

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kedelai

##### 2.1.1 Kajian Umum Tentang Kedelai

Firman Allah SWT tentang tanaman yang tumbuh dari biji-bijian antara lain termaktub dalam surat Al-an'aam (6) ayat 95, sebagai berikut:

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ فَآنَىٰ تُؤَفَّكُونَ ﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?*” (QS. Al-an'aam (6): 95).

Allah SWT memberitahukan, bahwa Dia menumbuhkan biji dan tumbuh-tumbuhan. Allah membelah biji tersebut di dalam tanah (yang lembab), kemudian dari biji-bijian tersebut tumbuhlah berbagai jenis tumbuh-tumbuhan, sedangkan dari benih itu tumbuhlah buah-buahan dengan berbagai macam warna, bentuk dan rasa yang berbeda. Kalimat *يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ* maksudnya adalah Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji-bijian dan benih yang merupakan benda mati (Muhammad, 2007).

Kedelai sebagai salah satu tanaman berbiji merupakan tanaman asli daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2500 SM. Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antarnegara yang terjadi pada awal abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan tersebut, yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Kedelai mulai dikenal di Indonesia sejak abad ke-16. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di pulau Jawa, kemudian berkembang ke Bali, Nusa Tenggara dan pulau-pulau lainnya. Pada awalnya kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja*, *Soja max*. namun pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merril (Irwan, 2006).

Prinsip taksonomi tumbuhan telah dijelaskan dalam Al-Qur'an, tersirat dalam surat Al-Rahman (55): 11-12 berikut ini:

فِيهَا فَنَكِهَةٌ وَالنَّخْلُ ذَاتُ الْأَكْمَامِ وَالْحَبُّ ذُو الْعَصْفِ وَالرَّيْحَانُ

Artinya: “Di bumi itu ada buah-buahan dan pohon kurma yang mempunyai kelopak mayang. Dan biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya.” (Q.S Al-Rahman (55): 11-12).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa di bumi ini terdapat tumbuhan yang memiliki kelopak mayang seperti korma. Dalam taksonominya korma termasuk ke dalam suku *Arecaceae* dan suku *Arecaceae* kebanyakan memiliki kelopak mayang. Disebutkan pula terdapat biji-bijian yang berkulit. Biji-bijian yang berkulit ini dapat ditafsirkan sebagai kelompok *Fabaceae* atau kacang-kacangan. Kedelai

merupakan tanaman yang termasuk ke dalam suku *Fabaceae*. Menurut Dasuki (1991) berdasarkan taksonominya klasifikasi kedelai adalah:

- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Anak kelas : Rosidae
- Bangsa : Fabales
- Suku : Fabaceae
- Marga : Glycine
- Spesies : *Glycine max* (L.) Merr

Kedelai adalah tanaman setahun yang tumbuh tegak, tinggi 70-150 cm, menyamak berbulu halus (*pubescens*), dengan sistem perakaran luas. Tanaman ini umumnya dapat beradaptasi terhadap berbagai jenis tanah dan menyukai tanah bertekstur ringan hingga sedang dan berdrainase baik, tanaman ini peka terhadap kondisi salin. Pertumbuhan optimal tercapai pada suhu 20°-25° C. Suhu 12°-20° C adalah suhu yang sesuai bagi sebagian besar proses pertumbuhan tanaman, tetapi dapat menunda proses perkecambahan, serta pembungaan dan pertumbuhan biji. Pada suhu yang lebih tinggi dari 30° C, fotorespirasi cenderung mengurangi hasil fotosintesis (Rubatski dan Yamaguci, 1998).

Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri dari akar tunggang, akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang, serta akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Akar tunggang merupakan perkembangan dari akar radikal yang sudah mulai muncul sejak masa perkecambahan. Salah satu kekhasan dari sistem perakaran tanaman kedelai adalah adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul

akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar sangat berperan dalam proses fiksasi  $N_2$  yang sangat dibutuhkan tanaman kedelai untuk kelanjutan pertumbuhannya (Adisarwantto, 2008).

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 determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang indeterminate dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Pada kondisi normal, jumlah buku berkisar 15-30 buah. Jumlah buku batang indeterminate umumnya lebih banyak dibandingkan batang determinate. Cabang akan muncul di batang tanaman. Jumlah cabang tergantung dari varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang (Irwan, 2006).

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/m<sup>2</sup> (Irwan, 2006)

Perbungaan berbentuk tandan aksilar atau terminal, berisi 3-30 kuntum bunga; bunganya kecil berbentuk kupu-kupu; berwarna lembayung atau putih

(Measen dan Somaatmadja, 1993). Sedangkan untuk 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 (Irwan, 2006). Biji kedelai umumnya bundar, berwarna kuning, hijau, coklat atau hitam, atau berbintik dan lurik, dengan kombinasi warna-warna tersebut, hilumnya kecil. Semai berkecambah epigeal; daun-daun primernya tunggal dan berhadap-hadapan (Measen dan Somaatmadja, 1993).

### 2.1.2 Varietas Kedelai

Allah berfirman tentang keanekaragaman makhluk-Nya dalam surat Al-An'am (6) ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ

إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah

*dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.” (QS. Al-An’aam(6): 99).*

Pada kalimat *مشتبها وغير مشتابه* tersirat bahwa terdapat persamaan dalam daun dan bentuk dimana masing-masing saling berdekatan, tetapi mempunyai perbedaan pada buahnya, baik bentuk, rasa maupun sifatnya. Ayat ini juga menerangkan pada kita bahwa tanaman yang memiliki kedekatan filogeni memiliki perbedaan. Bahkan satu spesies pun dapat memiliki perbedaan yang mencolok sehingga dapat digolongkan lagi menjadi varietas-varietas yang berbeda. Begitu pula dengan kedelai yang memiliki beberapa varietas. Seiring pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan jumlah varietas kedelai pun semakin bertambah karena para ilmuwan masih terus berupaya untuk menghasilkan varietas-varieas kedelai yang unggul. Beberapa diantaranya varietas Tanggamus yang tahan terhadap kondisi kering dan masam, varietas Burangrang tahan terhadap hama akan tetapi peka terhadap kekeringan..

Varietas kedelai digolongkan toleran, moderat dan peka terhadap kekeringan ditentukan berdasarkan rata-rata dari hasil yang terendah dan tertinggi pada beberapa lokasi. Rata-rata dari hasil yang terendah dan tertinggi pada beberapa lokasi dan musim. Berikut adalah hasil uji coba beberapa varietas unggul pada lahan kering di Kabupaten Bima dan Dompu 1999/2000,

Tabel. 2.1 Hasil rata-rata (ton/ha) varietas kedelai pada lahan kering

Varietas	Hasil rata-rata (ton/ha)
Argomulyo	2,41
Bromo	2,19
Tanggamus	2,50
Burangrang	1,68
Wilis	1,75

Sumber: Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Mataram, 2000

#### 2.1.2.1 Varietas Tanggamus

Varietas tanggamus dilepas pada tanggal 22 Oktober 2001. Hasil rata-rata per hektar adalah 1,22 ton. Varietas tanggamus memiliki ciri-ciri sebagai berikut: warna hipokotil ungu; warna epikotil hijau; warna kotiledon kuning; warna bulu coklat; warna bunga ungu; warna kulit biji kuning; warna polong masak coklat; warna hilum coklat tua; bentuk biji oval; ukuran biji sedang; bentuk daun lanceolate; tipe tumbuh determinate; tinggi tanaman 67 cm; umur mulai berbunga 35 hari, umur mulai panen 88 hari; bobot 100 biji: 11 gram; kandungan protein 44,5%; kandungan lemak 12,9%; kandungan air 6,1%; adaptif lahan kering masam (Anonim, 2008).

#### 2.1.2.2 Varietas Wilis

Varietas wilis dilepas pada tanggal 21 Juli 1983 dan memiliki potensi hasil 1,6 ton/ha. Nama galur dai varietas wilis adala B 3034, memiliki ciri-ciri: warna hipokotil ungu; warna epikotil hijau; warna daun hijau sampai hijau tua, warna bunga ungu, warna biji kuning, warna hilum coklat tua, warna polong masak coklat kehitaman, warna bulu coklat tua, tipe pertumbuhan determinate; tinggi

tanaman 40-50 cm, umur mulai berbunga  $\pm$  39 hari, umur polong masak 80-90 hari; bentuk biji oval agak gepeng; bobot 100 biji  $\pm$  10 gram, kandungan protein 37%; kandungan lemak 18% (Anonim, 2008).

### 2.1.2.3 Varietas Burangrang

Varietas burangrang dilepas pada tahun 1999 dan memiliki potensi hasil 1,6-2,5 ton/ha. Memiliki ciri-ciri: warna hipokotil ungu; warna bulu coklat kekuningan; warna bunga ungu; warna biji kuning; warna hilum terang; bentuk daun oblong, ujung runcing; tipe pertumbuhan determinate; umur berbunga 35 hari; umur polong matang 80-82 hari; tinggi tanaman 60-70 cm; percabangan 1-2 cabang; bobot 100 biji 17 g; ukuran biji besar; kandungan protein 39%; kandungan minyak 20% (Anonim, 2008).

### 2.1.3 Stadia Pertumbuhan Kedelai

Stadia pertumbuhan adalah tahap-tahap dimana tanaman tumbuh mulai dari berkecambah hingga tanaman menghasilkan biji dan mati. Tahapan- tahapan tersebut tersirat dalam firman Allah surat al-Zumar (39) ayat 21:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ  
زُرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهَيِّجُ فَتَرْتَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطْمًا ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ

لَذِكْرَى لَأُولَى الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

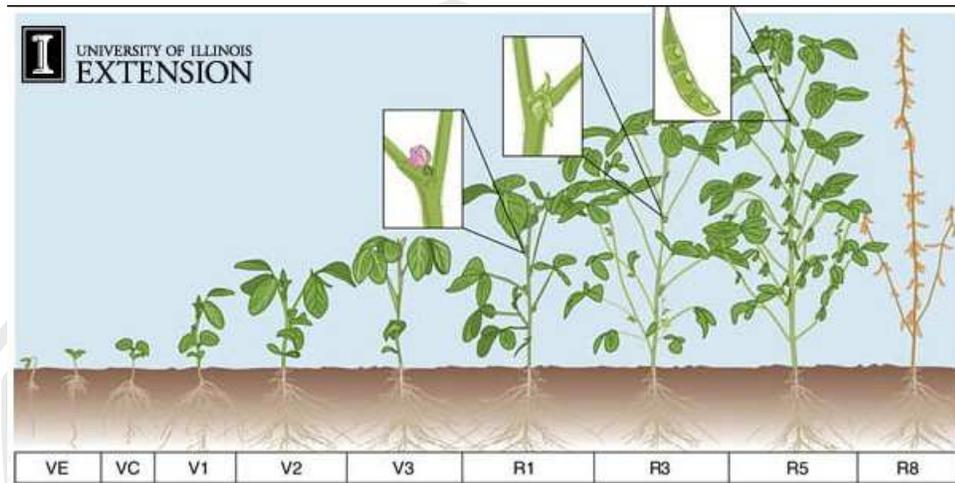
Artinya: "Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya

*kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.” (Q.S Al- Zumar (39): 21).*

Tersirat dalam ayat tersebut bahwa Allah SWT menyiramkan air pada biji-biji yang dorman sehingga dengan ijin-Nya biji-biji tersebut dapat berkecambah, ini menjelaskan pada kita tentang fase perkecambahan. Pada kalimat *يخرج زرعاً مختلفاً* (ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya), menjelaskan pada kita tentang fase vegetatif dan fase generatif tumbuhan, dimana pada fase vegetatif terjadi perkembangan organ-organ vegetatif seperti daun yang setiap spesies memiliki warna yang berbeda. Sedangkan pada fase generatif tumbuhan mulai berbunga dan warna bunga pada tumbuhan sangat beragam. Setelah melalui fase generatif tumbuhan akan menjadi kekuningan dan mati.

Stadia pertumbuhan pada kedelai dibagi menjadi dua yaitu stadia vegetatif dan stadia generatif. Namun ada juga yang membaginya kedalam tiga stadia yaitu stadia perkecambahan, stadia vegetatif dan stadia generatif. Fase vegetatif terutama terjadi pada perkembangan akar, daun dan batang baru. Fase ini berhubungan dengan 3 proses penting; (1) pembelahan sel, (2) pemanjangan sel, dan (3) tahap awal dari diferensiasi sel. Jadi dalam fase vegetatif dari suatu perkembangan, tanaman menggunakan sebagian besar karbohidrat yang dibentuknya dalam proses fotosintesis (Harjadi, 1989). Stadia perkecambahan dicirikan dengan adanya kotiledon, sedangkan penandaan stadia pertumbuhan

vegetatif dihitung dari jumlah buku yang terbentuk pada batang utama. Stadia vegetatif umumnya dimulai pada buku ketiga (Irwan, 2006).



**Gambar 2. 1 Stadia Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Sumber : University of Illinois. 1992 dalam Irwan, 2006 )**

Fase generatif berhubungan dengan beberapa proses penting: (1) pembuatan sel-sel yang secara relatif sedikit, (2) pendewasaan jaringan-jaringan, (3) penebalan serabut-serabut, (4) pembentukan hormon-hormon yang perlu untuk perkembangan kuncup bunga (primordial), (5) perkembangan kuncup bunga, bunga, buah, dan biji; perkembangan alat-alat penyimpanan, dan (6) pembentukan koloid-koloid hidrofilik (bahan yang dapat menahan air) (Harjadi, 1989). Stadia pertumbuhan reproduktif (generatif) dihitung sejak tanaman kedelai mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji (Irwan, 2006).

## 2.2 Anatomi Daun

Daun merupakan organ tanaman yang sangat beragam baik dari segi morfologi maupun anatomi. Istilah bagi seluruh daun pada tanaman adalah *phyllo*. Namun, dikenal juga istilah daun hijau, katafil, hipsofil, kotiledon, profil. Daun hijau berfungsi khusus untuk fotosintesis dan biasanya berbentuk pipih mendatar sehingga mudah memperoleh sinar matahari dan CO<sub>2</sub>. Daun hijau inilah yang lebih sering disebut daun dari tanaman. Daun terdiri dari jaringan dermal, epidermis, jaringan pembuluh dan jaringan dasar yang disebut mesofil (Hidayat, 1995).

Anatomi tumbuhan merupakan fenotipe yang penampakkannya merupakan hasil dari genotipe dan interaksinya dengan lingkungan. Menurut Salisbury (1995) semua yang menentukan bentuk dan fungsi (fenotipe) tumbuhan merupakan hasil dari informasi yang disandi dalam urutan DNA-genom dan dari interaksi antara informasi tersebut dengan lingkungan. Menurut Crowder (2006) kenampakan suatu fenotipe tergantung dari sifat hubungan antara genotipe dan lingkungan.

### 2.2.1 Epidermis

Sifat terpenting epidermis daun adalah susunan selnya yang kompak dan adanya kutikula dan stomata (Hidayat, 1995). Menurut Stern (2003) epidermis adalah suatu lapisan yang membungkus sel pada seluruh permukaan daun. Perbedaan epidermis atas dan epidermis bawah daun dapat dilihat dari presentase jumlah stomata.

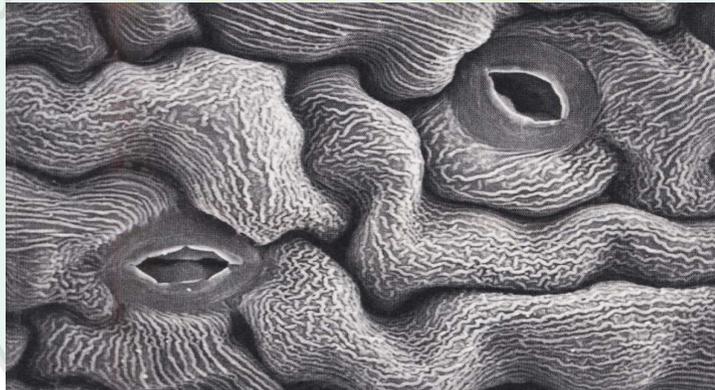
### 2.2.1.1 Stomata

Stomata berasal dari kata Yunani: *stoma* yang mempunyai arti *lubang* atau *porus* (Sutrian, 2004). Menurut Hidayat (1995) stoma (jamak: stomata) merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yakni *sel penutup*. Dengan mengubah bentuknya, sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel yang mengelilingi stomata dapat berbentuk sama atau berbeda dengan sel epidermis lainnya. Sel yang berbeda bentuk itu dinamakan *sel tetangga*, yang kadang-kadang berbeda juga isinya. Sel tetangga berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah.

Stomata umumnya terdapat pada bagian-bagian tumbuhan yang berwarna hijau, terutama terdapat pada daun. Beberapa orang ahli botani telah menjelaskan lebih lanjut tentang stomata. Mayer dan Anderson menjelaskan bahwa daun-daun tumbuhan dicotyledoneae terdapat sekitar 1000 sampai 100.000 stomata per  $\text{cm}^2$  (Sutrian, 2004).

Berdasarkan susunan sel epidermis yang ada disamping sel penutup atau yang lebih sering disebut sel tetangga stomata pada tumbuhan dikotil dibedakan menjadi 4 jenis: yang pertama jenis *anomositik* atau jenis *Ranunculaceae*. Jenis stomata ini sel penutupnya dikelilingi oleh sejumlah sel yang tidak berbeda ukuran dan bentuknya dari sel epidermis lainnya. Jenis ini umum terdapat pada *Ranunculaceae*, *Capparidaceae*, *Cucurbitaceae*, *Malvaceae*. Jenis yang kedua adalah jenis *anisositik* atau jenis *Rubiaceae*. Jenis stomata ini sel penutupnya dikelilingi oleh tiga buah sel tetangga yang sama besar. Jenis ini umum terdapat

pada *Crusiferae*, *Nicotiana*, *Solanum*. Jenis yang ketiga adalah stomata yang sel penutupnya diiringi sebuah sel tetangga atau lebih dengan sumbu panjang sel tetangga itu sejajar sumbu sel penutup serta celah. Jenis stomata ini disebut jenis *parasitik* atau *Rubiaceae*. Jenis ini umum terdapat pada *Rubiaceae*, *Magnoliaceae*. Jenis yang keempat adalah *diasitik* atau *Caryophyllaceae*. Setiap stomata dikelilingi sel tetangga. Dinding bersama dari kedua sel tetangga itu tegak lurus terhadap sumbu melalui panjang sel penutup serta celah. Jenis ini umum terdapat pada *Caryophyllaceae*, *Acanthaceae* (Hidayat, 1995). Tipe stomata pada kedelai adalah tipe parasitik (Astuti, 2000).



Gambar 2.2 Stomata dengan Perbesaran 2000 kali (Stern, 2003)

Peranan stomata pada tumbuhan sangatlah penting terutama dalam penyerapan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer dan melepaskan air melalui proses transpirasi. Dalam kedua proses tersebut keadaan sangat mempengaruhi stomata, misalnya faktor cahaya matahari. Stomata tumbuhan umumnya membuka saat matahari terbit dan menutup saat hari gelap, sehingga memungkinkan masuknya  $\text{CO}_2$  yang diperlukan untuk fotosintesis. Taraf minimum cahaya yang diperlukan stomata

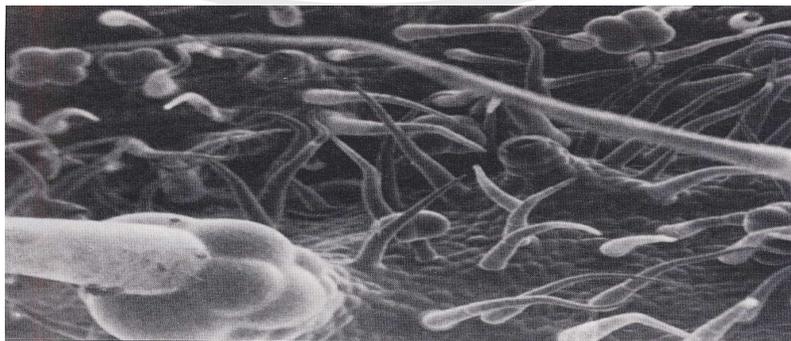
pada kebanyakan tumbuhan kira-kira 1/1000 sampai 1/30 cahaya matahari penuh, yang hanya cukup untuk melangsungkan fotosintesis neto (Salisbury, 1995).

### 2.2.1.2 Trikomata

Trikomata berasal dari Yunani "Trichomata" yang berarti rambut-rambut yang tumbuh. Trikomata berasal dari sel-sel epidermis yang bentuk, susunan serta fungsinya bervariasi. Trikomata terdapat pada hampir semua organ tumbuhan (pada jaringan epidermis) (Sutrian, 2004).

Menurut Hidayat (1995) trikoma dapat dibagi menjadi beberapa jenis:

1. Trikomata yang tidak menghasilkan sekret, antara lain: rambut bersel satu atau bersel banyak dan tidak pipih, misalnya pada daun duren; rambut bercabang bersel banyak, bentuknya dapat seperti bintang, misalnya rambut di bagian bawah daun waru (*Hibiscus*); rambut akar merupakan pemanjangan sel epidermis dalam bidang yang tegak lurus permukaan akar.
2. Trikoma sekresi (yang menghasilkan sekret) atau kelenjar.

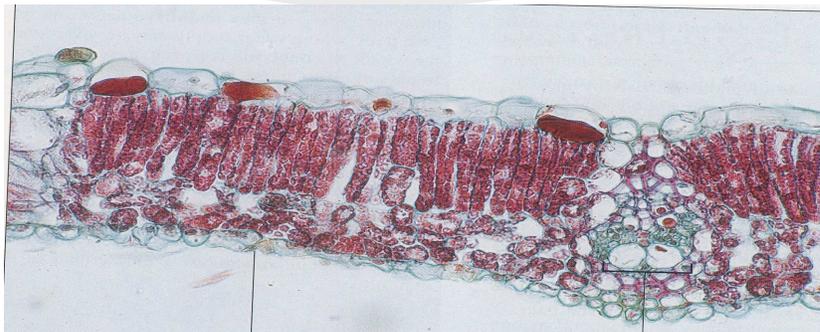


Gambar 2.3 Trikomata Bentuk Jarum (Stern, 2003)

Umumnya daun kedelai mempunyai bulu atau trikomata, bulu tersebut berwarna 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/mm<sup>2</sup>. 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 (Irwan, 2006).

### 2.2.2 Mesofil

Sebagian besar fotosintesis terjadi di mesofil, yaitu terletak diantara dua lapisan epidermis dengan dua lapisan yang dapat dibedakan. Lapisan atas mesofil merupakan lapisan yang rapat yang berbentuk seperti tiang atau tonggak. Lapisan ini disebut mesofil palisade (jaringan tiang) dan mengandung lebih dari 80% kloroplas yang ada di daun. Lapisan bawah dari mesofil tersusun atas sel parenkim yang lebih longgar karena ruang antar sel lebih banyak, lapisan ini disebut mesofil spons (bunga karang). Sel ini pun banyak mengandung kloroplas (Stern, 2003)

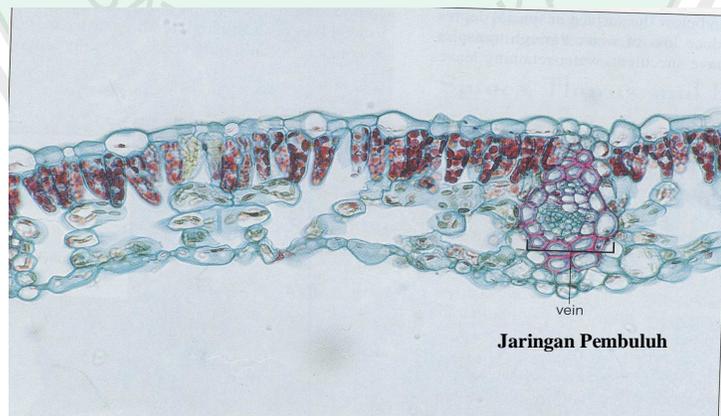


Gambar 2.4 Jaringan Mesofil (Stern, 2003)

Pada daun dapat ditemukan 1-2 lapisan jaringan tiang. Pada tumbuhan daerah sedang yang hidup di tanah berkadar air tanah tinggi, jaringan tiang biasanya berada di sebelah atas (adaksial), dan jaringan spons di bagian bawah. Daun seperti itu disebut dorsiventral atau bifasial (bermuka dua). Jika jaringan tiang terdapat di kedua muka, seperti halnya tumbuhan di daerah kering yang juga disebut tumbuhan xerofitik, daun disebut unifasal atau isobilateral (isolateral). Jaringan tiang telah terspesialisasi untuk peningkatan efisiensi fotosintesis (Hidayat, 1995).

### 2.2.3 Sistem Jaringan Pembuluh

Jaringan pembuluh daun tersebar di seluruh mesofil dengan berbagai ukuran. Sistem jaringan pembuluh atas jaringan xilem dan floem yang dikelilingi oleh sel parenkim yang disebut seludang pembuluh. Jaringan pembuluh daun disebut tulang daun (Stern, 2003).



Gambar 2.5 Jaringan Pembuluh (Stern, 2003)

Terdapat dua macam pola sistem tulang daun, yaitu sistem tulang daun jala dan sistem tulang daun sejajar. Sistem tulang daun jala merupakan sistem bercabang, biasanya terdapat pada daun dikotil dan sistem tulang daun sejajar terdapat pada monokotil. Pada dikotil tulang daun yang lebih kecil tertanam dalam mesofil, namun tulang daun yang besar diselubungi jaringan dasar yang tidak terdeferensiasi sebagai mesofil dan kandungan kloroplas hanya sedikit. Jaringan itu berasosiasi dengan tulang daun dan membentuk rusuk yang biasanya berada disebelah abaksial dari helai daun. Di satu atau kedua sisi rusuk tersebut, bisa ditemukan kolenkim atau sklerenkim di bawah epidermis. Jaringan daun diantara rusuk disebut daerah antarkosa (Hidayat, 1995).

### **2.3 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Tanaman Kedelai**

Reaksi yang ditimbulkan tanaman dalam mengatasi masalah kekurangan air berbeda-beda tergantung jenis dan fase pertumbuhannya (Hopkins, 1999) serta tingkat stres yang diterima (Mullet dan Witshit, 1996). Berbagai jenis tanaman dalam menghadapi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan dihadapkan pada dua kemungkinan yaitu menghindar dan mentoleransi cekaman kekeringan (Hopkins, 1999).

Cekaman kekeringan akan mempengaruhi semua proses metabolik dalam tanaman yang berakibat pertumbuhan tanaman menurun. Pertumbuhan sel merupakan fase yang paling sensitif terhadap kekurangan air. Cekaman kekeringan dapat menghambat proses perkecambahan benih, menurunkan

produksi bobot kering tanaman dan efisiensi penggunaan air (Kramer dan Kozlowski, 1979).

Rendahnya ketersediaan air menyebabkan suplai air di daerah perakaran semakin berkurang sehingga menghambat proses penyerapan air oleh akar tanaman karena potensial air ( $\phi_w$ ) tanah lebih rendah daripada potensial air ( $\phi_w$ ) pada tubuh tanaman (Budianto dkk, 1984). Hal itu menyebabkan terjadinya kavitasi xilem sehingga dinding sel akan menebal oleh lignifikasi atau suberisasi untuk mengurangi air yang hilang. Selain penebalan dinding sel, akan terbentuk rongga antar sel di dalam jaringan korteks yang menunjukkan belum terpenuhinya kebutuhan akar tanaman terhadap oksigen. Cekaman kekeringan juga dapat menurunkan diameter xilem pada tanaman kedelai sehingga aliran air dari akar ke batang terhambat (Vasellati dkk, 2001).

Berdasarkan penelitian Sadivasam dkk (1988) dalam Arifin (2002) pada tanaman kacang hijau cekaman kekeringan berpengaruh pada tiga fase perkembangan polong. Cekaman kekeringan pada ketiga fase tersebut mempunyai dampak yang nyata terhadap penurunan hasil polong, hasil biji dan total berat kering tanaman. Sedangkan cekaman yang terjadi pada fase pembungaan tidak berpengaruh nyata pada hasil polong dan hasil biji. Pada fase perkembangan polong cekaman dapat menurunkan perkembangan polong. Respon yang lain adalah masa pembungaan tanaman berlangsung lebih awal (Arifin, 2002).

Menurut Purwitasari (2006) penurunan potensial air ( $\phi_w$ ) pada media tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif kedelai. Semakin besar penurunan  $\phi_w$ , pertumbuhan vegetatif kedelai semakin terhambat. Peubah

pertumbuhan yang dipengaruhi oleh penurunan  $\phi_w$  adalah tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, tebal daun, dan berat kering akar serta tajuk. Pengaruh kekeringan bervariasi pada masing-masing peubah pertumbuhan.

## **2.4 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Anatomi Daun**

### **2.4.1 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Stomata**

Semakin rendah ketersediaan air, maka semakin kecil kadar air relatif daun. Pengaruh kekurangan air selama fase vegetatif adalah berkembangnya daun-daun yang lebih kecil sehingga mengurangi nilai indeks luas daun. Hal ini akan mengurangi penyerapan cahaya oleh tanaman, menghambat pertumbuhan serta laju asimilasi. Berkurangnya potensial air ( $\phi_w$ ) dapat meningkatkan kandungan ABA (*Absisic acid*) dalam daun. Penimbunan ABA merangsang penutupan stomata sehingga asimilasi  $\text{CO}_2$  berkurang dan bila akumulasi ABA tinggi maka daun akan gugur (Gardner dkk, 1991). Stomata kedelai menutup sempurna pada potensial air ( $\phi_w$ ) sekitar -11 bar (Arifin, 2002).

Hasil penelitian Haryanti dan Meirina (2009) menyebutkan bahwa perlakuan waktu penyiraman air sebagai pendorong pembukaan stomata yang berbeda terhadap tanaman berpengaruh nyata terhadap lebar porus stomata. Purwanto (2003) juga menyebutkan bahwa pengurangan kelembaban air dari kadar 100% menjadi 25% menyebabkan terjadinya pengurangan konduksi stomata pada dua kultivar kedelai.

#### **2.4.2 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Trikomata**

Munurut Khan *et. al* dalam Dahlin (1992) trikoma pada kedelai merupakan pertahanan terhadap serangan *Trichoplusia* sp. Penemuan ketahanan terhadap *Trichoplusia* sp itu didasarkan pada karakteristik anatomi dan kimiawi dari trikoma. Selain itu juga di ketahui bahwa trikoma pada kacang merah berfungsi untuk pertahanan terhadap karat daun (*Uromyces appendiculatus*). Trikoma juga menjadi sangat penting bagi tanaman pada lingkungan yang panas. Trikoma akan bertambah pada saat panas dikonduksikan pada permukaan daun. Diketahui juga bahwa trikoma dapat menghambat laju transpirasi 10 sampai 20%.

#### **2.4.3 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Mesofil**

Hasil penelitian Purwitasary (2006) menyatakan bahwa cekaman kekeringan mampu mempengaruhi struktur anatomi daun kedelai. Pada irisan melintang daun tanaman kedelai yang tidak mengalami cekaman kekeringan mempunyai sel mesofil palisade yang tersusun lebih rapat dan seragam dengan ruang udara interseluler pada mesofil bunga karang yang besar. Adanya cekaman kekeringan menyebabkan sel palisade berukuran lebih kecil. Selain itu juga mengurangi ruang udara interseluler pada mesofil bunga karang.

Hasil penelitian Bosabalidis dan Kofodis (2002) juga menyatakan bahwa cekaman kekeringan pada dua kultivar Zaitun menyebabkan kenaikan kepadatan dan pengurangan secara paralel dari sel mesofil.

#### 2.4.4 Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Kutikula

Kutin adalah senyawa lemak, biasanya terdapat dalam dinding sebelah luar epidermis. Senyawa dalam dinding sel, yakni dalam ruang interfibrilar dan ruang intermiselar selulosa, dan juga merupakan lapisan khusus, kutikula, dipermukaan luar dinding sel. Seluruh bagian batang tumbuhan herba, daun, bagian akar dewasa sampai tingkat tertentu ditutupi oleh kutikula. Tebalnya kutikula tidak sama pada semua tumbuhan, umumnya lebih tebal pada tumbuhan yang hidup di habitat kering (Fahn, 1991).

Cekaman kekeringan pada tanaman akan mempengaruhi proses diferensiasi organ baru dan perkembangan organ yang ada. Misalnya laju fotosintesis berkurang dan berkaitan dengan meningkatnya resistensi mesofil juga menurunnya efisiensi sistem fotosintetik, lapisan kutikula yang tebal dan menutupnya stomata (Arifin, 2002). Hasil penelitian Elshatshat (2010) pada *Vinca major* L., *Prunus laurocerasuu* L., *Nerium oleander* L., *Hedera helix* L., dan *Ficus benjamina* L., menyebutkan bahwa penambahan konsentrasi air laut menyebabkan lapisan kutikula dari lima spesies tanaman tersebut meningkat.