

Ringkasan Kuliah Reproduksi Tumbuhan
Acara 2 : Evolusi Siklus Hidup Tumbuhan
Ari Pitoyo, M.Sc.

Organisme tumbuhan diprediksi mulai hadir sekitar 500 juta tahun yang lalu. Tumbuhan darat terdiversifikasi sejak asalnya dari nenek moyang alga. Fosil spora tumbuhan telah diekstraksi dari batuan berumur 475 juta tahun di Oman. Spora ini tertanam pada bahan kutikula tanaman yang mirip dengan jaringan pembawa spora pada tumbuhan hidup. Sebuah studi tahun 2001 tentang “jam molekuler” tumbuhan menunjukkan bahwa nenek moyang tumbuhan hidup ada 700 juta tahun yang lalu. Sebuah studi tahun 2003 menunjukkan tanggal baru 490 hingga 425 juta tahun, kira-kira seusia dengan spora yang ditemukan di Oman. Sebelum waktu itu, selama lebih 3 miliar tahun sejak pembentukannya Bumi tidak berpenghuni. Kehadiran organisme bersel tunggal cyanobacteria baru dijumpai sekitar 1,2 miliar tahun yang lalu (lebih dari 5 Milyar umur bumi). Saat ini, lebih dari 290.000 spesies tumbuhan menghuni Bumi. Sebagian besar tumbuhan hidup di lingkungan terestrial, termasuk gurun, padang rumput, dan hutan. Beberapa spesies, seperti rumput laut, telah kembali ke habitat akuatik.

Keberadaan tumbuhan memungkinkan organisme lain bertahan hidup di darat. Akar tanaman telah menciptakan habitat bagi organisme lain dengan menstabilkan lanskap. Tumbuhan adalah sumber oksigen dan penyedia utama makanan bagi hewan darat.

Para peneliti telah mengidentifikasi garis keturunan alga hijau yang disebut charophyceae sebagai kerabat terdekat tumbuhan darat. Banyak karakteristik utama tanaman darat juga muncul di berbagai klade alga. Misalkan

- Tumbuhan bersifat multiseluler, eukariotik, autotrof fotosintetik, begitupun algae merah, coklat, dan beberapa alga hijau juga cocok dengan deskripsi ini.
- Tumbuhan memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa. Begitu pula alga hijau, dinoflagellata, dan alga coklat.
- Tanaman memiliki kloroplas dengan klorofil a dan b.
- Begitu pula alga hijau, euglenids, dan beberapa dinoflagellata.

Lebih khusus lagi, tumbuhan darat berbagi empat fitur utama hanya dengan anggota Charophyceae :

1. Membran plasma tanaman darat dan charophyceans memiliki kompleks sintesis selulosa roset yang mensintesis mikrofibril selulosa dari dinding sel. Kompleks ini kontras dengan susunan linier protein penghasil selulosa pada alga non Charophyceae. Selain itu, dinding sel tumbuhan dan charophyceans mengandung persentase selulosa yang lebih tinggi daripada dinding sel alga non-charophycean.
2. Ciri kedua yang menyatukan charophyceans dan tumbuhan darat adalah adanya enzim peroksisom untuk membantu meminimalkan hilangnya produk organik akibat fotorespirasi. Peroksisom alga lain kekurangan enzim ini.
3. Pada tumbuhan darat yang memiliki sel sperma yang mengalami flagellated, struktur spermanya menyerupai sperma charophyceans.
4. Akhirnya, detail tertentu dari pembelahan sel adalah umum hanya pada tumbuhan darat dan alga Charophyceae yang paling kompleks, yaitu: terbentuknya fragmoplas, dan penyalarsan (aligment) elemen sitoskeletal dan vesikel yang diproduksi dari Golgi, selama sintesis dinding silang baru selama sitokinesis.

Studi skala besar tentang transisi utama dalam evolusi tumbuhan melalui perbandingan genome inti dan kloroplas mendukung hipotesis bahwa charophyceans adalah kerabat terdekat tumbuhan darat. Kenyataan bahwa Banyak algae charophycean menghuni perairan dangkal di tepi kolam dan danau, di mana mereka sesekali mengalami pengeringan semakin menguatkan bahwa dua kelompok ini (tumbuhan dan algae Charophyceae) berkerabat dekat. Dalam lingkungan seperti itu, seleksi alam menyukai individu yang dapat bertahan hidup pada periode ketika mereka tidak terendam dalam air. Lapisan polimer tahan lama yang disebut sporopollenin mencegah zigot charophycean yang terpapar mengering sampai mereka berada di air lagi. Adaptasi kimiawi ini mungkin merupakan pemicu kerasnya dinding sporopollenin yang membungkus spora tanaman. Akumulasi sifat-sifat tersebut oleh setidaknya satu populasi dari algae charophyceae yang menjadi moyang dari tumbuhan, memungkinkan keturunan mereka — tumbuhan darat pertama — untuk hidup secara permanen di atas permukaan air. Kebaruan evolusioner dari tumbuhan darat pertama telah membuka ruang habitat baru yang luas baginya, yaitu lingkungan terrestrial yang sebelumnya hanya ditempati oleh lapisan bakteri. Lingkungan baru ini memiliki : sinar matahari yang cerah tidak tersaring oleh air dan plankton. atmosfer yang memiliki banyak karbondioksida, tanah kaya akan unsur hara mineral dan setidaknya pada awalnya, hanya ada sedikit herbivora atau patogen.

Sejumlah adaptasi berkembang pada tumbuhan yang memungkinkan mereka bertahan hidup dan berkembang biak di darat dan sekaligus memisahkannya dari algae moyangnya. Paling tidak ada lima ciri utama muncul di hampir semua tumbuhan darat tetapi tidak ada di charophyceans.

1. Sporophyte dan Meristem apikal.
2. Pergantian generasi.
3. Embrio multiseluler yang bergantung pada tanaman induk.
4. Sporangia yang menghasilkan spora berdinding.
5. Gametangia yang menghasilkan gamet.

Catatan: Tumbuhan dalam istilah ini mengikuti atau mengadopsi skema tradisional yang menyamakannya dengan embriophyta. Beberapa ahli botani sekarang mengusulkan bahwa kerajaan tumbuhan harus diganti namanya menjadi kerajaan Streptophyta dan diperluas untuk memasukkan charophyceans dan beberapa kelompok terkait. Sedangkan yang lain menyarankan kerajaan Viridiplantae, yang mencakup chlorophyta dan tumbuhan.

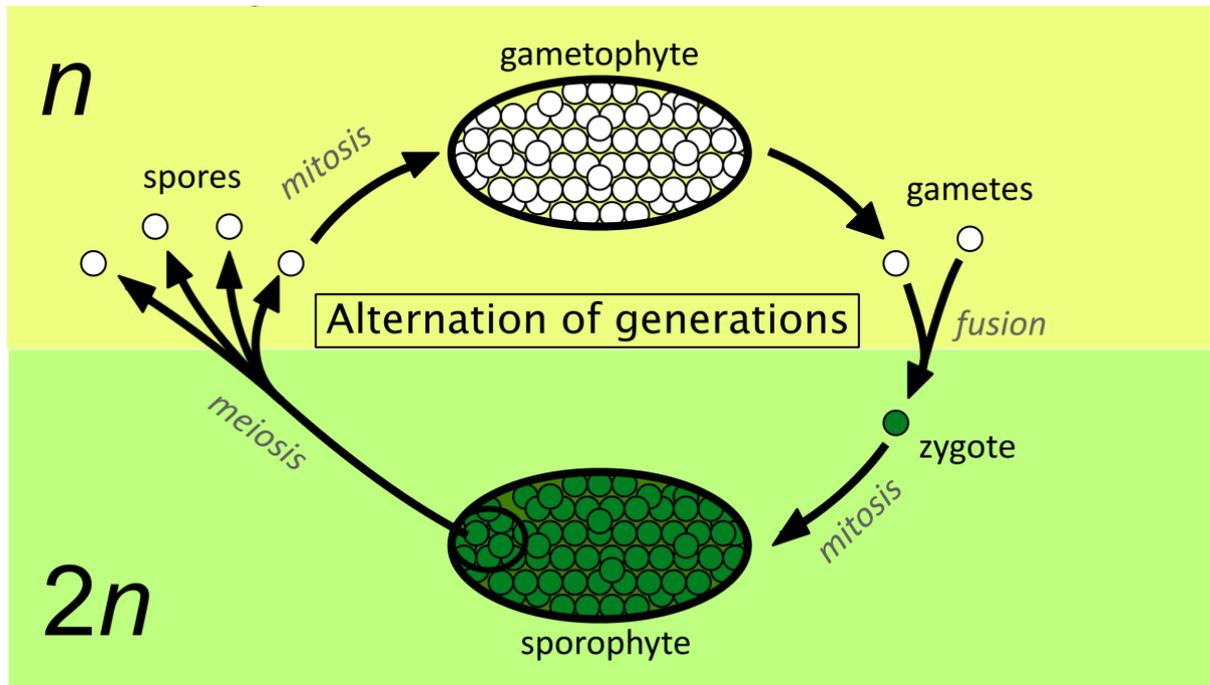
Habitat terrestrial memberikan dua lingkungan yang berbeda bagi tumbuhan. Lingkungan di atas permukaan tanah yang kaya akan CO₂ dan cahaya, dan sebaliknya lingkungan subterranean yang kaya akan mineral dan hara. Kehadiran meristem apikal yang merupakan titik tumbuh yang berada di dua ujung berlawanan dari sumbu embrio (meristem ujung tajuk dan meristem ujung akar) memungkinkan tumbuhan untuk mengakuisisi lingkungan aerial melalui pembentukan tajuk dan juga lingkungan subterranean melalui pembentukan sistem perakaran. Sifat meristem pada sebagian tumbuhan yang tumbuh tidak terbatas menyebabkan tumbuhan dapat tumbuh tinggi dan membesar.

Pergiliran generasi

Semua tumbuhan darat menunjukkan pergantian generasi di mana dua bentuk tubuh multiseluler bergantian. Siklus hidup ini juga terjadi pada berbagai algae. Namun, pergantian generasi tidak terjadi di charophyceans, alga yang paling dekat hubungannya dengan tanaman darat. Dalam pergantian generasi, salah satu badan multiseluler disebut gametofit dan memiliki sel haploid. Gametofit menghasilkan gamet, telur dan sperma, melalui mitosis. Fusi telur dan sperma selama pembuahan membentuk zigot diploid. Pembelahan mitosis dari zigot diploid menghasilkan badan multiseluler lainnya, sporofit. Meiosis pada sporofit dewasa

menghasilkan sel reproduksi haploid yang disebut spora. Spora adalah sel reproduksi yang dapat berkembang menjadi organisme baru tanpa bergabung dengan sel lain. Pembelahan mitosis dari spora tumbuhan menghasilkan gametofit multiseluler baru.

Tidak seperti siklus hidup organisme penghasil seksual lainnya, pergantian generasi pada tumbuhan darat (dan beberapa alga) menghasilkan tahap haploid dan diploid yang ada sebagai individu multiseluler. Misalnya, manusia tidak mengalami pergantian generasi karena satu-satunya tahap haploid dalam siklus hidup adalah gamet, yang bersel tunggal.



Gambar 1. Skema pergiliran generasi pada tumbuhan darat

Sporangia yang menghasilkan spora berdinding

Spora berdinding diproduksi oleh sporangia. Spora tumbuhan adalah sel reproduksi haploid yang tumbuh menjadi gametofit melalui mitosis. Sporopollenin membuat dinding spora sangat kuat dan tahan terhadap lingkungan yang keras. Organ multiseluler yang disebut sporangia ditemukan pada sporofit dan menghasilkan spora. Dalam sporangia, sel diploid yang disebut sporosit mengalami meiosis dan menghasilkan spora haploid. Jaringan luar sporangium melindungi spora yang sedang berkembang sampai siap dilepaskan ke udara.

Gametangia multiseluler

Gametofit tumbuhan menghasilkan gamet dalam organ multiseluler yang disebut gametangia. Gametangium betina, disebut archegonium, menghasilkan sel telur tunggal dalam organ berbentuk vas bunga. Telur disimpan di dalam jaringan perut pada gametangia. Gametangia jantan, yang disebut antheridia, menghasilkan dan melepaskan sperma ke lingkungan. Dalam banyak kelompok besar tumbuhan hidup, sperma memiliki flagela dan berenang menuju telur melalui lapisan air. Setiap telur dibuahi di dalam archegonium, tempat zigot berkembang menjadi embrio (**oogami**). Gametofit tanaman berbiji sangat mengecil sehingga archegonia dan antheridia telah hilang di beberapa garis keturunan.

Ketergantungan embrio pada induk

Embrio tumbuhan multiseluler berkembang dari zigot yang tertahan di dalam jaringan induk betina. Embrio tanaman darat yang multiseluler merupakan sifat turunan yang sangat penting sehingga tanaman darat juga dikenal sebagai **embriophyta**. Induk memberikan nutrisi, seperti gula dan asam amino, ke embrio. Embrio memiliki sel transfer plasenta khusus yang meningkatkan transfer nutrisi dari induk ke embrio (**matrotrophy**).

Ciri turunan tambahan lain pada perkembangan pasca embrional juga diperoleh sebagai bentuk evolusi dari tumbuhan. Epidermis pada banyak tumbuhan memiliki kutikula yang terdiri dari polimer yang disebut poliester dan lilin. Kutikula membuat epidermis tahan air, mencegah kehilangan air yang berlebihan, dan menawarkan perlindungan dari serangan mikroba. Banyak tumbuhan darat menghasilkan senyawa sekunder, dinamakan demikian karena merupakan produk dari jalur metabolisme sekunder yang bercabang dari jalur metabolisme primer. Alkaloid, terpena, dan tanin bertahan melawan herbivora dan parasit. Flavonoid menyerap radiasi UV yang berbahaya dan dapat bertindak sebagai sinyal dalam hubungan simbiosis dengan mikroba tanah yang menguntungkan. Fenolat mencegah serangan mikroba patogen. Perkembangan lebih maju dari tumbuhan darat adalah pembentukan jaringan vaskuler (pembuluh), sehingga tumbuhan dibedakan menjadi tumbuhan vaskuler dan non-vaskuler. Beberapa tumbuhan modern akan membentuk organ spesifik seperti bunga dan biji untuk melanjutkan siklus hidupnya, sehingga dibedakan lagi menjadi tumbuhan biji dan berbunga.