

# Biologi Tanaman Kedelai

**M. Muchlish Adie dan Ayda Krisnawati**

*Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang*

## ASAL USUL

Kedelai (*Glycine max*) bukan tanaman asli Indonesia. Pengkajian terhadap asal usul kedelai, pertama kali ditemukan dalam buku *Pen Ts'ao Kong Mu (Materia Medica)* pada era Kekaisaran Sheng-Nung pada 2838 Sebelum Masehi (SM) (Anonim 2005). Tanaman kedelai merupakan salah satu dari lima tanaman biji-bijian yang disakralkan (*Wu Ku*) yakni padi, kedelai, gandum, barley, dan millet. Walaupun penunjukan masa 2838 SM diragukan, karena ada dugaan lima masa yang lain yakni 2828 SM, 2737 SM, 2700 SM, 2448 SM dan 2383 SM; namun menurut Hymowitz (1970) dari enam masa publikasi tentang kedelai ternyata memuat pernyataan yang serupa yakni tanaman kedelai tergolong tanaman budi daya kuno dan tanaman kedelai telah dikenal manusia lebih dari 5000 tahun yang lalu.

Kedelai diduga berasal dari daratan pusat dan utara Cina. Hal ini didasarkan pada adanya penyebaran *Glycine ussuriensis*, spesies yang diduga sebagai tetua *G. max*. Bukti sitogenetik menunjukkan bahwa *G. max* dan *G. ussuriensis* tergolong spesies yang sama. Namun bukti sejarah dan sebaran geografis menunjukkan Cina Utara sebagai daerah di mana kedelai dibudidayakan untuk pertama kalinya, sekitar abad 11 SM. Korea merupakan sentra kedelai dan diduga kedelai yang dibudidayakannya merupakan hasil introduksi dari Cina, yang kemudian menyebar ke Jepang antara 200 SM dan abad ke-3 Setelah Masehi (Nagata 1960). Jalur penyebaran kedelai yang kedua dimungkinkan dari daratan Cina Tengah ke arah Jepang Selatan, di Kepulauan Kyushu, sejak adanya perdagangan antara Jepang dan Cina, sekitar abad ke 6 dan 8.

Catatan sejarah tentang budi daya dan produksi kedelai juga dimulai dari daratan Cina. Setelah usainya perang Cina-Jepang, negara Jepang mulai mengimpor minyak kedelai dari Cina. Terjadinya perang antara Rusia dan Jepang juga memacu perhatian terhadap produksi kedelai dan pada tahun 1908 dimulai pengiriman kedelai ke Eropa dan negara lainnya. Ketertarikan negara Eropa terhadap kedelai meningkat sejak adanya publikasi yang ditulis oleh Engelbert Kaempfer, seorang ahli botani Jerman. Aiton (1814 dalam Probst and Judd 1973) menyebutkan bahwa kedelai dibawa ke Inggris untuk pertama kalinya pada tahun 1790, walaupun tidak disebutkan asal usul bijinya. Usaha terbesar untuk mengembangkan budi daya kedelai di Eropa dimulai pada tahun 1875, ketika Frederick Haberlandt memperoleh 19

varietas dari Cina dan Jepang pada saat pameran Vienna tahun 1873, yang kemudian didistribusikan ke seluruh Eropa, namun tidak ada laporan rinci terhadap penanaman 19 varietas introduksi tersebut.

Penyebaran kedelai di kawasan Asia, khususnya Jepang, Indonesia, Filipina, Vietnam, Thailand, Malaysia, Birma, Nepal, dan India dimulai sejak pada abad pertama setelah masehi sampai abad penemuan (abad 15-16), bersamaan dengan semakin berkembangnya jalur perdagangan lewat darat dan laut. Di Indonesia, sejarah perkembangan kedelai pertama kali ditemukan pada publikasi oleh Rumphius dalam *Herbarium Amboinense* yang diselesaikan pada tahun 1673 (namun tidak dipublikasikan sampai tahun 1747) yang menyebutkan bahwa kedelai ditanam di Amboina (sekarang bernama Ambon). Berdasarkan penemuan Junghun, pada tahun 1853 budi daya kedelai dilakukan di Gunung Gamping (pegunungan kapur selatan Jawa Tengah) dan tahun 1855 ditemukan di dekat Bandung. Penyebutan makanan berbahan kedelai pertama kali di Jawa dilakukan oleh Prinsen Geerligs pada tahun 1895 yang mendiskusikan tentang tempe, tahu, taucu, dan kecap kedelai. Pada tahun 1935 kedelai telah ditanam di seluruh wilayah Jawa. Diduga kedelai di Jawa berasal dari India, berdasarkan kesamaan nama sebagaimana banyak dikenal di Tamil dan juga berdasarkan bentuk bijinya yang lonjong seperti yang ada di India Utara, yang berbeda bila dibandingkan dengan kedelai di Manchuria yang berbentuk bulat (Shurtleff and Aoyagi 2007). Saat ini, tanaman kedelai telah berkembang di banyak negara, bahkan negara Amerika dan sebagian Amerika Selatan merupakan produsen kedelai utama di dunia.

## TAKSONOMI

Kedelai termasuk famili *Leguminosae*, subfamili *Papilionoideae*. Sejarah spesiasi kedelai cukup panjang, karena memang kedelai tergolong tanaman yang telah lama dikenal dan dibudidayakan. Tiga ilmuwan pemerhati klasifikasi kedelai yaitu Hermann (1962), Verdcourt (1966), dan Hymowitz (1970) berhasil mengklasifikasikan kedelai sebagaimana yang dianut saat ini. Awalnya Hermann (1962) menggolongkan menjadi tiga subgenus yaitu *Leptocytamus* (Benth) F.J. Herm, *Glycine* L. dan Soja (Moench) F.J. Herm. Penyempurnaan klasifikasi kedelai dilakukan oleh Verdcourt (1966) yang di antaranya mengklasifikasikannya kembali kedelai menjadi tiga subgenus yaitu: (1) *Glycine* (pengganti *Leptocytamus*), (2) *Bracteata* (pengganti *Glycine*), dan (3) *Soja* (Tabel 1).

Subgenus *Glycine* merupakan tanaman tahunan dan tersebar di Australia, Kepulauan Pasifik Selatan, Filipina, Taiwan, dan Tenggara Cina, dan memiliki kromosom  $2n = 40$  atau  $2n = 80$ . Sebagian spesies dari sub-

Tabel 1. Jumlah kromosom dan penyebaran genus *Glycine*.

Spesies	Banyaknya kromosom diploid	Penyebaran
Subgenus GLYCINE Willd		
<i>G. clandestina</i> Wendl.	40	Australia, Kep. Pasifik Selatan
Var. <i>sericea</i> Benth	-	Australia
<i>G. falcata</i> Benth	40	Australia
<i>G. latrobeana</i> (Meissn.) Benth	-	Australia
<i>G. canescens</i> F.J. Herm.	-	Australia
<i>G. tabacina</i> (Labill) Benth	80	Australia, Cina Selatan, Taiwan, Kepulauan Pasifik Selatan
<i>G. tomentella</i> Hayata	40, 80	Australia, Cina Selatan, Taiwan, Filipina
Subgenus BRACTEATA Verdc.		
<i>G. wightii</i> subsp, <i>wightii</i> var <i>wightii</i> (R. Grah ex. Wight and Arn) Verdc	22, 44	India, Kamboja, Malaysia, Indonesia
Subsp <i>wightii</i> var <i>longicauda</i>	22, 44	Arab, Etiopia, Kongo, Afrika Selatan dan Barat, Angola
Subsp <i>petitiana</i> var <i>petitiana</i>	22, 44	Kenya, Tanzania, Ethiopia
Subsp <i>petitiana</i> var <i>mearnsii</i>	22, 44	Kenya, Tanzania, Malawi, Zambia
Subsp <i>pseudojavanica</i> (Taub.). Verdc	22, 44	Afrika Timur, Afrika Barat, Kongo
Subgenus SOJA (Moench) F.J. Herm.		
<i>G. ussuriensis</i> Regal and Maack	40	Cina, Taiwan, Jepang, Korea, Soviet
<i>G. max</i> (L.) Merrill	40	Seluruh dunia

Sumber: Hadley dan Hymowitz (1973)

genus *Glycine* tidak dibudidayakan, kecuali *G. canescens* F.J. Herm yang digunakan untuk pakan ternak. Spesies subgenus *Bracteata* juga potensial untuk pakan ternak. Daerah sebarannya berada di Afrika dan Asia Tenggara. Jumlah kromosom dari subgenus ini adalah  $2n = 44$ , walaupun juga ada dugaan tidak hanya diploid tetapi terdapat juga tetraploid.

Dari tiga subgenus kedelai, soja paling bernilai ekonomis dan terdapat dua spesies yaitu *G. ussuriensis* dan *G. max*. Hingga saat ini, di kawasan Cina, Korea, Taiwan, dan Kepulauan Kyushu Jepang tidak sulit menemukan spesies *G. ussuriensis*. Perbedaan dengan dua subgenus lainnya, subgenus Soja umumnya merupakan tanaman semusim. Spesies *G. ussuriensis* dan *G. max* memiliki jumlah kromosom somatik  $2n = 40$ . Klasifikasi dari *G. max* (L.) Merrill adalah:

Ordo : *Polypetales*  
 Famili : *Leguminosae*  
 Sub-famili : *Papilionoideae*

Genus : *Glycine*  
Subgenus : *Soja*  
Spesies : *max*

*G. ussuriensis* merupakan tanaman semusim, batangnya menjalar, berukuran daun kecil dan berbentuk lancip, bunga berwarna ungu, biji keras berwarna hitam hingga coklat tua. *G. ussuriensis* lebih dikenal sebagai kedelai liar (*wild soybean*).

*G. max* juga merupakan tanaman semusim, warna bunga putih atau ungu, dan memiliki ragam bentuk dan ukuran untuk karakter daun dan biji. Terdapat beberapa tipe daun pada kedelai yakni daun tunggal, daun bertiga dan kadang-kadang ditemukan daun berlima. Karakteristik morfologi kedelai yang ada di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 13.

Kedelai liar dapat disilangkan dengan kedelai yang telah dibudidayakan (*G. max*) dan mampu menghasilkan biji hasil persilangan yang fertil. Bahkan kedelai liar berpotensi digunakan sebagai sumber gen untuk ketahanan hama dan penyakit, peningkatan kandungan protein dan perbaikan nutrisi lainnya. Silang balik kedelai liar dengan beberapa varietas kedelai hingga tiga kali yang dilakukan di Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi), masih menghasilkan bentuk tanaman pendek, walaupun sudah tidak menjalar. Koleksi terhadap kedelai liar di Kepulauan Kyushu (Jepang) berhasil memperoleh kedelai liar yang tidak mengandung *beta conglycinin* dan telah digunakan sebagai sumber gen untuk perbaikan kualitas protein (untuk meningkatkan asam amino sistein dan methionin). Hasilnya adalah varietas kedelai pertama di dunia yang tidak mengandung *beta-conglycinin*. Di samping itu, kedelai liar juga memiliki kandungan protein tinggi. Di Cina dilaporkan bahwa sebanyak 387 kedelai liar (*Glycine soja*) memiliki kandungan protein di atas 50% (Cuizhen *et al.* 2000). Kedelai liar Tsurumame di Jepang telah diidentifikasi memiliki kandungan protein sekitar 45% (Katoh and Negishi 2000). Mengingat pentingnya kedelai liar sebagai sumber gen, maka perlu bekerjasama dengan institusi luar negeri untuk memperkaya koleksi plasma nutfah kedelai di Indonesia.

## MORFOLOGI

Karakteristik kedelai yang dibudidayakan (*Glycine max* L. Merrill) di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman tegak dengan tinggi 40-90 cm, bercabang, memiliki daun tunggal dan daun bertiga, bulu pada daun dan polong tidak terlalu padat dan umur tanaman antara 72-90 hari. Kedelai introduksi umumnya tidak memiliki atau memiliki sangat sedikit percabangan dan sebagian bertrikoma padat baik pada daun maupun polong.

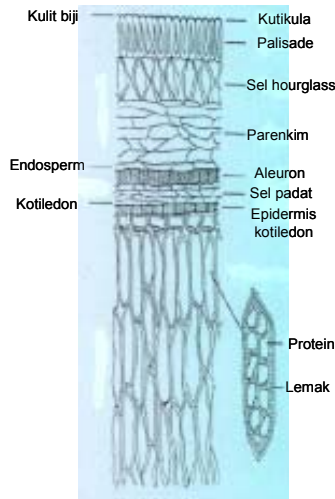
## Biji

Biji merupakan komponen morfologi kedelai yang bernilai ekonomis. Bentuk biji kedelai beragam dari lonjong hingga bulat, dan sebagian besar kedelai yang ada di Indonesia ber kriteria lonjong. Pengelompokan ukuran biji kedelai berbeda antarnegara, di Indonesia kedelai dikelompokkan berukuran besar (berat > 14 g/100 biji), sedang (10-14 g/100 biji), dan kecil (< 10 g/100 biji). Di Jepang dan Amerika biji kedelai berukuran besar jika memiliki berat 30 g/100 biji. Biji sebagian besar tersusun oleh kotiledon dan dilapisi oleh kulit biji (*testa*). Antara kulit biji dan kotiledon terdapat lapisan endosperm.

### Kulit Biji

Kulit biji kedelai terdiri dari tiga lapisan yaitu epidermis, hipodermis, dan parenkim. Pada epidermis terdapat sel-sel palisade yang diselubungi oleh lapisan kutikula. Pada kedelai liar sering ditemukan bagian yang memantulkan cahaya lebih kuat (*light line*) dibandingkan dinding sel lainnya (Esau 1965). Lapisan hipodermis terdiri dari selapis sel yang berbentuk huruf I (*hourglass*). Lapisan parenkim terdiri dari 6-8 lapisan tipis yang terdapat pada keseluruhan kulit biji kecuali pada hilum yang tersusun oleh tiga lapisan yang berbeda. Hilum tersusun oleh tiga lapisan parenkim, pada lapisan terluar terdapat ruang interseluler yang berhubungan langsung dengan sel *hourglass*. Sel palisade bersifat impermeabel terhadap udara, yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran udara dari dalam embrio dengan lingkungan luar melalui hilum. Struktur melintang biji kedelai ditunjukkan pada Gambar 1. Oleh karena itu, struktur hilum diduga memiliki peran dalam mengatur metabolisme dan kelembaban dalam embrio.

Ketebalan kulit dari berbagai genotipe kedelai yang ada di Indonesia (Tabel 2). Proses awal terjadinya imbibisi benih adalah melalui kulit biji. Benih berkulit tipis lebih cepat menyerap air sehingga mempercepat perkecambahan benih, sebaliknya benih berkulit tebal proses imbibisinya lebih lambat (Yaklich *et al.* 1986). Genotipe MLG 3051 (0,070 mm) memiliki lapisan epidermis tertebal dibandingkan genotipe lainnya dan tertipis adalah MLG 2759 dan MLG 3311 (0,040 mm). MLG 2989 dan MLG 3150 memiliki lapisan hipodermis 0,225 mm, tertebal dibandingkan genotipe lainnya dan yang tertipis adalah MLG 2648 (0,055 mm). Sedangkan lapisan terdalam dari kulit biji adalah parenkim dan empat genotipe (MLG 2533, MLG 3406, MLG 2764, dan MLG 3063) memiliki lapisan tertebal (0,180 mm). Total kulit tertebal dimiliki oleh genotipe MLG 2989 (0,445 mm), sedangkan genotipe MLG 2648 berlapisan kulit total paling tipis, yakni sebesar 0,245 mm (Krisnawati dan Adie 2006). Contoh sayatan melintang genotipe kedelai MLG 3036 tertera pada Gambar 2.



Gambar 1. Potongan melintang biji kedelai (Snyder and Kwon 1987).

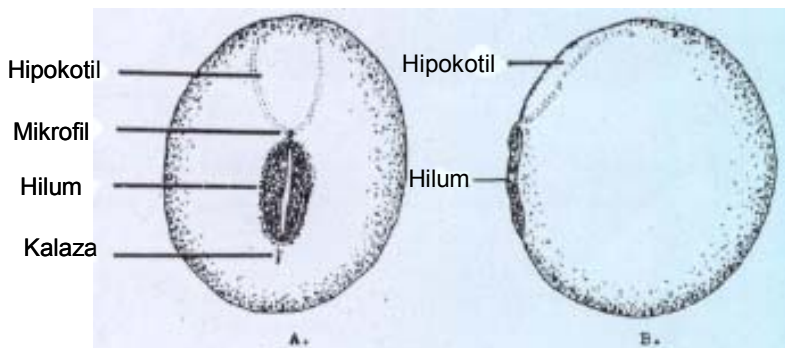
Tabel 2. Ketebalan kulit biji 25 genotipe plasma nutfah kedelai.

Genotipe	Ketebalan (mm)			
	Epidermis	Hipodermis	Parenkim	Total
MLG 2648	0,045	0,055	0,145	0,245
MLG 2658	0,050	0,095	0,135	0,280
MLG 2660	0,050	0,150	0,135	0,335
MLG 2662	0,050	0,150	0,165	0,365
MLG 2670	0,050	0,180	0,135	0,365
MLG 2675	0,045	0,180	0,120	0,345
MLG 2723	0,065	0,150	0,150	0,365
MLG 2759	0,040	0,150	0,165	0,355
MLG 2762	0,050	0,165	0,120	0,335
MLG 2764	0,045	0,165	0,180	0,390
MLG 2765	0,050	0,105	0,165	0,320
MLG 2775	0,045	0,210	0,120	0,375
MLG 2777	0,045	0,165	0,165	0,375
MLG 3036	0,045	0,165	0,165	0,375
MLG 3051	0,070	0,195	0,135	0,400
MLG 3063	0,065	0,165	0,180	0,410
MLG 3088	0,060	0,210	0,150	0,420
MLG 3092	0,045	0,135	0,165	0,345
MLG 3150	0,060	0,225	0,150	0,435
MLG 3153	0,065	0,180	0,165	0,410
MLG 3311	0,040	0,135	0,150	0,325
MLG 3354	0,050	0,120	0,105	0,275
MLG 2533	0,045	0,165	0,180	0,390
MLG 3406	0,045	0,150	0,180	0,375
MLG 2989	0,065	0,225	0,165	0,455
Rata-rata	0,051	0,160	0,152	0,363

Sumber: Krisnawati dan Adie (2006)



Gambar 2. Kulit biji kedelai genotype MLG 3036 pada perbesaran 400x.  
(A = Epidermis, B = Hipodermis, C = Parenkim)  
(Krisnawati dan Adie 2006).



Gambar 3. Bagian biji kedelai (Carlson 1973).  
A = tampak atas, B = tampak samping

Morfologi penting pada bagian luar biji lainnya adalah hilum. Pada ujung bagian atas hilum terdapat mikrofil dan hipokotil dan bagian ujung lainnya adalah kalaza (Gambar 3).

### Embrio

Embrio terdiri dari dua kotiledon, sebuah plumula dengan dua daun yang telah berkembang sempurna, dan sebuah radikel hipokotil. Ujung radikula dikelilingi jaringan yang dibentuk oleh kulit biji.

Pada lapisan epidermis, baik pada bagian atas maupun bawah terdapat stomata. Sel mesofil tersusun oleh satu sampai tiga lapisan palisade yang menyatu dengan parenkim gabus di bagian tengah kotiledon. Sel mesofil berisi aleuron dan minyak. Beberapa kristal kalsium oksalat tersebar di kotiledon. Panjang plumula sekitar 2 mm dan mempunyai dua helai daun yang berhadapan, masing-masing dilengkapi dengan sepasang stipula. Sistem vaskular dari daun pertama adalah menjari dan berisi inisiasi protosilem, metasilem dan beberapa elemen protofloem yang telah matang. Panjang radikel hipokotil sekitar 5 mm, terletak pada ujung poros embrio. Hipokotil tersusun oleh jaringan epidermis, kortek, dan stele.

### **Warna Biji**

Warna kulit biji kedelai bervariasi dari kuning, hijau, coklat, hitam hingga kombinasi berbagai warna atau campuran. Pigmen kulit biji sebagian besar terletak di lapisan palisade, terdiri dari pigmen antosianin dalam vakuola, klorofil dalam plastida, dan berbagai kombinasi hasil uraian produk-produk pigmen tersebut. Lapisan palisade dan parenkim dalam hilum juga mengandung pigmen sehingga intensitas warnanya lebih gelap.

Kotiledon pada embrio yang sudah tua umumnya berwarna hijau, kuning, atau kuning tua. Namun umumnya berwarna kuning. Kombinasi berbagai pigmen yang ada di kulit biji dan kotiledon akan membentuk warna biji yang bermacam-macam pada kedelai.

### **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).

Kedelai yang tergolong tanaman leguminosa dicirikan oleh kemampuannya untuk membentuk bintil akar, yang salah satunya adalah oleh *Rhizobium japonicum*, yang mampu menambat nitrogen dan bermanfaat bagi tanaman.



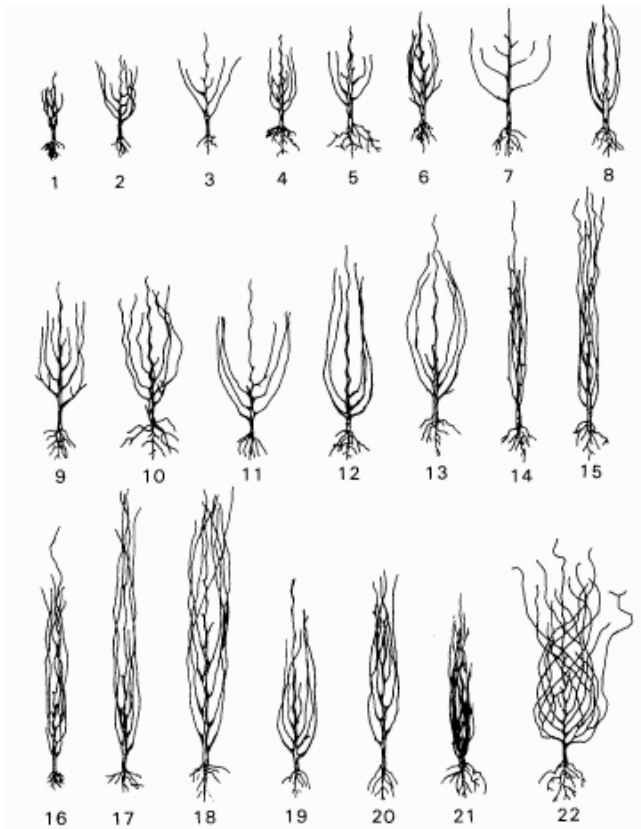
Akar mengeluarkan beberapa substansi khususnya triptofan yang menyebabkan perkembangan bakteri dan mikroba lain di sekitar daerah perakaran. Pembesaran bintil akar berhenti pada minggu keempat setelah terjadinya infeksi bakteri. Ciri bintil akar yang telah matang adalah berwarna merah muda yang disebabkan oleh adanya leghemoglobin, yang diduga aktif menambat nitrogen, sebaliknya bintil akar yang berwarna hijau diduga tidak aktif. Pada minggu keenam hingga ketujuh bintil akar telah lapuk.

## **Batang**

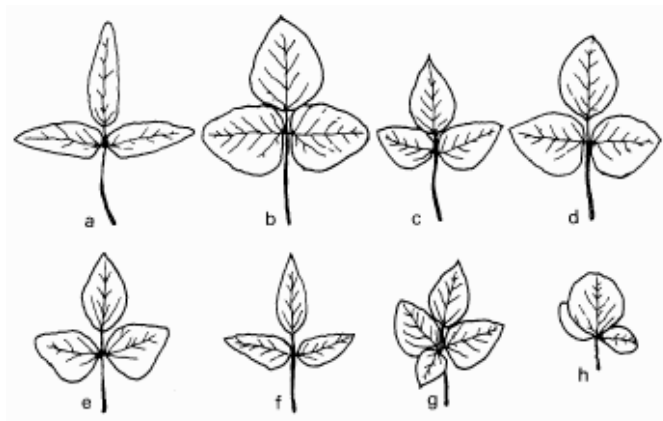
Batang tanaman kedelai berasal dari poros embrio yang terdapat pada biji masak. Hipokotil merupakan bagian terpenting pada poros embrio, yang berbatasan dengan bagian ujung bawah permulaan akar yang menyusun bagian kecil dari poros bakal akar hipokotil. Bagian atas poros embrio berakhir pada epikotil yang terdiri dari dua daun sederhana, yaitu primordia daun bertiga pertama dan ujung batang. Sistem perakaran di atas hipokotil berasal dari epikotil dan tunas aksiler. Pola percabangan akar dipengaruhi oleh varietas dan lingkungan, seperti panjang hari, jarak tanam, dan kesuburan tanah. Variasi pola percabangan batang kedelai ditunjukkan pada Gambar 4.

## **Daun**

Daun kedelai terbagi menjadi empat tipe, yaitu: (1) kotiledon atau daun biji, (2) dua helai daun primer sederhana, (3) daun bertiga, dan (4) profila. Daun primer berbentuk oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama di atas kotiledon. Setiap daun memiliki sepasang stipula yang terletak pada dasar daun yang menempel pada batang. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama, dan pada cabang lateral terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda. Anak daun bertiga mempunyai bentuk yang bermacam-macam, mulai bulat hingga lancip. Ada kalanya terbentuk 4-7 daun dan dalam beberapa kasus terjadi penggabungan daun lateral dengan daun terminal. Daun tunggal mempunyai panjang 4-20 cm dan lebar 3-10 cm. Tangkai daun lateral umumnya pendek sepanjang 1 cm atau kurang. Dasar daun terminal mempunyai dua stipula kecil dan tiap daun lateral mempunyai sebuah stipula. Setiap daun primer dan daun bertiga mempunyai pulvinus yang cukup besar pada titik perlekatan tangkai dengan batang. Pulvini berhubungan dengan pergerakan daun dan posisi daun selama siang dan malam hari yang disebabkan oleh perubahan tekanan osmotik di berbagai bagian pulvinus.



Gambar 4. Bentuk percabangan batang kedelai (Carlson 1973).



Gambar 5. Bentuk daun tanaman kedelai (Carlson 1973).  
 a = lancip; b-d = bulat, e = lonjong, f = lonjong-lancip, g = daun berempat, h = daun berempat

Lapisan pertama pada permukaan bagian atas menjadi epidermis atas daun. Lapisan kedua dan ketiga akan berkembang menjadi jaringan palisade. Sel-sel pada lapisan keempat atau tengah berkontribusi dalam pembentukan jaringan urat daun. Namun umumnya sel-sel dari lapisan tersebut akan berkembang menjadi parenkim gabus, seperti juga jaringan pada lapisan kelima dan keenam. Lapisan ketujuh atau terluar pada permukaan bawah akan menjadi epidermis bawah daun.

Lapisan epidermis terdiri dari sel hidup dengan lapisan kutin tebal yang terdapat pada bagian atas dan bawah epidermis. Lapisan epidermis bagian atas lebih tebal daripada bagian bawah. Stomata terletak pada lapisan atas dan bawah, jumlah yang sangat banyak terdapat pada epidermis bawah. Jika stomata tertutup, kedua sel penjaga mempunyai lebar kurang lebih 12 mikron (6 mikron untuk setiap sel penjaga), dan panjang 24 mikron. Jika stomata terbuka, panjang total termasuk sel penjaga sekitar 16 mikron. Mesofil terdiri dari dua lapisan parenkim palisade dengan jumlah kloroplas sangat banyak, serta 2-3 lapisan parenkim spon yang mempunyai sedikit kloroplas.

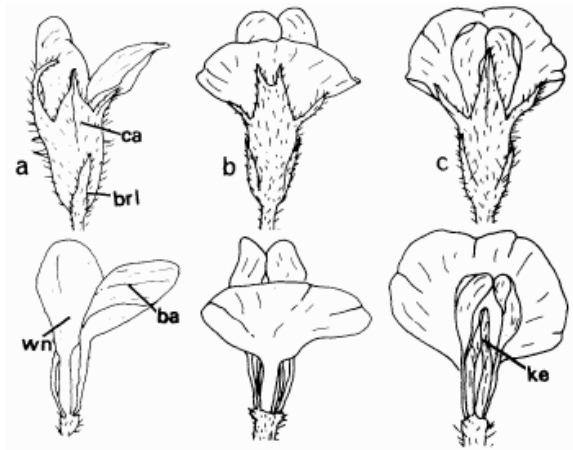
Bentuk daun kedelai adalah lancip, bulat dan lonjong serta terdapat perpaduan bentuk daun misalnya antara lonjong dan lancip (Gambar 5). Sebagian besar bentuk daun kedelai yang ada di Indonesia adalah berbentuk lonjong dan hanya terdapat satu varietas (Argopuro) berdaun lancip.

## **Bunga**

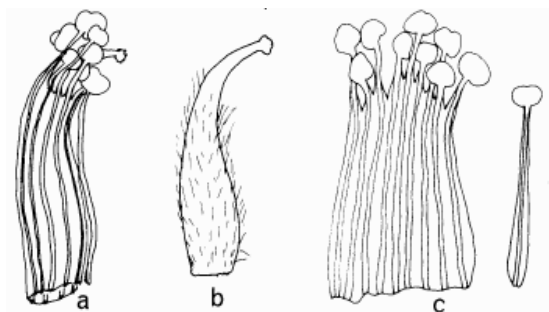
Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat kleistogami. Periode perkembangan vegetatif bervariasi tergantung pada varietas dan keadaan lingkungan, termasuk panjang hari dan suhu. Tanaman memasuki fase reproduktif saat tunas aksiler berkembang menjadi kelompok bunga dengan 2 hingga 35 kuntum bunga setiap kelompok. 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 berhenti ketika terjadi pembungaan. Buku pada bunga pertama berhubungan dengan tahap perkembangan tanaman. Ketika buku kotiledon, daun primer, dan daun bertiga dalam fase vegetatif, bunga pertama muncul pada buku kelima atau keenam dan atau buku di atasnya. Bunga muncul ke arah ujung batang utama dan ke arah ujung cabang. Periode berbunga dipengaruhi oleh waktu tanam, berlangsung 3-5 minggu. Berbagai penelitian menyebutkan bahwa tidak semua bunga kedelai berhasil membentuk polong, dengan tingkat keguguran 20-80%. Umumnya varietas dengan banyak bunga per buku memiliki presentase

keguguran bunga yang lebih tinggi daripada yang berbunga sedikit. Keguguran bunga dapat terjadi pada berbagai fase perkembangan, mulai dari pertunasan, selama perkembangan organ-organ pembungaan, saat pembuahan, selama perkembangan awal embrio, atau pada berbagai tahapan perkembangan kotiledon. Struktur bunga kedelai ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Proses kemasakan kedelai dikendalikan oleh fotoperiodisitas (panjang hari) dan suhu. Kedelai diklasifikasikan sebagai tanaman hari pendek dikarenakan hari yang pendek akan menginisiasi pembungaan. Sebenarnya, lama periode gelap merupakan faktor yang menentukan. Penelitian



Gambar 6. Bagian bunga kedelai (Carlson 1973).  
a = tampak utuh, b = tampak belakang, c = tampak depan  
ca = kelopak bunga, b = brakteola, ba = daun bendera,  
wn = sayap mahkota, ke = petala



Gambar 7. Struktur bunga kedelai (Carlson 1973).  
(a = benangsari, b = putik, c = benangsari)

menunjukkan bahwa dalam satu menit periode gelap dapat menghambat perkembangan bunga. Suhu hangat dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan kedelai dan sebaliknya, suhu yang lebih dingin akan menghambat dua proses tersebut. Oleh karena itu, penundaan penanaman akan memperpendek daur hidup kedelai apabila dihadapkan pada suhu hangat dan panjang hari pendek. Dengan adanya pengaruh suhu dan panjang hari tersebut maka akan lebih sulit dalam mengelompokkan kedelai berdasar pada umur masak maupun pada *growing degree days* (Anonim 2004).

Jumlah bunga dari 20 varietas kedelai di Indonesia berkisar dari 47–75 buah (rata-rata 57 bunga) dan kisaran jumlah polong isi dari 33 hingga 64 buah (rata-rata 48 polong isi). Semakin kecil ukuran biji maka jumlah polong per tanaman akan semakin banyak. Pada kondisi optimal, rata-rata jumlah bunga yang berhasil membentuk polong isi adalah 84% (70-91%) (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah bunga dan jumlah polong per tanaman dari 20 varietas kedelai.

Varietas	Jumlah bunga/tanaman				Efisiensi polong isi (%)
	Bunga	Polong isi	Polong hampa	Polong total	
Ringgit	66	57	3	60	86
Lokon	53	48	2	50	91
Wilis	53	44	2	46	83
Raung	50	44	2	46	88
Tidar	58	51	2	53	88
Petek	49	39	2	41	80
Jayawijaya	75	60	3	63	80
Krakatau	53	48	2	50	91
Cikuray	51	44	1	45	86
Malabar	46	36	1	37	78
Sindoro	67	58	3	61	87
Pangrango	65	55	2	57	85
Kawi	67	59	2	61	88
Burangrang	46	37	2	39	80
Kaba	58	50	1	51	86
Tanggamus	61	55	2	57	90
Anjasmoro	50	38	1	39	76
Lawit	71	64	2	66	90
Menyapa	52	45	2	47	87
Panderman	47	33	2	35	70
Rata-rata	57	48	2	50	84

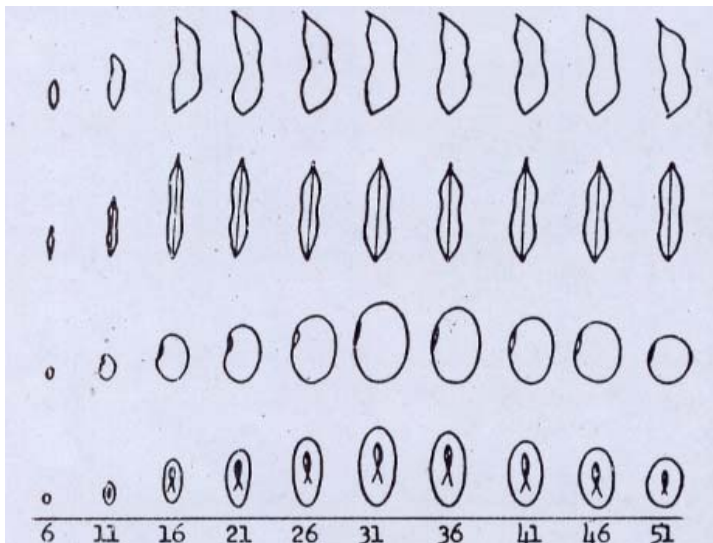
Efisiensi polong isi = jumlah polong isi/bunga

## Perkembangan 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 masak berwarna kuning muda sampai kuning kelabu, coklat, atau hitam. Warna polong tergantung pada keberadaan pigmen karoten dan xantofil, warna trikoma, dan ada-tidaknya pigmen antosianin.

Ketika terjadi pembuahan, ovarium mulai berkembang menjadi buah, namun tangkai putik dan benang sari mengering. Kelopak bunga tetap ada selama perkembangan buah dan kadang mahkota bunga juga masih tersisa ketika buah masak.

Gambar 8 menampilkan perubahan ukuran polong dan ovule (panjang, lebar dan ketebalan) mengacu pada hari setelah berbunga. Meskipun ada pengecualian pada varietas dan kondisi lingkungan tertentu, gambar itu menampilkan urutan perubahan yang terjadi selama perkembangan polong dan biji. Panjang polong maksimum dicapai 20-25 hari setelah berbunga. Lebar dan tebal polong maksimum dicapai sekitar 30 hari setelah berbunga.



Hari setelah berbunga

Gambar 8. Perkembangan polong dan biji kedelai (Carlson 1973).

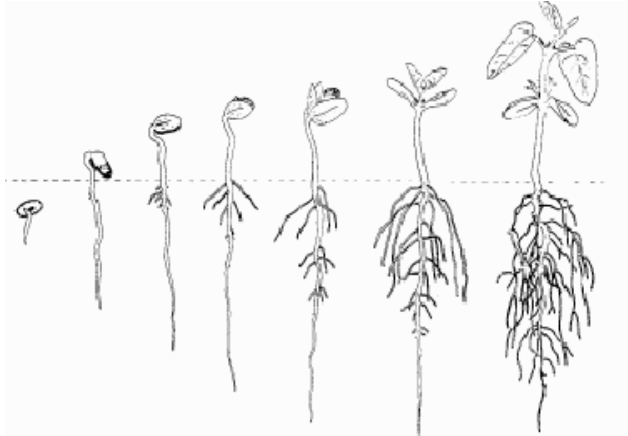
Hal ini berhubungan dengan saat biji mencapai ukuran maksimum pada semua dimensi ukuran. Bobot segar dan ukuran biji maksimum dapat dicapai 5-15 hari sesudahnya. Ketika biji mulai kehilangan kelembaban, bentuknya berubah dari panjang menjadi lebih oval atau berbentuk bola saat biji masak (Carlson 1973).

Periode pengisian biji (*seed filling period*) pada kedelai merupakan fase paling kritis dalam pencapaian hasil optimal. Pada fase tersebut terjadinya kekurangan atau kelebihan air, serangan hama atau penyakit, dan sebagainya akan berpengaruh buruk pada proses pengisian biji. Polong mudah berwarna hijau dan berubah menjadi kuning atau coklat setelah matang. Pada polong terdapat trikoma (bulu) dengan intensitas kepadatan dan panjang yang berlainan tergantung varietasnya.

### **Perkecambahan**

Biji kedelai dari varietas yang telah dibudi dayakan umumnya mampu melakukan imbibisi setelah biji ditanam pada kondisi tanah yang lembab. Namun pada varietas kedelai liar, sering ditemukan adanya biji keras yang memperlambat penyerapan/pengambilan air. Garis terang (*light line*) yang terdapat pada sel epidermis diduga menjadi penyebab kejadian tersebut, sekaligus menjadi penentu tingkat impermeabilitas biji. Air berimbibisi melalui keseluruhan permukaan biji, termasuk daerah hilum dan mikrofil. Setelah kulit biji dan embrio berimbibisi maksimal, biji akan kehilangan bentuk ovalnya dan berubah bentuk menyerupai bentuk ginjal.

Apabila kondisi kelembaban dan suhu sesuai, calon akar akan muncul dari kulit biji yang retak di daerah mikrofil dalam 1-2 hari. Pertumbuhan calon akar ke dalam tanah terjadi sangat cepat dan ketika mencapai panjang 2-3 cm, cabang akar pertama akan muncul. Kotiledon terangkat ke atas tanah akibat pertumbuhan hipokotil, selanjutnya bagian atas hipokotil mencapai permukaan tanah terlebih dahulu dan mendorong kotiledon dari dalam tanah, sekaligus kulit bijinya (Gambar 9). Pertumbuhan hipokotil mengangkat kotiledon yang kemudian menjadi hijau. Selama tahapan awal pertumbuhan kecambah, kotiledon membawa hasil fotosintesis sebagai tambahan untuk memasok mineral tersimpan dan cadangan makanan pada proses perkecambahan hingga daun dan akar terbentuk sempurna. Akhirnya, kotiledon menguning dan rontok dari tanaman.



Gambar 9. Tahap perkecambahan biji kedelai (Carlson 1973).

## FASE TUMBUH

Informasi tentang fase tumbuh tanaman kedelai berguna sebagai pedoman dalam aplikasi perlakuan agronomis, seperti pengendalian hama dan penyakit, pengairan, pengamatan sifat-sifat morfologi, dan sebagainya. Penentuan waktu perlakuan agronomis berdasarkan umur tanaman dapat memberikan hasil yang berbeda dibandingkan yang berdasarkan fase tumbuh, karena setiap varietas kedelai memiliki lama fase tumbuh yang berbeda. Selain ditentukan oleh varietas, fase tumbuh juga dipengaruhi faktor lingkungan.

Pertumbuhan tanaman dibagi dalam dua fase (stadia) yakni fase vegetatif dan fase generatif (reproduktif). Fase vegetatif dilambangkan dengan huruf V, sedangkan fase generatif atau reproduktif dengan huruf R. Fase vegetatif dimulai sejak tanaman tumbuh dan umumnya dicirikan oleh banyaknya buku pada batang utama yang telah memiliki daun terbuka penuh. Fase ini berakhir manakala satu bunga telah terbentuk pada batang utama. Dengan demikian fase generatif dimulai dengan terbentuknya satu bunga dan diakhiri jika 95% polong telah matang (Fehr and Caviness 1977) (Tabel 4 dan Tabel 5).

Fase vegetatif (V) diawali pada saat tanaman muncul dari tanah dan kotiledon belum membuka (Ve). Jika kotiledon telah membuka dan diikuti oleh membukanya daun tunggal (unifoliat) maka dikategorikan fase kotiledon (Vc). Penandaan fase vegetatif berikutnya berdasarkan pada membukanya daun bertiga (trifoliat) sekaligus menunjukkan posisi buku yang dihitung dari atas tanaman pada batang utama. Fase VI dicirikan oleh daun tunggal dan diikuti pula oleh membukanya daun bertiga, sekaligus



Tabel 4. Karakteristik fase tumbuh vegetatif pada tanaman kedelai.

Sandi fase	Fase pertumbuhan	Keterangan
Ve	Kecambah	tanaman baru muncul di atas tanah
Vc	Kotiledon	daun keping (kotiledon) terbuka dan dua daun tunggal di atasnya juga mulai terbuka
V1	Buku kesatu	daun tunggal pada buku pertama telah berkembang penuh, dan daun berangkai tiga pada buku di atasnya telah terbuka
V2	Buku kedua	daun berangkai tiga pada buku kedua telah berkembang penuh, dan daun pada buku di atasnya telah terbuka
V3	Buku ketiga	daun berangkai tiga pada buku ketiga telah berkembang penuh, dan daun pada buku keempat telah telah terbuka
V4	Buku keempat	daun berangkai tiga pada buku keempat telah berkembang penuh, dan daun pada buku kelima telah telah terbuka
Vn	Buku ke n	daun berangkai tiga pada buku ke n telah berkembang penuh

Tabel 5. Karakteristik fase tumbuh reproduktif pada tanaman kedelai.

Sandi fase	Fase pertumbuhan	Keterangan
R1	mulai berbunga	terdapat satu bunga mekar pada batang utama
R2	berbunga penuh	pada dua atau lebih buku batang utama terdapat bunga mekar
R3	mulai pembentukan polong	terdapat satu atau lebih polong sepanjang 5 mm pada batang utama
R4	polong berkembang penuh	polong pada batang utama mencapai panjang 2 cm atau lebih
R5	polong mulai berisi	polong pada batang utama berisi biji dengan ukuran 2 mm x 1 mm
R6	biji penuh	polong pada batang utama berisi biji berwarna hijau atau biru yang telah memenuhi rongga polong (besar biji mencapai maksimum)
R7	polong mulai kuning, coklat, matang	satu polong pada batang utama menunjukkan warna matang (berwarna abu-abu atau kehitaman)
R8	polong matang penuh	95% telah matang (kuning kecoklatan atau kehitaman)

posisi daun bertiga yang pertama membuka disebut sebagai buku pertama. Pada V2 bercirikan jika daun bertiga kedua (di atas daun bertiga pertama) telah membuka penuh, dan posisi ini disebut buku pertama, dan otomatis posisi daun bertiga yang ada di bawahnya dikategorikan berada pada buku kedua. Pola penentuan fase vegetatif berikutnya berdasarkan keberadaan daun bertiga dan fase ini akan berakhir setelah terbentuknya bunga, sebagai organ reproduktif.

Fase reproduktif (R) dikelompokkan ke dalam tiga fase yakni fase pembungaan, pembentukan polong, dan pematangan biji. Fase R1 dicirikan oleh terdapatnya satu bunga mekar dalam satu tanaman. Jika telah ada dua atau lebih bunga mekar maka tanaman telah berada dalam fase R2. Bunga yang terbentuk pada periode awal, akan membentuk satu polong sepanjang 5 mm pada batang utama (R3). Tanaman berada pada fase berpolong penuh (R4) manakala telah terbentuk satu polong sepanjang 5 mm pada batang utama. Terbentuknya satu polong sepanjang 2 cm menandakan tanaman telah berada pada fase R4. Fase R5 jika biji dalam polong berukuran sekitar 2 mm x 1 mm. Perkembangan biji dalam polong telah mengisi penuh rongga polong disebut fase R6. Periode pemasakan polong diawali adanya satu polong yang telah berwarna kuning (matang), dan fase ini pada tanaman kedelai sering juga disebut sebagai fase masak fisiologis (R7). Jika 90% polong telah berwarna coklat (matang) maka tanaman dikategorikan matang dan siap untuk dipanen.

Sebagai gambaran umum, beberapa penandaan fase tumbuh dari 20 varietas kedelai yang diidentifikasi pada elevasi 450 m dpl ditunjukkan pada Tabel 6.

Dari contoh 20 varietas di atas terlihat bahwa fase vegetatif kurang beragam dibandingkan dengan fase generatif, walaupun pengamatan hanya dilakukan hingga fase R4.

Tabel 6. Penandaan beberapa fase tumbuh 20 varietas kedelai.

Varietas	Umur Tanaman (hari)											
	Vegetatif						Reproduktif					
	Ve	Vc	V1	V2	V3	V4	V5	V6	R1	R2	R3	R4
Ringgit	4	6	10	14	17	20	22	26	38	42	44	47
Lokon	4	6	11	15	18	21	22	26	33	41	39	41
Wilis	4	7	10	14	17	20	23	27	33	43	39	48
Raung	4	6	11	14	17	20	23	26	33	42	39	47
Tidar	4	6	10	14	17	20	2	26	36	43	42	48
Petek	4	6	9	13	17	19	21	26	30	37	37	41
Jayawijaya	4	6	10	13	18	20	22	26	38	42	44	49
Krakatau	4	7	10	14	17	20	22	26	37	43	41	46
Cikuray	4	6	10	13	17	21	24	27	34	42	38	43
Malabar	5	6	11	14	17	20	22	26	28	36	32	36
Sindoro	4	7	10	13	17	18	21	26	29	33	45	49
Pangrango	4	6	10	13	18	20	22	26	32	43	36	41
Kawi	4	6	11	14	17	20	22	26	33	42	37	43
Burangrang	5	6	11	14	17	20	22	27	33	36	38	41
Kaba	4	7	10	14	17	19	21	26	32	42	36	46
Tanggamus	4	6	9	12	17	19	21	26	38	42	41	44
Anjasgoro	7	6	10	12	15	18	21	26	31	37	35	40
Lawit	4	6	10	14	16	20	22	26	34	40	38	44
Menyapa	4	6	10	14	17	20	22	26	39	43	43	47
Panderman	5	8	10,5	14	18	21	24	27	31	43	38	49

Makna simbol fase tumbuh: lihat Tabel 4 dan Tabel 5

## PERTUMBUHAN TANAMAN

Pertumbuhan tanaman kedelai, selain dibagi atas dasar lamanya periode vegetatif dan generatif, juga dapat dibedakan berdasarkan pertumbuhan batang dan bunga. Dengan itu, tipe pertumbuhan tanaman kedelai dapat determinit dan atau indeterminit. Pola pertumbuhan di antara kedua tipe tersebut disebut semi-determinit. Perbedaan antara kedua tipe tumbuh batang disajikan pada Tabel 7. Pada tipe determinit, pertumbuhan vegetatif berhenti setelah fase berbunga, buku teratasnya mengeluarkan bunga, batang tanaman teratas cenderung berukuran sama dengan batang bagian tengah sehingga pada kondisi normal batang tidak melilit.

Tanaman kedelai tergolong sebagai tanaman hari pendek, yang berarti tanaman tidak akan berbunga jika panjang hari melampaui batas kritisnya. Tanaman kedelai juga peka terhadap panjang hari (fotoperiodisitas). Umumnya varietas kedelai akan berbunga jika periode gelap yang diterima tiap hari kurang dari 10 jam, sebaliknya varietas kedelai akan cepat berbunga kalau periode gelap berada antara 14-16 jam per hari.

Tabel 7. Perbedaan tipe determinit dan indeterminit.

Karakter	Tipe determinit	Tipe indeterminit
Pertumbuhan vegetatif	Berhenti setelah berbunga	Berlanjut setelah berbunga
Jumlah buku setelah berbunga	Tidak bertambah	Bertambah
Masa berbunga	Tidak lama	Lama
Mulai berbunga	Lebih lama	Lebih cepat
Letak bunga pertama	Terbentuk pada buku bagian atas batang	Terbentuk pada buku bagian bawah batang
Jumlah bunga yang terbuka tiap hari	Banyak	Sedikit
Bentuk tanaman	Agak silindris	Agak konis (seperti kerucut)
Ujung batang	Ujung batang berakhir dengan kelompok bunga	Ujung batang tidak berakhir dengan kelompok bunga
Ukuran ujung batang	Hampir sama besar dengan batang bagian tengah	Lebih kecil dari batang bagian tengah
Batang	Pendek-sedang	Tinggi, melilit
Daun	Daun teratas sama besar dengan daun pada batang bagian tengah	Daun teratas lebih kecil dari daun pada batang bagian tengah

Varietas kedelai yang ada di Indonesia pada umumnya bertipe tumbuh determinit. Beberapa varietas yang memiliki pertumbuhan batang semi-determinit adalah Kipas Putih, Lompobatang, Rinjani, Merbabu, Guntur, dan Orba. Contoh varietas kedelai bertipe inditerminit adalah varietas unggul lama No 29.

## KENDALI GENETIK

Pengetahuan dan pemahaman terhadap karakter morfologi kedelai, tidak hanya bermanfaat bagi penentuan aplikasi agronomis, keperluan pemeliharaan kebenaran genetik benih, dan penyusunan deskripsi varietas, tetapi juga untuk modifikasi karakter morfologi tertentu dalam upaya perbaikan dan peningkatan nilai ekonomis tanaman. Perbaikan tanaman kedelai dapat dikelompokkan pada perbaikan cekaman biotik (hama, penyakit), abiotik (kekeringan, pencahayaan, toleransi keheraan, dan sebagainya), alterasi morfologi maupun fisiologis tanaman, dan kualitas (ukuran biji, umur masak, protein, dan sebagainya).

Untuk mengoptimalkan pendekatan genetik tersebut diperlukan pengetahuan terhadap gen pengendali untuk sifat morfologi yang akan menjadi target perbaikannya. Sebagai contoh, trikoma atau bulu pada daun ataupun polong kedelai penting untuk ketahanan tanaman kedelai terhadap kompleks hama daun dan polong. Dengan demikian untuk dapat meningkatkan ketahanan tanaman kedelai terhadap hama daun dan polong perlu mengetahui gen pengendali trikoma dan pola pewarisannya. Kendali gen untuk karakter morfologi pada kedelai disajikan pada Tabel 8.

Umur tanaman kedelai dikelompokkan menjadi genjah (<80 hari), sedang (80-85 hari) dan dalam (>85 hari). Kedelai berumur dalam dominan (dilambangkan dengan E) terhadap kedelai umur genjah (e). Varietas kedelai berumur genjah antara lain: Malabar, Petek, Burangrang, dan Argomulyo. Kedelai berumur dalam termasuk beberapa varietas adaptif lahan masam seperti Nanti dan Sibayak. Bentuk daun kedelai cukup beragam dari bulat, oval, hingga lancip. Sebagian besar varietas kedelai di Indonesia berkategori daun oval dan hanya satu varietas berdaun lancip yaitu Gumitir.

Bentuk daun lebar dominan terhadap daun sempit, daun berbentuk bulat dominan terhadap daun oval. Pembakuan ukuran daun untuk kedelai di Indonesia telah dibakukan dengan menggunakan Indeks Permukaan Daun (IPD) (*Leaf Shape Index*), yaitu nisbah antara panjang daun dan lebar daun. Klasifikasinya: daun lebar IPD < 1,66; daun sempit IPD > 1,83; dan medium IPD 1,66-1,83 (Adie dan Anggoro 2000).

Karakter morfologi daun yang berperan sebagai penentu ketahanan terhadap hama adalah trikoma dan ketebalan daun. Hingga saat ini belum ada kajian terhadap ketebalan daun, sedangkan trikoma telah dikaji oleh beberapa peneliti. Peran trikoma sebagai penentu ketahanan terhadap hama dipengaruhi oleh dua hal yaitu panjang dan kepadatan trikoma. Ketiadaan trikoma dominan terhadap keberadaan trikoma yang masing-masing gen pengendalinya dilambangkan dengan P dan p; sedangkan trikoma padat berpeluang dominan terhadap trikoma dengan kepadatan normal. Hingga saat ini belum ada pembakuan kepadatan trikoma pada kedelai.

Warna pada tanaman disebabkan oleh proses pigmentasi. Kecuali pada hilum, karakter warna juga dilihat pada sifat bunga, bulu, polong dan biji warna gelap dominan terhadap warna terang (Tabel 9).

Di daerah tropis seperti Indonesia, infestasi hama merupakan kendala yang lebih penting daripada serangan penyakit. Ini berlainan dengan sentra kedelai di daerah subtropis yang menempatkan kendala penyakit pada posisi yang lebih penting. Studi hubungan antara genetik morfologi kedelai dan ketahanan terhadap hama belum banyak dilakukan di Indonesia.

Tabel 8. Kendali gen untuk karakter morfologi pada kedelai.

Morfologi	Fenotipe	Gen	Contoh
Umur bunga dan masak	Dalam	$E_1$	T175
	Genjah	$e_1$	Clark
	Dalam	$E_2$	Clark
	Genjah	$e_2$	T245
	Dalam dan rentan cahaya Genjah dan tahan cahaya	$E_3$ $e_3$	Harosoy 63 Blackhawk
Pertumbuhan batang	Indeterminit	$Dt_1$	Manchu, Clark
	Determinit	$dt_1$	Ebony, T245
	Semi determinit	$Dt_2$	T117
	Indeterminit	$dt_2$	Clark
Pembungaan	Bagian pucuk	$Se$	T208
	Bagian tangkai	$se$	T109
Daun	Berdaun 5	$Lf_1$	T245
	Berdaun 3	$lf_1$	C
	Berdaun 3	$Lf_2$	C
	Berdaun 7	$lf_2$	T255
	Lebar	$Ln$	C
	Sempit	$ln$	T41
	Bulat	$Lo$	C
	Bulat oval	$lo$	T122
Tipe bulu	Rebah	$A$	-
	Tegak	$a$	-
	Tidak berbulu	$P_1$	T145
	Berbulu	$p_1$	C
	Normal	$Pc$	Clark
	Keriting	$pc$	T141
	Padat	$Pd$	T207
	Normal	$pd$	Clark
	Jarang	$Ps$	T240
	Normal	$ps$	Clark
Susunan kulit biji	Hilum normal	N	C
	Tidak ada lapisan abs	n	Soysota

Sumber: Bernard dan Weiss (1973)

Penyakit bakteri hawar, bercak daun mata kodok, embun tepung, busuk akar, dan nematode *cyst*, karakter resisten adalah dominan terhadap karakter rentan, sebaliknya pada penyakit bakteri pustul justru sifat rentan dominan terhadap resisten (Tabel 10).

Kelompok tanaman kacang-kacangan dicirikan oleh kemampuannya untuk membentuk bintil akar (nodul). Jenis tanaman kedelai yang membentuk nodul dominan terhadap yang tanpa nodul, dan nodul tidak efektif

Tabel 9. Kendali gen untuk pigmentasi pada kedelai.

Morfologi	Fenotipe	Gen	Contoh
Hilum	Terang	<i>I</i>	Mandarin
	Gelap	<i>i</i>	Manchu
Polong	Hitam	<i>L<sub>1</sub>L<sub>2</sub></i>	Seneca
	Hitam	<i>L<sub>1</sub>l<sub>2</sub></i>	T215
	Coklat	<i>l<sub>1</sub>L<sub>2</sub></i>	Clark
	Terang	<i>l<sub>1</sub>l<sub>2</sub></i>	Dunfield
Biji	Coklat	<i>O</i>	Soysota
	Merah kecoklatan	<i>o</i>	Ogema
	Hitam	<i>R</i>	c
	Coklat	<i>r</i>	c
	Coklat bergaris hitam	<i>r<sup>m</sup></i>	T125
Bulu	Coklat	<i>T</i>	c
	Abu-abu	<i>t</i>	c
Bunga	Ungu	<i>W<sub>1</sub></i>	c
	Putih	<i>w<sub>1</sub></i>	c

Sumber: Bernard dan Weiss (1973)

Tabel 10. Kendali gen ketahanan terhadap penyakit pada kedelai.

Penyakit	Fenotipe	Gen	Contoh
Bakteri pustul	Rentan	<i>Rxp</i>	Lincoln, Ral soy
	Resisten	<i>rxp</i>	CNS
Bakteri hawar	Resisten terhadap race 1	<i>Rpg<sub>1</sub></i>	Harosoy
	Rentan terhadap race 1	<i>rpg<sub>1</sub></i>	Flambeau
Bercak daun mata kodok	Resisten terhadap race 1	<i>Rcs<sub>1</sub></i>	Lincoln, Wabash
	Rentan terhadap race 1	<i>rcs<sub>1</sub></i>	Gibson, Patoka
	Resisten terhadap race 2	<i>Rcs<sub>2</sub></i>	Kent
	Rentan terhadap race 2	<i>rcs<sub>2</sub></i>	
Embun tepung	Resisten	<i>Rpm</i>	Kanrich
	Rentan	<i>rpm</i>	Clark, Chippewa
Busuk akar phytophthora	Resisten	<i>Rps</i>	Mukden, Illini
	Rentan	<i>rps</i>	Lincoln
	Resisten terhadap race 1 dan rentan terhadap race 2	<i>rps<sup>2</sup></i>	FC 31.745
	Resisten	<i>rhg<sub>1</sub>rhg<sub>2</sub></i>	Peking
Nematoda cyst	Rentan	<i>rhg<sub>3</sub></i> <i>Rhg<sub>1</sub>, Rhg<sub>2</sub></i> atau <i>Rhg<sub>3</sub></i>	Lee, Hill
	Resisten	<i>Rhg<sub>4</sub></i>	Peking
	Rentan	<i>rhg<sub>4</sub></i>	Scott

Sumber: Bernard dan Weiss (1973)

Tabel 11. Kendali gen nodulasi pada kedelai.

Fenotipe	Gen	Contoh
Bernodulasi	$Rj_1$	T180, T202
Tidak bernodulasi	$Rj_1$	T181, T201
Nodul tidak efektif strain b7, b14 dan b122	$Rj_2$	Hardee
Efektif	$Rj_2$	C
Nodul tidak efektif strain 33	$Rj_3$	Hardee
Efektif	$Rj_3$	Clark
Nodul tidak efektif strain 61	$Rj_4$	Hill
Efektif	$rj_4$	Lee

Sumber: Bernard dan Weiss (1973)

dominan terhadap nodul efektif. Di Amerika varietas kedelai tanpa nodul telah dibentuk. Namun efektivitas dan infektivitas bintil akar diperlukan sebagai penyedia nitrogen bagi tanaman kedelai. Nodulasi pada kedelai dikendalikan oleh gen tertentu (Tabel 11).

Pengetahuan tentang pengendali gen karakter morfologi penting sebagai pedoman perbaikan sifat tertentu pada program pemuliaan.

## SIFAT KUALITATIF DAN KUANTITATIF

Sifat, karakter (*traits*) tidak lain merupakan penampilan (ekspresi) dari gen yang tampak pada suatu fenotipe. Keragaan suatu sifat dapat, tetapi tidak selalu, dipengaruhi oleh lingkungan.

Sifat dapat kualitatif atau kuantitatif. Sifat kualitatif dicirikan oleh fenotipenya yang mudah dibedakan, seperti warna bulu, warna bunga dan sebagainya. Sifat-sifat tersebut diturunkan secara sederhana dan kebanyakan dikendalikan oleh satu pasang gen. Sebaliknya sifat-sifat kuantitatif tidak dapat diturunkan secara sederhana, misalnya hasil, komponen hasil dan sebagainya. Dalam hal ini sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen yang masing-masing memberi pengaruh kecil pada penampakan suatu sifat. Sifat yang demikian dicirikan oleh adanya sebaran kelas fenotipe yang kontinyu, peran kebanyakan gen tidak jelas. Secara lebih rinci, perbedaan utama antara sifat kualitatif dan kuantitatif ditunjukkan Tabel 12.

Pemahaman sifat kualitatif dan kuantitatif pada karakter morfologi tanaman kedelai penting karena bermanfaat untuk penyusunan deskripsi



Tabel 12. Perbedaan sifat kualitatif dan kuantitatif.

Sifat Kualitatif	Sifat kuantitatif
Pewarisannya sederhana ( <i>simple genre</i> ), bersifat diskrit, tertentu seperti warna, ukuran, dan sebagainya	Sifatnya berderajat, kuantitas yang dapat diukur seperti hasil, tinggi, dan sebagainya
Ragamnya diskontinyu, klas fenotipe yang berbeda	Ragamnya kontinyu, fenotipe membentuk spektrum, bila populasi cukup besar, sering berbentuk kurva normal
Pengaruh gen tunggal kontribusi utama	Pengaruh gen berganda, kontribusi kecil
Pasangan individual dan keturunannya	Populasi organisme dengan sejumlah pasangan-pasangan
Dianalisis dengan menghitung, membandingkan	Dianalisis dengan menduga atau menjumlah dari populasi seperti rata-rata ragam dan simpangan baku

varietas, perbenihan, dan perlindungan varietas tanaman. Contoh sifat kualitatif edelai adalah warna bunga, dan warna biji, sedangkan contoh sifat kuantitatif adalah tinggi tanaman, bobot 100 biji, hasil biji, dan sebagainya.

Dalam kaitannya dengan pendeskripsian sifat morfologi tanaman kedelai, atau varietas dan penentuan keunikan morfologi suatu varietas, UPOV telah mengeluarkan panduan yang dituangkan dalam UPOV (TG/80/6) tentang *Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability*.

Karakter morfologi pada panduan UPOV dapat dimodifikasi disesuaikan dengan ragam karakter morfologi varietas kedelai yang ada di suatu negara (Tabel 13). Dua karakter morfologi biji yakni kecerahan kulit biji (kusam dan cerah) dan warna kotiledon (kuning dan hijau) merupakan karakter morfologi baru yang perlu ditambahkan karena ada keragaman sifat morfologi tersebut pada varietas koleksi plasma nutfah kedelai di Indonesia.

Deskripsi suatu varietas kedelai selayaknya mengikuti panduan yang telah dibuat oleh UPOV, dan karakter morfologi yang diamati akan terus berkembang sesuai dengan perubahan dan penambahan karakter yang ada, termasuk skala pengukurannya.

Tabel 13. Karakteristik sifat kualitatif dan kuantitatif kedelai (TG/80/6).

Umur	Karakter	Skala	Deskripsi	Contoh varietas
12	Warna hipokotil	1	Hijau	Menyapa, Panderman
		9	Ungu	Wilis, Kaba, Sinabung
12	Intens antosianin hipokotil	1	Tidak ada	-
		3	Kecil	-
		5	Cukup	Argomulyo, Kaba, Ijen
		7	Kuat	Dieng, Tidar, Wilis
		9	Sangat kuat	Rinjani, Cikuray
60	Batang: tipe tumbuh	1	Determinit	Panderman, Ijen
		2	Semi-determinit	Menyapa. Lawit
		3	Semi-Indeterminit	No 27
		4	Indeterminit	No 29
60	Batang: bentuk percab	1	Tegak	Panderman
		2	Agak tegak-tegak	Ijen
		3	Agak tegak	Wilis, Kaba
		4	Horisontal-agak tegak	-
		5	Horisontal	-
60	Batang: warna bulu batang	3	Putih	Anjasmoro, Argopuro
		5	Coklat muda	Wilis, Ijen
		7	Coklat tua	Rinjani
75	Batang: tinggi tanaman	3	Sangat pendek	-
		4	Pendek	Argomulyo
		5	Sedang	Panderman, Argopuro
		6	Agak tinggi	Wilis, Anjasmoro
		7	Tinggi	Ratai, Seulawah
60	Daun: tingkat cekungan	1	Datar	Tanggamus
			(tidak cekung)	
		3	Agak cekung	Ijen
		5	Cekung	Seulawah
		7	Agak cembung	Orba, Leuser
		9	Cembung	Anjasmoro, Gumitir
60	Daun: bentuk	1	<i>Lanseolat</i> (lancip)	Argopuro
		2	<i>Triangular</i>	Krakatau
		3	<i>Pointed ovale</i>	Kaba, Sinabung, Ijen
		4	<i>Rounded ovale</i> (bulat)	Kawi, Panderman
60	Daun: ukuran	3	Kecil	Dieng
		5	Medium	Wilis, Kaba
		7	Lebar	Anjasmoro
60	Daun: intensitas hijau daun	3	Hijau muda	Petek, Lompobatang
		5	Hijau	Kaba, Sinabung
		7	Hijau tua	Rinjani, Cikuray
35	Bunga: warna	1	Putih	Menyapa, Panderman
		2	Ungu	Wilis, Kaba, Ijen
75	Polong: intensitas coklat	1	Kuning	Kerinci, Burangrang
		3	Coklat muda	Anjasmoro
		5	Coklat	Kaba, Sinabung
		7	Coklat tua	Argomulyo
85	Biji: ukuran	3	Kecil	Krakatau, Menyapa
			(<10 g/100 biji)	
		5	Medium	Kaba, Sinabung, Ijen
		7	Besar	Anjasmoro, Panderman
			(>14 g/100 biji)	

Tabel 13. (Lanjutan).

Umur	Karakter	Skala	Deskripsi	Contoh varietas
85	Biji: bentuk	1	<i>Spherical</i>	Petek, Kawi, Panderman
		2	<i>Spherical flattened</i>	Orba, Argopuro
		3	<i>Elongated</i>	Wilis, Kaba, Ijen
		4	<i>Elongated flattened</i>	Tidar
85	Biji: warna kulit biji	1	Kuning muda	Argomulyo
		2	Kuning	Burangrang, Argopuro
		3	Kuning tua	-
		4	Kuning hijau	Gumitir, Ratai
		5	Hijau kuning	Tidar, Seulawah
		6	Coklat muda	-
		7	Coklat	-
		8	Coklat tua	-
		9	Hitam	Cikuray
85	Biji: perubahan kulit biji pada perlakuan peroksidase	1	Tidak ada	-
		2	Ada	-
85	Biji: kecerahan kulit biji	1	Tidak mengkilap	Panderman
		2	Mengkilap	Ijen
85	Biji: warna kotiledon	1	Putih	Kaba, Panderman, Ijen
		2	Hijau	-
85	Hilum: warna	1	Putih	Cikuray
		2	Kuning	-
		3	Coklat muda	Anjasmoro
		4	Coklat tua	Wilis, Ijen
		5	Agak hitam	-
		6	Hitam	-
85	Hilum: warna <i>funicle</i>	1	Sama dengan kulit	-
		2	Berbeda dengan kulit	Kaba, Sinabung, Ijen
23-40	Umur berbunga 50%	1	Sangat genjah (<25 hr)	-
		2	Genjah (25-30 hr)	Petek
		3	Medium (31-35 hr)	Ijen, Argopuro
		4	Dalam (35-40 hr)	Slamet
		5	Sangat dalam (>40 hr)	Pangrango, Menyapa
70-90	Umur masak	1	Sangat genjah (<70 hr)	Petek, Tidar
		2	Genjah (70-79 hr)	Baluran
		3	Medium (80-85 hr)	Ijen, Argopuro
		4	Dalam (86-90)	Sibayak
		5	Sangat dalam (>90 hr)	Ratai, Seulawah

## DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M. dan G.W. Anggoro. 2000. Pembakuan dan pengelompokan ukuran daun kedelai di Indonesia. p. 388-402. *Dalam*: Komponen Teknologi Untuk Meningkatkan Produktivitas Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Soedarjo *et al.* (Eds). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor.
- Anonim. 2005. History of Soybean. Los Angeles Chinese Learning Center. <http://chinese-school.netfirms.com/soybean-history.html> (akses tanggal 7 Maret 2007).
- Anonim. 2004. [http://www.croplangenetics.com/soybean.asp?topic=4&sm=i\\_e](http://www.croplangenetics.com/soybean.asp?topic=4&sm=i_e) (akses tanggal 7 Mei 2007).
- Bernard, R.L. and M.G. Weiss. 1973. Qualitative genetics. *In*: B.E. Caldwell (Eds.). Soybean: Improvement, Production and Uses. Amer. Soc. of Agron. Wisconsin. p. 117-146.
- Carlson, J.B. 1973. Morphology. *In*: B.E. Caldwell (Eds.). Soybean: Improvement, Production and Uses. Amer. Soc. of Agron. Wisconsin. p. 17-95.
- Cuizhen, F., Q. Lijuan, and C. Ruzhen. 2000. Evaluation on quality of China's soybean germplasm resources quality. *In*: S. Kyoko (Eds.). The Third International Soybean Processing and Utilization Conference. The Japanese Society for Food Science and Technology. Japan. p.41-42.
- Esau, K. 1965. Plant anatomy, 2<sup>nd</sup> edn. John Wiley & Sons, New York
- Fehr, W.R. and C.L. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Special Report No 80. Cooperative Extension Services Agric. and Home Econ. Exp. St. Iowa State Univ. of Sci. and Technol, Ames, Iowa.
- Hadley, H.H. and T. Hymowitz. 1973. Speciation and Cytogenetics. *In*: B.E. Caldwell (Eds.). Soybean: Improvement, Production and Uses. Amer. Soc. of Agron. Wisconsin. p. 97-116.
- Hermann, F.J. 1962. A revision of the genus *Glycine* and its immediate allies. USDA Tech. Bull. 1268: 1-79.
- Hymowitz, T. 1970. On the domestication of the soybean. *Econ. Bot.* 23: 408-421.
- Katoh, K. and Y. Negishi. 2000. The wild soybean – Tsurumamu. *In*: Kyoko *et al.* (Eds.). The Third International Soybean Processing and Utilization Conference (ISPUC III). The Japanese Society for Food Science and Technology. Japan. p. 222-223.

- Krisnawati, A. dan M.M. Adie. 2006. Ragam karakter kulit biji beberapa genotipe plasma nutfah kedelai. *Jurnal Biofera* (submitted).
- Nagata, T. 1960. Studies on the differentiation of soybeans in Japan and the world. *Memoirs Hyogo Univ. Agr.* 3: 63-102.
- Probst, A.H. and R.W. Judd. 1973. Origin, US history and development and world distribution. *In*. B.E. Caldwell (*Eds.*). *Soybean : Improvement, Production and Uses*. Amer. Soc. of Agron. Wisconsin. p. 1-16.
- Shurtleff, W and A. Aoyagi. 2007. The soybean plant: botany, nomenclature, taxonomy, domestication, and dissemination-page 3. A Chapter from the Unpublished Manuscript, *History of Soybeans and Soyfoods: 1100 B.C. to the 1980s*. Soyinfo Center, Lafayette, California. [http://www.soyascan.com/HSS/soybean\\_plant3.php](http://www.soyascan.com/HSS/soybean_plant3.php) (akses tanggal 7 Mei 2007).
- Snyder, H.E. and T.W. Kwon. 1987. *Soybean utilization*. AVI Book, New York.
- Verdcourt, B. 1966. A proposal concerning *Glycine* L. *Taxon* 15 : 34-36.
- Yaklich, R.W., E.L. Vigil, and W. Wergin. 1986. Pore development and seed coat permeability in soybean. *Crop Sci.* 26:616-624.