

TINJAUAN MATA KULIAH

Relevansi

Mempelajari mata kuliah Ilmu dan Teknologi Benih merupakan dasar dari kegiatan pertanian yang telah berkembang dengan baik. Dalam kuliah ini akan dipelajari tentang ilmu benih, diantaranya mencakup tentang konsepsi benih, pentingnya benih atau biji dalam kehidupan, pembentukan dan pemasakan biji, kemudian dilanjutkan dengan perkecambahan, dormansi benih, viabilitas dan vigor benih serta invigorasi benih. Adapun dalam teknologi benih, diantaranya mencakup tentang materi pemeliharaan kualitas benih, cara-cara produksi, prosesing, penyimpanan benih, uji mutu benih, sertifikasi dan pemasaran benih.

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib yang dimaksudkan mengantarkan orang agronomi ataupun agroteknologi untuk lebih dapat belajar tentang benih ditinjau dari sisi keilmuan dan teknologinya.

Bagi ilmuwan, benih dipandang sebagai benda yang berukuran kecil tetapi indah, karena di dalamnya mengandung makna dan daya hidup yang sangat berharga untuk menumbuhkan dialektika keilmuan. Di samping itu jika dipandang sebagai bahan konsumsi, juga memiliki

makna penting bagi kehidupan. Bagi teknolog, benih harus dipandang sebagai tanaman mini yang hidup sampai menumbuhkan sesuatu. Bagi produsen, benih itu menuntut agar dengan jerih payah produsen, benih dapat menjanjikan kehidupan di masa depan spesiesnya, bahkan varietasnya. Bagi konsumen, benih harus selalu diingat bahwa benih bisa menipu karena benih yang bermutu tinggi dan tidak bermutu atau jelak memiliki kinerja yang sama. Bagi pedagang, benih mempersyaratkan harus tetap baik yang berarti harus tetap bersih dan sehat.

Teknologi benih merupakan jembatan yang menghubungkan antara pemulia tanaman dengan petani. Jembatan ini akan berfungsi dengan baik, jika didukung oleh berbagai instansi yang menyalurkan varietas-varietas baru. Hal ini amat penting agar benih yang digunakan oleh konsumen memiliki kualitas yang sama seperti pada saat dihasilkan oleh para pemulia tanaman. Jumlah benih yang dihasilkan oleh para pemulia jumlahnya sangat sedikit dan tidak mungkin dapat memenuhi kebutuhan konsumen, sehingga benih tersebut perlu diperbanyak terlebih dahulu oleh penangkar benih. Untuk menghindari terjadinya perubahan sifat varietas benih, maka dalam proses produksi dan pengolahan benih harus diatur secara benar.

Untuk dapat mempelajari mata kuliah ilmu dan teknologi benih dengan baik, diperlukan pengetahuan dasar tentang biologi tanaman dan genetika dasar. Oleh sebab itu disarankan sebelum mengikuti mata kuliah ini untuk mengikuti mata kuliah tersebut di atas.

Kompetensi

Setelah mempelajari mata kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mampu menjelaskan tentang konsep dasar benih baik ditinjau secara struktural dan fungsionalnya, serta mampu melakukan pengujian, proses produksi benih sampai dengan cara sertifikasinya secara benar. Secara khusus diharapkan mahasiswa mampu untuk:

1. Menjelaskan tentang konsepsi benih, peranan biji dalam kehidupan
 2. Menjelaskan teori kesejajaran, proses terjadinya penyerbukan dan pembuahan, serta proses pembentukan dan pemasakan buah dan biji
 3. Menjelaskan tentang proses perkecambahan secara morfologis dan fisiologis, faktor-faktor penting yang mempengaruhinya, macam substrata
-

- perkecambahan dan menjelaskan tentang dormansi, keuntungan dan kerugiannya, dll.
4. Menjelaskan tentang viabilitas dan vigor benih, cara pengujian dan penilaiannya.
 5. Menjelaskan arti penting produksi benih dan cara memproduksi benih (benih biasa dan hibrida)
 6. Menjelaskan arti penting dan cara sertifikasi benih, serta proses sertifikasinya
 7. Menjelaskan tentang masalah bisnis dan pemasaran benih, memproduksi benih dan cara-cara mengatasinya
 8. Menjelaskan tentang arti penting invigorasi benih dan cara invigorasinya

Struktur Materi

Untuk mencapai kompetensi tersebut di atas, bahan ajar untuk mata kuliah ini dibagi dalam beberapa bab. Buku seri 1 terdiri dari 6 bab. Bab I dibahas tentang konsepsi benih dan peranan biji dalam kehidupan, pada Bab II dibahas tentang teori kesejajaran, penyerbukan dan pembuahan, serta proses pembentukan dan pemasakan buah dan biji, Bab III dibahas tentang pembentukan biji dan buah, dan Bab IV dibahas tentang pemasakan biji, Bab

V perkecambahan benih, Bab VI dibahas tentang Struktur dan tipe bibit.

Bahan Ajar

Bahan ajar ini wajib dipelajari oleh mahasiswa dalam menempuh mata kuliah ilmu dan teknologi benih. Di samping itu mahasiswa sangat dianjurkan untuk mempelajari sumber-sumber bacaan lainnya, antara lain:

Copeland, L.O. and Miller, B.M. 1995. *Seed Science and Technology*. 3^{ed}. Chappman and Hall, Dept. B.C, 115 Avenue, New York. NY 10003.

Kamil, J. 1982. *Teknologi Benih 1*. Angkasa Bandung.

Kuswanto H. 1996. *Dasar-dasar Teknologi, Produksi Dan Sertifikasi Benih*. Andi offset, Yogyakarta.

Sadjad, S. 1993. *Dari Benih untuk Benih*. Grasindo, PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.

Sudikno, T.S. 1977. *Teknologi Benih*. Yayasan Pembina Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.

Sutopo, L. 1993. *Teknologi Benih*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

M.Q. Wahyu dan A. Setiawan. 1991. *Produksi Benih*. Bumi Aksara. Jakarta

Serta sumber-sumber lain yang relevan dengan mata kuliah ini yang dapat mahasiswa peroleh dari perpustakaan atau internet.

Petunjuk Belajar

Untuk memperoleh manfaat dan hasil maksimal dari bahan ajar ini, mahasiswa diwajibkan mempelajari bahan ajar ini sesuai dengan struktur materi agar diperoleh pemahaman yang sistematis, jelas dan komprehensif. Mahasiswa hendaknya melakukan latihan dan mengerjakan tugas yang ada di dalam bahan ajar ini secara maksimal. Di samping itu juga mahasiswa hendaknya mengikuti secara aktif dalam praktikum dan kegiatan yang dilakukan oleh laboratorium secara baik.

Selamat belajar, semoga sukses

Bab I

Konsep dan Peranan Benih

Pendahuluan

Pada Bab I ini mahasiswa dapat menjumpai uraian tentang konsep-konsep benih ditinjau dari berbagai segi dan penjelasan tentang peranan benih secara struktural, serta pentingnya benih bagi kehidupan. Sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian khususnya agroteknologi sudah seharusnya memahami apa yang dimaksud benih. Dalam Bab ini mahasiswa akan memperoleh penjelasan panjang lebar tentang konsep-konsep benih ditinjau dari berbagai segi dan memahami peran dan pentingnya benih atau biji pada kehidupan manusia, binatang maupun bagi tanaman itu sendiri.

Kompetensi: mahasiswa dapat memahami cakupan materi dalam silabus dan mampu menjelaskan pentingnya benih dalam budidaya tanaman, sehingga dapat termotivasi mempelajari dan tertarik untuk melakukan penelitian-penelitian tentang perbenihan.

Subpokok Bahasan I.1 Cakupan materi dalam Pendahuluan Dalam Pendahuluan ini akan dibahas berbagai materi yang terkait dengan berbagai hal tentang pentingnya benih dalam budidaya tanaman dan bagi kehidupan, serta materi-materi yang dibahas dalam ilmu dan teknologi benih.

A. Latar Belakang

Benih merupakan sarana utama dalam setiap budidaya tanaman baik yang tradisional maupun yang telah berkembang. Dalam Panca Usaha dan Sapta Usaha Tani dijelaskan, bahwa penggunaan benih bermutu tinggi merupakan salah satu usaha tani yang menduduki peringkat pertama. Penggunaan benih bermutu ini mempunyai keuntungan, diantaranya (1) jumlah benih yang dibutuhkan per satuan luas lebih sedikit, (2) *establishment* lebih baik, (3) pertumbuhan tanaman di lapang seragam, (4) waktu masak bersamaan, sehingga lebih efisien dalam penanganan gangguan hama dan penyebab penyakit, dan (5) hasil lebih tinggi. Oleh karena itu benih merupakan satu-satunya wahana untuk menerapkan teknologi varietas unggul, sehingga pembangunan pertanian tidak terlepas dari pembangunan di bidang perbenihan dan majunya industri perbenihan.

Hal tersebut diindikasikan oleh "*seed replacement rate*" atau tingkat penggunaan benih formal setiap tahunnya oleh petani. Ada suatu kata-kata mutiara "*And give us seed, that we may live and not die*" (Genesis 47: 19) menunjukkan betapa vitalnya benih bagi kehidupan manusia. Untuk itu benih merupakan sumber misteri kehidupan dari suatu tanaman dan merupakan sesuatu yang vital bagi kehidupan manusia dan ternaknya. Sementara itu, justru benih dapat hidup dengan atau tanpa pertolongan manusia, karena di dalam benih terdapat tenaga untuk perkembangan yang mengandung unsur-unsur hara yang memungkinkan untuk pertumbuhan berikutnya.

Secara morfologis benih di alam ber macam-macam jenisnya, dan tampaknya sudah dirancang untuk dapat terpecah dengan memanfaatkan tenaga dari alam seperti air, udara, insekta, burung atau binatang lain. Dalam hal bentuk, ukuran, dan warna "benih" sangat bervariasi. Bentuknya ada yang lonjong, bulat, segitiga, pipih, dll. dengan permukaan ada yang halus, kasar, tertutup bulu, dan lain-lain. Mulai dari ukuran dari yang sangat kecil seperti anggrek, sampai dengan yang besar seperti kelapa. Adapun warnanya ada yang hitam, coklat, merah, putih, kuning, dan lain-lain. Benih ada yang dapat segera

berkecambah, ada yang agak lama, bahkan ada yang menunda perkecambahannya sampai pada waktu dan tempat jika telah menguntungkan.

Dalam sejarah kehidupan manusia, semua peradapan utama dan upacara-upacara ritual manusia dapat dijumpai pada serealialia. Hal ini disebabkan serealialia mempunyai nilai gizi yang tinggi dan mudah disimpan. Bangsa Mesopotamia menanam gandum di tepi sungai Tigris dan Euphratus, bangsa Cina menanam padi di lembah sungai Hwang Ho dan Yangtze dan bangsa Maya menanam jagung di daratan Yucatan secara kering. Ini membuktikan bahwa “benih” (dalam hal ini sebagai biji) telah merupakan makanan pokok dunia. Kira-kira 90 persen tanaman penghasil biji sebagai sumber hidrat arang terbesar yang diusahakan adalah serealialia, seperti padi, gandum dan jagung. Keluarga penghasil biji makanan terbesar ke dua adalah leguminosae yang kaya akan protein. Di samping itu, “benih” dalam hal ini biji juga bermanfaat untuk rempah-rempah, minuman (kopi, kakao), minuman keras, minyak (jagung, kedelai, kacang tanah, kelapa, dan lain-lain) dan obat-obatan, serta serat.

Dalam kehidupan tanaman, benih merupakan lambang kehidupan permulaan dan jembatan antara masa lama dengan masa yang baru. Mempelajari benih sama

dengan mempelajari kehidupan karena benih mampu menunjukkan hampir semua proses kehidupan yang terdapat dalam tanaman, seperti zat pengatur tumbuh, pernafasan, pembelahan sel, morfogenesis, fotosintesis, dan proses metabolisme lain. Oleh karenanya, sampai sekarang ternyata masih banyak misteri dalam benih yang belum terungkap.

Mempelajari ilmu benih dan teknologi benih merupakan dasar dari bidang pertanian yang telah berkembang dengan baik. Diharapkan kelak dapat mengangkat nama sarjana pertanian khususnya bidang teknologi benih dan pemuliaan tanaman. Dalam kuliah ini akan dipelajari tentang ilmu benih (perkembangan benih, komposisi kimia yang berkaitan dengan viabilitas, vigor, dormansi dan deteriorasi) dan teknologi benih (cara-cara produksi, prosesing, uji mutu benih, sertifikasi dan pemasaran).

Dalam Sapta Usaha Tani meliputi : (1) penggunaan benih unggul bermutu, (2) penggunaan pupuk, (3) perbaikan cara bercocok tanam, (4) pengendalian hama dan penyakit, (5) pengendalian dan pengaturan air, (6) penanganan pascapanen, dan (7) pemasaran hasil panen.

B. Pentingnya benih secara struktural (biji) bagi kehidupan

Secara struktural benih di alam mempunyai peranan penting bagi; (1) kehidupan tanaman sendiri, (2) kehidupan manusia dan binatang, (3) kepentingan keindahan (estetika) dan keagamaan (religius), (4) kepentingan alam semesta dan politik, serta (5) kepentingan pengembangan ilmu.

Bagi tanaman itu sendiri, biji mempunyai peranan penting sebagai alat berkembang biak (reproduksi), alat pengawetan (*preservation*), alat penyebaran tanaman (diseminasi). Sebagai alat berkembang biak, biji dilengkapi dengan embrio, endosperm (lembaga) yang dipergunakan saat permulaan pertumbuhan setelah lepas dari tanaman induk. Benda yang kering tampak tidak menunjukkan kehidupan, tetapi setelah mendapatkan syarat tumbuh yang cukup, akan berkecambah dan tumbuh menjadi tanaman baru. Pembentukan tanaman baru ini, memang dikehendaki oleh alam agar permukaan bumi ada vegetasi sebagai pengganti tanaman lama atau tua yang sudah dan akan punah.

Di samping itu biji juga berperan untuk mempertahankan spesies dari kepunahan sebagai alat bertahan hidup (*survive*) tanaman, karena di dalamnya

menyimpan kehidupan untuk waktu yang akan datang. Ternyata beribu spesies tanaman tidak akan bertahan hidup kalau tidak menghasilkan biji, meskipun berada di tempat yang lingkungannya sesuai. Pada saat biji menjelang lepas dari tanaman induk, tidak mengadakan pertumbuhan lagi dan tidak mendapatkan zat makanan dari tanaman induknya. Pertumbuhan biji akan dimulai lagi apabila berada pada lingkungan yang memenuhi syarat untuk tumbuh, bahkan tertunda sampai pada batas waktu tertentu (beberapa hari, minggu, bulan ataupun tahun).

Biji sebagai alat diseminasi diharapkan tanaman dapat tumbuh dan tersebar ke segala penjuru dunia dan menjadi vegetasi yang tumbuh merata, sehingga dihasilkan O₂ yang penting bagi kehidupan dan dapat untuk mencegah terjadinya erosi. Penyebarannya cukup luas, melalui darat, air, udara atau binatang dan manusia. Di samping itu juga jenis zat cadangan makanan spesies tertentu dan jenis pelengkap yang ada pada biji seperti sayap, atau kait, atau *muscilage*, dan lain-lain.

Macam media dan sarana penyebaran biji adalah:

- a. Zat makanan: cadangan makanan yang ada pada biji sebenarnya diperuntukkan embrio, namun ternyata juga dapat merupakan sarana penyebaran biji oleh
-

hewan seperti tupai. Tupai mempunyai kebiasaan menyimpan biji dalam jumlah banyak melebihi kebutuhannya di dalam tanah, untuk menghadapi musim paceklik. Kelebihan biji yang ada, jika keadaan menguntungkan akan dapat tumbuh jadi tanaman baru.

- b. Angin: akan menjadi sarana bagi penyebaran biji ke segala arah. Biji ada yang berukuran sangat ringan, ringan, bahkan ada yang bersayap sehingga memudahkan penyebaran di bumi sesuai dengan arah gerakan angin.
- c. Air: ada biji yang tahan di dalam air, yang bergerak mengikuti arus air. Biji-biji tersebut tidak rusak, karena kulitnya sedemikian rupa sehingga tidak mudah rusak. Misalnya biji kelapa, asparagus, dll.
- d. Manusia: pada biji jenis rumput tertentu yang mudah nempel di celana, biji berlendir memiliki *muscilage* yang kelak berubah menjadi celatine sehingga mudah terbawa dan menempel di celana terbawa kemana-mana atau menempel pada paruh burung, musang dsb. Apabila jatuh di suatu tempat yang menguntungkan akan tumbuh menjadi tanaman baru.

Peranan biji dalam kehidupan manusia dan binatang

Ternyata zat-zat makanan yang ada dalam lembaga biji, juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia sebagai pangan.

1. Kelompok pertama adalah serealia, seperti padi, sorghum, jagung masing-masing merupakan makanan pokok manusia di Asia Tenggara, Cina dan Afrika, dan Mexico, Afrika selatan serta Asia dalam penyediaan karbohidrat yang tinggi.
2. Kelompok ke dua adalah leguminoceae, seperti kedele, kacang tanah, buncis, kecipir, dsb. Kelompok ini menyediakan protein nabati lebih besar, lemak, vitamin dan mineral 25-40%. Biji ini juga dapat dipergunakan sebagai makanan manusia, berupa kue, minyak, tahu, tempe, kecap, mentega, dsb. Banyak minuman juga terbuat dari biji, seperti kopi, kakao, coca cola, brem, arak, beer dsb. Biji ada yang bersifat edibel dan non edibel. Biji yang bersifat edibel adalah biji yang dapat dipergunakan sebagai obat-obatan, dan jamu tradisional, sedangkan biji yang non edibel seperti minyak industri, kosmetika, sabun, cat dan garnis.

Peranan biji untuk kepentingan estetika dan religius

Biji untuk estetika diekspresikan melalui bentuk dan warna yang menarik. Bentuk biji ada yang bulat, lonjong, segitiga, dan tidak beraturan. Misalnya biji beet gula bentuknya khas dan memiliki macam-macam warna, ada yang tunggal dan ada yang majemuk. Biji yang memiliki bentuk dan warna yang menarik bagi manusia, dapat dimanfaatkan secara komersial. Misalnya menarik untuk dibuat asesoris, ornament ataupun dekorasi. Biji Beadri, dapat dipergunakan untuk membuat kalung, mata patung Budha; biji Jobs tears untuk membuat tasbih bagi orang Kristen.

Dalam kaitannya dengan religius, biji dihubungkan dengan peribadatan yang diyakininya. Misalnya: orang Yunani memuja DEMITHUR sebagai dewa sereal, orang Yunani kuno memuja CERES sebagai dewa gandum.

Pada agama kristen, dalam kitab injil banyak disebutkan secara harfiah maupun simbolik bahwa biji memiliki nilai metamorfik, fisiologis maupun agronomis.

Pada agama hindu, dalam kitab Sarasmucaya, istilah biji juga masuk didalamnya, sedangkan pada agama islam biji merupakan kata-kata penting sebagai perumpamaan perumpamaan pahala bagi orang yang menafkahkan hartanya di jalan Tuhan.

Peranan biji dalam pembangunan semesta dan politik

Dalam pembangunan semesta biji sebagai tulang punggung suatu negara, karena dengan biji akan berdiri industri-industri yang dapat menyerap tenaga kerja, meningkatkan gizi masyarakat. Biji sebagai sumber protein nabati, lemak, dan karbohidrat.

Dalam kegiatan politik Indonesia telah berhasil dalam swa sembada beras, sehingga pada waktu ulang tahun FAO dapat menyumbang beras ke Ethiopea akibat musim kemarau panjang. Biji padi berperan seperti beras, merupakan makanan pokok bagi manusia.

C. Konsepsi Benih

Untuk menuju majunya industri perbenihan yang ditandai oleh keterlibatan petani dalam penggunaan benih formal, maka terlebih dahulu perlu dipahami arti atau konsepsi tentang benih itu sendiri. Secara Anatomis atau biologis benih mempunyai "kesamaan" dengan biji, tetapi ditinjau dari bidang agronomi keduanya menjadi berbeda artinya. Oleh karena itu antara benih dengan biji menjadi sama atau berbeda tergantung pada bidang atau segi tinjauannya, sehingga dalam batasan struktural antara benih dengan biji menjadi "sama", dan secara fungsional

keduanya menjadi "berbeda". Dalam bahasa Inggris ada dua istilah yang berbeda yaitu *seed* (benih) dan *grain* (biji).

Ada beberapa istilah penting di bawah ini yang perlu dipahami adalah sbb.:

Biji secara botanis adalah perkembangan dari ovulum menjadi dewasa, sedangkan bagian lain seperti, integumen berkembang menjadi kulit biji dan ovarium menjadi buah. Dalam istilah lain biji adalah suatu unit organisasi yang teratur, mempunyai persediaan bahan makan yang cukup untuk memperpanjang kehidupan. Biji merupakan alat untuk mempertahankan kelanjutan hidup suatu spesies. Bahan makan cadangan yang berupa karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat dalam endosperm semata-mata untuk persediaan makan bagi embrio dalam pertumbuhannya menjadi tanaman dewasa.

Biji menurut Copeland dan Me Donald adalah mikrokosmos dari kehidupan, merupakan benda yang dikemas rapi (dilapisi testa), mengandung organisme hidup yaitu embrio yang menunjukkan hampir semua proses yang terjadi pada tanaman dewasa.

Benih secara agronomis adalah biji yang masih hidup yang akan dipakai untuk tujuan pertanaman dan mempunyai kemampuan produksi normal pada kondisi suboptimum atau produksi maksimum pada kondisi

optimum. Jadi benih merupakan fase generatif dari daur kehidupan tumbuhan untuk memperbanyak diri secara generatif. Adapun benih yang sudah berkecambah dan berkembang menjadi tanaman kecil di persemaian sebelum dipindahkan ke lahan tanam disebut bibit (*seedling*). Di samping itu juga, bibit dapat berarti alat reproduksi secara vegetatif seperti, okulasi, cangkok, setek, umbi, dll.

Benih menurut Undang-undang No 12 tahun 1992 dan PP No 44 tahun 1995 adalah tanaman atau bagian tanaman yang digunakan untuk memperbanyak dan atau mengembangbiakkan tanaman. Dalam hal ini, maka pengertian benih mencakup bahan tanam yang berasal dari bagian tanaman berbentuk generatif maupun vegetatif.

Untuk memahami perbedaan antara benih dan biji secara fungsional berbeda dapat dilihat contoh di bawah ini, yaitu pada benih padi sawah. Secara struktur sama, yaitu sebagai gabah yang dipanen dari tanaman padi di sawah. Secara fungsional benih adalah bahan tanam berupa biji tanaman yang dipergunakan untuk keperluan pengembangan usaha tani, memiliki fungsi agronomis atau merupakan komponen agronomi. Oleh karena itu benih berupa biji yang dipersiapkan untuk tanaman dan telah

melalui proses seleksi sehingga diharapkan dapat mencapai proses tumbuh yang besar.

Benih merupakan sarana penting dalam produksi pertanian dan menjadi faktor pembawa perubahan (*agent of change*) teknologi dalam bidang pertanian. Peningkatan produksi tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan; salah satu aspek penentu utama keberhasilannya adalah: digunakannya benih varietas unggul dengan disertai teknik budidaya yang lebih baik dibandingkan masa sebelumnya. Benih-benih varietas unggul dapat diperoleh melalui seleksi dan hibridisasi tanaman, baik yang dilakukan oleh lembaga penelitian milik pemerintah, maupun industri perbenihan swasta yang mempunyai divisi penelitian dan pengembangan (*research and development*).

Benih dalam istilah Jawa disebutnya sebagai "winih" sebagai salah satu cara untuk pengembang biakan tanaman, sehingga dalam bahasa Inggris disebutnya sebagai "seed". Adapun biji dalam bahasa Jawa disebutnya sebagai "wiji" dan dalam bahasa Inggris disebut "grain". Jika untuk dikonsumsi manusia, disebutnya *food stuff* dan *feed* sebagai makanan hewan.

Umpan balik:

Setelah membaca uraian di atas, jelaskan pemahaman tentang konsepsi benih dan pengertian benih secara struktural dan fungsional !

Bab II

Teori Kesejajaran Sadjad

Pendahuluan

Pada Bab II ini mahasiswa dapat memahami tentang kesejajaran antara beberapa pemahaman tentang konsep-konsep benih dengan perkembangan tataran budaya tani mulai primitif sampai modern sebagaimana dijelaskan pada Buku *Dari Benih Kepada Benih* (Sadjad. 1993). Sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian khususnya agroteknologi, memang perlu memahami apa yang dimaksud dengan kesejajaran itu. Dalam Bab ini mahasiswa akan memperoleh penjelasan panjang lebar tentang hubungan antara konsep-konsep benih yang telah dipahami sebelumnya terhadap perkembangan tataran budidaya tani dari tingkatan primitif sampai modern saat ini.

Kompetensi: mahasiswa dapat memahami teori kesejajaran yang terjadi di alam antara konsep-konsep benih yang telah dipahami terhadap perkembangan

tataran budaya tani yang terjadi mulai tingkat primitif sampai modern.

Subpokok Bahasan II.1 Cakupan materi teori
kesejajaran

Dalam bagian ini akan dibahas tentang hubungan berbagai hal tentang benih yang pernah dipahami sebelumnya dengan perkembangan tataran budaya tani mulai primitif sampai dengan modern.

Prinsip teori kesejajaran Sadjad pada dasarnya merupakan hubungan antara budaya tani dengan budaya benih. Teori ini memberikan gambaran bahwa benih sebagai aspek komersial perlu dikaitkan dengan budaya tani yang ada. Dalam matrix teori kesejajaran menggambarkan budaya tani dijabarkan mulai dari tingkat pertama (I) sangat sederhana dengan ciri-ciri yang masih primitif/berkelana. Kemudian tingkat di atasnya (II) yang berupa budaya tani non agronomi dengan teknologi yang sederhana, tingkat tiga (III) berupa agronomi dengan teknologi minimal/madya, tingkat empat (IV) berupa agronomi dengan teknologi plus / lebih/ modern dan tingkat tertinggi (V) dengan budaya tani dengan kaidah bioteknologi non agronomi yang telah masuk pada tataran

berteknologi canggih. Tataran status budaya tani sejajar dengan teknologi dalam pembudayaan benih yang dimulai dari tingkat teknologi minim, sederhana, madya, maju, dan canggih.

Gambaran tataran teknologi itu sedikit banyaknya juga menggambarkan juga tataran indsutri benih jika kualifikasinya didasarkan pada tingkat teknologi yang digunakan. Industri benih tingkat I masih sangat minim teknologi, tingkat II sudah memanfaatkan teknologi dalam pengeringan dan pembersihan yang mungkin sudah bersifat non alami, tingkat III memanfaatkan mesin-mesin oengolahan benih termasuk untuk proses pemilhana, tingkat IV sudah menghasilkan benih yang bersertifikat, dan tingkat V sudah berteknologi canggih dan memiliki upaya penelitian dan pengembangan sendiri.

Tabel 1. Matriks teori kesejajaran

Tataran	Budaya tani			Budaya benih					
	Status	Orientasi pengusaha tani	Upaya menghasilkan benih	Batasan pengertian	Status mutu benih	Fungsi benih	Identitas genetik	Identitas fisiologi	Teknologi industri
V	Berkaidah bioteknologi non agronomi (Canggih)	Efisiensi maksimal	Diproduksi secara manufaktur	Bioteknologi	Benih artifisial bersertifikat	Sarana produksi pertanian bioteknologi	Hibridoma, genetik sangat spesifik	Berorientasi pada konsumsi energi	Canggih
IV	Agronomi teknologi plus (modern)	Berproduksi maksimal yang lestari	Diproduksi dengan hasil yang bermutu baik dan benar, bersertifikat	Teknologi	Benih alami, bersertifikat	Sarana produksi lestari yang biokonservatif	Kultivar yang jelas genetik, homogen	Vigor tinggi	Maju
III	Agronomi teknologi minim (Madya)	Berproduksi maksimal	Diproduksi dengan hasil yang bermutu baik	Agronomis	Benih bermutu, non sertifikat	Sarana produksi maksimum	Jelas spesies, belum varietas yang jelas genetik	Viabel potensial	Madya
II	Tani non agronomi (sederhana)	Asal berproduksi	Diproduksikan untuk sendiri	Fungsional	Benih non mutu non komersial	Sarana produksi	Spesies	Viabel	Sederhana
I	Berkelana (primitif)	Asal hidup	Non benih	Struktural	Biji non benih	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Minim

Berdasar teori kesejajaran di atas, maka apabila budaya tani dihadapkan pada tataran teknologi industri benih, maka dapat digambarkan matrix untuk pembinaan perbenihan berbagai komoditi sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Aplikasi teori kesejajaran Sadjad untuk industri benih pada tingkat tataran budaya tani

Kelas/ taraf industri	V	IV	III	II	I
Status budaya tani					
Ganggih	Sayuran, bunga-bunga, sawit		Pinus, eucalyptus	Eucalyptus, acacia, albizzia	
Modern	Padi hibrida	Padi sawah jagung hibrida	Jagung, buah-buahan	Kedelai, kacang tanah, jagung sayuran, bunga-bunga	Tanaman obat, bunga-bunga
Madya	Padi hibrida, sayuran	Jagung hibrida	Jagung, kacang tanah, sayuran, buah-buahan	Kedelai, kacang tanah, sayuran	
Sederhana		Padi ladang	Padi ladang, jagung, kedelai, kacang tanah	Shorgum, albizzia, mahoni, buah-buahan	Padi ladang, jagung, kacang tanah, shorgum, sayuran, buah-buahan
Primitif		Padi ladang, jagung, shorgum, kacang tanah			Padi ladang, jagung

Untuk komoditi sayuran, bunga-bunga yang sudah memiliki budaya tani yang canggih misalnya perlu dilayani oleh teknologi industri benih tingkat V yang berteknologi canggih. Komoditi lainnya seperti padi sawah yang memiliki budaya tani yang modern akan sesuai jika dilayani oleh industri benih berteknologi tingkat IV. Demikian juga pada jagung hibrida, budaya taninya harus menyesuaikan teknologi benih tersebut dengan dinaikkan dari budaya madya ke arah modern misalkan dengan konsolidasi manajemen usahatani. Begitu sebaliknya jika misalnya padi ladang dilayani oleh industri benih tingkat IV atau V, maka industri benih tersebut menjadi berbiaya tinggi karena budaya tani ladang masih berada pada tataran tingkat II yang sederhana. Dalam hal ini walaupun dipaksakan maka perlu ada intervensi pemerintah melalui pemberian subsidi baik subsidi dalam kegiatan riset, pemuliaan, harga, maupun bentuk lainnya.

Berdasarkan dengan teori di atas, maka sebagai produsen benih dapat menempatkan strategi pemasaran yang tepat, yaitu bagaimana membuat kebijakan benih yang sesuai dengan tataran budaya tani yang ada pada petani apabila hendak menerapkan pembinaan teknologinya dalam memproduksi benih. Pada pengembangan suatu spesies maka juga perlu dilihat pada

tingkat berapa komoditas tersebut sehingga target pasarnya sudah bisa ditetapkan.

Umpan balik: Setelah membaca uraian di atas, jelaskan pemahaman tentang pentingnya teori kesejajaran di atas terhadap pentingnya pelayanan tersedianya benih yang berkualitas !

Bab III

Pembentukan Biji dan Buah

Pendahuluan

Pada Bab III ini mahasiswa dapat menjumpai uraian tentang pengertian sifat bunga, gametofit, penyerbukan dan pembuahan. Relevansi terhadap mahasiswa yang akan mempelajari bab ini adalah mahasiswa dapat memahami secara baik dan benar tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan peristiwa sebelum terbentuknya biji dan buah, proses terbentuknya biji dan buah.

Tujuan instruksional khusus pada bab pembentukan biji dan buah adalah mahasiswa kelak dapat memahami dan menjelaskan tentang arti gametofit, penyerbukan, pembuahan, proses terbentuknya biji dan buah.

A. Pengertian Biji dan buah

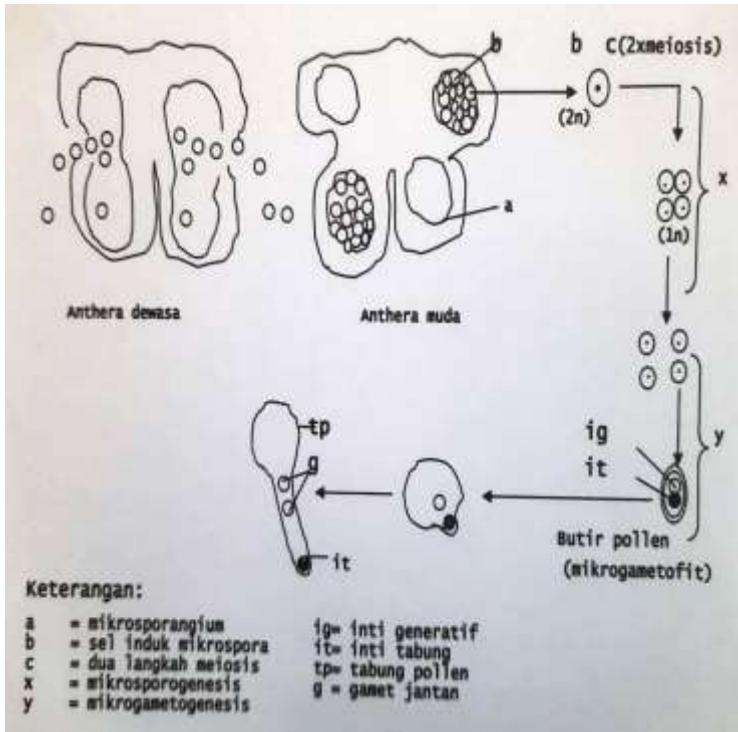
Sebelum memahami lebih jauh tentang pembentukan biji dan buah, terlebih dahulu secara ringkas tentang struktur bunga akan disajikan di bawah ini. Untuk lebih detailnya mahasiswa disarankan dapat mempelajari tersendiri tentang biologi bunga pada sumber pustaka yang lain.

Secara botani bunga dianggap sebagai modifikasi batang dengan bagian-bagiannya yang merupakan daun, berfungsi sebagai alat reproduksi. Seperti batang atau cabang cabang umumnya bunga berasal dari poros daun, bedanya dengan cabang bunga mempunyai beberapa helaian daun. Pada tanaman berbunga terdapat perbedaan bentuk bunga, tetapi dengan sedikit pengecualian umumnya bunga dibentuk oleh bagian-bagian yang sama hanya berbeda dalam hal; jumlah, bentuk dan susunannya.

Bunga disebut lengkap atau *complete* apabila terdiri dari pistil, stamen, sepala, dan petala. Apabila salah satu dari empat organ tersebut tidak ada disebut bunga tidak lengkap. Adapun bunga disebut sempurna (*perfect*) apabila mengandung stamen dan pistil dan sering disebut sebagai bunga hermaprodit, sedangkan bunga uniseksual adalah bunga yang hanya memiliki salah satu pistil atau stamen saja. Oleh karena itu juga sering disebut sebagai bunga yang tidak sempurna (*unperfect*). Misalnya, bunga jagung merupakan bunga dimana bunga jantan dan bunga betinanya letaknya terpisah, tetapi terdapat dalam satu tanaman sehingga disebut *monoecious* (berumah satu), sedang jika terdapat pada tanaman yang berbeda disebut *diocious* (berumah dua). Misalnya pada bunga tanaman salak atau pala.

Biji adalah ovule yang telah dewasa, dimana ovule adalah nusellus yang dibungkus oleh integumen atau suatu struktur di dalam ovary yang terbentuk setelah pembuahan. Adapun yang dimaksud buah adalah ovary yang telah dewasa. Untuk mengetahui peristiwa tentang proses pembentukan biji dan buah, terlebih dahulu perlu mengetahui tentang proses pembentukan gametofit (sel kelamin), peristiwa penyerbukan dan pembuahan.

Pada peristiwa pembentukan gametofit jantan (mikrogametofit) atau mikrospora, telah dimulai di dalam kantong yang biasa disebut sporangia yang terdapat dalam anthera embrio. Dalam mikrosporangia ini terbentuk sel induk mikrospora berisi sel-sel yang mengalami pembelahan reduksi (miosis) dua langkah yang disebut mikrosporo-genesis dan menjadi 4 mikrospora yang haploid ($1n$). Tiap dari 4 mikrospora intinya mengalami pembelahan, peristiwa ini disebut mikrogametogenesis dan menjadi mikrogametofit yang berupa butir polen dewasa atau masak yang di dalamnya terdapat inti tabung dan inti vegetatif. Untuk lebih jelas disajikan pada Gambar 1.

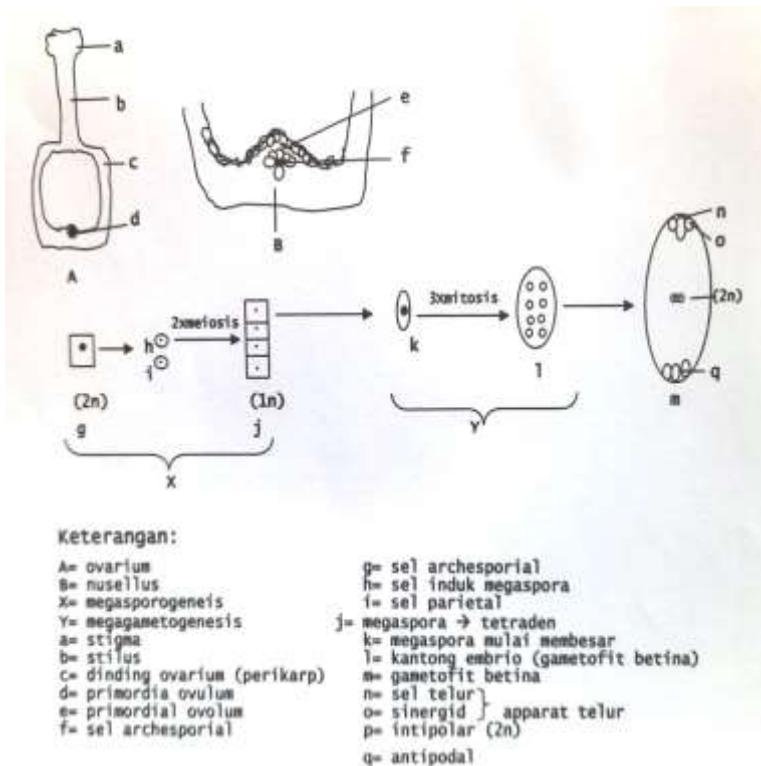


Gambar 1. Peristiwa pembentukan mikrospora

Pada peristiwa pembentukan gametofit betina (makro-gametofit) atau makrospora dimulai di dalam nusellus (jaringan khusus dari karpellum) terdapat sel yang disebut sel archesporial yang membesar, kemudian inti sel archesporial ini membesar dan membelah menghasilkan sel induk megaspore. Secara visual dan morfologidan sel parietal (sel ini biasanya mengalami

degenerasi). Sel induk megaspora yang bersifat diploid ($2n$) mengalami dua langkah pembelahan reduksi (miosis) dan menghasilkan 4 megaspora yang haploid ($1n$). Selanjutnya satu sel megaspora yang berfungsi aktif, sedangkan 3 sel lainnya suatu benih yang berkecambah umumnya mengalami degenerasi. Peristiwa ini sering disebut megasporogenesis.

Sel megaspora yang berfungsi dan aktif tadi akan berkembang, mengalami megagametogenesis menjadi sebuah sel besar yang disebut kantong embrio atau gametofit betina. Di dalam sel ini intinya membelah secara mitosis tiga kali, menghasilkan 8 inti yang haploid ($1n$) dan 8 inti haploid ini; 3 inti menjadi dinding sel, 3 inti menjadi 3 sel antipodal dan 3 inti yang lain berkumpul didekat mikrofil (lubang kecil ovulum yang dibentuk oleh integument yang mengelilingi) menjadi perlengkapan telur (egg apparatus) yang terdiri atas 1 sel telur dan 2 sel sinergid. Dua inti sel lainnya bersatu menjadi 2 intipolar tanpa dinding sel yang terletak di tengah-tengah dan menjadi susunan genetiknya menjadi diploid ($2n$). Untuk itu terbentuklah gametofis betina atau megagametofit dewasa yang telah siap menerima gametofit jantan (Gambar 2.)



Gambar 2. Peristiwa pembentukan Megaspora

B. Peristiwa Pembentukan Biji dan Buah

1. Penyerbukan

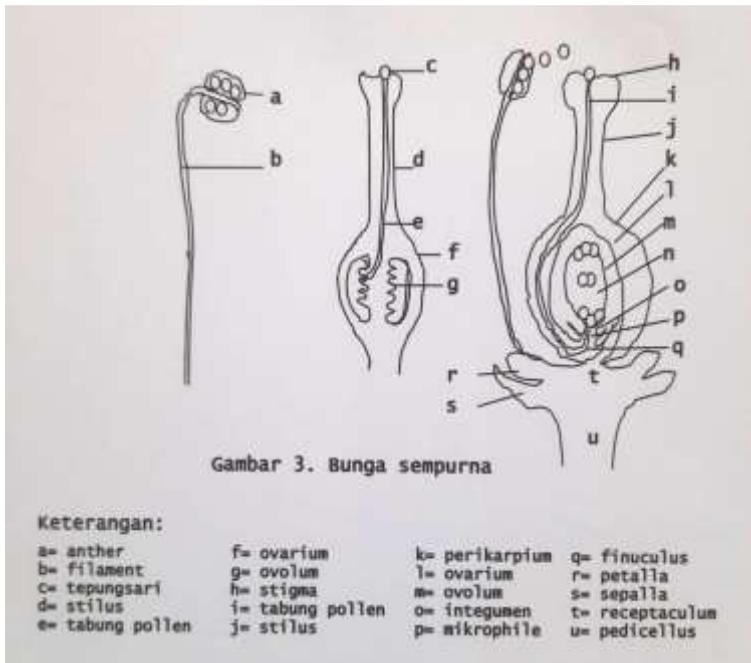
Penyerbukan (*pollination*) adalah jatuhnya tepunsari (butir pollen) dari anther yang melekuk kepada stigma yang *reception*. Penyerbukan ini merupakan peristiwa yang mendahului pembuahan. Ada dua pengertian pokok yang perlu diketahui, bahwa penyerbukan ini ada dua macam, yaitu; (a) penyerbukan sendiri (*self-pollination*)

dan (b) penyerbukan silang (*cross-pollination*). Penyerbukan sendiri adalah perpindahan tepungsari terjadi dari anther kepada stigma yang kedua-keduanya terletak pada bunga yang sama atau kepada stigma bunga lain dalam pohon yang sama, sedangkan penyerbukan silang adalah perpindahan tepungsari terjadi dari anther kepada stigma bunga yang terletak pada pohon lain. Berdasarkan kedua pengertian ini, maka tanaman-tanaman pertanian pada umumnya juga dapat dikelompokkan dua yaitu tanaman penyerbuk sendiri (*self-pollinated crops*) dan tanaman penyerbuk silang (*cross-pollinated crops*) dengan contoh sebagaimana pada Tabel 3.

Penyerbukan terjadi, apabila tepungsari sudah masak atau dewasa sehingga anther akan membuka dan tepungsari dilepaskan keluar dan jatuh pada stigma yang sesuai (Gambar 3). Pada familia graminae, tepungsarinya kecil dan ringan sehingga mudah diterbangkan angin dengan tergoyang-goyangnya anther. Stigma graminae umumnya bercabang-cabang sehingga memperbesar jumlah butir tepungsari yang tersangkut. Graminae mempunyai 20-50 juta tepungsari tiap kelompok bunga jantan (*tassel* atau malai).

Tabel 3. Contoh penyerbukan pada beberapa tanaman Pertanian

No	Penyerbukan sendiri	No	Penyerbukan silang
1	<i>Arachis hypogeal</i>	1	<i>Lotus corniculatus</i>
2	<i>Glycine max</i>	2	<i>Lotus uliginosus</i>
3	<i>Lespedeza cuneata</i>	3	<i>Medicago falcate</i>
4	<i>Lespedeza stipulacea</i>	4	<i>Medicago sativa</i>
5	<i>Lespedeza striata</i>	5	<i>Melilotus officinalis</i>
6	<i>Lespedeza hispida</i>	6	<i>Melilotus alba</i>
7	<i>Pisum arvense</i>	7	<i>dentate</i>
8	<i>Trifolium dubium</i>	8	<i>Trifolium</i>
9	<i>Trifolium</i>	9	<i>alexandrinum</i>
10	<i>procumbens</i>	10	<i>Trifolium hybridum</i>
11	<i>Trifolium</i>	11	<i>Trifolium pretence</i>
12	<i>subterrarium</i>	12	<i>Trifolium repens</i>
13	<i>Trifolium agrarium</i>	13	<i>Trifolium</i>
14	<i>Vicia sativa</i>	14	<i>incarnavum</i>
15	<i>Vicia pannonica</i>	15	<i>Trifolium</i>
16	<i>Viigna sinensis</i>	16	<i>fragiferum</i>
17	<i>Oryza sativa</i>	17	<i>Trifolium</i>
18	<i>Sorghum vulgare</i>	18	<i>resupinatum</i>
19	<i>Coronilla varia</i>	19	<i>Vicia atropurpurea</i>
20	<i>Crotalaria spp.</i>	20	<i>Vicia villosa</i>
21	<i>Lathyrus sativus</i>	21	<i>Vicia faba</i>
22	<i>Lathyrus sylvestris</i>	22	<i>Lupinus albus</i>
	<i>Melilotus indica</i>	23	<i>Lupinus</i>
	<i>Ornithopus sativus</i>	24	<i>angustifolius</i>
			<i>Lupinus luteus</i>
			<i>Zea mays</i>
			<i>Anthylis vulneraria</i>
			<i>Lespedeza bicolor</i>
			<i>Lespedeza</i>
			<i>intermedia</i>
			<i>Lespedeza japonica</i>



Gambar 3. Peristiwa penyerbukan

Pada legume atau tanaman lain, penyerbukan tidak dengan pertolongan angin, tetapi dengan pertolongan insekta. Prosesnya, tepungsari tidak terbang tetapi melekat pada bagian luar anther dan selanjutnya melekat pada kaki insekta untuk dipindahkan ke putik bunga lain. Tepungsari yang jatuh melekat pada kepala putik kemudian membengkak dan membentuk tabung pollen, yang tumbuh memanjang sepanjang tangkai putik menuju

ke ovarium. Pada legume jaraknya 0,3-1,2 cm, dan pada sereal seperti jagung mencapai 5-35 cm. Pertumbuhan tabung pollen lamanya beberapa jam sampai beberapa hari sesudah penyerbukan, tetapi juga ada yang sampai beberapa bulan.

2.Pembuahan

Pembuahan adalah peristiwa bersatunya satu inti sperma (gamet jantan) yang berasal dari tabung pollen dengan inti telur dalam kantong embrio untuk membentuk sigot ($2n$) yang nantinya akan berkembang menjadi embrio (lembaga), dan inti sperma satunya bersatu dengan inti polar yang diploid (disebut *triple fusion*) yang akan berkembang menjadi endosperm yang bersifat triploid ($3n$). Dalam peristiwa pembuahan ini, terjadi dua pembuahan yang waktunya hampir bersamaan, maka pembuahan pada tumbuhan berbunga seperti ini disebut dengan pembuahan berganda (*double fertilization*).

Ovule (Bakal Biji)

Ovule adalah nusellus yang dibungkus oleh integument, yang nantinya setelah pembuahan akan berkembang menjadi biji, sedangkan ovarium akan berkembang menjadi buah. Ovule atau ovulum yang juga disebut megasporangium atau makrosporangium, pada waktu

mudanya terdiri atas dua bagian yaitu nusellus dan integument yang umumnya ada dua lapis, tetapi adakalanya juga ada yang satu lapis atau tiga lapis. Ovole yang mempunyai satu integument disebut unitegmik, dan yang mempunyai dua integument disebut bitegmik, sedangkan yang mempunyai tiga integument tritegmik tergantung famili tanaman yang bersangkutan. Apabila ada dua integument, mikrofil dapat dibentuk oleh kedua integument, integument dalam saja (endostome) atau integument luar saja (exostome).

Berdasarkan letak funiculus (tali pusar) terhadap mikrofil, maka ada 5 tipe ovulum dewasa yaitu:

- a) Atropous (Orthotropous), mikrofil terletak dalam satu garis lurus di atas funiculus terdapat pada Paparaceae, Urticaceae, dan Polygonaceae.
 - b) Anatropous, ovulum terbalik sempurna sehingga sejajar dengan funiculus terdapat pada Sybpetalceae.
 - c) Campylotropous, ovulum membengkok terdapat pada Leguminoceae.
 - d) Amphitropous, ovulum sangat membengkok sehingga bentuk embriosaknya juga membengkok menyerupai terompah kuda, terdapat pada Alismaceae dan Butomaceae.
-

- e) Hemitropous (Hemianatropous), nusellus dan integument tegak lurus pada funiculus, terdapat pada Ranunculus dan Tulbaghia.

3.Embrio

Embrio atau lembaga adalah tumbuhan kecil yang merupakan perkembangan dari sigot atau sel telur yang sudah dibuahi dan bersifat diploid, melalui pembelahan dan pembesaran sel.

Sigot → proembrio → embrio dewasa

Sesudah selesai pembuahan (*singamy*) sigot mengalami masa istirahat yang lamanya berbeda-beda tergantung spesies dan lingkungannya. Setelah istirahat sigot mulai membelah, yang biasanya didahului oleh pembelahan inti endosperm primer (calon endosperm). Biasanya pembelahan sigot terjadi 14-15 hari sesudah pembuahan, sedang inti endosperm primer 4-5 hari sesudah pembuahan. Hal ini terdapat pada *Theobroma cacao*. Periode istirahat sigot paling pendek terdapat pada Compositae, Graminae. Pada padi pembelahan sigot pertama terjadi 6 jam sesudah pembuahan, dan 18 jam kemudian embrio telah mempunyai 4-7 sel. Empat hari

sesudah pembuahan telah terjadi differensiasi dan dalam waktu 10 hari embrio sudah dewasa (masak).

Pada Tabel 4. berikut digambarkan urutan lamanya waktu sesudah penyerbukan dan terjadinya pertumbuhan tabung pollen dan perkembangan embrio serta endosperm pada *Hordeum distichon palmella*. Pada beberapa tanaman lain, pembelahan sigot bersamaan dengan pembelahan endosperm primer. Bahkan pada beberapa spesies *Allium*, pembelahan sigot mendahului inti endosperm primer.

4.Endosperm

Endosperm adalah jaringan makanan cadangan bagi embrio. Endosperm berkembang dari hasil fusi atau peleburan dari sel sperma dengan inti polar, sehingga menjadi bersifat triploid ($3n$) khususnya pada Angiospermae. Pada kelompok Gymnospermae (tanaman berbiji telanjang) tetap haploid. Fusi ketiga inti tersebut terjadi lebih dahulu daripada pembuahan sel telur. Hal ini disebabkan karena sel telur berdinding, sedangkan inti polar tidak berdinding, akibatnya perkembangan endosperm umumnya juga terjadi lebih dahulu daripada embrio.

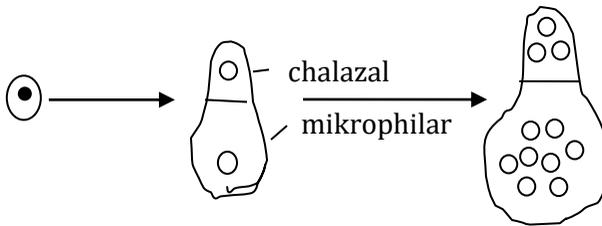
Ada 3 cara pembentukan endosperm yaitu tipe nuclear, tipe celulair, dan tipe helobial.

Tipe nuclear, pembelahan pertama atau beberapa pembelahan berikutnya dari inti endosperm primer tidak diikuti sitokinesis (pembentukan dinding sel) sehingga terjadi pembelahan inti telanjang (*free nuclear division*). Inti yang membelah tadi selamanya bebas dan tidak terpisah, tetapi kadang-kadang dipisah karena terbentuk dinding sel terutama di pinggiran.

Tipe cellulair, pembelahan pertama dan seterusnya dari inti endosperm primer selalu diikuti sitokinesis, sedangkan tipe helobial merupakan tipe antara nuclear dengan cellulair. Artinya pada pembelahan pertama diikuti pemisahan secara transversal, sehingga terbentuk dua ruang yang disebut ruang mikropilar dan ruang chalazal. Pembelahan berikutnya dalam masing-masing ruang tidak diikuti sitokinesis. Endosperm utama hanya terbentuk pada mikropilar yang lebih besar.

Tabel 4. Urutan peristiwa dari penyerbukan sampai pembelahan pertama sigot pada *Hordeum distichon palmella*

Waktu sesudah penyerbukan	Pertumbuhan tabung pollen	Pertumbuhan embrio	Pertumbuhan endosperm
5 menit	tepungsari berkecambah		
10 menit	gamet jantan di dalam tabung pollen		
45 menit	tabung pollen masuk kantong embrio	sesudah gamet jantan bersatu dengan sel telur	gamet jantan satunya bertemu dengan inti polar
5 jam		inti jantan membentuk sektor inti telur	inti jantan dan inti polar mulai melebur
6 jam		sektor jantan dari inti sigot menjadi lebih menyebar	pembelahan pertama inti endosperm primer
10 jam			pembelahan kedua inti endosperm primer
13 jam		prophase dari pembelahan pertama sigot	terbentuk 4 inti endosperm
15 jam		pembelahan pertama sigot hampir selesai	Terbentuk 8 inti endosperm



Pada fase permulaan, endosperm adalah hidup, tetapi pada fase tua endosperm menjadi mati, kecuali pada lapisan terluar yang disebut lapisan aleuron. Hal ini dijumpai terutama pada kelompok tanaman monokotil. Pada orchidaceae, pembentukan endosperm dapat tertahan, sehingga pada biji anggrek yang ada hanya embrio monokotil yang tidak sempurna karena tidak mempunyai endosperm. Oleh karena itu untuk dapat berkecambah biji anggrek membentuk mikoriza untuk menyerap air, sering juga memerlukan bantuan makanan dari luar yaitu medium agar.

Pada *Gnetum gnemon* (belinjo), embrio baru mulai tumbuh sesudah buah lepas dari pohon induk, sedangkan pada jenis-jenis lain monokotilembrio sudah dewasa pada saat lepas dari pohon induknya. Hanya ada yang mengalami dormansi beberapa waktu setelah lepas dari pohon induk.

Umpan balik:

Setelah membaca uraian di atas, jelaskan proses terbentuknya mikrospora dan makrospora ! Jelaskan pula proses terbentuknya endosperm dan embrio pada benih !

Bab IV

Pemasakan Biji

Pendahuluan

Pada Bab IV ini mahasiswa dapat menjumpai uraian tentang pemasakan biji. Relevansi terhadap mahasiswa yang akan mempelajari bab ini adalah mahasiswa dapat memahami secara baik dan benar tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan pemasakan biji, sehingga tidak keliru dalam penentuan sebagai benih suatu tanaman.

Tujuan instruksional khusus pada bab pemasakan biji adalah mahasiswa diharapkan nantinya dapat memahami dan menjelaskan tentang biji yang telah memenuhi kemasakan baik secara morfologis maupun secara fisiologis, sehingga dapat menentukan waktu panen yang tepat dan hasil yang tinggi, dan pada akhirnya dapat diperoleh hasil panen yang telah memenuhi syarat sebagai kualifikasi benih yang bermutu tinggi.

A. Pemasakan Biji

Hal yang penting dalam pemasakan biji adalah untuk mengetahui kapan sebaiknya biji akan dipanen, sehingga

diperoleh hasil sebanyak-banyaknya dan mutu benih yang setinggi-tingginya. Masalahnya adalah kalau biji terlalu lambat dipanen, banyak biji yang terlempar ke luar dari polong dan hilang atau jika padi-padian akan rontok dan hilang. Sebaliknya jika terlalu awal, sering biji belum masak penuh sehingga mutunya tidak bagus jika digunakan sebagai benih. Pemungutan terlalu awal sering terjadi pada pemungutan dengan menggunakan mesin, sehingga benih yang masih lunak akan rusak oleh mesin.

Diketahui bahwa biji dalam satu pohon, atau bahkan dalam satu malai atau satu rumpun tidak masak bersamaan. Adapun penggunaan mesin, hanya dapat memungut sekaligus dan tidak dapat memisahkan biji yang terlalu tua, sedang, atau terlalu muda. Akibatnya kerusakan benih pada biji yang terlalu muda tidak dapat dihindari. Pemungutan menggunakan tangan, hasilnya memang paling baik karena dapat melakukan seleksi dengan teliti. Tangan dapat memilih hanya biji-biji yang betul-betul masak, dan tidak terjadi kerusakan, meskipun relatif lambat.

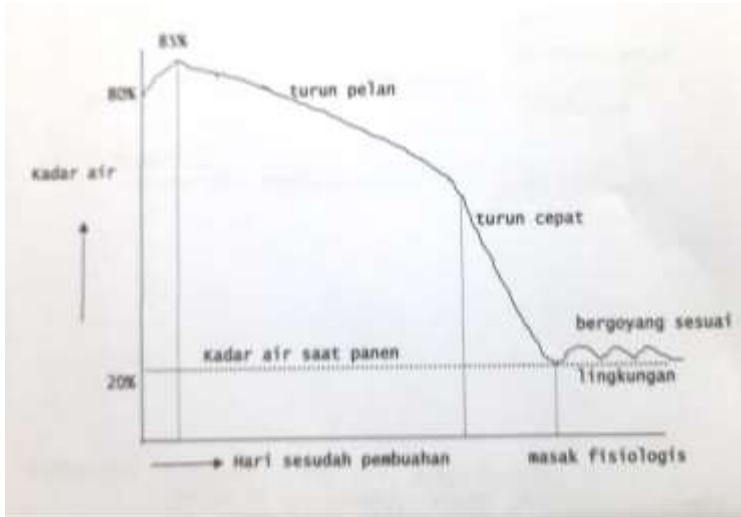
Periode pembentukan dan pemasakan biji sebenarnya terjadi sejak selesainya pembuahan, terbentuk sigot, pemasakan sampai dengan panen. Dalam periode pemasakan biji terjadi proses perubahan sebagai berikut:

1. Perubahan kadar air biji
2. Viabilitas biji yang dicerminkan oleh Gaya Berkecambah
3. Vigor (kekuatan tumbuh) benih
4. Bobot kering biji
5. Ukuran besar biji

Kelima proses ini perlu diketahui dan dipahami untuk menentukan saat panen yang terbaik, agar diperoleh mutu benih yang tinggi dalam hal viabilitas, vigor, bobot kering dan besar biji.

1. Kadar air biji

Pada legume dan padi-padian pada proses pembuahan, kandungan air pada kantong embrio sekitar 80%, kemudian meningkat menjadi 85%, selanjutnya menurun secara teratur berkorelasi dengan umur setelah pembuahan. Mendekati waktu biji masak, kadar air menurun dengan cepat sampai kurang lebih 20% pada sereal. Mulai saat ini telah tercapai bobot biji kering maksimum, selanjutnya kadar air berubah naik turun sesuai dengan keadaan lingkungan.



Gambar 4. Perubahan kadar air biji selama periode pemasakan biji dari sejak pemuahan di dalam ovule

Pengukuran kadar air

Pengukuran kadar air biji secara tepat dapat dilakukan dengan metode tungku atau oven berdasarkan bobot segar atau bobot kering. Caranya, contoh biji segar hasil panen , kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam secara terus menerus pada suhu 105-110° C. Sesudah biji didinginkan di dalam eksikator, kemudian ditimbang lagi sehingga diperoleh bobot kering. Kadar air biji dapat dihitung menurut rumus:

$$\text{Kadar air biji} = \frac{\text{bobot segar} - \text{bobot kering}}{\text{bobot segar}} \times 100\%$$

Ini disebut kadar air berdasarkan bobot segar (*Wet weight basis*) biasa dipakai pada industri

$$\text{Kadar air biji} = \frac{\text{bobot segar} - \text{bobot kering}}{\text{bobot kering}} \times 100\%$$

Ini disebut kadar air berdasarkan bobot kering (*Dry weight basis*) biasa dipakai untuk penelitian ilmiah

Cara lain yang lebih cepat, tetapi kurang akurat adalah dengan menggunakan alat-alat otomatis, seperti Moisture tester universal, Moisture tester Burrow, Moisture tester digital, dan lain-lain.

Kadar air biji penting untuk menetapkan saat panen, tiap spesies dan varietas memerlukan kadar air tertentu untuk dipanen agar diperoleh mutu benih yang tinggi. Di daerah tropis rata-rata kadar air biji di sekitar 20-25%, umumnya kadar air 30% merupakan batas tertinggi. Panenan dengan kadar air biji di atas 30% tidak baik, karena sukar untuk pengirikan (*threshing*). Di samping itu biji ini akan menjadi rapuh apabila dikeringkan sampai di bawah 20%, dan bila digunakan pengering buatan akan terlalu mahal karena memerlukan bahan bakar lebih

banyak. Tetapi juga tergantung kepada jenis atau spesies, ada yang baik dipanen pada kadar air biji 10-12%.

Masak Fisiologis

Biasanya masak fisiologis dicapai pada saat kadar air biji menurun dengan cepat sampai pada suatu titik yang stabil. Pada saat ini translokasi asimilat ke dalam biji dihentikan, proses pertumbuhan pada biji berhenti. Jadi pada saat ini biji telah mencapai besar maksimum, bobot kering maksimum, viabilitas maksimum dan vigor maksimum, sehingga disebut sebagai mutu benih tertinggi. Oleh karena itu pemungutan terbaik ditinjau dari segi mutu benih maupun hasil, adalah pada saat masak fisiologis. Jika terjadi pemungutan tertunda akan terjadi; penurunan mutu benih, penurunan hasil, kerusakan biji akibat serangan penyebab penyakit dan hama, kerontokan biji, dan tanaman rebah.

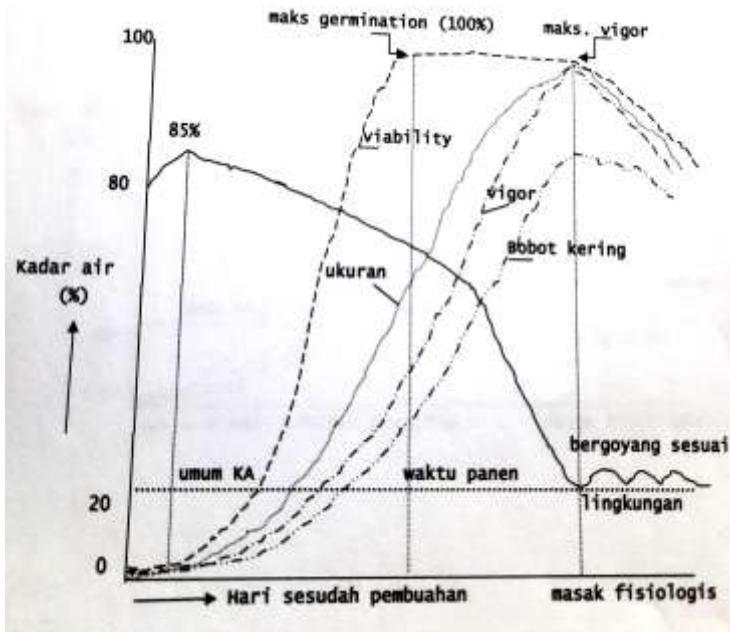
Sering dijumpai masalah di lapangan pada beberapa spesies atau varietas yaitu pada saat masak fisiologis telah dicapai, ternyata kadar air masih relative tinggi sekitar 40-65% (gandum), 35-40% (jagung), yang berarti kurang baik untuk dipanen. Hal ini perlu penundaan saat panen agar kadar air biji berada di bawah 30%. Tindakan yang dapat dilakukan pada jagung adalah dengan cara

pemangkasan pucuk, di atas tongkol untuk mempercepat penurunan kadar air biji. Pada padi sawah, dengan dilakukan pengurangan pengairan.

2. Bobot kering biji

Bobot kering biji, erat hubungannya dengan hasil. Bahan kering biji terdiri atas karbohidrat, protein dan lemak atau lipid yang tersimpan dalam jaringan penyimpan yaitu kotiledon pada legume dan endosperm pada gramineae. Bobot biji setelah pembuahan meningkat, mula-mula lambat kemudian cepat dan mencapai maksimum pada saat masak fisiologis. Sesudah itu bobot kering maksimum hanya bergoyang menyesuaikan perubahan kelembaban udara di sekitarnya. Tetapi beberapa hari setelah lewat dari masak fisiologis, apabila tidak segera dilakukan pemungutan hasil dan disimpan di tempat yang baik, bobot kering akan turun sampai 15-25%. Hal ini disebabkan oleh karena (1) pernafasan yang masih terus berlangsung, sehingga terjadi perombakan zat cadangan makanan. Padahal translokasi sudah terhenti sejak masak fisiologis, (2) Terjadinya perombakan lemak menjadi asam lemak (5-7%) akan menyebabkan pembusukan, misalnya pada kedele. Peristiwa ini mengakibatkan penurunan mutu biji kedele.

Setelah masak fisiologis tercapai, disebut periode lewat masak (*post maturity period*) sampai waktu panen. Periode waktu ini juga disebut masa pra panen (*pre-harvest period*). Masa pra-panen ini tidak boleh terlalu lama. Apabila biji terlalu lama dibiarkan di lapangan, akan berakibat biji mengalami kemunduran mutu (*deterioration*) atau rusak lebih cepat karena lapangan bukan merupakan tempat penyimpanan yang baik. Lapangan tidak dapat dikontrol terutama dalam hal suhu dan kelembaban udaranya. Sering dialami oleh para petani di daerah tropis dengan padi varietas unggul, apabila terlambat dipanen atau terlalu lama tinggal di lapangan sesudah panen, maka gabah akan terlihat hitam dan berasnya menjadi putih mengapur. Beras yang normal adalah berwarna putih benih.



Gambar 5. Perubahan kadar air, bobot kering, viability (kekuatan kecambah), vigor (kekuatan tumbuh) dan ukuran besar selama periode pemasakan biji dari sejak pematangan sampai panen

Keterangan:

- = kadar air (moisture content)
- = Bobot kering (dry weight)
- = ukuran besar (size)
- . - . - . = kekuatan tumbuh (vigor)
- - - - - = kekuatan kecambah (viability)

3. Viabilitas dan Vigor Benih

Viabilitas diuji dengan gaya berkecambah pada keadaan menguntungkan dan sesuai standard. Vigor diuji dengan gaya berkecambah dalam lingkungan yang tertekan atau diuji dengan kecepatan berkecambah (indeks kecepatan berkecambah). Viabilitas, yang diukur dengan gaya berkecambah erat hubungannya dengan pemasakan biji.

Pada umumnya orang mengira, bahwa biji hanya dapat berkecambah sesudah mencapai masak fisiologis dan dipanen. Sebenarnya biji sudah dapat berkecambah jauh sebelum mencapai masak fisiologis atau bobot kering maksimum. Biji dapat berkecambah dan tumbuh beberapa hari sesudah pemuahan. Pada padi 10-12 hari, dan pada beberapa varietas gandum 4-5 hari sesudah pemuahan, asal dilakukan dengan hati-hati dan dengan media kultur yang khusus. Hal ini disebabkan kecambah ini sangat lemah, karena: (1) bobot kering masih rendah, (2) biji masih kecil, dan (3) fisiologis biji belum masak, serta (4) jaringan penunjang tidak tumbuh dengan baik. Cara pengecambahan embrio pada media kultur ini sering dilakukan pada sigot antar spesies atau antar genus yang biasanya mati sebelum dewasa (mencapai masak fisiologis)

Viabilitas ini kian meningkat dengan bertambah tuanya biji dan mencapai maksimum germination, jauh sebelum masak fisiologis atau bobot kering maksimum tercapai (Gambar 6). Sampai masak fisiologis tercapai, maksimum germination ini konstan, tetapi sesudah itu akan menurun dengan kecepatan yang sesuai dengan keadaan jelek lapangan. Semakin jelek keadaan lapangan semakin cepat turunnya viabilitas.

Kurva vigor dan ukuran dari biji hampir bersamaan, paralel, begitu juga terhadap kurva bobot kering. Maksimum Vigor maksimum, ukuran maksimum, dan bobot kering maksimum tercapai pada waktu yang sama yaitu pada saat tercapainya masak fisiologis. Setelah masak fisiologis tercapai, ukuran dan vigor, ini menurun sesuai dengan keadaan lapangan yang jelek. Semakin lama biji berada di lapangan sesudah masak fisiologis tercapai, vigor dan ukuran semakin turun.

Jadi untuk mendapatkan biji dengan viabilitas dan vigor yang tinggi, dianjurkan pemanenan jangan terlalu terlambat (terlalu lama dari masak fisiologis). Hendaklah dilakukan pemanenan pada saat vigor maksimum dan bobot kering maksimum, dan asal kadar air biji sudah menurun sampai $\pm 20\%$. Hal ini dilakukan untuk

memperoleh benih dengan kualitas tinggi baik dalam arti botanis atau ekonomis.

Dibandingkan dengan bobot kering, viabilitas dan vigor turun lebih cepat setelah masak fisiologis. Pengaruh lingkungan pada periode ini lebih nyata terhadap kualitas biji daripada kuantitas. Umumnya pengaruh lingkungan dapat dibedakan atas; (1) pengaruh lingkungan lebih besar terhadap hasil, secara fisiologis pengaruh ini dialami pada periode pertumbuhan intensif pada tanaman. Cuaca jelek seperti kekeringan yang panjang selama periode pertumbuhan intensif dapat menurunkan hasil yang besar pada tanaman padi sawah tadah hujan; (2) pengaruh lingkungan lebih kecil terhadap viabilitas, vigor dan ukuran biji; (3) pengaruh lingkungan lebih kecil terhadap kualitas biji, tetapi cuaca jelek seperti hujan terlalu banyak selama periode lewat masak pada tanaman kapas dan kedele dapat menurunkan kualitas biji secara tegas.

B. Proses fisiologis pada periode pemasakan biji

Pada periode pemasakan biji terjadi penurunan kadar air, dan pada sereal mencapai sekitar 20% yaitu pada waktu dicapai bobot kering maksimum. Sejak saat itu, biji mulai masuk periode lewat masak, dan semua aktivitas fisiologis mengalami penurunan atau dihambat. Begitu

pula selama dalam penyimpanan dengan kondisi yang baik untuk penyimpanan, dengan suhu, kelembaban relatif dan kadar air rendah, serta dalam keadaan gelap.

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam proses fisiologis atau metabolisme disini adalah; (1) proses translokasi (gula, asam lemak dan asam amino), (2) pernafasan, (3) perombakan karbohidrat oleh enzim amylase, lemak oleh enzim lipase, dan protein oleh enzim proteinase, (4) proses pertumbuhan *embryonic axis*.

Pada biji dari tipe buah kering, makin rendah kadar air biji (serealia, legume) makin tahan disimpan dalam arti tidak mengalami kemunduran viabilitas karena aktifitas metabolisme sangat dihambat. Pernafasan dalam keadaan demikian sulit diukur karena sangat rendah intensitasnya. Tetapi begitu kondisi penyimpanan berubah yang berlawanan yaitu suhu, kelembaban relatif dan kadar air biji tinggi, maka aktifitas fisiologis dipacu lagi untuk meningkat dan akhirnya biji berkecambah. Kondisi suhu, kelembaban relatif di daerah tropis sangat menguntungkan untuk perkecambahan, dan kurang menguntungkan untuk penyimpanan. Benih dalam kondisi penyimpanan yang baik akan berada dalam keadaan istirahat dan bukan dormansi.

Pada percobaan Baily (1921) dengan benih jagung, menunjukkan bahwa CO₂ yang dilepaskan meningkat dari 0,7 mg tiap gram bobot kering selama 24 jam dengan kadar air benih 11%, menjadi kira-kira 60 mg apabila kadar air benih dinaikkan menjadi 18%. Juga dijumpai keadaan yang sama pada biji padi, sorghum dan gandum CO₂ yang dikeluarkan meningkat apabila kadar air benih dinaikkan. Cepatnya kenaikan CO₂ yang dikeluarkan dengan meningkatnya kadar air benih berbeda untuk masing-masing benih.

Pada umumnya sewaktu benih kering menyerap air terjadi peningkatan pertukaran gas dimana hal ini terbukti dengan segera tertangkapnya gas yang dilepaskan dari benih tersebut. Suatu masalah yang kompleks terdapat dalam mengukur besarnya pertukaran gas pada biji kering itu dengan tepat. Hal ini disebabkan karena ternyata pada umumnya suatu tumpukan biji terkontaminasi oleh bakteri dan cendawan baik pada kulit biji maupun dijumpai di antara kulit biji dan biji. Mikroorganisme ini juga mempunyai tipe pernafasan yang sama dengan biji. Jadi sewaktu pengukuran besarnya pertukaran gas biji, termasuklah gas yang dipertukarkan oleh mikroorganisme tadi yang tidak diketahui besarnya.

Hal ini dapat dibuktikan dengan pemeraman biji lepas panen, misalnya pemeraman padi di sawah sebelum di-irig, penyimpanan padi di gudang yang diinfeksi oleh cendawan. Pada pemeraman atau didapat pada Leguminosae. Sering juga kulit biji tersebut impermeable untuk gas seperti oksigen dan karbon dioksida, walaupun permeable untuk air. Sebagai contoh kulit biji yang impermeable untuk oksigen ditemukan pada biji Xanthium, dimana kulit yang terletak sebelah atas dalam buahnya kurang permeable terhadap oksigen dibandingkan dengan biji sebelah bawah.

C. Kimiawai Biji

Sebelum mempelajari tentang perkecambahan, terlebih dahulu perlu memahami pengetahuan tentang kimiawi biji, dengan alasan-alasan sbb.:

- a. Biji merupakan sumber pokok makananan untuk orang dan ternak
 - b. Biji merupakan sumber utama obat-obatan
 - c. Biji mengandung macam-macam anti metabolit yang berpengaruh jelek terhadap nutrisi orang dan ternak.
 - d. Yang terpenting, biji mengandung persediaan makan dan substansi pertumbuhan yang
-

mempengaruhi perkecambahan biji dan vigor bibit, penyimpanan biji dan umur biji.

Walaupun pengetahuan orang, kebanyakan baru terbatas pada tanaman budidaya, namun untuk tanaman liar atau tanaman baru perlu dikaji. Di samping berisi senyawa kimia normal yang terdapat pada semua jaringan tumbuhan, juga berisi senyawa kimia ekstra yang tersimpan sebagai makanan cadangan untuk perkecambahan. Senyawa cadangan ini terutama karbohidrat, lemak (lipid = minyak) dan protein.

Di samping itu biji masih mengandung substansi kimia lain, yang beberapa memainkan peranan minor dalam penyimpanan dan sebagian besar melayani sebagai substansi pertumbuhan dan pengendalian metabolisme. Dibanding dengan bagian lain tanaman, sebagian besar biji hanya mengandung sedikit hara yang terpusat pada kulit dan jaringan struktur. Di antara biji yang komposisi mineralnya nisbi tinggi adalah pada boncis, kapas, bunga matahari, kedele dan sereal yang masih lengkap dengan kulitnya.

Komposisi kimia biji terutama ditentukan oleh faktor genetik, tetapi lingkungan dan cara budidaya seperti saat tanam, pemupukan juga mempengaruhinya. Oleh karena itu berbeda antar spesies bahkan varietas, sehingga

dengan pemuliaan dapat merubah komposisi kimia yang menuju antara spesies pada peningkatan komponen yang berharga (protein, lemak, dan karbohidrat)

Tabel 5. Contoh komposisi kimia Jagung

Kandungan Kimia	Seluruh biji	Endosperm	Embrio	Perikarp - Testa
Pati	74,0	87,0	9,0	7,0
Gula	1,8	0,8	10,4	0,5
Lemak	3,9	0,8	31,1	1,2
Protein	8,2	7,2	18,9	3,8
Abu	1,5	0,5	11,3	1,0

Karbohidrat dalam biji

Karbohidrat adalah substansi utama yang tersimpan dalam biji pada kebanyakan tanaman budidaya. Serealia kaya karbohidrat dan miskin lemak dan protein. Pea dan boncis moderat tinggi karbohidratnya, protein lebih sedikit dan lemak sangat sedikit. Bentuk karbohidrat utama adalah pati dan hemisellulosa. Karbohidrat lain yang terdapat tidak tersimpan adalah pectin dan mucilage.

Pati

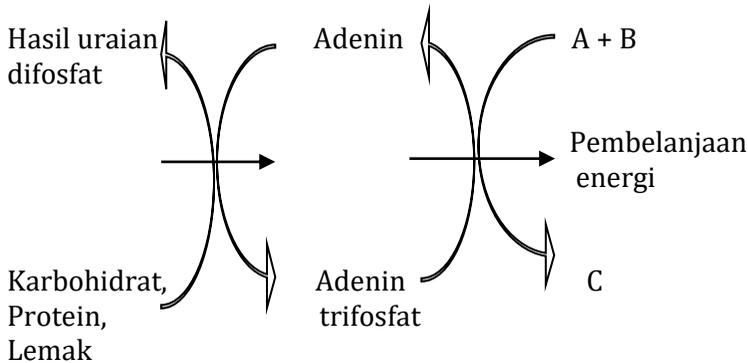
Pati terdapat di dalam biji, ada dua bentuk yaitu amilosa dan amilopektin, yang semuanya diperlukan nanti di dalam

perkecambahan biji. Keduanya adalah molekul polymerisasi rantai panjang dari glukosa.

Amilosa : ± 300-400 rantai glukosa yang lurus dengan berat molekul nisbi ringan, jika ditambah iodine akan berwarna biru yang berarti 100% dicerna oleh β amylase.

Amilopektin: molekulnya jauh lebih besar daripada amilosa (bisa 1000X) dan bercabang-cabang pada atom C nomor 6 dan nomor 1. Berat molekul jauh lebih besar dan hanya 50% dan bercabang-cabang pada atom C nomor 6 dan nomor 1. Berat molekul jauh lebih besar dan hanya 50% dicerna β amylase, jika ditambah iodine akan berwarna *red purple*.

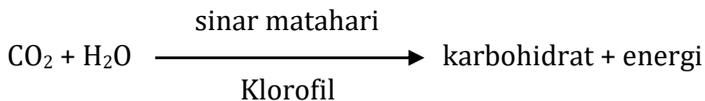
Kebanyakan butir-butir pati berisi 50-75% amilopektin dan 20-25% amilosa, makin lekat makin tinggi amilopektinnya. Pati ini dengan proses hidrolisis pecah menjadi monosakarida (1 unit glukosa) dan disakarida (2 unit glukosa) selama perkecambahan sbb.:



ATP (*Adenosin Tri Phosphat*) menyimpan energi yang akan dipakai untuk transportasi atau merubah $A + B \rightarrow C$. Pada waktu itu ATP kehilangan energi menjadi ADP, yang akan berubah lagi menjadi ATP oleh penguraian karbohidrat.

Hubungan energy pada Metabolisme

Tiap molekul karbohidrat, lemak dan protein mengandung energi kimia potensial yang ditangkap dari energi sinar matahari pada waktu fotosintesis.



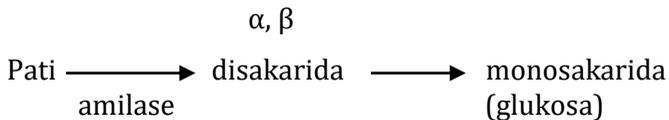
Bila molekul karbohidrat diurai, energy dibebaskan dan akan disimpan pada ATP (ikatan fosfat kaya energi) yang

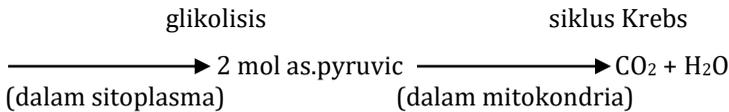
akan bergerak ke bagian-bagian sel yang diperlukan untuk bekerja (biosintesis susunan kimia baru). Selama biosintesis ATP dirubah menjadi ADP dan fosfor organik. ADP lalu diubah dengan energi lagi dengan dikirim ke mitokondria menjadi ATP.

Metabolisme Karbohidrat

Amilopektin dan amilosa dihidrolisir oleh α dan β amylase menjadi disakarida (maltosa) yang akan terpisah lagi menjadi 2 monosakarida (unit glukosa). Beberapa unit glukosa berubah lagi menjadi disakarida (sukrosa) yang sangat mobil untuk ditranslokasikan ke tempat lain, selanjutnya dirubah lagi menjadi glukosa atau digunakan langsung untuk sintesis.

Glukosa diuraikan lagi oleh respirasi yang disebut dengan glukolisis, menghasilkan 2 molekul asam *pyruvic*, yang selanjutnya diuraikan lagi menjadi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ oleh suatu rangkaian reaksi yang disebut siklus asam trikarboksilik (*Krebs cycle*).

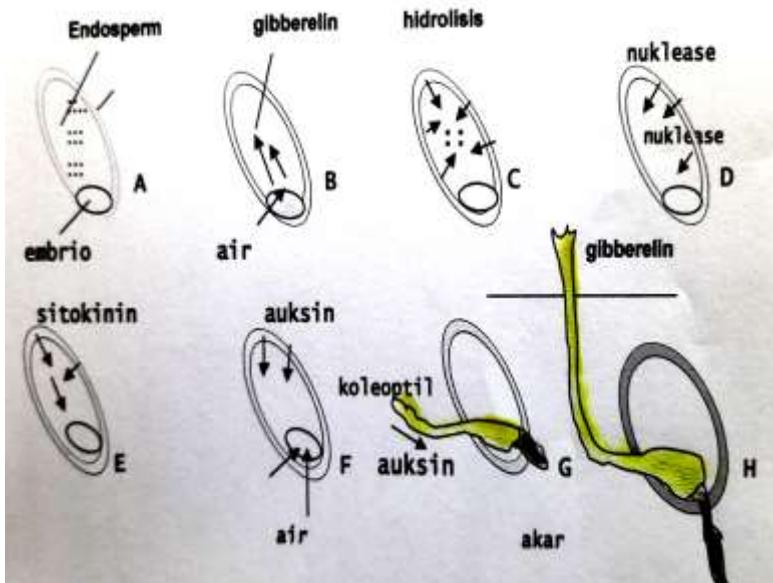




Dalam proses glikolisis maupun siklus Krebs, menghasilkan ATP.

Hidrolisasi pati oleh α dan β amylase dipicu oleh kejadian pada titik tumbuh embrio (poros akar dan pucuk yang sedang tumbuh, serta skutellum), dibentuk gibberelin yang lalu bergerak ke lapisan aleuron pada endosperm, dan merangsang pembentukan amylase dan enzim hidrolisis lain. Enzim-enzim ini menghidrolisis pati dan senyawa tersimpan lain di endosperm menjadi larut dan diangkut lewat skutellum ke titik tumbuh dan member makan bibit yang sedang tumbuh.

1. Menyerap air dari tanah hingga embrio membentuk gibberelin (A)
 2. Gibberelin berdiffusi ke lapisan aleuron yang mengelilingi endosperm (B), sehingga terbentuk enzim-enzim
 3. Enzim-enzim menghidrolisir senyawa cadangan dan larut (C dan D)
 4. Dalam proses tersebut terbentuk pula sitokinin dan auksin (E dan F) yang merangsang pertumbuhan embrio dengan pembelahan dan pembesaran sel.
-



Gambar 6. Proses perkecambahan benih serealia di bawah permukaan tanah (diatur oleh sejumlah hormon yang bekerja yang berurutan).

5. Bila pucuk telah mulai tumbuh ke luar dari kulit biji ke tanah, auksin bergerak ke bagian yang lebih rendah sehingga bibit dapat tumbuh lebih cepat dan titik tumbuh mengarah ke atas menuju ke permukaan tanah (G).
6. Setelah pucuk memperoleh sinar matahari, dapat melakukan kegiatan fotosintesis (H).

Hemisellulosa

Selain pati, bentuk utama karbohidrat yang tersimpan di dalam biji juga berupa hemisellulosa. Biasanya terdapat di dalam dinding sel tanaman, meskipun pada beberapa biji dijumpai juga sebagai bahan makan cadangan. Termasuk di dalam hemisellulosa adalah xylem, mannan dan galaktan. Biasanya terdapat pada lapisan ke tiga dinding sel yang menebal pada endosperm atau kotiledon. Terutama dijumpai pada spesies palmae, tetapi juga terdapat pada kotiledon dan endosperm beberapa spesies. Karbohidrat lain yang kadang-kadang terdapat di dalam biji adalah mucilages dan senyawa pectic.

Lipida

Lipida adalah substansi tanaman atau tumbuhan yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam ether, chloroform, benzene, atau solvent lemak lainnya dan memiliki hubungan dengan asam lemak sebagai ester. Dari itu mereka adalah salah satu dari ester dari asam lemak dan gliserol atau berbagai produk hidrolitiknya. Mereka dikenal sebagai gliserida atau trigliserida karena tiap molekul gliserol dikombinasi dengan 3 molekul asam lemak. Istilah lipida sering dipertukarkan dengan lemak dan minyak meskipun sesungguhnya lipida adalah istilah

asal dari keduanya. Minyak dibedakan dengan lemak, hanya dikarenakan bahwa minyak tetap dalam bentuk cair pada suhu kamar, sedang lemak (fat) tetap padat. Minyak (oil) sering disebut sebagai fatty oil untuk membedakan dengan essential oil yang secara kimiawi tidak ada hubungannya.

Lipida dapat dibedakan melalui simple, compound dan derivadnya. Lipida sederhana termasuk ester dari asam lemak dan gliserol atau berbagai alkohol lain. Di antara lipida sederhana adalah fat dan minyak fat. Compound lipid adalah ester dari asam lemak yang mengandung kelompok senyawa tambahan, misalnya phospholipid. Derivad lipid, berasal dari simple atau compound lipid dengan cara hidrolisis dan larut dalam pelarut lemak. Sebagian besar dari lipida biji adalah simple lipida yang termasuk fat, fatty oil dan waxes. Hidrolisis lemak selama perkecambahan atau deteriorasi terjadi oleh kerjanya enzim lipase yang menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Asam lemak lebih jauh dioksidasi menjadi senyawa sederhana oleh berbagai proses oksidatif.

Nilai dari lipida biji untuk pangan atau industry telah memberikan kontribusinya cukup besar terhadap pengetahuan kita tentang biji yang berminyak. Lipida yang tersimpan dalam biji yang berupa minyak biji memiliki

banyak aneka guna di dalam industri. Berlawanan dengan lemak binatang, lemak tumbuhan yang susunan kimianya sangat tidak jenuh (*unsaturates*) sangat bermanfaat untuk tujuan kesehatan. Kandungan lipida tinggi biasanya diasosiasikan dengan kandungan protein yang tinggi pula (kedele, kacang), tetapi pada beberapa spesies diasosiasikan dengan kandungan karbohidrat yang tinggi (oaks).

Dalam metabolisme lipida, untuk biji yang mengandung minyak, langkah pertama penggunaan bahan cadangan yang disimpan juga menyangkut reaksi hidrolisis menggunakan enzim. Enzim lipase untuk memotong ikatan ester dan menghasilkan asam lemak bebas, serta gliserol. Asam lemak bebas lebih jauh di degradasi lagi dengan salah satu dari proses α oksidasi atau β oksidasi. Alpha oksidasi tidak begitu berperan pada benih yang berkecambah, dan yang lebih berperan adalah β oksidasi. Melalui bantuan β oksidasi dari asam lemak dibentuk Asetil Co-enzim A dan energi dalam bentuk ATP. Asetil Co-enzim A masuk ke siklus Krebs untuk oksidasi lengkap ke CO_2 , H_2O dan ATP, atau masuk ke siklus glioksilate menghasilkan sukrosa.

Protein

Protein adalah molekul yang mengandung N yang berukuran besar dan bersusunan kompleks, jika dihidrolisis sebagian besar akan berubah menjadi asam amino. Protein yang tersimpan di dalam biji sangat penting untuk kehidupan tanaman maupun binatang. Dalam semua reaksi fisiologis sel hidupnya berputar sekitar sifat fisik dan kimia dari protein tersebut atau senyawa yang terkait. Komponen utama protoplasma selain air adalah protein. Protein merupakan komponen-komponen *food storage* yang berharga dalam biji banyak spesies. Pada biji kedele protein lebih banyak daripada lemak dan karbohidrat. Tanaman yang pada umumnya kandungan proteinnya tinggi adalah yang menambat N, walaupun banyak juga yang non legume, proteinnya juga tinggi. Sebagian besar protein biji, metabolimanya adalah in aktif, yang melulu bertindak sebagai persediaan untuk pertumbuhan embrio. Ini berbeda dengan protein yang aktif, adalah enzim yang jumlahnya sedikit tetapi sangat penting untuk perkembangan dan berkecambahnya benih.

Protein aktif lain adalah nukleo protein yang merupakan penyusun utama DNA (*Dioxy Nucleic Acid*) dan RNA (*Ribo Nucleic Acid*). Protein disimpan dalam biji dalam unit-unit yang disebut badan-badan protein, bentuknya seperti

butiran-butiran pati yang merupakan campuran dari protein yang berbeda-beda. Protein yang merupakan unit-unit yang tersimpan dalam lapisan aleuron albuminous pada biji sereal yang selama perkecambahan memainkan peranan sebagai persediaan makan dan sebagai enzim hidrolisa untuk menguraikan karbohidrat.

Menurut Osborne ada empat kelompok protein berdasar solubilitasnya:

- globulin dan albumin yang metabolik aktif
 - glutelin dan prolamin yang metabolik in aktif
- (1) Albumin biji, larut dalam air pada reaksi yang netral atau sedikit masam, terjadi koagulasi bila dipanasi (leukosin pada sereal, legumelin pada polong dan risin pada padi)
 - (2) Globulin biji, larut dalam larutan alkalis, tetapi tidak larut dalam air, lebih sulit koagulasi apabila dipanasi (legumin, virgin, glisine, visilin, dan arasine)
 - (3) Glutelin biji, tidak larut dalam air atau larutan garam (glutenin dan oryzenin pada padi)
 - (4) Prolamin biji, larut dalam etil alcohol 70-90%, tetapi tidak larut dalam air. Hanya terdapat dalam biji sereal(gliadin zein).

Metabolisme Protein

Relatif tidak banyak diketahui penguraian protein dalam perkecambahan. Tetapi proteolitik enzim, yaitu proteinase (endopeptidase, karboksi peptidase, dan amino peptidase) tersangkut dalam memecah ikatan peptide protein untuk melepaskan asam amino. Proteinase ini meningkat cepat selama perkecambahan. Waktu protein diurai selama perkecambahan, asam amino dan amida meningkat di kotiledon dan diikuti sintesis protein di titik tumbuh embrio. Setelah asam amino bebas dilepas dari kompleks protein, akan diurai lagi melalui tiga proses berikut:

- (1) Deaminasi, menghasilkan NH_3 dan skelet karbon yang akan masuk ke proses metabolisme
- (2) Dengan kerjanya enzim trans aminase akan dihasilkan asam keto masuk ke siklus Krebs untuk diurai menjadi CO_2 , H_2O dan ATP
- (3) Digunakan untuk sintesis protein lagi di bagian biji yang berkecambah

Senyawa kimia lain dalam biji

Tanin, terdapat pada seed coat, yang dapat merontokkan rambut.

Alkaloid, seperti morphine, strychnine, atropine, colokicine, caffeine, nicotine, dan theobromine).

Glukoside, seperti salicin, amygdalin, sinigrin, dan aesculin.

Phytotes, Pengatur tumbuh atau Hormon adalah senyawa organik yang keberadaannya dalam tumbuhan dalam jumlah sangat sedikit, tetapi memberikan pengaruh pengaturan pada metabolisme. Misalnya auksin, yang banyak adalah IAA (Indole Asetik Asid) mengatur fototropisme, geotropisme, pembungaan, perkecambahan, dormansi mata tunas, pemanjangan batang, pembentukan lapisan abscission daun.

Gibberelin, berperan dalam mendorong pembungaan dan inisiasi.

Sitokinin, berperan dalam pertumbuhan sel dan differensiasi, serta menghambat senescence (penuaan) daun.

Inhibitor, berperan dalam keseimbangan atau interaksinya dengan growth promoter dan menimbulkan dormansi. Misalnya; dormin, abscission II, coumarine, dan ethylene.

Vitamin, memiliki fungsi seperti zat pengatur tumbuh, tetapi peranannya dalam tanaman belum banyak diketahui.

Umpan balik:

Setelah membaca uraian di atas, jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penyerapan air oleh benih ! Bagaimana mekanismenya ?

Bab V

Perkecambahan Benih

Pendahuluan

Pada Bab V ini mahasiswa dapat menjumpai uraian tentang pengertian perkecambahan, syarat-syarat terjadinya perkecambahan, tahap-tahap dalam proses perkecambahan dan substrata perkecambahan. Relevansi terhadap mahasiswa yang mempelajari bab ini adalah mahasiswa dapat melakukan kegiatan perkecambahan secara baik dan benar, melakukan penilaian kecambah benih yang normal dan tidak normal, serta dapat melakukan pengujian terhadap mutu benih melalui viabilitas dan vigor di bab berikutnya.

Tujuan instruksional khusus pada bab perkecambahan benih adalah mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan tentang arti perkecambahan, syarat-syarat perkecambahan, proses dan macam-macam substrat perkecambahan.

A. Pengertian Perkecambahan

Perkecambahan adalah proses pengaktifan kembali aktivitas pertumbuhan *embryonic axis* di dalam benih yang terhenti untuk kemudian membentuk bibit. Sebagian benih dapat segera berkecambah setelah lepas dari tanaman induk, sebagian lagi perlu waktu tertentu sebelum berkecambah, beberapa bahkan tidak dapat berkecambah karena mengalami dormansi. Waktu perkecambahan ini bervariasi untuk masing-masing jenis benih mulai beberapa hari sampai dengan ada yang tahunan.

Pada embrio yang sangat muda, sel-sel hampir sama bentuk dan belum terdapat differensiasi organ seperti pada tumbuhan dewasa. Sel-sel ini kemudian membagi diri berulang kali, ukuran sel bertambah besar dan setelah beberapa waktu kelihatanlah organ-organ permulaan yang belum tumbuh sempurna seperti akar, batang, dan daun. Peristiwa seperti ini sering disebut sebagai pertumbuhan yang meliputi pertambahan jumlah sel, pembesaran ukuran sel dan differensiasi sel menjadi jaringan.

Secara visual dan morfologis, suatu benih yang berkecambah umumnya ditandai dengan terlihatnya akar atau daun yang keluar menonjol dari biji. Pendapat lain menyebutkan bahwa perkecambahan ditandai oleh adanya

aktivitas enzim sebelum akar atau daun muncul. Sebetulnya pada saat tersebut memang proses perkecambahan sudah dimulai dan berlangsung sebelum kenampakan ini.

B. Syarat Perkecambahan

Selama periode waktu tertentu sesudah panen, pada umumnya benih dari kebanyakan tanaman menghendaki beberapa syarat khusus untuk dapat memulai perkecambahan. Benih-benih ini pada umumnya akan berkecambah segera pada keadaan lingkungan yang hampir bersamaan, akan tetapi dari biji tanaman tertentu terutama biji rerumputan menghendaki keadaan lingkungan khusus untuk dapat berkecambah.

Persyaratan untuk berkecambah yang berbeda-beda dari bermacam-macam benih adalah penting untuk diketahui untuk: (1) sebagai pedoman untuk penanaman benih; (2) sebagai pedoman untuk menetapkan perlakuan atau *treatment* tertentu terhadap benih; (3) sebagai petunjuk untuk pengendalian tumbuhan pengganggu atau gulma terutama biji rerumputan.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi agar benih dapat berkecambah meliputi dua faktor; faktor pertama dari dalam benih sendiri dan faktor kedua adalah faktor luar

benih atau lingkungan. Faktor dalam benih meliputi; kemasakan benih, umur benih, kerusakan mekanis dan kondisi penyimpanan. Semakin ditunda waktu panen benih atau sebaliknya semakin muda benih dipanen, semakin rendah perkecambahan benih. Benih yang mengalami kerusakan mekanis akibat proses pengolahan benih, tidak akan berkecambah. Kondisi penyimpanan yang tidak baik menyebabkan benih akan mengalami *deteriorasi* atau kemunduran, kemampuan perkecambahannya.

Faktor luar benih yang dibutuhkan untuk aktifnya kembali pertumbuhan *embryonic axis* adalah: (1) adanya air yang cukup untuk melembabkan benih (*sufficient supply of water*); (2) suhu yang sesuai; (3) oksigen (O_2) yang cukup. Ketiga syarat tersebut harus ada, agar perkecambahan dapat berlangsung. Jika terjadi kekurangan dari salah satu diantara ketiga syarat di atas, umumnya benih tidak akan berkecambah; (4) adanya cahaya, terutama essensial untuk kebanyakan biji rerumputan dan beberapa benih tanaman tertentu.

Air

Air memegang peranan yang terpenting dalam proses perkecambahan benih. Air merupakan faktor yang menentukan kehidupan makhluk hidup. Tanpa adanya air, tanaman tidak dapat melakukan berbagai macam proses kehidupan apapun. Kira-kira 70% atau lebih bobot protoplasma sel hidup terdiri dari air. Fungsi air pada perkecambahan benih adalah sebagai berikut:

1. Air yang diserap oleh benih berguna untuk melunakkan kulit benih dan menyebabkan pengembangan embrio dan endosperm. Hal ini mengakibatkan pecah atau robeknya kulit benih;
 2. Air memberikan fasilitas untuk masuknya oksigen ke dalam benih. Dinding sel yang kering hampir tidak permeabel untuk gas, tetapi apabila dinding sel diimbibisi oleh air, maka gas akan masuk ke dalam sel secara difusi. Apabila dinding sel pada kulit benih dan embrio menyerap air, maka supply oksigen meningkat pada sel-sel hidup sehingga memungkinkan lebih aktifnya pernafasan. Sebaliknya juga CO₂ yang dihasilkan oleh pernafasan tersebut lebih mudah terdifusi ke luar;
 3. Air berguna untuk pengenceran protoplasma, sehingga dapat mengaktifkan protoplasma dan enzim, serta
-

bermacam-macam fungsinya. Sebagian besar air di dalam protoplasma sel-sel embrio dan bagian hidup lainnya pada benih, hilang sewaktu benih tersebut telah mencapai masak sempurna dan lepas dari tanaman induknya semenjak saat ini aktifitas protoplasma hampir seluruhnya berhenti sampai perkecambahan dimulai. Sel-sel hidup tidak dapat aktif melaksanakan proses-proses yang normal seperti pencernaan, pernafasan, asimilasi dan tumbuh, apabila protoplasma tidak mengandung sejumlah air air yang cukup;

4. Air berguna sebagai pengangkut atau transport larutan makanan dari endosperm atau kotiledon ke titik tumbuh pada *embryonic axis*, untuk membentuk protoplasma baru.

Selama periode waktu pemasakan benih, air dikurangi atau hilang dari benih, dengan kata lain peristiwa dehidrasi. Sebaliknya untuk perkecambahan diperlukan penambahan air kembali ke dalam benih, maka terjadi peristiwa rehidrasi. Benih perlu menyerap air sejumlah tertentu, sebelum memulai proses perkecambahan. Besarnya kebutuhan air ini berbeda untuk bermacam-macam jenis benih. Untuk benih yang berbeda jenisnya, berbeda pula responnya terhadap keadaan kelembaban lingkungan sekitar. Hal ini mungkin erat hubungannya

dengan pengaruh kelembaban lingkungan tadi terhadap aerasi benih tersebut.

Benih sorghum dengan kadar air awal 8% yang ditanam pada suhu rendah 5° C menyebabkan penundaan keluarnya radikel, dibandingkan dengan benih yang sama tetapi berkadar air 11-14%. Benih padi (*Oryza sativa*) dan *clover* sebagai contoh, dapat berkecambah di bawah permukaan air atau pada kondisi suplai oksigen yang rendah. Juga benih *cattail* (*Typha latifolia*) dan beberapa benih tumbuhan air lainnya hanya dapat berkecambah apabila suplai oksigen direndahkan. Tetapi sebaliknya benih bayam peka terhadap kelembaban yang berlebihan. Benih bayam yang dibungkus dengan bunga karang (*spongy*) yang mudah terisi oleh air tidak akan berkecambah karena kekurangan oksigen. Benih kubis juga tidak akan berkecambah walaupun hanya terdapat air berupa selaput tipis sekelilingnya.

Berapa besarnya rehidrasi yang dibutuhkan untuk memulai aktivitas pertumbuhan *embryonic axis* atau berkecambah, tidak dapat ditentukan dengan tepat tetapi bergantung terutama pada spesies, tingkat kemasakan benih dan pengeringan. Pada umumnya dibutuhkan kadar air benih sekitar 30-55% untuk dapat berkecambah. Pada tanaman sereal, seperti gandum, padi, jagung, shorghum,

oats dan barley dibutuhkan kadar air benih kira-kira 30-35%, gula beet 31%, jarak 32-36% untuk dapat dimulainya proses perkecambahan. Untuk benih kacang tanah, kedele dan kapas dibutuhkan kadar air lebih tinggi yaitu sekitar 50-55%. Kadar air benih tersebut di atas, baru dapat dimulainya benih berkecambah. Hal ini disebut "titik kritis perkecambahan".

Gudang atau tempat/wadah penyimpanan lainnya, dengan kadar uap air udara relatif 100% ($R_h=100\%$), benih kering angin 8-14% yang disimpan di dalamnya tidak pernah mencapai kadar air 33-35%, sedangkan benih tersebut akan mati sebelum dapat memulai proses perkecambahan. Begitu juga benih masak yang masih melekat pada tanamannya seperti benih padi pada panikel, tidak akan berkecambah walaupun kadar uap air relatif 100%. Untuk rehidrasi, yang diserap atau dibutuhkan oleh benih adalah air berupa cairan bukan berbentuk uap. Sukar untuk menetapkan secara tepat permulaan proses perkecambahan benih secara individu, tetapi di dalam prakteknya sehari-hari, biasanya didasarkan kepada 50% dari populasi contoh benih yang telah berkecambah atau lebih, yaitu 75%.

Masuknya air ke dalam benih adalah dengan peristiwa-peristiwa difusi, osmose dan imbibisi. Difusi

dapat didefinisikan sebagai pemindahan spontan cairan atau gas berkonsentrasi tinggi ke rendah. Apabila benih kedele kering angin ditempatkan di antara dua lapis medium kertas basah, setelah beberapa saat air di sekitar benih akan masuk ke dalam benih secara difusi. Faktor yang dapat mempengaruhi proses diffuse pada benih yaitu konsentrasi air. Apabila konsentrasi air di luar benih direndahkan (konsentrasi larutan di luar benih dinaikkan) dengan menambahkan sejumlah NH_4NO_3 ke dalam air tersebut, maka air akan berkurang atau sama sekali tidak akan masuk ke dalam benih. Jadi konsentrasi air mengecil (konsentrasi larutan bertambah tinggi) di luar benih, air yang masuk ke dalam benih yang direndam dalam cairan tadi semakin sedikit pula.

Berkurangnya atau tidak masuknya air ke dalam benih, maka tidak atau kurang terjadi rehidrasi di dalam benih sehingga menyebabkan tidak terjadi atau kurang sempurnanya proses perkecambahan. Hal ini terbukti apabila benih kedele dikecambahkan pada medium kertas yang dilembabkan dalam larutan NH_4NO_3 pada berbagai konsentrasi. Sebagai contoh digunakan kertas yang dilembabkan dalam air. Setelah selesai periode waktu untuk perkecambahan (15 hari), ternyata bahwa benih kedele yang dikecambahkan pada kertas yang

dilembabkan dalam larutan NH_4NO_3 kberkonsentrasi lebih tinggi, persen perkecambahannya lebih rendah. Persen perkecambahan tertinggi diperoleh pada kertas yang dilembabkan dalam air.

Hal ini sangat penting artinya dalam praktek di lapangan ketika pemberian pupuk, terutama pupuk organic pada tanaman atau ketika penanaman benih. Pemberian pupuk terlalu dekat pada benih, akan mengakibatkan terjadinya cairan dari pupuk yang terlarut pada konsentrasi tinggi meliputi benih tersebut.

Keadaan seperti ini dapat menyebabkan tidak atau kurang meresapnya cairan ke dalam benih sehingga menghalangi rehidrasi benih, yang dapat mengakibatkan tidak berkecambahnya benih di lapangan. Demikian juga halnya dengan akar tanaman, dalam keadaan yang sama dengan benih tersebut di atas, tidak sanggup menyerap air atau cairan di sekitarnya karena terhalangnya proses difusi. Kejadian seperti ini ditunjukkan oleh gejala layunya daun atau bagian tumbuhan lainnya di atas permukaan tanah dan kalau berlangsung lama dapat mengakibatkan kematian tanaman.

Umpan balik:

Setelah membaca uraian di atas, jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penyerapan air oleh benih! Bagaimana mekanismenya?

Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan penyerapan air oleh benih, adalah:

1. Permeabilitas kulit atau membrane benih

Keadaan yang paling dramatis ialah benih yang kulit benihnya impermeable terhadap air seperti benih berkulit keras pada legume dan okra. Benih-benih ini tidak akan berkecambah dalam jangka periode waktu perkecambahan walaupun benih tersebut dikecambahkan pada medium perkecambahan dengan kelembaban yang cukup. Hal ini disebabkan karena air tidak dapat masuk ke dalam benih.

2. Konsentrasi air

Pada keadaan faktor lain sama, penyerapan atau imbibisi air oleh benih akan lebih cepat pada benih yang dikecambahkan dalam air murni dibandingkan dalam larutan. Faktor utama yang mempengaruhi dan memegang peranan masuknya air ke dalam benih dalam hal konsentrasi adalah tekanan difusi air. Bertambah besar perbedaan tekanan difusi antara cairan di luar dan di dalam benih, bertambah cepat

penyerapan air oleh benih. Jadi benih menyerap air lebih cepat pada tanah basah dan sebaliknya pada tanah kering atau tanah basa/salin tidak hanya disebabkan kurang air tersedia, tetapi karena tekanan diffusi air pada tanah tersebut menjadi rendah ketika tanah tersebut menjadi kering dan salinitas meningkat.

Suatu data klasik dari percobaan Shull (1916) dalam Kamil (1979) menggambarkan besarnya air yang diserap oleh benih *Xanthium spp.* yang dikecambahkan dalam larutan garam dengan konsentrasi yang berbeda-beda, tercantum pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Air yang diserap *Xanthium spp.* dalam berbagai konsentrasi larutan garam

Konsentrasi larutan garam (molar)	Osmotik potensial larutan garam (atm)	Air yang diserap oleh benih pada ekulibrium (48 jam) (% kering angin)
H ₂ O	0,0	51,58
0,1 NaCl	3,8	46,33
0,5 NaCl	19,8	38,98
1,0 NaCl	38,0	26,73
2,0 NaCl	72,0	18,55
4,0 NaCl	130,0	11,76
NaCl, jenuh	375,0	6,35
LiCl, jenuh	965,0	-0,22 *)

*) Tidak terjadi lagi penyerapan air oleh benih, malahan kemungkinan air dalam benih ke luar

3. Suhu

Apabila air dipanaskan maka energy tersedia. Sebagian energi digunakan untuk meningkatkan diffusi air. Jika suhu ditingkatkan maka kecepatan penyerapan juga naik, sampai pada batas tertentu dimana tiap 10° C, suhu dinaikkan, kecepatan penyerapan kira-kira dua kali lipat, pada waktu permulaan.

4. Tekanan hidrostatik

Masuknya air ke dalam benih, akan menimbulkan tekanan hidrostatik karena meningkatnya volume air pada membrane benih. Tekanan hidrostatik ini sama dengan tekanan pada air di dalam benih dan menyebabkan meningkatnya tekanan diffusi air. Hal ini menyebabkan naiknya kecepatan diffusi ke luar benih dan menurunnya kecepatan penyerapan air oleh benih. Salah satu factor pokok yang mempengaruhi kecepatan penyerapan air oleh benih adalah berkaitan dengan peningkatan tekanan hidrostatik. Kecepatan penyerapan air adalah berbanding terbalik dengan jumlah air yang diserap terlebih dahulu oleh benih (*the extent hydrostatic pressure development*). Jadi, kecepatan penyerapan pada permulaan tinggi dan kemudian kian lambat (turun) sejalan dengan naiknya

tekanan hidrostatik sampai tercapai keseimbangan (*equilibrium*).

5. Luas permukaan benih yang kontak dengan air

Pada faktor keadaannya lainnya sama, kecepatan penyerapan air oleh benih berbanding lurus dan proporsional dengan luas permukaan benih yang kontak dengan selaput air. Pada keadaan tertentu, areal atau bagian khusus pada benih dapat menyerap air lebih cepat. Misalnya embrio pada benih jagung.

6. Daya intermolekuler

Daya ini merupakan tenaga listrik. Apabila tenaga ini meningkat akan menyebabkan menurunnya tekanan difusi air dan juga berarti turunnya kecepatan penyerapan air. Seperti sudah dijelaskan di muka, tenaga ini sangat penting pada tanah. Pada tanah kering, air kurang dan dijerap lebih kuat oleh daya intermolekuler.

7. Spesies

Benih yang berasal dari spesies yang berbeda, mempunyai kemampuan kecepatan penyerapan air yang berbeda pula. Misalnya benih kedele mempunyai

kemampuan menyerap air lebih cepat daripada benih jarak.

8. Varietas

Varietas tidak berbeda sebagaimana spesies, bahwa pada varietas yang berbeda juga mempunyai kecepatan penyerapan air yang berbeda.

9. Tingkat kemasakan

Benih yang tingkat kemasakan berbeda, akan mempengaruhi tingkat kemampuan penyerapan air. Misalnya benih jagung yang dipanen pada saat masak susu, mempunyai kemampuan menyerap air lebih cepat sampai pada tingkat tertentu daripada benih jagung yang dipanen masak penuh.

10. Komposisi kimia

Pada umumnya benih yang mengandung protein lebih tinggi, kemampuan menyerap air akan lebih cepat sampai pada batas tertentu dibandingkan benih yang kadar karbohidratnya lebih tinggi. Benih yang kadar minyaknya tinggi tetapi kadar proteinnya rendah, kecepatan penyerapannya sama dengan benih yang kadar karbohidratnya tinggi.

11. Umur

Benih yang memiliki umur lebih tua, kemampuan menyerap air lebih cepat dan membutuhkan air lebih banyak daripada benih yang berumur muda.

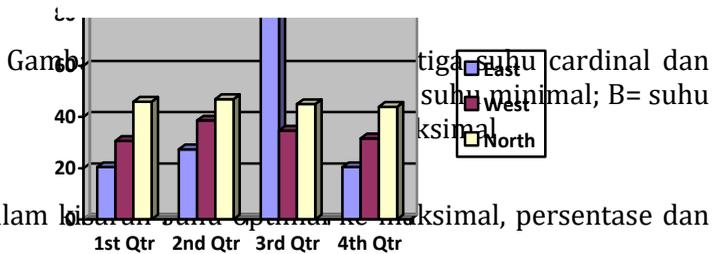
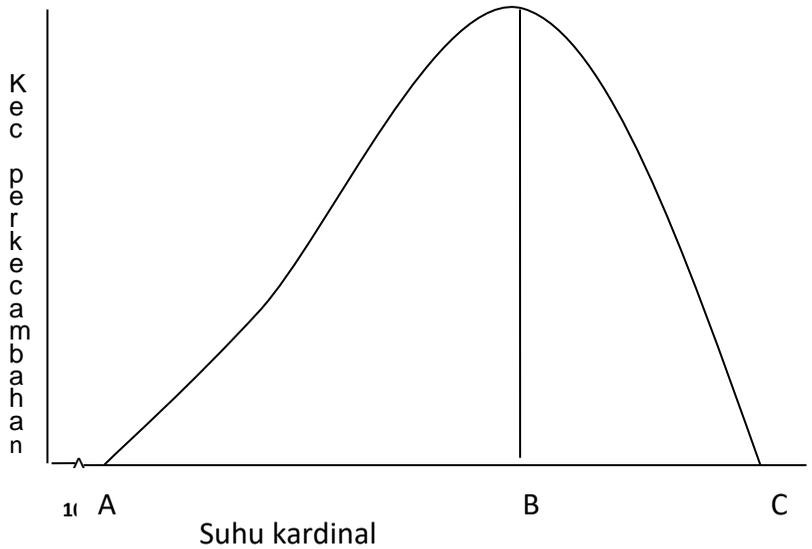
Suhu

Salah satu syarat perkecambahan benih adalah suhu yang sesuai. Tetapi ini tidak berarti bersifat mutlak sama seperti kebutuhan terhadap air untuk perkecambahan, dimana benih membutuhkan suatu tingkat hidrasi minimal yang bersifat khusus untuk perkecambahan. Perkecambahan memerlukan suhu untuk mengaktifkan enzim. Suhu yang bervariasi dalam perkecambahan disebut suhu cardinal, yaitu meliputi suhu optimal, minimal dan maksimal.

1. Suhu optimal

Suhu optimal adalah suhu dimana perkecambahan terjadi paling cepat dan memberi persentase benih yang berkecambah paling tinggi. Suhu optimal terletak di antara suhu minimal dan suhu maksimal, lebih dekat kepada suhu maksimal. Dalam kisaran suhu minimal ke optimal persentase perkecambahan tidak berbeda nyata, namun kalau waktu perkecambahan cukup lama tetapi kecepatan

perkecambahan bertambah tinggi bila semakin dekat ke suhu optimal.



Dalam kisaran suhu optimal, kecepatan perkecambahan pada umumnya menurun setelah melewati suhu optimal. Hubungan antara ketiga suhu kardinal dan perkecambahan disajikan pada Gambar 1.

Ketiga titik suhu cardinal berbeda untuk masing-masing jenis benih dan varietas. Tabel 7 disajikan daftar beberapa tanaman dengan masing-masing suhu kardinalnya.

Tabel 7. Suhu cardinal untuk beberapa jenis tanaman

Tanaman	Suhu (°C)		
	Minimal	Optimal	Maksimal
Jagung (<i>Zea mays</i>)	8-10	32-35	40-44
Padi (<i>Oryza sativa</i>)	10-12	30-37	40-42
Gandum (<i>Triticum sativum</i>)	3-5	15-30	30-43
Barley (<i>Hordeum vulgare</i>)	3-5	19-27	30-40
Rye (<i>Secale cereale</i>)	3-5	25-30	30-40
Oats (<i>Avena sativa</i>)	3-5	25-31	35-45
Buckwheat	16-19	30-40	45-50
Cantaloupe (<i>Cucumismelo</i>)	20	20-35	35-40
Tomat	10	24	30
Tembakau	10	15	20-25
Delphinium (Annual)	1-2	10	20-30
Bayam	8	32	40
Kedele	-	-	-
Sorghum	-	-	-
Kacang tanah	13	30-32	40
Kapas	-	-	-
Kubis	0,5-3	20-35	35-40
Pepper grass (<i>prennia L</i>)	0,5-3	20-35	35-40
Bendweed	19-21	20-35	35-40
Horsenettle	-	18-35	35-40
Clover			

2. Suhu minimal

Suhu minimal adalah suhu di bawah suhu optimal dimana proses perkecambahan tidak akan terjadi selama periode perkecambahan, tetapi benih tidak mati. Jika periode perkecambahan diperpanjang masih ada kemungkinan benih akan berkecambah.

3. Suhu maksimal

Suhu maksimal adalah suhu diatas suhu optimal, dimana benih tidak dapat berkecambah baik periode pendek ataupun panjang dan benih menjadi mati.

Kondisi benih

Pengaruh suhu terhadap perkecambahan benih sangat ditentukan pula oleh kondisi benih, yaitu: (1) lamanya waktu benih, sesudah panen; (2) tingkat kemaskan benih. Benih yang baru dipanen biasanya mempunyai sifat dormansi dan sering menghendaki suhu yang khusus untuk perkecambahan maksimal. Benih-benih padi, kapas, claver dan gandum yang baru dipanen akan berkecambah dengan baik pada suhu 32, 30, 18 dan 15° C. Benih yang baru dipanen mempunyai kisaran suhu minimal ke maksimal lebih sempit dibandingkan dengan benih yang sudah lama dipanen. Sebaliknya benih yang sudah lama

dipanen dan mengalami kerusakan selama penyimpanan, persyaratan suhu perkecambahan menghendaki suhu lebih khusus yaitu kisaran suhu menjadi lebih pendek dan menjadi lebih peka terhadap suhu.

Suhu berganti

Suhu berganti digambarkan dengan mengecambahkan suatu benih pada suhu rendah selama periode waktu tertentu kemudian suhu dinaikkan untuk selama periode waktu yang lain. Beberapa jenis benih tanaman termasuk tanaman makanan ternak misalnya Paspalum dan Festuca berkecambah lebih baik pada suhu berganti daripada suhu konstan, sedangkan Bahiagrass tidak dapat berkecambah pada suhu konstan 35 ° C. Hal ini disebabkan terdapatnya dormansi pada benih tanaman tersebut. Tidak demikian halnya dengan benih jagung, kacang-kacang dan kapas tidak terpengaruh oleh adanya suhu berganti.

Chilling injury

Pada saat benih disimpan atau diperlakukan pada suhu rendah di bawah 15° C, sering terjadi kerusakan pada benih. Hal tersebut sebenarnya tidak dikehendaki. Kerusakan demikian disebut *chilling injury*, jadi *chilling*

injury adalah kerusakan benih akibat perlakuan suhu rendah (<15° C) pada saat proses imbibisi.

Oksigen

Perkecambahan benih dipengaruhi oleh komposisi udara disekitarnya. Umumnya benih akan berkecambah dalam udara yang mengandung oksigen (O₂) 20% dan karbon dioksida (CO₂). Suplai oksigen kurang, benih tidak akan berkecambah. Benih pada dapat berkecambah dengan baik di tempat kelembaban tinggi, bahkan dapat berkecambah di bawah permukaan air, hal ini disebabkan adanya jaringan aerenchym pada padi.

Pengaruh CO₂ terhadap perkecambahan biasanya berlawanan dengan oksigen. Umumnya benih tidak berkecambah apabila adanya tekanan CO₂ terlalu tinggi. Pada konsentrasi O₂ konstan 20%, benih tanaman pertanian tidak terpengaruh oleh konsentrasi CO₂ yang tinggi. Konsentrasi CO₂ yang tinggi dapat menahan terjadinya perkecambahan, hal ini baik untuk penyimpanan benih-benih jenis rekalsitran.

Cahaya

Kebutuhan cahaya untuk perkecambahan benih bervariasi pada berbagai spesies. Biji rumput berkecambah kalau ada cahaya, sedangkan tunaman lain

tidak terpengaruh. Berdasar kebutuhan akan cahaya, benih dikelompokkan atas beberapa katagori, yaitu:

1. Benih yang hanya dapat berkecambah dalam gelap;
2. Benih yang hanya dapat berkecambah dalam cahaya terus menerus
3. Benih yang dapat berkecambah setelah disinari sebentar
4. Benih yang tidak terpengaruh dengan ada atau tidak adanya cahaya selama perkecambahan.

Beberapa contoh benih spesies tanaman menurut kebutuhan cahaya disajikan pada Tabel 3.

Umpan balik

Selain intensitas dan lamanya penyinaran, apakah panjang gelombang cahaya juga berpengaruh terhadap perkecambahan benih, bagaimana pengaruh dan interaksinya dalam perkecambahan ?

Sinar dengan panjang gelombang di bawah 2900 A° menghambat perkecambahan. Di antara 2900 A° dan 4000 A° tidak jelas pengaruhnya terhadap perkecambahan. Di dalam kisaran sinar yang dapat dilihat pada panjang gelombang 4000 A°- 7000 A°, ternyata panjang gelombang 5600-7000 A° terutama sinar merah mendorong perkecambahan, sedangkan sinar biru menghambat

perkecambahan pada panjang gelombang 4000 Å . Sinar yang paling efektif merangsang perkecambahan adalah sinar merah pada panjang gelombang 6700 Å, sedangkan yang paling menghambat adalah sinar merah jauh pada panjang gelombang 7000 Å.

Sinar merah dan infra merah (merah jauh) mempunyai pengaruh yang *reversible* (bolak balik) antara mendorong dan menghambat perkecambahan. Benih *Lactuca sativa* yang dirangsang perkecambahannya hanya dengan penyinaran sinar merah, dapat dihambat apabila sesudah penyinaran sinar merah tadi segera disinari dengan sinar merah jauh. Jika disinari dengan sinar merah, maka perkecambahannya dirangsang kembali. Demikian seterusnya bila dilakukan penyinaran berganti antara sinar merah dan merah jauh pada benih, maka pengaruh perangsangan dan penghambatan terhadap perkecambahan juga terjadi berganti-ganti secara selaras. Sifat mana berpengaruh, sangat tergantung kepada penyinaran yang terakhir, sebagaimana digambarkan pada Tabel 9.

Tabel 8. Beberapa spesies tanaman menurut respon benihnya terhadap cahaya untuk perkecambahan

A Benih berkecambah baik dalam cahaya	B Benih berkecambah baik dalam gelap	C Benih berkecambah baik dalam cahay/gelap
<p><i>Adonis vernalis</i> <i>Alisma plantago</i> <i>Bellis premis</i> <i>Capparis spinosa</i> <i>Cochicum autumnale</i> <i>Daucus carota</i> <i>Erodium cicutarium</i> <i>Fagus silvatica</i> <i>Ficus aurea</i> <i>Ficus elastic</i> <i>Genista tinctoria</i> <i>Graminae (bbp, spp)</i> <i>Helianthemum chamaecistus</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Juncus tenuis</i> <i>Lactuca sativa</i> <i>Lactuca scariola</i> <i>Labelia inflata</i> <i>Labelia cardinalis</i> <i>Nasturtium officinale</i> <i>Oenothera biennis</i> <i>Paricum capillare</i> <i>Raymondia pirenaica</i> <i>Resedea lutea</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Salvia pretense</i> <i>Suaeda maritime</i> <i>Tamarix germanica</i> <i>Taraxacum officinale</i> <i>Verbascum Thapsus</i> <i>Veronica arvensis</i> <i>Physalis franchetil</i> <i>Primula obocanica</i> <i>Phoradendron flavescens</i></p>	<p><i>Alianthus glandulosa</i> <i>Aloe variegata</i> <i>Bromus sp</i> <i>Cystus radiates</i> <i>Delphinium elatum</i> <i>Ephedera Helvetica</i> <i>Evonymus japonica</i> <i>Forsythia suspense</i> <i>Gladiolus communis</i> <i>Hedera helix</i> <i>Liliaceae (bbp, sp)</i> <i>Linnaea borealis</i> <i>Mirabilis jalapa</i> <i>Nigella damascene</i> <i>Phacelia tanacefolia</i> <i>Primula spectabilis</i> <i>Ranunculus crenatus</i> <i>Silene conica</i> <i>Tamus communis</i> <i>Tulipa gesneriana</i> <i>Yuca aloipholia</i></p>	<p><i>Alliums pp.</i> <i>Arachys hypogeal</i> <i>Asparagus officinalis</i> <i>Avena spp.</i> <i>Beta vulgaris</i> <i>Brassica spp.</i> <i>Bryonia alba</i> <i>Capsicum anum</i> <i>Citrullus spp.</i> <i>Cystitis nigricans</i> <i>Cucurbita spp.</i> <i>Datura stramonium</i> <i>Glycine max</i> <i>Gossypium spp.</i> <i>Hordeum vullgare</i> <i>Hyancinthus candicans</i> <i>Juncus tenagea</i> <i>Lactuca sativa</i> <i>Lepidium virginicum</i> <i>Linaria cymbalaria</i> <i>Lycopersicum esculentum</i> <i>Nicotiana tabacum</i> <i>Origanum majorana</i> <i>Oryza sativa</i> <i>Palargonium zonala</i> <i>Pisum spp.</i> <i>Phaseolus spp.</i> <i>Poa spp.</i> <i>Ricinus communis</i> <i>Secale cereal</i> <i>Sesbania spp.</i> <i>Solanum spp.</i> <i>Sorghum spp.</i> <i>Theobroma cacao</i> <i>Trgopogon pratensis</i> <i>Triticum spp.</i> <i>Trifolium spp.</i> <i>Vesticaria viscose</i> <i>Vigna sinensis</i> <i>Zea mays</i></p>

Tabel 9. Perkecambahan benih *Lactuca sativa* setelah disinari bergantian dengan sinar merah dan sinar merah jauh

Penyinaran	Perkecambahan (%)
Tidak disinari (gelap, kontrol)	85
R	98
R + IR	54
R + IR + R	100
R + IR + R + IR	43
R + IR + R + IR + R	99
R + IR + R + IR + R + IR	54
R + IR + R + IR	98

Keterangan: R = sinar merah; IR = sinar merah jauh

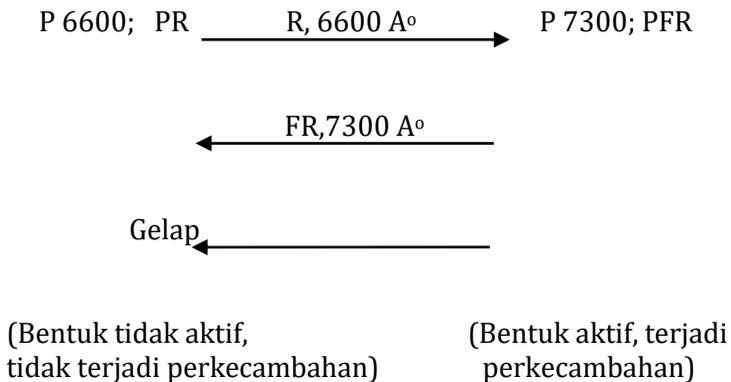
Data lain menunjukkan bahwa dengan pengulangan penyinaran berganti berturut-turut antara sinar merah dan sinar merah jauh dan diakhiri dengan sinar merah, terjadi peningkatan perkecambahan benih seperti digambarkan pada Tabel 8. Tabel 8 menunjukkan bahwa penyinaran berganti berturut dengan sinar merah empat kali diakhiri dengan sinar merah, menaikkan persentase perkecambahan benih Lettuce (*Lactuca sativa*) dari 70% menjadi 81%.

Pengaruh cahaya terhadap perkecambahan benih merupakan suatu reaksi kimia yang dipengaruhi cahaya (photochemical reaction), berlangsung sekali hanya beberapa detik sampai beberapa menit dan bolak balik antara perangsangan dan penghambatan. Besarnya pengaruh cahaya ini terhadap perkecambahan benih selain tergantung kepada (1) intensitas cahaya, (2) kualitas cahaya atau panjang gelombang, (3) lama penyinaran juga dipengaruhi oleh (a) lamanya imbibisi, (b) jarak waktu antara penyinaran perangsang dan penghambat, (c) jarak waktu antara permulaan imbibisi dan penyinaran. Benih kering angin kurang atau sama sekali tidak mempunyai respon terhadap cahaya. Ternyata bahwa besarnya pengaruh sinar merah merangsang perkecambahan benih meningkat dengan bertambah lamanya waktu imbibisi sampai kira-kira 12 jam, kemudian stabil sampai 20 jam, setelah itu menurun.

Banyak teori mengenai pengaruh cahaya terhadap perkecambahan benih, semua berdasar asumsi bahwa prosesnya berlangsung secara *photochemical reaction* yang dilakukan oleh suatu pigmen penyerap cahaya. Pigmen ini ditemukan di dalam benih jagung pada koleoptil dan disebut dengan *phytochrome*. Cahaya yang diserap molekul pigmen merangsang aktivitasnya kemudian bereaksi

dengan molekul lainnya mengadakan serentetan reaksi kimia yang mengarah ke proses perkecambahan. Pigmen ini juga terlibat dalam tanggap *photomorphogenic* di dalam tumbuhan seperti pembungaan, pewarnaan dalam buah tertentu dan daun, etiolasi, plumula melurus dan sebagainya.

Phytochrome ini ditemukan dalam dua bentuk; (1) bentuk yang mengabsorpsi cahaya maksimal pada gelombang 6600 A° (PR) dan (2) bentuk yang mengabsorpsi cahaya maksimal pada gelombang 7000 A° (PFR). PR adalah bentuk yang bersifat non aktif, sedangkan PFR bersifat aktif yang dapat berubah menjadi PR di dalam gelap atau disinari dengan sinar merah jauh pada suhu tinggi, sedangkan PR berubah menjadi PFR apabila disinari dengan sinar merah. Reaksi umumnya adalah sebagai berikut.



Ada interaksi pengaruh antara system phytochrome dan beberapa hormone terhadap perkecambahan enih peka cahaya seperti benih *Lactuca sativa*, *Lepidium virginicum* dan *Pinus* spp. Kinetin menyebabkan benih *Lactuca sativa* lebih peka terhadap kebutuhan cahaya, sehingga benih tersebut akan dapat berkecambah dengan dosis penyinaran lebih rendah daripada kebutuhan cahaya normalnya. Gibberelin menyebabkan benih Lettuce peka cahaya dapat berkecambah dalam keadaan gelap. Di samping itu coumarine, dan zat penghambat lainnya akan menghambat perkecambahan benih Lettuce. Penghambatan ini dapat dibalikkan oleh kinetin, tetapi gibberelin tidak. Benih yang tidak peduli cahaya, perkecambahannya ditingkatkan oleh gibberelin. Gibberelin juga dapat menggantikan fungsi cahaya yang dibutuhkan benih peka cahaya. Gibberelin juga dapat memindahkan pengaruh suhu tinggi, penghambat tertentu agar berkecambah dan menghalangi terjadinya dormansi suhu tinggi.

C. Proses Perkecambahan Benih

Perkecambahan benih dapat dilihat dari dua proses, yaitu (1) proses perkecambahan fisiologis, dan (2) proses perkecambahan morphologis atau visual.

1. Proses Perkecambahan Fisiologis

Secara fisiologis terjadi beberapa proses berurutan selama perkecambahan benih, yaitu: (1) penyerapan air; (2) pencernaan; (3) pengangkutan makanan; (4) asimilasi; (5) pernafasan; dan (6) pertumbuhan.

Penyerapan air

Penyerapan air merupakan proses yang pertama kali terjadi pada proses perkecambahan benih, diikuti oleh pelunakan kulit benih dan pengembangan benih yang dapat diamati dengan mata. Penyerapan air ini dilakukan oleh kulit benih melalui proses imbibisi dan osmose. Kulit benih umumnya terdiri atas bahan yang mampu menyerap air dari media perkecambahan atau dari dalam tanah. Bahan penyusun kulit benih tersebut mempunyai daya pengikat air yang kuat. Setelah penyerapan air terjadi, kecenderungan pengurangan kekuatan mekanis dari bahan penyerap air tadi yaitu bahan pembentuk dinding sel kulit benih terutama selulosa.

Beberapa jenis benih seperti kedele, mikropil memegang peranan penting sebagai pintu tempat masuknya air ke dalam benih. Penyerapan air oleh embrio dan endosperm menyebabkan pembengkakan dari kedua

struktur ini, mendesak kulit benih yang sudah lunak sampai pecah dan radikel keluar. Penyerapan air ini terjadi dengan proses imbibisi dan osmosa sehingga tidak diperlukan tenaga.

Pencernaan

Makanan cadangan utama yang disimpan pada benih adalah berupa pati, hemiselulosa, lemak dan protein yang tidak larut dalam air. Makanan cadangan ini terdapat di dalam endosperm pada monokotil dan di dalam kotiledon pada dikotil; berupa senyawa kompleks bermolekul besar dan tidak dapat diangkut ke daerah yang diperlukan (*embryonic axis*). Zat makanan cadangan dalam jaringan penyimpan tidak dapat diangkut dari sel ke sel yang lain dan digunakan untuk pembentukan protoplasma dan dinding sel sampai zat tersebut diubah menjadi zat atau senyawa lebih sederhana bermolekul lebih kecil larut dalam air dan dapat melakukan difusi.

Proses terjadinya pemecahan zat atau senyawa bermolekul besar, kompleks menjadi senyawa bermolekul lebih kecil, kurang kompleks, larut dalam air dan dapat diangkut melalui membrane dan dinding sel disebut pencernaan. Agar proses ini berjalan dengan baik,

diperlukan suatu senyawa sebagai agen peneraan yang disebut enzim.

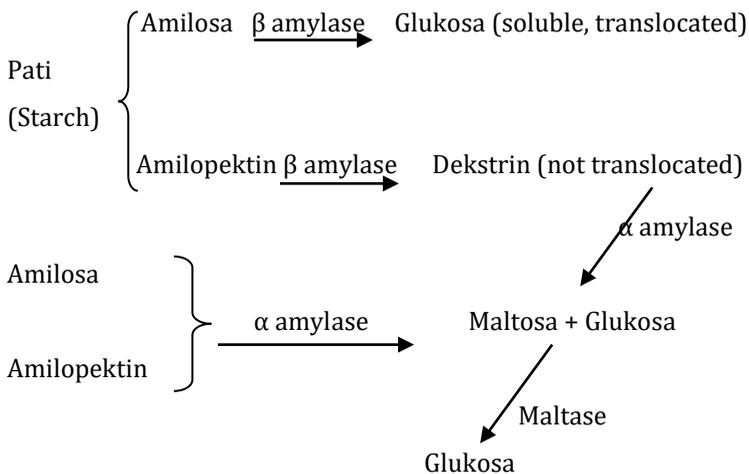
Pada benih jagung, enzim pencernaan dijumpai pada lapisan terluar skutelum yang berbatasan dengan endosperm. Fungsi pokok dari enzim yang terdapat di dalam benih adalah untuk mengubah pati dan hemiselulosa menjadi gula, lemak menjadi gliserin dan asam lemak, dan protein menjadi asam amino. Setelah terjadi penyerapan air, enzim menjadi aktif kemudian masuk ke dalam endosperm dan mencerna zat cadangan makanan.

Umpan balik

Enzim apa saja yang berperan dalam perkecambahan benih, bagaimana peranannya di dalam perkecambahan benih?

Enzim amylase merombak pati menjadi gula seperti glukosa. Enzim lipase merombak lemak menjadi gliserin dan asam lemak, sedangkan enzim protease merombak protein menjadi asam amino. Senyawa rombakan ini larut dalam air dan dapat berdiffusi. Pada benih sereal seperti jagung, makanan cadangan umumnya adalah pati, terdapat pada endosperm terdiri atas dua bentuk yaitu amilosa dan

amilopektin. Keduanya dipecah oleh dua enzim amylase yaitu β amylase dan α amylase. Enzim β amylase sudah ada sejak awal di dalam skutelum dan lapisan aleuron pada benih kering angin. Enzim ini pada waktu mulai perkecambahan masuk ke dalam endosperm untuk mencerna amilose menjadi glukosa dan mencerna amilopektin menjadi dekstrin. Enzim α amylase dapat merombak amilosa dan amilopektin menjadi maltosa dan glukosa, dan merombak dekstrin menjadi maltosa dan glukosa. Maltosa dirombak enzim maltase menjadi glukosa. Secara skematis, reaksi selengkapnya disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Reaksi perombakan pati menjadi glukosa

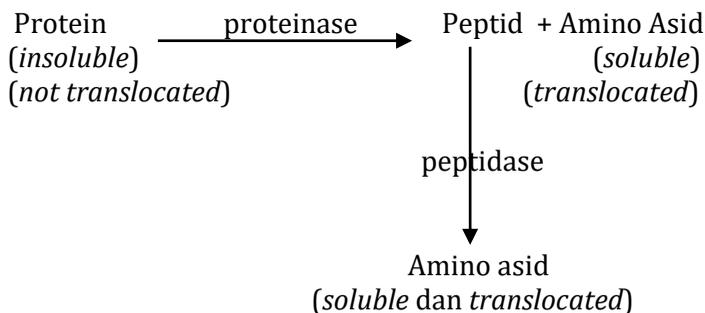
Pembentukan α amylase di dalam benih

Berbeda dengan enzim β amylase yang sudah ada dari semula di dalam skutelum dan lapisan aleuron benih kering angin, enzim α amylase belum dan tidak ada di benih kering angin, tetapi enzim ini dibuat pada waktu permulaan perkecambahan benih oleh asam giberelik. Asam giberelik ini sudah terdapat di dalam embrionic axis benih kering angin. Pada awal perkecambahan asam giberelik ke luar dari ebrionic axis masuk ke skutelum dan lapisan aleuron setelah 6 jam perkecambahan untuk membentuk α amylase. Kemudian α amylase masuk ke dalam endosperm setelah 12-18 jam perkecambahan untuk mencerna amilosa dan amilopektin.

Senyawa asam giberelik adalah senyawa organic yang sangat penting dalam proses perkecambahan karena bersifat sebagai pengontrol perkecambahan. Jika asam giberelik tidak ada atau kurang aktif maka α amylase tidak atau kurang terbentuk, sehingga akan menyebabkan terhambatnya proses perombakan pati dan berakibat proses perkecambahan juga terhambat. Keadaan seperti ini merupakan salah satu penyebab terjadinya gejala dormansi pada beberapa jenis benih, karena β amylase

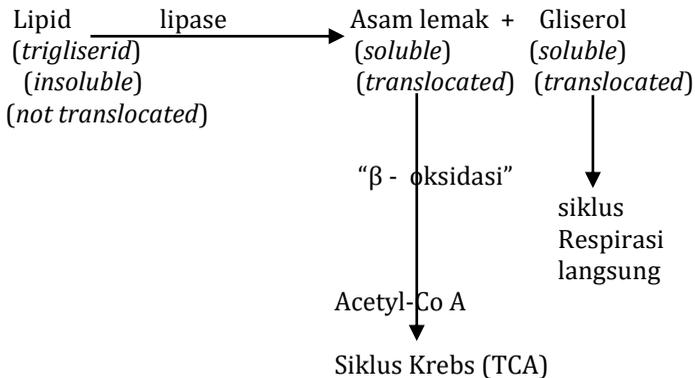
sendiri tidak cukup untuk melaksanakan pencernaan dan mendorong perkecambahan benih.

Protein pada benih jagung dan serealiala terdapat pada *embryonic axis* dan lapisan aleuron serta sedikit pada endosperm. Protein pada benih kedele terdapat dalam seluruh benih karena benih kedele tersebut keseluruhan adalah embrio. Protein ini mungkin tidak digunakan dalam proses pernafasan tetapi terutama digunakan untuk pembentukan protein baru untuk pembuatan protoplasma, membrane, ribosom, mitokondria, nukleus, kromatin yang baru, dan organel lainnya serta enzim α amylase. Protein dirombak oleh enzim proteinase menjadi asam amino. Protein yang dirombak dalam benih adalah protein yang tidak aktif dalam proses metabolisme. Skema perombakan protein disajikan pada skema Gambar 9.



Gambar 9. Perombakan protein menjadi asam amino

Lipid atau lemak umumnya terdapat dalam bentuk trigliserida. Lipid ini dicerna dengan pertolongan enzim lipase menjadi gliserol dan asam lemak. Gliserol larut dalam air, dapat diangkut dan dirombak melalui proses β oksidasi menjadi asetil Ko A dan masuk ke dalam siklus Krebs. Enzim lipase ini sudah ada sejak awal benih kering angin atau dibentuk di awal proses perkecambahan. Pada proses pencernaan ini semua reaksi berlangsung dengan pertolongan enzim, sehingga tidak memerlukan tenaga. Reaksi pemecahan lipid secara skematis disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Skema perombakan lipid menjadi asam lemak

Pengangkutan Makanan

Makanan yang telah lama dicerna dalam bentuk asam amino, asam lemak dan glukosa diangkut dari daerah

jaringan penyimpan makanan ke daerah yang membutuhkan yaitu titik tumbuh pada *embryonic axis*, plumula dan radikel. Pada benih khususnya embrio, jaringan pengangkut masih sangat sederhana atau belum ada sama sekali, sehingga pengangkutan makanan dilakukan dengan proses difusi atau osmose dari satu sel hidup ke sel hidup lainnya tanpa memerlukan tenaga.

Asimilasi

Asimilasi merupakan tahap akhir dalam penggunaan makanan cadangan dan merupakan proses pembangunan kembali. Pada proses asimilasi, protein yang telah dirombak oleh enzim proteinase menjadi asam amino dan diangkut ke titik-titik tumbuh disusun kembali menjadi protein yang baru. Protein baru digunakan untuk membentuk sel-sel baru terutama pembentukan protoplasma dan organel. Zat makanan lain seperti pati, selulosa melalui protoplasma digunakan untuk pembentukan sel. Pada proses pembentukan kembali senyawa yang lebih kompleks ini dibutuhkan energy yang berasal dari proses pernafasan.

Pernafasan

Pernafasan pada perkecambahan benih sama halnya dengan pernafasan biasa yang terjadi pada bagian atau

organ tumbuhan lainnya, yaitu proses perombakan sebagian makanan cadangan berupa karbohidrat atau pati menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti H₂O dan CO₂ dan dibebaskan sejumlah tenaga. Reaksi secara umum sbb.:



Jadi disini terjadi proses reduksi dan pembebasan tenaga. Tenaga yang dibebaskan ini sebagian dipakai untuk aktifitas lain dalam proses perkecambahan benih seperti pembelahan sel dan penembusan kulit benih oleh radikel.

Diduga bahwa permulaan perkecambahan, perombakan makanan terjadi pada *embryonic axis*. Setelah makanan di sini habis, baru dimulai perombakan makanan pada jaringan penyimpan yaitu endosperm dan kotiledon. Proses pernafasan sewaktu perkecambahan benih berlangsung paling aktif dibanding dengan semua pernafasan yang terjadi pada jaringan atau organ lainnya pada tumbuhan. Kegiatan pernafasan yang paling tinggi terjadi pada saat radikel menembus kulit benih, karena pada saat tersebut dibutuhkan tenaga lebih banyak.

Pertumbuhan

Pengembangan benih yang disebabkan penyerapan air dan pertumbuhan segera diikuti oleh pecahnya kulit benih.

Hal ini dikuti oleh suplai air yang cukup, makanan sudah tercerna dan suplai oksigen untuk pernafasan sehingga embrio sekarang dapat tumbuh dengan aktif. Pertumbuhan ini adalah suatu proses yang memerlukan tenaga, dan tenaga ini didapat dari hasil proses pernafasan.

Proses pertumbuhan ditandai oleh (1) mulai tumbuhnya *embryonic axis* dan (2) pemanjangan bibit. Pertumbuhan radikel menjadi suatu sitem perakaran dan plumula menjadi sistem batang, tidak termasuk lagi ke dalam pertumbuhan. Pertumbuhan *embryonic axis* terjadi karena, (1) perbesaran sel-sel yang sudah ada dan (2) pembentukan sel-sel baru pada titik-titik tumbuh, radikel dan plumula karena pembelahan sel.

Umumnya bagian *embryonic axis* yang pertama kali menonjol ke luar benih adalah radikel kemudian baru diikuti oleh plumula. Radikel ini tumbuh memanjang ke bawah kemudian tumbuh bulu-bulu akar dan akar sekunder, sehingga memperluas bidang penyerapan air dan menambatkan bibit ke tanah. Pada beberapa spesies benih tertentu misalnya salsola dan keadaan lingkungan, plumula lebih dulu muncul ke luar benih. Benih padi yang dikecambahkan di bawah permukaan air dalam gelas piala, plumulanya lebih dulu keluar. Makin dalam letak benih

padi dari permukaan, makin banyak jumlah plumula yang lebih dahulu ke luar daripada radikel.

2. Proses Perkecambahan Morfologis

Proses perkecambahan benih ini secara morfologis sulit ditentukan dengan pasti kapan berakhir dan pertumbuhan dimulai. Hal ini terutama disebabkan oleh kehidupan sehari-hari dalam menentukan suatu benih berkecambah apabila telah terlihat keluarnya radikel atau plumula dari kulit benih. Keluarnya radikel atau plumula itu sendiri akibat proses pertumbuhan yang telah terjadi disebabkan oleh pembelahan sel, pemanjangan sel atau kedua-duanya.

Proses perkecambahan secara morfologis adalah merupakan proses tahapan segera sesudah proses pengangkutan makanan dan pernafasan, meliputi pembelahan sel dan pemanjangan sel yang dikaitkan dengan pertumbuhan *embryonic axis* yang dapat diamati dengan mata telanjang yaitu keluarnya radikel dan atau plumula dari kulit benih. Walau beberapa ahli tidak memasukkan pembelahan sel ke dalam pertumbuhan *embryonic axis*, tetapi hampir selalu pembelahan sel diikuti oleh pemanjangan atau pembesaran anak sel yang menyebabkan pertumbuhan. Penonjolan radikel ke luar kulit benih terutama disebabkan oleh pemanjangan sel,

sedangkan pembelahan sel hanya menyebabkan jumlah sel yang kemudian memanjang.

Walau seakan-akan perkecambahan benih yang dapat dilihat disebabkan hanya oleh proses pemanjangan atau pembesaran sel, tetapi tidak dapat diragukan lagi bahwa untuk pertumbuhan bibit yang normal, pembelahan sel dan pemanjangan sel kedua-duanya diperlukan serta memegang peranan utama. Mana yang lebih dahulu terjadi, pembelahan sel atau pemanjangan sel sewaktu *embryonic axis* menerobos kulit benih. Pada beberapa jenis benih pembelahan sel terjadi lebih dahulu kemudian diikuti oleh pemanjangan sel, sementara pada beberapa jenis benih lain kebalikannya. Di samping itu ada pula jenis benih, antara pembelahan sel dan pemanjangan sel terjadinya bersamaan.

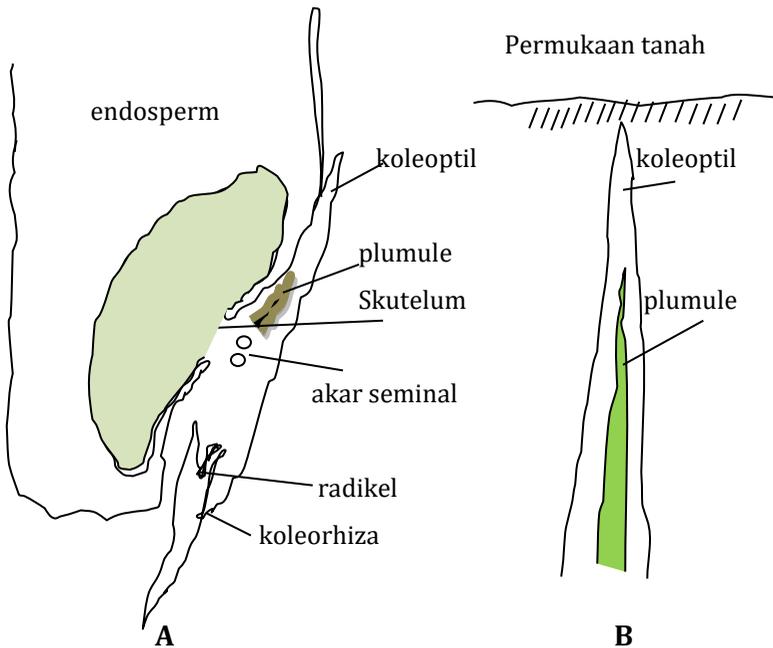
Pada proses perkecambahan benih jagung dan barley, perubahan pertama terjadi adalah pemanjangan sel pada koleoriza kemudian diikuti oleh pembelahan sel dimulai pada radikel dan terus ke plumula. Pembelahan sel ini terjadi kira-kira 20-24 jam sesudah imbibisi pada suhu kamar (25° C) dan yang pertama menerobos kulit benih adalah koleoriza. Hal ini terjadi kira-kira 24-25 jam sesudah imbibisi yang disebabkan oleh pembengkakan dan

pemanjangan sel, kemudian segera koleoriza ditembus oleh radikel (Gambar 11).

Akar seminal mulai keluar bersamaan waktu atau kira-kira beberapa jam sesudah koleoriza menembus kulit benih. Diketahui tidak terjadi pebelahan sel pada skutelum. Benih jagung yang dikecambahkan dengan media tanah, plumula dan koleoptil memanjang ke arah permukaan tanah. Hal ini pada awalnya banyak disebabkan oleh aktivitas sel meristematik yang terletak pada daerah antara radikel dan plumula.

Koleoptil yang memanjang dan sampai di permukaan tanah akan mendapat sinar matahari langsung kemudian berhenti tumbuh memanjang. Saat itu terbentuk hormon pada koleoptil yang mungkin disebabkan pengaruh cahaya dan menghambat pemanjangan koleoptil tersebut.

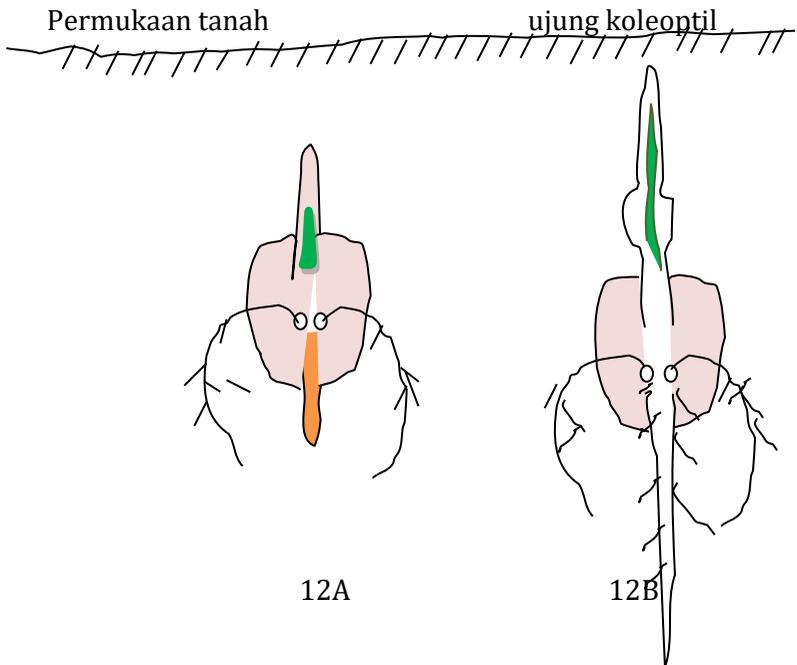
Sementara itu plumula yang dibungkus koleoptil terus memanjang dan kemudian menembus koleoptil, membentuk beberapa helai daun langsung tersinari oleh sinar matahari. Pada daun ini terbentuk klorofil dengan pertolongan sinar matahari tadi melakukan proses fotosintesis. Semenjak itu, benih yang telah terbentuk bibit menjadi heterofik di mana makanan tidak lagi tergantung kepada makanan cadangan dalam benih tetapi dari hasil proses fotosintesis.



Gambar 11. Penampang membujur benih jagung

Keterangan Gambar:

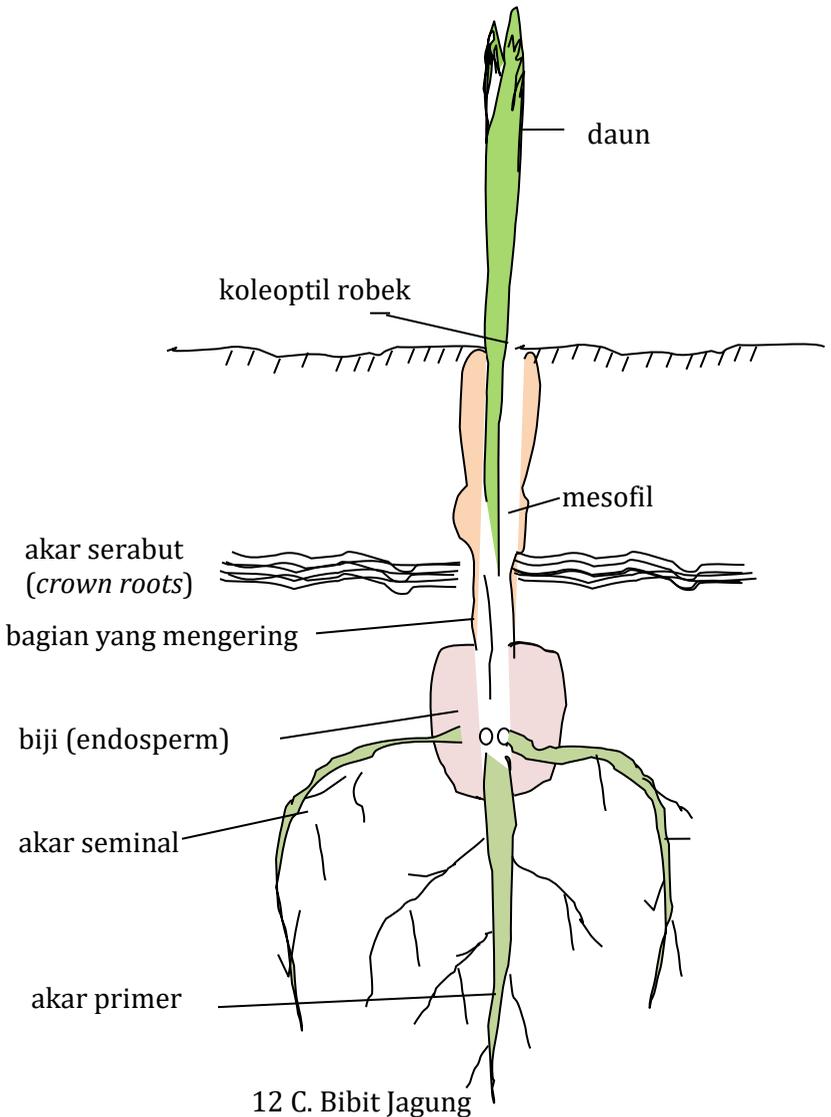
- A = radikel, koleorhiza, dan plumula telah menembus benih
- B = koleoptil sampai di permukaan tanah dan berhenti memanjang, sedangkan plumula di dalamnya terus memanjang dan akan menembus ujung koleoptil



Gambar 12 . Perkecambahan benih jagung pada media tanah

- A = Koleoptil memanjang menuju permukaan tanah
- B = Koleoptil mencapai permukaan tanah dan berhenti memanjang, mesofil terbentuk 2 cm di bawah permukaan tanah
- C = daun muncul di atas permukaan tanah dan akar serabut keluar dari mesofil

Segera setelah atau bersamaan koleoptil berhenti memanjang, pada bagian epikotil kira-kira 2 cm di bawah permukaan tanah terjadi pembesaran jaringan disebut mesofil tempat keluar akar adventif dan membentuk akar serabut. Selanjutnya untuk kelangsungan hidup tanaman



muda tersebut, akar serabut inilah yang memegang peranan. Tidak lama setelah akar serabut ini berkembang, bagian epikoil antara mesofil dan benih menjadi busuk kemudian mati, sehingga fungsi akar yang selama ini dilaksanakan oleh; (akar primer dengan cabang-cabangnya, (b) akar seminal dan (c) akar rambut, sekarang diambil alih se seluruhnya oleh akar serabut. Keadaan seperti ini juga dijumpai pada tanaman padi dan beberapa tanaman serealia lainnya (Gambar 12 A-C).

Pembentukan mesofil ini hampir tetap jaraknya dari permukaan tanah, yaitu kira-kira 2 cm, walaupun benih ditanam pada kedalaman yang berbeda-beda. Akan tetapi apabila benih jagung ditanam terlalu dalam lebih dari 7 cm di bawah permukaan tanah, pemanjangan koleoptil dan plumula tidak mencapai permukaan tanah, karena telah mati sebelumnya. Oleh karena itu dianjurkan untuk tidak menanam benih jagung terlalu dalam, cukup 2,5-3,5 cm tergantung pada jenis dan keadaan persiapan tanah.

Benih lettuce atau selada yang dikecambahkan pada suhu 26° C, pembelahan sel terjadi kira-kira 12-14 jam setelah imbibisi. Pada saat itu terjadi pula pemanjangan sel di bagian akar. Pada benih Cherri, pembelahan sel dan pemanjangan sel terjadi serentak waktu perkecambahan. Hal ini terbukti ketika benih pada kondisi stratifikasi suhu

5° C terjadi perubahan jumlah sel dan panjang embrio. Panjang *embryonic axis* bertambah kira-kira 7% selama stratifikasi. Pertambahan panjang *embryonic axis* ini adalah akibat kombinasi pembelahan sel dan pemanjangan sel. Lain halnya perkecambahan pada benih pinus, pembelahan sel terjadi lebih dahulu, kemudian diikuti oleh pemanjangan sel. Pembelahan sel terjadi selama periode pengambilan air sangat sedikit dan sebelum pencernaan.

Pada beberapa spesies seperti benih anggrek tidak terdapat diferensiasi sel. Pada bibitnya tidak terdapat perbedaan morfologis tetapi hanya ada perbedaan fisiologis. Jadi enih atau bibit hanya merupakan massa sel yang tidak terdiferensiasi, sukar membedakan mana yang radikel (calon akar) atau plumula (calon daun).

D. Substrata Perkecambahan

Secara umum, tanah dimana benih jatuh, bila suhu dan kelembaban menguntungkan, benih tersebut dapat berkecambah baik disengaja disediakan manusia ataupun tidak disediakan disebut dengan substrat perkecambahan. Secara khusus substrata perkecambahan adalah bahan di atas mana benih ditempatkan untuk pengujian perkecambahan.

Sebagai persyaratan umum untuk suatu substrata perkecambahan benih dapat digunakan untuk pengujian benih: (1) mempunyai daya serap dan daya pegang air tinggi, (2) bersih dan steril, (3) bebas mikroorganismenya, (4) uniform atau homogen kesuburannya, dan (5) standart atau baku artinya dimanapun keberadaannya memberikan hasil yang sama. Setiap jenis tanaman dan jenis pengujian sebenarnya memerlukan substrat dan syarat perkecambahan yang khusus, misalnya untuk uji vigor atau uji muncul biasanya menggunakan substratum tanah, sedangkan uji viabilitas biasanya menggunakan substratum kertas.

Menurut ISTA (*International Seed Testing Association*) ada beberapa macam substrata perkecambahan benih, yaitu:

1. Tanah atau pasir dengan simbol S (*soil/sand*)
 2. Di atas tanah atau pasir dengan simbol TS (*top of soil/sand*)
 3. Kertas dengan simbol T (*paper towling*)
 4. Antara kertas kembang dengan simbol B (*between blotter*)
 5. Di atas kertas kembang dengan simbol TB (*top of blotter*)
 6. Petridis tertutup dengan simbol P (*covered petridish*)
-

7. Kertas selulosa dengan simbol C (*creped cellulosa*)**Substratum Tanah atau Pasir**

Substratum tanah atau pasir ini banyak dipakai untuk pengujian vigor seperti uji muncul tanah, uji muncul lapangan dan uji dingin. Uji dingin adalah mengecambahkan benih dengan tekanan lingkungan yaitu dengan perlakuan jaad renik atau penyakit di tanah yang lembab atau dingin. Tanah atau pasir merupakan substratum perkecambahan benih yang sudah tua umurnya dan banyak digunakan karena harganya murah dan mudah didapat. Akan tetapi kelemahan substratum ini adalah harus memakai ruang dalam volume besar, sehingga membutuhkan tempat yang lebih banyak, di samping itu tidak steril dan sering tidak homogeny kesuburannya.

Pada uji muncul tanah dan uji dingin dipakai campuran tanah lempung dan pasir dengan perbandingan 1:1 atau 1:2. Tanah dan pasir yang akan digunakan terlebih dahuludibersihkan dari kotoran, batuan, sisa tumbuhan dan binatang. Tanah lempung ditumbuk terlebih dahulu kemudian diayak dengan saringan berdiameter 2 mm.

Substratum Kertas

Substratum kertas lap (*paper toweling*) digunakan untuk uji viabilitas dan vigor seperti uji hitung pertama, uji kecepatan perkecambahan. Substrat kertas ini, terbukti lebih praktis dan baik, memenuhi persyaratan-persyaratan dalam prosedur pengujian perkecambahan benih. Keuntungan lain, substratum kertas mudah ditempatkan dalam germinator yang dapat dikontrol kelembaban, suhu dan sinar, serta terjamin sterilitasnya. Kelemahan dari kertas lap adalah sulit tersedia dan mahal, karena masih impor dari Negara lain. Untuk mengatasi hal ini, telah diusahakan kertas produksi dalam negeri yang dapat digunakan untuk mengecambahkan benih tetapi tidak menurunkan kualitas dan persyaratan baku. Jenis kertas tersebut adalah kertas merang dan kertas stensil. Cara menggunakan kertas lap untuk uji perkecambahan, kertas dilembabkan terlebih dahulu, benih diatur di atasnya, tutup dengan dilipat dan atau digulung, kemudian diletakkan di dalam germinator.

Medium kertas merupakan medium yang bersifat homogen, sehingga berfungsi sebagai cara pengujian standard suatu vilitas benih dan dapat berlaku dimanapun tempatnya. Di samping itu juga dipakai untuk menguji vigor dengan cara; uji hitung pertama, uji kecepatan

berkecambah seperti coefficient of germination (CG) dan indeks vigor (IV).

$$CG = \frac{100 (A_1 + A_2 + \dots + A_i)}{A_1 T_1 + A_2 T_2 + \dots + A_i T_i} = \frac{100 \sum A_i}{\sum A_i T_i}$$

Keterangan:

A = Jumlah benih yang berkecambah

T = Waktu yang sesuai dengan A

I = JUmlah hari pada perhitungan terakhir

Vigor = Uji Indeks atau kecepatan berkecambah

$$\text{Kecepatan berkecambah} = \sum \frac{A_i}{T_i}$$

$$\text{Vigor} = \frac{\sum \text{bibit normal (hit.I)}}{\sum \text{hari hitungan I}} + \dots + \frac{\sum \text{bibit normal (hit. terakhir)}}{\sum \text{hari hitungan terakhir}}$$

Vigor dapat juga dinilai berdasarkan metode Hitungan Pertama, dalam hal ini benih pada setiap spesies memiliki nilai hitungan pertama yang berbeda-beda.

Substratum antara kertas kembang

Substrat kertas kembang masih harus dimpor, sukar didapat dan harganya mahal. Kertas ini terbuat dari serat

kapas berwarna biru tua, sangat baik menyerap dan memegang air, steril, ketebalannya kurang lebih 1 mm. Substratum ini digunakan untuk uji perkecambahan baku, uji hitung pertama, uji vigor atau uji kecepatan berkecambah dan untuk benih-benih yang berukuran relative kecil. Lipatan kertas kembang basah berisi benih, diletakkan di dalam germinator.

Substratum Petridis Tertutup

Substratum Petridis tertutup terdiri atas Petridis berukuran diameter 10-12 cm yang disebelah dalamnya diberi alas 2 lapis kertas saring. Di atas kertas saring yang sudah dibasahi, benih diatur kemudian ditutup dan diletakkan dalam germinator. Kelemahan Petridis adalah terbuat dari kaca, sehingga mudah pecah. Kebaikannya dari segi kebersihan dan sterilitas tinggi. Petridis dapat digunakan untuk uji perkecambahan baku, uji hitung pertama dan uji kecepatan berkecambah serta untuk benih-benih yang berukuran relatif kecil.

Substrata lain

Di samping substratum yang telah disebutkan di atas, biasa juga dipakai substratum kapas, pecahan batu bata, agar dan makanan atau tanah dalam Petridis. Substratum

kapas dengan ketebalan 2-4 mm berupa lembaran, biasa digunakan untuk pengujian perkecambahan benih yang berukuran lebih besar seperti benih, kopi, karet, kacang tanah, dan kakao. Cara menggunakannya dengan mengatur benih di antara dua lipatan kapas dan dimasukkan dalam germinator.

Substratum pecahan batu bata, digunakan untuk pengujian vigor, dimana benih ditanamkan sedalam 2-3 cm di bawah permukaan pecahan batu. Substrat ini biasanya dipakai untuk benih-benih berukuran agak besar.

Substratum agar, terbuat dari agar ditambah makanan (mineral, vitamin dan hormone) ditempatkan dalam Petridis. Substrat ini jarang digunakan, hanya untuk benih angrek yang berukuran sangat kecil dan sukar berkecambah. Substratum tanah dalam Petridis tertutup, biasa digunakan untuk benih-benih rerumputan.

Beberapa contoh substrat sbb:

SUBSTRAT UJI PERKECAMBAHAN

- Substrat yang digunakan dalam uji perkecambahan adalah kertas, pasir dan tanah, tergantung kepada fasilitas laboratoriumnya, benih dan pencahayaan untuk pertumbuhan tanaman.
- Substrat harus bukan bahan toksin dan relatif bebas dari jamur, mikroba lain dan spora lain. Iam juga cukup aerasi dan kandungan airnya untuk perkecambahan.
- Semua substrat yang berupa kertas harus porous, tetapi teksturnya baik sehingga dapat akar kecambah terhindar untuk tumbuh di kertas.
- Pasir umum digunakan sebagai substrat untuk benih ukuran besr seperti serealia, kapri dan kacang-kacangan.

E. Senyawa kimia untuk meningkatkan perkecambahan

Diketahui beberapa kelompok senyawa kimia yang dapat meningkatkan perkecambahan (dapat lebih cepat), meningkatkan vigor bibit, meningkatkan kepekaan terhadap cahaya atau pengganti persyaratan stratifikasi dengan cahaya atau suhu rendah, sedang di lain pihak ada yang menghambat perkecambahan.

Potassium nitrat (KNO_3)

Potassium nitrat merupakan senyawa yang paling sering digunakan untuk meningkatkan perkecambahan benih. Larutan dengan konsentrasi 0,1-1,0% yang umum digunakan dan telah direkomendasikan oleh ISTA

(*International Seed Testing Association*) dan AOSA (*Association of Official Seed Analyst*). Kebanyakan benih yang peka terhadap KNO_3 juga peka terhadap cahaya. KNO_3 meningkatkan kepekaan terhadap cahaya, sebaliknya KNO_3 dapat meniadakan hambatan perkecambahan oleh cahaya pada golongan rumput padi. KNO_3 dapat berinteraksi dengan suhu dalam mempengaruhi perkecambahan. Di samping itu juga dapat bekerjasama dengan *gibberellic acid* dan kinetin dalam menginduksi perkecambahan biji tembakau. Sebaliknya KNO_3 juga dapat merusak perkecambahan spesies lain.

Hidrogen peroksida (H_2O_2)

Hidrogen proksida dapat menstimulasi perkecamabahan dan vigor benih pada beberapa spesies seperti coniferae, legume, dan tomat. Sebenarnya senyawa ini sebagai stimulant pernafasan dan mempercepat perombakan senyawa cadangan, hingga dapat menyediakan energy dan bahan untuk sintesis di titik tumbuh lebih cepat. Di lain pihak hydrogen peroksida juga dapat bertindak sebagai desinfektan terhadap biji dan media tumbuh.

Thiourea

Thiourea walau tidak dipakai secara rutin sebagaimana KNO_3 , tetapi dapat mendorong perkecambahan benih. Tidak seperti KNO_3 , thiourea mampu sebagai substitusi kebutuhan cahaya dan suhu dalam perkecambahan. Diduga dapat mengganti kebutuhan cahaya dan suhu untuk proses fisiologis yang terjadi secara alami selama after ripening.

Gibberellin

Sejak tahun 1945 telah diketahui, bahwa gibberellins dapat mendorong perkecambahan benih. Bentuk yang sering digunakan adalah gibberelic acid. Gibberellin, seperti thiourea dapat sebagai pengganti kebutuhan suhu dan cahaya, tetapi juga dapat mendorong perkecambahan benih yang tidak perlu suhu dan cahaya. Secara alami, gibberellin diduga penting dalam mengendalikan perkecambahan.

Auksin

Auksin juga diketahui dapat mempengaruhi perkecambahan an benih, dan yang jelas dapat meningkatkan perkecambahan benih lettuce pada kadar 1/10 M. Namun jika kadarnya terlalu tinggi justeru akan menghambat perkecambahan benih.

Sitokinin

Dalam mempengaruhi perkecambahan benih, sejalan dengan bekerjanya menstimulasi pembelahan dan pembesaran sel. Jenis senyawa yang terkenal dari sitokinin adalah kinetin yang pengaruhnya adalah efektif hanya apabila dikombinasi dengan cahaya (gibberellin dapat berpengaruh pada keadaan gelap maupun terang, khususnya panjang gelombang yang lebih panjang).

Ethylene (C₂H₄)

Etilen di samping mempengaruhi pemasakan buah, juga berpengaruh terhadap perkecambahan benih. Dalam mendorong peningkatan perkecambahan benih lama dan benih yang belum masak, juga terkait dalam pengaturan dormansi benih walau pengaruhnya bukan itu saja.

E. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi perkecambahan

1. Tekanan osmose

Tekanan osmose tinggi pada larutan perkecambahan membuat imbibisi sulit dan menghambat perkecambahan. Kemampuan berkecambah pada tekanan osmose tinggi berbeda antar spesies dan antar varietas dalam spesies

(dipakai manitol), tetapi semua itu dipengaruhi oleh pH. Derajat keasaman yang terbaik untuk perkecambahan adalah 5-7,6.

2.Presoaking

Presoaking pada air dapat mempercepat perkecambahan. Biasanya benih dikeringkan lagi sebelum dikecambahkan. Dasar percepatan belum diketahui dengan pasti, diduga mungkin proses hidrolisis mulai terjadi dan gula yang dihasilkan segera dapat digunakan. Tetapi ada benih yang dengan presoaking akan menurunkan kemampuan berkecambah, sehingga harus hati-hati di dalam pelaksanaannya.

3.Efek suhu rendah

Frost dan suhu dingin malam hari, sering merusak biji sebelum panen. Kerusakan ini tergantung suhu, lamanya, kandungan lengas biji, kemasakan varietas, dll. Tetapi benih kering dengan kadar air 10-12% dapat bertahan pada suhu sangat rendah.

4.Radiasi

Radiasi di atas 10 Krad sinar gamma, menghambat perkecambahan dan efeknya lebih nyata pada suhu tinggi

dan pada kandungan lengas tinggi. Tetapi di bawah 10 Krad ada yang meningkatkan perkecambahan.

5.Kerusakan mekanis

Selama panen, prosesing, handling, terutama pada spesies biji besar, masalah pada industri benih dapat mengurangi perkecambahan dan vigor.

Bab VI

Struktur dan Tipe Bibit

Pendahuluan

Pada Bab VI ini mahasiswa dapat menjumpai uraian tentang struktur dan tipe bibit. Relevansi terhadap mahasiswa yang mempelajari bab ini adalah mahasiswa diharapkan dapat memahami tentang perbedaan benih dan pengertian bibit, bagian-bagian dari benih setelah tumbuh menjadi bibit.

Tujuan instruksional khusus pada bab struktur dan tipe bibit ini adalah mahasiswa diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang pengertian bibit, susunan bibit, struktur bibit mana dulu yang mengalami pertumbuhan, dan macam-macam tipe bibitnya.

A. Pengertian Bibit

Bibit adalah tanaman muda yang berkembang dari poros embrio dan makanannya masih bergantung kepada persediaan makanan atau makanan cadangan yang tersimpan di dalam benih (kotiledon atau endosperm). Pada kondisi yang menguntungkan biji masih hidup atau

viable, yang biasa disebut benih (dalam teknologi benih) akan berkecambah. Bila perkecambahan terjadi di dalam tanah, maka setelah berkecambah akan muncul di atas tanah atau emergence dan berkembang menjadi tanaman dewasa (*establishment*). Jadi, jika diperhatikan sebenarnya benih sebelum establish atau mapan (mampu hidup sendiri), akan didahului oleh peristiwa germinate dan emergence.

Bagian yang keluar terlebih dahulu dari kulit biji biasanya adalah radikula melalui sekitar daerah mikrophylla, kemudian diikuti oleh keluarnya plumula. Tetapi pada spesies lain atau kondisi lingkungan yang berbeda (adanya genangan, larutan kimia, zat-zat tertentu), plumula keluar lebih dahulu, baru diikuti keluarnya radikula. Selanjutnya radikula akan tumbuh menjadi akar primer, dan bercabang yang disebut akar sekunder. Pada beberapa tanaman (seperti jagung) dikenal juga adanya akar seminal. Selanjutnya pada monocotyl masih akan tumbuh akar adventif dari daerah mesocotyl (bagian epicotyl yang menggelembung) yang akan menjadi akar serabut. Pada tanaman dicoty, cotyledon bersama plumula muncul di atas tanah. Pada monocotyl, plumula keluar dulu dari coleoptyl dan muncul ke luar.

Pada dicotyl dapat dibedakan adanya hypocotyl yaitu bagian batang antara cotyledon dengan radícula, dan epicotyl adalah bagian batang antara cotyledon dan daun pertama.

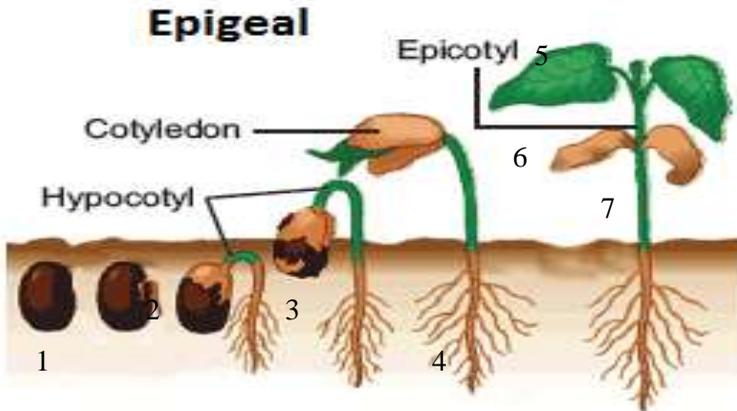
B. Tipe Bibit

Berdasarkan letak cotyledon dalam scutellum (perisai antara embrio dan endosperm) terhadap permukaan tanah, dapat dibedakan dua tipe bibit yaitu bibit tipe epigeal dan hypogeal.

1. Bibit Epigeal

Bibit epigeal adalah bibit yang cotyledonnya terangkat ke atas permukaan tanah pada waktu tumbuh. Hal ini disebabkan oleh pemanjangan hipocotyl. Hipocotyl ini tumbuh melengkung muncul di atas tanah. Jadi yang kelihatan lebih dahulu adalah hipocotyl, bukan cotyledon, walaupun cotyledon posisinya berada dipucuk (di atas). Maksudnya ialah agar titik tumbuh (*plumulla*) terlindung pada waktu bergeser ke permukaan tanah. Bibit epigeal pada umumnya terdapat pada tanaman dicotyl. Cotyledon ini setelah muncul diatas permukaan tanah kadang-kadang berwarna hijau, jadi dapat melakukan fotosintesis setelah makanan cadangan habis. Cotyledon tinggal epidermisnya dan mengkerut, sementara itu plumula terus berkembang dan timbul helaian daun

sebenarnya, yang dapat berfotosintesis dan transpirasi maupun respirasi.



Gambar 13. Bibit Epigeal

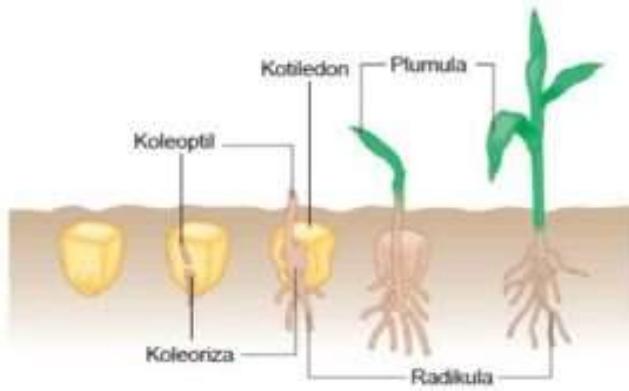
- Keterangan:
1. benih
 2. radicula
 3. akar sekunder
 4. akar primer
 5. daun
 6. kotiledon
 7. hiphocotyl

2. Bibit Hyphogeal

Bibit hyphogeal adalah bibit yang cotyledonnya tetap tinggal di bawah permukaan tanah, setelah plumule muncul dari dalam tanah (emerge). Pada bibit tipe ini hyphogeal hyphocotyl tidak memanjang. Bahkan pada beberapa spesies

epicotylnya menekan cotyledon ke bawah (Misalnya pada *Pisum sativum*)

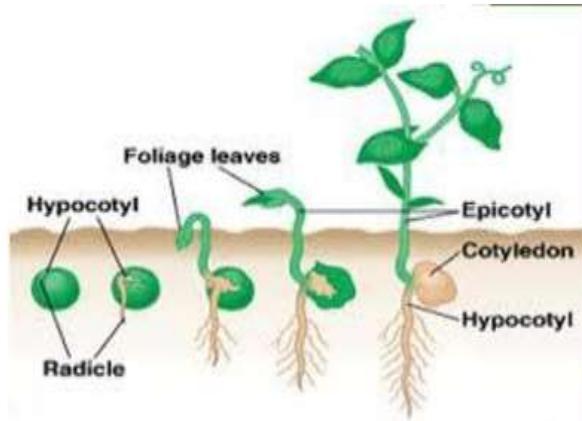
Bibit tipe hypogeal banyak dijumpai pada graaminae atau kebanyakan monocotyl. Jarang terdapat pada tanaman dicotyl. Contohnya pada benih padi dan jagung. Cotyledon yang biasanya disebut scutellum, tetap tinggal di dalam tanah. Scutellum ini berfungsi sebagai penyerap pencerna bahan makan cadangan dari endosperm dan meneruskan ke poros embryo yang sedang aktif tumbuh. Pada waktu berkecambah, hal ini segera diikuti keluarnya radícula, dan akar sekunder atau lateral yang keluar dari radícula, dan ujung radícula dilanjutkan dengan akar primer. Akar primer ini hanya berfungsi sementara pada tanaman monocotyl, yang nantinya fungsinya akan diganti oleh akar adventif atau akar serabut. Coleoptyl berhenti di bawah permukaan tanah sewaktu terkena sinar matahari, dan plumula menembus coleoptyl ke atas permukaan tanah. Endosperm dan scutellum tetap berada di bawah permukaan tanah. Plumula dapat merupakan daun pertama, atau daun daun sebelum daun pertama.



Gambar 14. Bibit Hyphogeal Jagung



Gambar 15. Bibit Hyphogeal Padi



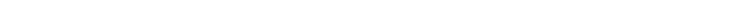
Gambar 16. Bibit Hyphogeal *Pisum sativum*

Bibit hyphogeal pada *Pisum sativum*, cotyledonnya tetap di dalam tanah dan akhirnya hancur, setelah habisnya zat makan cadangan.

Umpan balik:

Setelah membaca uraian di atas, jelaskan perbedaan struktur pertumbuhan bibit epigeal dan hypogeal !

Tunjukkan dengan disertai Gambar !



DAFTAR PUSTAKA

- Copeland, L.O. and Miller, B.M. 1995. Seed Science and Technology. 3^{ed}. Chappman and Hall, Dept. B.C, 115 Avenue, New York. NY 10003.
- Kamil, J. 1982. Teknologi Benih 1. Angkasa Bandung.
- Kuswanto H. 1996. Dasar-dasar Teknologi, Produksi Dan Sertifikasi Benih. Andi offset, Yogyakarta.
- Sadjad, S. 1993. Dari Benih untuk Benih. Grasindo, PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Sudikno, T.S. 1977. Teknologi Benih. Yayasan Pembina Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Sutopo, L. 1993. Teknologi Benih. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- M.Q. Wahyu dan A. Setiawan. 1991. Produksi Benih. Bumi Aksara. Jakarta
-