya, akan semakin cepat berbunga (Yamaguchi dan Rubatzky, 1998).

2.2.5 Polong dan Biji

Buah kedelai berbentuk polong. Jumlah polong bervariasi mulai 2-20 dalam satu pembungaan dan lebih dari 400 dalam satu tanaman. Satu polong berisi 1-5 biji, namun pada umumnya berisi 2-3 biji per polong. Polong berlekuk lurus atau ramping dengan panjang kurang dari 2-7 cm. Polong muda berwarna hijau dan polong masak berwarna kuning muda sampai kuning kelabu, coklat atau hitam. Warna polong tergantung pada keberadaan pigmen karoten dan xantofil, warna trikoma, dan adanya pigmen antosianin. Pada polong terdapat trikoma (bulu) dengan intensitas kepadatan dan panjang yang berlainan tergantung varietasnya (Adie dan Krisnawati, 2006).

2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai merupakan tanaman yang tergolong tanaman lahan darat yang memerlukan air yang cukup banyak. Tanaman ini dapat ditanam didaratan yang tinggi dan akan tumbuh pada ketinggian kurang dari 500 m di atas permukaan laut.

Untuk pertumbuhan tanaman kedelai yang baik menggunakan jenis tanah aluvial, grumusol, latosol, dan andosol dan nilai pH tanah optimum berkisar antara 5,7 - 7,0.

Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah dari ketiga jenis fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2 – 0.05 mm, debu dengan ukuran 0.05 – 0.002 mm dan liat dengan ukuran < 0.002 mm (penggolongan berdasarkan USDA). Keadaan tekstur tanah

sangat berpengaruh terhadap keadaan sifat-sifat tanah yang lain seperti struktur tanah, permeabilitas tanah, porositas dan lain-lain (Michael, 1983).

2.4 Kebutuhan air tanaman kedelai

Kebutuhan air meliputi masalah persediaan air, baik air permukaan maupun air bawah tanah. Evapotranspirasi adalah air yang menguap dari tanah yang berdekatan, permukaan air, atau dari permukaan daun-daun tanaman. Air yang disimpan dari embun, curah hujan, atau irigasi siraman dan kemudian menguap tanpa memasuki sistem tanam-tanaman adalah merupakan bagian dari kebutuhan air (Hansen dkk, 1992)

Evapotranspirasi adalah proses air berpindah dari suatu permukaan tanah dan tanaman melalui jaringan pada tanaman pada suatu petakan lahan karena adanya panas laten (Hillel, 1981). Ada 3 faktor yang mempengaruhi kecepatan suatu evapotranspirasi yaitu faktor iklim mikro yang mencakup suhu, kelembaban (RH), dan angin, faktor tanaman, yaitu jenis tanaman, derajat penutupan, struktur tanaman, faktor tanah, yaitu kondisi pada tanah itu sendiri seperti aerasi, potensial air tanah dan kecepatan air tanah atau fluktuasi air tanah yang bergerak di bawah permukaan tanaman menuju ke akar tanaman.

Evapotranspirasi tanaman dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : E_{Tc} = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

K_c = koefisien Tanaman

E_{To} = evapotranspirasi acuan (mm/hari)

Koefisien tanaman mengintegrasikan evapotranspirasi dari waktu ke waktu. Efek integrasi dari waktu ke waktu mewakili frekuensi pembasahan rata-rata untuk standar tanaman dalam kondisi pertumbuhan khas dalam pengaturan irigasi. Nilai-nilai untuk K_c selama tahap pengembangan awal dan tanaman tunduk pada pengaruh variasi yang besar dalam frekuensi pembasahan, nilai K_c kedelai dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Koefisien tanaman

Crop	$K_{c\text{ini}}^1$	$K_{c\text{mid}}$	$K_{c\text{end}}$	Maximum Crop Height (h) (m)
Legumes (<i>Leguminosae</i>)	0.4	1.15	0.55	
Beans, green	0.5	1.05 ²	0.90	0.4
Beans, dry and Pulses	0.4	1.15 ²	0.35	0.4
Chick pea		1.00	0.35	0.4
Grabanzo	0.4	1.15	0.35	0.8
Green Gram and Cowpeas		1.05	0.60-0.35 ⁶	0.4
Groundnut (Peanut)		1.15	0.60	0.4
Lentil		1.10	0.30	0.5
Peas				
- Fresh	0.5	1.15 ²	1.10	0.5
- Dry/Seed		1.15	0.30	0.5
Soybeans		1.15	0.50	0.5-1.0

Sumber : Data FAO, 2013

2.5 Kebutuhan Air Irigasi

Kedelai termasuk tanaman yang tidak tahan terhadap kekeringan. Oleh karena itu, air sangat diperlukan sejak awal pertumbuhan sampai pada massa polong mulai berisi. Jika pada fase pertumbuhan vegetative kedelai mengalami kekeringan, pertumbuhan kedelai menjadi kerdil. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sejak tumbuh sampai pada fase tersebut keadaan tanah hendaknya cukup lembab (AAK, 1989)

Secara umum kedelai dapat diberi pengairan 3-4 kali selama periode pertumbuhannya sesuai dengan masa peka akan kekurangan air yakni sebelum tanam 2-3 minggu sebelum berbunga pada saat berbunga dan pengisian polong pengairan hendaknya diberikan sampai daerah perakaran tanaman (Suprpto, 2001).

Perlakuan defisit air pada media tanah bertekstur pasir dan bertekstur liat mempengaruhi sifat fisika tanah, terutama pada parameter kadar air tanah, tetapi tidak menunjukkan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kedelai karena secara genetik tanaman mempunyai kapasitas untuk mendeteksi jumlah air yang tersedia di dalam tanah dan mengatur pergerakan stomata dan laju pertumbuhan daun dan dapat beradaptasi dengan lingkungannya, dengan melakukan kegiatan penutupan stomata pada saat air tanah berkurang (Arsyad, 2008).

Menurut Istiawati (2005), Fungsi utama dalam pemberian air irigasi pada tanaman ialah untuk menyediakan air dengan jumlah dan waktu yang tepat. Selain itu juga fungsi system irigasi untuk mengambil air dari sumber, menyalurkan air dari sumbernya, membawa air ke areal pertanaman, dan mendistribusikannya ke tanaman.

Menurut James (1988) ada tiga metode untuk menentukan waktu pemberian irigasi yaitu :

1. Indikator tanaman

Penentuan irigasi dengan indikator tanaman ialah pemantauan irigasi langsung pada tanaman dengan melihat pertumbuhan dan tampilannya, mengukur temperature daun, mengukur tekanan air daun dan mengukur tekanan stomata.

2. Indikator tanah

Meliputi penentuan kadar air tanah dan membandingkan dengan kadar air tanah minimum yang telah ditentukan (kadar air tanah kritis). Indikator ini dimaksudkan untuk menduga data jumlah air yang akan diberikan pada setiap irigasi untuk tanaman.

3. Teknik neraca air

Teknik neraca air ini hampir sama dengan indikator tanah dengan menentukan kadar air tanah yang dikombinasikan dengan data iklim yaitu evapotranspirasi dan curah hujan efektif.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$\theta_i = \theta_{(i-1)} - \left(100 \left(ET - \frac{Pe}{Drz} \right) \right) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana θ_i , $\theta_{(i-1)}$ adalah kadar air tanah (% volume) pada sore hari (i) dan kemarin sore (i=1). ET adalah evapotranspirasi tanaman (mm) dan Pe adalah curah hujan efektif (mm). irigasi dilakukan apabila kadar air tanah pada sore hari ke – i mendekati atau sama dengan kadar air kritis (θ_c).

2.6 Kandungan air tanah

Kandungan air tanah tersedia adalah ketersediaan air untuk tanaman atau ketersediaan air pada kapasitas lapang dan ketersediaan air pada titik layu permanen. Air tanah tersedia berbeda-beda pada setiap tekstur tanah.

Kapasitas lapang (*field capacity*) adalah kondisi dimana tebal lapisan air di dalam lapisan pori-pori tanah mulai menipis, sehingga tegangan antara air dan udara meningkat hingga lebih besar daripada gaya gravitasi, air gravitasi (pori-pori makro) dan air tersedia (pori-pori mikro) bagi tanaman dalam kondisi optimum (Hanafiah, 2005).

Titik layu permanen kandungan air pada tanah pada tanaman tidak mampu lagi menggunakan air tanah tersebut ditandai dengan layunya tanaman terus-menerus. (Islami dan Utomo, 1995).

Air tanah tersedia adalah jumlah air yang dapat digunakan oleh tanaman yang letaknya berada diantara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Kadar air tanah dapat diklasifikasikan keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang disimpan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi.

Ada beberapa cara yang digunakan untuk menentukan kadar air tanah yaitu dengan cara *gravimetrik*, *tensioner*, *porous block* dan *neutron scanting*. Pada metode *gravimetrik* contoh tanah yang telah ditimbang berat basah (BB) dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam atau sampai beratnya konstan ,

kemudian ditimbang sebagai berat kering (BK). Kadar air tanah dilambangkan dengan W (% berat) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$W = \frac{BB - BK}{BK} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

2.7 Cekaman Air Pada Tanaman

Cekaman air pada tanaman terjadi akibat kadar air tanah dalam pori-pori tanah tidak mencukupi untuk proses evapotranspirasi ke udara dan adanya transpirasi yang berlebihan. Di lapangan tanaman walaupun didalam tanah cukup tersedia air, tanaman tersebut dapat mengalami kekurangan atau cekaman air, dikarenakan kecepatan penyerapan air tidak dapat mengimbangi hilangnya air melalui proses transpirasi (Islami dan Utomo, 1995).

Cekaman air pada tanaman mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan sel pengaruhnya pada pembelahan sel, pertumbuhan sel dan protoplasma. Ada tiga mekanisme fotosintesis yang dipengaruhi oleh cekaman air, yaitu berkurangnya aktivitas protoplasma, berkurangnya luas permukaan fotosintesis, dan menutupnya stomata. Cekaman air ini juga menyebabkan terjadinya perubahan macam dan jumlah senyawa karbohidrat dalam tanaman seperti peningkatan kadar gula (Islami dan Utomo, 1995).

2.8 Porous Blok/Gypsum Blok

Gypsum block adalah alat sensor yang dipakai dalam bidang pertanian untuk mengukur lengas tanah atau kelembaban tanah guna memilih jenis tanaman dan

mengatur kesuburannya pada suatu tanah atau lahan yang akan dikerjakan. Alat ini dapat digunakan dengan biaya yang terjangkau dan paling sederhana dari pada alat sensor elektrik yang lain. Gypsum block terdiri dari sebuah gypsum padat yang sudah dicetak berbentuk silinder maupun persegi empat dengan kisaran ukuran yang ditentukan dan dilengkapi dua elektroda dalam hal ini menggunakan sebuah kabel yang ditanamkan pada block dengan jarak 1 cm dalam keadaan elektroda parallel atau searah (Skinner,1997).

Gypsum block adalah alat yang terbuat dari serbuk gipsum. Gypsum block pertama kali dipakai di bidang pertanian untuk mengukur kelengasan tanah dengan cara dikalibrasi dulu, lalu ditanam di tempat yang akan diteliti. Sekarang gypsum block dipakai di bidang teknik sipil dalam pengukuran kadar air tanah dengan tujuan agar tidak merusak struktur tanah di sekitar daerah penelitian. Untuk mengetahui nilai resistansi yang terjadi, kedua kabel dihubungkan dengan multimeter sehingga diperoleh nilai tahanan gypsum block. Kemudian nilai tahanan gypsum block dimasukkan dalam grafik kalibrasi maka diperoleh suatu persamaan resistansi tanah yang akan dipakai dalam pengukuran kadar air.

Prinsip kerja gypsum block yaitu jika dalam kondisi basah, gypsum block akan menghasilkan resistansi yang kecil. Demikian sebaliknya dalam kondisi kering, block akan menghasilkan resistansi yang lebih tinggi. Sebelum dipakai, gypsum block harus dikalibrasi dahulu secara individu, karena setiap gypsum block memiliki karakteristik tersendiri.

Beberapa keuntungan dari gypsum block yaitu (1) Pembuatan block dapat dilakukan oleh orang awam sekalipun dan relatif lebih murah dibandingkan dengan alat sensor yang lain, (2) Mudah dalam pemasangan dan penggunaannya serta memerlukan sedikit pemeliharaan. (3) Tidak merusak struktur tanah sekitarnya. Sedangkan kerugiannya : (1) lama penggunaan block terbatas.,(2) sensitif terhadap garam dan suhu, (3) memerlukan kalibrasi secara individu serta (4) Histerisis gypsum block sangat berpengaruh terhadap kerja gypsum block. Pembacaan resistansi gypsum block memerlukan tegangan arus bolak-balik (AC current), untuk mencegah efek polarisasi pada gypsum block yang akan mengakibatkan pembacaan yang salah dan tidak stabil.