

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Kedelai

Kedelai merupakan tanaman pangan berupa semak yang tumbuh tegak. Kedelai jenis liar *Glycine ururiecis*, merupakan kedelai yang menurunkan berbagai kedelai yang di kenal sekarang (*Glycine max (L) Merril*). Berasal dari daerah Manshukuo (Cina Utara). Di Indonesia, tanaman kedelai dibudidayakan mulai dengan abad ke-17 sebagai tanaman makanan dan pupuk hijau. Penyebaran tanaman kedelai ke Indonesia berasal dari Mansyuri: Jepang (Asia Timur) (Kemenristek, 2000).

2.2 Morfologi Tanaman Kedelai

2.2.1 Botani

Tanaman kedelai di klasifikasikan dalam kedudukan sistem tumbuhan (taksonomi) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plante
Devisi	: spermatophta
Subdevisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Leguminosa
Famili	: Papilionoidae
Geneus	: Glysin
Species	: <i>Glycine max (L) Merrill</i>

Kedelai sering juga disebut dengan nama lokal diantaranya adalah kacang jepung, kacang bulu, gedela dan demoka. Di Jepang dikenal adanya kedelai rebus (*aedamame*) atau kedelai manis, dan kedelai hitam (*koramame*) sedangkan nama umum di dunia disebut “*soybean*” (Kementristek, 2000).

2.2.2 Morfologi

Susunan tumbuh kedelai terdiri atas fase perumbuhan yaitu vegetative dan generative.

2.2.2.1 Fase Vegetative

Fase pertumbuhan vegetative dihitung sejak tanama mulai muncul ke permukaan tanah sampai mulai berbunga, pada saat perkecambahan di cirikan adanya kotiledon, pada fase vegetative di hitung setelah buku terbentuk pada batang utama.

2.2.2.1.1 Akar

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar misofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil.

Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil.

Pada umumnya, akar adventif terjadi karena cekaman tertentu, misalnya kadar air tanah yang terlalu tinggi.

Perkembangan akar kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik, kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan dan kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai panjang sekitar 2 m atau lebih pada kondisi yang optimal, namun umumnya akar tunggang hanya tumbuh pada kedalaman lapisan tanah olah yang tidak terlalu dalam, sekitar 30-50 cm. Sementara akar serabut dapat tumbuh pada kedalaman tanah sekitar 20-30 cm. Akar serabut ini mula-mula tumbuh di dekat ujung akar tunggang, sekitar 3-4 hari setelah berkecambah dan akan semakin bertambah banyak dengan pembentukan akar-akar muda yang lain.

2.2.2.1.2 Batang

Hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar sampai kotiledon. Hipokotil dan dua keping kotiledon yang masih melekat pada hipokotil akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah yang berada di atas kotiledon tersebut dinamakan epikotil.

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 batang tipe 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. Disamping itu, ada varietas hasil persilangan yang mempunyai tipe batang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai semi-determinate atau semi-indeterminate.

Jumlah cabang tergantung dari varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang bisa menjadi sedikit bila penanaman dirapatkan dari 250.000 tanaman/hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar. Jumlah batang tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan jumlah biji yang diproduksi. Artinya, walaupun jumlah cabang banyak, belum tentu produksi kedelai juga banyak.

2.2.2.1.3 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.

Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji. Umumnya, daerah yang mempunyai tingkat kesuburan tanah tinggi sangat cocok untuk varietas kedelai yang mempunyai bentuk daun lebar. Daun mempunyai stomata, berjumlah antara 190-320 buah/m².

Umumnya, daun mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi. Panjang bulu bisa mencapai 1mm dan lebar 0,0025mm. 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 IAC 100, sedangkan varietas yang berbulu jarang yaitu Wilis, Dieng, Anjasmoro dan Mahameru. Lebat-tipisnya bulu pada daun kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu. Hama penggerek polong ternyata sangat jarang menyerang varietas kedelai yang berbulu lebat. Oleh karena itu, para peneliti pemulia tanaman kedelai cenderung menekankan pada pembentukan varietas yang tahan hama harus mempunyai bulu di daun, polong, maupun batang tanaman kedelai.

2.2.2.2 Fase Generative

Pada fase pertumbuhan reproduksi (generative) terhitung pada saat mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkecambahan biji dan pemasakan biji. (Irwan, 2006).

2.2.2.2.1 Bunga

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai, mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga, sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji. Tanaman kedelai di Indonesia yang mempunyai panjang hari rata-rata sekitar 12 jam dan suhu udara yang tinggi (>30° C), sebagian besar mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu. Tanaman

kedelai termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembentukan bunga.

Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi.

Pembentukan bunga juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Pada suhu tinggi dan kelembaban rendah, jumlah sinar matahari yang jatuh pada ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembentukan bunga.

Setiap ketiak tangkai daun yang mempunyai kuncup bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Tidak setiap kuncup bunga dapat tumbuh menjadi polong, hanya berkisar 20-80%. Jumlah bunga yang rontok tidak dapat membentuk polong yang cukup besar. Rontoknya bunga ini dapat terjadi pada setiap posisi buku pada 1-10 hari setelah mulai terbentuk bunga.

Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik, seperti di Indonesia. Jumlah bunga pada tipe batang determinate umumnya lebih sedikit dibandingkan pada batang tipe indeterminate. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu.

2.2.2.2.2 Buah

Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. 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 pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak.

2.2.2.2.3 Biji

Di dalam polong terdapat biji yang berjumlah 2-3 biji. Setiap biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi, mulai dari kecil (sekitar 7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji) dan besar (>13 g/100 biji). Bentuk biji bervariasi, tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak gepeng, dan bulat telur. Namun demikian, sebagian besar biji berbentuk bulat telur.

Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung hilum terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji. Warna kulit biji bervariasi, mulai dari kuning, hijau, coklat, hitam, atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses

pembijian selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Namun demikian, biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13%. (Irwan, 2006)

2.2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

2.2.3.1 Tanah

Tanaman kedelai dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah dengan drainase dan aerasi tanah yang cukup baik serta air yang cukup selama pertumbuhan tanaman. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik pada tanah alluvial, regosol. Pada tanah yang kurang subur (miskin unsur hara) dan jenis tanah podsolik merah-kuning, perlu diberi pupuk organik dan pengapuran.

2.2.3.2 Iklim

Kedelai dapat tumbuh subur pada curah hujan optimal 100-200 mm/bulan. Temperature 27°C dengan penyinaran penuh maksimal 10 jam/hari. Tinggi tempat dari permukaan laut 0-900 m, dengan ketinggian optimal sekitar 600 m. Curah hujan yang cukup selama pertumbuhan dan berkurang saat pembungaan dan menjelang pemasakan biji akan meningkatkan hasil kedelai.

2.3 Varietas Tanaman Kedelai

Varietas unggul berasal dari varietas lokal, varietas liar, varietas introduksi. Untuk menghasilkan suatu varietas unggul, dari hasil suatu persilangan di butuhkan waktu 5-7 tahun. Hasil tanaman di tentukan oleh interaksi dari faktor genetika dan lingkungan tumbuhnya seperti kesuburan tanah, ketersediaan air, dan pengelolaan tanaman.

Suatu varietas dinyatakan sebagai varietas unggul, apabila telah melalui kegiatan seleksi uji daya hasil. Varietas unggul memiliki umur pendek, hasil tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit tertentu. Sejak dulu sampai saat ini pemerintah telah melepas 62 varietas kedelai. Di mana dalam penyebaran benih varietas unggul terdiri dari beberapa tingkat, mulai dari benih pejenis sampai benih sebar. Standar minimum mutu kedelai dimana benih murni minimum 95%, daya tumbuh minimum 60%, dan biji rerumputan, maksimum 2%. (Suhartina 2005)

Tabel 1. Jenis Varietas Tanaman Kedelai

Varietas	Kaba	Tanggamus	wilis
Dirilis	22 Oktober 2001	22 Oktober 2001	21 juli 1983
Hasil rata-rata	2,13 t/ha	1,22 t/ha	1,6 t/ha
Umur berbunga	35 hari	35 hari	±39 hari
Umur saat panen	85 hari	88 hari	85-90
Tinggi tanaman	64 cm	67 cm	±50 cm
Bobot 100 biji	10,37 g	11,0 g	±10 g
Ukuran biji	Sedang	Sedang	-
Wilayah adaptasi	Lahan sawah	Lahan kering masam	-

(Suhartina, 2005)

2.4 Kebutuhan dan Pemakaian Air Tanaman

Penggunaan konsumtif adalah total jumlah total air yang dikonsumsi tanaman untuk penguapan (evaporasi), transpirasi dan aktivitas metabolisme tanaman.

Kadang-kadang istilah itu disebut juga sebagai evapotranspirasi tanaman. Jumlah evapotranspirasi kumulatif selama pertumbuhan tanaman yang harus dipenuhi oleh air irigasi, dipengaruhi oleh jenis tanaman, radiasi surya, sistem irigasi, lamanya pertumbuhan, hujan dan faktor lainnya. Jumlah air yang ditranspirasikan tanaman tergantung pada jumlah lengas yang tersedia di daerah perakaran, suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin, intensitas dan lama penyinaran, tahapan pertumbuhan, tipe dedaunan.

Kebutuhan air pada tanaman kedelai berkisaran 350-450 mm selama masa pertumbuhan kedelai. Dalam proses pertumbuhan kedelai, air yang digunakan sangat bervariasi seiring dengan bertambahnya umur tanaman.

Berdasarkan perhitungan Kung dalam Somaatmadja dkk 1985 dalam Yuliana (2011). Kebutuhan air tanaman kedelai umur sedang (85 hari) pada periode pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 2. Kebutuhan Air Tanaman Kedelai Dalam Periode Tumbuh

Stadia tumbuh	Periode (hari)	Kebutuhan air (mm/periode)
Pertumbuhan awal	15	53-62
Vegetatif aktif	15	53-62
Pembuahan –pengisian polong	35	124-143
Pemasakan biji	20	70-83

Air yang digunakan tanaman antara kapasitas lapang (FC) dan titik layu permanen (PWP), sering juga disebut dengan air yang tersedia (AW).

Untuk menghitung air tersedia di gunakan rumus James (1993) sebagai berikut :

$$AW = D_{rz}(fc-pwp)/100 \dots\dots\dots (1)$$

AW : air yang tersedia (*available water (cm, in)*)

D_{rz} : zona perakaran (*depth of root zone (cm, in)*)

Fc : kapasitas lapang (*field capacity in percent by volume*)

Pwp : titik layu permanen (*permanent wilting point in percent by volume*)

Pada sistem irigasi yang dilakukan, air tidak dibiarkan mencapai titik layu permanen (pwp) untuk memperoleh pertumbuhan yang optimal, dimana air di batas dari *critical stress* (θ_c) sampai kapasitas lapang (FC) yang dinyatakan dalam air tersedia (RAW) ini dilakukan untuk menjaga kadar air tetap di atas *critical stress*. Air tersedia (RAW) dapat di hitung dengan menggunakan rumus James :

$$RAW = D_{rz}(fc-\theta_c)/100 \dots\dots\dots (2)$$

RAW : air tersedia (cm)

D_{rz} : zona perakaran (cm)

Fc : kapasitas lapang (% volume)

θ_c :tegangangan kritis (% volume)

Konsep defisiensi maksimum (MAD) juga sering di lakukan untuk memperkirakan jumlah air yang digunakan tanpa mengganggu tanaman.

Defisiensi maksimum (MAD) dirumuskan seperti :

$$MAD = \frac{RAW}{AW} \dots\dots\dots (3)$$

$$RAW = (MAD)(AW) \dots\dots\dots (4)$$

$$= (MAD)(D_{rz})(fc-pwp)/100 \dots\dots\dots (5)$$

MAD : *maximum allowable depletion* (deplesi maksimum)

RAD : *readily available water* (air tersedia)

AW : *available water* (air yang tersedia)

Dalam pengukuran langsung digunakan rumus konservasi masa James (1993) sebagai berikut :

$$\Delta S = D_{rz}(\theta_f - \theta_i) = inflow - outflow \dots\dots\dots (6)$$

Inflow,outflow : total aliran masuk dan keluar dari volume atur selama interval waktu yang dipertimbangkan (cm)

ΔS : perubahan kelembaban tanah dalam volume atur selama interval waktu yang dipertimbangkan (cm)

D_{rz} : kedalaman zona akar (cm)

θ_f, θ_i : kadar air tanah dengan volume akhir (final) dan awal (pertama) dari interval waktu yang dipertimbangkan (desimal)

Untuk volume control :

$$\text{Inflow} = I + P + \text{SFI} + \text{GW} \dots\dots\dots (7)$$

Dan

$$\text{Outflow} = \text{ET} + \text{RO} + \text{LO} + \text{L} + \text{DP} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

I = irigasi (cm)

P = precipitation (cm)

SFI = aliran permukaan ke volume kontrol (cm)

LI = bawah permukaan aliran lateral ke volume kontrol (cm)

GW = rembesan air tanah kedalam volume kontrol (cm)

ET = evapotranspirasi (cm)

RO = aliran permukaan dari volume kontrol (cm)

LO = bawah permukaan aliran lateral keluar dari volume atur (cm)

L = persyaratan pencucian (cm)

DP = perkolasi (cm)

Jadi evoptransipirasi dapat di hitung dengan menggunakan rumus James (1993) :

$$\text{ET} = I + \text{PSFI} + \text{LI} + \text{GW} - \text{RO} - \text{LO} - \text{DP} - D_{rz}(\theta_f - \theta_i) \dots\dots\dots (9)$$

Terdapat dua metoda untuk mendapatkan angka penggunaan konsumtif tanaman, yakni (a) pengukuran langsung dengan lysimeter bertimbangan (*weighing lysimeter*) atau tidak bertimbangan dan (b) secara tidak langsung dengan menggunakan rumus empirik berdasarkan data unsur cuaca (James 1993).

Secara tidak langsung dengan menggunakan rumus empirik berdasarkan data unsur cuaca, pertama menduga nilai evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o). ET_o adalah jumlah air yang dievapotranspirasikan oleh tanaman rumputan dengan tinggi 15~20 cm, tumbuh sehat, menutup tanah dengan sempurna, pada kondisi cukup air. Ada berbagai rumus empirik untuk pendugaan evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o) tergantung pada ketersediaan data unsur cuaca, antara lain: metoda Blaney-Criddle, Penman, Radiasi, Panci evaporasi (FAO, 1987 dalam James, 1993). Jika data iklim tersedia (suhu rerata udara harian, jam penyinaran rata-rata harian, kelembaban relatif rata-rata harian, dan kecepatan angin rata-rata harian). Sebaiknya menggunakan metoda Penman-Monteith.

2.5 Defisit irigasi

Air adalah salah satu bahan yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, yaitu sebagai bahan pembentuk, pelarut, pereaksi dan untuk mempertahankan turgiditas. Meskipun air begitu penting untuk tanaman, belum diketahui secara pasti bagaimana defisit air tanah dapat menurunkan komponen-komponen hasil tanaman, karena mekanisme bagaimana kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan tanaman belum banyak dipahami. Salah satu cekaman yang sering dialami tanaman adalah defisit air. Defisit air untuk jangka waktu yang pendek ataupun lama umumnya menjadi penyebab utama menurunnya produksi pertanian. Dikarenakan terbatasnya ketersediaan air, sementara permintaan akan produk pertanian terus meningkat, maka bidang ini perlu mendapat perhatian serius, manajemen air untuk pertanian dan penggunaan air oleh tanaman selayaknya dioptimalkan. Hal ini memerlukan pemahaman bagaimana defisit air

mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman dan mekanisme yang terjadi.

(Arsyad, 2002)

Menurunnya ketersediaan air tanaman akibat pengeringan tanah menyebabkan menurunnya penyerapan air oleh akar tanaman dan menurunkan kandungan air tanaman, potensial air tanaman (status air daun), tekanan turgor dan konduktivitas stomata, sehingga pertumbuhan tanaman terhambat (Kramer, 1988 dalam Arsyad, 2002).

Menurut Raes et al, 1987 kriteria waktu dalam pemberian air irigasi untuk tanaman antara lain :

1. *fixed interval* (interval yang tetap)

Irigasi dilakukan dengan penetapan interval yang ditentukan. Keputusan yang diambil secara independen dari kandungan air di zona perakaran. Criteria ini dilakukan dengan opsi operator sederhana.

2. *Allowable depletion amount* (Jumlah deplesi diijinkan)

Irigasi diterapkan setiap kali ketika jumlah air tertentu di bawah kapasitas lapang dibawa dari zona perakaran. Irigasi ini berguna dalam kasus hift sistem irigasi frekuensi (drip).

3. *Allowable daily stress* (stres sehari-hari yang diijinkan)

Irigasi dilakukan setiap kali evapotranspirasi aktual (ETact) turun di bawah fraksi yang telah ditentukan oleh potensi tingkat evapotranspirasi (ETcrop). opsi ini relevan untuk irigasi suboptimal ketika pasokan air terbatas.

4. *Allowable daily yield reduction* (penurunan hasil harian yang diijinkan)

Irigasi diterapkan setiap kali hasil yang sebenarnya (y_{act}) turun di bawah sebagian kecil yang telah ditentukan dari hasil maksimum (y_{max}). Perkiraan harian rasio y_{act} / y_{max} ditentukan oleh rasio ET_{act} / ET_{crop} dan faktor respon hasil (KY).

5. *allowable fraction of readily available water* (RAW) (fraksi diijinkan air yang tersedia readiy (RAW)).

Irigasi dilakukan setiap kali menipisnya air tanah, relatif terhadap air tersedia (RAW), turun di bawah tingkat yang ditentukan sebelumnya. opsi ini diterapkan antara lain untuk penjadwalan optimal di mana sampai 100% irigasi RAW selalu diamankan sebelum conditions stres kelembaban tanah (tingkat Yield threshold) ukur.

Untuk kriteria kedalaman yang berbeda dapat di lakukan dengan menggunakan dua cara yaitu :

1. kembali ke kapasitas lapang

Kadar air tanah di zona perakaran dibawa kembali ke kapasitas lapang. Plus atau minus kedalaman tertentu sesuai atas atau di bawah irigasi yang di tentukan.

2. Kendalaman tetap

Irigasi yang di lakukan tetap dengan jumlah air irigasi yang di tentukan.

2.5.1 Kedudukan Air Di Dalam Tanah

Menurut Hansen *et, al*, (1986) kedudukan air didalam tanah terbagi menjadi tiga bagian, yakni air higroskopis, air kapiler, dan air gravitasi. Air higroskopis diartikan sebagai air yang tidak melakukan pergerakan yang berarti akibat dari

pengaruh kekuatan gravitasi maupun kapiler. Air kapiler adalah sisa dari air higroskopis yang tertahan karena gaya gravitasi di dalam rongga-rongga tanah. Sedangkan air gravitasi berasal dari sisa air higroskopis dan air kapiler dan jika drainase berjalan dengan baik, air gravitasi akan bergerak keluar.

Keadaan yang disebut kapasitas lapang yakni pada saat kondisi ruang pori tanah terisi udara atau mencapai keadaan penyimpanan maksimum, pemberian air dihentikan sehingga air akan tetap bergerak karena adanya gaya gravitasi.

Pergerakan air akibat gaya gravitasi akan semakin lambat dan setelah dua sampai tiga hari gerakan tersebut akan berhenti. Menurut Hansen *et, al*, (1986) untuk menghitung kapasitas lapang dilakukan pembasahan secara merata pada tanah, kemudian tanah dikeringkan selama dua hari, setelah itu kapasitas lapang dapat diketahui. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menentukan kapasitas lapang adalah penguapan yang terjadi pada tanah tersebut dan adanya tanaman yang aktif pada tanah tersebut. Adanya tanaman aktif akan mempercepat tanah berada pada kondisi kapasitas lapang.

Menurut Islami dan Utomo (1996) titik layu permanen adalah keadaan dimana tanaman mengalami kekurangan air dan menyebabkan kelayuan pada tanaman terus menerus. Hal ini diakibatkan tanaman kehilangan air terus-menerus dan tanaman tidak mampu menggunakan air di dalam tanah. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan absorpsi yang lebih kecil dibandingkan evapotranspirasi yang terjadi dan tanaman akan mengalami kejenuhan ketika air didalam tanah berada di bawah titik jenuh air secara terus-menerus.

2.5.2 Cekaman Air

Menurut Rosadi *et, al*, (2013) suatu titik dimana penipisan air tanah tersedia mencapai maksimum (Maximum Allowable Deficiency) disebut kandungan air tanah kritis (θ_c). Pada kondisi ini Evapotranspirasi aktual (ET_a) masih sama dengan ET_m , akan tetapi jika penipisan air tanah tersedia melewati titik kritis tersebut, maka $ET_a < ET_m$ dan tanaman akan mengalami cekaman air (water stress).

Apabila tanaman mendapatkan cekaman air (stress air) yang cukup hebat, laju absorpsi air dari dalam tanah tidak dapat mengimbangi laju transpirasi. Akibat kejadian tersebut stomata akan menutup. Dengan demikian, penyerapan CO_2 dari udara ke jaringan mesofil daun tidak akan terjadi. Selanjutnya aktivitas fotosintesis akan terganggu karena kurang tersedianya ion H^+ yang berasal dari air tanah dan CO_2 dari udara sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik (Jasminarni, 2008).