

- ▶ **PEMBENTUKAN DAN PERKEMBANGAN BENIH**


- ▶ Oleh :

- ▶ Dr Ir Endah R Palupi

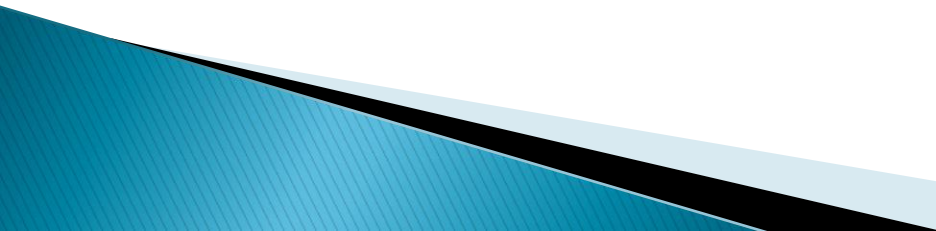
PEMBENTUKAN DAN PERKEMBANGAN BENIH

- ▶ Deskripsi: Pembungaan, penyerbukan dan fertilisasi, perkembangan embrio, dan pemasakan biji dan struktur benih
- ▶ Sub Pokok Bahasan:
 - * Struktur organ reproduksi
 - * Pembentukan gamet
 - * Penyerbukan dan fertilisasi
 - * Pembentukan dan pemasakan biji
 - * Struktur dan komponen benih

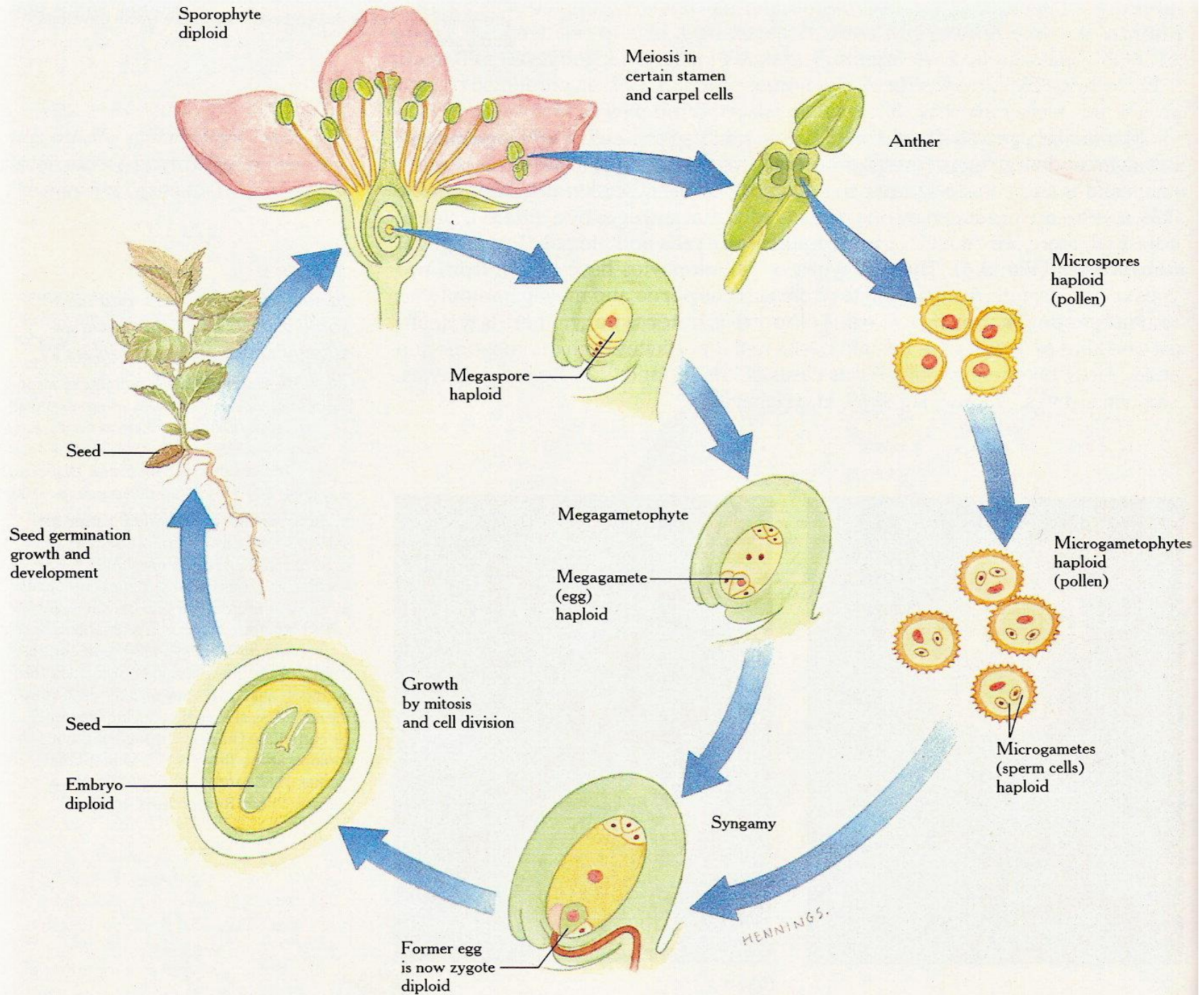
**"I have great faith in a seed. Convince me that you have a seed there, and I am prepared to expect wonders."
(Henry David Thoreau)**



Batasan benih (Sadjad, 1993)

- ▶ **Batasan struktural:** benih = biji, yang secara anatomi sebagai bakal biji yang dibuahi.
 - ▶ **Batasan fungsional:** benih adalah biji yang digunakan untuk tujuan budidaya tanaman.
 - ▶ **Batasan agronomis:** benih adalah biji yang mampu tumbuh menjadi tanaman, berproduksi maksimum, sehingga benih harus memiliki vigor yang tinggi.
- 

Siklus Reproduksi Tanaman



PROSES REPRODUKSI SEKSUAL TANAMAN

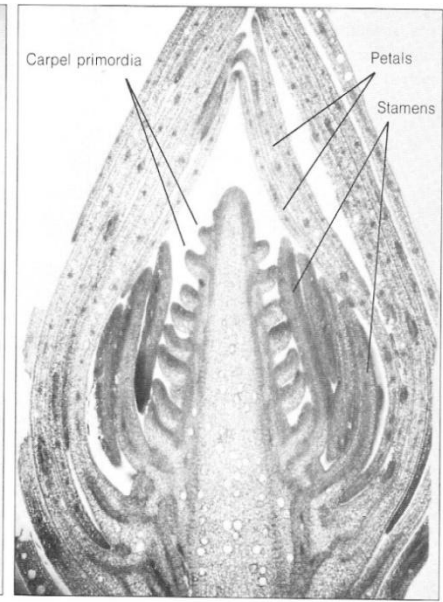
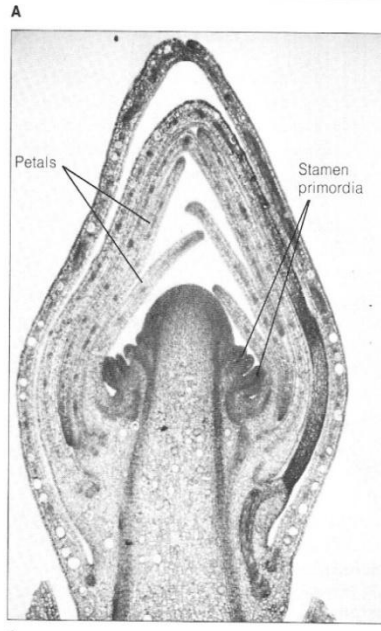
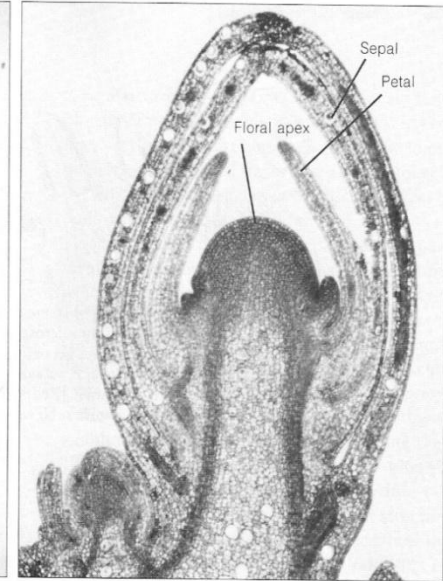
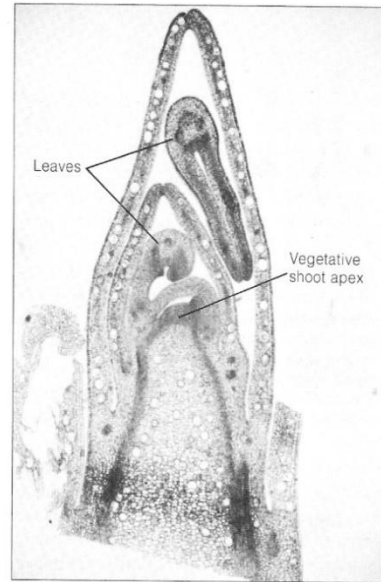
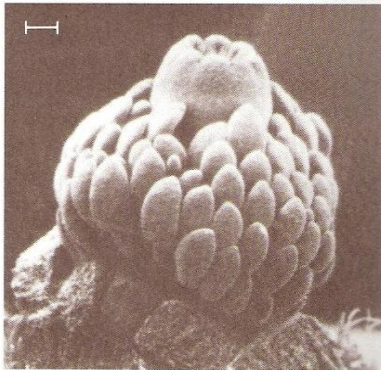
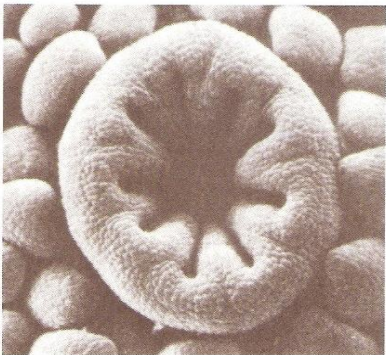
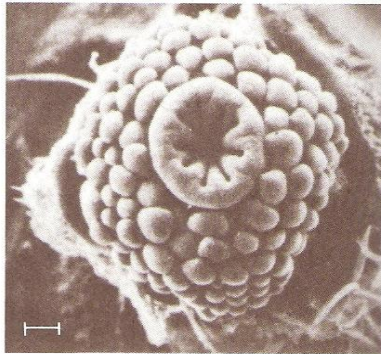
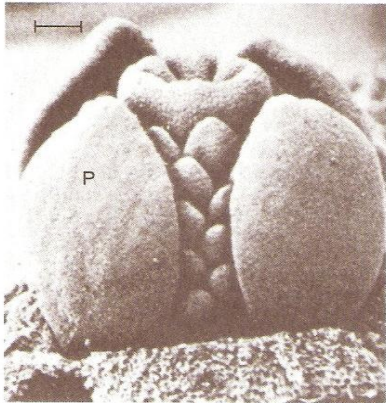
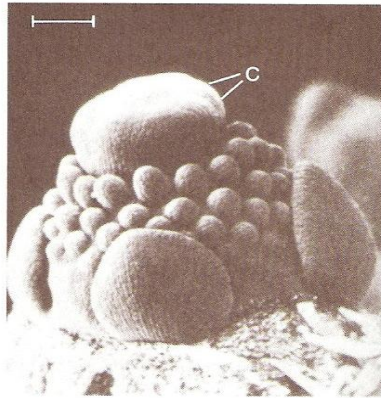
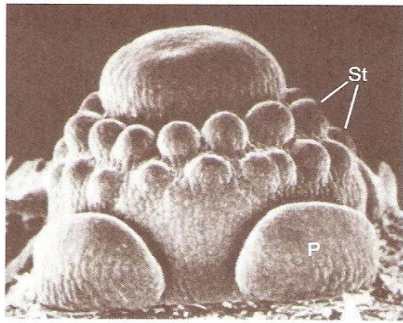
Reproduksi seksual dimulai dengan pembentukan bunga

Inisiasi pembungaan:

Transisi dari meristem vegetatif (memproduksi primordia daun) apikal reproduktif (primordia bunga) yang akan berkembang menjadi bunga

Perubahan ini terjadi beberapa hari, minggu atau bulan sebelum munculnya kuncup bunga

INISIASI PEMBUNGAAN



Jenis tanaman	Periode (bln)
<i>Artocarpus/nangka</i>	1-2
<i>Durio/durian</i>	1-2
<i>Elaeis/kelapa sawit</i>	33-34
<i>Mangifera/mangga</i>	1
<i>Citrus/jeruk</i>	3
<i>Lychi/leci</i>	1-2
<i>Macadamia/makadamia</i>	4-5
<i>Persea/alpukad</i>	5
<i>Phoenix/palem</i>	5
<i>Acacia/akasia</i>	4-9
<i>Diospyros/kayu hitam</i>	9
<i>Eucalyptus/eukaliptus</i>	10-28
<i>Ficus/fig/ara</i>	2-8
<i>Olea/olive/zaitun</i>	2
<i>Pistacia/pistasio</i>	12
<i>Prunus/almond</i>	6-10

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INISIASI PEMBUNGAAN

1. Suhu

Suhu rendah/vernalisasi: tulip, Amaryllis, gladiol

Beberapa tanaman: suhu rendah (malam hari) diselingi dengan periode suhu lebih tinggi disebut termoperiodisme

2. Panjang hari

Fenomena pengaruh panjang hari terhadap proses inisiasi pembungaan disebut fotoperiodisme

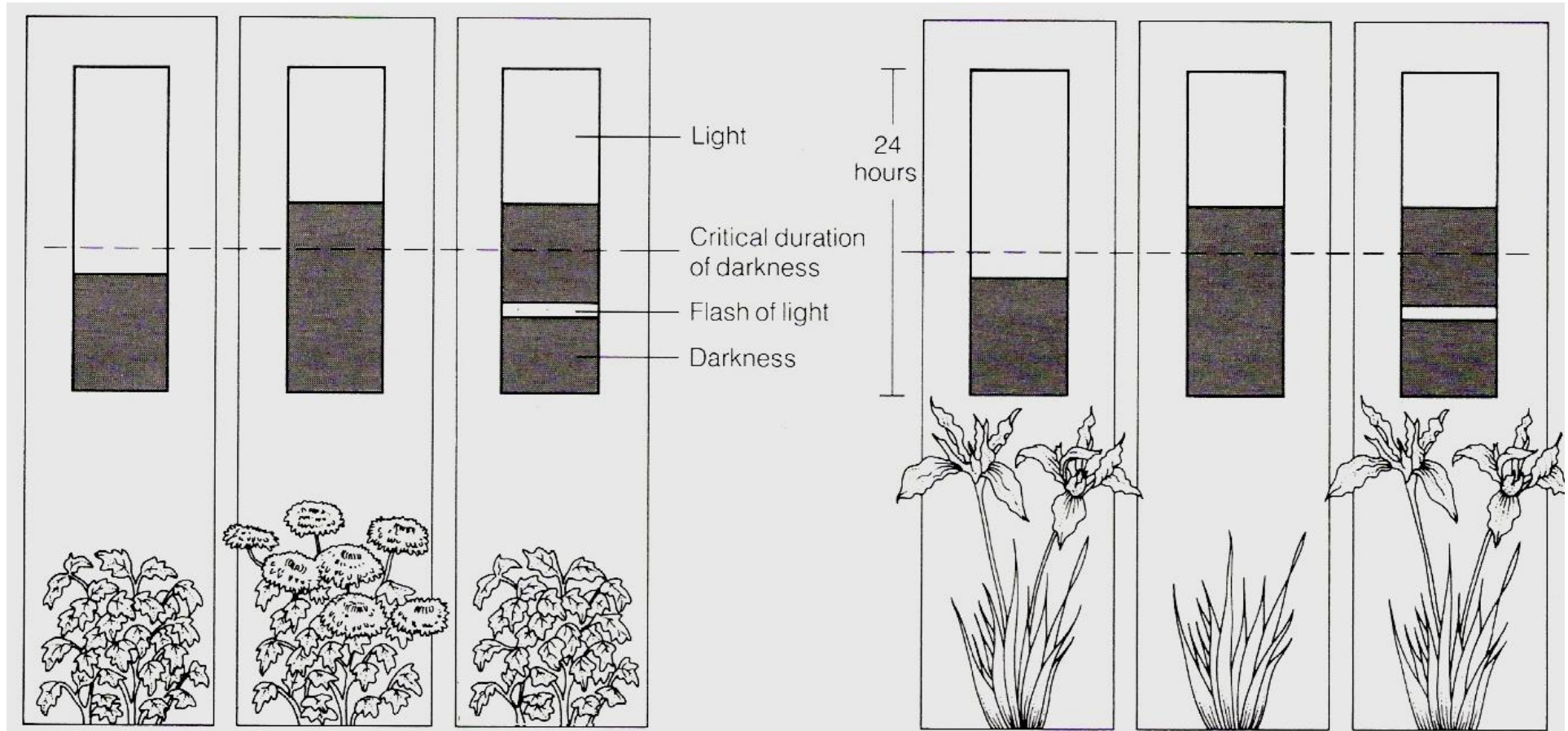
Tanaman hari pendek: chrysant, sorghum, poinsettia, strawberry

Tanaman hari panjang: hollyhock, bit, radish, hibiscus

Tanaman intermediate: jagung, kedelai, kacang merah, rumput

Tanaman netral: tomat, tembakau, anyelir, zinnia, dandelion

Fotoperiodisme pada tanaman



Tanaman hari pendek

Tanaman hari panjang

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INISIASI PEMBUNGAAN

3. Senyawa kimia

Beberapa senyawa yang dapat menginduksi pembungaan

a.l.: auksin, giberelin, sitokinin, etilen

4. Status nutrisi

C/N rasio berperan dalam induksi pembungaan

Diosius: C/N rendah, meningkatkan bunga betina

Tomat: defisiensi karbohidrat dapat menyebabkan degenerasi mikrospora sehingga polen menjadi steril

Amonium (angiospermae), nitrat (gymnospermae)

PROSES REPRODUKSI TANAMAN

Organ reproduktif seksual: bunga

Bagian-bagian bunga:

Sepal (kelopak) dan petal (mahkota): bagian steril

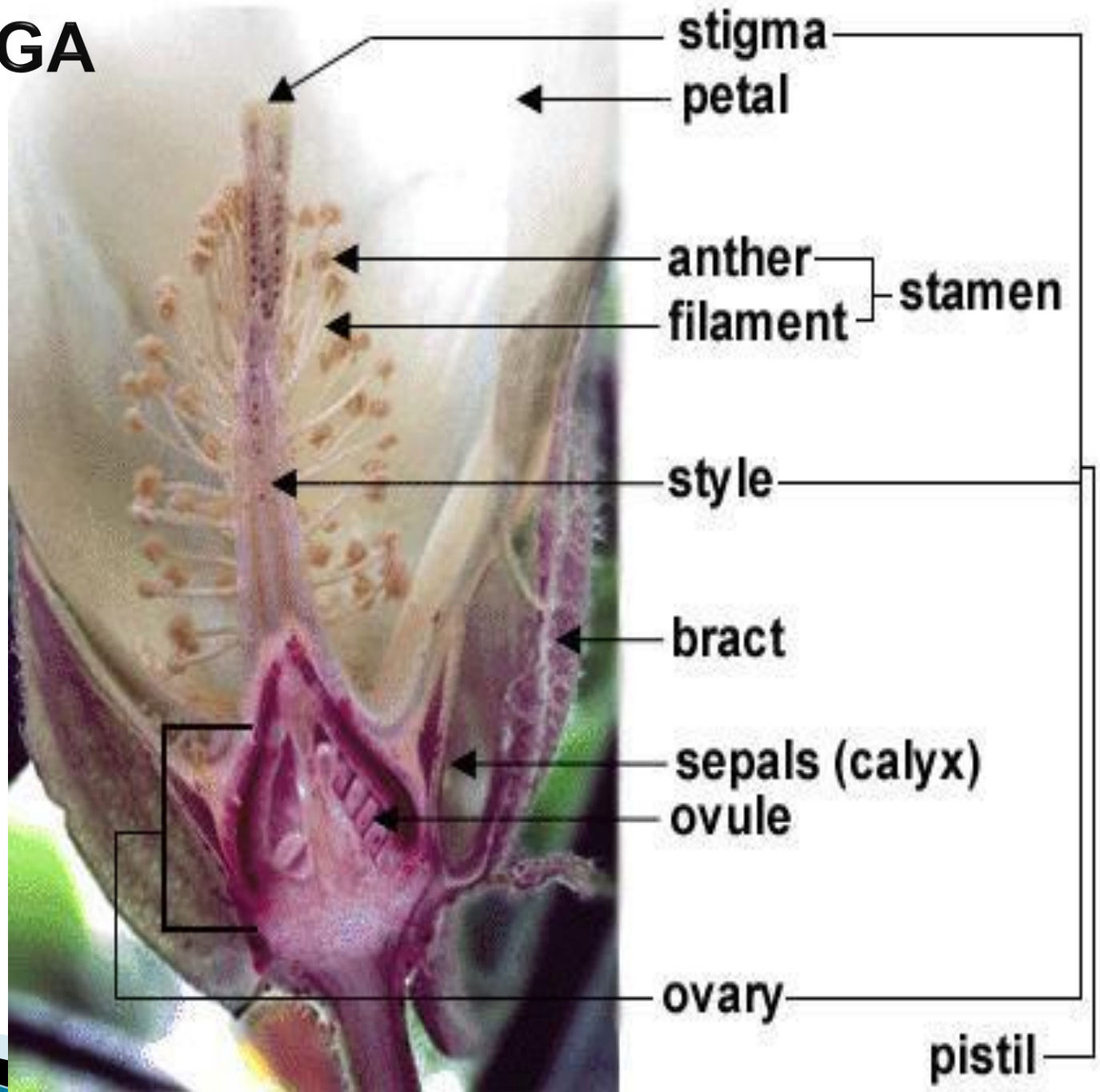
Stamen dan pistil: bagian fertil

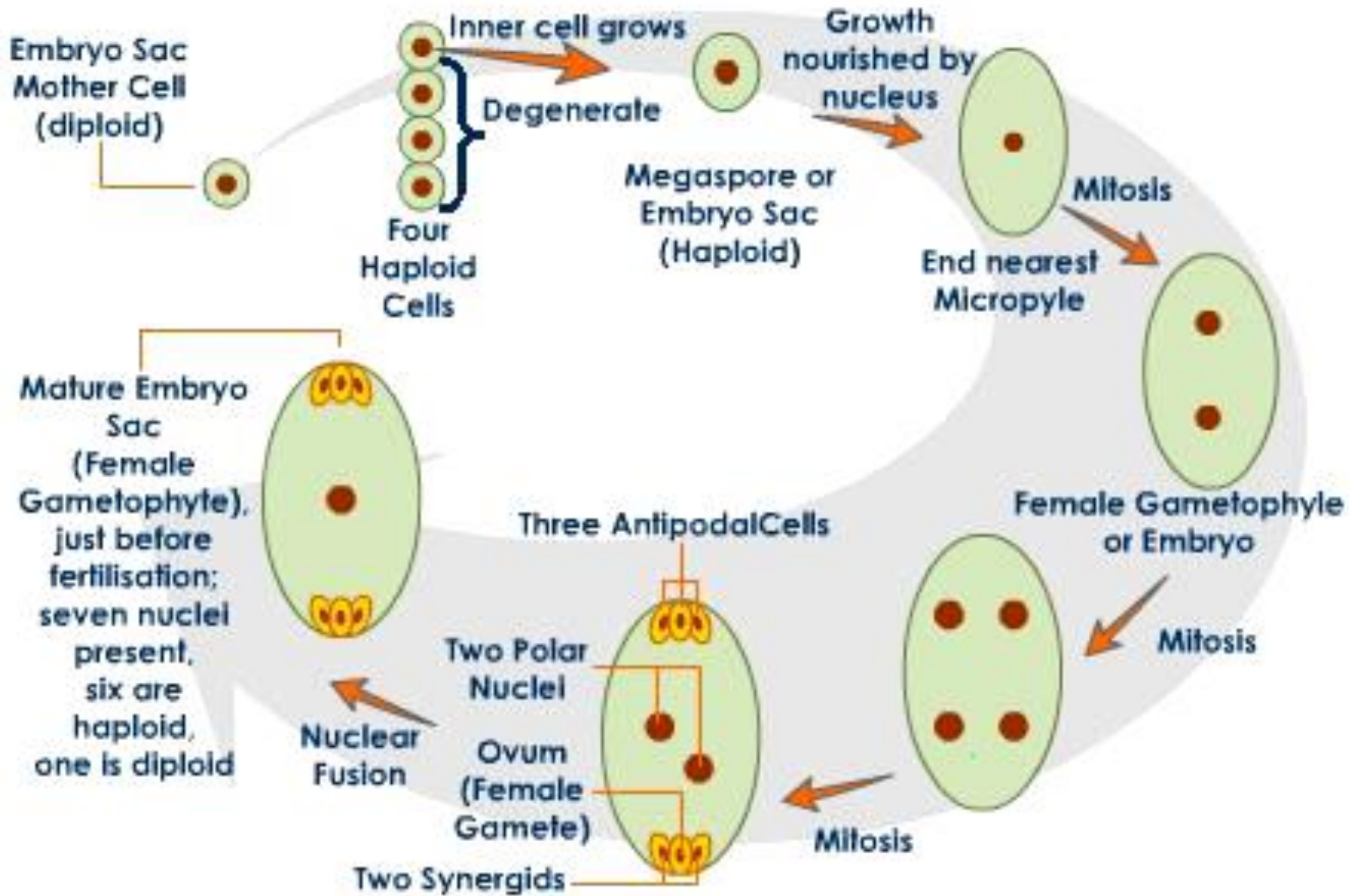
Jenis bunga:

Kelengkapan asesori: lengkap vs tidak lengkap

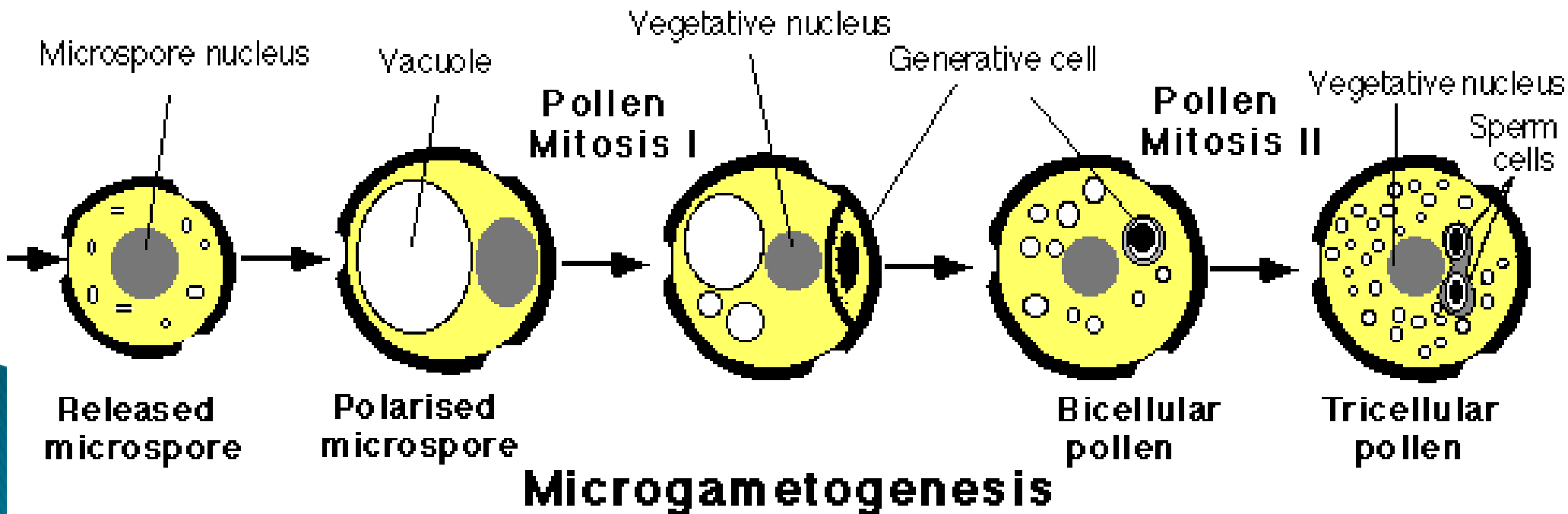
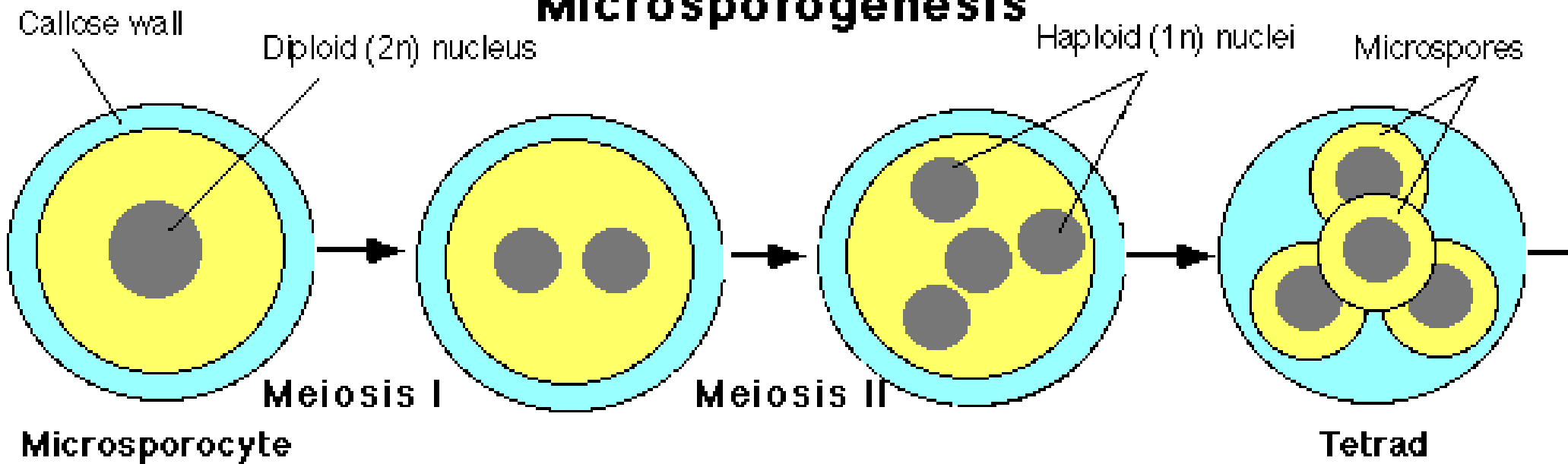
Kelengkapan organ: sempurna/hermaprodit vs tidak sempurna (staminate/jantan, pistilate/betina)

BAGIAN² BUNGA



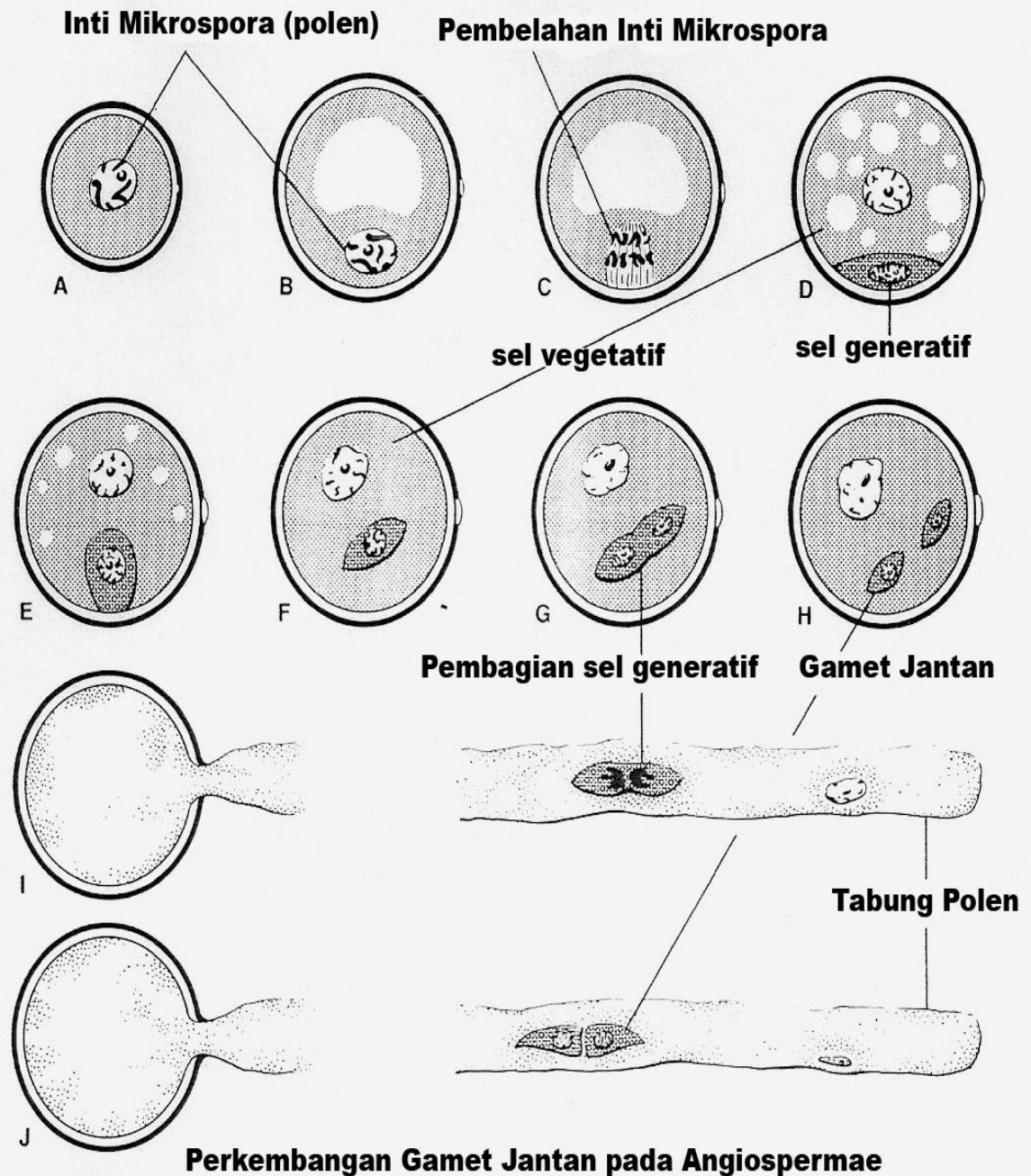


Microsporogenesis

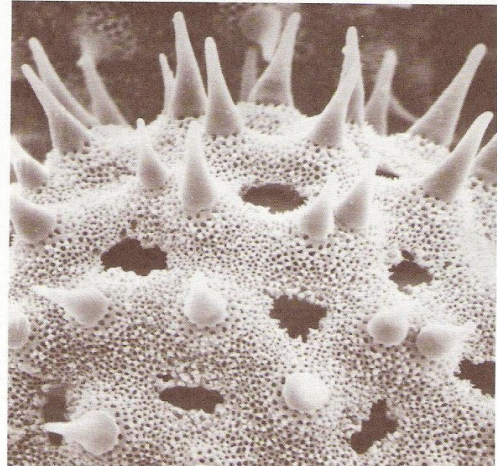
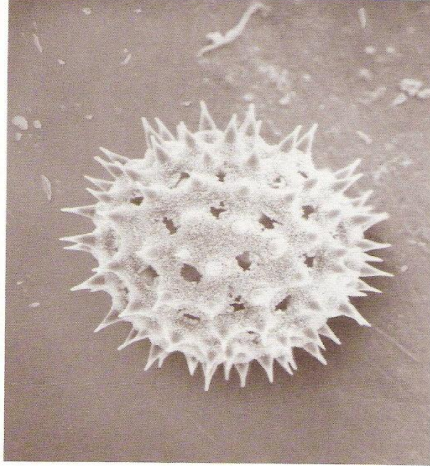
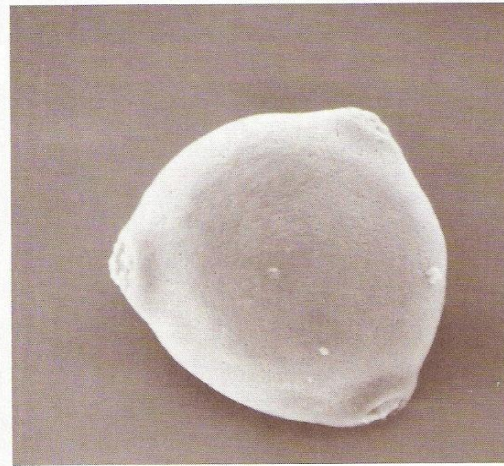
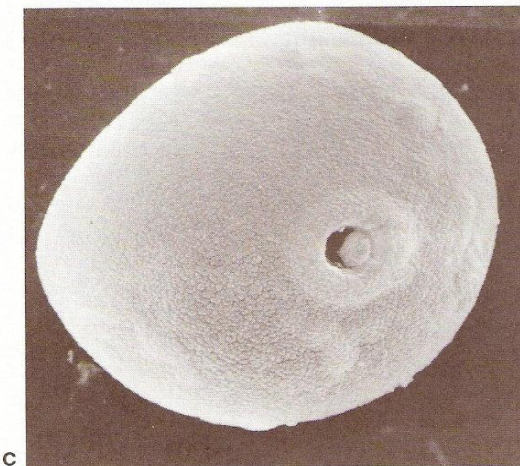
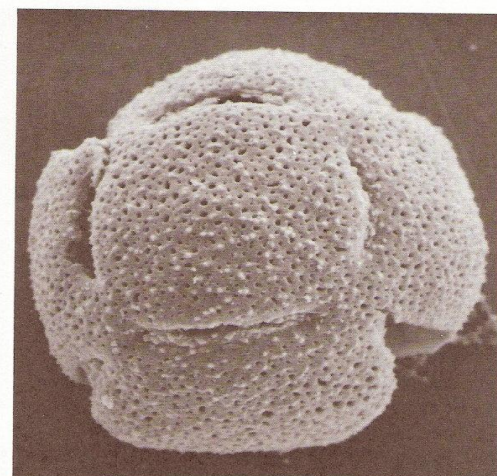
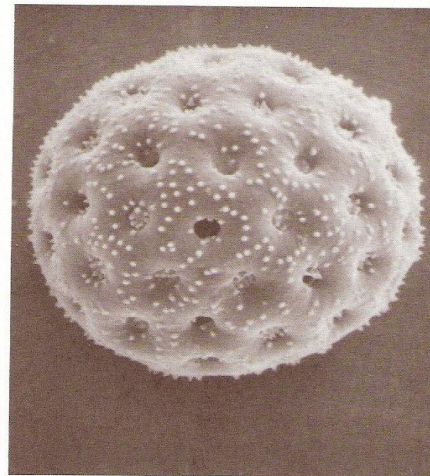
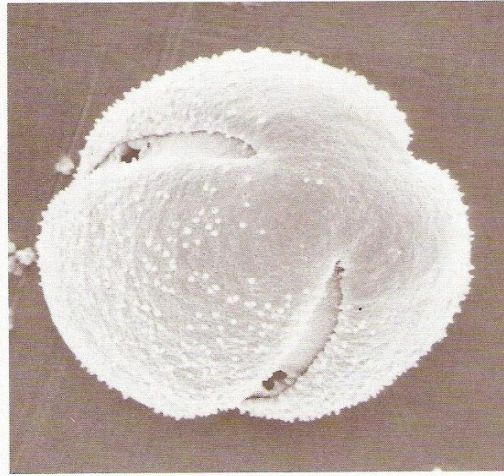
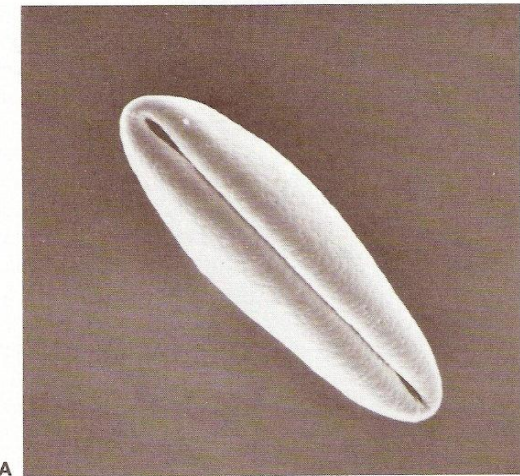


Dua tipe serbuk sari:

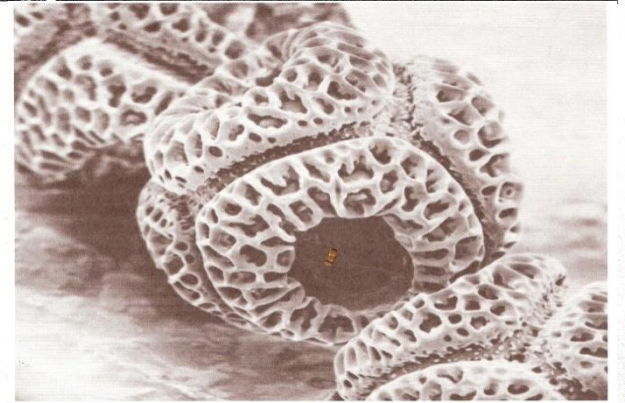
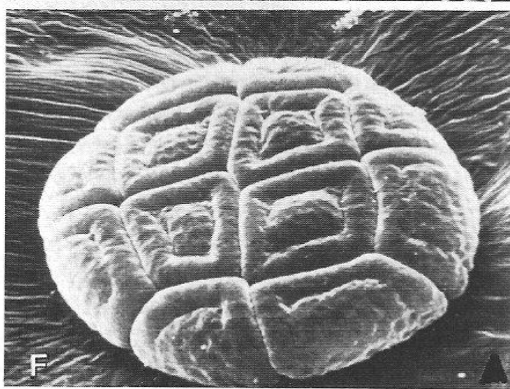
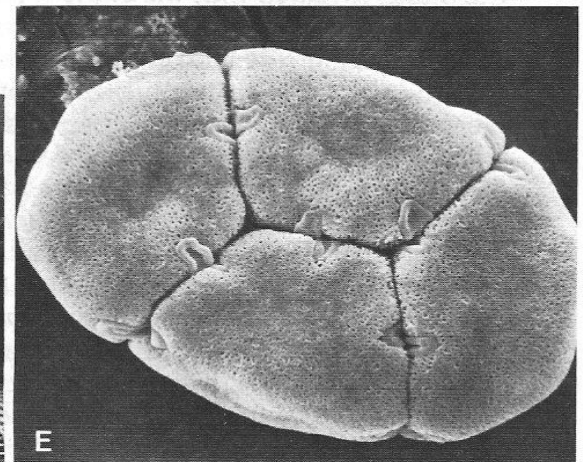
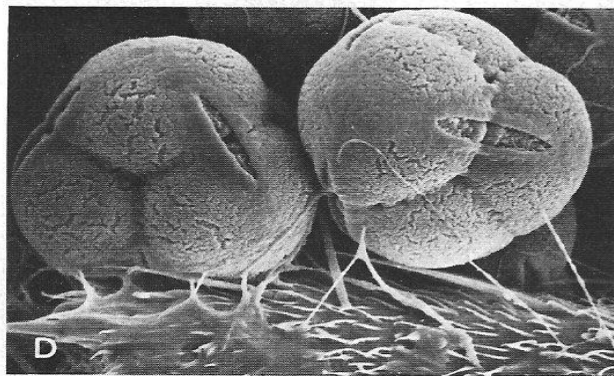
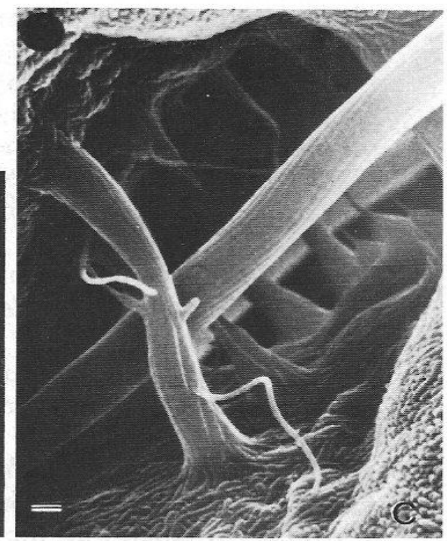
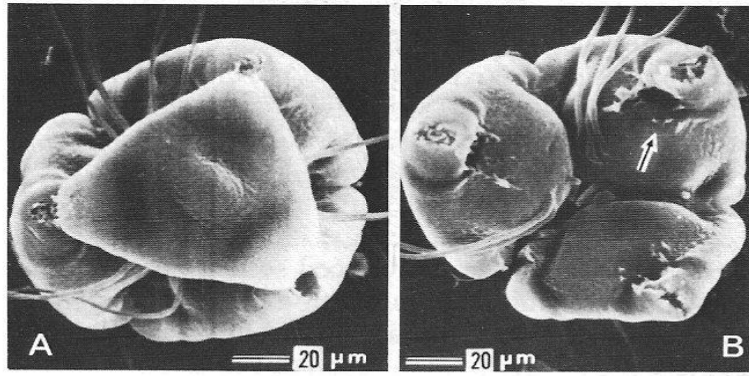
- Bi-seluler: sel vegetatif dan generatif, lebih tahan disimpan dan tidak mudah berkecambah
- Tri-seluler : sel vegetatif dan 2 sel sperma, mudah berkecambah dan tidak tahan simpan



PORI-PORI POLEN



POLIAD



PENGELOLAAN POLEN

Diterapkan pada:

1. Monosius: kelapa sawit, kurma
2. Hermafrodit: produksi benih hibrida
3. Sayuran: Solanaceae dan Cucurbitaceae ~ periode viabilitas pendek

Tujuan:

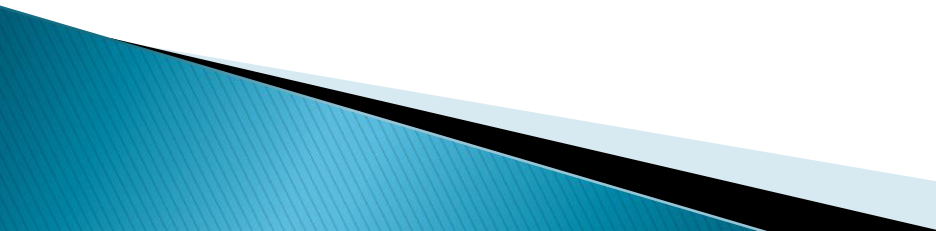
1. Mengamankan plasma nutfah
2. Menjamin ketersediaan serbuk sari
3. Efisiensi penggunaan lahan petani penangkar
4. Mempertahankan viabilitas serbuk sari sampai jangka waktu tertentu

Apa pengelolaan polen itu?

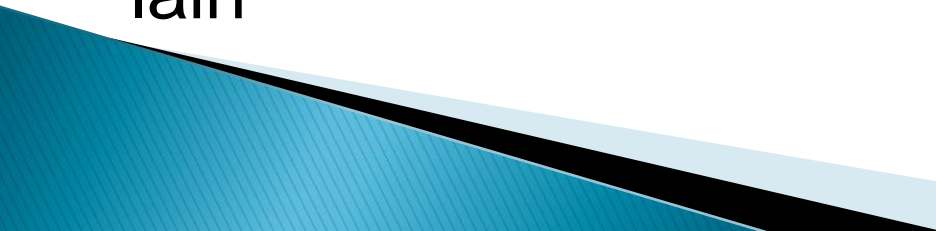
Metode pengelolaan polen yang tepat:

1. Pemanenan
 2. Pengolahan
 3. Penyimpanan
 4. Pengujian viabilitas
- memperoleh dan mempertahankan viabilitas tetap tinggi

Pengelolaan polen

- ▶ Panen: bunga sebelum antesis lebih baik (produksi, viabilitas dan kemurnian polen tinggi)
 - ▶ Pengolahan: anthera dipisahkan dari bunga dan dikeringkan selama 24 jam dalam ruang ber-AC suhu 18°C, ekstraksi polen dan dikeringkan dengan MgCl₂ selama 24 jam, polen siap disimpan
 - ▶ Penyimpanan suhu rendah memperpanjang daya simpan
 - ▶ Pengujian: pengecambahan atau dengan pewarnaan
- 

PENYERBUKAN

- 1. Penyerbukan:** menempelnya polen ke kepala putik (stigma)
 - 2. Keberhasilan penyerbukan:** polen viabel, stigma reseptif, dan keduanya dari spesies yang sama
 - 3. Tipe penyerbukan:**
 - Penyerbukan sendiri: bila polen berasal dari bunga yang sama atau bunga lain pada tanaman yang sama
 - Penyerbukan silang: bila bunga berasal dari tanaman lain
- 

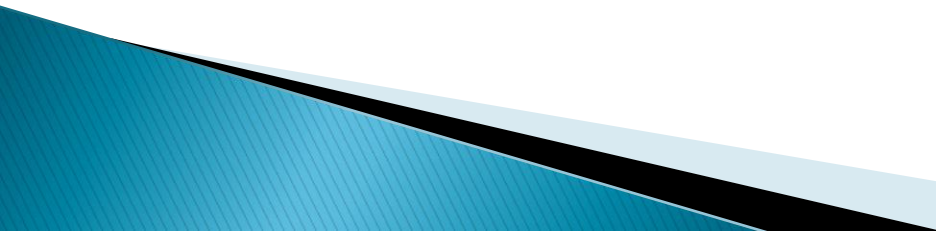
Vektor Polen

- ❑ Proses penyerbukan hampir selalu memerlukan vektor polen, kecuali pada tanaman partenokarpik dan autogamus
 - Abiotik: angin (anemophily), air (hydrophily)
 - Biotik: serangga (entomophily), burung (ornithophily), mamalia (therophily)
 - Angin dan serangga: paling banyak
- ❑ Belahan bumi utara: angin dan serangga
- ❑ Daerah tropis, sub-tropis dan belahan bumi selatan: angin, serangga, burung dan mamalia

Ciri-ciri tanaman yang diserbuk angin

- Monoecious atau dioecious
- Produksi polen banyak (polen/ovul >>)
- Polen kecil, kering, polen tunggal atau poliad (kelompok) kecil, mempunyai struktur tambahan yang mempermudah dibawa angin (kantong udara)
- Struktur tanaman (bunga jantan diujung, mis jagung) dan malai (mudah digerakkan angin) mempermudah polen dibawa angin
- Permukaan stigma memungkinkan pengumpulan polen secara maksimal (berbulu atau berambut)

Ciri-ciri tanaman yang diserbuk hewan





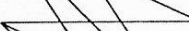
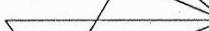
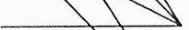








- ▶ Tanaman mempunyai penarik/*reward*: primer (nektar, polen, minyak, perlindungan atau tempat berkembang biak) dan sekunder (warna kelopak, aroma dll)
 - ▶ Antesis bersamaan dengan produksi penarik primer dan periode aktivitas polinator
 - ▶ Struktur polen lengket dan tidak rata sehingga mudah menempel pada tubuh hewan
- 

Adaptasi struktur pollen

Cara penyerbukan	Bentuk pollen	Dinding polen	Permukaan polen	Dispersal (km)
Dibantu hewan	Lonjong <300µm atau agregat	Tebal, bervariasi spt ornamen	Tebal, berminyak, lengket	0.1-5
Dibantu angin	Lonjong >50µm aerodinamis	Tipis, 2 lapisan	Tipis, mudah menempel	99% <1 km 1% <13 hr di udara
Dibantu air	Memanjang <5µm lonjong berambut	Tipis, 1 lapisan	Ramping bila terendam	

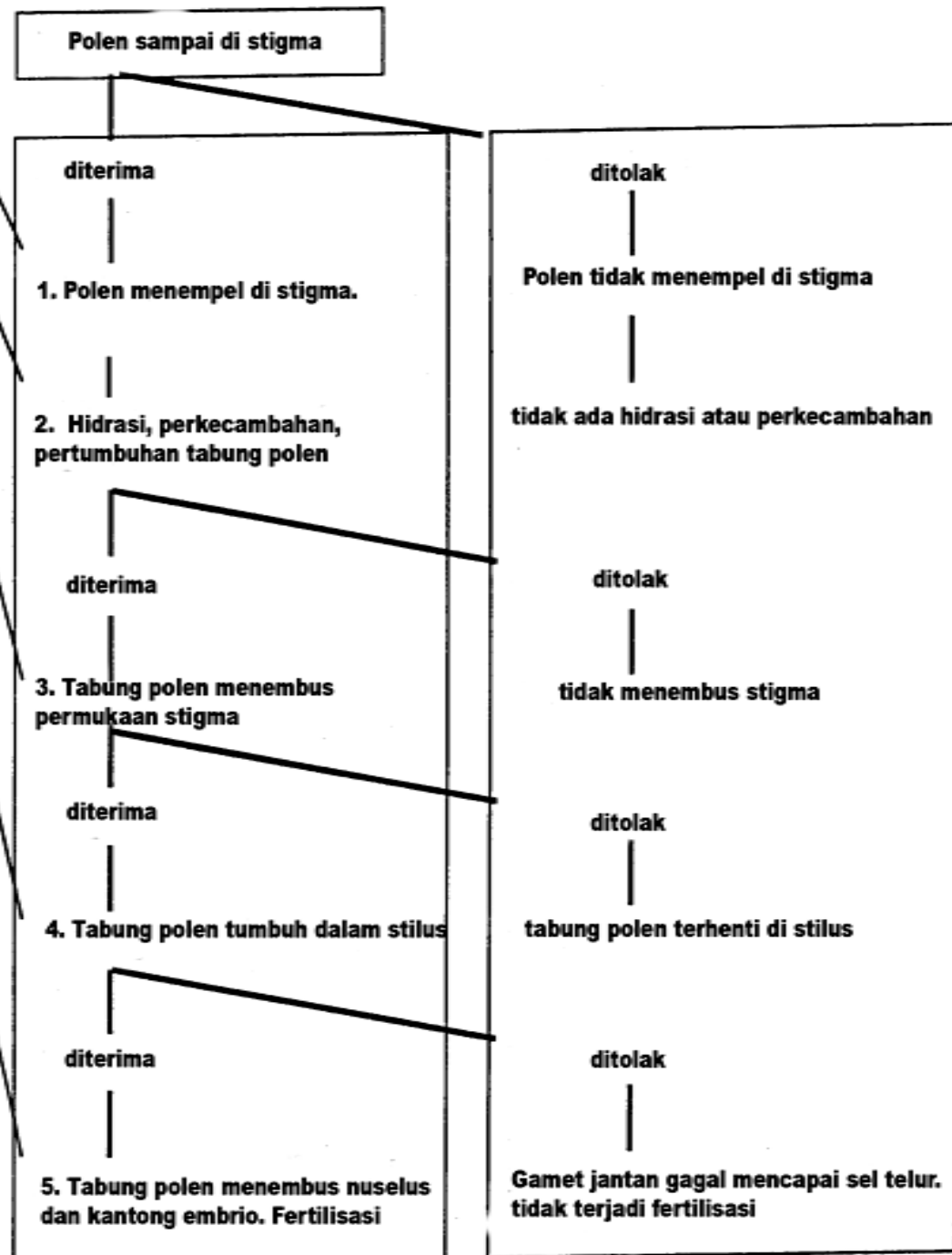
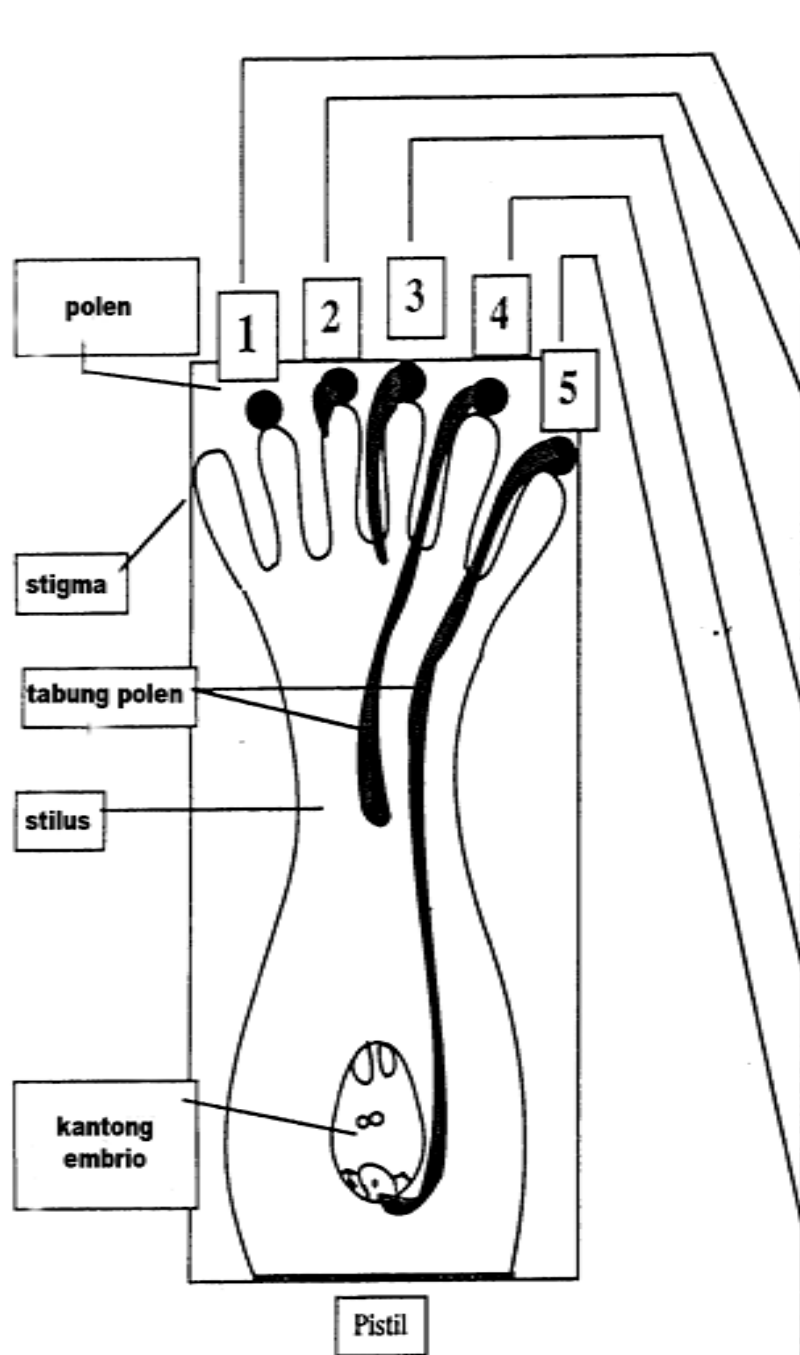
Hubungan bentuk dan warna hiasan bunga dengan penyerbuk

Tabel 2. Hubungan harmonis antara polinator dengan bentuk dan warna perianth (disederhanakan dari Faegri dan van der Pijl, 1979)

Struktur bunga mekar		Kelompok polinator		Warna yang disukai (spektrum visual manusia, HVS)
Piring/mangkuk		Kumbang		Kecoklatan
Bel		Lalat		Putih atau Krem
<i>Gullet</i> (panjang)		<i>Syrphids</i>		
Berbendera		Lebah		Kuning
		Kelelawar		
Trompet		<i>Moths</i> (ngengat)		Biru atau ungu
<i>Brush</i> (sikat)		Kupu-kupu		Jingga atau merah
Tabung		Burung		Hijau

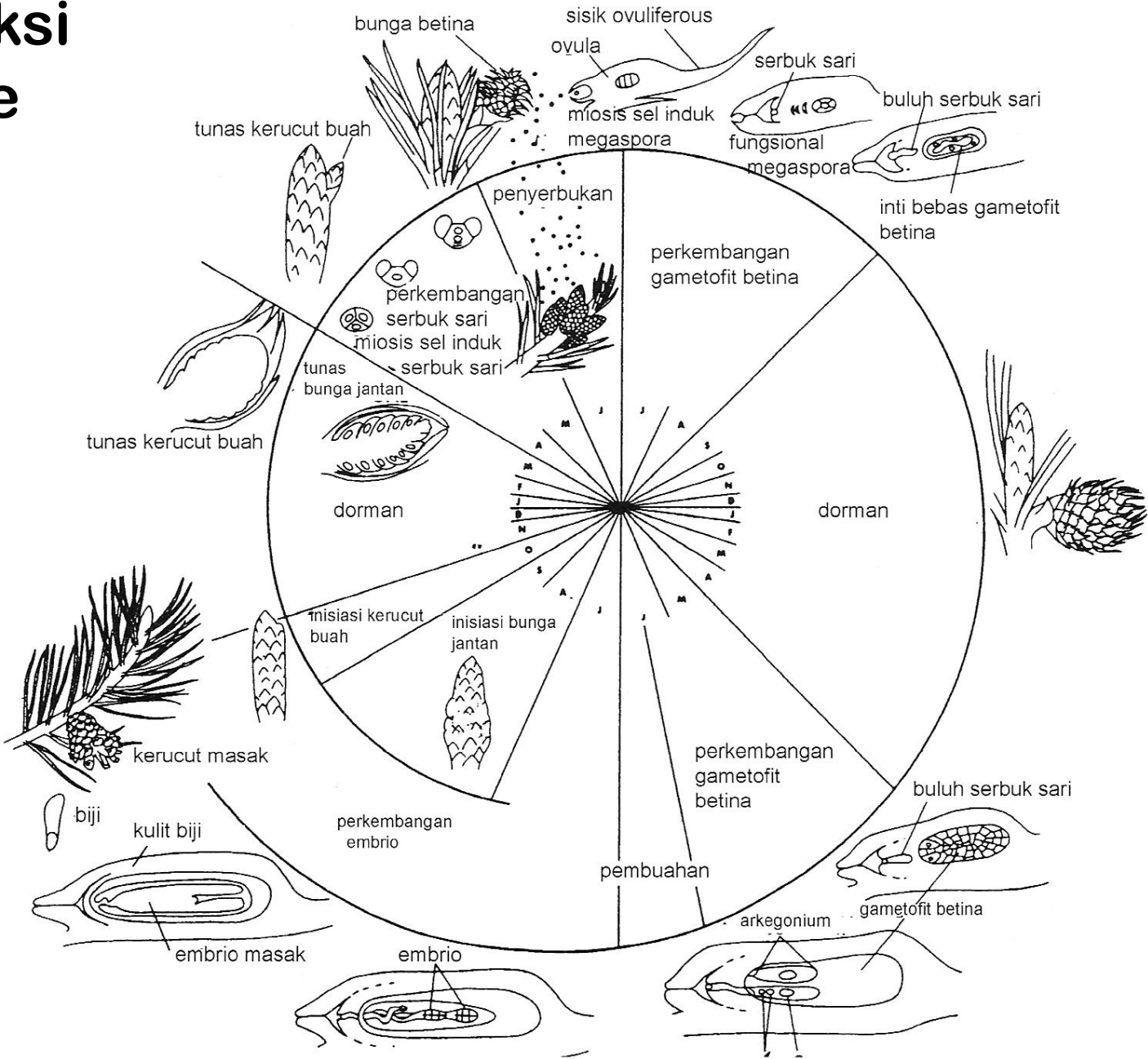
Keterangan: diambil dari Richards, A.J. 1986. Plant Breeding Systems. Chapman Hall.

Penyerbukan dan Fertilisasi



- **Fertilisasi**
 - **Pembentukan dan pemasakan biji**
- 

Siklus reproduksi gymnospermae

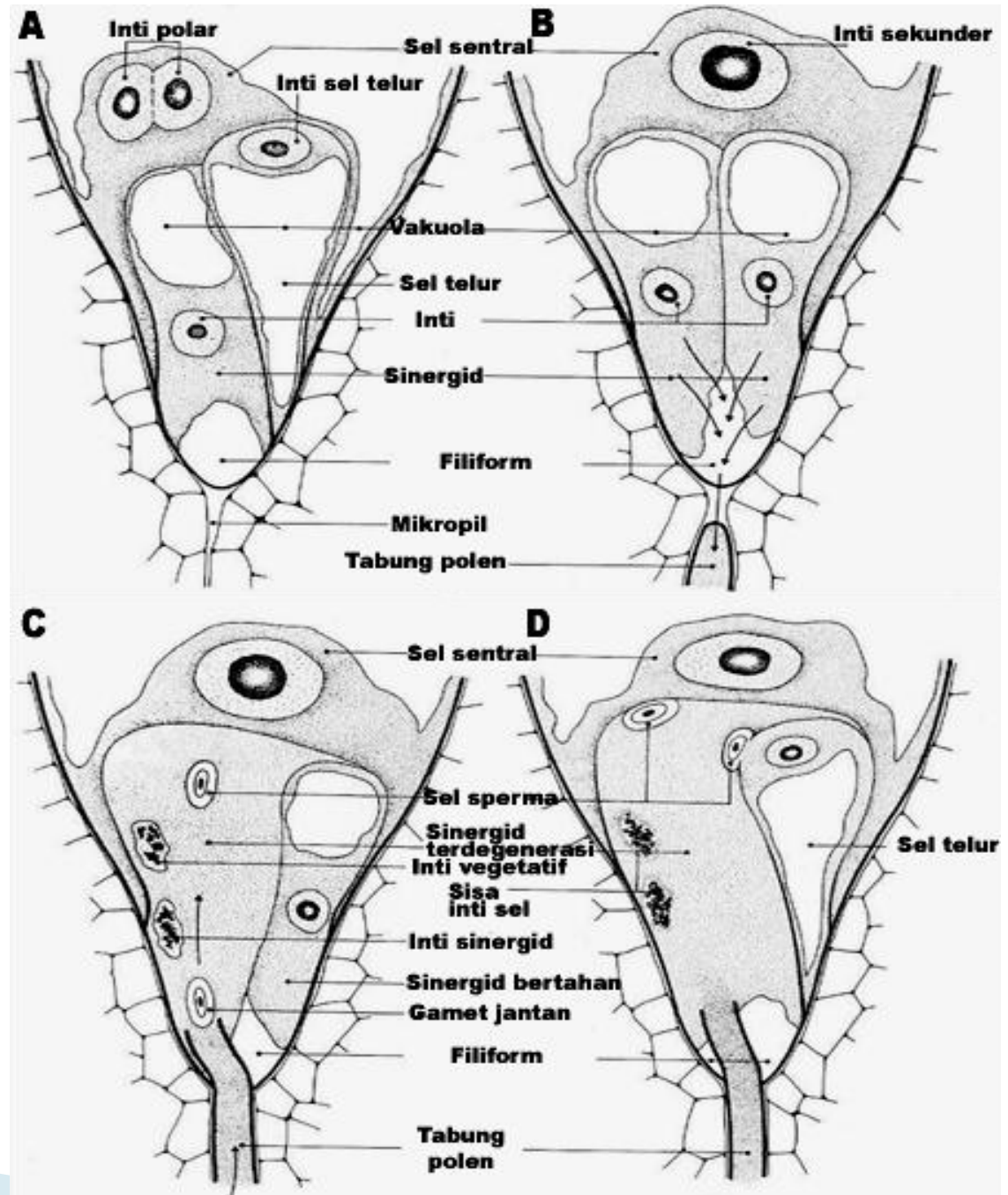


FERTILISASI GANDA (Angiosperma)

FERTILISASI GANDA

1 sperma + 1 sel telur:
zigot (2N)

1 sperma + 2 intipolar:
endosperma ($\geq 3N$)



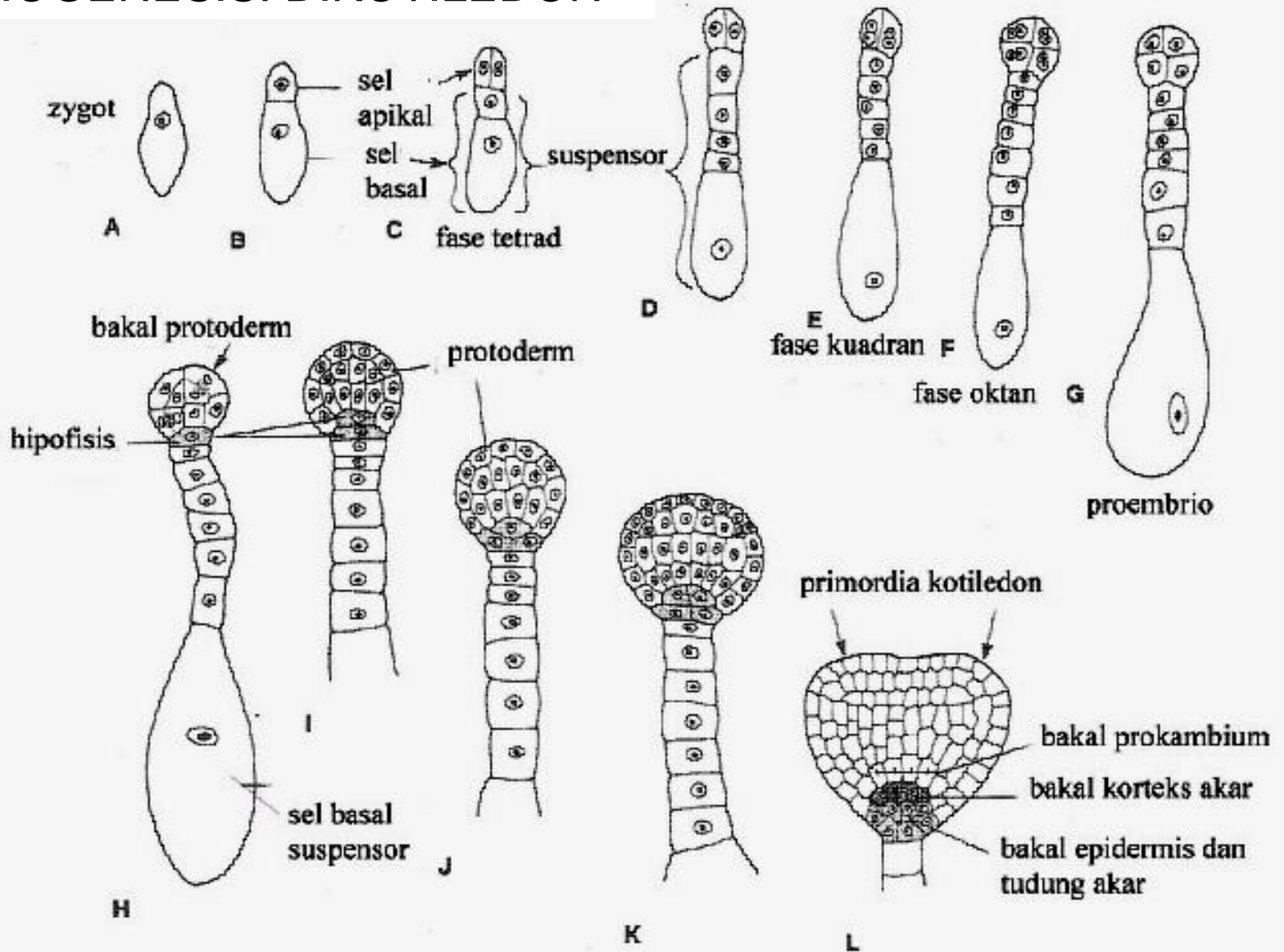
ENDOSPERMA

Berdasarkan pembelahan inti dan pembentukan dinding sel, endosperma dikelompokkan menjadi :

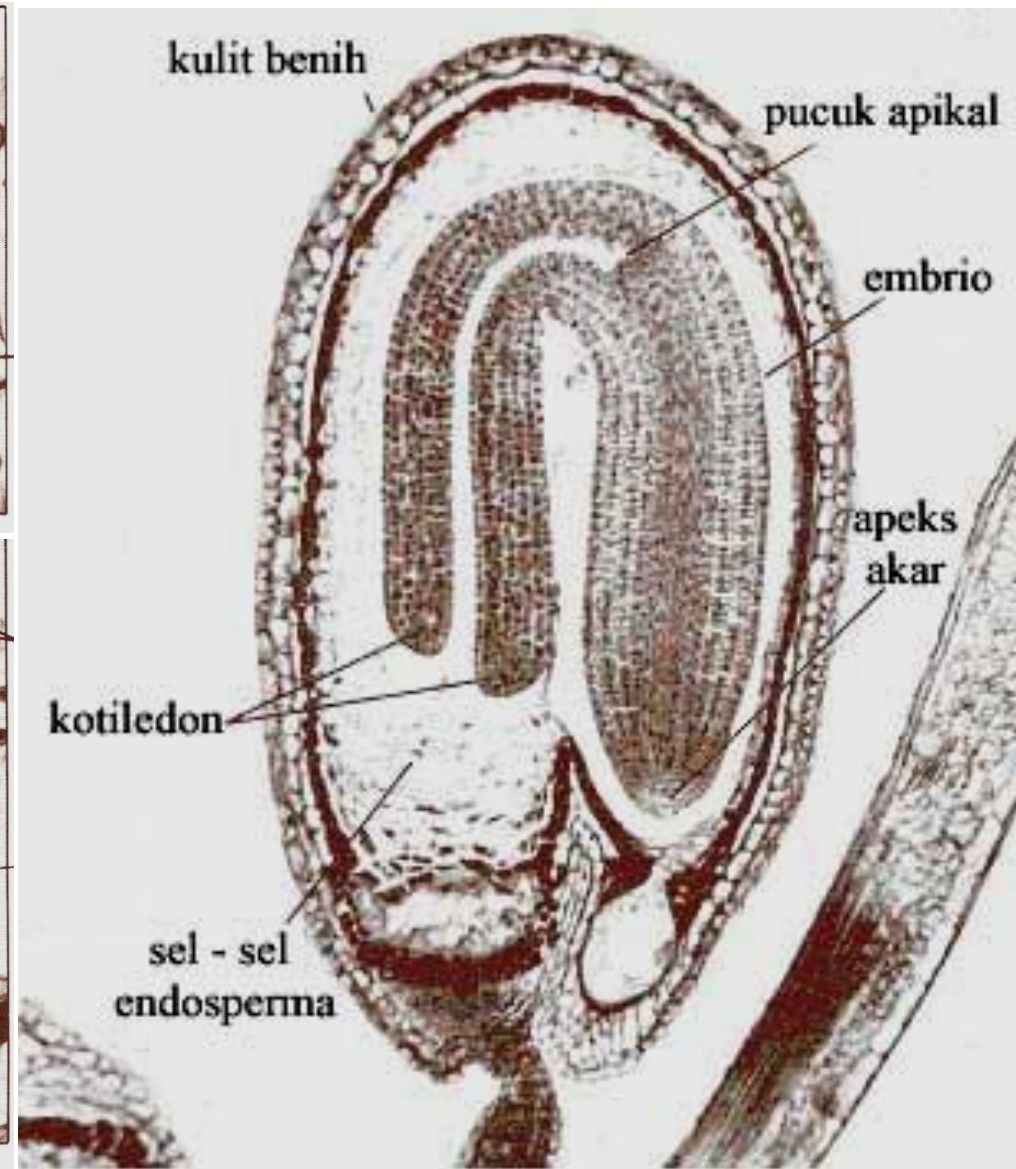
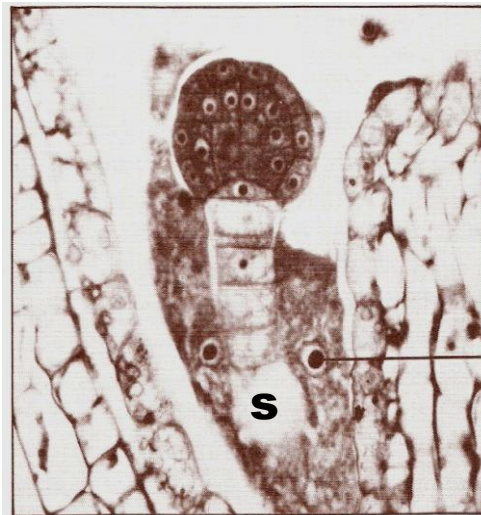
- Endosperm nuklear (inti): pembelahan inti sel tidak diikuti dengan pembentukan dinding sel (mis. *Arecaceae*, *Leguminosae*)
- Endosperm seluler: pembelahan inti diikuti dengan pembentukan dinding sel (Mis. *Jati*, *Acacia*)
- Endosperm helobial: sel sentral membelah menjadi 2 sel, bagian mikropil yang berkembang (pada monokotiledon)

Fungsi: menyediakan nutrisi selama perkembangan embrio

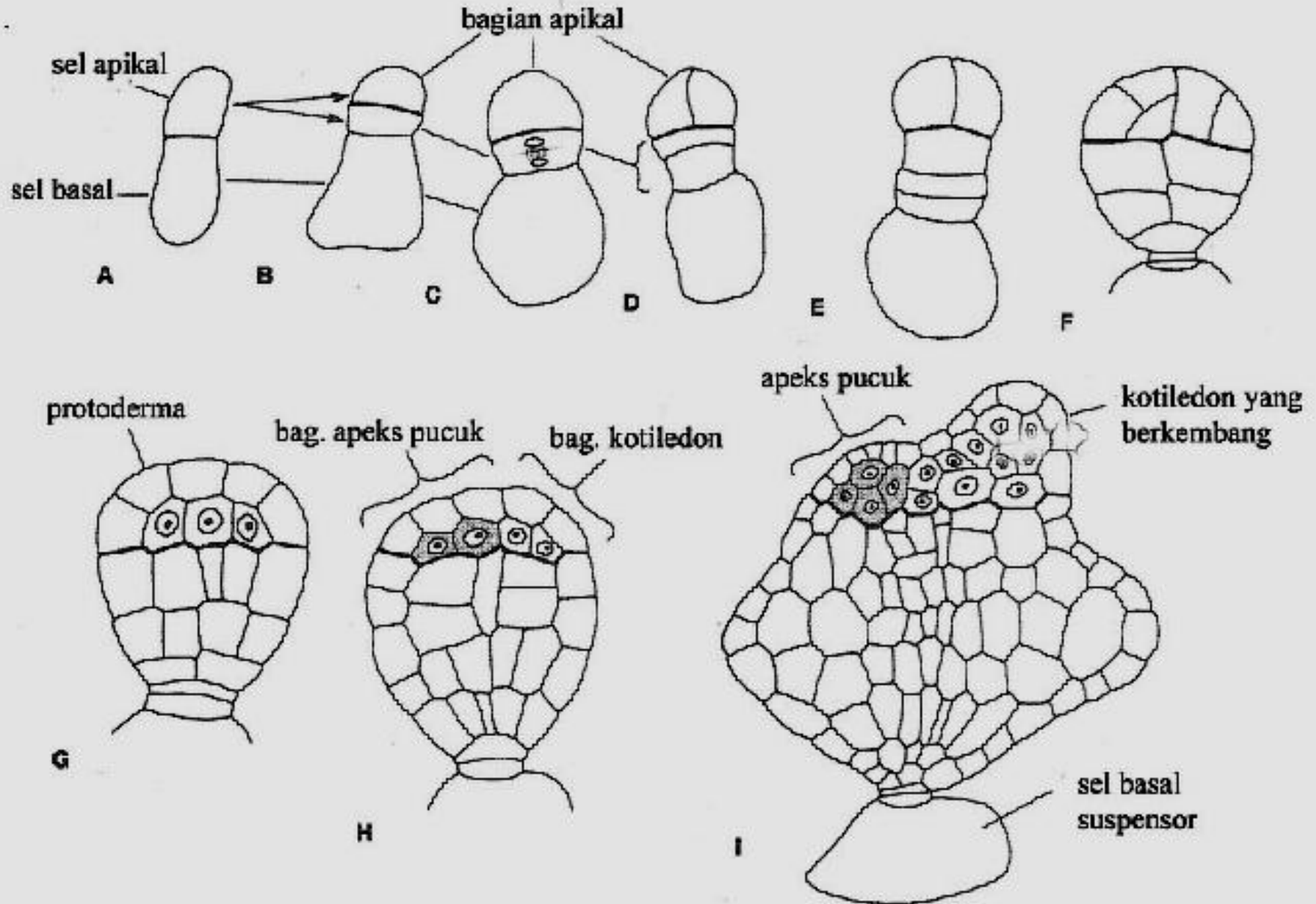
EMBRIOGENESIS: DIKOTILEDON



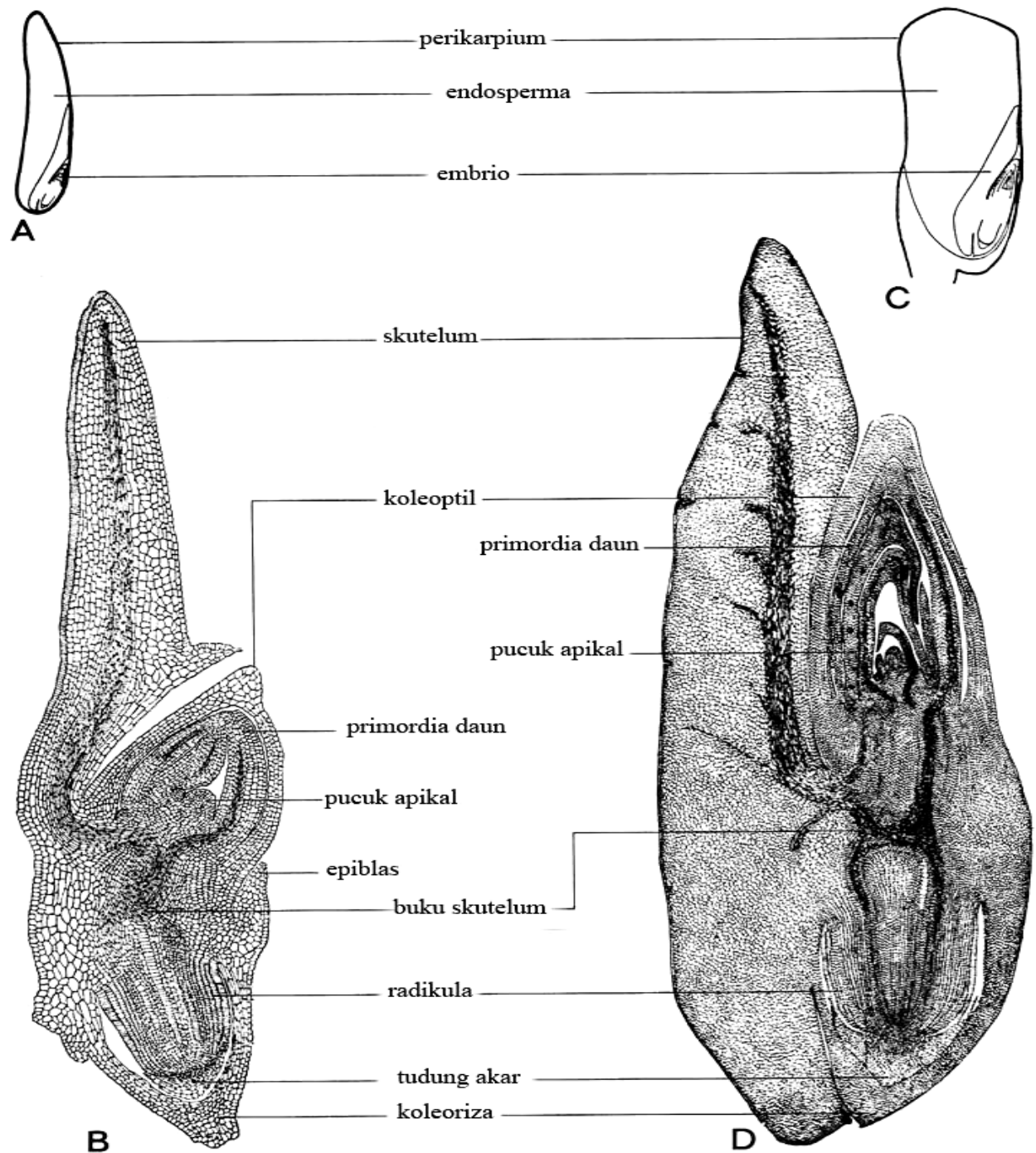
Embriogenesis *Capsella bursapastoris* (DIKOTILEDON)



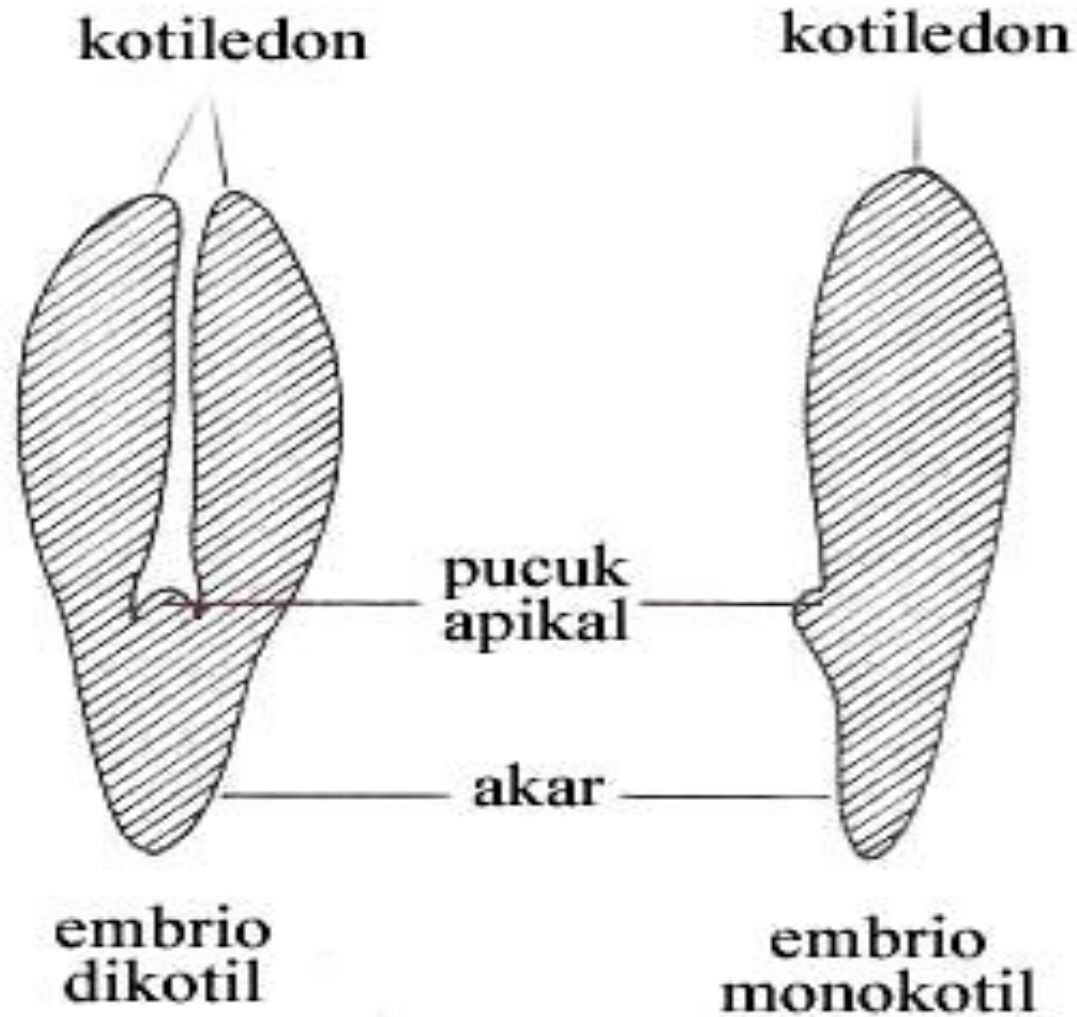
EMBRIOGENESIS: MONOKOTILEDON



EMBRIO GANDUM DAN JAGUNG (MONOKOTILEDON)

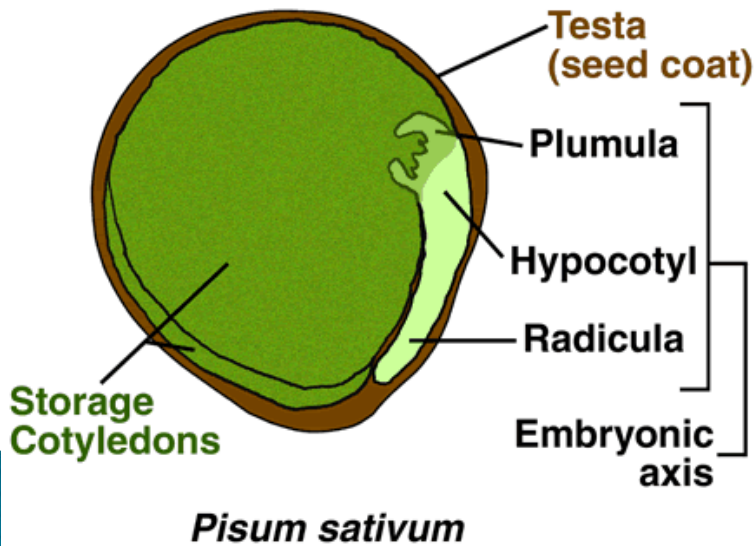


Struktur embrio dikotiledon dan monokotiledon



Non-endospermik vs endospermik

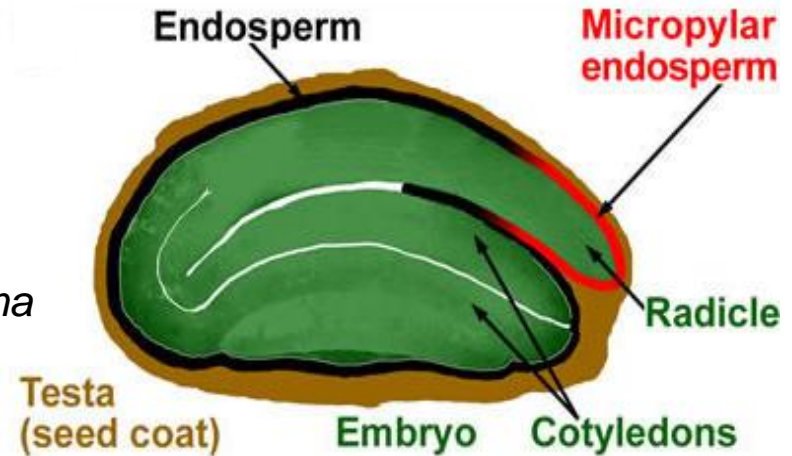
Benih non-endospermik:
benih yang tidak mempunyai
endosperma (mis.
Leguminosae dan
Cucurbitaceae)



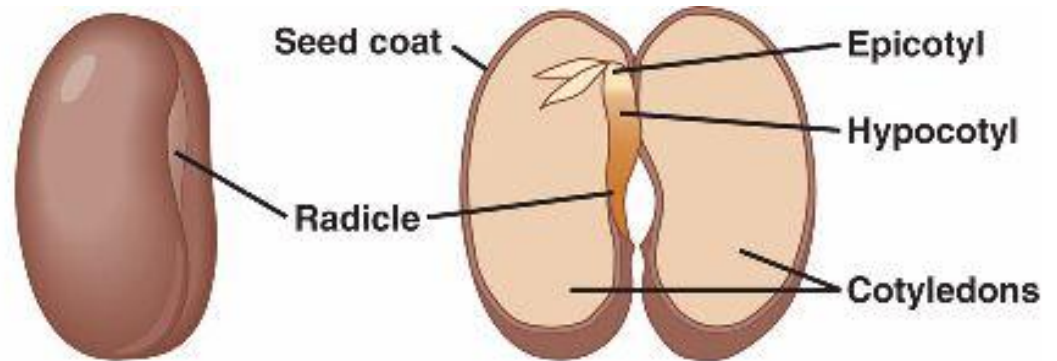
Arabidopsis thaliana

Brassica napus

Sinapis alba



Lepidium sativum

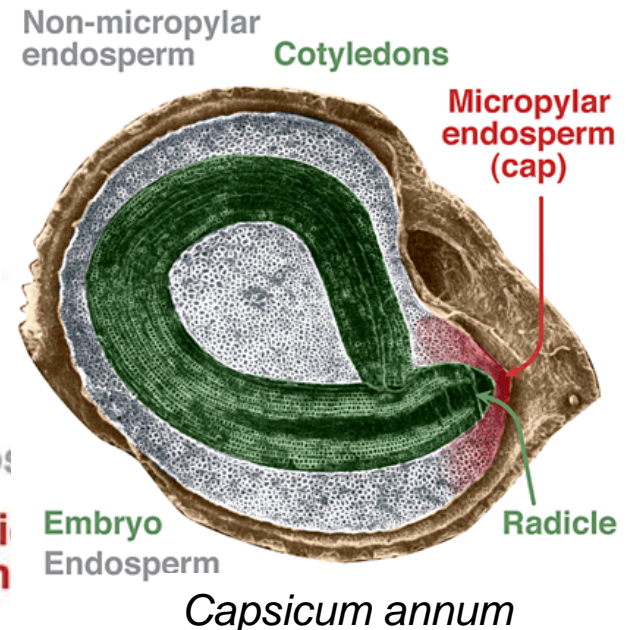
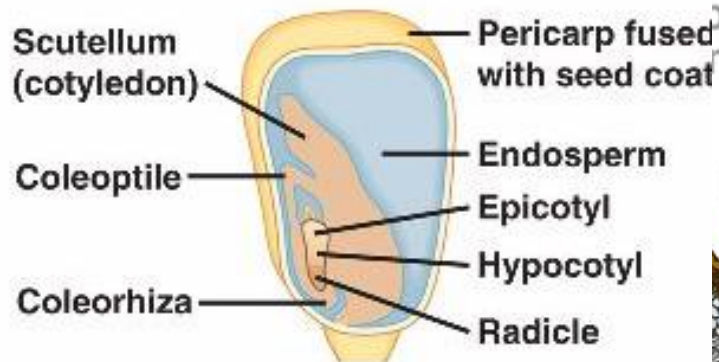


(a) Common garden bean, a eudicot with thick cotyledons

Benih endospermik: benih yang mempunyai endosperma (mis. familia Poaceae dan Euphorbiaceae)



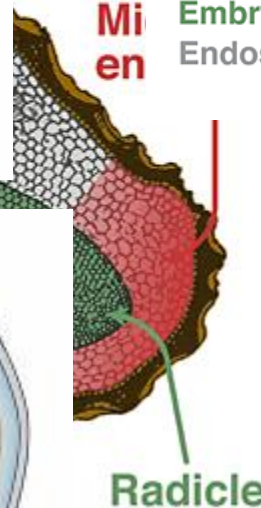
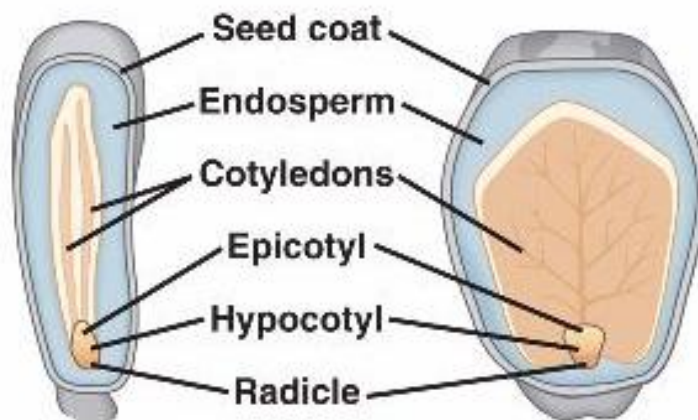
Maize, a monocot



Capsicum annum



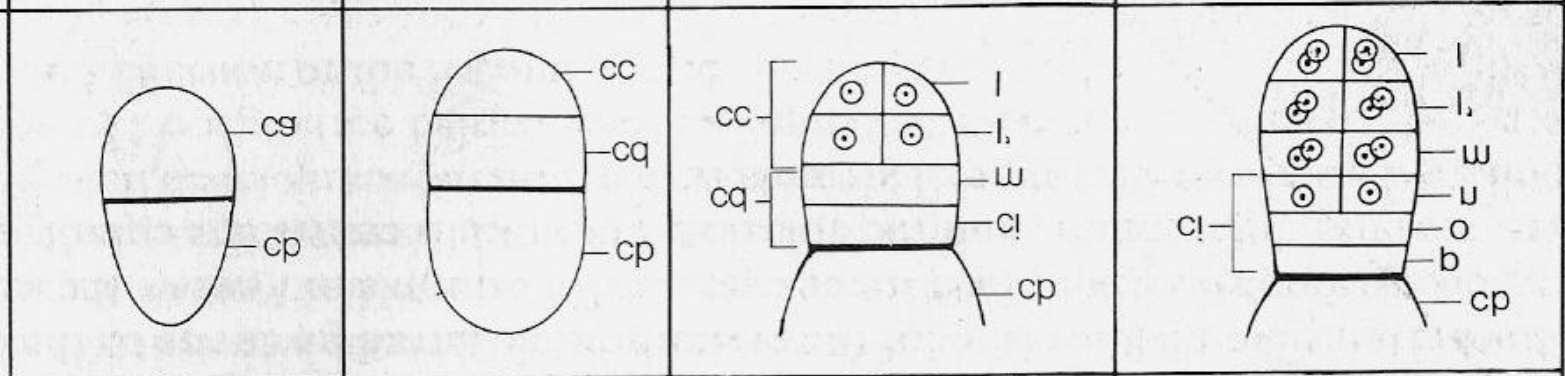
Castor bean, a eudicot with thin cotyledons



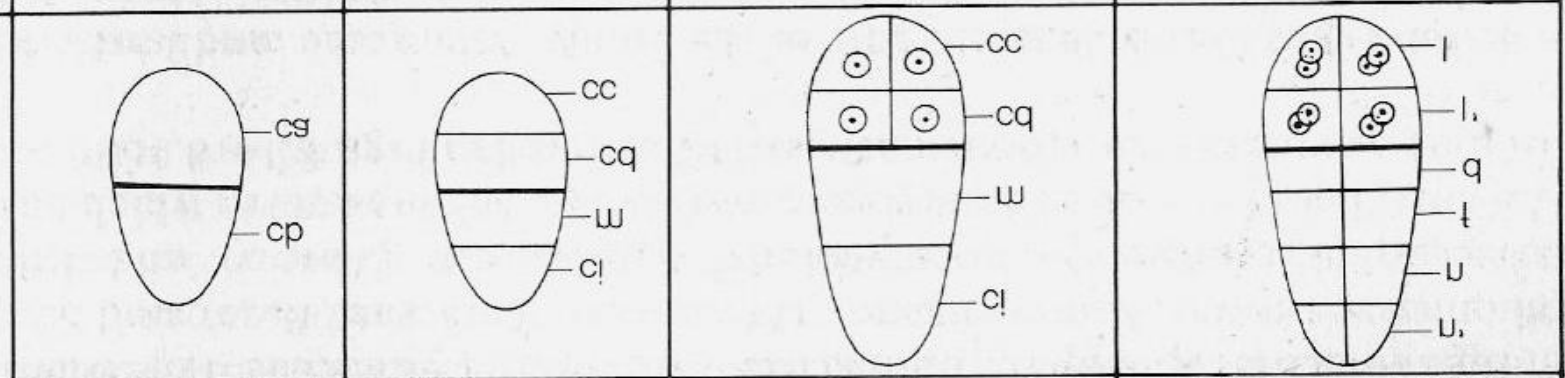
Nicotiana rustica

Embriogeni

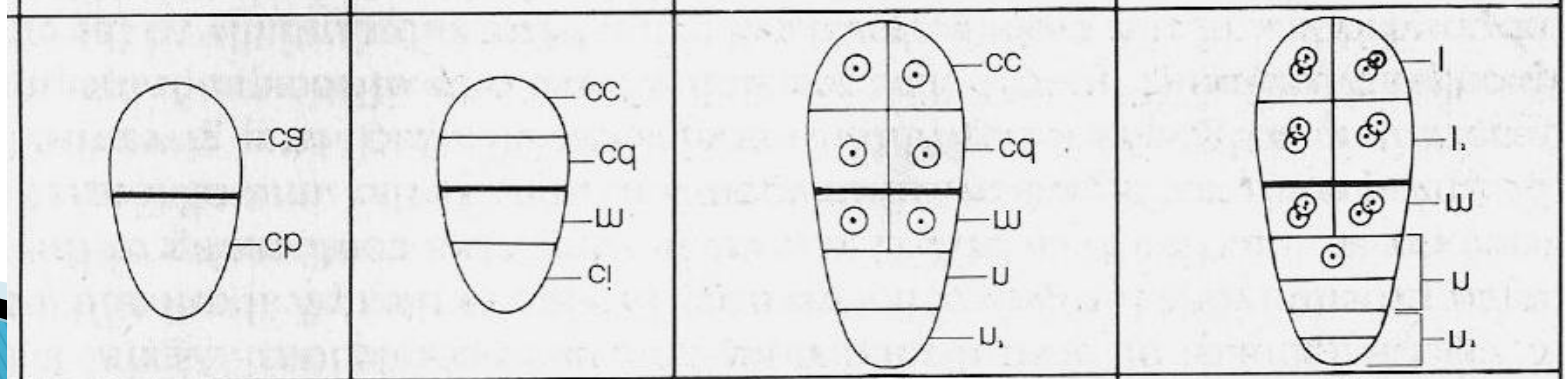
Caryophyllad



Solanad

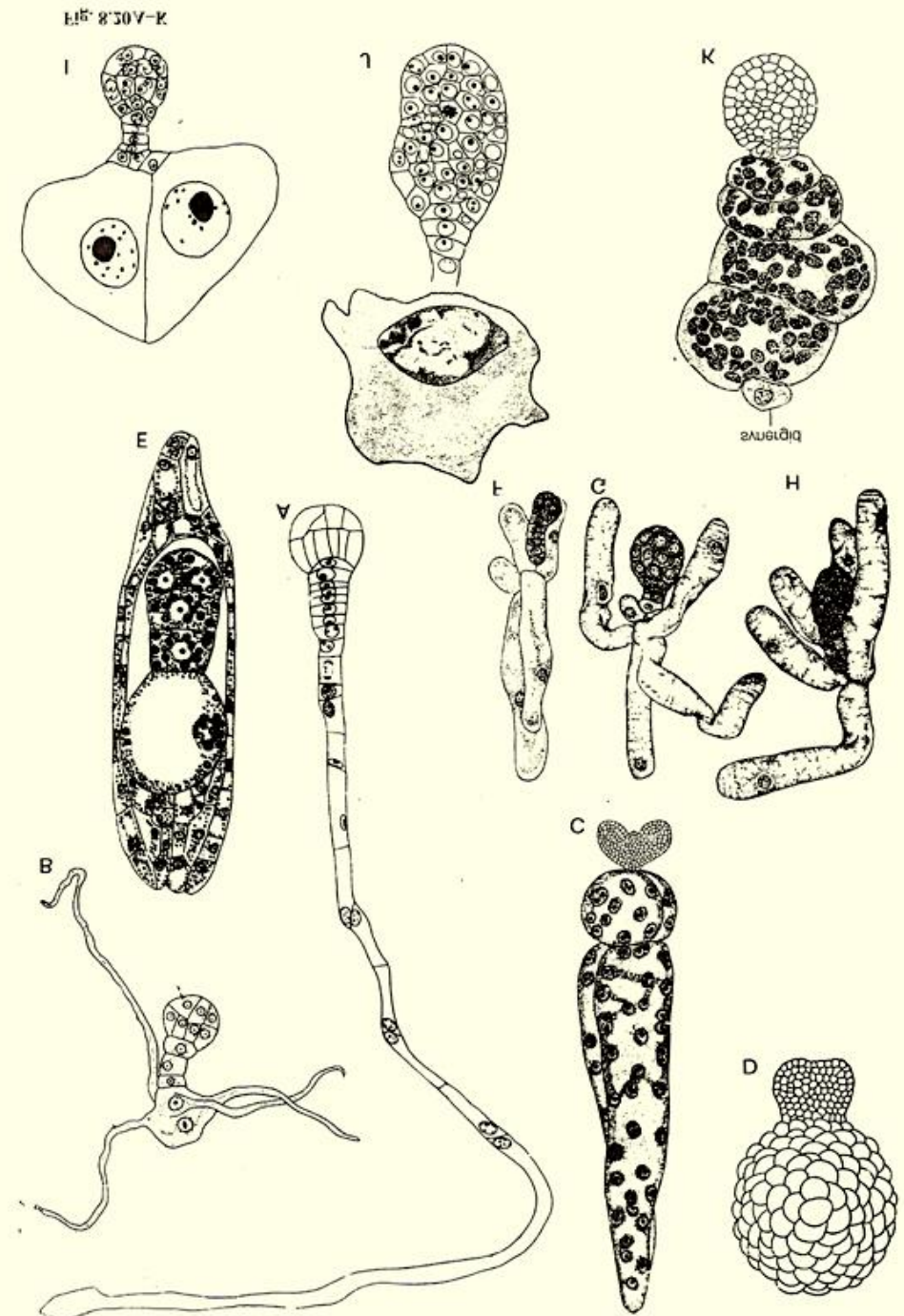


Chenopodiad



SUSPENSOR

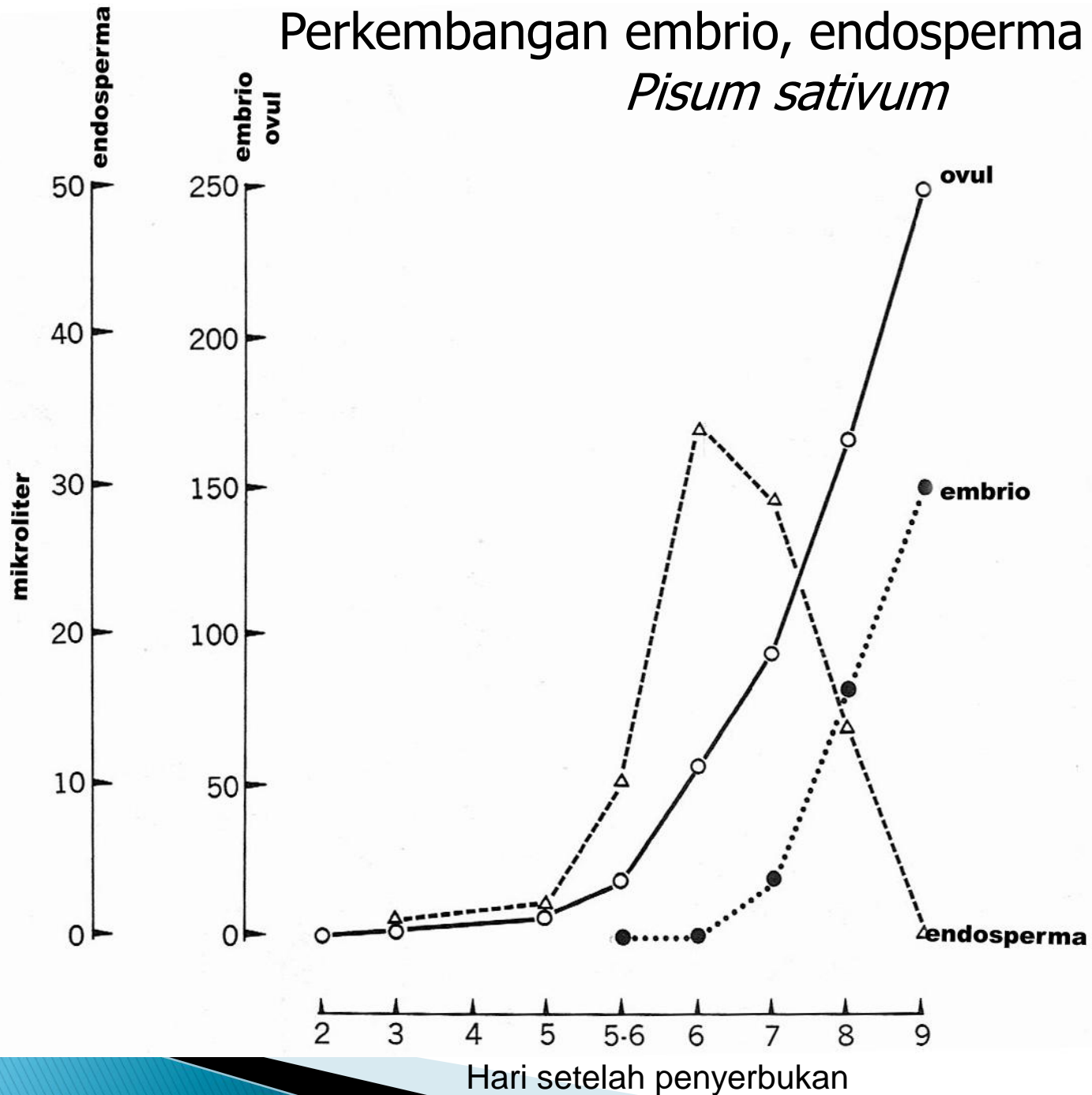
- ▶ Asal: sel basal pada awal pembelahan zigot
- ▶ Bentuk dan ukuran bervariasi
- ▶ Fungsi: membantu penyerapan nutrisi dari tanaman induk dan dari jaringan di sekitarnya

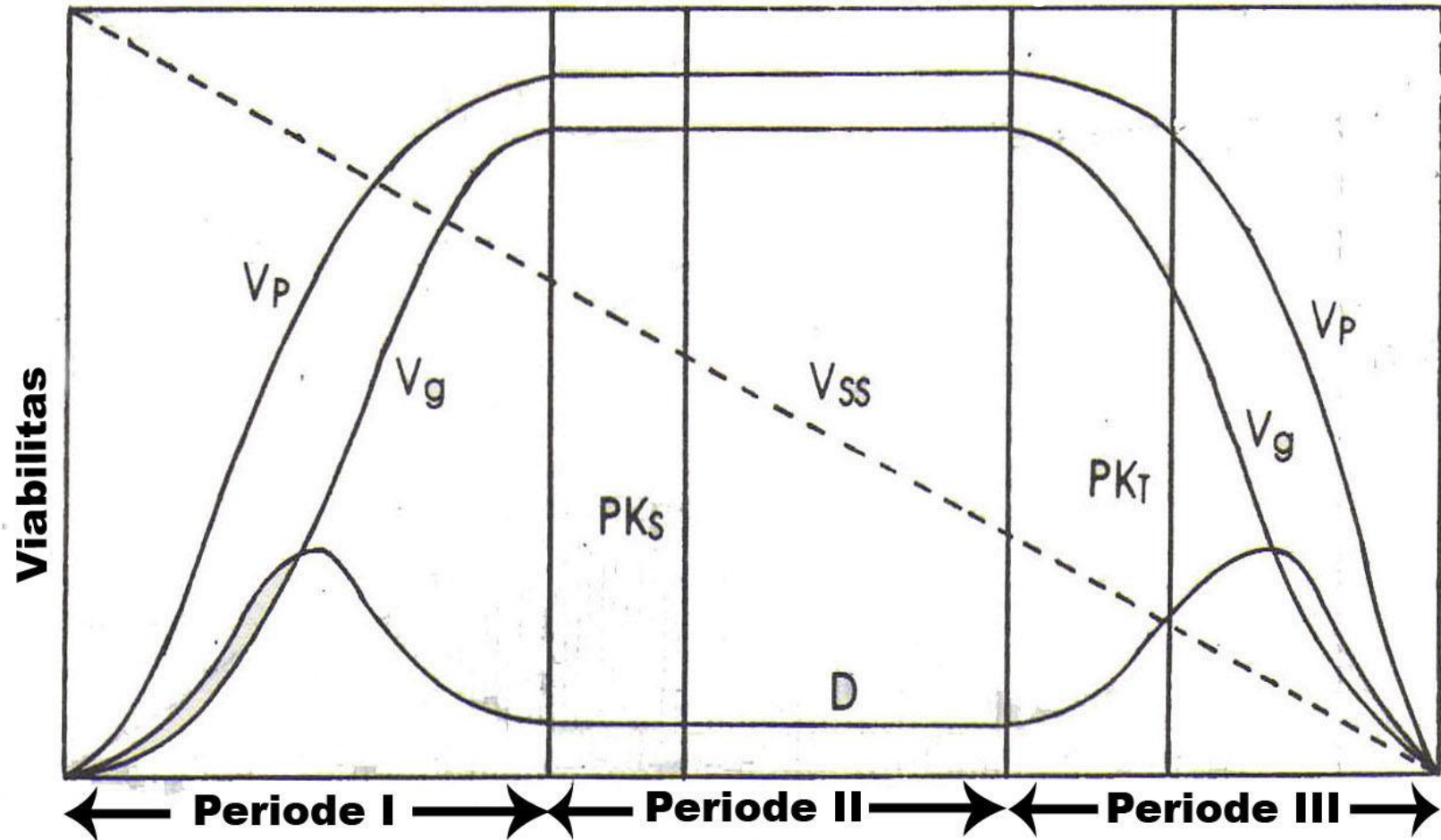


Perbedaan cadangan makanan pada benih dikotiledon, monokotiledon dan gymnosperma

	Dikotil	Monokotil	Gymnosperma
Cadangan makanan	Kotiledon	Endosperma	Megagametofit
Proses pembentukan	Fusi sel telur+sperma	Fusi inti polar+sperma	Megasporogenesis
Ploidi	2N	$\geq 3N$	1N
Struktur	Bagian dari embrio	Bagian dari jaringan nutrisi untuk perkemb. embrio (bukan bagian embrio)	Perkemb megaspora fungsional (bukan bagian embrio)

Perkembangan embrio, endosperma dan ovul *Pisum sativum*





Periode I = Periode Pembangunan Benih

Periode II = Periode Simpan

Periode III = Periode Kritis

V_p = Viabilitas Potensial

V_g = Vigor

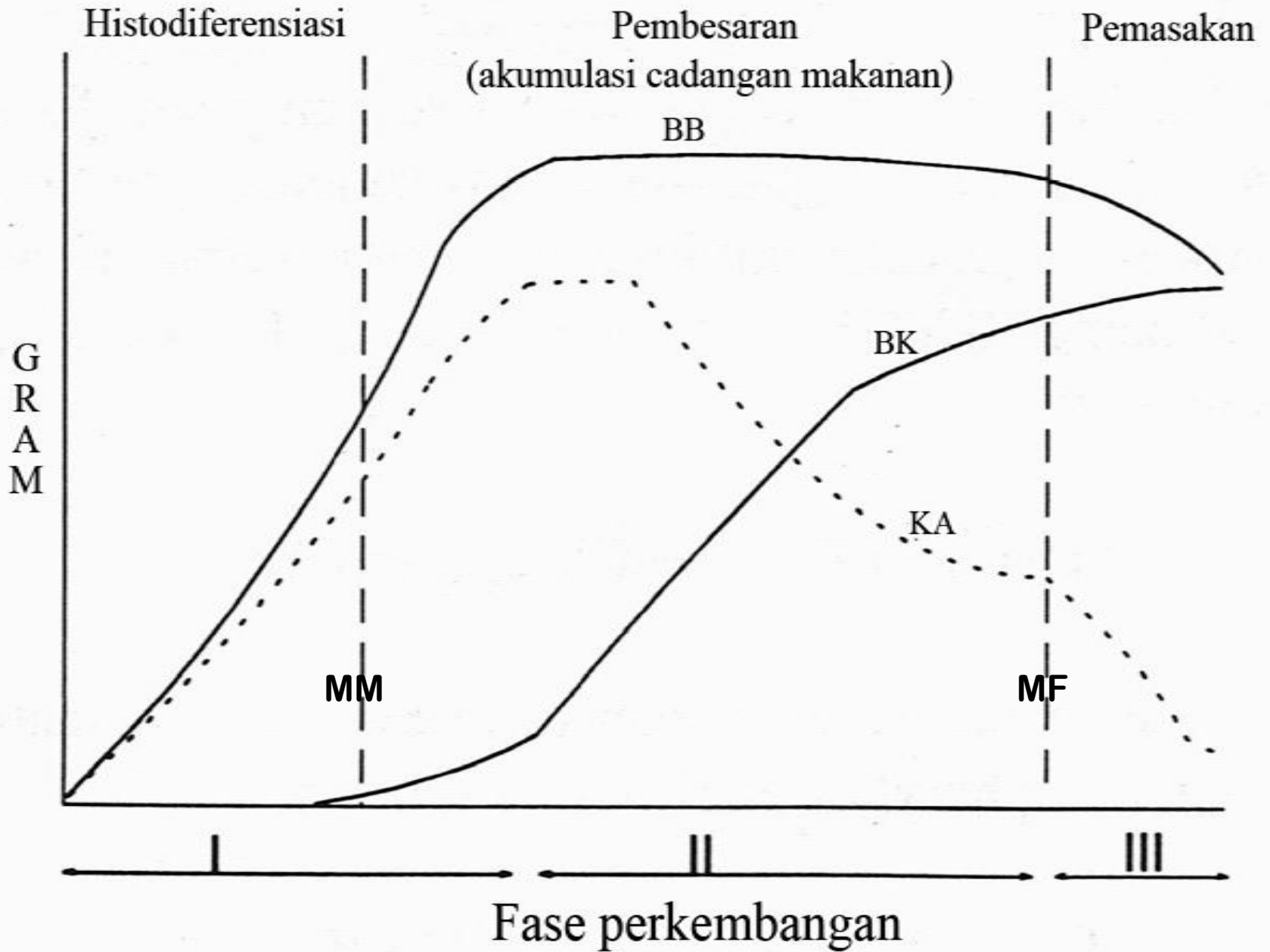
V_{ss} = Viabilitas Sesungguhnya

PKs = Periode Konservasi Sebelum Simpan

PKt = Periode Konservasi Sebelum Tanam

D = Garis Delta

**Perkembangan benih (zigot – masak fisiologis)
(Kermod)**



PROSES PERKEMBANGAN BENIH

1. Histodiferensiasi: 1 sel zigot membelah secara mitotik dan berdiferensiasi menjadi embrio (matang morfologi tercapai)

2. Pembesaran: tidak ada pembelahan sel

Terjadi pembesaran sel dan akumulasi cadangan makanan (protein, diikuti oleh lemak dan KH sampai masak fisiologi tercapai)

3. Pemasakan: terjadi penurunan metabolisme karena penurunan KA. Embrio tidak aktif

Perubahan fisiologis selama perkembangan benih

1. Bobot basah

Bobot basah benih meningkat segera setelah proses fertilisasi, karena pembelahan dan perkembangan sel, dan mencapai maksimum setelah lewat matang morfologis

2. Bobot kering

Bobot kering mulai meningkat setelah benih mencapai matang morfologis, dan mencapai maksimum pada saat masak fisiologi

3. Kadar air benih

Pada saat fertilisasi kadar air benih masih tinggi ($\pm 80\%$), dan mulai menurun pada saat berat kering mulai meningkat

Matang morfologi dan masak fisiologi


- Pembelahan sel selesai, semua bagian embrio sudah terbentuk
- Akumulasi protein, lemak dan karbohidrat dimulai
- Viabilitas dan vigor rendah
- Kadar air tinggi

- Berat kering maksimum
- Viabilitas maksimum
- Vigor maksimum
- Kadar air (belum) minimum
- Tidak ada aliran nutrisi dari tanaman induk ke biji
- Perubahan warna (??)

Rata-rata kadar air benih pada saat masak fisiologis

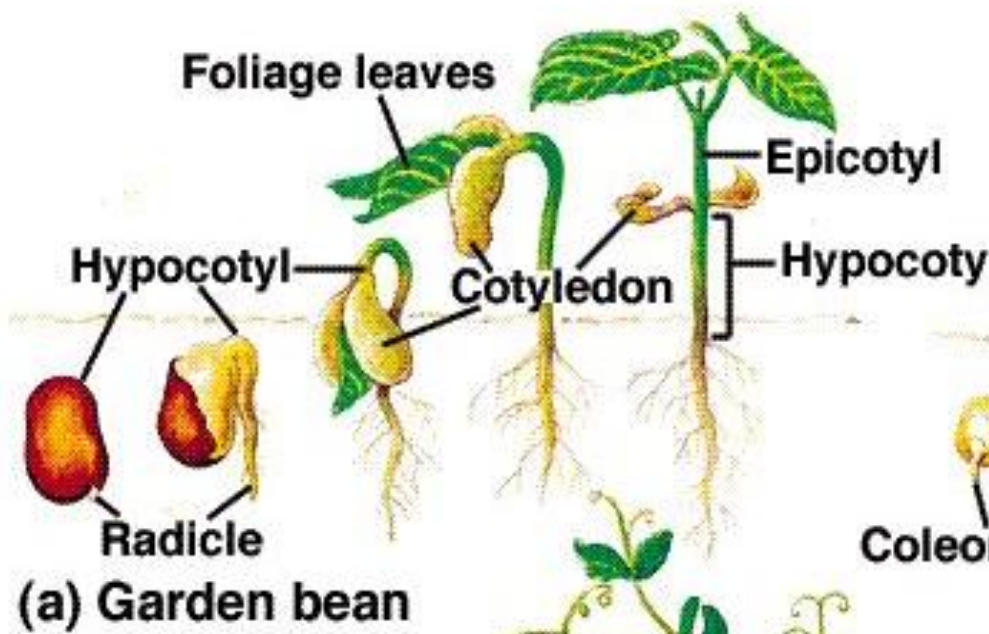
Tanaman	Kadar air (%)
Kedelai	30-50
Kapas	50-55
Padi	30-38
Jagung	36-40
Sorghum	23-31

BENIH

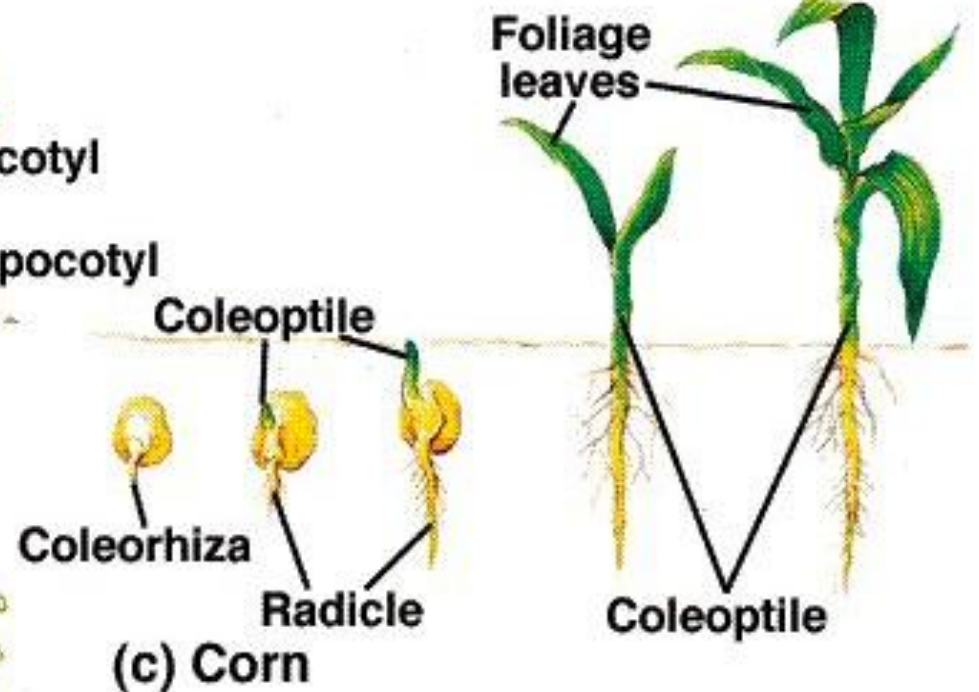
- ▶ Benih = biji (struktural): ovul yang dibuahi dan masak
 - ▶ Benih: biji digunakan untuk pertanaman (fungsional)
 - ▶ Komponen benih:
 - Kulit benih (testa)
 - Cadangan makanan: endosperma, kotiledon, megagematofit, perisperma
 - Embrio: radikula, plumula, hipokotil
- 

BENIH \neq BIJI

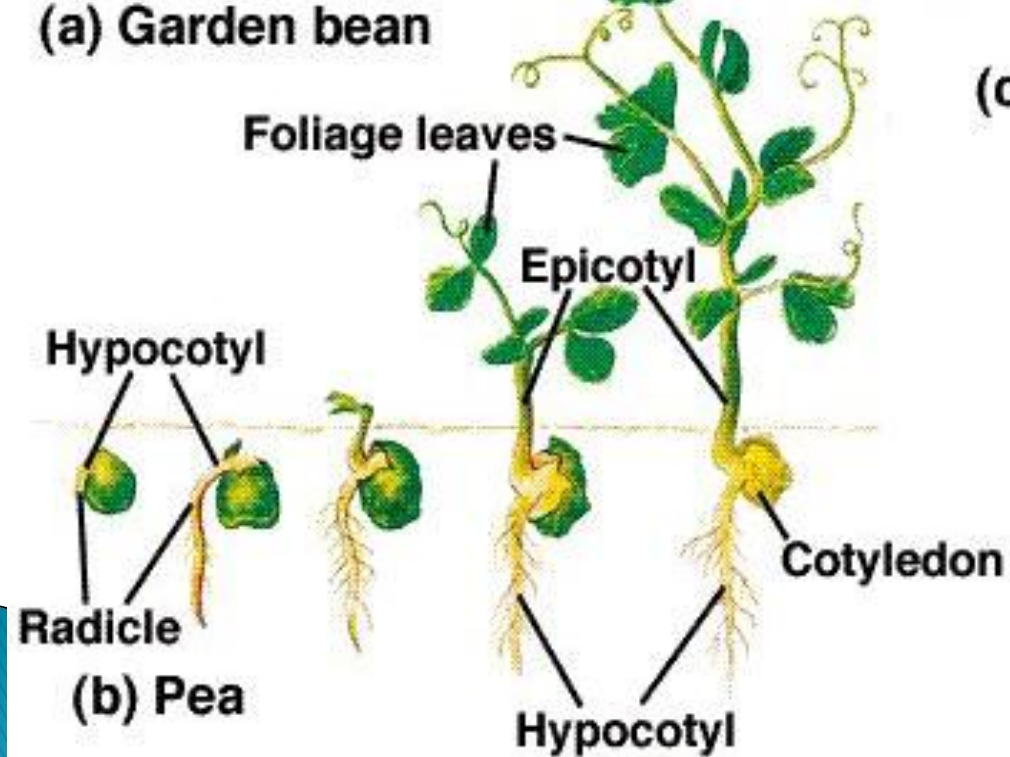
Komponen	Jaringan asal	Peran/fungsi	Contoh
Testa/kulit benih	integumen	Melindungi embrio dan cadangan makanan	
Poros embrio	Fusi sperma+sel telur	Membentuk akar (radikula), batang (hipokotil) dan daun (plumula)	
Cadangan makanan	Kotiledon – sperma+sel telur Endosperm - sperma+inti polar Megagametofit - megaspora Perisperm - nuselus	Sumber energi untuk perkecambahan	Kedelai Jagung Melinjo Bit gula



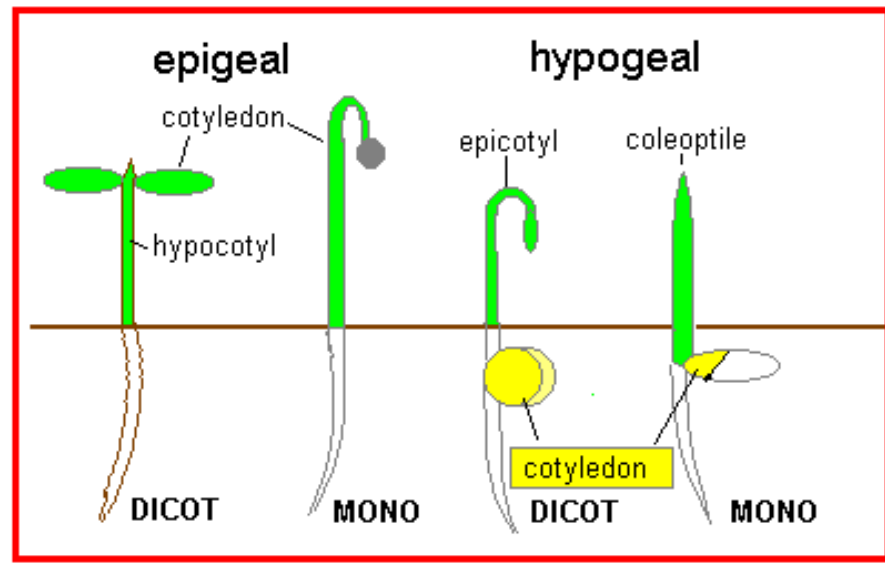
(a) Garden bean



(c) Corn



(b) Pea



UU RI Nomor 12 tahun 1992
Sistem Budidaya Pertanian
Bab 1 Ketentuan Umum Pasal 1 Ayat 4

Benih tanaman adalah tanaman atau bagiannya yang digunakan untuk memperbanyak dan atau mengembangbiakkan tanaman




Benih menurut UU RI Nomor 12 tahun 1992

Benih untuk perbanyakannya dapat berupa:

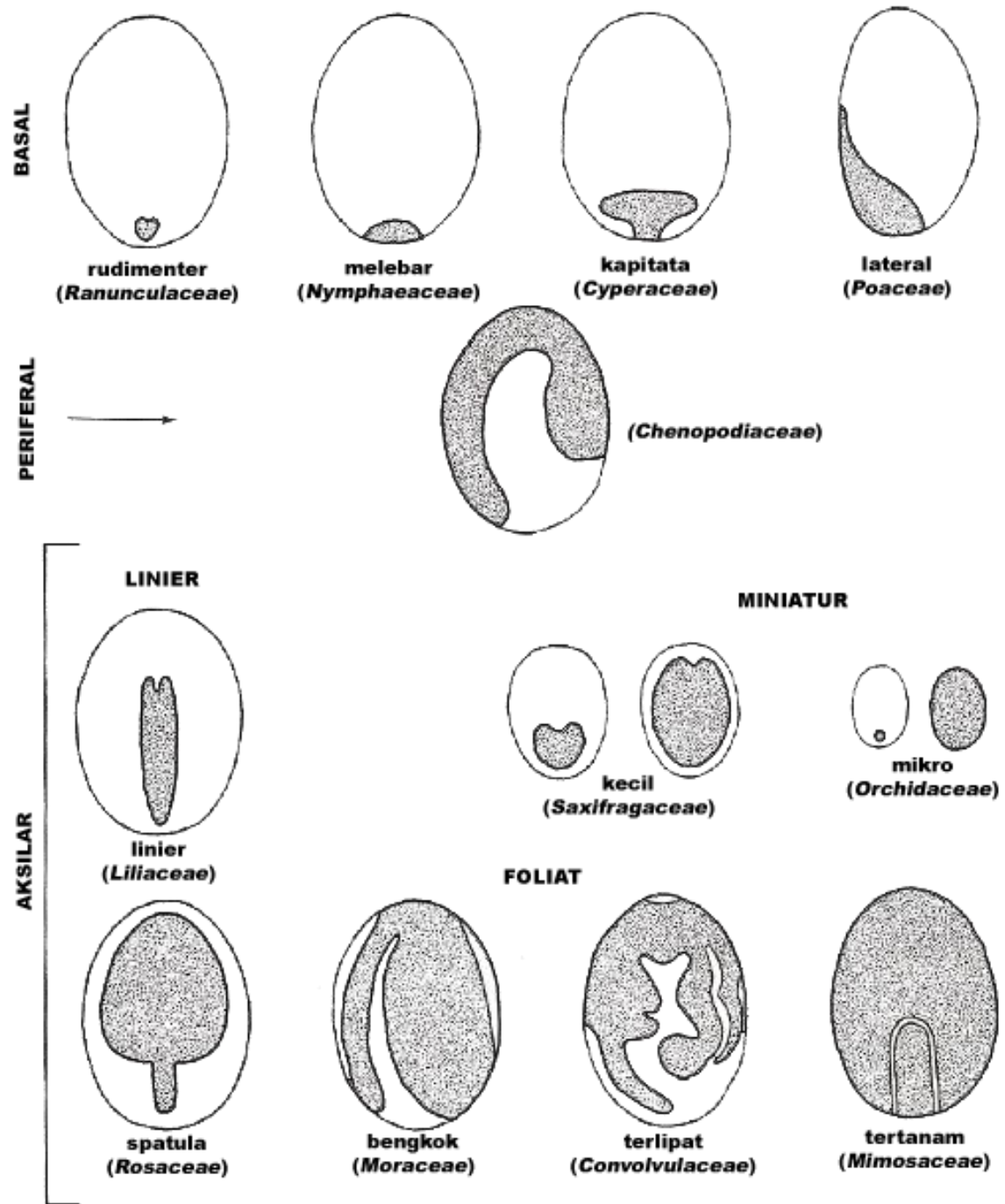
- Biji hasil fertilisasi: benih kedelai
- Buah (kariopsis): benih padi, jagung
- Biji apomiktik (berkembang tanpa fertilisasi): benih manggis
- Mata tunas, bagian jaringan umbi, dan biji: benih kentang
- Biji dan umbi: benih bawang
- Umbi: benih gladiol, amarilis, lily
- Biji, bibit hasil cangkok, okulasi atau sambung pucuk: benih buah-buahan
- Stek: benih ubi kayu, ubi jalar
- Kecambah: benih mangrove, kelapa sawit
- Biji dan hasil pembiakan dengan kultur jaringan: anggrek

Mengapa biji sering digunakan sebagai benih?

1. Biji mempunyai susunan genetik yang unik, yang dihasilkan dari percampuran materi genetik. Variasi genetik meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan.
 2. Dapat diproduksi dalam jumlah besar dan mudah tersedia pada interval tertentu.
 3. Merupakan bentuk tanaman kecil yang mengandung hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman, dan lebih resisten terhadap kerusakan dan tekanan lingkungan daripada materi vegetatif.
 4. Dapat disimpan dalam waktu lama dan lebih mudah menanganinya.
- 

Struktur Internal Benih

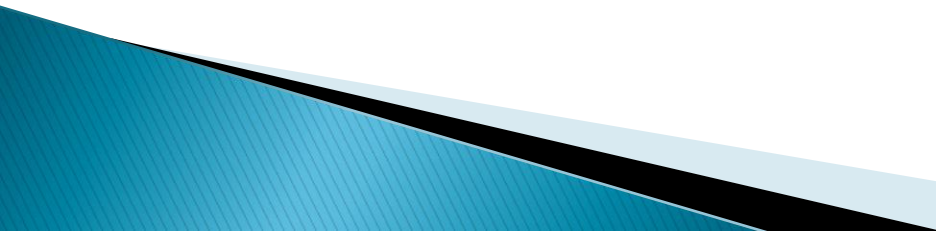
- ▶ Posisi embrio: Basal
Periferal
Aksilar
- ▶ Bentuk: Miniatur
Linear
Menyerupai daun
- ▶ Ukuran: Kecil
Sedang
Besarnya



Perubahan morfologi

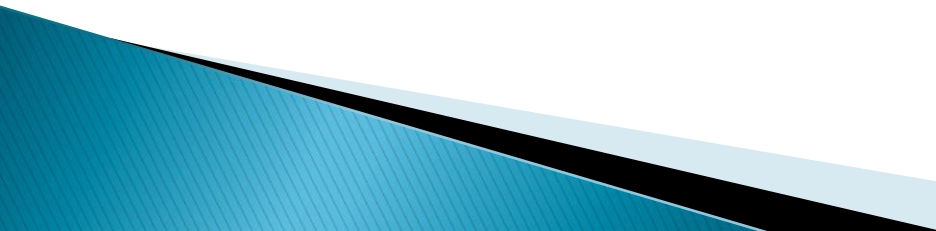
- Struktur benih sempurna: matang morfologi
- Ukuran maksimum: sebelum masak fisiologi
- KA sudah turun; berat kering maksimum: masak fisiologis

Perubahan kimiawi

- Polisakarida (pati): meningkat secara cepat setelah endosperm berkembang sedangkan gula tereduksi menurun
 - Kandungan protein dan cadangan lemak meningkat, DNA dan RNA meningkat cepat seiring dengan perkembangan embrio dan endosperm, karena pertambahan jumlah dan volume sel
- 

KOMPOSISI KIMIAWI BENIH

Komposisi kimiawi benih perlu diketahui, mengapa?

1. Benih merupakan sumber bahan pangan dan pakan
 2. Benih merupakan sumber obat-obatan
 3. Benih mengandung berbagai senyawa antimetabolit yang dapat berdampak buruk pada manusia dan hewan
 4. Benih mengandung cadangan makanan dan zat pengatur tumbuh yang bermanfaat untuk proses perkecambahan
 5. Komposisi kimia benih akan berdampak pada daya simpan benih
- 

CADANGAN MAKANAN DALAM BENIH

- ▶ Karbohidrat:

Cadangan makanan utama benih sereal (tahan disimpan)

Karbohidrat benih: amilosa dan amilopektin

- ▶ Lemak:

Cadangan makanan utama pada benih kedelai, kacang tanah, kapas, bunga matahari, wijen (daya simpan rendah)

Asam lemak tak jenuh dalam biji: oleat (1 ikatan ganda) dan linoleat (2 ikatan ganda), asam lemak jenuh palmitat (n=14)

Protein

- Merupakan cadangan makanan utama leguminosae (kedelai)
- Berdasarkan keaktifan metabolisme:
 - a. protein yang aktif secara metabolis (globulin dan albumin)
 - b. protein yang non aktif (glutelin dan prolamin)
- Berdasarkan kelarutannya:
 - Albumin : larut dalam air pada kondisi netral atau sedikit asam mudah koagulasi karena panas.
Mis.: leucosin (sereal), ricin (padi), legumelin
 - Globulin : tidak larut dalam air, larut dalam larutan garam relatif lebih sulit terkoagulasi karena panas.
Mis.: vignin, glycinin (kedelai), arachin (kc. tanah)
 - Glutelin : larut dalam air, larutan garam dan etilalkohol.
Mis.: glutenin (gandum) dan oryzenin (padi)
 - Prolamin: larut dalam etilalkohol 70 -90% , tidak larut dalam air.
Mis. gliadin (gandum, rye) dan zein (jagung)

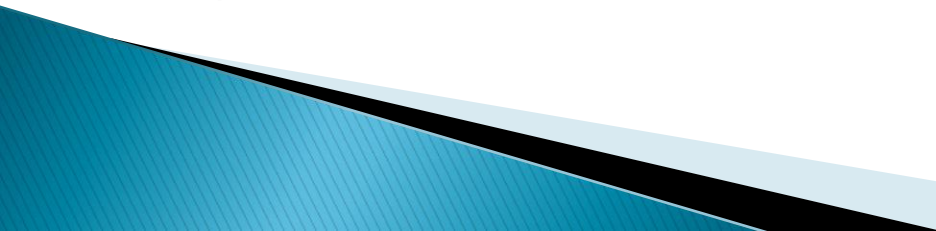
Komposisi cadangan makanan benih

Komoditas	Rata-rata komposisi (%)			Organ penyimpanan
	Protein	Lemak	KH	
Jagung	10	5	80	Endosperma
Gandum	12	2	75	Endosperma
Kc tanah	31	48	12	Kotiledon
Kedelai	17	17	26	Kotiledon
K. sawit	9	49	28	Endosperma
J. pagar	18	64	dd	Endosperma
Pinus	35	48	6	Megagametofit

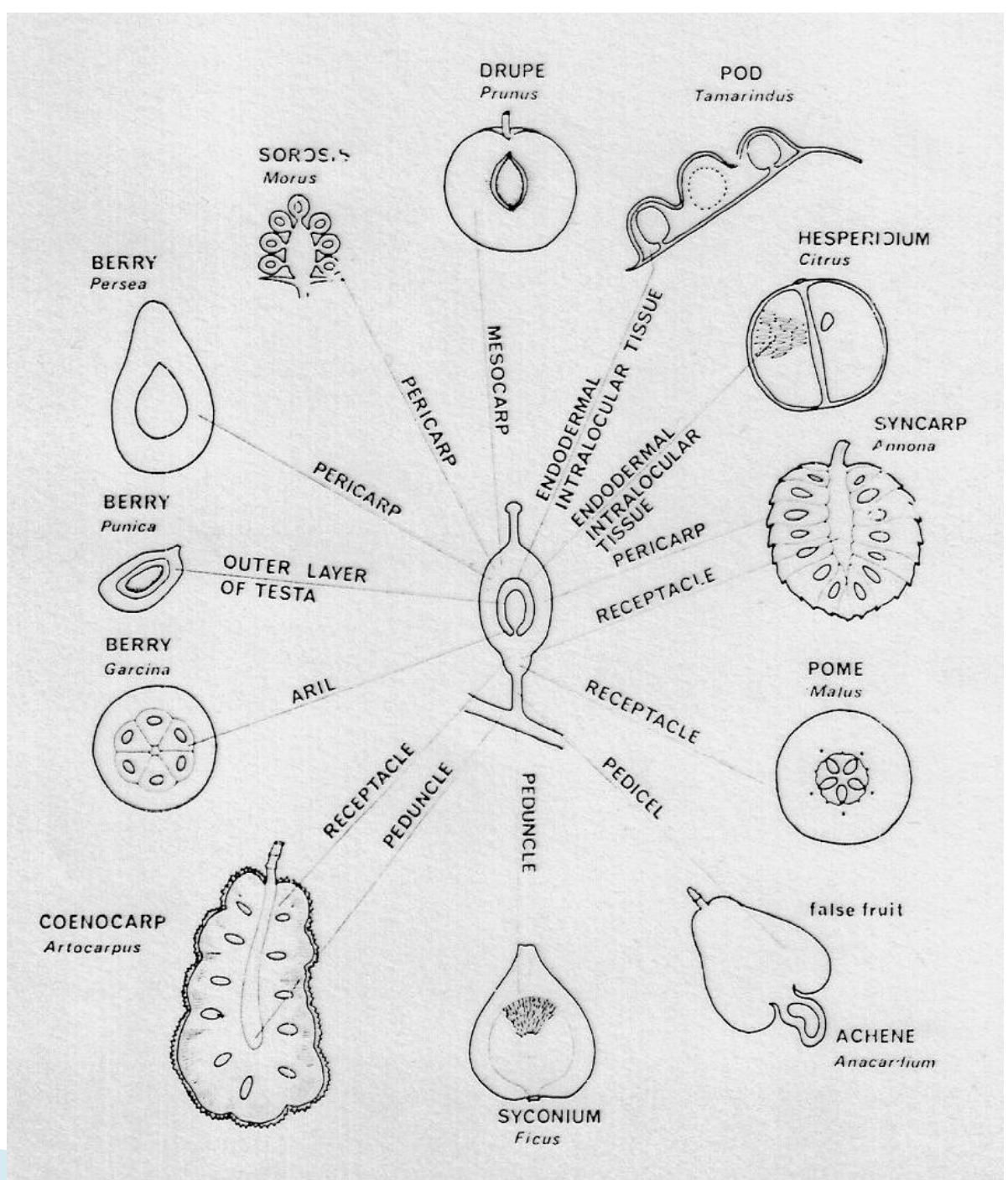
Senyawa lain dalam benih

Tanin	umumnya pada kulit benih, menghambat aktivitas enzim	Benih cacao; kacang2an
Alkaloid	senyawa komplek mengandung N	Cofein (kopi), nicotin (tembakau), theobromin (cacao),
Glukosida	reaksi antara gula dengan \geq senyawa non-gula, kristal	Saponin: biji tung, beracun amygdalin: almond, plum
Fitin	persediaan P utama dalam benih	Serealia: fitin terdapat pada lapisan aleuron, sumber P, Mg, K
Zat pengatur tumbuh	giberelin: proses perkecambahan sitokinin: pertumbuhan/diferensiasi sel etilen: menghambat/mendorong perkecambahan asam absisik: dormansi	Hampir semua benih
Vitamin	tanaman swasembada vitamin Thiamin: pembelahan sel (perkembangan akar) Asam askorbat: proses respirasi benih	Hampir semua benih

Apa yang dimaksud dengan buah ?

- Setelah fertilisasi embrio, benih dan buah berkembang
 - Fungsi buah: sebagai alat penyebaran benih
 - Buah: Ovarium yang menyelimuti ovul yang sudah dibuahi (benih) ~ buah selalu mengandung benih (kecuali yang sengaja dirakit tanpa biji, mis pisang, nenas, jeruk, semangka, anggur dll)
 - Buah mempunyai struktur tambahan: strawberry (reseptakel); jambu mete (tangkai bunga); manggis (arilus)
- 

Bagian yang dapat dimakan



Struktur penyebaran buah dan/atau benih

1. Adaptasi untuk endo/epizoochory: berdaging, arilus, berwarna menarik, manis, dapat dimakan
 2. Adaptasi untuk anemochory/hidrochory: bersayap, berambut, kantong udara, ukuran kecil
 3. Adaptasi untuk mudah menempel/terbawa: kait, rambut, duri, bulu, lengket
 4. Adaptasi untuk dibawa semut: mengandung lemak, gula
- 