

Hubungan Tumbuhan dengan Lingkungan

Dra. Murni Dwiati, M.Si.



PENDAHULUAN

A. TUJUAN PRAKTIKUM

Setelah melaksanakan praktikum ini, Anda diharapkan dapat menerapkan konsep transpirasi, peran unsur hara, dan sifat enzim pada tumbuhan.

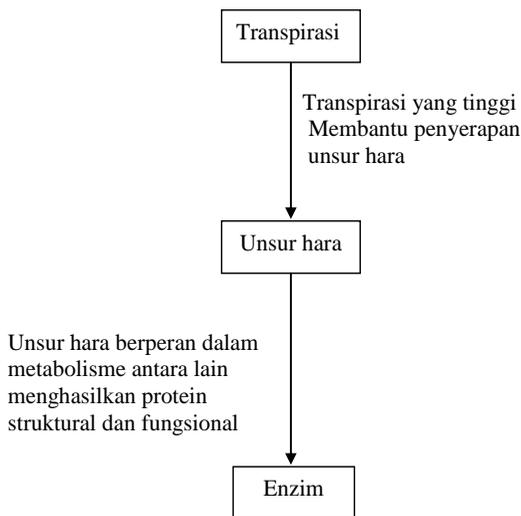
B. ISI POKOK MATERI PRAKTIKUM KESELURUHAN

Tumbuhan hidup memerlukan air dalam jumlah besar bagi pertumbuhannya. Hal ini karena tumbuhan mengalami pertumbuhan terutama akibat pembentangan sel. Air diperlukan untuk mempertahankan suhu tubuh tumbuhan. Sebanyak 1 gram air akan berubah menjadi uap air pada suhu 20°C dan memerlukan energi sebesar 584g kalori. Dengan kata lain, untuk menghilangkan panas dari tubuh tumbuhan sebesar 584 kalori cukup dengan menguapkan air sebanyak 1 gram dari permukaan tubuh. Tumbuhan akan mengalami kehilangan air dalam jumlah besar dalam bentuk uap air melalui daun pada saat proses transpirasi. Dengan adanya transpirasi, air dalam tanah dan unsur hara yang terserap akan digunakan dalam metabolisme tumbuhan, antara lain dapat menghasilkan protein struktural dan fungsional (enzim). Dalam tubuh tumbuhan enzim berperan dalam proses sintesis dan penguraian zat.

C. JUDUL DAN MATERI POKOK DI SETIAP KEGIATAN PRAKTIKUM

1. Transpirasi pada tumbuhan. Pada Kegiatan Praktikum 1 akan dilakukan pengukuran terhadap laju kehilangan uap air serta membandingkan laju penguapannya pada daun dari dua jenis tumbuhan yang berbeda. Bahan yang digunakan adalah cabang Filisium dan Akasia, serta air.
2. Peran unsur hara. Pada Kegiatan Praktikum 2 akan dilakukan perbedaan untuk membuktikan peran unsur hara makro dan mikro bagi pertumbuhan tanaman hara, serta menjelaskan gejala-gejala yang timbul pada tanaman akibat kekurangan unsur hara tertentu. Bahan yang digunakan adalah tanaman jagung dan larutan bahan unsur hara.
3. Pengaruh lingkungan terhadap enzim. Pada Kegiatan Praktikum 3 akan dilakukan percobaan untuk membuktikan bahwa enzim dipengaruhi oleh pH dan suhu. Bahan yang diperlukan adalah putih telur, alkohol 95%, dan aquades.

DIAGRAM KETERKAITAN UNIT PRAKTIKUM



KEGIATAN PRAKTIKUM 1**Transpirasi pada Tumbuhan**

Tumbuhan dalam proses pertumbuhannya akan menyerap air dan unsur hara. Air diperlukan dalam jumlah besar karena air merupakan bagian terbesar dalam tubuh tumbuhan yang sedang aktif melakukan metabolisme. Air diperlukan sebagai alat transpor dalam pemindahan unsur hara. Selain itu, air juga digunakan untuk mendinginkan permukaan daun pada suhu yang relatif panas dengan cara difusi dari rongga antarsel parenkim bunga karang ke atmosfer melalui stomata (jamak: stoma). Peristiwa ini lazim dikenal dengan **transpirasi**. Transpirasi terkait dengan pembukaan stoma, letak stoma, ukuran stoma, dan kerapatan stoma per satuan luas daun.

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Mengukur laju kehilangan uap air pada dua daun yang berbeda.
2. Membandingkan laju penguapan pada dua macam tumbuhan yang berbeda.

B. TEORI

Transpirasi adalah proses hilangnya uap air dari permukaan tubuh tumbuhan akibat adanya penguapan (evaporasi). Transpirasi dari permukaan daun terutama berlangsung melalui stomata. Peristiwa ini lazim dikenal sebagai **transpirasi stomatal**. Selain itu, sebagian kecil uap air dapat juga hilang melalui kutikula (**transpirasi lentikuler**). Berbeda dengan evaporasi, uap air pada transpirasi tidak meninggalkan permukaan bebas, tetapi harus melewati epidermis atau stomata. Transpirasi ditentukan oleh faktor yang memengaruhi pembukaan stomata. Sebagai contoh, kenaikan temperatur daun dapat memacu evaporasi, tetapi dapat pula menyebabkan menutupnya stoma sehingga transpirasi menjadi berkurang.

Transpirasi bermanfaat bagi tumbuhan karena dapat menyebabkan terbentuknya daya isap daun, membantu penyerapan air dan hara oleh akar, serta mempertahankan suhu permukaan daun. Akan tetapi, transpirasi dapat juga membahayakan kehidupan tumbuhan. Hal ini terjadi apabila uap air yang ditranspirasi melampaui jumlah air yang diserap oleh akar. Akibatnya,

tumbuhan akan kekurangan air. Kekurangan air yang berlebihan dapat mengakibatkan kelayuan yang berakhir dengan kematian.

Mengapa angin kencang dapat dikatakan membahayakan kehidupan tumbuhan? Coba Anda cari penyebabnya. Kaitkan dengan laju transpirasi. Diskusikan dengan teman-teman Anda.

Transpirasi yang besar akan memaksa tumbuhan untuk melakukan penyerapan dalam jumlah yang besar pula. Faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan transpirasi adalah berikut ini.

1. Faktor Dalam

- a. Jumlah stomata tiap satuan luas daun
Jumlah stomata bergantung kepada jenis tumbuhan dan faktor lingkungan pada saat daun itu berkembang.
- b. Struktur anatomi daun
Alat tambahan yang berupa trikoma dapat mencegah penguapan. Selain itu, penguapan dapat dikurangi dengan terbentuknya lapisan kutikula pada permukaan daun yang cukup tebal serta letak stomata yang tersembunyi.
- c. Potensial osmosis daun
Sel daun mempunyai potensial osmosis yang tinggi sehingga air tidak mudah menguap.

2. Faktor Luar atau Lingkungan

- a. Kelembaban udara
Apabila kelembaban udara rendah maka selisih potensial air antara rongga substomater dan udara sekitar menjadi besar. Akibatnya, akan terjadi penguapan dengan cepat dan difusi uap air ke udara berlangsung makin cepat.
- b. Temperatur
Kenaikan temperatur akan mempercepat transpirasi karena evaporasi dari permukaan mesofil meningkat.
- c. Angin
Angin dapat memindahkan uap air dari permukaan daun sehingga kelembaban menurun.
- d. Ketersediaan air
Apabila jumlah air yang terdapat di lingkungan terbatas maka transpirasi akan berkurang.

Untuk mengetahui tingkat efisiensi tumbuhan dalam memanfaatkan air, sering dilakukan pengukuran terhadap transpirasi. Tumbuhan yang efisien akan menguapkan air dalam jumlah yang relatif sedikit bila dibandingkan dengan tumbuhan yang kurang efisien memanfaatkan air.

Coba carilah contoh jenis tumbuhan yang dapat beradaptasi pada kondisi kekurangan air yang berlebihan. Bagaimana proses transpirasinya? Adaptasi anatomi, morfologi, dan fisiologi apa saja yang dapat terjadi pada tumbuhan tersebut?

Laju kehilangan air suatu tanaman bergantung kepada perbedaan potensial air antara atmosfer dan di dalam sel daun, terutama pada rongga substomater. Jika ruang antarsel dalam daun jenuh dengan uap air maka laju kehilangan uap air ditentukan oleh kelembaban nisbi udara di atmosfer. Setiap keadaan lingkungan yang menyebabkan perubahan besarnya perbedaan potensial air antara sel daun dan udara luar, dapat menyebabkan kenaikan laju transpirasi.

Radiasi matahari sangat penting bagi fotosintesis. Selain itu, radiasi dapat menimbulkan panas. Panas yang diterima oleh daun digunakan sebagai sumber energi bagi transpirasi. Untuk menguapkan 1 gram air dibutuhkan 568 kalori energi panas. Oleh karena itu, transpirasi berpengaruh dalam pendinginan daun tumbuhan.

Dalam praktikum ini kecepatan transpirasi akan diukur menggunakan alat dengan prinsip bejana berhubungan. Laju transpirasi dan absorpsi air masing-masing akan digambarkan oleh laju pergerakan kolom air dalam pipa bejana berhubungan. Jika transpirasi tidak berlebihan dan penyerapan air tidak berbeda terlalu besar dengan kehilangan air maka dapat dikatakan bahwa laju penyerapan air sama dengan laju transpirasi.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa keuntungan dan kerugian tumbuhan yang mengadakan transpirasi?
- 2) Mengapa ketersediaan air ikut berperan dalam menentukan kecepatan transpirasi?

- 3) Mengapa transpirasi ditentukan oleh faktor yang memengaruhi pembukaan stoma?
- 4) Manakah yang lebih besar laju transpirasinya, tumbuhan yang mempunyai lubang stoma besar tetapi sedikit jumlahnya ataukah lubang stoma kecil, tetapi jumlahnya banyak?
- 5) Kondisi kandungan air tanah, seperti apa yang optimal bagi pertumbuhan tanaman yang hidup di darat?

Petunjuk jawaban latihan

- 1) Keuntungan tumbuhan yang melakukan transpirasi adalah membantu daya isap daun, membantu penyerapan air dan hara, dan mempertahankan suhu tubuh tumbuhan. Sedangkan kerugiannya, bila uap air yang ditranspirasikan melebihi pasokannya maka akan terjadi kelayuan.
- 2) Apabila ketersediaan air cukup, transpirasi berlangsung dengan cepat. Sebaliknya, apabila air tidak tersedia, transpirasi akan menurun.
- 3) Pada saat stoma membuka akan terjadi aliran uap air dari rongga substomater ke atmosfer.
- 4) Tumbuhan yang memiliki struktur stoma kecil, tetapi jumlahnya banyak, mempunyai laju transpirasi lebih besar.
- 5) Kandungan air tanah dalam kapasitas lapang.



Transpirasi terutama berlangsung melalui stoma. Uap air yang berasal dari rongga substomater tidak meninggalkan permukaan bebas, tetapi harus melewati stomata sehingga transpirasi sangat ditentukan oleh pembukaan stomata. Transpirasi bermanfaat bagi tumbuhan. Akan tetapi, transpirasi juga dapat bersifat merugikan. Hal ini terjadi apabila ketersediaan air di tanah terbatas.

**TES FORMATIF 1** _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Transpirasi melalui permukaan daun terutama berlangsung melalui
 - A. lentikula
 - B. stomata
 - C. kutikula
 - D. plasmodesmata

- 2) Pada saat terjadi angin kencang daun akan mengalami
 - A. transpirasi yang besar
 - B. transpirasi yang kecil
 - C. pembukaan stomata
 - D. penutupan stomata

- 3) Jumlah trikoma per satuan luas daun yang cukup besar akan mengakibatkan
 - A. laju transpirasi kecil karena jumlah trikoma bersifat menghambat laju transpirasi
 - B. laju transpirasi besar karena jumlah trikoma memacu laju transpirasi
 - C. pendinginan daun dipercepat
 - D. laju transpirasi tidak berubah

- 4) Apabila ketersediaan air dalam tanah cukup tinggi maka laju transpirasi akan
 - A. tidak berpengaruh
 - B. tetap
 - C. terhambat
 - D. terpacu

- 5) Transpirasi daun juga dipengaruhi oleh ketebalan kutikula yang melapisi permukaan epidermis sehingga daun yang mempunyai kutikula
 - A. tebal akan berkurang laju transpirasinya
 - B. tipis akan lambat laju transpirasinya
 - C. tebal akan bertambah laju transpirasinya
 - D. tipis tidak terpengaruh laju transpirasinya

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Praktikum 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Praktikum 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Praktikum 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

C. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

1. Alat:

- a. Kertas manila
- b. Plastic shield
- c. Gunting stek
- d. Timbangan analitik digital
- e. Mikroskop
- f. Object glass dan deg glass/cover glass
- g. Pipet volumetrik 5 cc
- h. Selang yang pas dengan diameter pipet sepanjang 75 cm

2. Bahan:

- a. Cabang tumbuhan Filisium (*Filicium decipiens*)
- b. Cabang tumbuhan Akasia (*Acacia auriculiformis*)

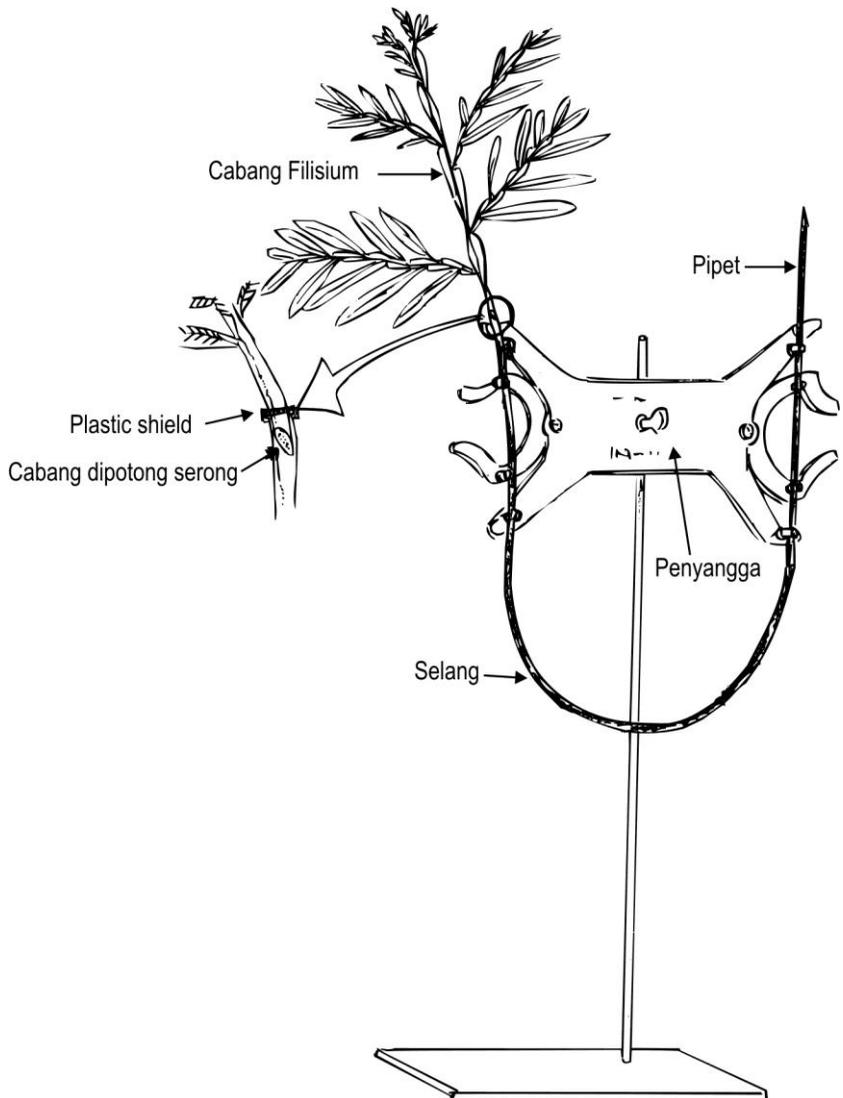
3. Cara Kerja:

- a. Ambil pipet volumetrik 5cc, kemudian masukkan selang plastik ke pangkal pipet.
- b. Isilah pipet dan selang dengan air. Usahakan tidak ada gelembung udara.
- c. Buatlah struktur, seperti 2 bejana berhubungan (berbentuk huruf U) dengan masing-masing bejana berupa pipet dan selang. Letakkan struktur ini pada penyangga (Gambar 1.1).
- d. Potonglah cabang tumbuhan Filisium dan Akasia yang ada daunnya menggunakan gunting stek. Usahakan pemotongan dibuat dengan arah serong dan diameter cabang sama dengan diameter selang.
- e. Segera masukkan cabang ke ujung selang dan balutlah ujung selang ini dengan plastic shield.
- f. Catat jumlah air yang diupkan setiap 10 menit sekali untuk menghitung laju transpirasi. Ulangi pencatatan ini tiga kali dan buatlah reratanya.
- g. Dengan cara yang sama, lakukan penghitungan laju transpirasi di luar ruangan.
- h. Bandingkan laju transpirasi, baik pada Filisium maupun Akasia, di dalam ruangan dan di luar ruangan.
- i. Untuk mengetahui hubungan antara laju transpirasi dan luasan daun, lakukan pengukuran luasan daun dengan metode penimbangan sebagai berikut:

- 1) Keluarkan cabang Filisium dan Akasia dari selang.
- 2) Ambil semua daun Filisium dan Akasia dari cabang tersebut, timbang masing-masing beratnya, misalnya b gram.
- 3) Buatlah satu potongan kertas manila berbentuk persegi dengan panjang sisi 1 cm.
- 4) Potonglah satu daun Filisium dan Akasia seluas replika kertas manila tersebut. Daun dipotong pada 10 tempat yang berbeda secara acak (lihat Gambar 1.2).
- 5) Timbang semua potongan daun, kemudian hitunglah reratanya, misalnya a gram.
- 6) Hitung luas permukaan daun (Ld) menggunakan rumus:

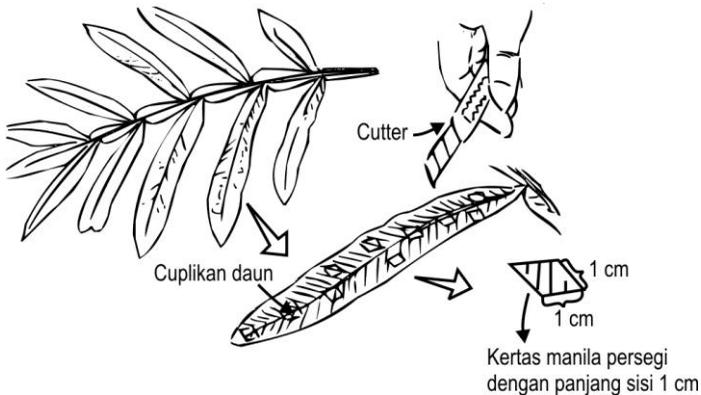
$$Ld = \frac{b}{a} \times 1 \text{ cm}^2$$

- j. Carilah hubungan antara laju transpirasi dan luasan daun.



Gambar 1.1.
Konstruksi Bejana Berhubungan pada Percobaan Transpirasi

- k. Untuk mengetahui hubungan antara laju transpirasi dan jumlah stomata per luasan daun, lakukan penghitungan jumlah stomata per luasan daun dengan cara sebagai berikut.
- 1) Ambil object glass, berilah satu tetes air menggunakan pipet.
 - 2) Sayat permukaan bawah daun *Filisium* dan *Akasia* dengan arah membujur.
 - 3) Dengan bantuan jarum, letakkan sayatan tadi di tempat tetesan air pada object glass dengan bagian permukaan bawah daun menghadap ke atas, selanjutnya tutuplah dengan glass.
 - 4) Amati preparat daun tersebut di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 10 kali.
 - 5) Hitung jumlah stomata per bidang pandang.
 - 6) Konversikan hasil penghitungan tersebut ke dalam luasan mm².
 - 7) Bandingkan jumlah stomata *Filisium* dan *Akasia* per mm².
- l. Carilah hubungan antara laju transpirasi dan jumlah stomata per luasan daun.
- m. Simpulkan lebih efisien mana antara laju transpirasi pada *Filisium* dan laju transpirasi pada *Akasia* dengan memperhatikan hubungan antara laju transpirasi, luasan daun, dan jumlah stomata per luasan daun pada masing-masing tumbuhan tersebut.



Gambar 1.2.
Cara Membuat Replika Daun

Tabel 1.1.

Pengamatan Hubungan antara Laju Transpirasi, Luasan Daun, dan Jumlah Stomata Per Luasan Daun pada Filisium dan Akasia

Jenis Tumbuhan	Luasan Daun (cm ²)	Jumlah Stomata Per Luasan Daun	Laju Transpirasi (ml/10 Menit)	
			di Dalam Ruangan	di Luar Ruangan
Filisium	1.	1.	1.	1.
	2.	2.	2.	2.
	3.	3.	3.	3.
	rerata	rerata	rerata	rerata
Akasia	1.	1.	1.	1.
	2.	2.	2.	2.
	3.	3.	3.	3.
	rerata	rerata	rerata	rerata

Setiap 5 mahasiswa membentuk satu kelompok. Setiap kelompok mengerjakan praktikum tersebut untuk satu jenis tumbuhan. Selanjutnya, data dari masing-masing kelompok digabung menjadi data bersama.

D. LAPORAN PRAKTIKUM

Laporan praktikum ditulis tangan dan disusun dengan format sebagai berikut.

- I. **PENDAHULUAN** (memuat latar belakang dan tujuan dilakukannya Kegiatan Praktikum 1).
- II. **TINJAUAN PUSTAKA** (memuat teori-teori yang mendasari dan berkaitan dengan materi praktikum).
- III. **ALAT, BAHAN, DAN CARA KERJA** (disajikan menggunakan kalimat berita, bukan kalimat perintah; jika memungkinkan, lebih baik digunakan kalimat pasif).
- IV. **HASIL DAN PEMBAHASAN** (ditampilkan dalam bentuk narasi, tabel, atau grafik; pembahasan dapat dilakukan dengan membandingkan hasil percobaan yang diperoleh dengan hasil penelitian serupa yang pernah dilakukan oleh para peneliti; tidak dibenarkan menggunakan petunjuk praktikum sebagai referensi).
- V. **KESIMPULAN** (menjawab tujuan praktikum).

VI. DAFTAR PUSTAKA (hanya berisi pustaka yang dikutip/tertulis dalam naskah laporan; gunakan sistem penulisan dengan urutan nama menurut abjad, tahun penerbitan, judul buku/artikel, penerbit).

Laporan praktikum diserahkan kepada koordinator praktikum masing-masing perguruan tinggi mitra sebagai tempat pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan oleh instruktur.

KEGIATAN PRAKTIKUM 2

Peran Unsur Hara

Tumbuhan memerlukan sejumlah unsur hara untuk metabolisme dan pertumbuhannya. Untuk mengetahui unsur yang diperlukan oleh tumbuhan dapat dilakukan pemeliharaan tumbuhan dalam suatu larutan yang mengandung unsur-unsur dalam bentuk garam-garam mineral. Metode ini dikenal sebagai **metode kultur air** atau lebih dikenal sebagai **teknik hidroponik**. Metode ini telah lama dikembangkan dan banyak digunakan untuk mempelajari gejala kekurangan unsur hara pada berbagai jenis tumbuhan. Selain itu, dapat pula ditentukan esensialitas suatu unsur bagi tumbuhan serta besarnya kebutuhan unsur hara bagi suatu tumbuhan. Beberapa komposisi larutan hara telah lazim digunakan, misalnya **larutan Hoagland**.

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Menyimpulkan peran unsur hara makro dan mikro bagi pertumbuhan tanaman.
2. Menjelaskan gejala-gejala yang timbul pada tanaman karena kekurangan unsur hara tertentu.

B. TEORI

Selain air, tumbuhan menyerap pula ion-ion anorganik dari tanah. Dari hasil analisis terhadap kebutuhan unsur hara bagi tumbuhan, dapat diketahui bahwa kebanyakan tumbuhan memerlukan 16 unsur hara esensial.

Unsur esensial adalah unsur yang diperlukan oleh tumbuhan agar tumbuhan dapat menyelesaikan siklus hidupnya. Apabila tumbuhan kekurangan unsur hara esensial, akan terjadi defisiensi khusus. Tercukupi atau tidaknya kebutuhan unsur hara tertentu tidak hanya ditentukan oleh faktor ketersediaannya di dalam tanah, tetapi juga bergantung kepada kemampuan tumbuhan untuk dapat menyerapnya.

Unsur hara esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dapat dibagi menjadi dua kelompok, yakni unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro adalah unsur hara yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah besar, dan pada

umumnya digunakan sebagai komponen penyusun tumbuhan, baik berupa dinding sel maupun sitoplasma. Unsur C, H, O, N, S, P, K, Ca, dan Mg termasuk dalam kelompok unsur hara makro. Sementara itu, unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah kecil dan berperan dalam aktivitas enzim. Unsur-unsur yang termasuk unsur hara mikro adalah B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, dan Zn. Selain itu, ada pula unsur-unsur yang berperan sebagai pengatur tekanan osmosis sel dan penetral ion yang terbentuk dalam metabolisme. Unsur tersebut berperan dalam metabolisme baik sebagai unsur yang bereaksi (penyusunan dan penguraian) maupun sebagai aktivator enzim dalam reaksi tertentu. Misalnya, untuk mensintesis protein dan asam nukleat diperlukan unsur N, P, S, C, H, dan O sebagai komponen penyusun. Selain itu, diperlukan pula unsur Fe, Zn, dan Cu. Selain unsur-unsur yang berperan pada reaksi metabolisme, ada pula unsur yang berperan dalam transport, misalnya B (boron) yang berperan dalam transport karbohidrat.

Unsur **beneficial** sering dikatakan sebagai unsur yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman meskipun fungsinya belum diketahui dengan pasti. Berikan salah satu contohnya. Coba diskusikan dengan teman-teman Anda.

Efek yang diperlihatkan oleh kekurangan unsur hara tertentu adalah hambatan pada pertumbuhan atau morfologi yang tidak normal. Salah satu kenampakan yang mudah terlihat adalah gejala klorosis. Untuk membentuk klorofil diperlukan beberapa jenis unsur, baik yang digunakan sebagai penyusun maupun katalisator reaksi antaranya. Apabila unsur penetral hasil metabolisme yang bersifat meracun tidak dijumpai, akan terlihat kematian jaringan atau nekrosis.

Untuk memudahkan pembuatan larutan hara, garam-garam yang mengandung unsur makro biasanya disediakan dalam bentuk larutan garam tunggal sebagai larutan baku, sedangkan unsur mikro disediakan dalam bentuk campuran. Unsur Fe disediakan terpisah dalam bentuk larutan baku garam Fe EDTA atau FeCl_3 . EDTA adalah **ethylene diamine tetra acetic acid** atau etilen diamin tetra asam asetat.

Mengapa unsur hara makro disediakan dalam larutan baku? Diskusikanlah dengan teman-teman Anda.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Mengapa unsur hara mikro hanya diperlukan dalam jumlah sedikit?
- 2) Mengapa kultur air (hidroponik) sebaiknya diberi aerasi?
- 3) Mengapa kondisi larutan hara yang digunakan dalam hidroponik harus dalam keadaan terlindung dari sinar?
- 4) Mengapa transpirasi dapat memengaruhi status hara bagi suatu tumbuhan?
- 5) Dalam analisis abu sering ditemukan unsur yang tidak diketahui kegunaannya. Mengapa hal ini dapat terjadi?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lihat kembali peran unsur hara mikro.
- 2) Untuk melakukan penyerapan, tumbuhan memerlukan oksigen.
- 3) Agar tidak mudah ditumbuhi alga dan untuk menjaga agar larutan hara tidak rusak oleh sinar matahari.
- 4) Transpirasi yang tinggi dapat membantu proses penyerapan unsur hara sehingga unsur yang diperlukan bagi tumbuhan dapat terpenuhi dengan baik.
- 5) Transpirasi yang tinggi disebabkan oleh adanya proses arus masa sehingga ada unsur-unsur tertentu yang tidak diketahui kegunaannya dapat masuk ke dalam tubuh tumbuhan.



RANGKUMAN

Tumbuhan memerlukan 16 unsur hara esensial. Apabila tumbuhan kekurangan unsur hara esensial, akan terjadi gejala defisiensi khusus berupa klorosis, nekrosis, dan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Tercukupi atau tidaknya kebutuhan akan unsur hara ditentukan oleh faktor keberadaan dan kemampuan tumbuhan untuk menyerapnya.

Unsur hara esensial dibagi dalam 2 kelompok, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro, meliputi C, H, O, N, S, P, K, Ca, dan Mg. Unsur hara makro adalah unsur hara yang diperlukan

dalam jumlah besar karena digunakan sebagai penyusun tubuh tumbuhan. Unsur hara mikro adalah unsur hara yang diperlukan dalam jumlah kecil, antara lain B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, dan Zn. Unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah sedikit karena unsur-unsur ini berperan dalam aktivitas enzim dan pengaturan tekanan osmosis sel, serta sebagai penetral ion yang terbentuk dalam metabolisme.



TES FORMATIF 2

Pilihlah:

- A. Jika (1) dan (2) benar
 - B. Jika (1) dan (3) benar
 - C. Jika (2) dan (3) benar
 - D. Jika (1), (2) dan (3) benar
-
- 1) Kebutuhan akan unsur hara bagi tanaman ditentukan oleh faktor
 - (1) ketersediaan unsur hara dalam tanah
 - (2) kemampuan tumbuhan untuk dapat menyerap unsur hara
 - (3) transpirasi

 - 2) Unsur hara makro, antara lain
 - (1) N, S, P
 - (2) Zn, Cu, Mn
 - (3) K, Ca, Mg

 - 3) Gejala klorosis daun dapat diakibatkan oleh kekurangan beberapa unsur karena unsur tersebut
 - (1) berperan dalam mengatur tekanan osmosis
 - (2) digunakan sebagai penyusun klorofil
 - (3) berperan sebagai katalisator reaksi dalam pembentukan klorofil

 - 4) Unsur hara makro diperlukan dalam jumlah besar karena unsur tersebut
 - (1) diperlukan sebagai penetral hasil metabolisme
 - (2) berperan dalam proses sintesis
 - (3) diperlukan untuk penyusun dinding sel

- 5) Kebutuhan unsur hara bagi tumbuhan sangat ditentukan oleh
- (1) ketersediaan unsur hara dalam tanah
 - (2) kemampuan tumbuhan untuk menyerapnya
 - (3) daya isap daun

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Praktikum 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Praktikum 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Praktikum 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

C. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

1. Alat:

- a. 10 buah gelas piala ukuran 2.000 ml
- b. 10 buah botol bekas obat berwarna merah dengan diameter mulut botol 5-10 cm (gunakan botol yang seragam)
- c. 10 buah sumbat botol dari gabus yang berlubang tiga
- d. Pinset
- e. Gelas ukur
- f. pH meter
- g. Kapas
- h. Kertas label

2. Bahan:

- a. Semai tanaman jagung yang berumur 2 minggu
- b. Larutan baku unsur hara
- c. Aquades

3. Cara Kerja

- a. Cucilah botol hingga bersih, kemudian bilas 2 atau 3 kali dengan aquades.
- b. Tandai botol tersebut dengan kertas label, masing-masing untuk larutan hara mikro dan hara lengkap dengan FeEDTA atau hara lengkap dengan FeCl_3 tanpa Ca, S, Mg, K, N, P, Fe.
- c. Buatlah larutan baku seperti yang tertera pada Tabel 1.2.
- d. Siapkan larutan hara dengan komposisi seperti pada Tabel 1.2. Untuk membuat larutan hara lengkap FeEDTA, dengan cara siapkan gelas piala ukuran 2.000 ml dan isilah dengan 1.000 ml aquades. Pipetlah 10 ml larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1M, masukkan ke dalam gelas piala yang berisi 1.000 ml aquades tadi, kemudian berturut-turut pipetlah 10 ml KNO_3 1M, 4 ml MgSO_4 1 M, 2 ml KH_2PO_4 1 M, 2 ml Fe EDTA, dan hara mikro sebanyak 2 ml. Semua larutan dimasukkan ke dalam gelas piala. Untuk menjadikan volume 2.000 ml, tambahkan aquades, dan gunakan gelas ukur untuk mengukur volumenya. Aduklah hingga homogen.
- e. Siapkan larutan hara berturut-turut dari hara mikro, hara lengkap Fe EDTA atau FeCl_3 , kemudian hara tanpa Ca, hara tanpa S, hara tanpa Mg, hara tanpa K, hara tanpa N, hara tanpa P, dan hara tanpa Fe.

- f. Setelah larutan hara selesai dibuat, aturlah pHnya agar berkisar antara 6 – 7 dengan penambahan NaOH atau HCl secukupnya; ukurlah pH menggunakan pH meter atau kertas pH.
- g. Isilah botol lebih kurang $\frac{3}{4}$ volume dengan larutan-larutan hara tersebut sesuai dengan labelnya masing-masing. Tandailah permukaan hara pada botol menggunakan spidol.
- h. Ambil semai jagung sebanyak tiga buah; pilih semai yang sehat.
- i. Ukur panjang akar dan batang semai, catat jumlah akarnya.
- j. Pasanglah semai jagung pada sumbat botol dengan cara sebagai berikut.
 - 1) Dengan hati-hati masukkan akar semai melalui lubang sumbat (Gambar 1.3).
 - 2) Perkuat kedudukan semai dengan melilitkan kapas ke dalam sumbat di sekeliling batang semai jagung.
 - 3) Usahakan kapas tidak mengenai larutan hara.
- k. Lakukan pengamatan tiap hari. Apabila larutan dalam botol berkurang, tambahkanlah aquades hingga tepat pada tanda spidol.
- l. Setelah satu minggu periksalah keadaan semai; catat gejala yang tidak normal, seperti klorosis pada tulang daun, urat daun, ujung daun, perubahan warna daun, dan sebagainya. Semai yang mati atau tidak tumbuh dibuang. Tinggalkan dua semai pada tiap botol. Periksalah pH larutan hara dan catat bila ada perubahan.
- m. Pada akhir minggu keempat, ukurlah kembali panjang akar, panjang batang, dan catat jumlah akar yang terbentuk. Amati gejala-gejala kekurangan unsur hara yang khas pada daun, batang, dan akar. Ukur pula pH larutan hara lalu catat apabila ada perbedaan pH.
- n. Pengamatan diakhiri pada minggu keempat. Buanglah semua larutan hara sisa dan bahan tanaman, kemudian cucilah botol-botol tersebut.

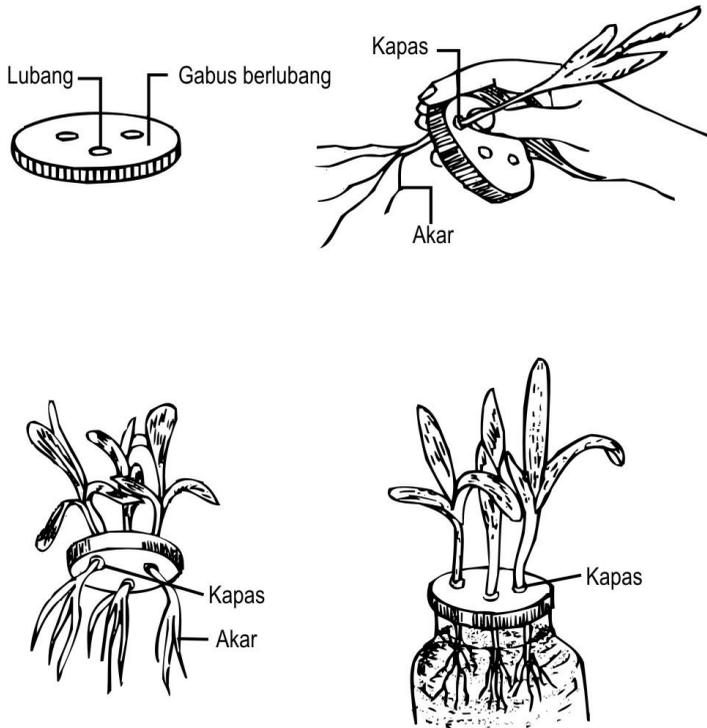
Tabel 1.2.
Komposisi Larutan Hoagland (ml)

Larutan Baku	Lengkap		-Ca	-S	-Mg	-K	-N	-P	-Fe	Hara Mikro
	Fe EDTA	FeCl ₃								
Ca(NO ₃) ₂ 1M	10	10	-	10	10	10	-	10	10	10
KNO ₃ 1M	10	10	10	10	10	-	-	10	10	10
MgSO ₄ 1M	4	4	4	-	-	4	4	4	4	4
KH ₂ PO ₄ 1M	2	2	2	2	2	-	2	-	2	2
Fe EDTA	2	-	2	2	2	2	2	2	-	2
Fe Cl ₃	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Hara mikro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-
NaNO ₃ 1M	-	-	20	-	-	10	-	-	-	-
MgCl ₂ 1M	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
NaSO ₄ 1M	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
NaH ₂ PO ₄ 1M	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
CaCl ₂ 1M	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-
KCl 1 M	-	-	-	-	-	-	10	2	-	-

Pada FeEDTA dan FeCl₃ setiap larutan baku mengandung 5 mg Fe. Larutan baku hara mikro terdiri atas 2,86 g H₃BO₃ (asam borat); 1,81 g MnCl₂·4H₂O; 0,11 g Zn Cl₂; 0,05 g CuCl₂·2H₂O; dan 0,025 g Na₂Mo₄·2H₂O per liter.

Tabel 1.2 memberikan gambaran tentang konsentrasi larutan baku yang digunakan untuk membuat larutan hara, baik yang lengkap maupun yang tidak mengandung salah satu unsur hara. Angka pada tiap lajur Tabel 1.2 menunjukkan banyaknya larutan baku yang diperlukan (dalam ml) untuk membuat 2 liter larutan hara.

Setiap lima mahasiswa membentuk satu kelompok. Setiap kelompok mengerjakan praktikum tersebut di atas untuk satu jenis tumbuhan. Selanjutnya, data dari masing-masing kelompok digabung menjadi data bersama.



Gambar 1.3.
Peralatan dan Cara Menempatkan Semai Jagung pada Botol

D. LAPORAN PRAKTIKUM

Laporan praktikum ditulis tangan dan disusun dengan format sebagai berikut.

- I. **PENDAHULUAN** (memuat latar belakang dan tujuan dilakukannya Kegiatan Praktikum 2).
- II. **TINJAUAN PUSTAKA** (memuat teori-teori yang mendasari dan berkaitan dengan materi praktikum).
- III. **ALAT, BAHAN, DAN CARA KERJA** (disajikan menggunakan kalimat berita, bukan kalimat perintah; jika memungkinkan, lebih baik digunakan kalimat pasif).
- IV. **HASIL DAN PEMBAHASAN** (ditampilkan dalam bentuk narasi, tabel, atau grafik; pembahasan dapat dilakukan dengan membandingkan hasil percobaan yang diperoleh dengan hasil penelitian serupa yang pernah dilakukan oleh para peneliti; tidak dibenarkan menggunakan petunjuk praktikum sebagai referensi). Bahaslah pengamatan kekurangan masing-masing unsur terhadap pertumbuhan tanaman. Simpulkan peran unsur hara makro dan mikro bagi pertumbuhan tanaman jagung.
- V. **KESIMPULAN** (menjawab tujuan praktikum).
- VI. **DAFTAR PUSTAKA** (hanya berisi pustaka yang dikutip/tertulis dalam naskah laporan; gunakan sistem penulisan dengan urutan nama menurut abjad, tahun penerbitan, judul buku/artikel, penerbit).

Laporan praktikum diserahkan kepada koordinator praktikum dari masing-masing perguruan tinggi mitra sebagai tempat pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan oleh instruktur.

KEGIATAN PRAKTIKUM 3

Pengaruh Lingkungan terhadap Enzim

Reaksi kimia yang berlangsung dalam sel hidup secara keseluruhan dinamakan **metabolisme**. Ribuan reaksi berlangsung dalam tiap sel. Berbagai senyawa dapat disintesis oleh sel-sel hidup. Senyawa-senyawa tersebut harus dibentuk untuk dapat menghasilkan organel dan struktur lain yang terdapat di dalam sel. Pembentukan molekul besar dari molekul-molekul kecil sering disebut **anabolisme**. Proses ini memerlukan masukan energi. Sementara itu, **katabolisme** merupakan proses penguraian molekul besar menjadi molekul-molekul kecil dengan membebaskan sejumlah energi. Anabolisme dan katabolisme membentuk jalur metabolisme. Jalur metabolisme mengubah senyawa A menjadi senyawa B, kemudian B menjadi C, dan seterusnya sehingga terbentuk produk akhir. Proses perubahan suatu senyawa menjadi senyawa lain pada umumnya memerlukan enzim sebagai biokatalisator. Jalur metabolisme dan kecepatan reaksi metabolisme dikontrol oleh sel dengan bantuan enzim.

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Menyimpulkan bahwa enzim dipengaruhi oleh pH.
2. Menyimpulkan bahwa enzim dipengaruhi oleh suhu.

B. TEORI

Enzim tersusun dari dua bagian, yaitu **apoenzim** dan **koenzim**. Apoenzim selalu terdiri atas protein, tetapi koenzim dapat tersusun dari bahan bukan protein. Senyawa bukan protein ini lazim dikenal sebagai gugus prostetik. Oleh karena secara keseluruhan enzim merupakan protein maka enzim sangat peka terhadap perubahan lingkungan, seperti temperatur dan pH.

Enzim memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Enzim aktif dalam jumlah sedikit. Dalam suatu reaksi, enzim diperlukan dalam jumlah yang sangat sedikit untuk mengubah sejumlah besar substrat menjadi hasil (produk).

2. Enzim tidak terpengaruh oleh reaksi yang dikatalisisnya. Oleh karena enzim adalah protein maka aktivitasnya sangat dipengaruhi oleh pH dan suhu. Dalam keadaan tertentu enzim dapat terpengaruh oleh hasil reaksi (produk).
3. Walaupun enzim mempercepat penyelesaian suatu reaksi, enzim tidak memengaruhi keseimbangan reaksi tersebut. Tanpa enzim reaksi dapat berjalan ke arah sebaliknya.
4. Katalisis enzim bersifat spesifik. Suatu enzim menunjukkan kekhasan reaksi yang dikatalisisnya.
5. Beberapa macam enzim dapat bekerja terhadap suatu substrat tertentu dan menghasilkan produk yang sama. Kelompok enzim semacam ini disebut sebagai isoenzim atau isozim. Keuntungan dengan adanya isozim bahwa masing-masing jenis enzim dapat memberikan tanggapan yang berbeda-beda terhadap lingkungan yang berbeda. Kadang-kadang satu jenis isozim terdapat dalam satu sel dan jenis isozim lain terdapat pada sel lainnya. Dapat pula terjadi bahwa dalam satu sel yang sama terdapat bermacam-macam isozim.

1. Pengaruh pH terhadap Enzim

Perubahan pH dapat menyebabkan terjadinya denaturasi enzim. Peristiwa rusaknya enzim karena pengaruh zat kimia disebut **flokulasi**. Enzim yang mengalami flokulasi akan kehilangan aktivitasnya. Enzim mempunyai pH optimum. Molekul enzim mempunyai gugus ionik yang dapat dipengaruhi oleh pH lingkungan. Oleh karena gugus ionik itu merupakan tempat yang berperan aktif dalam pembentukan kompleks substrat-enzim maka perubahan terhadap gugus tersebut akan memengaruhi fungsi enzim.

Molekul protein, termasuk juga enzim, tersusun dari asam amino yang terangkai dalam ikatan peptida. Apabila protein dihidrolisis menggunakan asam maka asam amino penyusunnya akan dibebaskan dari molekul protein tersebut.

Pada percobaan ini digunakan putih telur sebagai gambaran bahwa enzim akan rusak pada pH tertentu dan temperatur tinggi.

2. Pengaruh Temperatur terhadap Enzim

Kenaikan temperatur akan mempercepat reaksi karena kenaikan temperatur akan menyebabkan penambahan energi kinetik substrat dan enzim

serta meningkatkan jumlah tabrakan antarmolekul akibat agitasi yang lebih besar. Temperatur yang tinggi juga berpengaruh terhadap enzim itu sendiri karena struktur molekul enzim sangat kompleks dengan sejumlah besar ikatan hidrogen yang lemah. Pada temperatur tinggi ikatan hidrogen itu akan terputus sehingga struktur enzim berubah. Enzim mengalami denaturasi sehingga tidak dapat berfungsi. Peristiwa rusaknya enzim karena pengaruh temperatur disebut **koagulasi**. Meskipun kerusakan enzim mulai terjadi pada temperatur 45°C, temperatur di bawahnya sudah dapat merusak enzim bila diberikan dalam jangka waktu yang panjang.

Mengapa setelah mengalami flokulasi, protein (enzim) akan mengalami kerusakan dan tidak dapat kembali lagi, seperti kondisi semula? Diskusikan dengan teman-teman Anda.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Mengapa suhu tinggi dapat merusak enzim?
- 2) Peristiwa rusaknya enzim karena pengaruh zat kimia sering terjadi. Coba jelaskan dengan singkat!
- 3) Mengapa suhu kurang dari 45°C sudah dapat merusak enzim?
- 4) Mengapa isozim sering disebut-sebut sebagai penentu keberhasilan adaptasi suatu tumbuhan?
- 5) Bagaimana sifat katalisis enzim? Berikan penjelasan yang lengkap!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Suhu yang tinggi dapat merusak protein penyusun enzim sehingga aktivitasnya akan berkurang.
- 2) Berbagai zat kimia dapat merusak enzim, misalnya adanya alkohol, logam berat, seperti Pb dan Hg.
- 3) Suhu di bawah 45°C sudah dapat memengaruhi struktur molekul enzim, terutama jika enzim diperlakukan dalam waktu lama.

- 4) Dengan adanya isozim, tumbuhan dapat mensintesis senyawa yang diperlukan untuk adaptasi dengan cepat, misalnya glukosa yang ditempatkan di membran sel untuk mempertahankan diri pada musim dingin.
- 5) Katalisasi enzim bersifat sangat spesifik untuk satu jenis substrat tertentu.



RANGKUMAN

Enzim mempunyai lima sifat yang penting dan sangat spesifik. Enzim tersusun dari dua bagian penting, yaitu apoenzim dan koenzim. Apoenzim terdiri atas protein. Oleh karena berupa protein, enzim sangat peka terhadap perubahan lingkungan seperti suhu dan pH. Kenaikan suhu dalam batas tertentu dapat mempercepat reaksi enzimatik. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga akan berpengaruh terhadap struktur enzim itu sendiri. Enzim akan mengalami denaturasi atau lazim disebut koagulasi. Perubahan pH yang disebabkan oleh penambahan zat kimia dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan enzim yang dikenal sebagai flokulasi.



TES FORMATIF 3

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Enzim mempunyai bagian yang selalu terdiri atas protein. Bagian ini disebut dengan
 - A. apoenzim
 - B. gugus prostetik
 - C. koenzim
 - D. isozim
- 2) Sifat-sifat enzim adalah sebagai berikut, *kecuali* bahwa enzim
 - A. terpengaruh oleh reaksi yang dikatalisisnya
 - B. bersifat spesifik
 - C. aktif dalam jumlah sedikit
 - D. tidak memengaruhi keseimbangan reaksi

- 3) Keuntungan dengan adanya isozim adalah
- A. produk yang dihasilkan oleh isozim berbeda-beda
 - B. masing-masing jenis enzim dapat memberikan tanggapan yang berbeda pada kondisi lingkungan yang berbeda
 - C. enzim bekerja pada substrat tertentu dan menghasilkan produk yang berbeda
 - D. produk yang dihasilkan oleh isozim sama
- 4) Perubahan terhadap gugus ionik enzim dapat menyebabkan
- A. terbebasnya asam amino penyusun enzim tersebut
 - B. penambahan energi kinetik
 - C. perubahan lingkungan
 - D. terpengaruhnya fungsi enzim
- 5) Kenaikan temperatur akan memengaruhi proses-proses sebagai berikut, *kecuali*
- A. penambahan energi kinetik substrat dan enzim
 - B. pengurangan laju reaksi
 - C. peningkatan tabrakan antarmolekul
 - D. peningkatan laju agitasi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Praktikum 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Praktikum 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

C. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

1. Alat:

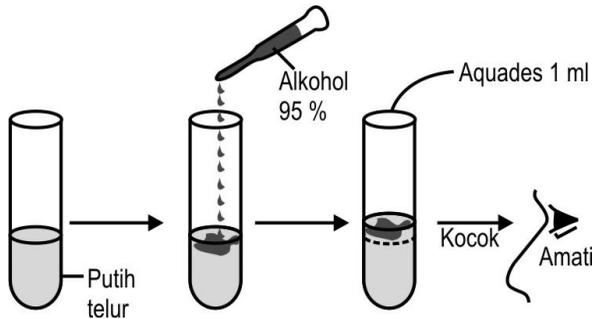
- a. Enam buah tabung reaksi
- b. Penjepit
- c. Pipet
- d. Termometer
- e. *Stop watch*
- f. Kompor listrik
- g. Penangas air atau gelas piala

2. Bahan:

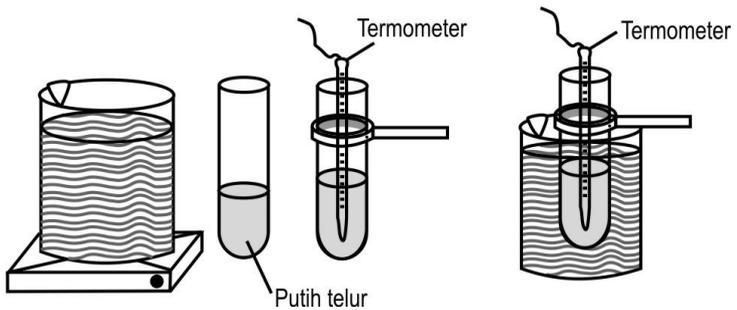
- a. Putih telur
- b. Aquades
- c. Alkohol 95%

3. Cara Kerja

- a. Siapkan tiga buah tabung reaksi, kemudian isilah dengan putih telur lebih kurang 5 ml. Tambahkan alkohol 95% beberapa tetes. Amati apa yang terjadi. Selanjutnya, tambahkan 1 ml aquades, kocok dan amati apa yang terjadi.
- b. Siapkan penangas air atau gelas piala berisi air dengan suhu 100°C.
- c. Isilah tiga buah tabung reaksi yang lain dengan putih telur, masing-masing sebanyak 5 ml. Masukkan termometer ke dalam tabung reaksi. Usahakan termometer tidak mengenai dinding tabung reaksi.
- d. Dengan menggunakan penjepit tabung, masukkanlah tabung yang telah berisi putih telur tadi ke dalam penangas air mendidih.
- e. Dengan menggunakan *stop watch*, amati saat mulai terjadi koagulasi dan amati pada temperatur berapa putih telur tersebut mulai mengalami koagulasi. Matikan *stop watch* pada waktu putih telur terlihat telah mengalami koagulasi sempurna dan catat pula pada menit beberapa kondisi tersebut dicapai. Catat pula suhunya.



Gambar 1.4.a.
Skema Urutan Cara Kerja Praktikum Pengaruh pH terhadap Enzim



Gambar 1.4.b.
Skema Urutan Cara Kerja Praktikum Pengaruh Suhu terhadap Enzim

Setiap kelompok mengerjakan satu set praktikum pengaruh pH dan suhu terhadap enzim. Baik untuk pengamatan pengaruh pH maupun untuk pengamatan pengaruh suhu, setiap kelompok membuat tiga ulangan.

D. LAPORAN PRAKTIKUM

Laporan praktikum ditulis tangan dan disusun dengan format sebagai berikut.

- I. **PENDAHULUAN** (memuat latar belakang dan tujuan dilakukannya Kegiatan Praktikum 3).
- II. **TINJAUAN PUSTAKA** (memuat teori-teori yang mendasari dan berkaitan dengan materi praktikum).
- III. **ALAT, BAHAN, DAN CARA KERJA** (disajikan menggunakan kalimat berita, bukan kalimat perintah; jika memungkinkan, lebih baik digunakan kalimat pasif).
- IV. **HASIL DAN PEMBAHASAN** (ditampilkan dalam bentuk narasi, tabel atau grafik; bahaslah mengapa enzim/protein yang ditambah dengan alkohol 95% mengalami flokulasi dan kerusakan ini tidak dapat dipulihkan meskipun enzim ditambah dengan aquades; bahaslah pula mengapa enzim/protein yang dipanaskan hingga 45°C dapat mengalami koagulasi; tidak dibenarkan menggunakan petunjuk praktikum sebagai referensi).
- V. **KESIMPULAN** (menjawab tujuan praktikum).
- VI. **DAFTAR PUSTAKA** (hanya berisi pustaka yang dikutip/tertulis dalam naskah laporan; gunakan sistem penulisan dengan urutan nama menurut abjad, tahun penerbitan, judul buku/artikel, penerbit).

Laporan praktikum diserahkan kepada koordinator praktikum dari masing-masing perguruan tinggi mitra sebagai tempat pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan oleh instruktur.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B
- 2) A
- 3) A
- 4) D
- 5) A

Tes Formatif 2

- 1) D
- 2) B
- 3) C
- 4) D
- 5) D

Tes Formatif 3

- 1) A
- 2) A
- 3) B
- 4) D
- 5) B

Daftar Pustaka

- Ali, A., S. Sivakami and N. Raghwan. (2007). Effect of Nitrate, Nitrite, Ammonium, Glutamate, Glutamine and 2-oxoglutarate on the RNA Levels and Enzyme Activities of Nitrate Reductase in Rice. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 13(1):17-25.
- Glass, A.D.M, D.T. Britto, B.N. Kaiser, J.R. Kinghorn, H.J. Kronzucker, A. Kumar, M. Okamoto, S. Rawat, M.Y. Siddiqi, S.E. Unkles, J.J. Vidmar. (2002). *The Regulation of Nitrate and Ammonium Transport Systems in Plants. J. Exp. Bot.* 53 (370): 855-864.
- Hodges, M. (2002). Enzyme redundancy and importance of 2- oxoglutarat in plant ammonium assimilation. *J. Exp. Bot.* 53(370): 905-916.
- Marquez, A. J., M. Betti, M.G. Calderov, P.P. Balang, P. Diaz and J. Monza. (2005). Nitrate Assimilation in Lotus Japonicus. *J. Exp. Bot.* 56(417):1741-1749.
- Taiz L. and E. Zeiger. (1998). *Plant Physiology*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Assoc. Inc. Publishers.