

Untuk
SMA/MA



PERTUMBUHAN & PERKEMBANGAN

BIOLOGI 2024



Elza Norra Afrita, S. Pd.
Assoc. Prof. Dr. Atok Miftachul Hudha, M. Pd.
Prof. Dr. Abdulkadir Rahardjanto, M. Si.
Prof. Dr. Rr. Eko Susetyorini, M.Si.
Prof. Dr. Yuni Pantiwati, M.M., M. Pd.

Kelas
XII

Untuk
SMA/MA

Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

Kata Pengantar

Segala puji syukur kita panjatkan atas ke hadirat Allah SWT Tuhan semesta alam yang mana berkat rahmat dan karunia-Nya waktu dapat terus berjalan, kesempatan selalu diberikan, dan upaya manusia dibalas dengan kesuksesan. Dimana dengan ‘*kun*’ yang Allah SWT firmankan terciptalah seorang sosok yang mulia, yaitu Baginda Nabi Muhammad SAW. Tidak lupa ucapan Sholawat beriringkan salam kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW semoga mampu merubah keresahan kita menjadi ketenangan, kejahiliyahan menjadi kepandaian, dan kemalasan menjadi semangat.

Alhamdulillah penulis telah berhasil menyelesaikan produk berupa buku biologi berbasis *flipbook* dengan judul “**Pertumbuhan dan Perkembangan**” yang disusun dan diselesaikan dengan baik tanpa adanya kendala yang berarti. Tujuan dari penyusunan buku biologi ini agar dapat membantu pembaca dalam menambah pengetahuan atau informasi mengenai pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, serta mengenal faktor – faktor yang berpengaruh terhadap tumbuhan. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Assoc.Prof. Dr. Atok Miftachul Hudha, M.Pd., Bapak Prof. Dr. Abdulkadir Rahardjanto, M.Si., Ibu Prof. Dr. Rr. Eko Susetyorini, M.Si., dan Ibu Prof. Dr. Yuni Pantiwati, M.M., M. Pd. yang telah membimbing penulis dalam pembuatan buku biologi dengan judul Pertumbuhan dan Perkembangan.

Buku yang dibuat ini tidak luput dari kekurangan, selalu ada celah untuk perbaikan. Penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan dari pembaca demi membuat buku ini semakin sempurna dan lengkap. Harapan penulis, buku ini dapat dimanfaatkan dan diperluas sebagai sumber ajar pada mata pembelajaran Biologi di SMA/MA kelas XII, serta masyarakat umum dalam menambah pengetahuan akan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Gambar	iii
Petunjuk Penggunaan	iv
Peta Konsep.....	v
Pemetaan Kurikulum.....	vi
Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan.....	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Pengertian Pertumbuhan dan Perkembangan.....	1
C. Fase – Fase Pertumbuhan dan Perkembangan.....	3
1. Fase Perkecambahan	6
2. Fase Lanjut Pertumbuhan dan Perkembangan	8
3. Fase Reproduksi	15
D. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan.....	16
1. Internal	17
2. Eksternal.....	26
Rangkuman	32
Soal Evaluasi	33
Daftar Pustaka	35
Glosarium.....	40

Daftar Gambar

Gambar 1. Struktur Tubuh Tumbuhan Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	2
Gambar 2. Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan Jeruk (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	3
Gambar 3. Tumbuhan Angiospermae.....	4
Gambar 4. Tumbuhan Gymnospermae.....	5
Gambar 5. Struktur Biji Dikotil dan Monokotil	6
Gambar 6. Perkecambahan Epigeal dan Perkecambahan Hipogeal	8
Gambar 7. Pertumbuhan Primer Akar	9
Gambar 8. Irisan Melintang Ujung Batang	11
Gambar 9. Zona Titik Tumbuh Ujung Batang	12
Gambar 10. Struktur Kambium Vaskular.....	13
Gambar 11. Struktur Kambium Gabus	13
Gambar 12. Penampang Melintang Batang Pohon.....	14
Gambar 13. Struktur Bunga.....	15
Gambar 14. Pohon Mangga (<i>Mangifera indica</i> L.)	17
Gambar 15. Struktur Hormon Giberelin.....	20
Gambar 16. Struktur Hormon Sitokinin	21
Gambar 17. Daun Gugur pada Tumbuhan.....	23
Gambar 18. Struktur Hormon Absisat	23
Gambar 19. Luka pada Pohon	24
Gambar 20. Pemberian Air pada Tumbuhan	27
Gambar 21. Cahaya untuk Tumbuhan.....	30

Petunjuk Penggunaan

Selamat datang di *flipbook* materi Pertumbuhan dan Perkembangan untuk Tumbuhan! Petunjuk berikut akan membantu kalian memaksimalkan pengalaman belajar. *flipbook* ini dirancang dengan struktur yang mudah diikuti, dilengkapi dengan peta konsep, materi, serta latihan untuk mendukung pemahaman. Bacalah petunjuk berikut dengan seksama untuk memahami cara dalam menggunakan *flipbook* ini.

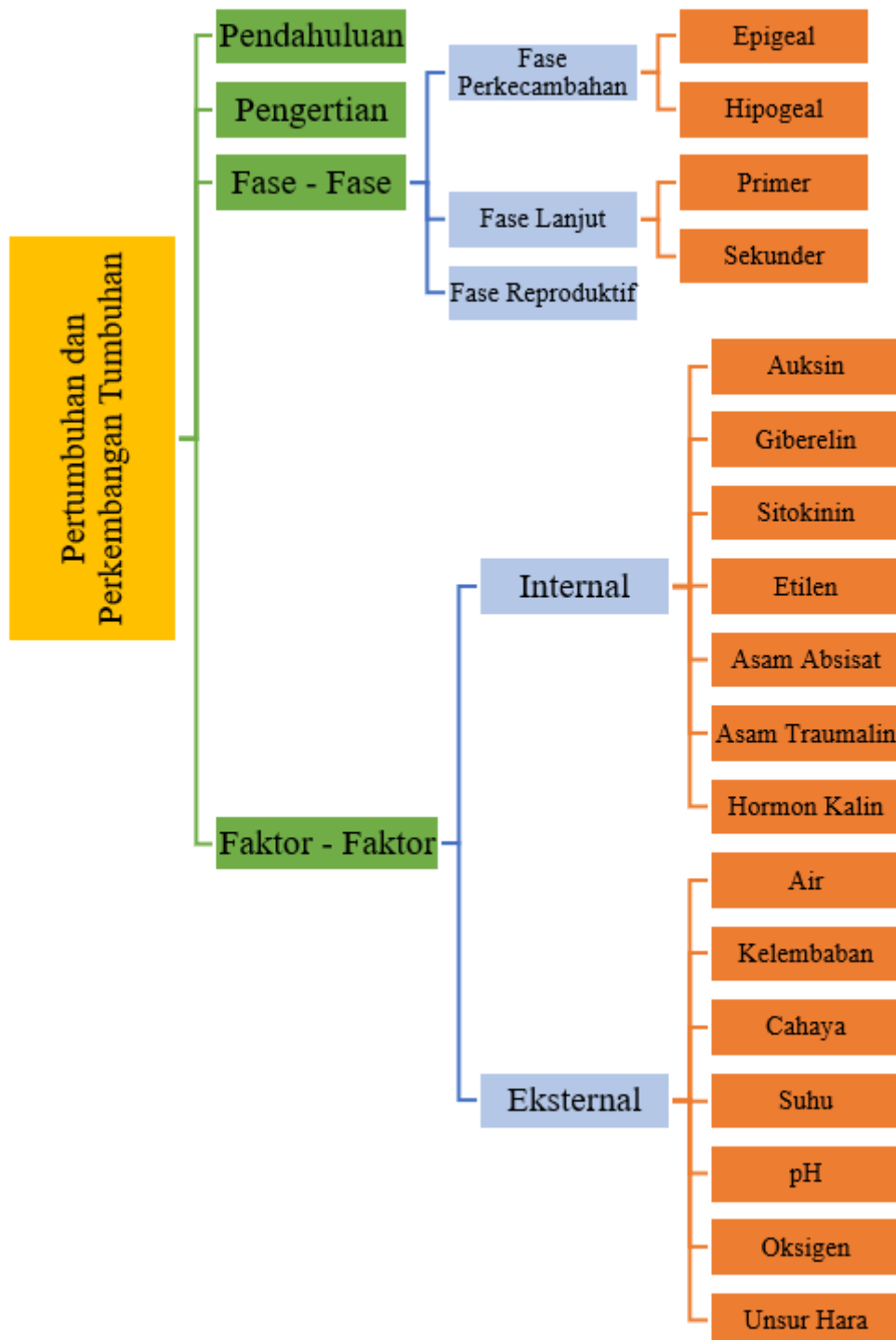
Petunjuk penggunaan *flipbook*:

1. Navigasi Materi: Gunakan daftar isi untuk menavigasi setiap bab atau topik yang ingin dipelajari; Peta konsep di awal, akan membantu dalam memahami alur dan keterkaitan materi.
2. Membaca Materi: Setiap bagian dalam *flipbook* ini disusun secara bertahap, dimulai dari konsep dasar hingga materi yang lebih kompleks. Bacalah secara berurutan untuk memahami seluruh isi dengan baik.
3. Penggunaan Peta Konsep: Peta konsep dapat memberikan gambaran umum tentang topik yang akan dibahas. Gunakan ini sebagai panduan untuk meninjau materi sebelum dan sesudah membaca.
4. Latihan dan Evaluasi: Di akhir, terdapat latihan soal evaluasi untuk menguji pemahaman Anda.
5. Akses Tambahan: Beberapa gambar dan video pada *flipbook* dapat diklik dikarenakan menyertakan tautan ke sumber tambahan atau video penjelasan. Pastikan perangkat yang digunakan terhubung ke internet untuk mengakses konten ini.
6. Kembali ke Materi Sebelumnya: Jika merasa belum memahami suatu konsep dengan baik, jangan ragu untuk kembali dan membaca ulang materi sebelumnya.
7. Bantuan dan Dukungan: Jika membutuhkan bantuan lebih lanjut, dapat menghubungi guru biologi yang sedang mengajar.

Dengan mengikuti petunjuk tersebut, kalian akan lebih mudah untuk memahami materi dan memaksimalkan manfaat dari *flipbook* ini. Selamat belajar!

Peta Konsep

Kehidupan setiap makhluk dimulai dengan pertumbuhan dan perkembangan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Peta konsep berikut merangkum materi yang akan dibahas dalam *flipbook* ini.



Pemetaan Kurikulum

➤ Kompetensi Inti


- KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
- KI 2 : Mengembangkan perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsif, dan pro-aktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
- KI 3 : Memahami pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah
- KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di Sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

➤ Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
3.1 Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan makhluk hidup	3.1.1 Menganalisis proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan 3.1.2 Mengidentifikasi proses dari kedua jenis perkecambahan 3.1.3 Memahami proses pertumbuhan reproduktif pada tumbuhan 3.1.4 Menganalisis faktor internal dan faktor eksternal pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan 3.1.5 Mengevaluasi hubungan antara faktor internal dan faktor eksternal pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan

➤ Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menganalisis proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan

- 
2. Peserta didik dapat mengidentifikasi proses dari kedua jenis perkecambahan
 3. Peserta didik dapat memahami proses pertumbuhan reproduktif pada tumbuhan
 4. Peserta didik dapat menganalisis faktor internal dan faktor eksternal pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan
 5. Peserta didik dapat mengevaluasi hubungan antara faktor internal dan faktor eksternal pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan

Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

A. Pendahuluan

Pernahkah kamu menanam tumbuhan dari biji? Setelah ditanam, apakah kamu memperhatikan tumbuhan tersebut tumbuh? Jika kita amati, tumbuhan yang sama tidak memiliki tinggi dan besar yang sama meskipun ditanam secara bersamaan. Hal tersebut dipengaruhi karena adanya laju pertumbuhan dan perkembangan yang berbeda di setiap tumbuhan. Untuk lebih jelas, kamu bisa mengamati [Video 1](#).



Video 1 *Timelapse* Pertumbuhan

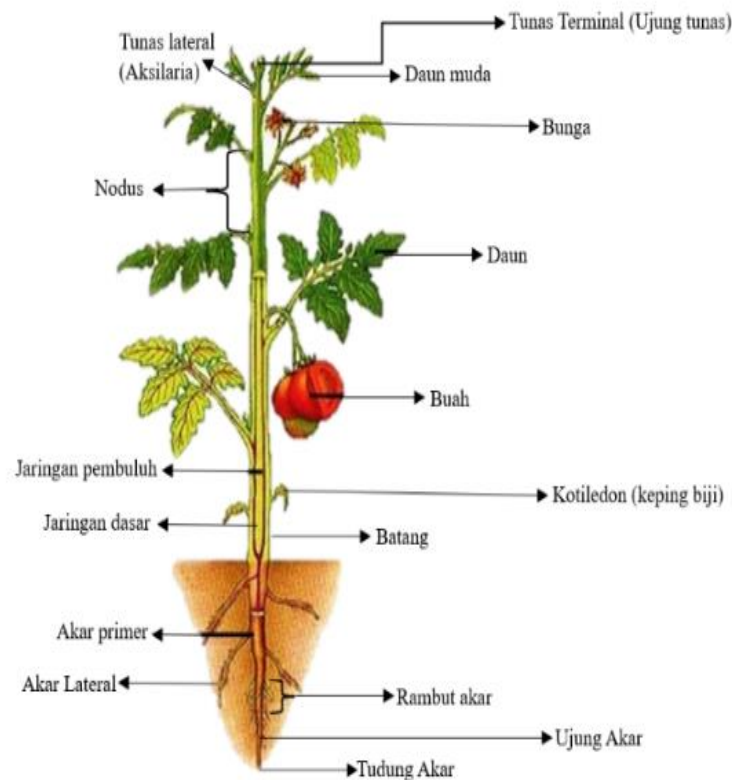
Sumber: Tube, 2023

Tentunya setelah mengamati video tersebut kalian sudah terbayang apa itu pertumbuhan dan perkembangan. Namun untuk memperjelas pemahaman mengenai kedua konsep ini, mari kita telusuri materi berikut ini bersama-sama.

B. Pengertian Pertumbuhan dan Perkembangan

Pertumbuhan merupakan peristiwa bertambahnya ukuran tinggi, volume, dan massa pada tumbuhan yang terjadi karena adanya penambahan dan pembesaran dari sel-sel tubuh tumbuhan (Santoso, 2007; Setiowati & Furqonita, 2007). Proses pertumbuhan tidak dapat dikembalikan, dapat diukur dengan satuan pengukuran tertentu, dan dapat dinyatakan dengan suatu satuan karena bersifat kuantitatif. Gambar struktur tubuh tumbuhan tomat pada [Gambar 1](#) menunjukkan bagian-

bagian utama seperti akar, batang, daun, dan buah. Pertumbuhan terjadi pada setiap bagian ini melalui penambahan sel yang menyebabkan peningkatan ukuran dan massa. Proses ini mencerminkan aspek kuantitatif dari pertumbuhan yang dijelaskan sebelumnya.



Gambar 1. Struktur Tubuh Tumbuhan Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

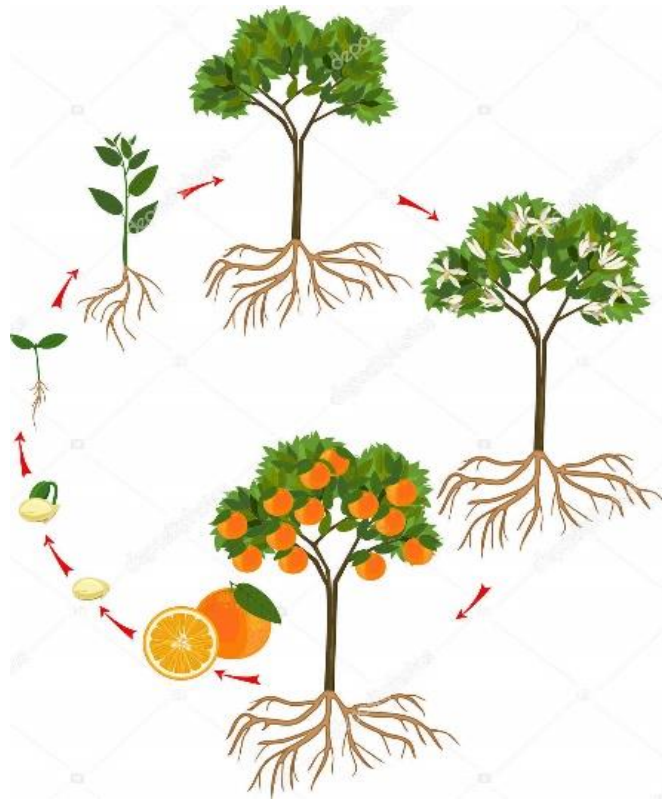
Sumber. Dokumen pribadi

Pertumbuhan tumbuhan dapat terjadi secara terus – menerus dikarenakan tumbuhan memiliki jaringan *embrionik* yaitu meristem. Jaringan meristem berada pada ujung akar, ujung batang, dan kambium pada tumbuhan (Aida dkk, 2020). Sel – sel yang terdapat pada jaringan meristem akan terus membelah dan menghasilkan sel – sel baru (Gardjito & Handayani, 2015). Proses pertumbuhan pada organ daun dan bunga memiliki keterbatasan, sehingga ketika pertumbuhan telah selesai maka organ daun dan bunga akan mengalami penuaan dan akhirnya mengalami kematian. Proses pertumbuhan tumbuhan dapat berlangsung bersamaan dengan perkembangan.

Perkembangan makhluk hidup berbeda antara manusia, hewan, dan tumbuhan. Perkembangan pada manusia dengan masa kanak – kanak yang panjang dan perkembangan otak yang kompleks. Perkembangan pada hewan menunjukkan variasi reproduksi seperti *metamorfosis*. Perkembangan pada tumbuhan ditandai dengan kemampuan sel untuk berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel dan fotosintesis untuk pertumbuhan terus-menerus. Proses perkembangan dapat

terjadi secara berulang dan tidak dapat diukur dengan suatu satuan atau angka (Susilowarno, 2022).

Perkembangan tumbuhan merupakan proses perubahan dan pembentukan sel – sel yang terjadi selama proses pertumbuhan berlangsung, sehingga terbentuknya struktur dan fungsi dari masing – masing organ yang disebut dengan *diferensiasi* (Itoh & Sato, 2023; Anton & Hay, 2020; Hasterok & Betekhtin, 2020). Dengan demikian, perkembangan merupakan proses perubahan pada tumbuhan menuju ke keadaan yang lebih kompleks (dewasa) dan berlangsung secara terus – menerus selama proses pertumbuhan terjadi. Pada **Gambar 2** merupakan salah satu contoh dari proses pertumbuhan dan perkembangan dari tanaman berbiji.



Gambar 2. Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan Jeruk (*Citrus sinensis* L.)

Sumber: Anonim, 2018

Setelah mempelajari materi tersebut, ayo tunjukkan kemampuan kalian dengan membuat tabel perbedaan antara pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan. Semangat, kalian pasti bisa melakukannya dengan baik! ([Link pengumpulan tugas](#)).

C. Fase – Fase Pertumbuhan dan Perkembangan

Tumbuhan memiliki beberapa fase pada pertumbuhan dan perkembangannya. Pada tumbuhan yang berbiji, masa pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan diawali pertumbuhan dan perkembangan dari bakal biji. Perkembangan bakal biji pada tumbuhan *angiospermae* dan

tumbuhan *gymnospermae* memiliki beberapa tahapan yang penting dan kompleks hingga mencapai tahap perkecambahan.

Pada *angiospermae*, proses fertilisasi terjadi di dalam ovula yang tertutup oleh ovarium. Penyerbukan merupakan langkah pertama dalam proses ini, di mana serbuk sari jatuh ke kepala putik dan membentuk tabung serbuk sari yang tumbuh menuju ovula (Yu dkk, 2022). Kemudian di dalam ovula terjadi fertilisasi ganda yang merupakan suatu proses unik pada *angiospermae*. Satu sel sperma membuahi sel telur membentuk zigot (*diploid*), sementara sel sperma lainnya membuahi dua inti polar sehingga membentuk endosperma (*triploid*) (Shin dkk, 2021). Zigot ini kemudian berkembang menjadi embrio, sedangkan endosperma akan menyediakan nutrisi penting bagi pertumbuhan embrio. Ovula ini kemudian akan berkembang menjadi biji yang terdiri dari embrio, endosperma, dan kulit biji.

Pembentukan bakal buah pada *angiospermae* terjadi setelah fertilisasi, di mana ovarium yang mengelilingi ovula berkembang menjadi buah (Rudall, 2021). Buah ini yang memainkan peran penting dalam melindungi biji selama perkembangan dan penyebarannya. Buah dapat bertekstur berdaging seperti apel atau kering seperti kacang polong, tergantung pada jenis tumbuhannya. Fungsi utama dari buah adalah melindungi biji dari kondisi lingkungan yang buruk dan membantu dalam penyebaran biji ke tempat yang baru, baik melalui angin, air, atau makhluk lain seperti hewan dan manusia. Contoh dari tumbuhan *angiospermae* dapat kita lihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tumbuhan *Angiospermae*

Sumber: Anonim, 2021

Sebaliknya, pada *gymnospermae* fertilisasi terjadi di dalam ovula yang terbuka dan biasanya di permukaan struktur yang menyerupai daun atau kerucut. Serbuk sari akan

diterbangkan oleh angin dan jatuh langsung pada ovula. Setelah penyerbukan, serbuk sari membentuk tabung serbuk sari yang tumbuh ke arah sel telur. Pada *gymnospermae*, fertilisasi tunggal terjadi di mana satu sel sperma membuahi sel telur membentuk zigot (*diploid*). Tidak ada fertilisasi ganda, sehingga endosperma (jaringan nutrisi) terbentuk dari jaringan gametofit betina sebelum fertilisasi dan biasanya bersifat *haploid* atau *diploid*. Zigot kemudian berkembang menjadi embrio, dan jaringan gametofit betina yang tersisa menyediakan nutrisi untuk pertumbuhan embrio. Ovula berkembang menjadi biji yang terdiri dari embrio dan jaringan nutrisi yang dikelilingi oleh kulit biji (Cardona & Ambrose, 2021).

Gymnospermae tidak membentuk buah yang menutupi biji seperti pada *angiospermae*. Sebaliknya, biji berkembang di permukaan struktur seperti kerucut (Liu dkk, 2023). Kerucut ini memiliki skala yang melindungi biji selama perkembangannya. Ketika biji telah matang, skala kerucut akan terbuka, memungkinkan biji untuk tersebar oleh angin. Struktur kerucut ini memastikan bahwa biji tersebar secara luas, yang meningkatkan peluang untuk perkecambahan dan pertumbuhan di lokasi baru. Contoh dari tumbuhan *gymnospermae* dapat kita lihat pada **Gambar 4**.



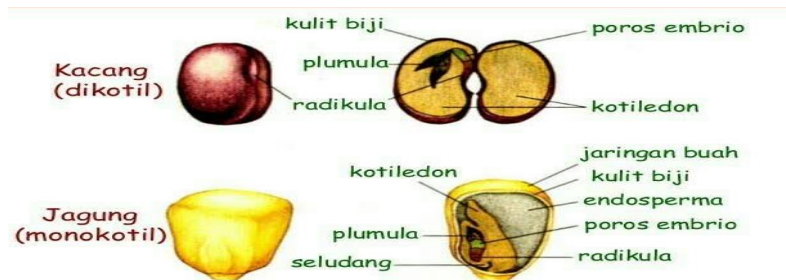
Gambar 4. Tumbuhan Gymnospermae

Sumber: Sendari, 2021

Setelah biji matang dan tersebar, tahapan berikutnya adalah perkecambahan. Untuk lebih jelas mengenai tahapan selanjutnya pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, mari kita pelajari materi berikut ini. Semangat dalam belajar, dan pastikan kalian memahami setiap langkahnya!

1. Fase Perkecambahan

Seperti yang kita ketahui, pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan dimulai ketika biji. Namun, apakah kamu tahu bagaimana proses biji ini bisa tumbuh? Dan apakah semua biji dapat tumbuh begitu saja? Sebelum membahas lebih lanjut, mari kita amati terlebih dahulu **Gambar 5**. Fokus dan cermat, agar kalian bisa memahami perbedaan struktur dari biji *dikotil* dan *monokotil* dengan lebih mudah!



Gambar 5. Struktur Biji Dikotil dan Monokotil

Sumber: Adelia, 2021

Ketika kondisi lingkungan tidak mendukung untuk tumbuh biji yang biasa kita gunakan sebagai benih, maka biji tersebut mengalami masa istirahat atau masa *dormansi*. Kulit biji yang keras pada masa *dormansi* akan menghalangi penyerapan air dan oksigen sehingga tidak terdapat air di dalam biji tersebut (Jaganathan & Harrison, 2023). Ketika kondisi lingkungan mendukung biji untuk tumbuh maka masa *dormansi* akan berakhir, dan dilanjutkan dengan perkecambahan.

Perkecambahan merupakan proses dimana biji mengalami perkembangan dan tumbuh menjadi tumbuhan baru (Paiman, 2022). Proses ini melibatkan serangkaian tahapan fisiologis dan biokimia yang memungkinkan embrio di dalam biji untuk berkembang menjadi bibit atau tumbuhan muda. Perkecambahan diawali dengan penyerapan air pada biji yang disebut dengan *imbibisi*. Air masuk ke dalam biji melalui *mikrofil* (pori kecil pada biji) dan kulit biji, menyebabkan biji membengkak sehingga merangsang reaksi enzimatik dan metabolik di dalam biji (Pompelli dkk, 2023). Enzim – enzim yang berada di dalam biji mulai aktif seperti amilase, protease, lipase dan membantu memecah cadangan makanan yang tersimpan dalam biji (seperti pati, protein, dan



Foto. William James Beal

William James Beal adalah seorang botanis Amerika yang terkenal dengan eksperimen jangka panjang tentang *viabilitas* biji. Pada tahun 1879, Beal memulai eksperimen untuk menentukan berapa lama biji bisa tetap viabel di tanah. Dia mengubur botol berisi biji dari 23 spesies yang berbeda dan menggali satu botol setiap lima tahun untuk menilai viabilitasnya. Eksperimen ini masih berlanjut hingga saat ini dan menunjukkan bahwa beberapa biji dapat tetap viabel selama lebih dari 100 tahun. Eksperimen Beal adalah salah satu yang paling terkenal dan memberikan wawasan penting tentang dormansi biji.

Sumber:

<https://bealbotanicalgarden.msu.edu/science/seed-experiment>

lemak) menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh embrio untuk pertumbuhan (Moller & Svensson, 2021).

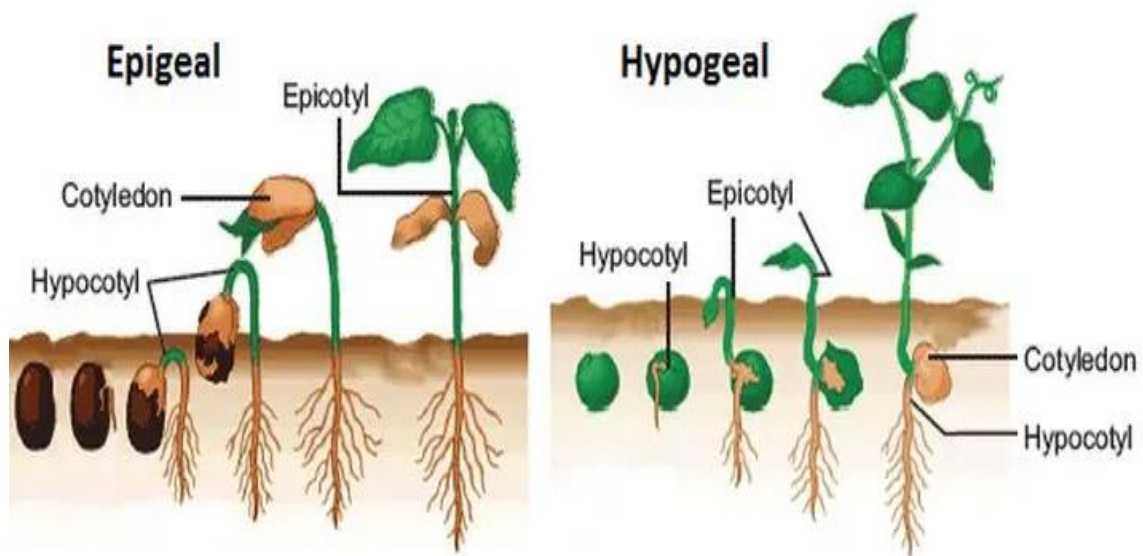
Seiring dengan aktivasi enzim, tingkat respirasi biji meningkat dan menghasilkan energi yang diperlukan untuk pertumbuhan embrio. Respirasi menghasilkan ATP (*adenosin trifosfat*), yang digunakan untuk berbagai proses metabolik. Untuk lebih jelas, mari kita saksikan **Video 2** . Tetap semangat dalam belajar, dan perhatikan baik – baik!



Video 2 Perkecambahan Tumbuhan

Sumber: Education, 2022

Embrio pada biji akan mengalami pembelahan dan perpanjangan sel yang cepat, sehingga menyebabkan akar primer (*radikula*) dan tunas (*plumula*) mulai tumbuh. Berdasarkan jenisnya, perkecambahan dibagi menjadi perkecambahan *epigeal* dan perkecambahan *hipogeal*. Pada perkecambahan *epigeal*, kotiledon terangkat ke atas tanah. Hal ini terjadi karena hipokotil (bagian batang dibawah kotiledon) memanjang. Dengan memanjangnya hipokotil, kotiledon terdorong keluar dari tanah. Kotiledon kemudian berperan sebagai daun pertama yang membantu fotosintesis sampai daun sejati berkembang. Contoh tumbuhan dengan perkecambahan epigeal adalah kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.). Pada perkecambahan *hipogeal*, kotiledon tetap berada di bawah tanah. Hal ini terjadi karena epikotil (bagian batang di atas kotiledon) memanjang, sehingga *plumula* (calon tunas) terdorong keluar dari tanah sementara kotiledon tetap di dalam tanah. Dalam hal ini, kotiledon tidak berperan dalam fotosintesis karena tidak terkena sinar matahari. Contoh tumbuhan dengan perkecambahan hipogeal adalah kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.).



Gambar 6. Perkecambahan Epigeal dan Perkecambahan Hipogeal

Sumber: Arfanhamid & Atinirmala, 2022

Setelah mengamati **Gambar 6**, ayo tunjukkan kreativitas kalian dengan membuat tabel perbedaan antara keduanya! Semangat, kalian pasti bisa! ([Link jawaban](#)).

2. Fase Lanjut Pertumbuhan dan Perkembangan

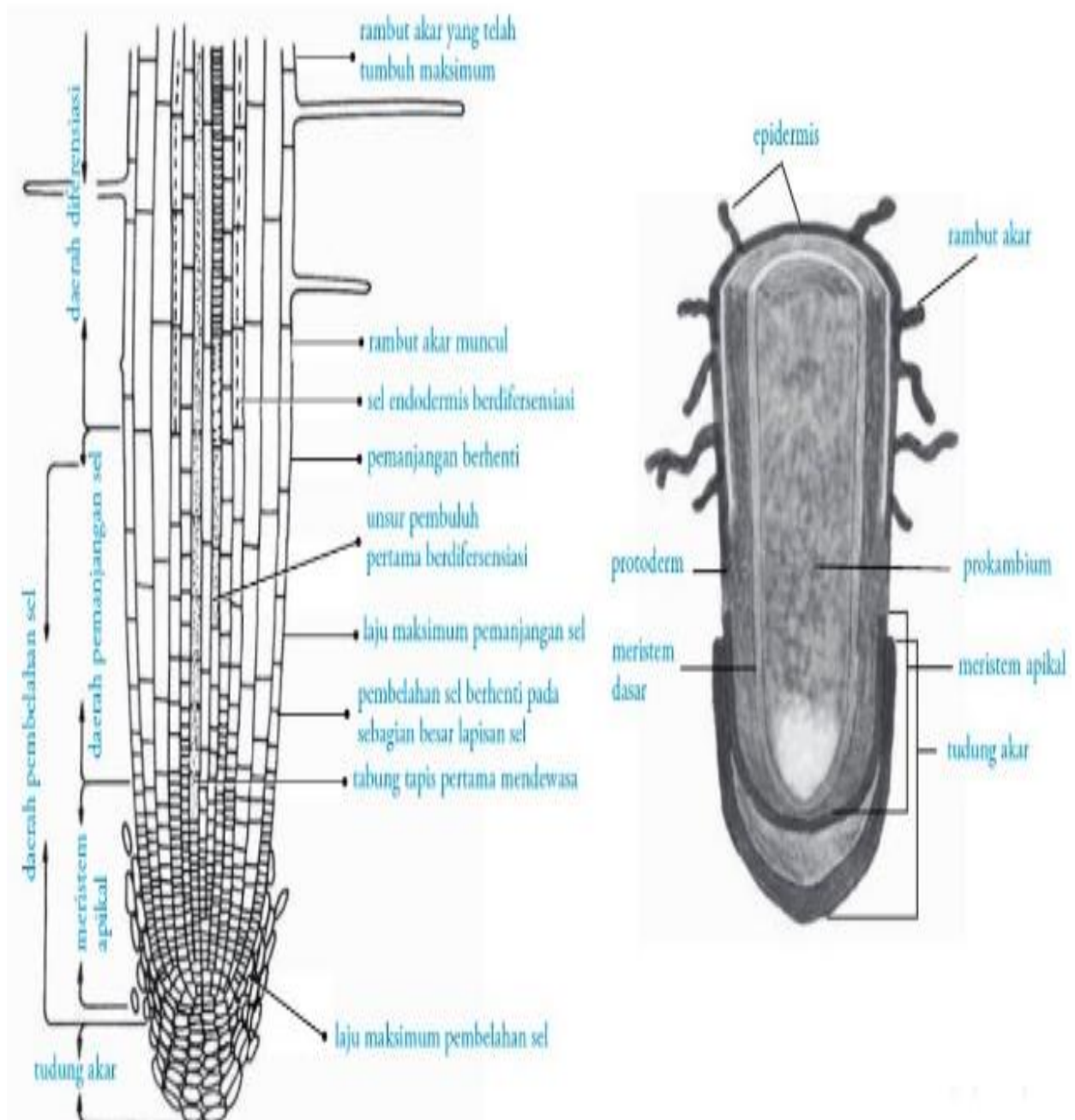
Setelah perkecambahan, tumbuhan mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan yang selanjutnya membuat tumbuhan dapat menjadi tumbuh lebih tinggi dan lebih besar. Proses pertumbuhan pada tumbuhan berdasarkan jenisnya dibagi menjadi pertumbuhan *primer* dan pertumbuhan *sekunder*. Pertumbuhan primer pada tumbuhan adalah saat tumbuhan memanjang, seperti tunas dan cabang baru yang muncul. Sedangkan pertumbuhan sekunder terjadi ketika batang tumbuhan memperbesar diameter, biasanya dengan pembentukan kayu dan lapisan kulit tambahan. Selama proses pertumbuhan ini berlangsung, tumbuhan juga mengalami proses perkembangan yang melibatkan diferensiasi sel-sel tumbuhan menjadi tipe-tipe sel khusus yang menjalankan fungsi tertentu. Proses perkembangan pada tumbuhan memastikan bahwa bagian-bagian tumbuhan dapat berfungsi secara optimal untuk mendukung kehidupan dan reproduksi dari tumbuhan.

2.1 Pertumbuhan Primer

Pertumbuhan primer tumbuhan terjadi karena aktivitas meristem primer dan terjadi pada titik tumbuh primer di ujung akar dan ujung batang (Inacio dkk, 2022). Titik tumbuh merupakan daerah atau bagian pada tumbuhan yang mengalami pertumbuhan (pertambahan panjang) paling cepat.

a. Titik Tumbuh Akar

Pada ujung akar, pertumbuhan sel terjadi melalui tiga proses: pembelahan (*cleavage*), pemanjangan (*elongasi*), dan pendewasaan (*diferensiasi*). Dengan daerah titik tumbuh pada ujung akar dibagi menjadi 4: daerah tudung akar (*kaliptra*), daerah pembelahan (*cleavage*), daerah pemanjangan (*elongasi*), dan daerah pendewasaan (*diferensiasi*) yang dapat kita lihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Pertumbuhan Primer Akar

Sumber: Salisbury & Ross, 1992

Kaliptra berfungsi untuk melindungi ujung akar yang sedang tumbuh, yaitu meristem apikal dari kerusakan mekanis saat menembus tanah. Kaliptra juga menghasilkan lendir (*mucilage*) yang membantu melumasi tanah sehingga memudahkan akar menembus dan mengurangi gesekan dengan partikel tanah (Taiz & Zeiger, 2010).

Kemudian *cleavage* pada akar tumbuhan atau zona meristematik adalah tempat di mana sel-sel akar aktif membelah untuk menghasilkan sel – sel baru. Proses pembelahan ini merupakan perkembangan pada tumbuhan yang sangat penting untuk pertumbuhan dan pemanjangan akar sehingga memungkinkan akar menembus tanah lebih dalam untuk mencari air dan unsur hara. Zona ini ditandai oleh aktivitas mitosis yang tinggi, di mana sel-sel membelah dengan cepat. Zona meristematik memastikan akar terus tumbuh dan berkembang, menyediakan sel-sel baru yang diperlukan untuk memperpanjang dan memperkuat akar.



Gambar. Sengon

Pohon sengon dengan nama latin *Albizia falcata* yang termasuk keluarga kacang polong dapat tumbuh tinggi dengan sangat cepat. Dimana pohon spesies ini dapat tumbuh ± 10 meter dalam waktu 10 bulan saja. Bagaimana jika kalian memiliki pertumbuhan yang sama dengan pohon ini, dalam umur 10 tahun tinggi kalian sudah sama seperti bangunan pencakar langit yang megah.

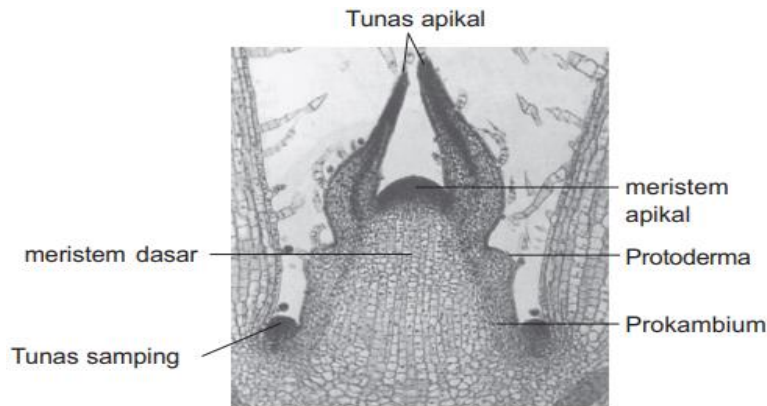
Sumber: Journal of Occupational Health, Volume 48, Issue 5, September 2006, Pages 392–395, <https://doi.org/10.1539/joh.48.392>

Daerah selanjutnya pada akar adalah *elongasi* yang merupakan proses di mana sel – sel di bagian ujung akar memanjang secara aktif. Selama *elongasi*, akar akan memanjang ke bawah ke dalam tanah sehingga memungkinkan akar untuk mencari air dan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tumbuhan. Hormon tumbuhan seperti auksin memainkan peran penting dalam mengatur proses ini untuk memastikan pertumbuhan akar yang sehat dan kuat.

Setelah *elongasi*, terdapat daerah *diferensiasi* pada akar yang merujuk pada proses di mana sel – sel di daerah pendewasaan akar mengalami perubahan menjadi jenis – jenis sel yang memiliki fungsi khusus dalam tumbuhan. Proses ini terjadi setelah sel – sel melewati zona pemanjangan, sel-sel tersebut mengalami perubahan struktural dan fungsional yang sesuai dengan kebutuhan tumbuhan (Faustino dkk, 2023). Menurut Salisbury dan Ross (1992), *diferensiasi* akar melibatkan transformasi sel – sel dari status meristematis menjadi sel-sel yang sudah matang dengan fungsi tertentu. Contoh dari transformasi yang dimaksud merupakan pembentukan jaringan epidermis yang melindungi akar dari kerusakan mekanis, pembentukan korteks yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan nutrisi, dan pembuluh *xilem* dan *floem* yang mengangkut air, nutrisi, dan produk fotosintesis di dalam tumbuhan.

b. Titik Tumbuh Batang

Pertumbuhan pada batang tumbuhan terjadi di **ujung batang**. Kita dapat mengamati titik tumbuh ini pada tumbuhan dengan tunas berupa kuncup, yang merupakan meristem apikal batang pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Irisan Melintang Ujung Batang

Sumber: Campbell & Reece, 2008

Meristem apikal batang merupakan kumpulan sel yang aktif membelah, membentuk ujung tunas berbentuk kubah. Pada sisi meristem apikal terdapat *primordium* yang merupakan cikal bakal daun. Pangkal *primordium* terdapat tunas *aksilar* atau tunas samping yang tumbuh untuk membentuk cabang. Tunas terdiri dari beberapa *primordia* daun yang berdekatan satu sama lain dan dipisahkan oleh ruas yang pendek. Pemanjangan tunas terjadi pada ruas yang telah terbentuk lebih dulu di bawah apikal pucuk, bagian yang mengandung meristem apikal. Meristem apikal akan terus membelah dan membuat tunas untuk tumbuh lebih panjang.

Pertumbuhan primer terjadi pada ruas yang mencakup pembelahan dan pemanjangan sel-sel di dalamnya. Proses ini memungkinkan tunas untuk memanjang dan memperbesar ukurannya. Pada bagian kuncup tunas terdapat pembuluh – pembuluh yang terhubung langsung dengan akar. Pembuluh ini dikenal sebagai silinder pusat atau *stele* dengan fungsi untuk mengangkut air, nutrisi, dan hasil fotosintesis antara akar dan bagian atas tumbuhan.

Secara keseluruhan, proses pemanjangan tunas ini melibatkan pembelahan sel di meristem apikal, pemanjangan sel di ruas, dan pembentukan *primordia* daun baru. Semua proses ini bekerja sama untuk

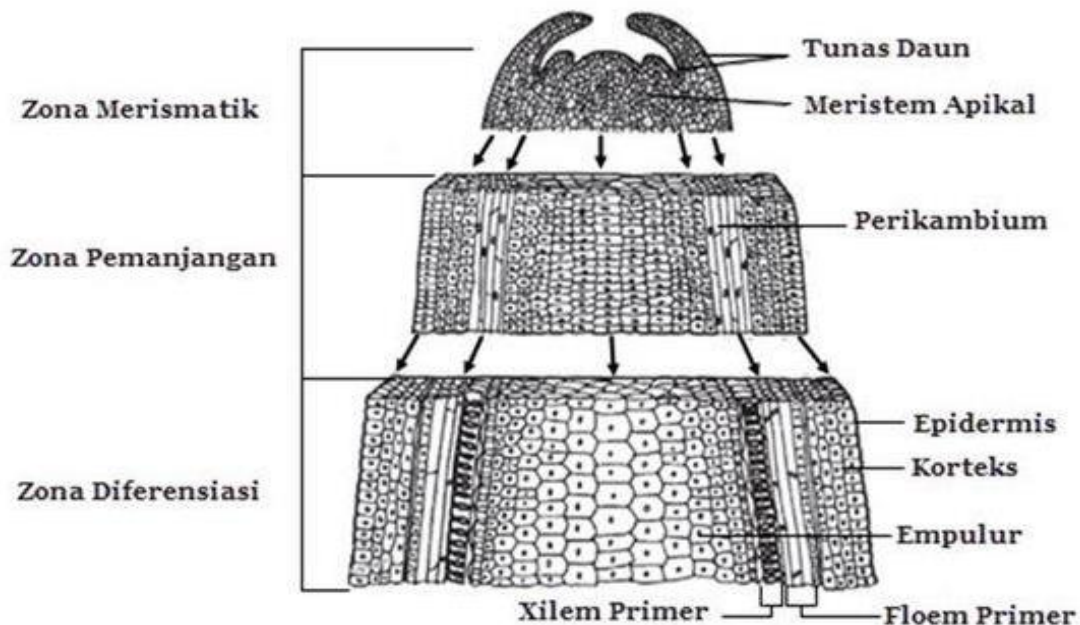


Gambar. **Tanaman Stroberi** (*Fragaria sp.*)

Titik tumbuh pada batang stroberi menawarkan sebuah keunikan yang membedakannya dari tanaman lain yaitu melalui pembentukan stolon. Stolon ini adalah cabang horizontal yang menjalar di atas permukaan tanah, membentuk "jembatan" untuk reproduksi tanaman. Setiap nodus pada stolon dapat mengakar dan menghasilkan tanaman baru, menciptakan kemampuan stroberi untuk menyebar dengan cepat dan efisien di berbagai kondisi lingkungan.

Sumber: Plant Physiology, Volume 187, Issue 3, November 2021, Pages:1221–1234, <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab421>

memastikan tunas dapat tumbuh dan berkembang menjadi bagian tumbuhan yang lebih besar dan kompleks.



Gambar 9. Zona Titik Tumbuh Ujung Batang

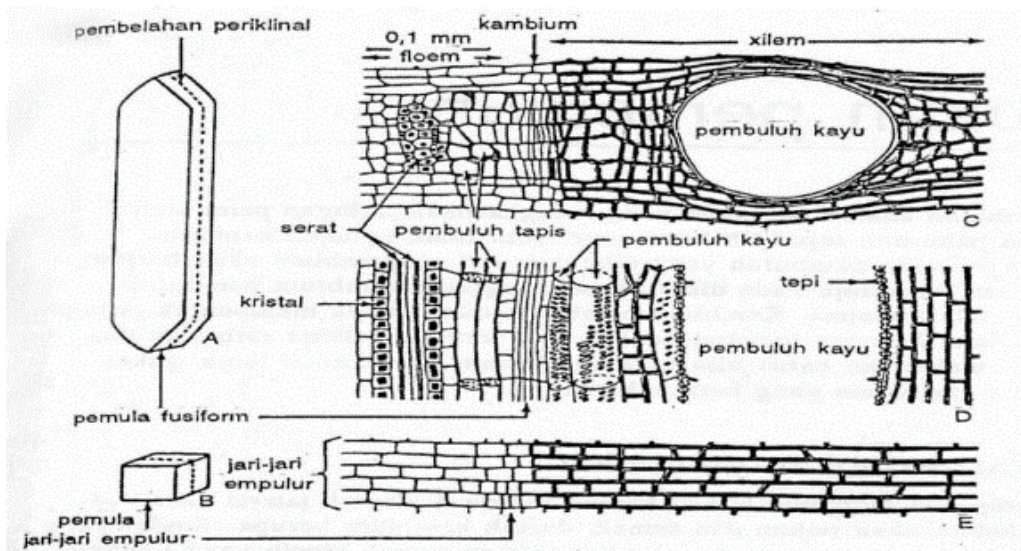
Sumber: Sondang, 2022

Jaringan meristem (*prokambium*) akan berkembang menjadi jaringan kambium yang berfungsi sebagai sarana bagi tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan sekunder. Jaringan kambium bersifat meristematis yang artinya aktif membelah. Oleh karena itu, jaringan meristem pada bagian pucuk dapat dibedakan menjadi dua jenis: jaringan meristematis dewasa (kambium) dan jaringan meristem embrional.

Jaringan meristem embrional merupakan jaringan yang terlibat dalam pertumbuhan primer karena aktif membentuk sel-sel meristematis baru. Sementara itu, jaringan kambium berperan dalam pertumbuhan sekunder, memperbesar diameter batang dan akar dengan menambah lapisan sel baru ke dalam dan luar jaringan. Sehingga secara sederhana, prokambium berubah menjadi kambium untuk pertumbuhan sekunder, sedangkan meristem embrional mengatur pertumbuhan primer.

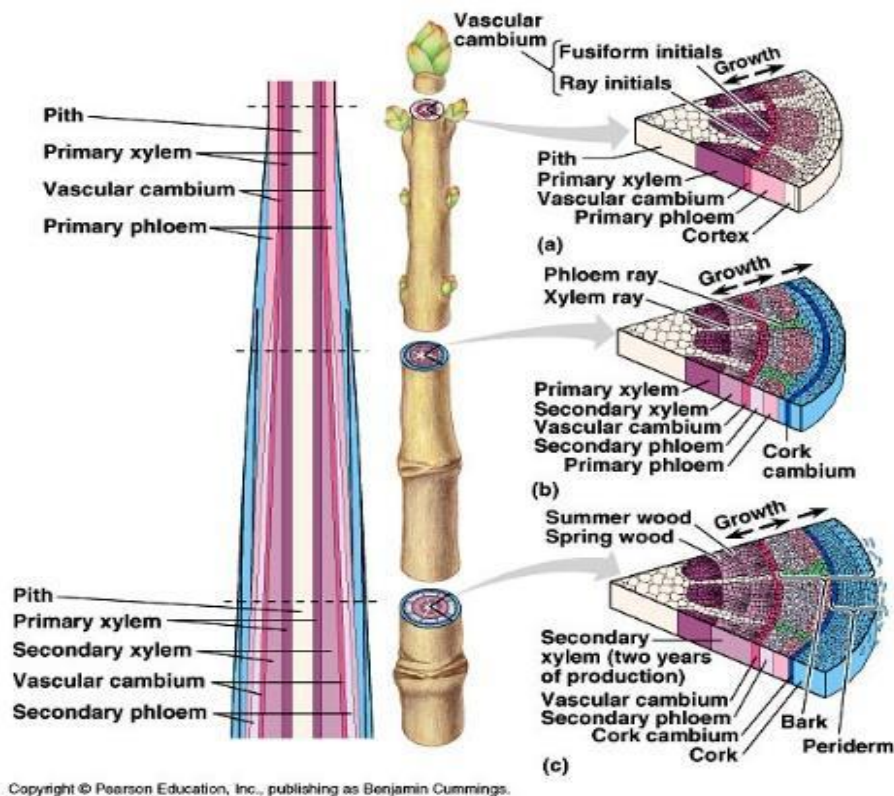
2.2 Pertumbuhan Sekunder

Pada tumbuhan, pertumbuhan tidak hanya terjadi secara memanjang tetapi juga dalam hal ukuran diameter akar dan batang terus membesar yang disebut dengan pertumbuhan sekunder. Pertumbuhan sekunder ini disebabkan oleh aktivitas dari meristem lateral, yaitu jaringan yang bertanggung jawab untuk menghasilkan jaringan baru pada tumbuhan. Ada dua jenis meristem lateral: **kambium vaskular** dan **kambium gabus** (kambium felogen).



Gambar 10. Struktur Kambium Vaskular

Sumber: Kurniawan, 2024



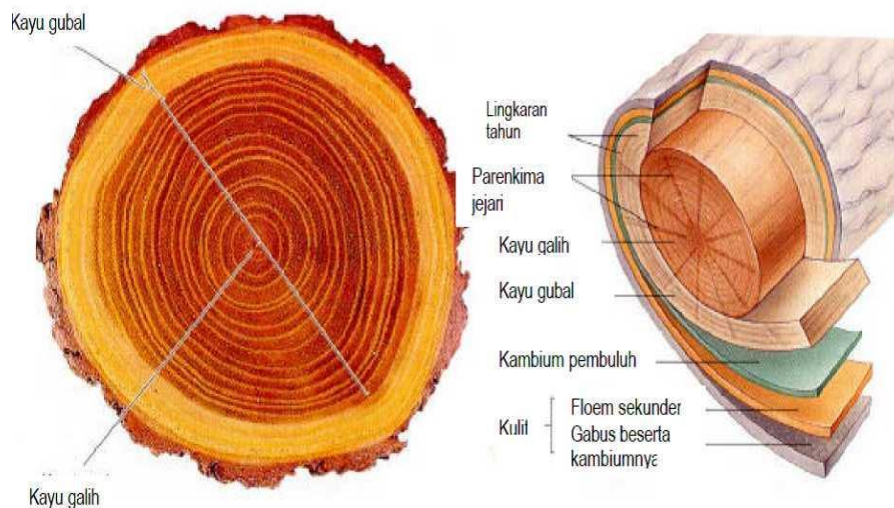
Gambar 11. Struktur Kambium Gabus

Sumber: Adinda, 2011

Kambium vaskular merupakan lapisan sel yang terletak di antara *xilem* dan *floem* primer. Saat kambium vaskular membelah maka akan menghasilkan *xilem* sekunder ke arah dalam dan *floem* sekunder ke arah luar. *Xilem* sekunder ini membentuk kayu yang kuat dan keras sehingga memberikan dukungan struktural yang penting bagi tumbuhan. Sedangkan *floem* sekunder

berfungsi untuk mengangkut hasil *fotosintesis* dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Pertumbuhan ini menyebabkan diameter batang dan akar tumbuhan bertambah besar, memperkuat struktur tumbuhan, dan memungkinkan transportasi air dan nutrisi lebih efisien ke seluruh bagian tumbuhan (Turley & Etchells, 2021).

Selain aktivitas kambium vaskular, kambium gabus atau kambium felogen juga memainkan peran penting dalam pertumbuhan sekunder. Kambium gabus terletak di luar *floem* sekunder dan membelah untuk menghasilkan sel-sel gabus ke arah luar yang membentuk *periderm*. Periderm menggantikan epidermis yang rusak atau hilang dan berfungsi sebagai lapisan pelindung yang mencegah kehilangan air serta melindungi tumbuhan dari serangan patogen dan kerusakan fisik. Proses ini memungkinkan tumbuhan untuk mengatasi berbagai tantangan lingkungan, seperti kekeringan dan serangan hama, sehingga tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Untuk lebih jelas dapat kita lihat penampang penampang melintang batang dari salah satu tumbuhan berkayu pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Penampang Melintang Batang Pohon

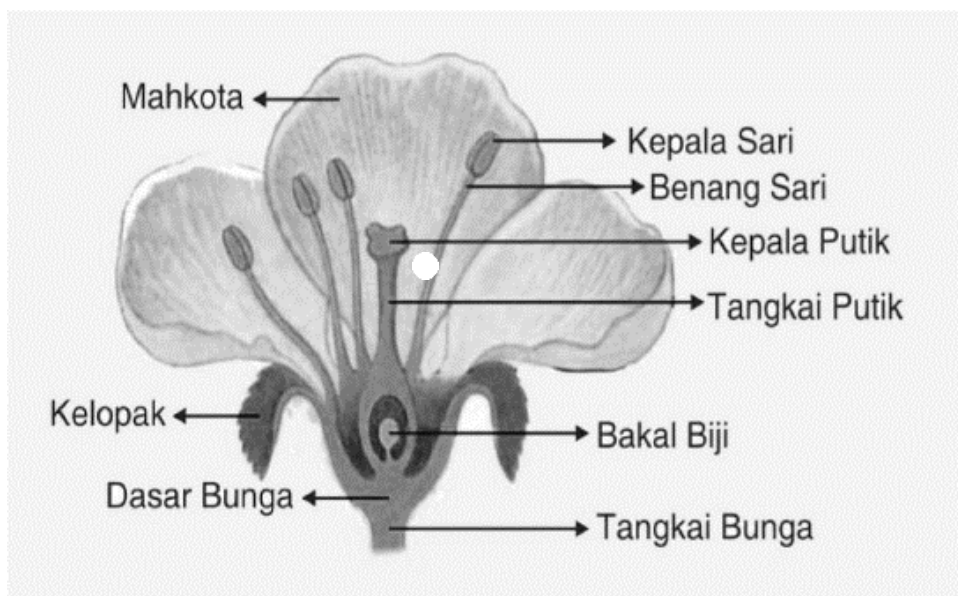
Sumber: Pramono, 2017

Secara keseluruhan, pertumbuhan sekunder yang melibatkan kambium vaskular dan kambium gabus memastikan bahwa tumbuhan *dikotil* dan berkayu dapat terus bertambah diameter dan kekuatan sepanjang hidupnya. *Xilem* sekunder yang dihasilkan oleh kambium vaskular menyediakan dukungan struktural yang kuat dan transportasi air yang efisien, sementara *floem* sekunder memastikan distribusi nutrisi hasil *fotosintesis* ke seluruh bagian tumbuhan. Pada sisi lain, periderm yang dihasilkan oleh kambium gabus melindungi tumbuhan dari kehilangan air dan serangan patogen, serta memberikan perlindungan fisik tambahan. Kombinasi dari kedua aktivitas meristem lateral ini memastikan pertumbuhan sekunder yang berkelanjutan, memungkinkan

tumbuhan untuk mencapai ukuran yang lebih besar dan lebih kuat serta bertahan dalam kondisi lingkungan yang lebih keras

3. Fase Reproduksi

Pertumbuhan dan perkembangan reproduktif pada tumbuhan merupakan tahapan penting yang ada dalam siklus hidup tumbuhan. Tumbuhan akan mulai membentuk struktur reproduktif seperti bunga, buah, dan biji. Tahap reproduktif sangat penting karena menentukan kemampuan tumbuhan untuk menghasilkan keturunan dan melanjutkan generasinya. Proses reproduktif dimulai dengan induksi bunga, yaitu ketika tumbuhan menerima sinyal dari lingkungan seperti perubahan panjang hari (jumlah waktu siang dan malam) atau perubahan suhu. Untuk lebih memahami bagaimana proses ini terjadi, mari kita perhatikan **Gambar 13** yang menunjukkan berbagai bagian penting pada struktur bunga.



Gambar 13. Struktur Bunga

Sumber, Markijar, 2023

Setelah kuncup bunga terbentuk, bunga mulai berkembang. Bunga adalah organ reproduksi tumbuhan yang mengandung bagian jantan (benang sari) dan betina (putik). Penyerbukan terjadi ketika serbuk sari dari benang sari dipindahkan ke putik. Penyerbukan bisa terjadi dengan bantuan angin, air, serangga, atau hewan lainnya. Setelah serbuk sari mencapai putik, sel sperma di dalam serbuk sari bergerak menuju sel telur di dalam ovula dan melakukan pembuahan, menghasilkan zigot.

Setelah pembuahan, zigot berkembang menjadi embrio yang dilindungi oleh biji, sementara bagian lain dari bunga berubah menjadi buah. Buah berfungsi melindungi biji dan membantu dalam penyebaran biji ke lokasi yang lebih jauh dari tumbuhan induknya. Buah

kemudian mengalami perubahan fisik dan kimia, seperti perubahan warna, tekstur, dan rasa, yang membuatnya lebih menarik bagi hewan yang akan memakannya dan menyebarkan biji-bijinya. Untuk lebih memahami bagaimana proses ini terjadi, mari kita simak **Video 3** yang menunjukkan bagaimana bunga berkembang menjadi buah.



Video 3 Timelapse Fase Reproduksi Tumbuhan

Sumber: Elles, 2020

Setiap tahap dalam pertumbuhan reproduktif sangat penting karena gangguan pada salah satu tahap dapat mempengaruhi kemampuan tumbuhan untuk bereproduksi dan menghasilkan keturunan. Memahami dan memastikan setiap tahap pertumbuhan reproduktif berjalan dengan baik sangat penting, terutama dalam bidang pertanian dan hortikultura, untuk memastikan produktivitas tumbuhan yang optimal.

D. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

Bayangkan sebuah pohon mangga yang tumbuh di halaman rumah. Pertumbuhan dan perkembangan pohon mangga tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik *internal* maupun *eksternal*. Sebelum kita lanjut menyelami dunia sains yang menakjubkan, yuk kita lakukan percobaan seru untuk mempraktikkan apa yang telah kita pelajari!

Percobaan ini akan mengajakmu untuk meneliti pengaruh usia tanam dan media tanam terhadap pertumbuhan tumbuhan kacang. Ikuti langkah-langkahnya di link berikut: [Link percobaan](#). Faktor eksternal meliputi sinar matahari, suhu lingkungan, curah hujan, dan kualitas tanah. Sebagai contoh, misalnya sinar matahari membantu **pohon mangga** melakukan *fotosintesis* untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk pertumbuhan. Suhu yang tepat akan mendukung

aktivitas enzim dan metabolisme dalam sel tumbuhan. Air yang cukup dan nutrisi tanah yang baik memastikan pohon mendapatkan kebutuhan dasar untuk tumbuh dengan sehat.



Gambar 14. Pohon Mangga (*Mangifera indica* L.)

Sumber: Aeni, 2022

Di sisi lain, faktor internal seperti hormon tumbuhan, genetik, dan proses fisiologis juga berperan penting. Hormon seperti auksin dan giberelin mengatur pemanjangan batang dan pembentukan buah. Genetik akan menentukan potensi maksimum pertumbuhan dan sifat-sifat khusus pada pohon mangga, seperti ukuran buah dan ketahanan terhadap penyakit. Proses fisiologis di dalam sel tumbuhan mengatur bagaimana nutrisi dan energi digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan.

Dengan memahami dan mengelola faktor-faktor ini, kita dapat membantu pohon mangga tumbuh lebih optimal dan menghasilkan buah yang berkualitas. Untuk lebih jelasnya, mari kita pelajari lebih lanjut tentang bagaimana faktor-faktor internal dan eksternal ini berinteraksi dan mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan.

1. Internal

Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan bisa dibagi menjadi dua, yaitu faktor intrasel seperti gen, dan faktor intersel seperti hormon. Gen adalah zat kimia yang menentukan sifat keturunan tumbuhan. Gen mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan, misalnya pola pertumbuhan kacang tanah tidak sama dengan jagung, dan tumbuhan kacang tanah dewasa tidak akan memiliki tinggi dan berat yang sama dengan tumbuhan jagung dewasa. Selain itu, gen juga mengatur kecepatan pertumbuhan dengan mengatur sintesis protein yang menghasilkan enzim untuk meningkatkan metabolisme. Peningkatan metabolisme ini mempercepat penyediaan komponen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, sehingga kecepatan pertumbuhan juga meningkat.

Sedangkan hormon merupakan zat kimia terbuat dari protein yang berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan. Hormon pada tumbuhan disebut *fitohormon*. Fitohormon membantu mengatur pertumbuhan, tetapi yang utama untuk pertumbuhan adalah vitamin dan mineral dari lingkungan. Peran fitohormon adalah mempercepat aktivitas pertumbuhan, sedangkan pola pertumbuhan ditentukan oleh gen dan pengaturan utama pertumbuhan ditentukan oleh vitamin dan mineral.

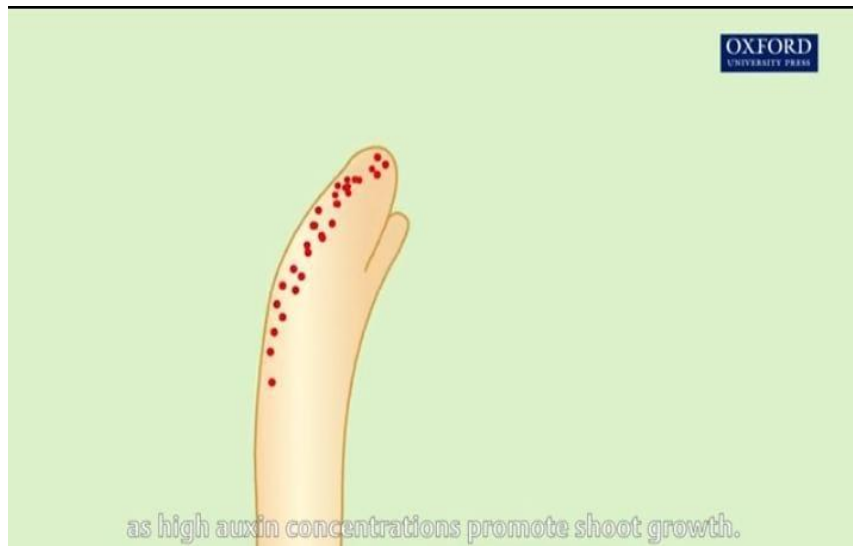
Terdapat beberapa macam fitohormon pada tumbuhan yang telah ditemukan dan diidentifikasi, mari kita pelajari bersama satu per satu.

1.1 Auksin

Hormon auksin pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan bernama Went di ujung koleoptil tumbuhan gandum (*Avena sativa* L.). Selain di koleoptil, auksin juga dapat ditemukan di berbagai bagian lain dari tumbuhan seperti ujung batang, tunas daun muda, dan buah yang sedang dalam proses pertumbuhan. Auksin dapat diproduksi secara sintetis di laboratorium dan banyak dijual di pasaran dengan berbagai nama, termasuk asam indol asetat (IAA), asam indol butirat (IBA), asam naftalen asetat (NAA), dan asam 2,4-diklorofenoksi asetat (2,4-D). Selain itu, auksin juga dapat ditemukan secara alami, seperti auksin A yang ditemukan dalam urin hewan dan manusia, serta auksin B yang terdapat dalam minyak kecambah jagung.

Secara fisiologis, auksin memiliki banyak pengaruh penting pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Hormon ini bertanggung jawab untuk memperpanjang sel-sel tumbuhan, yang memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh lebih tinggi dan lebih besar. Auksin juga sangat penting dalam pembentukan akar, terutama dalam pembentukan akar lateral dan akar adventif. Selain itu, auksin membantu dalam proses diferensiasi jaringan tumbuhan, yang merupakan proses di mana sel-sel tumbuhan berkembang menjadi berbagai jenis jaringan yang berbeda (Li dkk, 2022).

Auksin juga mempengaruhi pembentukan buah dan bunga pada tumbuhan. Misalnya, dengan aplikasi auksin, buah bisa tumbuh tanpa perlu penyerbukan, melalui proses yang dikenal sebagai partenokarpi. Proses ini memungkinkan buah untuk berkembang tanpa adanya biji, yang berguna dalam produksi buah komersial tertentu. Auksin juga memainkan peran penting dalam respons tumbuhan terhadap cahaya dan gravitasi. Hormon ini membantu tumbuhan untuk tumbuh menuju cahaya (fototropisme) dan membantu akar untuk tumbuh ke arah gravitasi (geotropisme). Auksin membantu dalam penyembuhan luka pada tumbuhan dengan merangsang pembentukan jaringan baru di daerah yang terluka. Untuk lebih jelas mengenai kinerja Auksin pada pertumbuhan tumbuhan, mari kita simak [video 4](#).



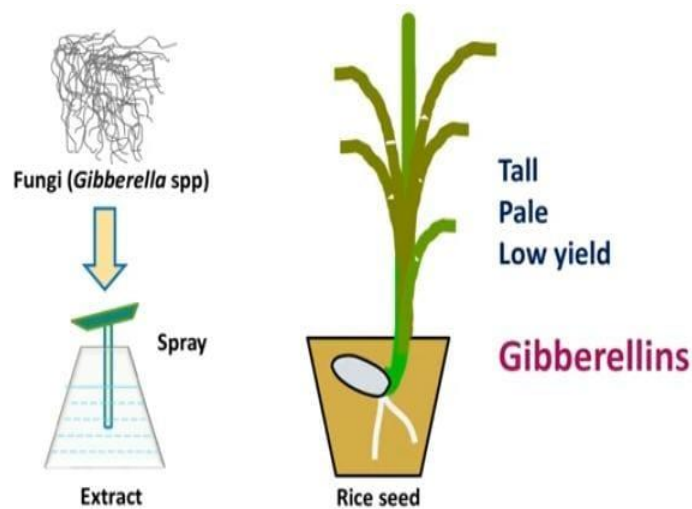
Video 4 Kinerja Auksin

Sumber: Biology, 2021

Dengan demikian, auksin adalah hormon yang sangat penting dalam berbagai aspek pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Auksin memastikan bahwa tumbuhan dapat tumbuh dengan baik, berkembang dengan optimal, dan merespons lingkungannya secara efektif. Hormon ini benar-benar esensial bagi keberhasilan pertumbuhan tumbuhan, baik di lingkungan alami maupun dalam kondisi pertanian komersial.

1.2 Giberelin

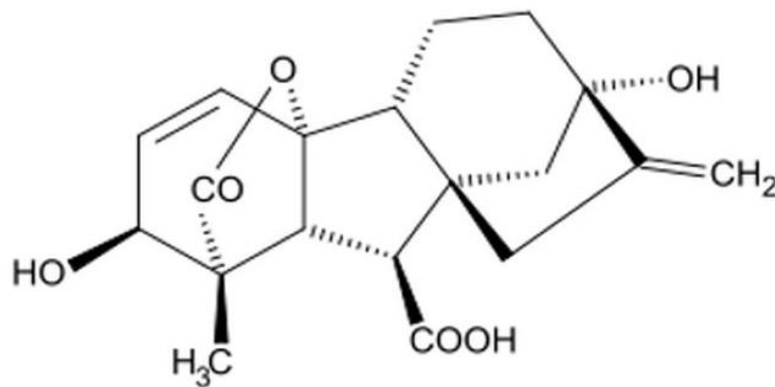
Giberelin adalah hormon tumbuhan yang ditemukan oleh Eiichi Kurosawa pada jamur *Gibberella fujikuroi* Saw. Hormon ini memiliki beberapa jenis yaitu giberelin A, giberelin A2, dan giberelin A3, yang masing-masing memiliki struktur molekul dan fungsi yang berbeda (Shah dkk, 2023; Gracia dkk, 2021). Giberelin dapat ditemukan di berbagai bagian tumbuhan seperti akar, batang, tunas, daun, tunas bunga, bintil akar, buah, jaringan kalus, dan biji. Hormon ini mempengaruhi berbagai aspek pertumbuhan tumbuhan. Hormon giberelin berperan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Giberelin mendorong pemanjangan batang, merangsang perkecambahan biji, dan mempengaruhi perkembangan buah dan bunga. Hormon ini juga membantu tumbuhan dalam menanggapi lingkungan sekitar, seperti mengatur respon terhadap cahaya dan suhu. Untuk lebih jelas, mari sama - sama kita simak [video 5](#) tentang kinerja dari hormon giberelin pada pertumbuhan tumbuhan. Tetap semangat!



Video 5 Kinerja Giberelin

Sumber: Basics, 2021

Pada beberapa tumbuhan, giberelin dapat digunakan untuk meningkatkan hasil panen. Misalnya, pada tumbuhan padi (*Oriza sativa* L.), hormon ini dapat membantu mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan produksi biji. Selain itu, giberelin juga digunakan dalam industri pertanian untuk mengatur waktu berbunga dan meningkatkan kualitas buah. Struktur hormon giberelin dapat kita lihat pada **Gambar 15**. Dalam aplikasinya, giberelin sering digunakan bersama dengan hormon tumbuhan lainnya, seperti auksin dan sitokinin, untuk mendapatkan hasil yang optimal. Kombinasi hormon ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi oleh tumbuhan dan meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan.



Gambar 15. Struktur Hormon Giberelin

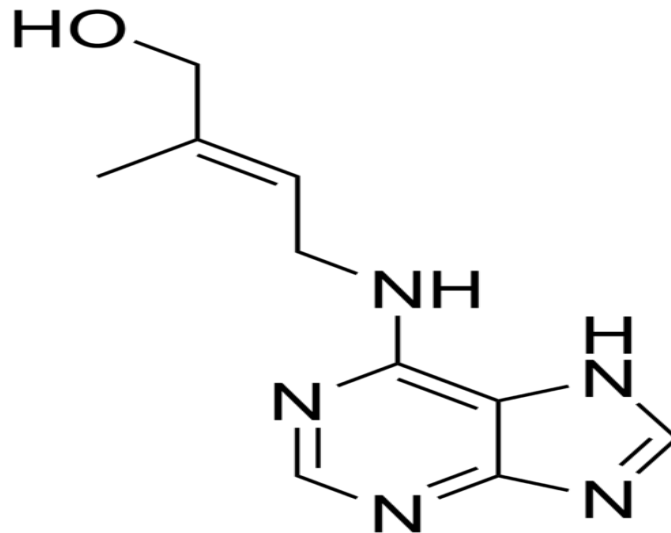
Sumber: Utami, 2023

Dengan memahami peran giberelin dan cara kerjanya, para petani dan ilmuwan dapat mengoptimalkan pertumbuhan tumbuhan dan meningkatkan produktivitas pertanian. Penelitian

lebih lanjut mengenai giberelin dan interaksinya dengan hormon lain juga dapat membuka peluang baru dalam bidang agrikultur dan bioteknologi.

1.3 Sitokinin

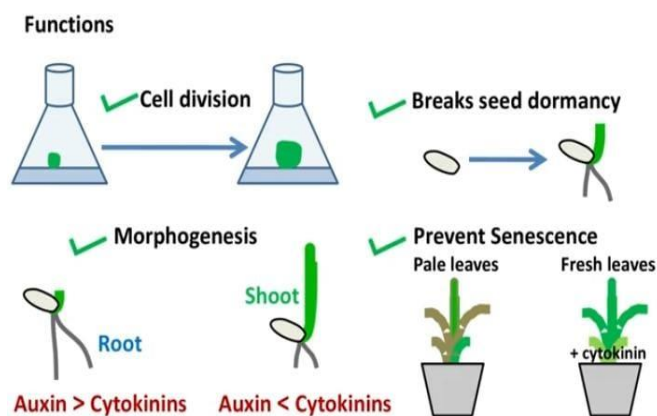
Sitokinin adalah sejenis fitohormon yang pertama kali ditemukan pada sel-sel batang tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Dapat kita lihat struktur hormon pada sitokinin di **Gambar 16**.



Gambar 16. Struktur Hormon Sitokinin

Sumber: Isroi, 2017

Hormon ini berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tumbuhan. Sitokinin mempengaruhi pembelahan sel, pertumbuhan tunas, dan penundaan penuaan daun (Idan dkk, 2022). Hormon ini bekerja dengan cara menginduksi pembelahan sel (sitokinesis) sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Selain itu, sitokinin juga berperan dalam mengatur keseimbangan hormon lain dalam tumbuhan, seperti auksin, yang mempengaruhi pola pertumbuhan dan diferensiasi sel. Agar lebih jelas, mari sama - sama kita simak **video 6** mengenai kinerja dari hormon sitokinin untuk pertumbuhan tumbuhan.



Video 6 Kinerja Sitokinin

Sumber: Basics, 2021

Selain berperan dalam pembelahan sel, sitokinin juga membantu memperkuat respon tumbuhan terhadap stres lingkungan. Misalnya, dalam kondisi kekurangan air, sitokinin dapat membantu tumbuhan mengelola penggunaan air dengan lebih efisien dan meningkatkan toleransi terhadap kekeringan. Sitokinin terlibat dalam mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap patogen. Dengan meningkatkan ekspresi gen-gen yang terkait dengan pertahanan, sitokinin membantu tumbuhan melawan infeksi dan menjaga kesehatan keseluruhan tumbuhan.

Dalam aplikasi praktis, pengetahuan tentang sitokinin telah digunakan dalam pertanian untuk meningkatkan hasil panen dan kualitas tumbuhan. Dengan memanipulasi kadar sitokinin, para petani dan ilmuwan pertanian dapat mengoptimalkan pertumbuhan tumbuhan, meningkatkan ketahanan terhadap stres, dan memperpanjang umur simpan produk pertanian.

1.4 Etilen

Etilen adalah salah satu hormon pertumbuhan pada tumbuhan yang ditemukan di buah yang sudah matang. Hormon ini juga sering dinamakan gas etilen karena berbentuk gas. Fungsi utama gas etilen adalah untuk merusak klorofil pada buah yang mulai matang. Klorofil adalah zat hijau pada tumbuhan yang memberikan warna hijau pada buah dan daun. Ketika gas etilen merusak klorofil, warna hijau pada buah akan hilang dan digantikan oleh warna matang seperti kuning, oranye, atau merah. Fungsi etilen dalam merusak klorofil pada kulit buah sangat dipengaruhi oleh keberadaan oksigen. Tanpa oksigen, etilen tidak akan bisa bekerja secara efektif. Oleh karena itu, proses pematangan buah sering kali terjadi di tempat yang memiliki cukup oksigen. Untuk lebih mengetahui proses pematangan pada buah, mari kita lihat [video 7](#).



Saat buah tersebut matang

Video 7 Kinerja Etilen

Sumber: Laboratorium, 2023

Selain merusak klorofil, etilen juga memiliki fungsi lain dalam pertumbuhan tumbuhan. Gas ini dapat mempercepat proses pematangan buah, sehingga buah menjadi lebih cepat siap untuk dikonsumsi. Oh iya, pernahkah kalian memperhatikan bahwa pada beberapa buah seperti jambu,

setelah matang tidak berubah warnanya? Apa ya yang menyebabkan hal itu? Apakah ada keterkaitan dengan etilen? Ayo, kirimkan pendapat kalian melalui [Link ini !](#)

1.5 Asam Absisat

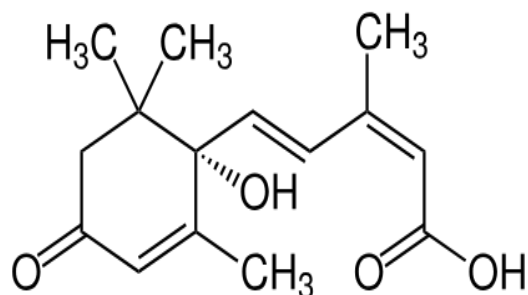
Asam absisat merupakan fitohormon yang banyak ditemukan di batang, daun, dan biji tumbuhan. Hormon ini tidak membantu pertumbuhan tumbuhan, tetapi malah memperlambatnya. Penggunaan "asam" dalam nama hormon tumbuhan seperti asam absisat adalah untuk mencerminkan struktur kimianya dan klasifikasi dalam golongan asam karboksilat. Struktur hormon asam absisat dapat kita lihat pada **Gambar 18**. Asam absisat berfungsi sebagai sinyal untuk tumbuhan agar berhenti tumbuh saat kondisi lingkungan tidak mendukung, seperti pada **Gambar 17** dan ketika terjadi kekeringan, suhu dingin, atau ketika tumbuhan mengalami stres.



Gambar 17. Daun Gugur pada Tumbuhan

Sumber: Eirin, 2023

Ketika tumbuhan mengalami kekeringan, asam absisat membantu menutup stomata pada daun untuk mengurangi kehilangan air melalui proses penguapan. Dengan menutup stomata, tumbuhan dapat menghemat air yang sangat dibutuhkan untuk bertahan hidup (McAdam dkk, 2023). Selain itu, hormon ini juga membantu memperlambat pertumbuhan sel, sehingga tumbuhan bisa mengalihkan sumber daya yang ada untuk mempertahankan diri daripada untuk tumbuh.



Gambar 18. Struktur Hormon Absisat

Sumber: Wikipedia, 2024

Manfaat lain dari asam absisat adalah membantu tumbuhan dalam proses pematangan biji. Saat biji tumbuhan mulai matang, asam absisat akan membantu menghentikan pertumbuhan dan mempersiapkan biji untuk masa dormansi, sehingga biji tersebut bisa bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung hingga kondisi kembali membaik. Dengan cara ini, tumbuhan memiliki mekanisme untuk memastikan kelangsungan hidupnya dalam jangka panjang.

1.6 Asam Traumalin

Asam traumalin adalah fitohormon yang diproduksi oleh kambium pada batang tumbuhan, seperti pohon. Fitohormon ini memiliki peran penting dalam proses penyembuhan luka pada tumbuhan. Ketika sebuah tumbuhan mengalami luka pada batangnya seperti pada **Gambar 19**, misalnya akibat dari pemangkasan atau cedera mekanis lainnya, asam traumalin dihasilkan dan merangsang sel-sel di sekitar daerah luka. Stimulasi ini membuat sel-sel di sekitar luka berubah menjadi sel-sel meristem, yang memiliki kemampuan untuk terus membelah diri. Dengan kata lain, asam traumalin mempercepat pembentukan jaringan baru di sekitar luka, yang disebut kalus. Kalus ini berfungsi sebagai penutup alami yang melindungi area luka dari infeksi dan memulihkan struktur batang yang terganggu akibat luka tersebut.



Gambar 19. Luka pada Pohon

Sumber: Anindyajati, 2019

Proses penyembuhan luka pada tumbuhan dengan bantuan asam traumalin menunjukkan kemampuan adaptasi luar biasa dari tumbuhan untuk memperbaiki diri mereka sendiri. Melalui mekanisme ini, tumbuhan dapat mempertahankan integritas struktur tubuhnya dan melanjutkan pertumbuhan dan perkembangannya secara optimal meskipun mengalami cedera. Ini merupakan

salah satu contoh dari berbagai strategi yang dimiliki oleh tumbuhan untuk bertahan hidup dan berkembang di lingkungan.

1.7 Hormon Kalin

Hormon kalin adalah hormon yang dihasilkan oleh tumbuhan pada jaringan meristem dan berfungsi untuk memacu pertumbuhan organ-organ tumbuhan. Hormon kalin ini memiliki peranan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Konsep “*caline*” sebagai hormon yang mempengaruhi pertumbuhan organ tumbuhan berasal dari studi Frits Warmolt Went pada 1930-an. Dalam penelitiannya, Went menyatakan bahwa terdapat zat-zat spesifik yang disebut rhizocaline, caulocaline, dan phyllocaline. Zat-zat ini bekerja bersama auksin sebagai hormon tumbuhan yang telah dikenal sebelumnya, untuk memfasilitasi perkembangan organ tumbuhan seperti akar, pucuk, dan daun.

Rhizocaline dianggap memiliki peran penting dalam pembentukan dan pertumbuhan akar. Dengan adanya rhizocaline, auksin dapat lebih efektif merangsang sel-sel di zona akar untuk membelah dan memanjang, sehingga akar dapat berkembang dengan baik dan kuat. Hal ini sangat penting bagi tumbuhan karena akar berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah, serta memberikan dukungan struktural. Sementara itu, caulocaline dikaitkan dengan perkembangan pucuk tumbuhan. Pucuk adalah bagian yang terus tumbuh dari tumbuhan, dan hormon ini diyakini membantu auksin dalam mengarahkan pertumbuhan vertikal tumbuhan. Pertumbuhan pucuk yang baik memungkinkan tumbuhan untuk lebih cepat mencapai cahaya matahari, yang penting untuk proses fotosintesis. Kemudian phyllocaline dipercaya membantu dalam perkembangan daun. Daun adalah organ utama untuk fotosintesis, di mana energi matahari diubah menjadi energi kimia yang dapat digunakan oleh tumbuhan. Dengan bantuan phyllocaline, auksin dapat lebih efisien mengatur pembentukan dan pertumbuhan daun, memastikan bahwa daun memiliki bentuk dan ukuran yang optimal untuk menangkap cahaya matahari.



Gambar. Frits Warmolt Went

Frits Warmolt Went seorang ahli biologi dari Belanda pada tahun 1928 adalah orang yang pertama kali menemukan adanya hormon pertumbuhan pada tumbuhan. Dimana Ia menemukan bahwa pertumbuhan dan juga perkembangan dari tumbuhan sangat dipengaruhi oleh hormon.

Hormon tumbuhan akan dihasilkan oleh tumbuhan itu sendiri atau bisa disebut endogen. Dalam penyebarannya, hormon tumbuhan tidak harus melalui sistem pembuluh sebab bisa dipindahkan melalui ruang antar sel atau sitoplasma. Hormon bisa memengaruhi pertumbuhan tumbuhan dikarenakan hasil pesan sinyal ke sel. Guna melakukan pembelahan serta bisa juga untuk mengaktivasi enzim.

Sumber.

<https://www.kompas.com/skola/read/2020/10/09/194205069/hormon-hormon-yang-memengaruhi-pertumbuhan-dan-perkembangan-tumbuhan>

Teman-teman, kita sudah belajar tentang hormon-hormon penting yang mengatur pertumbuhan tumbuhan. Auksin, giberelin, sitokinin, etilen, asam absisat, dan hormon lain yang semuanya memiliki peran unik dalam membantu tumbuhan untuk tumbuh, berkembang, dan beradaptasi.

Namun, ingatlah bahwa hormon-hormon ini tidak bekerja sendirian. Mereka membutuhkan dukungan dari lingkungan, seperti cahaya matahari, air, nutrisi tanah, suhu, dan udara.

Sekarang mari kita lanjutkan pembelajaran kita dengan memahami faktor-faktor eksternal ini dan bagaimana mereka mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan. Siap untuk petualangan berikutnya? Ayo kita mulai!

2. Eksternal

Kalian tentu sudah mempelajari tentang faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan tumbuhan, seperti genetik dan hormon. Sekarang, kita akan melanjutkan petualangan belajar kita dengan melihat faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan tumbuhan.

Bayangkan kalian adalah seorang tukang kebun yang penuh dedikasi. Kalian telah memilih benih terbaik yang memiliki genetik unggul dan hormon pertumbuhan yang optimal. Tetapi, apakah itu cukup untuk membuat tumbuhan kalian tumbuh besar dan subur? Ternyata tidak! Selain faktor internal, ada banyak faktor eksternal yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan tumbuhan. Mari kita pelajari apa saja yang bisa membuat tumbuhan untuk tumbuh dengan baik.

2.1 Air

Pernahkah kalian berpikir mengapa kita harus menyirami tumbuhan seperti pada **Gambar 20**? Ternyata air memiliki peran yang penting bagi tumbuhan. Air bukan hanya sekedar cairan yang kita berikan pada tumbuhan, tetapi memiliki banyak fungsi penting. Yuk, kita lihat apa saja peran air bagi tumbuhan!

- a) Tumbuhan menyerap air dari tanah melalui akar mereka. Air ini membawa makanan (nutrisi) dari tanah ke seluruh bagian tumbuhan. Bayangkan jika kita tidak makan, tubuh kita tidak akan memiliki energi. Begitu juga dengan tumbuhan, tanpa air mereka tidak bisa mendapatkan makanan dari tanah.
- b) Tumbuhan membutuhkan air untuk membuat makanan sendiri. Proses ini disebut dengan fotosintesis, di mana tumbuhan menggunakan air dan cahaya matahari untuk membuat makanan (gula) dan oksigen. Tanpa air tumbuhan tidak bisa melakukan fotosintesis dan tidak bisa tumbuh dengan baik.

- c) Ketika hari panas, tumbuhan kehilangan air melalui daun mereka dalam proses yang disebut transpirasi. Ini akan membantu mendinginkan tumbuhan, sama seperti kita berkeringat untuk mendinginkan tubuh kita.
- d) Air membantu tumbuhan untuk tetap tegak dan kuat. Ketika tumbuhan kekurangan air, mereka akan layu dan lemas. Air akan memberikan tekanan pada dinding sel tumbuhan sehingga mereka bisa tetap tegak.
- e) Air diperlukan untuk pembelahan dan pertumbuhan sel-sel tumbuhan. Tanpa cukup air, sel-sel tumbuhan tidak bisa berkembang dengan baik dan tumbuhan tidak bisa tumbuh besar.



Gambar 20. Pemberian Air pada Tumbuhan
Sumber: Sandera, 2021

Jadi, air sangat penting untuk kehidupan tumbuhan. Tanpa air, tumbuhan tidak bisa tumbuh dan berkembang. Dengan memberikan air yang cukup, kita membantu tumbuhan mendapatkan makanan, tetap dingin, tegak, dan tumbuh dengan baik.

2.2 Kelembaban

Selain air, kelembaban juga sangat berpengaruh pada pertumbuhan tumbuhan. Apa sih sebenarnya kelembaban itu? Mari sama – sama kita pelajari kelembaban untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan!

Kelembaban merupakan ukuran jumlah uap air yang ada di udara atau media lain seperti tanah dan air. Faktor ini sangat penting dalam siklus hidrologi dan memiliki dampak signifikan terhadap berbagai proses biologis dan fisik. Kelembaban dapat memengaruhi suhu, iklim, serta kesehatan manusia dan tumbuhan. Kelembaban bisa dibedakan menjadi beberapa jenis

berdasarkan media tempatnya berada yaitu kelembaban tanah, kelembaban air, dan kelembaban udara.

- a) Kelembaban tanah memiliki beberapa kategori, seperti kelembaban kapiler yang merujuk pada air yang tersimpan dalam pori-pori kecil tanah dan dapat digunakan oleh tumbuhan, kelembaban gravitasi yang adalah air mengalir melalui tanah akibat gravitasi, dan kelembaban higroskopis, yaitu air yang terserap di permukaan partikel tanah secara kimia dan tidak dapat digunakan oleh tumbuhan. Kelembaban tanah sangat penting untuk penyediaan air bagi akar tumbuhan yang diperlukan dalam proses fotosintesis dan



Gambar. Tanaman penyerap lembab

Bayangkan kalian merawat tanaman di rumah. Jika kalian memastikan tanah dan udara di sekitar tanaman cukup lembab, tanaman kalian akan tumbuh dengan baik. Kelembaban akan membantu tanaman mendapatkan air dan unsur hara yang mereka butuhkan, menjaga mereka tetap tegak, dan mencegah mereka kehilangan terlalu banyak air saat udara kering.

Jadi, kelembaban merupakan salah satu kunci penting untuk membuat tanaman untuk tumbuh sehat dan kuat. Dengan memahami pentingnya kelembaban, kita bisa lebih baik dalam merawat tanaman kita.

- metabolisme. Tanah yang lembab membantu melarutkan nutrisi sehingga bisa diambil oleh akar tumbuhan, memastikan tanaman mendapatkan mineral dan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. Selain itu, kelembaban tanah yang baik menjaga struktur tanah tetap optimal untuk penetrasi akar dan aerasi.
- b) Kelembaban air, mencakup kelembaban relatif dan kelembaban absolut yang berhubungan dengan jumlah uap air dalam air tanah atau air permukaan. Kelembaban air sangat penting dalam irigasi, memastikan tanaman mendapatkan suplai air yang konsisten, terutama di daerah dengan curah hujan rendah. Air juga merupakan komponen utama dalam sel tumbuhan dan diperlukan untuk berbagai reaksi biokimia seperti fotosintesis, respirasi, dan transportasi nutrisi. Kelembaban air yang memadai memastikan tumbuhan dapat menjalankan proses ini dengan efisien, menjaga keseimbangan air dalam sel, dan mendukung pertumbuhan serta perkembangan yang sehat.
- c) Kelembaban udara terdiri dari kelembaban relatif, kelembaban absolut, dan kelembaban spesifik. Kelembaban udara yang optimal mempengaruhi laju transpirasi, yaitu proses penguapan air dari daun melalui stomata. Transpirasi yang seimbang membantu dalam transportasi air dan nutrisi dari akar ke bagian lain tumbuhan, serta mendinginkan tumbuhan. Kelembaban udara yang tepat juga memungkinkan stomata tetap terbuka, memungkinkan

pertukaran gas seperti oksigen dan karbon dioksida yang diperlukan untuk fotosintesis dan respirasi. Kelembaban udara yang tinggi atau rendah dapat mempengaruhi iklim mikro di sekitar tumbuhan, berdampak pada kesehatan tumbuhan, proses penyerbukan, dan interaksi dengan organisme lain seperti polinator dan patogen.

Secara keseluruhan, kelembaban di tanah, air, dan udara memainkan peran yang penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Pengelolaan kelembaban yang baik dalam berbagai media ini sangat penting untuk memastikan tumbuhan mendapatkan air dan nutrisi yang mereka butuhkan, mempertahankan proses fisiologis yang sehat, dan mengurangi risiko stres lingkungan. Kelembaban yang seimbang membantu menciptakan kondisi optimal untuk pertumbuhan tumbuhan, mendukung produktivitas dan kesehatan tanaman di berbagai kondisi lingkungan.

2.3 Cahaya

Cahaya bukan hanya membuat dunia terlihat cerah, tetapi juga sangat berpengaruh bagi kehidupan tumbuhan seperti pada **Gambar 21**. Mari kita pelajari bersama kegunaan cahaya memengaruhi tumbuhan!

- a) Tumbuhan menggunakan cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis. Ini adalah proses di mana tumbuhan mengubah air dan karbon dioksida menjadi makanan (glukosa) dan oksigen. Tumbuhan yang mendapatkan cukup cahaya bisa melakukan fotosintesis dengan baik dan tumbuh lebih cepat.
- b) Tumbuhan yang mendapatkan cahaya yang cukup tumbuh lebih tinggi dan kuat. Mereka mengarahkan pertumbuhan mereka ke arah cahaya untuk mendapatkan lebih banyak energi dari matahari.
- c) Cahaya mempengaruhi warna daun tumbuhan. Tumbuhan yang mendapatkan cahaya yang cukup memiliki daun yang hijau dan sehat. Tumbuhan yang kekurangan cahaya bisa memiliki daun yang pucat atau bahkan kuning.
- d) Beberapa tumbuhan membutuhkan lebih banyak cahaya matahari daripada yang lain. Tumbuhan seperti kaktus dan tumbuhan gurun tumbuh baik di bawah sinar matahari langsung, sementara tumbuhan hutan tropis bisa tumbuh dengan baik di bawah naungan pepohonan.
- e) Tumbuhan indoor sering kali memerlukan pencahayaan buatan jika tidak mendapatkan cukup cahaya matahari langsung. Lampu tumbuh atau pencahayaan LED bisa membantu tumbuhan ini tetap sehat (Brito dkk, 2024; Wang dkk, 2023).



Gambar 21. Cahaya untuk Tumbuhan

Sumber: Pixaby, 2023

Bayangkan kalian adalah tumbuhan. Jika kalian ditempatkan di tempat yang gelap, kalian mungkin tidak bisa melakukan fotosintesis dengan baik dan tumbuh dengan sehat. Tetapi jika kalian diletakkan di tempat yang terkena sinar matahari langsung, kalian bisa tumbuh dengan cepat dan kuat. Melalui pemahaman ini, membuat kita untuk bisa lebih baik dalam merawat tumbuhan. Memberikan mereka cukup cahaya matahari atau pencahayaan buatan sehingga membantu mereka tumbuh dengan baik, memproduksi makanan sendiri, dan tetap sehat.

2.4 Suhu

Peran suhu sangat penting bagi tumbuhan, karena mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Setiap spesies tumbuhan memiliki persyaratan suhu tertentu berdasarkan asal geografisnya. Sebagian besar tumbuhan yang berasal dari tropis sensitif terhadap suhu mendekati titik beku atau dalam kisaran 2 hingga 15°C. Suhu dingin dapat membahayakan tumbuhan dari hidrasi benih melalui penyimpanan pascapanen. Suhu tinggi dapat menyebabkan denaturasi protein, mempengaruhi sistem struktural dan metabolisme. Perbaikan genetik melalui persilangan interspesifik terutama pada jelai menggunakan teknik kultur jaringan, menunjukkan harapan untuk mengembangkan varietas yang lebih tahan terhadap perubahan suhu ekstrem. Oleh karena itu, memahami dan memberikan kondisi suhu yang optimal sangat penting untuk keberhasilan budidaya tumbuhan.

2.5 pH

pH tanah sangat mempengaruhi tahap pertumbuhan pada tumbuhan. Tanah yang memiliki pH yang bersifat asam dapat membuat pertumbuhan tumbuhan menjadi terganggu dan menghambat pertumbuhan. Untuk menetralkan sifat asam pada tanah maka sering dilakukan pengapuran pada tanah. Pengapuran adalah proses penambahan kapur ke dalam tanah untuk meningkatkan pH tanah menjadi lebih netral. Kapur yang biasa digunakan adalah kalsit (kalsium

karbonat) atau dolomit (campuran kalsium karbonat dan magnesium karbonat). Proses ini membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mengurangi konsentrasi logam beracun, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan lebih sehat dan optimal. Pengelolaan pH tanah yang baik sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman mendapatkan kondisi pertumbuhan yang ideal.

2.6 Oksigen

Peran oksigen pada tumbuhan sangat penting, terutama dalam proses respirasi pada akar. Proses respirasi ini dapat ditingkatkan dengan aerasi, yaitu memberikan oksigen ke dalam tanah. Para petani sering menggemburkan tanah untuk memastikan bahwa akar tumbuhan mendapatkan oksigen yang cukup. Aerasi juga membantu pengedaran unsur-unsur hara di dalam tanah menuju daun, yang penting untuk pertumbuhan dan kesehatan tumbuhan.

2.7 Garam Mineral (Nutrisi)

Tumbuhan memerlukan nutrisi dalam tahap pertumbuhan sehingga dapat tumbuh dengan baik. Apabila pada tumbuhan memiliki nutrisi yang kurang atau tidak cukup maka pertumbuhan pada tumbuhan dapat terganggu. Nutrisi pada tumbuhan ini terdapat dua jenis yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan dengan jumlah yang banyak. Dengan unsur makronutrien berupa karbon, oksigen, hydrogen, nitrogen, sulfur, kalium, kalsium, fosfor, dan magnesium. Sedangkan mikronutrien merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan dengan jumlah yang sedikit. Dengan unsur mikronutrien berupa klor, besi, mangan, boron, seng, tembaga, dan nikel.

Setelah belajar, yuk kita bermain game sebentar untuk menyegarkan pikiran dan menambah semangat sebelum kita mulai mengerjakan soal evaluasi! Game ini bisa diakses melalui link berikut: <https://www.proprofsgames.com/ugc/word-search/tumbuhan-14/>.

Rangkuman

1. Pertumbuhan tumbuhan adalah proses bertambahnya ukuran, tinggi, dan massa tumbuhan karena penambahan dan pembesaran sel-sel tubuh. Proses ini bersifat permanen dan dapat diukur. Perkembangan tumbuhan adalah perubahan dan pembentukan sel selama pertumbuhan yang menghasilkan struktur dan fungsi organ yang lebih kompleks. Proses ini tidak bisa diukur dengan satuan tertentu dan dapat berulang.
2. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dimulai dari perkecambahan biji, yang melibatkan penyerapan air (imbibisi), aktivasi enzim, dan pertumbuhan embrio menjadi tumbuhan muda. Ada dua jenis perkecambahan: epigeal, di mana kotiledon terangkat ke atas tanah (seperti pada kacang hijau), dan hipogeal, di mana kotiledon tetap di bawah tanah (seperti pada kacang tanah).
3. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan terjadi setelah proses perkecambahan, memungkinkan tumbuhan menjadi lebih tinggi dan besar. Pertumbuhan tumbuhan dibagi menjadi pertumbuhan primer dan sekunder. Pertumbuhan primer terjadi karena aktivitas meristem primer di ujung akar dan batang, menyebabkan tumbuhan memanjang dengan munculnya tunas dan cabang baru. Pertumbuhan sekunder terjadi pada tumbuhan berkayu atau dikotil, yang memperbesar diameter batang dan akar.
4. Tahap reproduktif pada tumbuhan melibatkan pembentukan bunga, buah, dan biji. Proses ini dimulai dengan induksi bunga, diikuti penyerbukan dan pembuahan, menghasilkan zigot yang berkembang menjadi embrio dalam biji. Bunga kemudian berubah menjadi buah yang membantu penyebaran biji. Tahap-tahap ini sangat penting untuk memastikan kemampuan tumbuhan bereproduksi dan menghasilkan keturunan.
5. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal mencakup hormon-hormon seperti auksin, giberelin, sitokinin, etilen, asam absisat, asam traumalin, dan kalin, yang mengatur berbagai proses fisiologis tumbuhan, seperti pemanjangan sel, pembentukan akar dan buah, serta respons terhadap lingkungan. Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan meliputi air, kelembaban, cahaya, suhu, pH, oksigen, dan nutrisi.

Soal Evaluasi

Berikut beberapa soal tentang pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Ini adalah kesempatan yang baik untuk menguji pengetahuan kalian dan melihat bagaimana kalian memahami materi yang telah kita pelajari. Cobalah untuk membaca setiap soal dengan cermat dan jawab sebaik mungkin. Tidak perlu terburu-buru, luangkan waktu kalian dan pikirkan setiap jawabannya. Semoga kalian merasa tertantang dan senang dengan proses ini!

Selamat mencoba!

1. Apa yang membedakan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan?
2. Saat biji berkecambah, apakah semua biji langsung tumbuh tanpa melewati masa dormansi? Jelaskan!
3. Apa fungsi kaliptra dalam pertumbuhan akar, dan apa yang terjadi jika kaliptra tersebut rusak?
4. Bagaimana zona pembelahan, zona elongasi, dan zona diferensiasi bekerja sama pada akar untuk memastikan pertumbuhan tumbuhan yang baik?
5. Mengapa pembentukan primordium daun dan tunas aksilar penting untuk batang, dan bagaimana keduanya berperan dalam pertumbuhan tumbuhan?
6. Apa dampak dari penurunan efisiensi kambium vaskular pada kemampuan tumbuhan mengangkut air dan nutrisi?
7. Bagaimana pembentukan periderm oleh kambium gabus mempengaruhi hubungan tumbuhan dengan lingkungan sekitar, seperti kelembapan tanah dan serangan hama?
8. Bagaimana gangguan pada salah satu bagian antara benang sari dan putik memengaruhi hasil reproduksi?
9. Bagaimana sitokinin bekerja dengan hormon lain seperti auksin untuk mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan? Apa dampaknya terhadap pembelahan sel dan diferensiasi jaringan?
10. Apa manfaat giberelin untuk mengatur waktu berbunga tumbuhan?
11. Bagaimana aplikasi auksin mempengaruhi produksi buah tanpa penyerbukan?
12. Bagaimana asam absisat membantu tumbuhan beradaptasi dengan stres lingkungan seperti kekeringan dan suhu ekstrem? Jelaskan manipulasi kadar asam absisat dapat meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap kondisi lingkungan yang berubah?
13. Bagaimana kelembaban udara dan tanah mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan? Apa yang terjadi jika kelembaban udara sangat tinggi tetapi kelembaban tanah rendah?

14. Apa efek suhu dingin 5°C pada tumbuhan tropis yang idealnya tumbuh pada 25°C , dan bagaimana tumbuhan bisa pulih atau menyesuaikan diri?
15. Bagaimana pH tanah yang asam mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh tumbuhan? Sebutkan dua cara untuk mengatasi pH tanah yang asam agar tumbuhan tetap mendapatkan nutrisi yang cukup.

Kumpulkan jawaban kalian **Disini_!**

Daftar Pustaka

- Adelia, Sasqia. 2021. *Struktur biji dikotil dan monokotil*. Diunggah pada MIPI.ai, 2021. <https://mipi.ai/next/image?url=https%3A%2F%2Fstorage.pahamify.com%2Fmipi%2Fforum%2Fthread%2FthreadImage-43AEL-0.png&w=1920&q=50>.
- Adinda, RT. 2011. *Biologi*. Diunggah pada secondarygrowth, 28 September 2011. <https://adindart.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/secondarygrowth1.jpg>.
- Aeni, Siti Nur. 2022. *Cara Merawat Pohon Mangga Agar Berbuah Lebat*. Diunggah pada Kompas.com, 12 November 2022. <https://asset.kompas.com/crops/fPyG5XTCsXfbkAXdG6yqX217rjA=/199x118:1735x1142/750x500/data/photo/2022/08/18/62fdd5f4c81e1.jpg>.
- Aida, Mitsuhiro., Tsubakimoto, Yuka., Shimizu, Satako., Ogisu, Hiroyuki., Kamiya, Masako., Iwamoto, Ryosuke., Takeda, Seiji., Karim, Md Rezaul., Mizutani, Masaharu., Lenhard, Michael., Tasaka, Masao. 2020. Establishment of the Embryonic Shoot Meristem Involves Activation of Two Classes of Genes with Opposing Functions for Meristem Activities. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms21165864>.
- Anindyajati, Sepdian. 2019. *Batang pohon angkana terlihat seperti mengeluarkan darah saat dipotong*. Diunggah pada Bobo.id, 8 Mei 2019. <https://asset-a.grid.id/crop/0x0:0x0/700x465/photo/2018/11/21/3719231241.jpg>.
- Anonim. 2018. *Siklus hidup pohon jeruk. Tahapan pertumbuhan dari biji dan tumbuh menjadi tanaman dewasa dengan buah-buahan*. Diunggah pada Depositphotos, 25 November 2018. <https://depositphotos.com/id/vector/life-cycle-orange-tree-stages-growth-seed-sprout-adult-plant-227769156.html>
- Anonim. 2021. *Tumbuhan Angiospermae: Monokotil dan Dikotil*. Diunggah pada Kabar Harian, 8 Oktober 2021. [sjyxxopdjw58p7c3cav.jpg](https://www.kabarharian.com/sjyxxopdjw58p7c3cav.jpg) (640×427) (kumparan.com).
- Anton, Miguel P., & Hay, Angela. 2020. Schooling PhD Students in Plant Development. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.16509>.
- Arfanhamid., & Atinirmala, Pratita. 2022. *Pembahasan Tipe Perkecambahan Hipogeal dan Epigeal Lengkap*. Diunggah pada Quipper, 1 Desember 2022. <https://www.quipper.com/id/blog/wp-content/uploads/2022/12/60efe0db9e826.webp>.
- Basics, Quick Biochemistry. 2021. *Discovery of Cytokinins / Function of cytokinins*. Diunggah pada Youtube Quick Biochemistry Basic, 4 September 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=dMJsY4-vCog>.

- Basics, Quick Biochemistry. 2021. *Discovery of Gibberellins*. Diunggah pada Youtube Quick Biochemistry Basic, 24 Agustus 2021.
<https://www.youtube.com/watch?v=EaLTVpZ2A0c>.
- Biology, Oxford Mastering. 2021. *Animation 15.7 Effects of auxin concentration on the growth of shoots and roots*. Diunggah pada Youtube Oxford Mastering Biology, 27 Mei 2021.
https://youtu.be/_VCVLcNxGg?si=eKQq0Bo76gUpEcnT.
- Brito, Catia., Andrede, Sonia., Ferreira, Helena., Matos, Carlos., Martins, Sandra., Pereira, Jose Mountiho. 2024. The Synergetic Effect of Light Spectra and Selenium Supplementation on *Eruca sativa* Mill. Growth and Physiological and Metabolic Responses. *Horticulturae*.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae10050511>.
- Campbell, Neil A., & Reece, Jane B. 2008. *Biology*. Diunggah pada MIPI.ai, 2024.
<https://storage.pahamify.com/DoubtSolving/production/CourseId-4/ChapId-103/LessonId-257/ModuleId-2/QuestionCode-21HQI0WEM65/Capture.PNG>.
- Cardona, Cecilia Z., & Abrose, Barbara A. 2021. Deciphering The Evolution of The Ovule Genetic Network Through Expression Analyses in *Gnetum gnemon*. *Annals of Botany*.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcab059>.
- Education, Free Animated. 2022. *Cara biji bertunas*. Diunggah pada Youtube Free Animated Education, 31 Desember. https://www.youtube.com/watch?v=U1DEFvwut_w.
- Eirin, Grace. 2023. *Daun yang gugur dipengaruhi oleh hormon pada tumbuhan*. Diunggah pada Bobo.id, 9 Januari 2023.
<https://asset-a.grid.id/crop/0x0:0x0/x/photo/2023/01/09/pengguguran-daunjpg-20230109072337.jpg>.
- Elles, Luger. 2020. *Timelapse Buah Kelengkeng Bunga Sampai Menjadi Buah Kelengkeng Pendek Berbuah Lebat*. Diunggah pada Youtube Luger Elles, 1 April.
<https://youtu.be/qaW7V35U6fg>.
- Faustino, Ana., Pires, Rita Costa. Marum, Lilian. 2023. Periderm Differentiation: A Cellular and Molecular Approach to Cork Oak. *Trees-Structure and Function*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/s00468-023-02398-1>.
- Gardjito, Murdijati., & Handayani, Widuri. 2015. *Penanganan Segar Holtikultura untuk Penyimpanan dan Pemasaran*. Jakarta: Kencana (PRENADAMEDIA Group).
- Gracia, Jorge H., Moreno, Asier B., Blazquez, Miguel A. 2021. Origin and Evolution of Gibberellin Signaling and Metabolism in Plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.04.009>.
- Hasterok, Robert., & Betekhtin, Alexander. 2020. Plant Cell and Organism Development. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms21165636>.


- Idan, Noga G., Lach, Michael., Tarkowski, Petr., Vrobel, Ondrej., Wolf, Shmuel. 2022. Delayed Leaf Senescence by Upregulation of Cytokinin Biosynthesis Specifically in Tomato Roots. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.922106>.
- Inacio, Vera., Santos, Raquel A. M., Prazeres, Rafael., Graca, Jose., Miguel, Celia., Cecilio, Leonor M. 2022. Epigenetics at the Crossroads of Secondary Growth Regulation. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.970342>.
- Isroi. 2017. *Sitokinin (Cytokinin)*. Diunggah pada Isroi.com, 29 Maret 2017. https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEipfBBxjW6-mNyAgt9_fabkXnRG3Ch_lizH-TcRlVByNECSSE0QjA5rdW0T4ACrvccosAyF9GYrkYhYoNsao6oJvPeP6Yj_v1eHADY0am6eO_HwBTutjJYwLjsZtZVNpG8HfRKge6N-4MEc/s1600/498px-zeatin.png.
- Itoh, Jun Ichi., & Sato, Yutako. 2023. Understanding Plant Development for Plant Breeding. *Breeding Science*. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.73.1>.
- Jaganathan, Ganesh K., & Harrison, Robert W. 2023. Decoding The Decisive Role of Seed Moisture Content in Physical Dormancy Break: Filling the Missing Links. *Plant Biology*. <https://doi.org/10.1111/plb.13602>.
- Kurniawan, Aris. 2024. *Pengertian Kambium*. Diunggah pada GuruPendidikan.com, 4 Juni 2024. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS_pBa-Nrx_ezgc3q4DKwp4jPPTUjZtaNKtLg&s.
- Laboratorium, Inti Surya. 2023. *Yuk! Ketahui Bagaimana Proses Pematangan Yang Terjadi Pada Buah!*. Diunggah pada Youtube Inti Surya Laboratorium, 21 Maret 2023. https://youtu.be/HV2nL6CHpuA?si=HAdobL7_nS4Nvd9A.
- Li, Yonghui., Han, Shaqila., Qi, Yanhua. 2022. Advances in Structure and Function of Auxin Response Factor in Plants. *JIPB: Journal of Integrative Plant Biology*. <https://doi.org/10.1111/jipb.13392>.
- Liu, Wen Zhe., Shen, Hao Xuan., Wang, Xin. 2023 A Novel Gymnosperm Reproductive Organ from The Jurassic of China. *Palaeword*. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.03.002>.
- Markijar. 2023. *Struktur Bunga Lengkap dengan Gambar dan Fungsinya*. Diunggah pada Tokopedia, 5 Desember 2023. <https://images.tokopedia.net/blog-tokopedia-com/uploads/2020/12/Bagian-bunga.jpg>.
- McAdam, Scott A. M., Manandhar, Anju., Kane, Cade N., Mercado, Joel A. 2023. Passive Stomatal Closure Under Extreme Drought in An Angiosperm Species. *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad510>.

- Moller, Marie S., & Svensson, Brite. 2021. Enzymes in Grain Processing. *Opinion in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.016>.
- Paiman. 2022. *Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan*. Yogyakarta: UPY Press.
- Pixaby. 2023. *Ilustrasi Jelaskan Pengaruh Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Diunggah pada Kumparan.com, 8 Agustus 2023.
https://blue.kumparan.com/image/upload/fl_progressive,fl_lossy,c_fill,q_auto:best,w_640/v1634025439/01h79hcxpqwf3n7c1yv52n4f.jpg.
- Pompelli, Mancelo Francisco., Orozco, Alfredo Jarma., & Paez, Luis Alfonso Rodriquez. 2023. Imbibition and Germination of Seeds with Economic and Ecological Interest: Physical and Biochemical Factors Involved. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15065394>.
- Pramono, Leony. 2017. *Ulir Penentu Usia Tumbuhan*. Diunggah pada kompasiana, 25 September 2017. <https://assets-a1.kompasiana.com/items/album/2017/09/25/essay-bio-59c8372e6c139e67a31ed0f2.png>.
- Rudall, Paula J. 2021. Evolution and Patterning of The Ovule in Seed Plants. *Biological Reviews of The Cambridge Philosophical*. <https://doi.org/10.1111/brv.12684>.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Diunggah pada Homecare24, 15 November 2023.
https://4.bp.blogspot.com/-OjAap4wKwI4/UKtPZCyOY3I/AAAAAAAAA6E/z_yK0gJaemM/s1600/Irisan+membujur+daerah+pertumbuhan+akar.jpg.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. 1992. *Plant Physiology* (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Sandera, Senja. 2021. *5 Tips Menyiram Tumbuhan di Pot agar Tetap Subur dan Gak Mudah Layu*. Diunggah pada Idntimes.com, 21 Juni.
<https://cdn.idntimes.com/content-images/community/2021/06/water-the-soil-of-plants-bfb992da3e868dc126514a39313affd2-1fa7ec5f290f3f33f001b1f7a4e2e840.jpg>.
- Klik untuk baca: <https://www.idntimes.com/life/diy/senja-sandera/tips-menyiram-tumbuhan-di-pot-agar-tetap-subur-dan-gak-mudah-layu-c1c2>.
- Santoso, Begot. 2007. *Biologi Pelajaran Biologi untuk SMA/MA*. Jakarta: Interplus.
- Sendari, Anugrah Ayu. 2021. *Ciri-Ciri Gymnospermae, Siklus Hidup, Jenis, dan Contohnya*. Diunggah pada Liputan 6, 1 April 2021. [067834400_1617249485-pexels-brett-sayles-1069005.jpg](https://cdn0-production-images-kly.akamaized.net/067834400_1617249485-pexels-brett-sayles-1069005.jpg) (500×281) (cdn0-production-images-kly.akamaized.net).
- Setiowati, Tetty., & Furqonita, Deswaty. 2007. *Biologi Interaktif Kls XII IPA*. Jakarta: Azka Press.
- Shah, Syed M. H., Kumar, Rakesh., Bakshi, Parshant., Bhat, Deep J., Sinha, Bhav Kumar., Sharma, Magdeshwar., Sharma, Reetika. 2023. Influence of Gibberellic Acid on Fruit

- Crops: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*.
<https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i82120>.
- Shin, Ji Min., Yuan, Ling., Takagi, Masaru Ohme., Kawashima, Tomokazu. 2021. Cellular Dynamics of Double Fertilization and Early Embryogenesis in Flowering Plants. *Journal of Experimental Zoology*. <https://doi.org/10.1002/jez.b.22981>.
- Siklus hidup pohon jeruk, tahapan pertumbuhan dari biji dan tumbuh menjadi tanaman dewasa dengan buah-buahan. depositphotos_227769156-stock-illustration-life-cycle-orange-tree-stages.jpg (1275×1700).
- Sondang, M. 2022. Gambarkan daerah pertumbuhan ujung batang dan tunjukkan zona-zona pada daerah pertumbuhan tersebut. Diunggah oleh roboguru by Ruangguru, 16 Maret 2022.
<https://roboguru-forum-cdn.ruangguru.com/2ef1578f-5b64-46f3-b5ed-7c8e61eb38ae.jpg>.
- Susilowarno, R. Gunawan., Hartono, R Sapto., Mulyadi., Mutiarsih, Enik., Murtiningsih., Umiyati. 2007. *Biologi SMA/MA Kls XII (Diknas)*. Jakarta: Grasindo.
- Taiz, L., & Zeiger, E. 2010. *Plant Physiology* (5th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tube, Amazing. 2023. *Peanut Time Lapse*. Diunggah pada Youtube Amazing Tube, 6 Februari.
<https://www.youtube.com/shorts/IMoKmFhFd1M>.
- Turley, Emma K., & Etchells, J. Peter. 2021. Laying It on Thick: A Study in Secondary Growth. *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab455>.
- Utami, Silmi Nurul. 2023. *Hormon Giberelin: Pengertian dan Fungsinya*. Diunggah pada Kompas.com, 5 Juli 2023.
https://asset.kompas.com/crops/8MYH8842rCjFq_qMySXkfhR8doI=/50x33:483x322/750x500/data/photo/2023/07/05/64a527617de05.jpg.
- Wang, Liang., Sun, Chen., & Luan, Haiye. 2023. Investigating The Effectiveness of LED Lighting in The Production of Rich Sprouts for Food Purposes. *Heliyon*.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14964>.
- Wikipedia. 2024. *Asam Absisat*. Diunggah pada Wikipedia, 3 Agustus 2024.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Abscisic_acid_Structural_Formula_V1.svg.
- Yu, Tian Ying., Yu, Chun Xia., Li, Wen Jia., Wang, Bo. 2022. Peptides/Receptors Signaling During Plant Fertilization. *Frontiers in Plant Science*.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1090836>.

Glosarium

Diferensiasi	: proses perubahan jaringan meristem menjadi jaringan-jaringan lain.
Dikotil	: tumbuhan yang memiliki mempunyai biji berkeping dua.
Dormansi	: masa istirahat atau keadaan benih pada fase istirahat namun masih melangsungkan proses metabolisme
Embrio	: tumbuhan baru yang terdiri dari bersatunya gamet-gamet jantan dan betina pada suatu proses pembuahan.
Epidermis	: lapisan jaringan yang berada di bagian tubuh terluar suatu tumbuhan.
Epigeal	: proses pertumbuhan biji di mana kotiledonnya naik ke atas atau ke permukaan tanah.
Fitohormon	: sekumpulan senyawa organik bukan hara, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia yang dalam kadar sangat kecil mampu mendorong, menghambat, atau mengubah pertumbuhan, perkembangan, dan pergerakan tumbuhan.
Floem	: jaringan pembuluh berfungsi untuk mengangkut, dan mendistribusikan zat makanan hasil fotosintesis, dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan.
Fotosintesis	: proses pembuatan atau pembentukan makanan yang dilakukan oleh tumbuhan, terutama tumbuhan yang mengandung zat hijau daun dengan bantuan bantuan energi cahaya matahari.
Hipogeal	: perkecambahan yang kotiledonnya tetap terpendam di bawah tanah.
Hipokotil	: bagian pertama embrio yang muncul dari benih yang telah ditanam di tanah.
Imbibisi	: masuknya air pada ruang interseluler dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi.
Klorofil	: pigmen yang dimiliki oleh berbagai organisme dan menjadi salah satu molekul berperan utama dalam fotosintesis.
Kotiledon	: daun pertama yang tumbuh saat perkecambahan setelah keluarnya akar lembaga.
Mikrofil	: daun berukuran kecil dengan venasi sederhana (satu urat).



Monokotil	: tumbuhan berkeping satu merupakan tumbuhan yang berbunga, tetapi bijinya tidak bisa membelah karena hanya mempunyai satu daun lembaga.
Nutrisi	: unsur kimia penting yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan secara langsung atau tidak langsung terlibat dalam metabolisme serta aktivitas fisiologis dalam tubuh tumbuhan.
Pertumbuhan primer	: pertumbuhan yang terjadi akibat aktivitas jaringan meristem primer atau disebut juga meristem apikal.
Pertumbuhan sekunder	: pertumbuhan yang memungkinkan terjadinya pembesaran diameter batang dan akar.
Respirasi	: proses pembebasan energi yang tersimpan pada zat sumber energi melalui proses kimia dengan menggunakan oksigen.
Stele	: lapisan yang terletak di batang, terdiri atas bagian perikambium (<i>perisikel</i>) dan berkas pengangkut.
Viabilitas	: kemampuan biji untuk berkecambah dan tumbuh menjadi tanaman yang sehat di bawah kondisi yang sesuai.
Xilem	: jaringan pengangkut tumbuhan yang berfungsi untuk mengangkut air dan garam mineral, dari akar menuju daun.

Biografi Penulis



Elza Norra Afrita, S. Pd. lahir di Gunung Agung, 25 Juli 2000. Jenjang pendidikan penulis dimulai di SDN 05 Kelam Tengah, SMPN 01 Kaur Utara, SMAN 4 Kaur. Kemudian melanjutkan Pendidikan S1 Pendidikan Biologi di Universitas Bengkulu yang selesai pada tahun 2022. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Magister Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Malang pada tahun 2023.



Assoc. Prof. Dr. Atok Miftachul Hudha, M.Pd. lahir di Malang, 15 September 1964. Jenjang Pendidikan ditempuh sejak di TK Dharmawanita Karangploso Kabupaten Malang, SDN Karangploso 1 Kabupaten Malang, SMP Negeri 8 Kota Malang, MAN Malang I. Gelar sarjana diperoleh dari Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang Tahun 1988, gelas Magister Pendidikan Biologi diperoleh di Pascasarjana IKIP Negeri Malang (sekarang Universitas Negeri Malang) Tahun 1994, dan gelar Doktor



Prof. Dr. Abdulkadir Rahardjanto M.Si. lahir di Banyuwangi pada tanggal 2 Desember 1963. Jenjang S1 Pendidikan Biologi di tamatkan di IKIP Negeri Yogyakarta (sekarang menjadi UNY) tahun 1990, S2 Ilmu Lingkungan di Institut Teknologi Bandung tahun 1997, dan S3 Ilmu Lingkungan dari Universitas Indonesia tahun 2014.



Prof. Dr. Rr. Eko Susetyorini M.Si. lahir di Samarinda, 06 Agustus 1965. Jenjang Pendidikan ditempuh sejak SD K "Santa Maria" T.Agung, SMPN I Tulungagung, dan SMAN Kedungwaru T.A. S1 Pendidikan Biologi di tamatkan di Universitas Jember tahun 1989, S2 Biologi Reproduksi di UNAIR Surabaya tahun 1999, dan S3 Pendidikan Biologi dari Universitas Negeri Malang tahun 2011.



Prof. Dr. Yuni Pantiwati, M.M., M.Pd. lahir di Jember, 1 Juni 1964. Jenjang S1 Pendidikan Biologi di tamatkan di Universitas Negeri Jember tahun 1989, S2 Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang tahun 2003 dan S2 Manajemen di Universitas Muhammadiyah Malang 1998, dan S3 Pendidikan Biologi dari Universitas Negeri Malang tahun 2010.