

Tinjauan Mata Kuliah

Fisiologi tumbuhan adalah suatu ilmu yang mempelajari berbagai proses hidup di dalam tumbuhan yang berkaitan dengan adanya fungsi-fungsi tertentu dari bagian-bagian dalam tumbuhan. Proses-proses hidup yang dikaji dalam fisiologi tumbuhan, antara lain proses angkutan air, mineral dan senyawa organik, nutrisi tumbuhan, fotosintesis, respirasi sel, berbagai proses metabolisme (metabolisme karbohidrat, protein, lemak, dan metabolit sekunder), proses tumbuh, dan perkembangan dari zigot menjadi dewasa, serta bagaimana tumbuhan merespons faktor lingkungan.

Pemahaman dengan cara mempelajari fisiologi tumbuhan akan memperluas apresiasi kita untuk banyak hal yang terjadi di dalam tumbuhan. Misalnya, air dan materi terlarut yang bergerak melewati jalur angkutan (transpor) khusus, yaitu air dan nutrisi dari tanah melewati akar, batang, dan daun di pucuk sampai ketinggian lebih dari seratus meter lalu ditranspirasikan ke atmosfer dapat menjaga pohon *Redwood* untuk tumbuh ratusan tahun. Berbagai jenis reaksi kimia (metabolisme) terjadi dalam setiap sel, dan bagaimana prosesnya serta hasilnya dilakukan bersamaan dengan transpor air sebagai penggerak utama dalam tumbuhan. Garam anorganik (mineral) dan molekul organik (hasil fotosintesis dan metabolisme lain) diangkut dalam berbagai arah di dalam tumbuhan untuk menjaga pertumbuhan dan kelulushidupan tumbuhan. Bagaimana lingkungan fisik (suhu, cahaya, dan lain-lain), kimia (pH, logam berat, dan lain-lain) dan biologi (mikroba, serangga, dan lain-lain) memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan. Semua hal tersebut dipelajari dalam fisiologi tumbuhan sehingga dengan mengetahui proses dan akibat yang terjadi pada tumbuhan, kita dapat melakukan rekayasa proses agar pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan berlangsung optimum, misalnya dengan pemberian pupuk atau hormon tumbuh yang tepat. Agar dapat memudahkan pemahaman proses tersebut, dikenalkan terlebih dahulu struktur sel beserta organelnya, jaringan dan organ di mana proses fisiologi berlangsung.

Pada buku materi pokok (BMP) ini, akan dibahas proses-proses sebagai berikut: angkutan air dan nutrisi; macam, bentuk, fungsi, dan gejala defisiensi maupun toksisitas nutrisi mineral; fotosintesis pada tumbuhan C3, C4, dan CAM; respirasi seluler; metabolisme primer (seperti karbohidrat, lemak, nitrogen, dan enzim) dan sekunder (fenol, terpenoid, dan metabolit mengandung N); fisiologi pertumbuhan dan perkembangan; fotomorfogenesis dan respons tumbuh pada faktor lingkungan lainnya.

Agar dapat memahami konsep Fisiologi Tumbuhan (STBI4212), buku teori *Fisiologi Tumbuhan* ini juga dilengkapi dengan Buku Praktikum *Fisiologi Tumbuhan* yang telah didesain dengan membangun kemampuan analisis dan keterampilan motorik yang mendukung aplikasi ilmu fisiologi tumbuhan. Setelah selesai mengikuti pembelajaran mata kuliah Fisiologi Tumbuhan (STBI4212), Anda diharapkan mampu menjelaskan konsep dasar dan proses fisiologis, serta dapat menjelaskan bagaimana air,

nutrisi, dan lain-lain faktor lingkungan berperan pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Kemampuan tersebut dapat Anda capai dengan menguasai kompetensi-kompetensi khusus meliputi

1. menjelaskan pengertian dan konsep-konsep fisiologis tumbuhan secara keseluruhan;
2. menjelaskan struktur sel/jaringan/organ yang berhubungan dengan proses tertentu;
3. menjelaskan struktur dasar serta fungsi organel-organel sel tumbuhan;
4. menjelaskan keberadaan air dalam sel serta peranannya bagi kehidupan;
5. menjelaskan sifat fisika dan kimia air, serta mekanisme penyerapan oleh tumbuhan dan faktor-faktor yang memengaruhinya;
6. menjelaskan peran hara mineral bagi tumbuhan dan mekanisme penyerapannya;
7. menginterpretasikan adanya defisiensi unsur hara serta toksisitas pada tumbuhan;
8. menjelaskan bagaimana sintesis enzim dengan mengenal prazatnya (nitrogen) dan hubungannya dengan asam nukleat sebagai bahan baku gen, kemudian ekspresinya dalam bentuk protein enzim;
9. menjelaskan enzim yang memiliki sifat, klasifikasi, dan mekanisme kerja enzim; termasuk mengidentifikasikan faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim;
10. menjelaskan proses-proses fotofisiologi dan fotosintesis tumbuhan, serta pengaruh energi radiasi matahari terhadap proses tersebut;
11. menjelaskan proses fotosintesis pada reaksi terang, serta fase-fase pada reaksi gelap;
12. menjelaskan proses fiksasi CO_2 pada tahapan C_3 , C_4 dan CAM serta pengaruh temperatur dan CO_2 pada fotosintesis (fotorespirasi);
13. menjelaskan konsep dan definisi respirasi, serta sumber energi dalam respirasi;
14. menjelaskan proses glikolisis, fermentasi, dan siklus pentosa fosfat;
15. menjelaskan adanya perubahan-perubahan senyawa dalam siklus Krebs dan fosforilasi oksidatif;
16. menjelaskan respirasi aerob dan anaerob beserta contoh kasusnya;
17. menghitung energi yang terbentuk dalam siklus Krebs dan menjelaskan hubungan antara respirasi dan metabolisme;
18. menjelaskan faktor yang memengaruhi respirasi dan contoh kasus/aplikasi;
19. menjelaskan proses biosintesis metabolit primer lipid dan karbohidrat pada tumbuhan;
20. menjelaskan proses biosintesis metabolit sekunder terpenoid, fenolik, dan senyawa metabolit mengandung N (alkaloid);
21. menjelaskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan;
22. menjelaskan regulasi tumbuh dan perkembangan yang melibatkan gen, lingkungan, dan hormon;
23. menjelaskan konsep dan proses sinyaling beserta respons;
24. menjelaskan proses tumbuh dan perkembangan dalam siklus hidup tumbuh, seperti dormansi, perkecambahan, tumbuh vegetatif, reproduktif dan senesensi;

25. menjelaskan batasan dan konsep kerja fitohormon;
26. menjelaskan biosintesis, mekanisme kerja, dan pengaruh fisiologis fitohormon;
27. menjelaskan peran serta fitohormon dalam mengendalikan aktivitas gen dan proses morfogenesis maupun menghadapi cekaman; termasuk aplikasinya.

Bahan ajar untuk mata kuliah Fisiologi Tumbuhan ini terdiri atas sembilan (9) modul dengan beberapa kegiatan belajar sebagai berikut.

Modul 1

Struktur dan Fungsi Sel, Jaringan, Organ pada Tumbuhan

Modul 1 membahas struktur sel tumbuhan dan fungsi sel tumbuhan, yang mencakup 2 kegiatan belajar berikut.

Kegiatan Belajar 1 : membahas konsep dasar fisiologi tumbuhan, yang mencakup alasan pentingnya untuk mempelajari fisiologi tumbuhan serta struktur sel tumbuhan secara khusus.

Kegiatan Belajar 2 : membahas struktur dan fungsi jaringan dan organ tumbuhan.

Materi Modul 1 bermanfaat memberikan gambaran mengenai bagian-bagian penyusun tumbuhan, struktur dasar sel tumbuhan, organel-organelnya, serta fungsi-fungsinya, serta memberi landasan teori untuk meningkatkan pemahaman tentang proses fisiologi pada tumbuhan pada di tingkat seluler. Prinsipnya, struktur mendukung fungsi. Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan struktur dan fungsi sel tumbuhan. Setelah itu, Anda akan dapat menjelaskan bagaimana peran sel dalam jaringan dan organ tertentu melaksanakan fungsi fisiologisnya.

Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan struktur dasar dan fungsi sel tumbuhan, serta organ pada tumbuhan,
2. menjelaskan pengertian dan konsep-konsep dasar fisiologi tumbuhan, serta organel-organel sel.

Modul 2

Air dan Sistem Angkutan Air

Modul 2 ini membahas air dan angkutan pada tumbuhan yang mencakup dua kegiatan belajar berikut.

Kegiatan Belajar 1 : membahas sifat fisiko-kimia air, peran air, dan sistem angkutan air pada tumbuhan, dimulai dari penyerapan air oleh akar hingga proses transpirasi.

Kegiatan Belajar 2 : membahas angkutan senyawa terlarut (nutrien) dan produk hasil fotosintesis pada tumbuhan, serta faktor-faktor yang memengaruhi proses penyerapan senyawa terlarut.

Materi Modul 2 bermanfaat memberikan gambaran mengenai bagaimana peran dan sistem pengangkutan air, serta memberi landasan teori untuk meningkatkan pemahaman tentang proses angkutan air dan senyawa terlarut pada tumbuhan.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan peran air, sistem angkutan air, dan sistem angkutan senyawa terlarut pada tumbuhan, termasuk pengangkutan hasil fotosintesis. Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan peran dan sifat fisik air, serta proses angkutan air pada tumbuhan,
2. menjelaskan proses angkutan senyawa terlarut dan faktor-faktor yang memengaruhi.

Modul 3

Nutrisi Tumbuhan

Modul 3 ini membahas nutrisi tumbuhan yang mencakup empat kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas unsur-unsur nutrisi dan bentuk nutrisi pada tumbuhan, meliputi makronutrien, mikronutrien, dan unsur tambahan.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas fungsi berbagai mineral esensial, gejala defisiensi mineral pada tumbuhan dan penggunaan pupuk untuk mengatasi kekurangan mineral.
- Kegiatan Belajar 3 : membahas simbiosis tumbuhan dengan mikroba.
- Kegiatan Belajar 4 : membahas toksisitas nutrisi.

Materi Modul 3 bermanfaat memberikan gambaran mengenai kebutuhan nutrisi tumbuhan serta memberi landasan teori untuk meningkatkan pemahaman tentang gejala defisiensi yang muncul dan akibatnya, aplikasi konsep nutrisi untuk pemberian pupuk pada tanaman budi daya, adanya simbiosis tumbuhan dengan mikroba yang menguntungkan, adanya cekaman pada tumbuhan akibat kelebihan dan kekurangan nutrisi.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan unsur esensial bagi tumbuhan serta fungsinya, dan gejala defisiensi mineral pada tumbuhan. Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan unsur-unsur nutrisi dan bentuk nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan,
2. menjelaskan penggunaan pupuk untuk mengoreksi kekurangan nutrisi,
3. menjelaskan simbiosis antara tumbuhan dan mikroba yang dapat dimanfaatkan untuk budi daya tanaman,
4. menjelaskan gejala cekaman pada tumbuhan akibat kelebihan nutrisi.

Modul 4

Metabolisme Nitrogen, Sintesis Asam Nukleat, Protein, dan Enzim

Modul 4 ini membahas asimilasi nitrogen, sintesis asam nukleat, asam amino dan protein, termasuk enzim, yang mencakup dua kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas asimilasi nitrogen untuk digunakan dalam sintesis asam amino, protein, dan asam nukleat, mulai dari pengambilan N dari lingkungan, asimilasinya menjadi asam amino sebagai bahan baku asam nukleat, dan perannya dalam sintesis protein.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas contoh protein yang utama, yaitu enzim, mulai dari sifat, nomenklatur, klasifikasi, mekanisme kerja, hingga denaturasi enzim. Akan dibahas juga mengenai kofaktor serta enzim alosterik, dan kontrol umpan-balik pada enzim.

Materi Modul 4 bermanfaat memberikan gambaran mengenai tahapan sintesis asam nukleat dan protein dari unsur-unsur yang berasal dari N di lingkungan, yang salah satunya adalah protein fungsional enzim, serta memberi landasan teori untuk meningkatkan pemahaman tentang metabolisme dan pentingnya enzim.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan awal metabolisme N hingga sintesis protein enzim dan fungsinya. Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan awal mula metabolisme N hingga disintesisnya asam amino sebagai basis sintesis asam nukleat, dan sintesis protein,
2. menjelaskan sifat, klasifikasi, dan mekanisme kerja enzim,
3. menjelaskan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim.

Modul 5

Fotosintesis

Modul 5 ini membahas proses fotosintesis pada tumbuhan yang mencakup tiga kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas energi cahaya dan berbagai macam pigmen yang terlibat dalam fotosintesis.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas reaksi cahaya atau reaksi fotofosforilasi, yang merupakan tahap I pada reaksi fotosintesis.
- Kegiatan Belajar 3 : membahas mengenai tahap II reaksi fotosintesis, yakni fiksasi dan reduksi CO_2 , serta faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis.

Materi Modul 5 bermanfaat memberikan gambaran mengenai proses fotosintesis yang dilakukan tumbuhan serta memberi landasan teori untuk meningkatkan pemahaman tentang proses konversi energi cahaya menjadi energi kimia, serta bagaimana unsur-unsur anorganik dari lingkungan masuk ke dalam sistem kehidupan.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan perubahan energi cahaya menjadi energi kimia melalui fotosintesis, berbagai pigmen yang terlibat, dan bagaimana proses fotosintesis menyintesis unsur-unsur alam anorganik menjadi bahan organik yang penting bagi kehidupan, serta faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis. Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan energi cahaya dan pigmen yang terlibat dalam fotosintesis,
2. menjelaskan reaksi cahaya atau tahap I fotosintesis,
3. menjelaskan fiksasi dan reduksi CO₂ atau tahap II fotosintesis serta faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi proses fotosintesis.

Modul 6

Respirasi

Modul 6 ini membahas respirasi seluler pada tumbuhan mulai dari konsep, definisi serta tahapan-tahapan respirasi yang mencakup empat kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas konsep dan definisi respirasi secara umum. Selain itu juga akan diulas secara singkat mengenai anabolisme dan katabolisme.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas tahapan respirasi, yaitu glikolisis dan jalur pentose fosfat, mencakup organel yang terlibat, substrat, dan enzim yang terlibat di dalamnya.
- Kegiatan Belajar 3 : membahas siklus Krebs, transpor elektron, dan sintesis energi (ATP), mencakup tahapan, organel yang terlibat, substrat, dan enzim yang terlibat di dalamnya.
- Kegiatan Belajar 4 : membahas fleksibilitas respirasi dan faktor-faktor apa saja yang dapat memengaruhi respirasi dan aplikasinya.

Materi Modul 6 ini bermanfaat memberikan gambaran mengenai respirasi seluler pada tumbuhan, serta memberikan landasan teori untuk meningkatkan pemahaman mengenai metabolisme pada tumbuhan. Materi modul ini akan terkait dengan topik pada modul berikutnya mengenai metabolisme primer dan sekunder pada tumbuhan.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan respirasi seluler pada tumbuhan.

Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan konsep dan definisi respirasi,
2. menjelaskan tahapan respirasi: glikolisis, jalur pentose fosfat, siklus Krebs, transpor elektron sampai sintesis energi (ATP),
3. menjelaskan respirasi aerob dan anaerob dan kasus pada tumbuhan,
4. menjelaskan faktor yang memengaruhi respirasi dan contoh aplikasinya.

Modul 7

Metabolisme Primer dan Sekunder

Modul 7 ini membahas metabolisme pada tumbuhan, baik yang primer maupun yang sekunder, pada modul ini mencakup dua kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas metabolisme karbohidrat dan lipid pada tumbuhan, meliputi proses beserta contohnya.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas biosintesis senyawa terpen, fenol, metabolit sekunder mengandung N pada tumbuhan, meliputi proses, substrat, enzim, serta contohnya.

Materi Modul 7 ini bermanfaat memberikan gambaran mengenai hubungan senyawa-antara yang diperoleh sebagai hasil respirasi serta nutrisi yang diperoleh dari medium dengan keberadaan metabolit-metabolit melalui jalur sintesis metabolit primer dan sekunder.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan proses-proses metabolisme pada tumbuhan.

Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan hubungan senyawa-antara hasil respirasi serta nutrisi yang diperoleh dari medium dengan jalur sintesis metabolit primer, dalam hal ini karbohidrat dan lipid karena protein dan asam nukleat telah dibahas di Modul 4,
2. menjelaskan hubungan senyawa-antara hasil respirasi serta nutrisi yang diperoleh dari medium dengan jalur sintesis metabolit sekunder terpen, fenol, metabolit sekunder mengandung N.

Modul 8

Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

Modul 8 ini membahas pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan, pada modul ini mencakup empat kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas definisi tumbuh dan perkembangan serta parameter pengukurannya.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas regulasi pertumbuhan dan perkembangan yang melibatkan gen, lingkungan, dan hormon.
- Kegiatan Belajar 3 : membahas konsep dan proses sinyal beserta respons.
- Kegiatan Belajar 4 : membahas proses tumbuh dan perkembangan dalam siklus hidup tumbuhan.

Materi Modul 8 ini bermanfaat memberikan gambaran mengenai proses pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan, termasuk tahapan dan faktor-faktor yang terlibat di dalam proses tersebut.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan konsep tumbuh dan perkembangan beserta prosesnya. Selain itu, Anda juga dapat menjelaskan regulasi sinyal lingkungan dan hormon terhadap respons pertumbuhan. Pemahaman terhadap proses tersebut akan berguna dalam kultivasi tumbuhan dengan tepat sehingga dapat dihasilkan pertumbuhan dan produktivitas yang tinggi.

Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan perbedaan antara tumbuh dan perkembangan beserta faktor yang memengaruhinya, seperti gen, lingkungan, dan regulasi hormon,
2. menjelaskan proses sinyaling hingga respons yang ditunjukkan oleh tumbuhan, dimulai dari perkecambahan, fase vegetatif hingga generatif.

Modul 9

Hormon dan Aplikasi Penggunaannya

Modul 9 ini membahas hormon pada tumbuhan, pada modul ini mencakup dua kegiatan belajar berikut.

- Kegiatan Belajar 1 : membahas hormon pada tumbuhan, mencakup jenis, biosintesis serta mekanisme kerja dari hormon-hormon tersebut.
- Kegiatan Belajar 2 : membahas mekanisme khusus tumbuh dan perkembangan serta aplikasi penggunaan hormon dalam manipulasi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Materi Modul 9 ini bermanfaat memberikan gambaran mengenai hormon pada tumbuhan. Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan konsep hormon pada tumbuhan mulai dari jenis hormon, proses biosintesis dari hormon tersebut, dan mekanisme kerja hormon sampai dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan jenis-jenis hormon yang ada pada tumbuhan, termasuk proses biosintesis, fungsi, dan mekanisme kerja hormon,
2. menjelaskan contoh aplikasi penggunaan dalam manipulasi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Secara umum, Anda dapat mempelajari setiap modul *Fisiologi Tumbuhan* sebagai berikut.

1. Membaca dan mempelajari setiap modul dengan teliti. Anda tentu harus membaca buku ini dengan saksama, kemudian dapat menggunakan buku *Fisiologi Tumbuhan* yang lain yang menjadi referensi pada bahan bacaan utama atau buku referensi lainnya. Anda juga dapat menggunakan media interaktif, seperti kanal YouTube untuk mengikuti animasi dari beberapa proses, seperti fotosintesis dan

pembelahan sel, atau lainnya. Kemudian berdiskusilah dengan teman-teman sehingga dapat lebih meningkatkan ketertarikan dan pemahaman Anda terhadap materi kuliah.

2. Mengerjakan setiap soal latihan dan tes formatif. Tiap kegiatan pada masing-masing modul terdapat teori, 5 soal latihan dalam bentuk uraian dan 10 soal tes formatif dalam bentuk pilihan ganda beserta petunjuk jawabannya. Anda dapat mengukur tingkat pemahaman terhadap materi dengan membandingkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang tersedia di bagian akhir setiap modul, lalu menghitung persentase ketercapaian pemahaman Anda.
3. Melakukan diskusi untuk memahami penjelasan jawaban pertanyaan yang ada dengan teman-teman atau dengan tutor Anda dan carilah jawaban yang tepat dalam uraian materi modul ini.

Terima kasih untuk semua usaha besar Anda semoga berhasil dan sukses setelah mengikuti dan memahami materi buku ini.

Peta Kompetensi Fisiologi Tumbuhan/STBI4212/3 SKS

