



PUSAT PRESTASI NASIONAL  
KEMENDIKDASMEN

#PENDIDIKAN  
BERMUTU  
UNTUK SEMUA

KEMENDIKDASMEN  
RAMAH

Soal OSN Tingkat SMA 2025

# Olimpiade Sains Nasional

SMA/MA/Sederajat



2

PUSAT PRESTASI NASIONAL  
SEKRETARIAT JENDERAL  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
TAHUN 2025

# SOAL OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2025 JILID 2

Tingkat SMA/MA/Sederajat

Penerbit : Pusat Prestasi Nasional



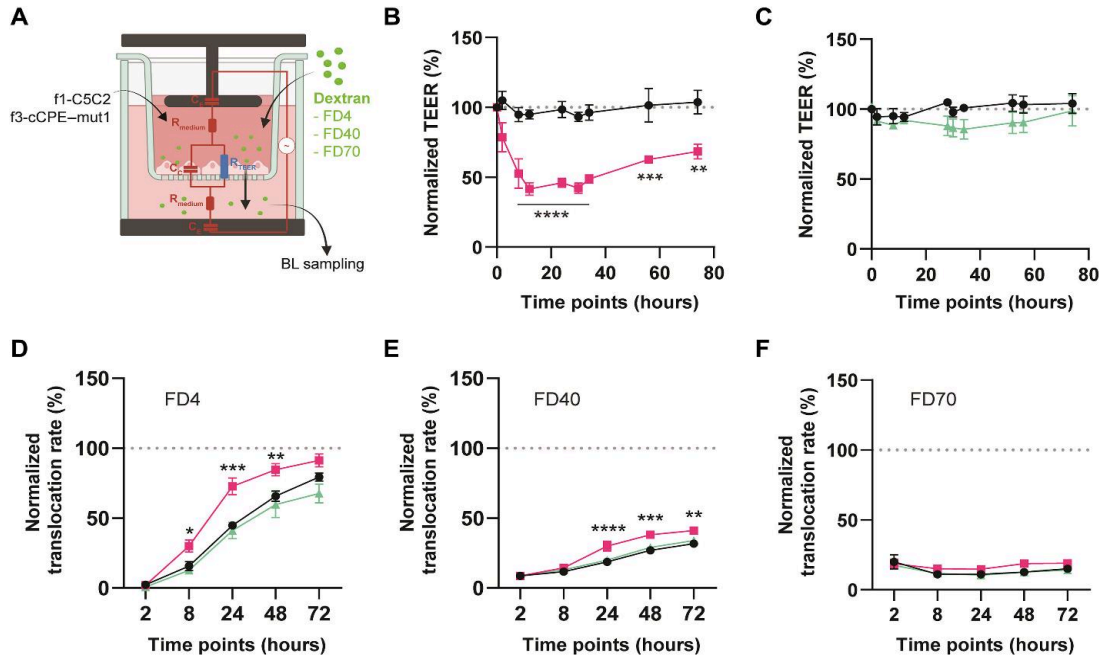
# OSN Tingkat Nasional



# BIOLOGI

## BIOLOGI SEL MOLEKULER

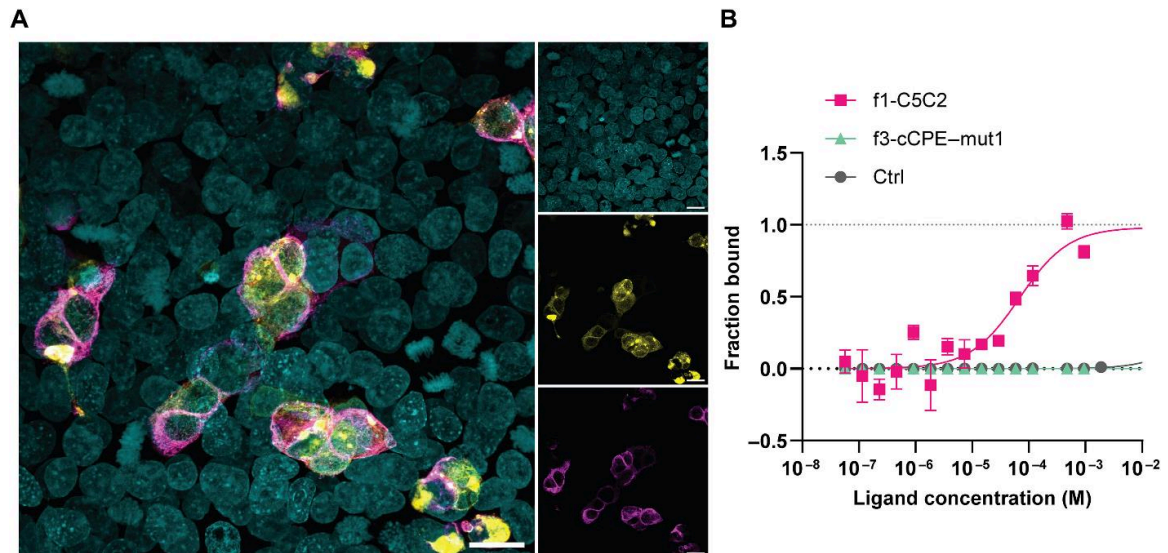
- Melanjutkan percobaan pada soal sebelumnya, Dr. Xeno merancang sebuah aparatus mikrofluidik *tissue-on-a-chip* menggunakan lapisan sel HEK-293T yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5*. Dr. Xeno kemudian mengukur hambatan listrik transendotel (TEER) dan laju translokasi senyawa dextran (FD4, FD40, FD70). Hasil dilampirkan pada gambar berikut.



**Keterangan:** (A) Skema representasi eksperimen TEER dan difusi dextran 4/40/70 kDa. (B dan C) Hasil pengukuran TEER pada lapisan sel yang dipaparkan dengan f1-C5C2 (merah muda) atau dengan f3-cCPE-mut1 (hijau). Perlakuan kontrol negatif dilakukan dengan larutan pembawa tanpa peptida uji (hitam). (D, E, dan F) Hasil pengukuran laju translokasi zat dextran FD4 (4 kDa), FD40 (40 kDa), dan FD70 (70 kDa) terhadap lapisan sel yang didedahkan peptida f1-C5C2 (merah muda), f3-cCPE-mut1 (hijau), atau kontrol negatif (hitam). Simbol \* menandakan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

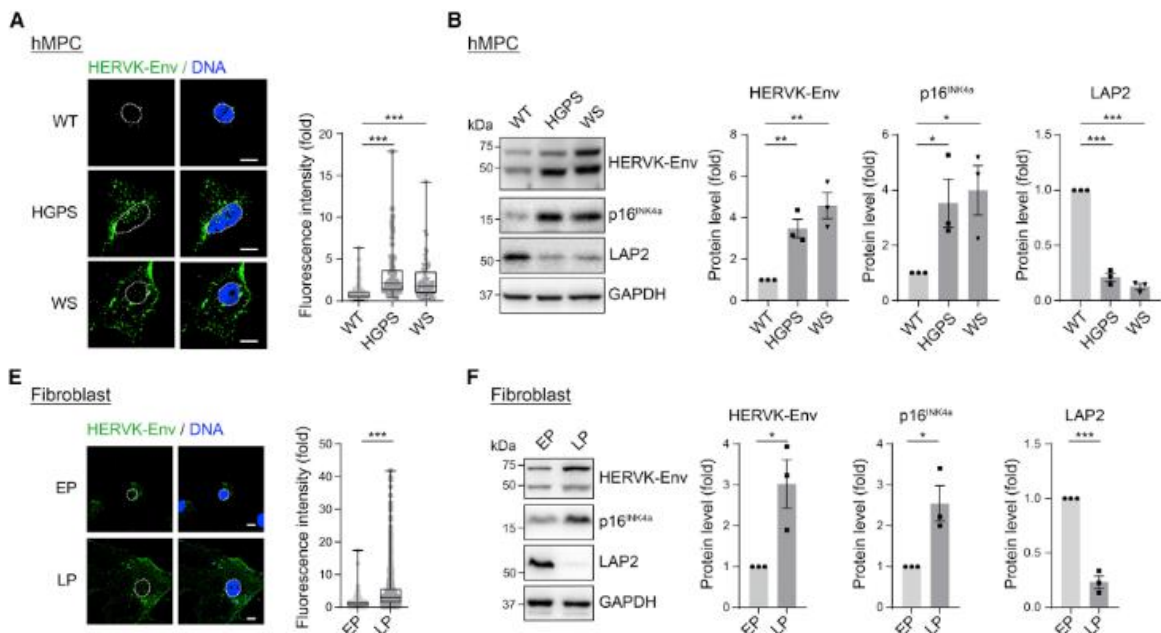
- Lapisan sel yang digunakan dalam percobaan ini menunjukkan adanya aktivitas transpor transeluler terhadap senyawa hidrofilik berukuran kecil.
  - Peptida f1-C5C2 efektif dalam meningkatkan permeabilitas paraseluler terhadap semua ukuran dextran yang diuji.
  - Peptida f1-C5C2 kemungkinan dapat meningkatkan permeabilitas *blood-brain barrier* terhadap patogen bakteri.
  - Lapisan sel yang digunakan dalam percobaan ini menunjukkan adanya aktivitas transpor transeluler terhadap ion.
- Blood-brain barrier** (BBB) tidak hanya mempertahankan homeostasis otak tetapi juga mencegah sebagian besar obat masuk ke dalam otak. Difusi *paracellular* zat terlarut dihalangi karena adanya *tight junction* yang dibuat kedap oleh ekspresi *claudin5* (CLDN5) pada sel endotel otak. Pengaturan permeabilitas BBB secara sementara dan reversibel sangat dibutuhkan untuk pengobatan farmakologis penyakit otak. Dr. Xeno mendesain dan menguji peptida pendek yang aktif terhadap BBB, yang didasarkan pada domain ekstraseluler CLDN5 (f1-C5C2) dan domain pengikat CLDN5 dari enterotoksin *Clostridium perfringens* (f3-cCPE-mut1). Percobaan dilakukan menggunakan lini sel HEK-293T yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5*. Hasil pengujian terlampir pada gambar 1A dan gambar 1B.



**Gambar 1.** (A) Pencitraan konfokal pada sel yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5* berlabel tGFP (kuning) dan dianalisis menggunakan imunositokimia dengan antibodi CLDN5 (merah muda). Inti sel divisualisasikan dalam warna cyan. (B) Kurva ikatan ligan dengan *mCLDN5* yang diperoleh untuk peptida f1-C5C2 (merah) dan f3-cCPE-mut1 (hijau), disertai sampel kontrol negatif (simbol hitam).

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

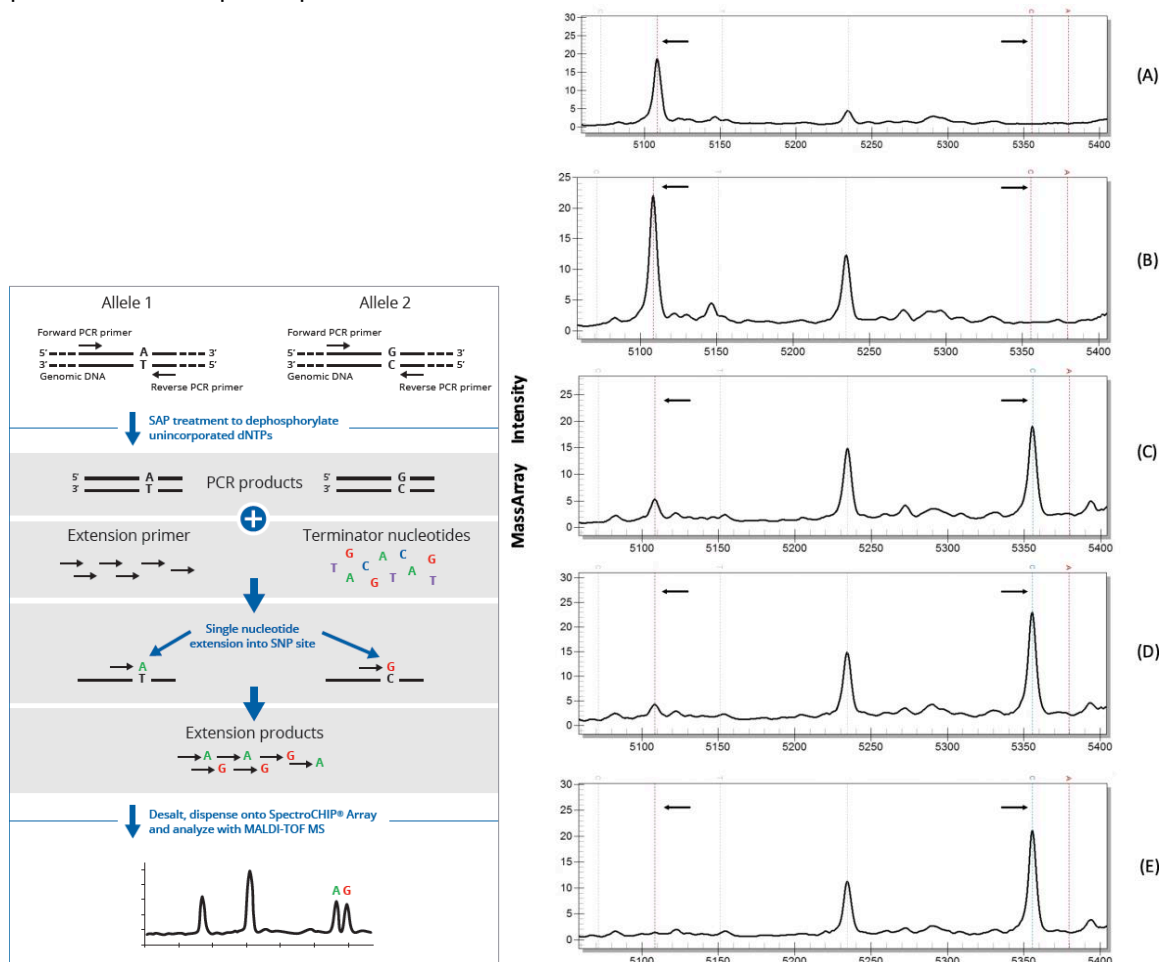
- A. Terdapat lebih dari 10 sel yang berhasil ditransfeksi dan mengekspresikan *mCLDN5* pada Gambar 1A.
  - B. Indeks mitosis sel yang digunakan pada percobaan diatas adalah kurang dari 10%.
  - C. Konstanta disosiasi f1-C5C2 terhadap *claudin5* adalah kurang dari 25  $\mu\text{M}$ .
  - D. f3-cCPE memiliki afinitas terhadap *claudin5* yang lebih rendah daripada f1-C5C2.
3. Proses penuaan sel melibatkan berbagai regulasi genetik dan molekuler. *Endogenous retroviral resurrection* diduga mempengaruhi proses penuaan sel. Data di bawah memperlihatkan hasil penelitian yang dilakukan untuk menguji dugaan tersebut.



**Keterangan:** **A** Hasil pewarnaan imunofluoresens dari sel normal (WT) dan abnormal (HGPS dan WS) yang mengekspresikan retrovirus endogen manusia K (HERVK), **B** Hasil *western blotting* dari ketiga jenis sel pada (A), **E** Hasil pewarnaan imunofluoresens dari sel yang belum menua (EP) dan telah menua (LP), **F** Hasil *western blotting* dari kedua jenis sel pada (E).

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Protein LAP2 kemungkinan memicu apoptosis.
  - B. Analisis ekspresi di atas dilakukan menggunakan hasil translasi dari satu gen *housekeeping*.
  - C. Jika HGPS dan WS merupakan sindrom, keduanya merupakan sindrom penyebab penuaan dini.
  - D. Penuaan sel memiliki distribusi HERKV-Env yang serupa dengan sel abnormal HGPS dan WS.
4. Sistem MassARRAY mengintegrasikan sensitivitas teknologi PCR dengan kemampuan dari teknologi deteksi spektrometri massa (Gambar 1). Satu reaksi dapat mengamplifikasi 40 gen secara multipleks yang dapat diterapkan untuk analisis. Purbaya merancang primer spesifik yang menarget 27 patogen penyebab pneumonia. Untuk mengevaluasi performa metode, Purbaya menguji sensitivitas deteksi *Mycoplasma pneumoniae*. Spektrum massa hasil percobaan ditampilkan pada Gambar 2.

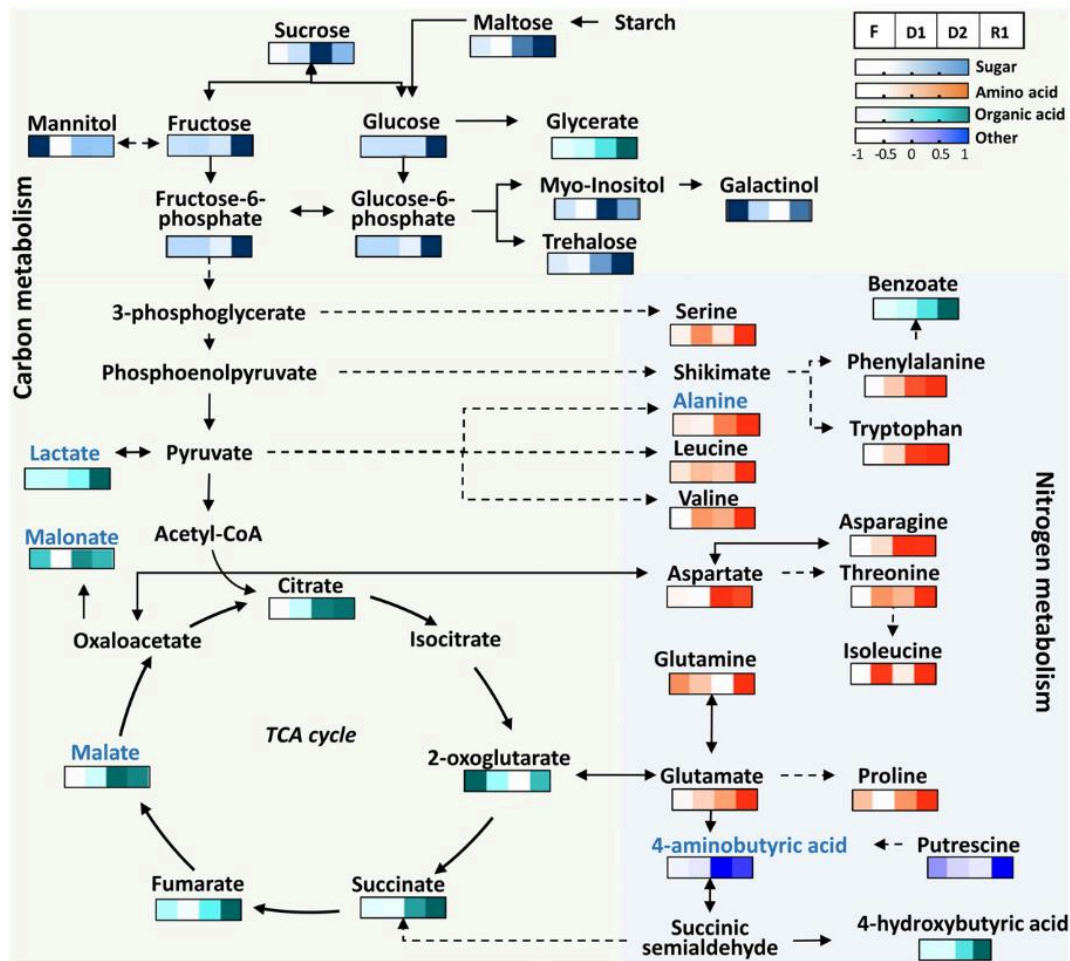


**Gambar 1.** (Kiri) Skema metode MassARRAY untuk deteksi dan identifikasi SNP (sebagai contoh). **Gambar 2.** (Kanan) **A** kontrol negatif, **B-E** galur *M. pneumoniae* diencerkan hingga 10, 100, 1000, dan 10.000 kopi/ $\mu$ L secara berturut-turut. Panah di sisi kiri spektrum adalah posisi puncak primer *M. pneumoniae*, sedangkan panah di sisi kanan spektrum adalah posisi puncak produk ekstensi. Puncak yang ada di tengah spektrum (5235 Da) adalah primer HCoV, sedangkan produk ekstensi HCoV ada di posisi 5380 Da.

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Limit deteksi metode diatas untuk mendeteksi *M. pneumoniae* adalah 10 kopi/ $\mu$ L.
- Puncak kiri menurun seiring meningkatkan konsentrasi analit *M. pneumoniae* karena terdegradasi oleh DNase yang terkandung dalam sampel uji.
- Untuk meningkatkan spesifisitas metode diatas, maka puncak produk ekstensi tiap patogen tidak boleh saling tumpang tindih.
- Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada reaksi silang antara *M. pneumoniae* dan HCoV.

5. Berikut adalah dinamika metabolisme *Craterostigma plantagineum* ketika diberikan perlakuan desikasi (pengeringan).

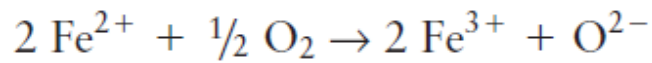


**Keterangan:** Tahapan perlakuan terhadap tumbuhan dimulai dari tanpa perlakuan (F), lalu pengeringan awal/parsial (D1), desikasi (D2), dan diakhiri dengan rehidrasi (R). Jumlah metabolit relatif disesuaikan dengan tipe molekul yang dianalisis: gula, asam amino, asam organik, atau senyawa lain.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

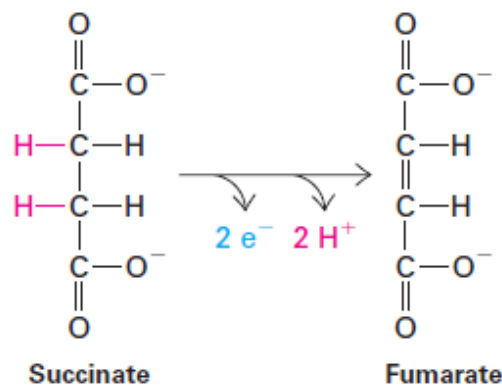
- Aktivitas heksokinase mengalami peningkatan saat transisi waktu D1 dan D2.
- Proses pengeringan awal menyebabkan produksi  $FADH_2$  menurun.
- Rehidrasi menyebabkan jumlah disakarida mengalami penurunan.
- Produksi piruvat mengalami peningkatan signifikan akibat rehidrasi.

6. Beberapa reaksi metabolisme pada organisme kemolitotrof dapat dianalogikan dengan yang terjadi pada fotoautotrof. Salah satunya adalah konsep redoks yang sama-sama terjadi pada kedua kelompok organisme untuk memperoleh energi. Reaksi berikut menunjukkan sebagian proses metabolisme milik organisme kemolitotrof.

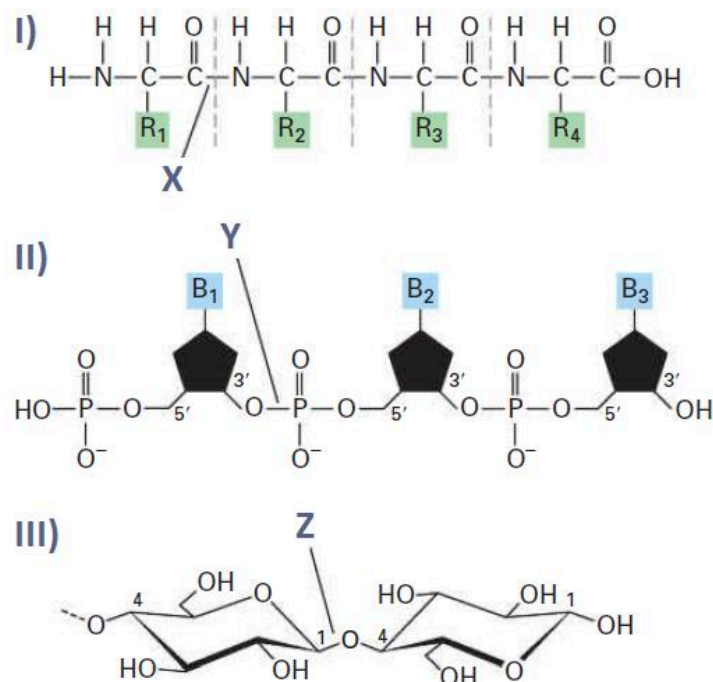


Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Ion  $\text{Fe}^{2+}$  bertindak sebagai donor elektron layaknya molekul organik pada respirasi seluler.  
 B. Gas oksigen mengalami oksidasi pada reaksi di atas.  
 C. Jika NADH turut berperan dalam reaksi di atas, dibutuhkan lebih dari 2 mol  $\text{NAD}^+$  untuk setiap 1 mol  $\text{O}_2$  yang dikonsumsi.  
 D. Jika dianalogikan dengan salah satu tahap siklus Krebs berikut,  $\text{O}^{2-}$  dihasilkan akibat reaksi yang sama dengan pembentukan fumarat dari suksinat.



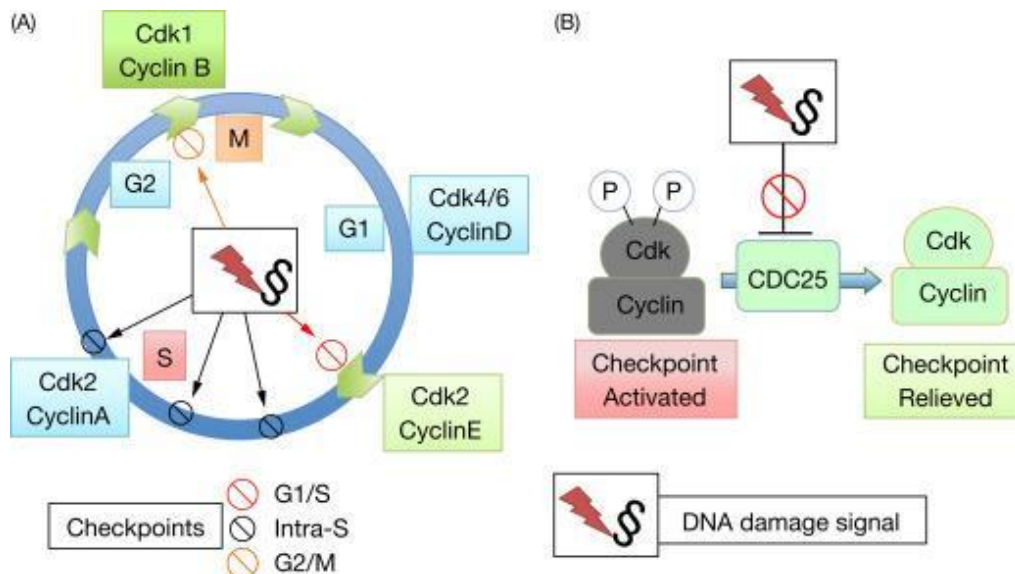
7. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi beberapa makromolekul yang umum dijumpai di dalam tubuh makhluk hidup.



Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Pada dogma sentral, alur penerjemahan informasi genetik terjadi dengan urutan II-I-III.
- B. Makromolekul yang memungkinkan munculnya struktur percabangan adalah I dan III.
- C. Sintesis molekul I dan II di dalam sel terjadi dari arah kiri ke kanan.
- D. Ikatan yang ditunjukkan oleh X, Y, dan Z dapat diputus dengan reaksi dehidrasi.

8. Mekanisme kontrol siklus sel telah banyak diketahui dan saat ini sering disebut sebagai *checkpoint*. Mekanisme molekuler terkait pengaturan ini melibatkan serangkaian aktivasi dan inaktivasi protein maupun ekspresi gen. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi beberapa *checkpoint* sel beserta beberapa protein yang terlibat.

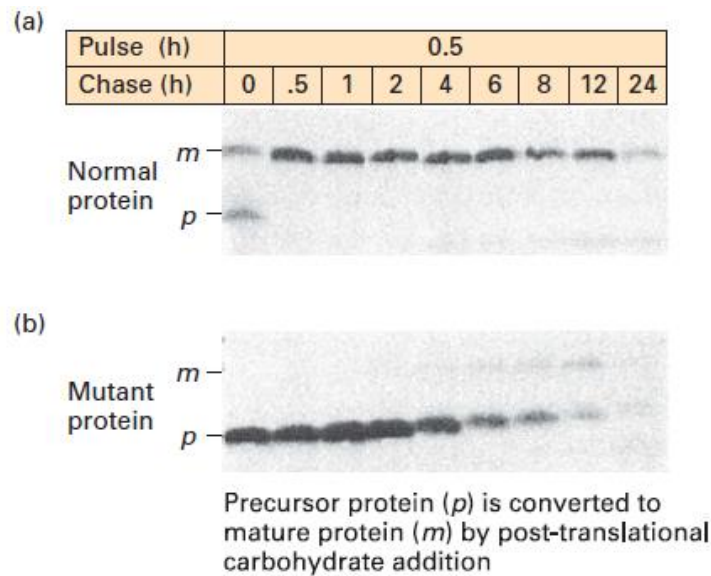


**Keterangan:** (A) Aktivasi *checkpoint* pada 3 proses utama: transisi G1/S, selama fase S, dan transisi G2/M. (B) Kerusakan DNA sebagai pemicu utama aktivasi *checkpoint* dengan mendegradasi CDC25 (fosfatase). Komplek Cdk-Cyclin merupakan suatu kinase yang diaktifkan oleh CDC25.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Aktivitas kompleks Cdk-Cyclin kinase akan berdampak pada dilanjutkannya siklus sel.
- B. Salah satu respons yang masuk akal akibat aktivasi kompleks Cdk2-CyclinE adalah sintesis protein histon.
- C. Diketahui suatu protein dibutuhkan untuk mencegah transisi fase G2 ke M dan memiliki hubungan kerja dengan CDC25. Salah satu bentuk hubungan yang mungkin dari kedua protein tersebut adalah CDC25 menghambat kerja protein tersebut.
- D. Diketahui suatu protein merupakan suatu kinase yang memfosforilasi kompleks Cdk-Cyclin. Overekspresi protein ini mestinya memiliki dampak yang berlawanan dibandingkan efek kerusakan DNA.

9. Koh Alfred sedang mengamati translasi protein oleh ribosom terikat RE. Beliau menginkubasi sel suatu eukariotik menggunakan asam amino metionin berlabel radioaktif (*pulse*) selama 30 menit, kemudian mencuci sel dari molekul radioaktif serta menghentikan seluruh proses transkripsi dan translasi. Setiap waktu tertentu, Koh Alfred melakukan SDS PAGE dan autoradiografi (*chase*) untuk melihat perkembangan protein spesifik yang ia amati seperti yang ditunjukkan hasil berikut. Sebagai pembandingan, Koh Alfred juga mengamati proses yang sama pada sel mutan delesi gen pengode enzim glikosilasi pada badan golgi.

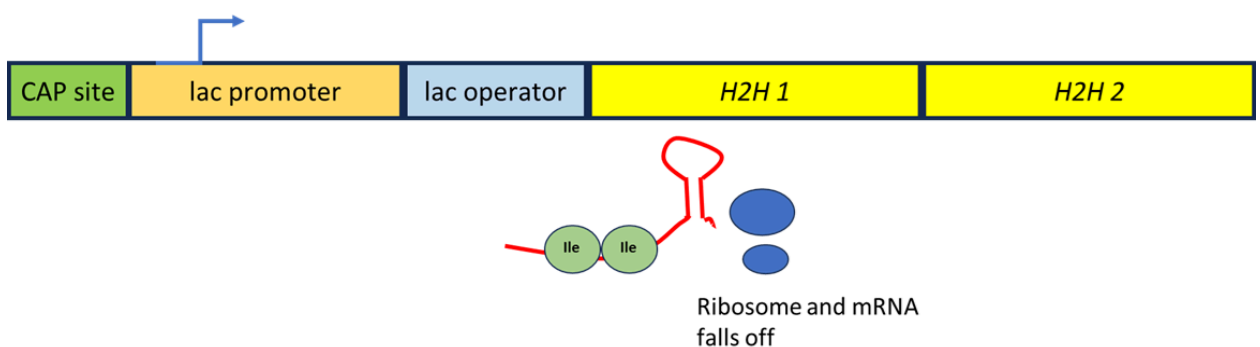


**Gambar 1.** Hasil yang diperoleh Koh Alfred.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Sampel protein yang digunakan untuk SDS PAGE dan autoradiografi kemungkinan berasal dari fraksi ekstraseluler atau membran plasma.
- Dapat disimpulkan bahwa protein yang memiliki gugus gula lebih resisten terhadap degradasi dibandingkan tanpa gula.
- Penambahan gula masih dapat terjadi sekalipun enzim glikosilasi terdeslesi, kemungkinan melalui jalur alternatif atau menggunakan enzim lain.
- Jika pencucian sel tidak diikuti dengan penghentian transkripsi dan translasi, pita hasil radiografi akan memiliki ketebalan yang konstan hingga jam ke-24 tahap *chase*.

10. Carmen mengintegrasikan promoter sintetik yang serupa dengan promoter lac dengan gen-gen penyandi enzim "H2H 1" dan "H2H 2" untuk sintesis metabolit "style". mRNA dari gen penyandi "H2H 1" memiliki sekuens penyandi *leader peptide* pada bagian 5'-nya yang kaya akan kodon untuk asam amino isoleusin (Ile).



**Skema promoter sintetik**

Galur *E. coli* rekombinan tersebut ditumbuhkan pada media minimal (MM) dengan 4 perlakuan penambahan sumber karbon dan asam amino yang berbeda.

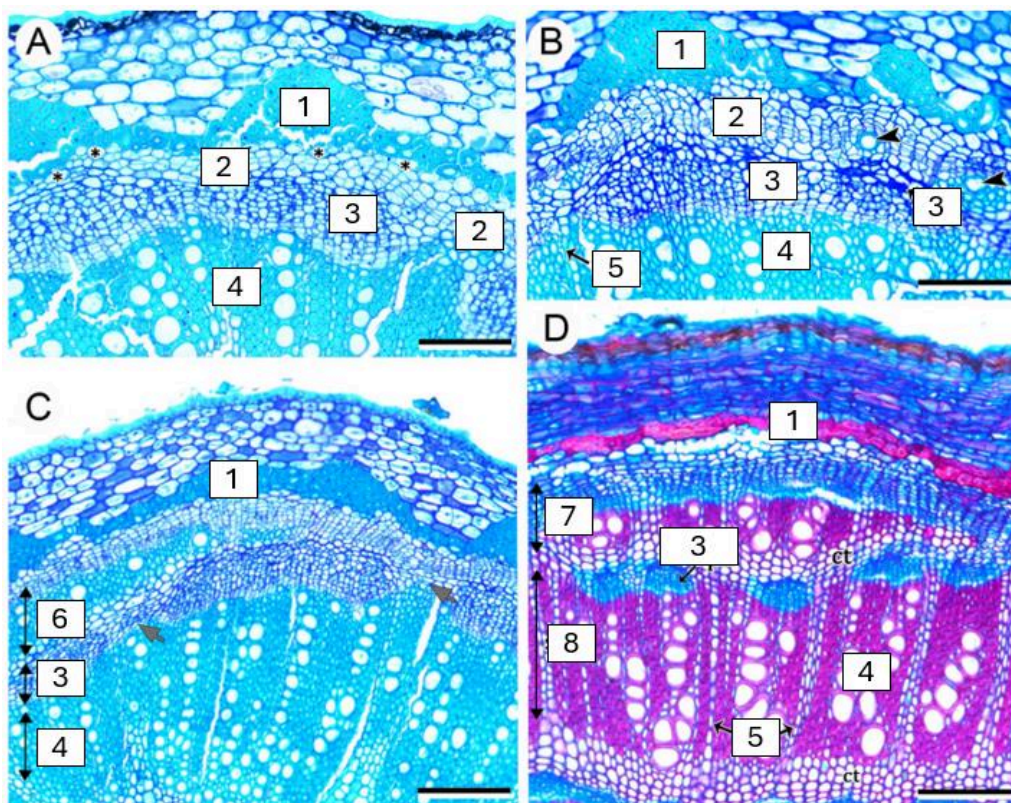
- glukosa + IPTG + isoleusin
- laktosa + campuran 20 asam amino
- IPTG + campuran 20 asam amino

Jika diketahui IPTG adalah analog dari alolaktosa dan metabolit meningkatkan ekspresi gen adenylate cyclase yang terkait dengan produksi cAMP, tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Jika promoter sintetik tersebut dipindahkan ke *Salmonella* (berkerabat dekat dengan *E. coli*) yang tidak memiliki operon lac, maka *B. subtilis* tersebut akan menghasilkan metabolit "style" apabila ditumbuhkan di MM + glukosa +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada media III akan menghasilkan metabolit "style" dalam titer paling tinggi jika dibandingkan *E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada ketiga media lainnya
- mRNA utuh dari operon sintetik diatas lebih banyak dihasilkan pada *E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada media I daripada media II.
- Gen *lacZ* akan diekspresikan di *E. coli* yang ditumbuhkan di media II.

### ANATOMI FISILOGI TUMBUHAN

- Pola perkembangan organ merupakan salah satu variasi yang menyebabkan tumbuhan memiliki keanekaragaman fenotipe. Pengamatan perkembangan sekunder batang dari suatu tumbuhan memperlihatkan sayatan melintang seperti Gambar di bawah. Urutan umur batang dari yang paling muda hingga yang paling tua secara berurutan ditunjukkan oleh sayatan pada Gambar A, B, C, dan D. Selain itu, diketahui pula bahwa pewarna yang digunakan untuk menghasilkan sayatan pada Gambar A, B, dan C berbeda dengan Gambar D.

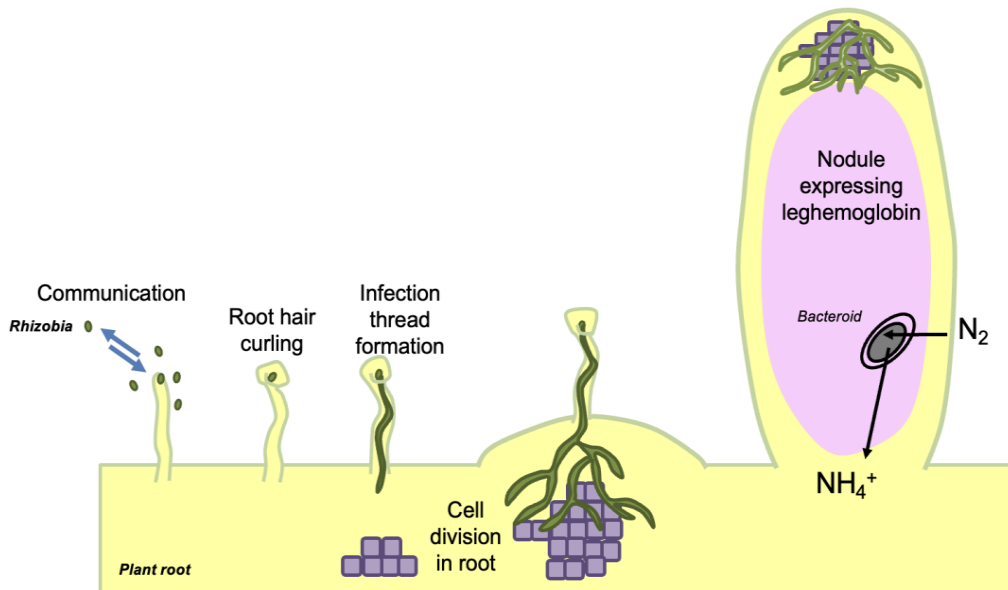


Keterangan: Nomor yang sama pada Gambar yang berbeda menunjukkan struktur yang sama.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

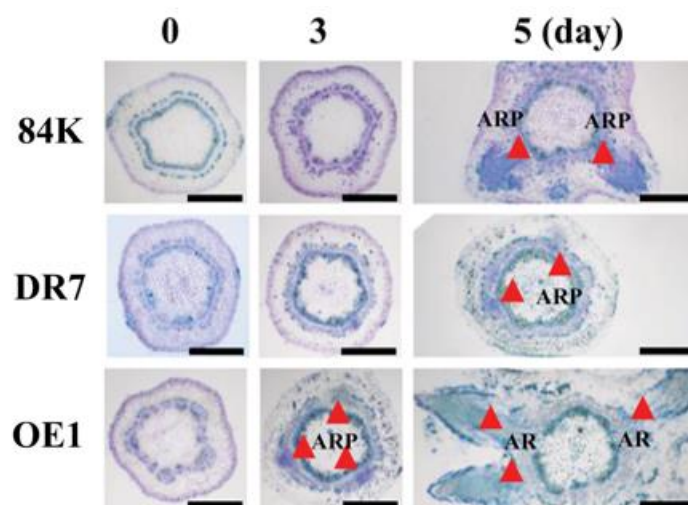
- Komponen dinding sel utama pada struktur 1 adalah lignin.
- Struktur 2 memiliki karakteristik rasio nukleus terhadap sitoplasma yang kecil.
- Parenkim floem pada tumbuhan ini berdiferensiasi menjadi kambium baru yang kemudian membentuk struktur 7.
- Diferensiasi struktur 2 akan menghasilkan jaringan 3 dan 4.

12. Perhatikan gambar berikut yang menunjukkan tahapan umum pembentukan bintil akar (*root nodule*) pada interaksi mutualistik antara tumbuhan legum dan bakteri *Rhizobium* di bawah ini.



Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

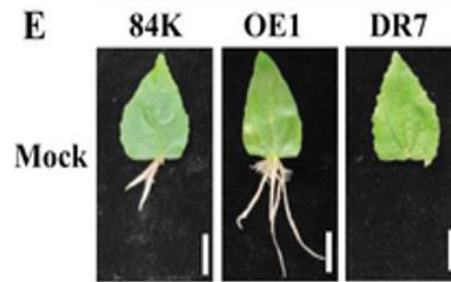
- Jika gen tanaman yang menyandi reseptor Nod factor (NFR) mengalami mutasi, maka *Rhizobium* masih dapat menembus rambut akar melalui pembentukan infection thread, tetapi tidak dapat menginduksi pembelahan korteks sehingga nodul tidak terbentuk.
  - Infection thread terbentuk melalui ekspansi aktif dinding sel bakteri ke dalam rambut akar, sehingga bakteri dapat secara mandiri menembus jaringan akar menuju korteks
  - Ketika nodul dewasa terbentuk, nitrogenase pada bakteroid hanya aktif pada kondisi anaerobik
  - Jika tanaman diberikan nitrogen dalam jumlah tinggi di tanah, proses nodulasi tetap berlangsung normal, tetapi aktivitas nitrogenase dalam nodul menurun
13. Akar adventif merupakan akar yang terbentuk dari struktur selain radikula. Gambar di bawah memperlihatkan pembentukan akar adventif pada suatu tumbuhan.



**Keterangan:** Tumbuhan 84K merupakan tumbuhan non-transgenik, sedangkan tumbuhan DR7 dan OE1 merupakan tumbuhan transgenik. Tumbuhan DR7 dan OE1 berturut-turut memiliki inhibisi ekspresi dan overekspresi gen *PagWOX11/12a*.

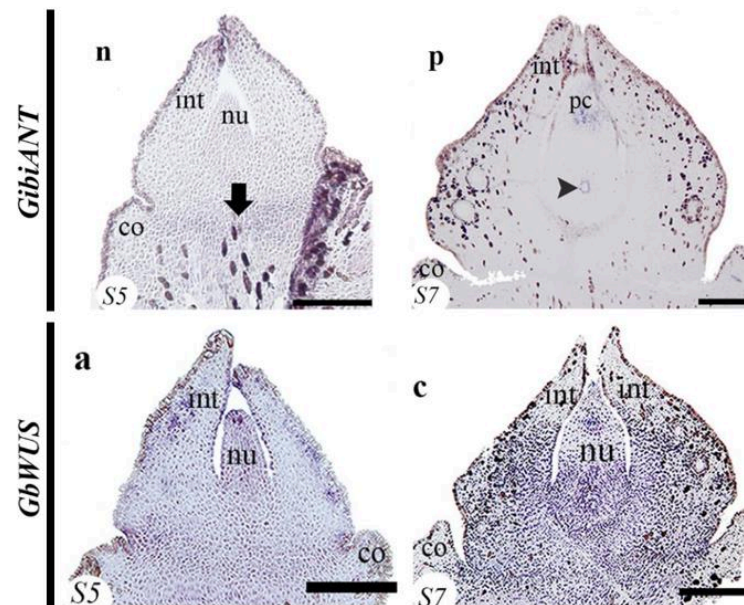
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Spesimen di atas termasuk ke dalam kelompok Monokotil.  
B. Gambar di atas merupakan sayatan melintang dari percobaan seperti gambar di bawah.



- C. Gen *PagWOX11/12a* berfungsi untuk menghambat pembentukan akar adventif.  
D. Gen *PagWOX11/12a* membantu adaptasi tumbuhan pada kondisi terendam air.

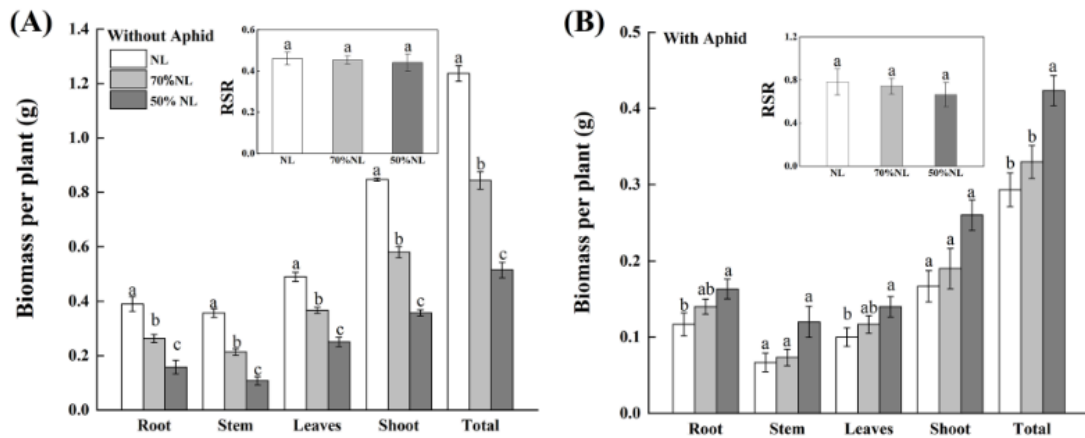
14. Gambar di bawah memperlihatkan hasil hibridisasi *in situ* dari struktur betina pada suatu tumbuhan berbiji. Ekspresi dari gen *GibiANT* dan *GbWUS* yang positif, pada tahapan S5 maupun S7, ditunjukkan oleh warna ungu gelap.



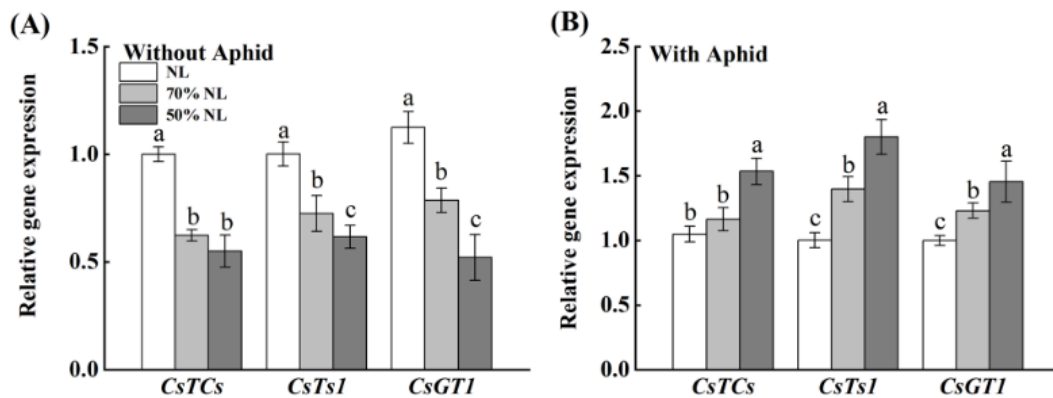
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Sayatan di atas kemungkinan besar berasal dari tumbuhan yang memiliki endosperm.  
B. Ekspresi gen *GibiANT* relatif tinggi pada sel-sel di sekitar mikropil saat tahapan S5.  
C. Gen *GbWUS* secara normal dihambat pada struktur yang akan membentuk lapisan pelindung biji.  
D. Perkembangan ovul membutuhkan ekspresi kedua gen yang relatif tinggi dan merata.

15. Teh merupakan tanaman dengan produk daun populer yang banyak ditanam secara monokultur di area tropis dan subtropis. Kualitas produk dari tanaman teh, termasuk kadar kafein dan teanin, sangat dipengaruhi oleh nitrogen. Nutrien yang sama di sisi yang lain juga mempengaruhi serangan dari kutu daun. Data di bawah merupakan hasil eksplorasi pengaruh penurunan tingkatan pemupukan nitrogen terhadap tanaman teh tanpa atau dengan serangan kutu daun. Kesamaan huruf pada organ, kondisi serangan, dan parameter yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan.



**Keterangan:** Biomassa masing-masing organ atau keseluruhan dari tiap tanaman pada teh tanpa (A) dan dengan (B) serangan kutu daun. Inset memperlihatkan rasio biomassa akar/tunas pada masing-masing perlakuan. NL = kontrol; 70% NL = penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 30%; 50% NL = penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 50%.



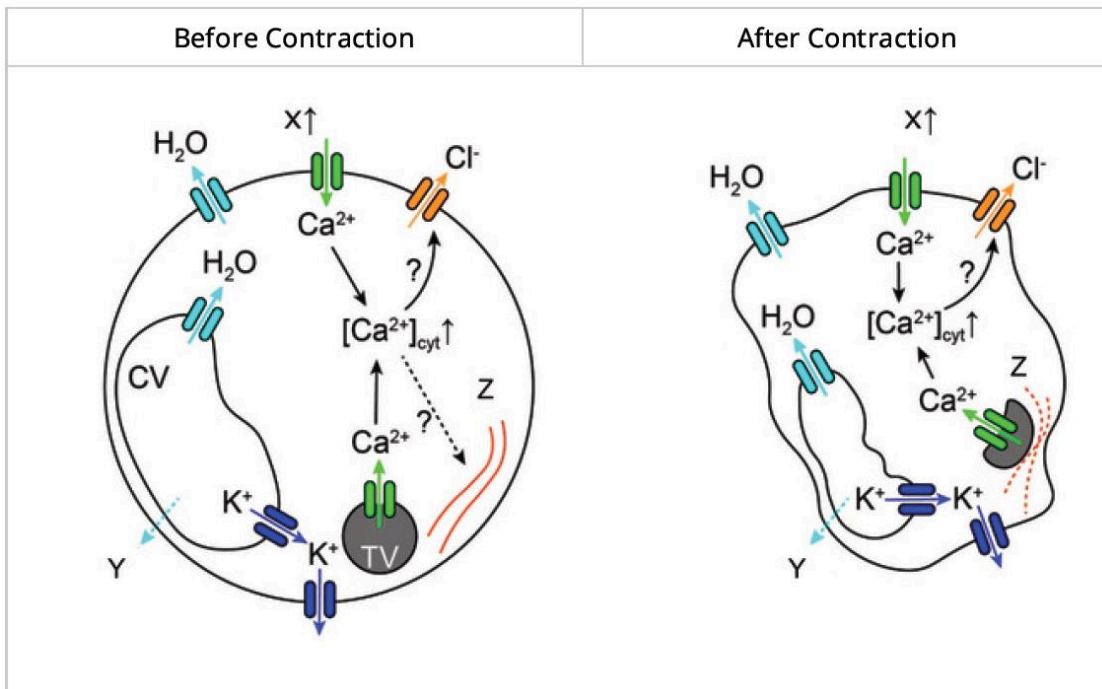
**Keterangan:** Tingkatan ekspresi beberapa gen relatif terhadap tanaman kontrol pada teh tanpa (A) dan dengan (B) serangan kutu daun. Gen-gen yang diukur adalah *caffeine synthase* (CsTCs), *theanine synthase* (CsTs1), dan *glycosyltransferase 1* (CsGT1).

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Saat terjadi serangan kutu daun, penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 50% tidak meningkatkan biomassa semua organ secara signifikan dibandingkan kontrol.
- Saat terjadi serangan kutu daun, penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 30% diperlukan untuk meningkatkan ekspresi ketiga gen yang dianalisis.
- Pemupukan nitrogen pada daerah bebas kutu daun diperlukan untuk menghasilkan kualitas teh yang baik.
- Penurunan tingkatan pemupukan nitrogen merupakan langkah yang kurang tepat pada daerah endemis serangan kutu daun.

16. *Mimosa pudica* adalah tanaman asli Karibia, Amerika Selatan, dan Amerika Tengah namun kini umum ditemukan di Filipina. Tanaman ini dikenal karena cepat menutup anak daun dan menggerakkan tangkai daunnya saat disentuh. Proses ini bergantung pada potensial aksi yang merambat di dalam tanaman, khususnya di sel motor pulvinus.

Gambar berikut menunjukkan model mekanisme kontraksi sel motor pulvinus menjelaskan kontraksi sebagai akibat hilangnya tekanan turgor.

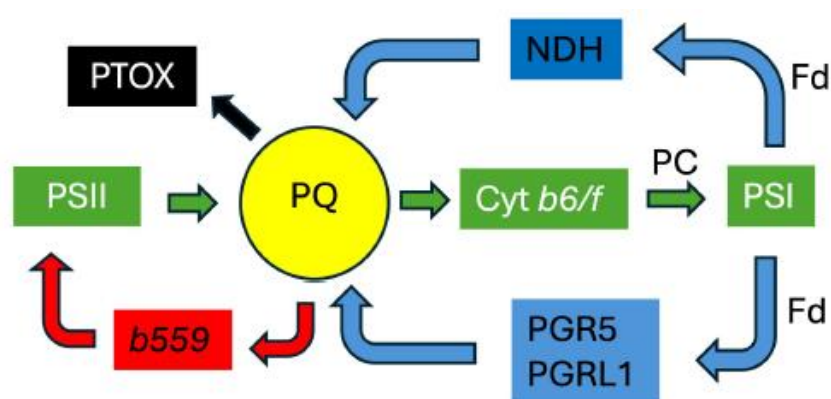


**Keterangan:** Struktur: X = sukrosa bermigrasi menuju apoplas; Y = vacuolar sap; Z = aktin; CV = vakuola kontraktif; TV = vakuola tannin

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Pembukaan saluran ion yang dikendalikan tegangan memulai kontraksi.
- Masuknya ion  $\text{Ca}^{2+}$  melalui membran plasma memfasilitasi gerakan cepat melalui depolimerisasi filamen aktin.
- Air dilepaskan secara osmotik ke ruang ekstraseluler untuk mendorong perpindahan elektrolit ke daerah apoplas melalui saluran ion  $\text{K}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ .
- Inhibitor sintesis ATP akan menginduksi kondisi yang mirip dengan yang disebabkan oleh potensial aksi.

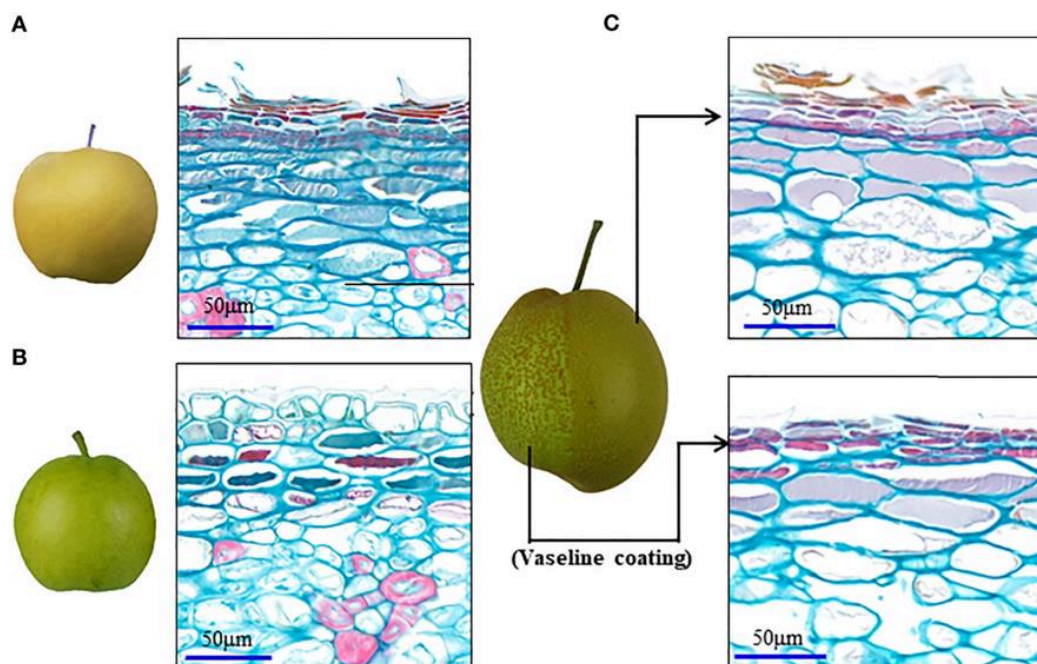
17. Plastoquinon (PQ) adalah pengangkut elektron jarak pendek dalam membran. PQ memiliki cincin benzoquinon yang terikat rantai samping poliisoprenoid hidrofobik panjang. PQ merupakan komponen penting dalam fotosintesis kloroplas tumbuhan dan berperan juga dalam fotoproteksi, cadangan antioksidan, dan biosintesis metabolit. Keadaan redoks PQ penting bagi berbagai proses termasuk aliran elektron siklik, biosintesis karotenoid, fosforilasi protein, dan ekspresi gen.



Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Plastoquinon tidak mudah larut ke dalam komponen lipid membran kloroplas.
- B. Jika PTOX berfungsi untuk mereoksidasi PQ, maka ketiadaan PTOX pada mutan *Arabidopsis immutans* dapat menyebabkan fenotipe variegata.
- C. Gangguan pada salah satu dari dua jalur elektron siklik di sekitar PSI akan menyebabkan PQ menjadi terlalu tereduksi.
- D. Foto-oksidasi b559 menyebabkan peningkatan reduksi pusat reaksi PSII.

18. Buah pir merupakan buah tipe pomum dengan dinding luar yang memiliki variasi alami seperti pada Gambar A dan B. Suatu perlakuan dilakukan untuk mengetahui pengaruh vaselin, senyawa hidrofobik, terhadap struktur dinding luar buah pir. Hasil perlakuan tersebut terlihat pada Gambar C. Bagian atas ke bawah pada ketiga Gambar menunjukkan sisi luar ke sisi dalam buah.



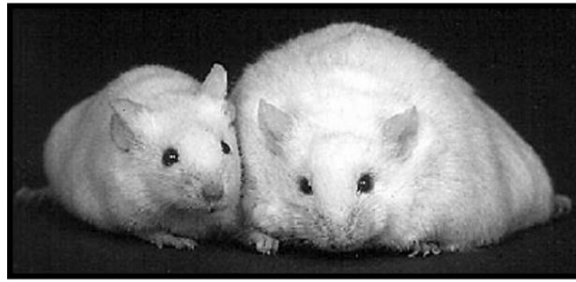
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Buah pir tidak memiliki variasi dalam keberadaan pertumbuhan sekunder.
- B. Perlakuan vaselin menurunkan laju pembentukan periderm pada buah pir.
- C. Pembentukan periderm berkaitan erat dengan proses evapotranspirasi pada buah pir.
- D. Lapisan periderm yang terbentuk pada buah pir terbentuk dari aktivitas epidermis.

### ANATOMI FISILOGI HEWAN

19. Coleman (1973) telah meneliti peran faktor darah yang dihasilkan oleh jaringan adiposa dalam mengatur nafsu makan. Penelitian ini dikenal karena menggunakan metode yang unik, yaitu menggabungkan dua individu mencit melalui pembedahan kulit dari daerah pundak (tungkai depan) hingga pelvis, sehingga setelah 3–4 hari keduanya berbagi sebagian kecil sistem peredaran darah yang sama.

Dalam studi ini, Coleman menggunakan dua galur mencit mutan dengan gen yang berbeda: *ob/ob* (obesitas) dan *db/db* (diabetik). Keduanya menunjukkan perilaku makan berlebih (hiperfagia). Data berikut menunjukkan perubahan massa tubuh masing-masing individu setelah digabungkan dengan berbagai galur mencit lain selama 8 minggu.



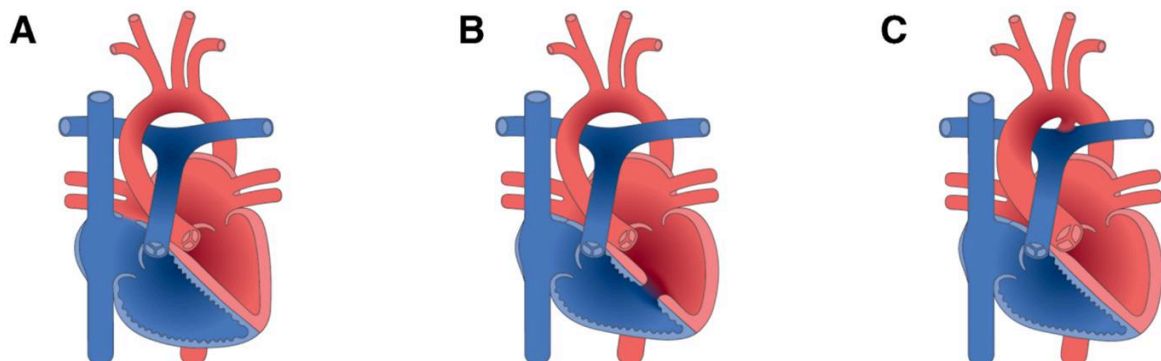
Contoh hasil penggabungan individu mencit

Eksperimen	Genotipe subjek	Genotipe pasangan	Rata-rata perubahan massa tubuh subjek (g)	Rata-rata perubahan massa tubuh pasangan (g)
1	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	8.27	8.31
2	$ob/ob db^+/db^+$	$ob/ob db^+/db^+$	39.41	36.50
3	$ob/ob db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	8.32	8.33
4	$ob/ob db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db/db$	-14.91	33.78

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Kedua galur mutan mencit mengalami gangguan nafsu makan pada jalur yang melibatkan faktor darah yang sama.
- B. Protein dari hasil ekspresi gen *ob* disekresikan ke luar sel adiposit.
- C. Injeksi ghrelin berkala hanya pada subjek *ob/ob* di eksperimen 2 sudah cukup untuk menurunkan rata-rata perubahan massa tubuh kedua mencit.
- D. Injeksi PYY berkala hanya pada subjek *ob/ob* di eksperimen 4 sudah cukup untuk menurunkan rata-rata perubahan massa tubuh kedua mencit.

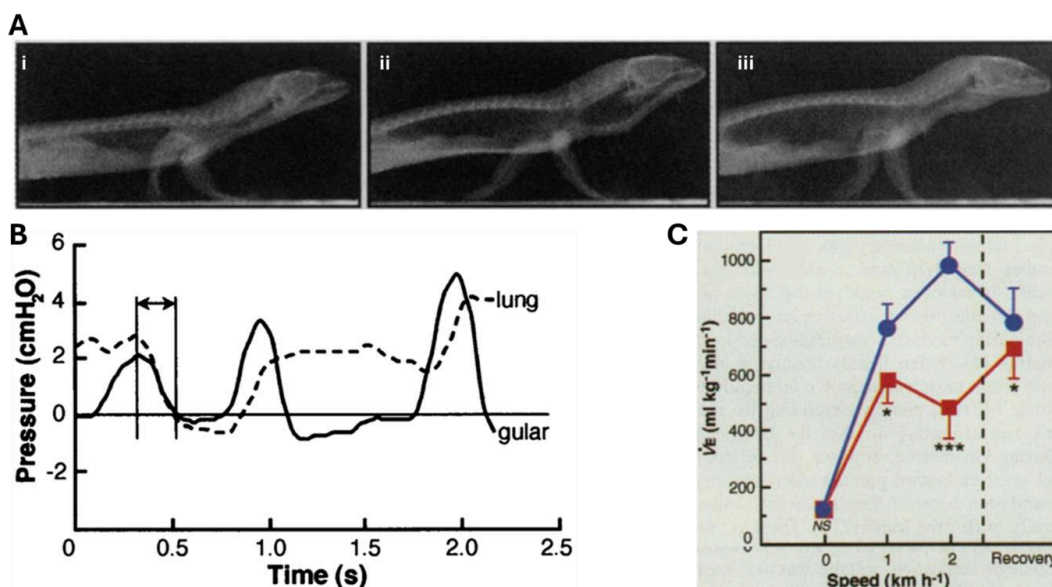
20. *Cardiac shunt* merupakan abnormalitas sirkulasi darah di mana darah mengalir ke jalur yang tidak semestinya. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya koneksi baru antara dua bagian jantung atau pembuluh darah besar yang seharusnya tidak berhubungan secara langsung. Secara umum, *cardiac shunt* dibedakan menjadi *left-to-right shunt* (aliran darah dari bagian kiri jantung ke bagian kanan) dan *right-to-left shunt* (aliran darah dari bagian kanan jantung ke bagian kiri). Pada manusia, *cardiac shunt* pada umumnya disebabkan oleh kelainan jantung kongenital. Gambar berikut menunjukkan struktur jantung yang mengalami tiga jenis kelainan dengan *cardiac shunt*.



Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Ketiga jenis kelainan jantung di atas lebih mungkin menyebabkan *left-to-right shunt* daripada *right-to-left shunt*.
- B. Jika individu penderita kelainan jantung di atas bertahan hidup hingga dewasa, kelainan A dapat menyebabkan penebalan dinding ruang jantung kanan sementara kelainan B dapat menyebabkan dinding ruang jantung kiri mengalami penebalan.
- C. Kelainan C dapat menyebabkan penebalan dinding aorta dan arteri pulmoner.
- D. Di antara ketiga kelainan tersebut, hanya dua kelainan yang menyebabkan peningkatan resistensi sirkuit pulmoner.

21. Lokomosi pada beberapa hewan, seperti biawak, melibatkan pembengkokan (fleksi) tubuh ke arah lateral. Hal ini dapat menurunkan efektivitas ventilasi. Fenomena ini disebut sebagai *axial constraint*. Data berikut menunjukkan mekanisme ventilasi pada biawak *Varanus exanthematicus* yang berjalan di atas *treadmill*. Diketahui bahwa ventilasi pada biawak melibatkan rongga di daerah leher (disebut *gular cavity*).

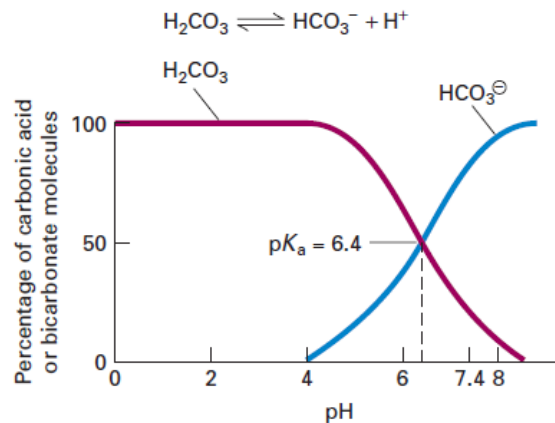


**Keterangan:** (A) Hasil *x-ray imaging* biawak *V. exanthematicus* yang berjalan di atas *treadmill*. Gambar i – iii menunjukkan fase yang berbeda dari mekanisme ventilasi biawak tersebut. (B) Perubahan tekanan paru-paru dan *gular cavity* biawak ketika berjalan. (C) Perubahan *minute ventilation* (volume udara yang diventilasi selama 1 menit) sebagai respons terhadap perubahan kecepatan biawak ketika berjalan di atas *treadmill*. Garis biru menunjukkan biawak kontrol sementara garis merah menunjukkan biawak yang aktivitas *gular cavity*-nya dihambat. Tanda \* menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan terhadap kontrol.

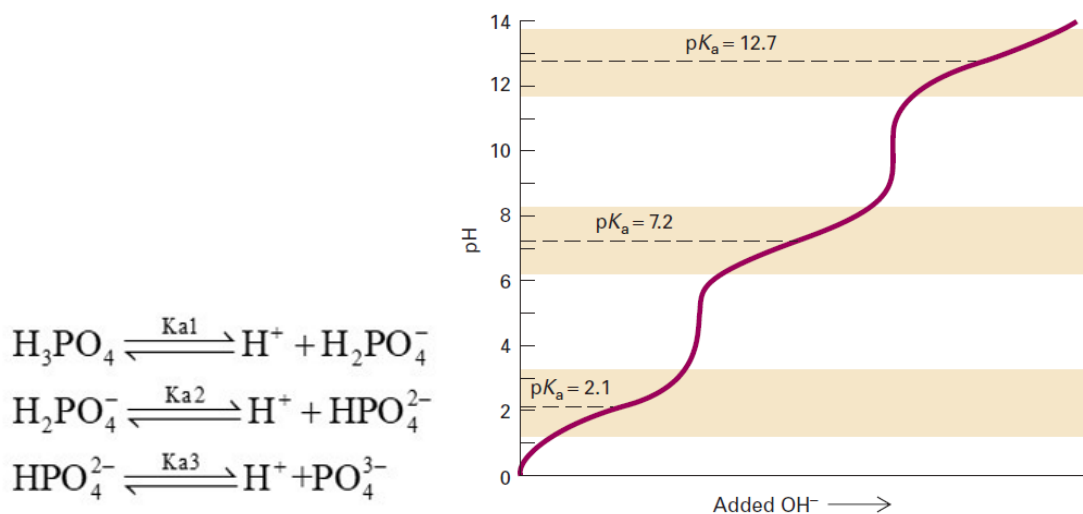
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Fase ventilasi yang ditunjukkan oleh gambar A-ii terjadi di waktu 0,85 – 0,95 detik pada gambar B.
- B. Dalam eksperimen tersebut, laju pernafasan biawak sekitar 60 kali per menit.
- C. Biawak mengalami *axial constraint* ketika berjalan. Peran *gular cavity* dalam ventilasi dapat mengurangi dampak negatif *axial constraint*.
- D. Mekanisme ventilasi biawak pada gambar A-iii hanya melibatkan tekanan positif.

22. pH cairan tubuh, termasuk darah, dijaga oleh sistem *buffer* yang didominasi oleh pasangan asam karbonat-bikarbonat, dengan kisaran pH normal sekitar 7,35 – 7,45. *Buffer* memiliki kemampuan paling baik dalam menjaga pH ketika 50% ion hidrogen lepas dari molekul. Pada kondisi inilah sistem larutan paling resisten terhadap perubahan pH. Dalam kasus *buffer* darah, asam karbonat kehilangan 50% ion hidrogennya pada pH sekitar 6,4. Nilai tersebut melenceng dari pH normal darah akibat masih adanya peran berbagai molekul lain. Sebagai tambahan, ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) sebenarnya masih dapat melepaskan ion hidrogen menjadi  $\text{CO}_3^{2-}$  dengan nilai pKa sekitar 10,32. Berikut adalah reaksi *buffer* karbonat di dalam tubuh.



Anda mencoba membuat organisme sintetik dengan sistem *buffer* yang terutama terdiri atas larutan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) dan basa-basa konjugatnya. Gambar di bawah ini menunjukkan reaksi disosiasi asam fosfat dan kurva titrasinya.



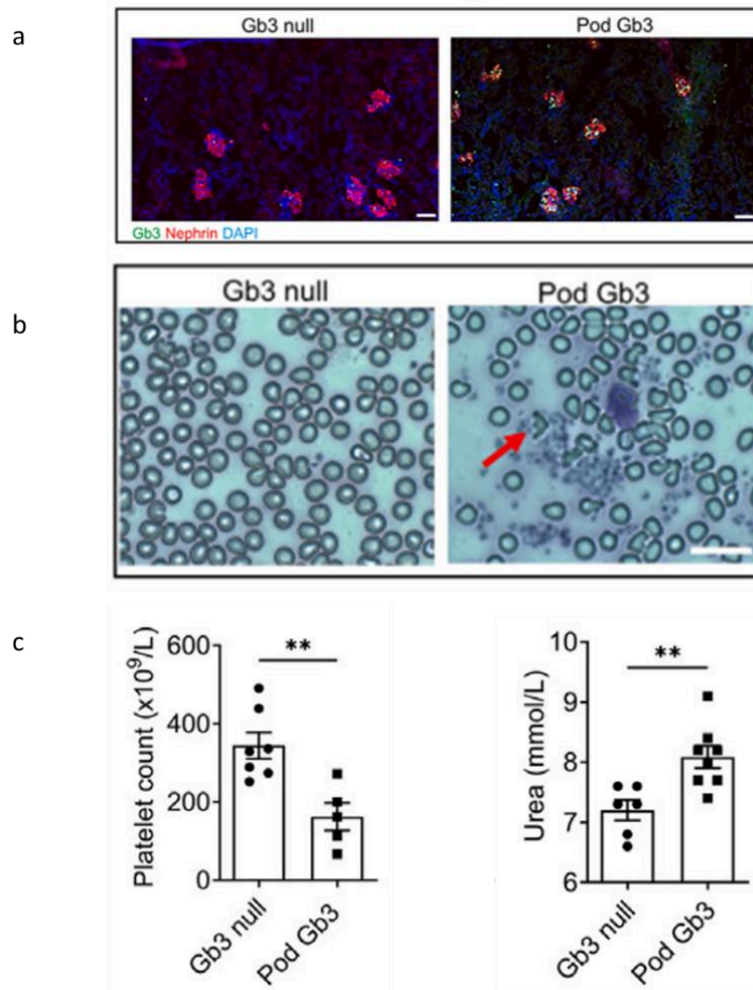
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Pada kondisi normal, pH darah akan semakin meningkat jika manusia mengonsumsi semakin banyak air murni.
- B. Apabila hewan sintetik ingin memiliki pH cairan tubuh di kisaran 2,1, sistem *buffer* fosfat berikut adalah yang paling sesuai.



- C. Sistem penjaga pH paling baik dari *buffer* asam fosfat adalah pada kisaran pH 5 atau 10.
- D. Denaturasi protein-protein terlarut plasma akan terjadi baik ketika pH *buffer* cairan tubuh kurang dari maupun lebih dari kisaran pH normal.

23. *Shiga toxin* (stx) diproduksi oleh *E. coli* dan bertanggung jawab terhadap kerusakan ginjal pada anak. Mekanisme toksin ini dalam memicu terjadinya kerusakan ginjal masih belum jelas sehingga Bowen *et al.* (2023) tertarik untuk mengetahui mekanismenya. Ilmuwan telah mengetahui bahwa Gb3 merupakan reseptor stx yang terletak di permukaan sel. Untuk mengetahui distribusi dan pengaruh stx di dalam tubuh, pertama peneliti menginduksi ekspresi gen Gb3 pada tikus transgenik yang mengalami *knock-out* gen Gb3 (*Gb3 null*) dan tikus normal (*Pod Gb3*), sebelum akhirnya disuntik dengan stx. Data berikut menunjukkan akibat penyuntikan pada kedua jenis tikus.

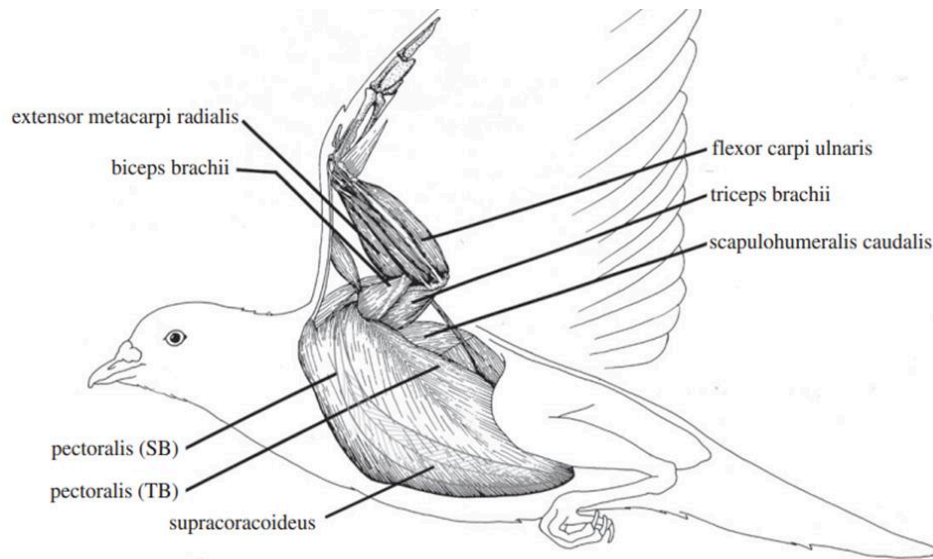


**Keterangan:** (A) Hasil imunohistokimia. Nephrite merupakan protein yang spesifik ditemukan di ginjal sedangkan DAPI mewarnai asam nukleat. (B) Hasil pengamatan sel darah merah pada kedua jenis tikus akibat penyuntikan stx. (C) Konsentrasi platelet dan urea dalam plasma pada kedua jenis tikus akibat penyuntikan stx

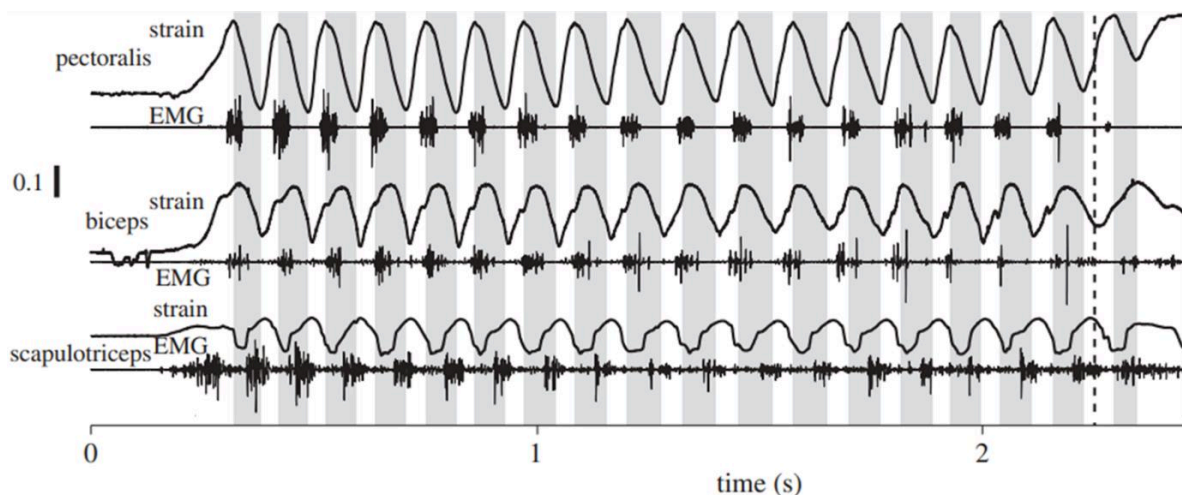
Tentukan apakah pernyataan berikut ini benar (B) atau salah (S)!

- Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gb3 juga ditemukan pada sel darah merah, selain di ginjal.
- Jika dilakukan pengukuran kadar Hb setelah infeksi stx, tikus *Gb3 null* akan memiliki kadar Hb yang lebih tinggi daripada tikus *Gb3 Pod*.
- Gambar A menunjukkan lokasi medula ginjal
- Stx menyebabkan kerusakan pembuluh darah di ginjal yang berakibat pada penurunan laju filtrasi ginjal.

24. Gambar di bawah ini menunjukkan anatomi otot-otot yang terlibat dalam gerakan mengangkat dan menurunkan sayap pada burung merpati.



Data berikut menunjukkan aktivitas tiga jenis otot yang terlibat dalam pergerakan sayap selama burung merpati terbang.

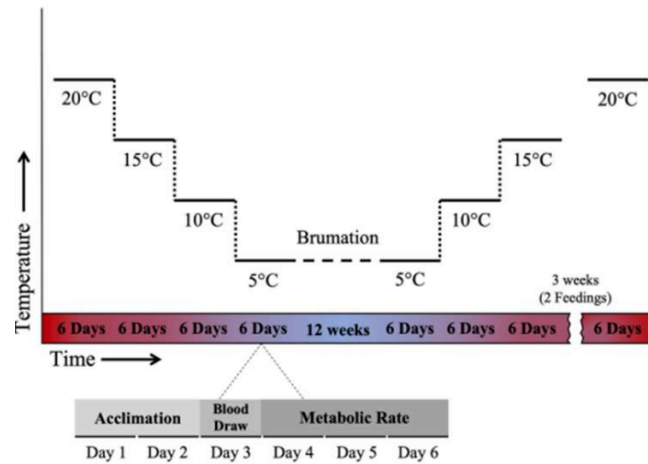


**Keterangan:** Perubahan *muscle strain* dan aktivasi otot (diukur melalui EMG) *pectoralis*, *biceps brachii*, dan *scapulothoriceps* selama burung merpati terbang. *Muscle strain* dinyatakan sebagai  $L/L_0$  di mana  $L_0$  merupakan panjang otot dalam kondisi istirahat dan  $L$  merupakan panjang otot ketika terjadi pergerakan. Latar berwarna abu-abu dan putih menunjukkan perbedaan gerakan sayap (naik atau turun).

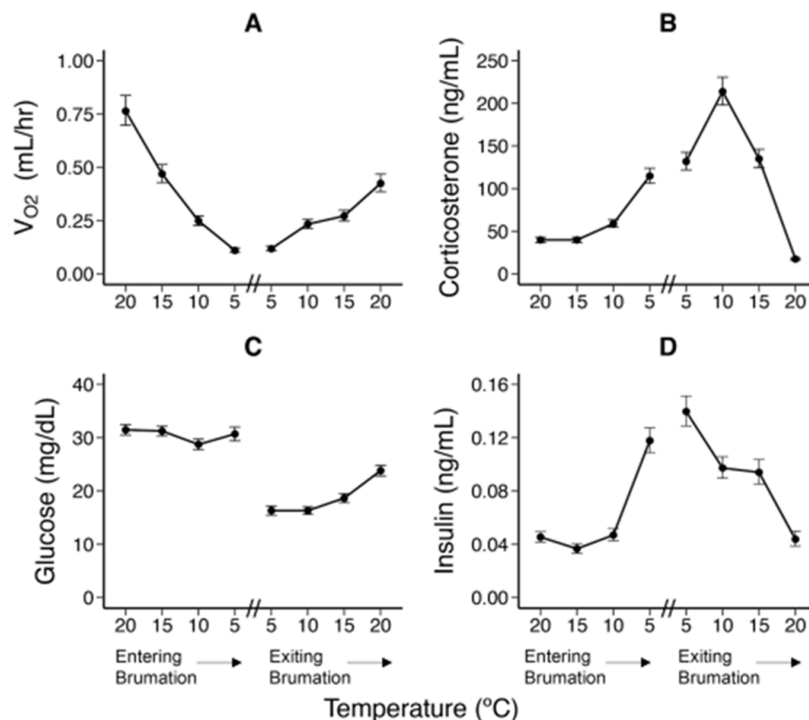
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Gaya yang dihasilkan dari kontraksi otot berkorelasi negatif dengan *muscle strain*.
- Latar abu-abu menunjukkan gerakan mengangkat sayap (*upstroke*), sedangkan latar putih menunjukkan gerakan yang sebaliknya (*downstroke*).
- Burung merpati melakukan 8 – 9 kepakan sayap per detik ketika terbang.
- Ketika melakukan gerakan mengangkat sayap, otot *biceps brachii* berkontraksi sementara otot *scapulothoriceps* mengalami relaksasi.

25. Sebagian hewan ektoterm yang hidup di daerah temperata menjadi inaktif atau dorman selama musim dingin. Peristiwa ini disebut sebagai *brumation*. Sama seperti hibernasi, berbagai aktivitas fisiologis (metabolisme, *heart rate*, dan kebutuhan energi) mengalami penurunan selama *brumation*. Gambar berikut menjelaskan desain eksperimen untuk mempelajari perubahan fisiologis ular *Thamnophis marcianus* sebelum, selama, dan setelah *brumation*.



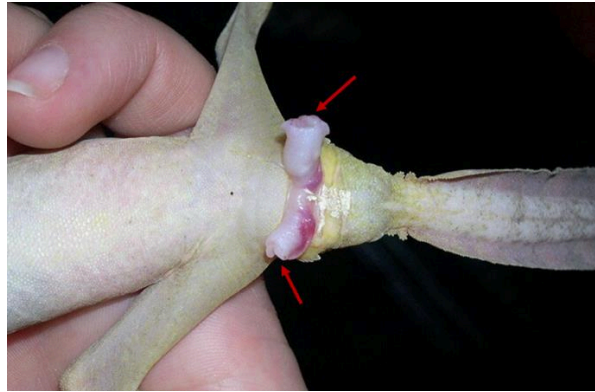
Dari eksperimen tersebut diperoleh data berbagai parameter fisiologis, yaitu laju konsumsi oksigen (A), konsentrasi kortikosteron plasma (B), konsentrasi glukosa plasma (C), dan konsentrasi insulin plasma (D). Data tersebut disajikan pada gambar di bawah ini.



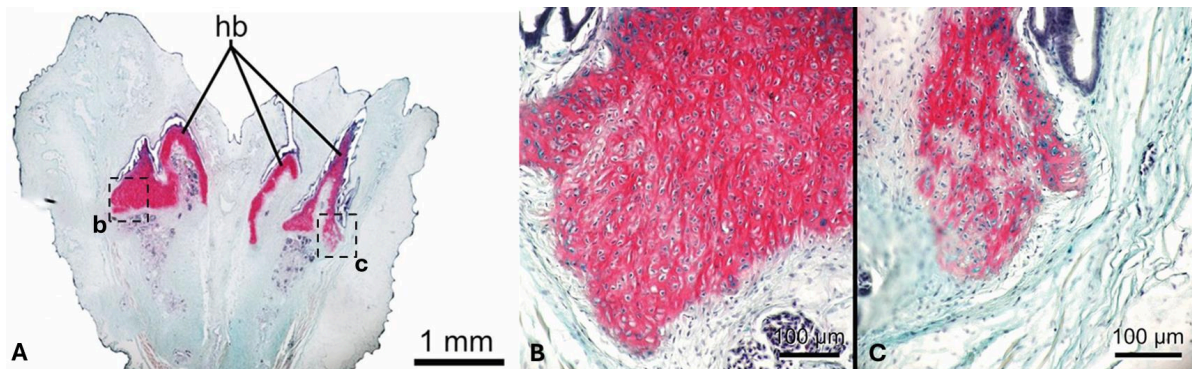
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Brumation* menyebabkan penurunan sensitivitas laju metabolisme terhadap suhu.
- Sebagai respons terhadap suhu lingkungan yang rendah, penurunan kadar glukosa plasma hanya terjadi akibat paparan suhu rendah secara kronis.
- Aktivitas sel-sel imun kemungkinan mengalami penurunan selama *brumation*.
- Paparan suhu rendah meningkatkan resistensi insulin.

26. Reptil seperti buaya, kadal, dan ular memiliki organ kopulasi pada individu jantannya. Organ ini disebut hemipenis. Berikut merupakan hemipenis (tanda panah) dari salah satu spesies kadal.



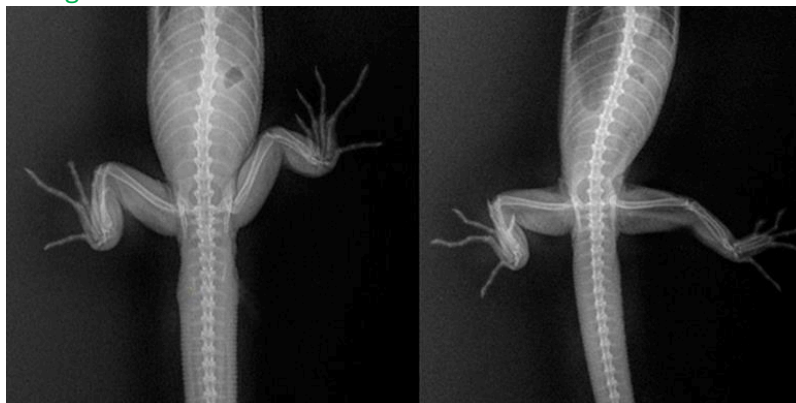
Gambar berikut merupakan sayatan histologis hemipenis kadal tersebut yang diwarnai dengan *Hall-Brundt quadruple stain*. Pewarna ini dapat membedakan jaringan yang termineralisasi (berwarna merah) dengan jaringan lain.



**Keterangan:** (A) Sayatan histologis utuh hemipenis kadal. (B – C) Perbesaran lebih tinggi untuk bagian yang ditandai oleh kotak pada gambar A.

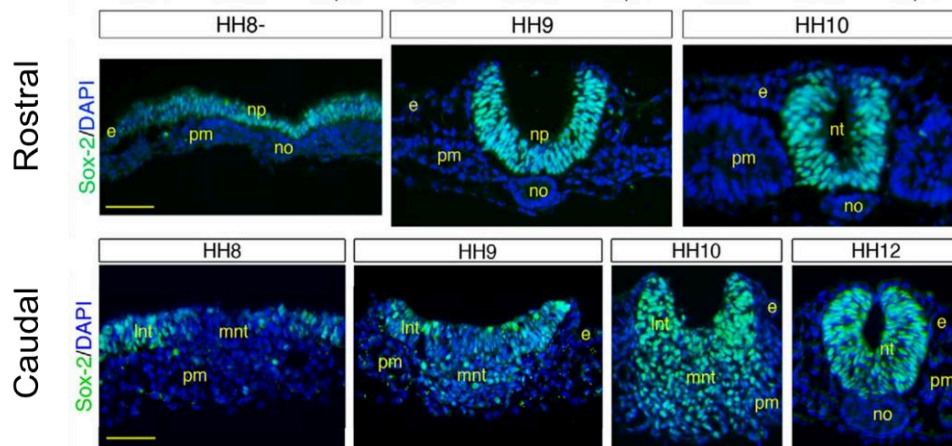
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Saluran reproduksi jantan pada kadal bermuara di hemipenis.
- B. Struktur bertanda hb pada gambar A tersusun atas jaringan tulang kompak dan jaringan ikat padat.
- C. Berikut merupakan hasil *x-ray imaging* kadal. Gambar sebelah kiri merupakan individu jantan sementara gambar kanan berasal dari individu betina.

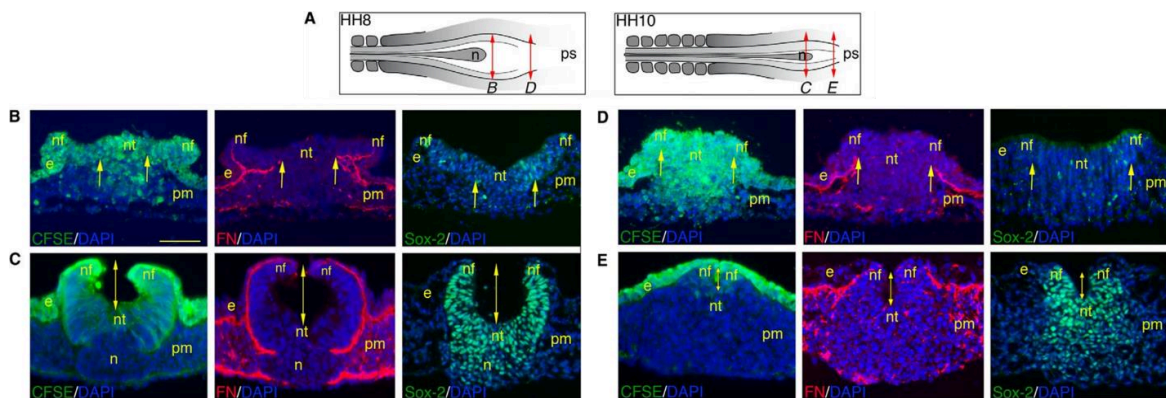


- D. Kemungkinan terdapat jaringan otot rangka di hemipenis kadal yang berfungsi untuk mengeluarkan dan menarik kembali hemipenis.

27. Studi oleh Dady *et al.* (2014) berhasil mengobservasi proses neurulasi yang terjadi di sepanjang sumbu tubuh embrio ayam. Pengamatan diamati dari sayatan melintang embrio di daerah rostral, peralihan, dan kaudal yang turut diberi pewarnaan imunolokalisasi untuk beberapa protein target. Daerah peralihan didefinisikan sebagai zona antara bekas nodus Hensen (n) dan *primitive streak* (ps).



**Gambar 1.** Proses neurulasi selama perkembangan embrio ayam (HH = tahap usia oleh Hamburger-Hamilton) pada daerah rostral dan kaudal. Nukleus sel diwarnai oleh DAPI (biru gelap). Keterangan: np = *neural plate*, nt = *neural tube*, no = notokord, pm = mesoderm paraksial, Sox-2 = *marker progenitor saraf*.

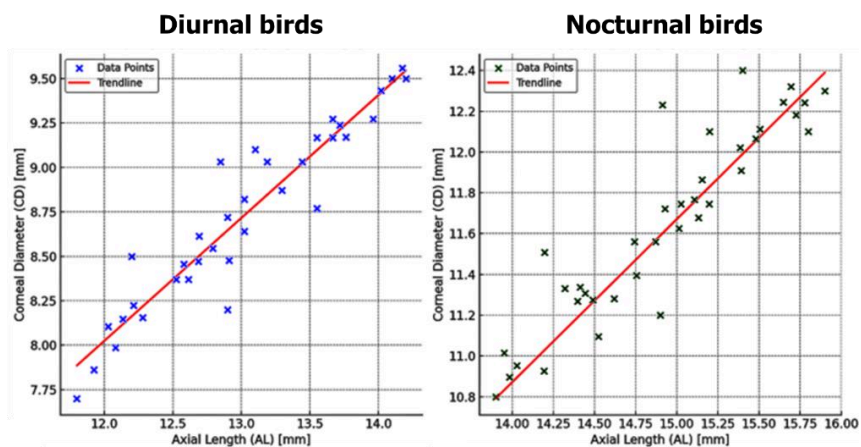


**Gambar 2.** Proses neurulasi selama perkembangan embrio ayam di sepanjang daerah peralihan. Notasi B-E pada gambar A merupakan posisi asal setiap sayatan melintang pada gambar B-E. Keterangan: nf = *neural fold*, CFSE = *marker sel turunan lapisan superfisial blastoderm*, FN = fibronektin (matriks ekstraseluler). Seluruh gambar ditangkap pada perbesaran yang sama.

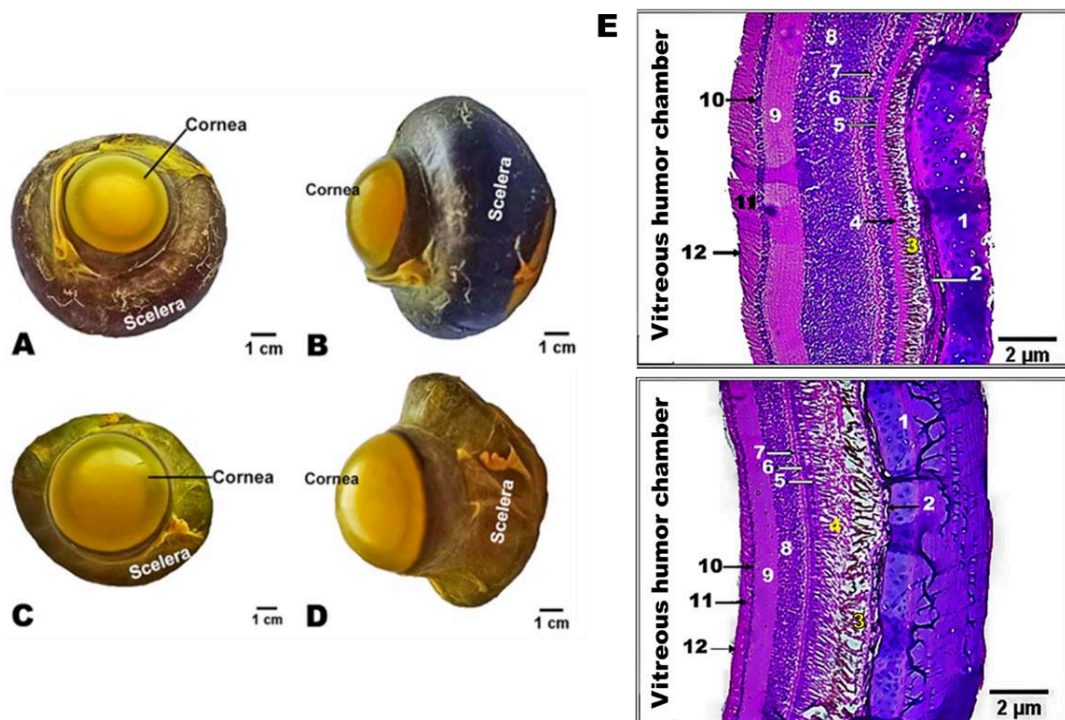
Berdasarkan data di atas, tentukan apakah pernyataan di bawah ini Benar (B) atau Salah (S)!

- Notokord mendukung pembentukan *neural tube* dengan memicu ingresi sel-sel ektoderm.
- Peningkatan ekspresi Sox-2 pada sel ektoderm memicu penyempitan luas membran plasma di sisi apikal.
- Pada daerah peralihan, ukuran lumen *neural tube* ditentukan oleh proporsi sel ektoderm yang mempertahankan sifat epitel.
- Seluruh sel penyusun *neural tube* di sepanjang sumbu rostral-kaudal embrio ayam berasal dari epiblas.

28. Berdasarkan studi morfometri beberapa spesies burung diurnal dan nokturnal, diperoleh rasio antara diameter kornea (CD) dengan panjang aksial mata (AL) sebagai berikut. Panjang aksial mata merupakan jarak antara titik terluar kornea sampai permukaan retina.



Anda kemudian mempelajari awetan basah bola mata dan sayatan retina-koroid dari dua spesies burung predator, *F. t. rupicilaeformis* (*Ftr*) dan *A. t. glaux* (*Atg*).

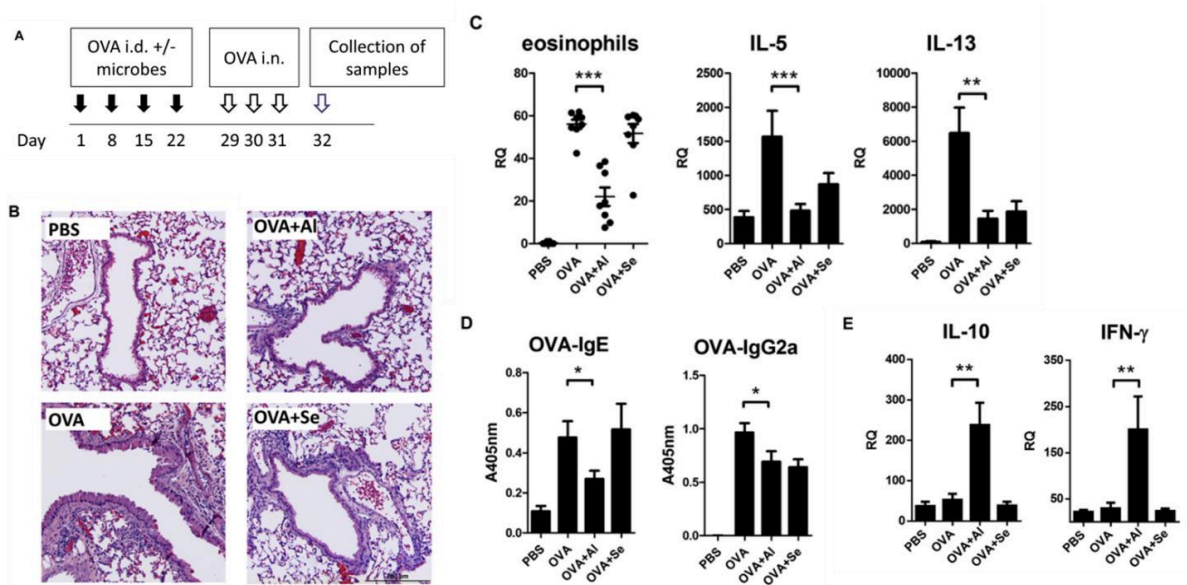


**Keterangan:** Awetan basah bola mata burung (A, B) *Ftr* dan (C, D) *Atg*. (E) Sayatan histologis retina-koroid dari *Ftr* (atas) dan *Atg* (bawah) yang diwarnai dengan hematoxylin-eosin.

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Bentuk bola mata kedua spesies burung di atas turut dipertahankan oleh jaringan rawan yang banyak menyusun persendian rangka manusia.
- B. Angka 10-12 menunjukkan lapisan retina yang kaya akan sel-sel mengandung pigmen sensitif cahaya.
- C. Luas bidang pandang monokuler spesies *Atg* lebih besar dibandingkan *Ftr*.
- D. Proporsi sel batang terdepolarisasi selama rangkaian penggunaan aktif mata harian akan lebih tinggi pada burung dengan rasio CD : AL yang lebih tinggi.

29. Tingginya populasi bakteri humus *Acinetobacter* pada mikrobiota kulit anak-anak diduga menurunkan kerentanannya dalam mengidap alergi. Suatu eksperimen dilakukan untuk membuktikan korelasi kasus tersebut dengan menginjeksikan mencit secara intradermal dengan larutan PBS (*phosphate buffered saline*), larutan OVA (alergen ovalbumin) dengan atau tanpa *Acinetobacter* (Al), serta larutan OVA yang mengandung bakteri kulit yang telah terbukti tidak menurunkan kerentanan alergi pada anak-anak (Se). Setelah beberapa kali diinjeksi selama tiga minggu, mencit-mencit tersebut kemudian dipaparkan OVA selama 3 hari secara intranasal untuk memicu reaksi alergi. Beberapa uji yang dilakukan pada perolehan sampel cairan bronkoalveolar, jaringan paru-paru, dan serum darah memperoleh data sebagai berikut.

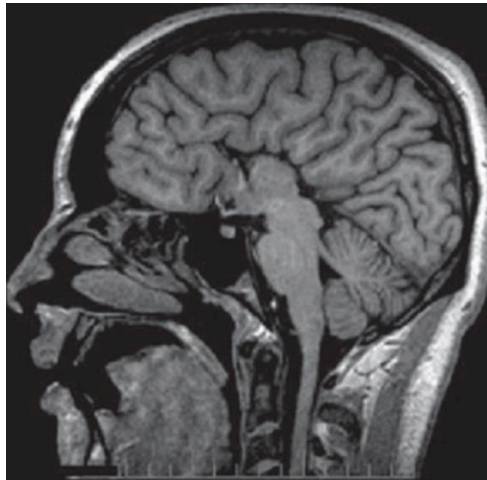


**Keterangan:** (A) Alur eksperimen (i.d. = intradermal, i.n. = intranasal). (B) Sayatan paru-paru mencit dari setiap perlakuan. (C) Jumlah eosinofil pada sampel cairan bronkoalveolar dan kadar mRNA *il-5* dan *il-13* (sitokin sel Th2) pada jaringan paru-paru. (D) Kadar IgE dan IgG2a spesifik OVA pada serum. (E) Kadar IL-10 (sitokin antiinflamasi) dan IFN- $\gamma$  (sitokin sel Th1) pada lokasi injeksi intradermal. Catatan: IL = interleukin, Th = T-helper, IFN = interferon.

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- Selama periode sensitisasi mencit dengan OVA + bakteri *Acinetobacter* secara intradermal, terjadi perubahan profil populasi subset sel T CD4<sup>+</sup> via persinyalan *antigen-presenting cell* (APC).
- Volume residu paru-paru mencit yang hanya disensitisasi dengan OVA akan meningkat sebagai respons awal terhadap pemaparan intranasal.
- Class-switching rantai berat antibodi menjadi IgG2A turut dibutuhkan dalam aktivasi respons alergi.
- Anak-anak yang tumbuh di lingkungan pertanian/perkebunan dapat diduga akan memiliki kerentanan mengidap alergi yang lebih rendah dibandingkan anak-anak yang tumbuh di lingkungan gurun.

30. Gambar di bawah ini merupakan sayatan midsagital hasil *magnetic resonance imaging* (MRI) otak dari seseorang yang mengalami gangguan dalam proses pembentukan bagian otak tertentu.

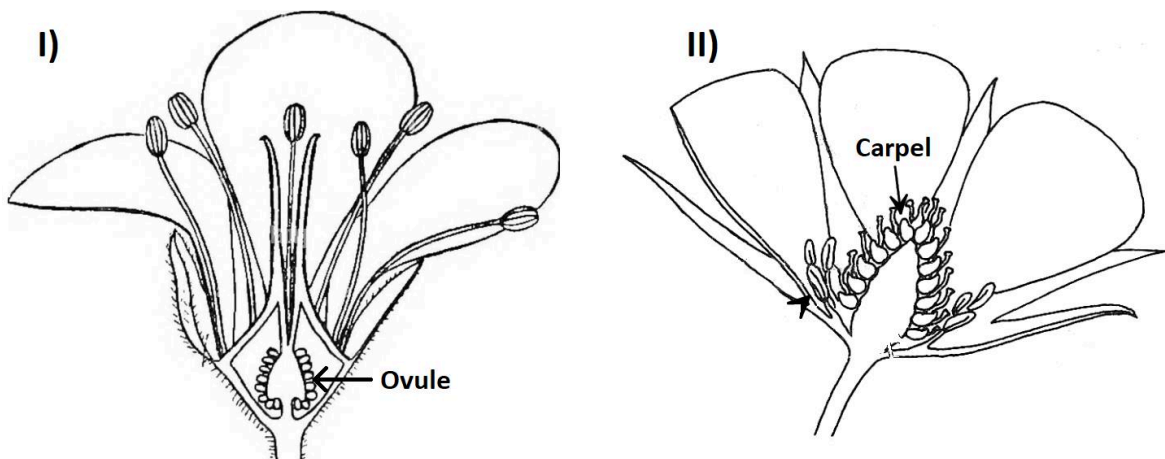


Tentukan manakah di antara pernyataan berikut yang merupakan konsekuensi dari kelainan tersebut dengan menjawab benar (B) dan yang bukan konsekuensi kelainan tersebut dengan menjawab salah (S)!

- A. Ketidakmampuan dalam membentuk emosi terutama rasa takut.
- B. Kegagalan dalam menyebutkan nama objek yang dipegang oleh tangan kiri.
- C. Sering terjatuh ketika berjalan.
- D. Hilangnya penglihatan binokuler.

### GENETIKA DAN EVOLUSI

31. Anda mengamati dua buah bunga dari spesies berbeda. Bunga I memiliki karpel tunggal dengan banyak ovulum di dalamnya, sedangkan bunga II memiliki banyak karpel dan terdapat satu ovulum setiap karpelnya.



Anda mencoba meninjau 5 gen bialelik heterozigot yang bersifat independen pada kedua spesies. Jika kelima gen memiliki dominansi sempurna dan kedua bunga dipolinsi oleh polen yang berasal dari tumbuhan heterozigot untuk semua gen, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Jumlah maksimal kombinasi genotipe ovulum bunga I lebih sedikit dibandingkan bunga II.
- B. Anda mengambil banyak biji yang dihasilkan setiap spesies dari fertilisasi di atas. Setelah ditumbuhkan, fenotipe anakan yang dihasilkan spesies I sama dengan spesies II.
- C. Dengan skema seperti pernyataan B, kombinasi genotipe anakan pada spesies II lebih banyak dibandingkan spesies I.
- D. Jika salah satu gen yang ditinjau berperan dalam mengatur warna buah, hasil fertilisasi pada bunga I dan II akan menghasilkan jumlah variasi fenotipe buah yang sama.

32. *Erythroblastosis fetalis* (EF) merupakan kelainan perkembangan yang disebabkan oleh aktivitas IgG ibu yang menyerang sel darah merah fetus. Peristiwa ini terjadi jika ibu dengan rhesus negatif ( $rh^-$ ) mengandung anak rhesus positif ( $rh^+$ ). Anak pertama dengan rhesus positif umumnya tidak mengalami kelainan. Akan tetapi, anak kedua dengan rhesus positif akan memiliki kelainan ini. Diketahui alel yang mengode rhesus positif bersifat dominan dibandingkan negatif.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Antibodi fungsional dimiliki oleh baik individu rhesus positif maupun negatif, sedangkan antigen terkait hanya dimiliki individu rhesus positif.
- B. EF hanya dapat terjadi jika ayah berfenotipe rhesus positif.
- C. Anak yang mengalami EF dapat bergenotipe homozigot maupun heterozigot.
- D. Sebuah populasi diketahui berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg dan frekuensi alel rhesus positif : negatif bernilai 1:1. Pasangan perkawinan acak yang dapat menghasilkan fetus EF memiliki peluang kurang dari 15%.

33. Karakter keberadaan “pantat” pada ayam Hongshan telah lama diteliti. Saat ini, gen penentu sifat *rumpless* (tanpa pantat) telah diketahui disebabkan alel dominan R dari suatu lokus yang berada di kromosom Z. Penampakan ayam normal (A dan B) serta *rumpless* (C dan D) dapat diamati pada gambar berikut.



**Keterangan:** Penampakan ayam jantan (A dan C) serta betina (B dan D).

Anda melakukan beberapa persilangan ayam Hongshan dengan skenario sebagai berikut.

- I. Ayam *rumpless* betina disilangkan dengan jantan normal menghasilkan F1. Individu jantan dan betina F1 saling disilangkan.
- II. Ayam *rumpless* jantan dan betina diambil secara acak dari populasi dan disilangkan.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Individu F1 jantan dan betina dari persilangan I memiliki fenotipe yang sama.
  - B. Pada persilangan I, proporsi F2 berfenotipe jantan *rumpless* lebih tinggi dibandingkan F2 betina berfenotipe sama.
  - C. Pada persilangan II, anakan berjenis kelamin betina masih mungkin memiliki fenotipe normal maupun *rumpless*, sementara anakan jantan hanya mungkin berfenotipe *rumpless*.
  - D. Sebuah populasi diketahui memiliki frekuensi alel *rumpless* sebesar 0,3. Dengan asumsi populasi berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg, frekuensi fenotipe normal pada jantan bernilai lebih tinggi dibandingkan pada betina.
34. Faiq ingin memetakan lokasi dan jarak relatif 5 buah gen yang berada pada kromosom yang sama. Ia menyilangkan beberapa individu heterozigot untuk dua gen secara *testcross*. Perhitungan anakan berfenotipe parental dan rekombinan dirangkum pada tabel berikut.

No	Persilangan	Total fenotipe anakan (% dari total)	
		Fenotipe parental	Fenotipe rekombinan
1	AaBb x aabb	75	25
2	BbCc x bbcc	98	2
3	CcDd x ccdd	84	16
4	CcEe x ccee	83	17
5	BbDd x bbdd	86	14
6	AaDd x aadd	89	11
7	BbEe x bbee	81	19

Jika 1% pindah setara dengan 1 cM, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Jika disusun secara acak, terdapat 120 macam susunan berbeda untuk kelima gen di atas.
  - B. Dua gen dengan posisi terjauh berjarak lebih dari 50 cM.
  - C. Terdapat satu buah gen yang berada di antara lokus D dan E.
  - D. Keempat gamet yang dihasilkan individu AaBb (persilangan 1) memiliki proporsi 1:1:1:1.
35. Populasi manusia di Pulau Pulpulu diketahui terisolasi dari manusia lain di Bumi. Napis ditugaskan mengamati golongan darah manusia-manusia di sana. Setelah 2 tahun, ia selesai bertugas dan mendapatkan data frekuensi alel sebagai berikut.

Frekuensi alel sistem ABO		Frekuensi alel sistem Rhesus	
I <sup>A</sup>	0,2	Rh <sup>+</sup>	0,4
I <sup>B</sup>	0,3	Rh <sup>-</sup>	0,6
I <sup>O</sup>	0,5		

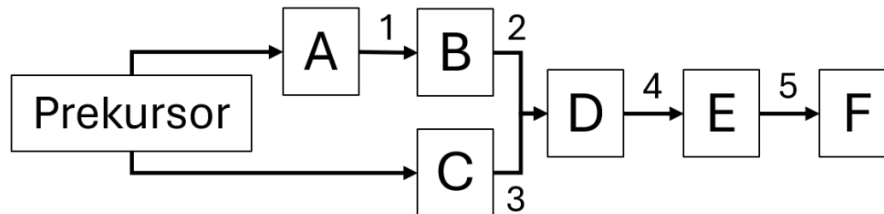
**Keterangan:** Kedua sistem golongan darah diatur oleh gen yang saling independen, serta keduanya berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.

Ukuran populasi Pulau Pulupulu diketahui sebanyak 20.000 individu. Suatu ketika terdapat wabah penyakit misterius yang mengeliminasi semua individu bergolongan darah O. Sifat alel penentu golongan darah sama dengan kaidah umum, yaitu alel A dan B saling kodominan, serta dominan terhadap alel O. Sementara itu, alel Rhesus positif dominan terhadap negatif.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Sebelum terjadi wabah, jumlah individu bergolongan darah A Rhesus positif lebih banyak dibandingkan golongan darah B Rhesus negatif.
- Dari semua individu bergolongan darah AB, lebih dari 50% di antaranya memiliki Rhesus negatif.
- Frekuensi alel penentu Rhesus tetap dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg setelah wabah terjadi.
- Jika setelah wabah terjadi populasi mengalami perkawinan acak, individu bergolongan O tidak akan ditemukan pada populasi generasi selanjutnya.

36. Suatu organisme memiliki jalur metabolisme nutrisi esensial seperti pada diagram berikut. Setiap langkah melibatkan satu enzim yang dikode oleh satu gen.



Arisu dan Usagi membuat 8 galur bakteri berisi plasmid mengandung 4 dari 5 gen pengode enzim dalam metabolisme di atas. Akan tetapi, karena kecerobohan Usagi, label penanda masing-masing galur hilang. Arisu kemudian melakukan percobaan ulang agar ia mampu memberikan label penanda dengan tepat. Percobaan dilakukan dengan menambahkan galur donor dan galur resipien pada media minimal + prekursor serta melibatkan proses transformasi. Tabel di bawah merupakan hasil percobaan yang dilakukan.

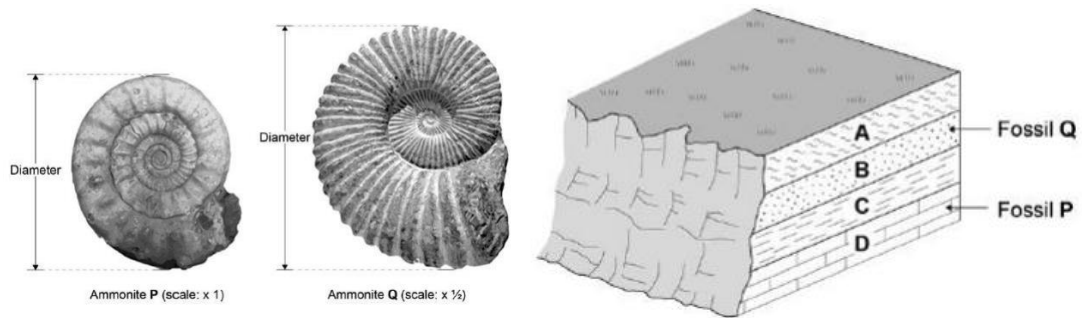
Galur resipien	AIB-2	A						
	AIB-3	+	+					
	AIB-4	-	+	+				
	AIB-5	+	C	E	H			
	AIB-6	+	+	-	I	J		
	AIB-7	+	D	F	+	+	-	
	AIB-8	B	-	G	+	+	K	+
		AIB-1	AIB-2	AIB-3	AIB-4	AIB-5	AIB-6	AIB-7
	Galur Donor							

**Keterangan:** (+) menandakan bakteri resipien mampu tumbuh, sedangkan (-) menandakan bakteri resipien tidak tumbuh.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

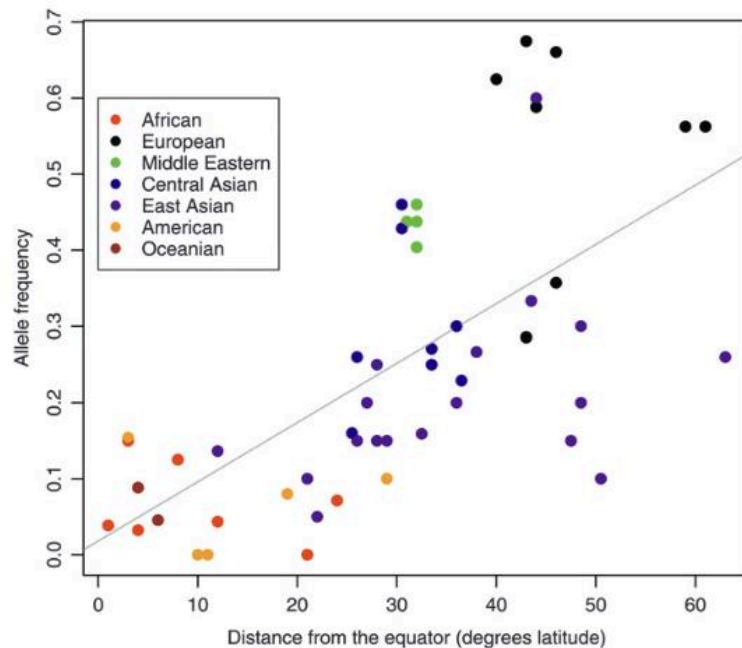
- Galur bakteri yang digunakan merepresentasikan kelima langkah pada jalur metabolisme di atas.
- Hasil yang ditandai dari huruf A hingga K terdiri atas 10 (+) dan 1 (-).
- Berdasarkan hasil di atas, telah diketahui pada langkah mana terjadinya mutasi pada masing-masing bakteri.
- Jika organisme yang memiliki jalur metabolisme di atas terdiri atas sel-sel eukariotik, maka plasmid yang ditransformasikan sebaiknya memiliki 4 promoter.

37. Gambar berikut menunjukkan empat lapisan batuan, A, B, C, dan D di mana fosil ammonite P dan Q ditemukan.



Tentukan manakah pernyataan berikut yang benar atau salah dalam mendukung kesimpulan ammonite Q berevolusi dari ammonite P?

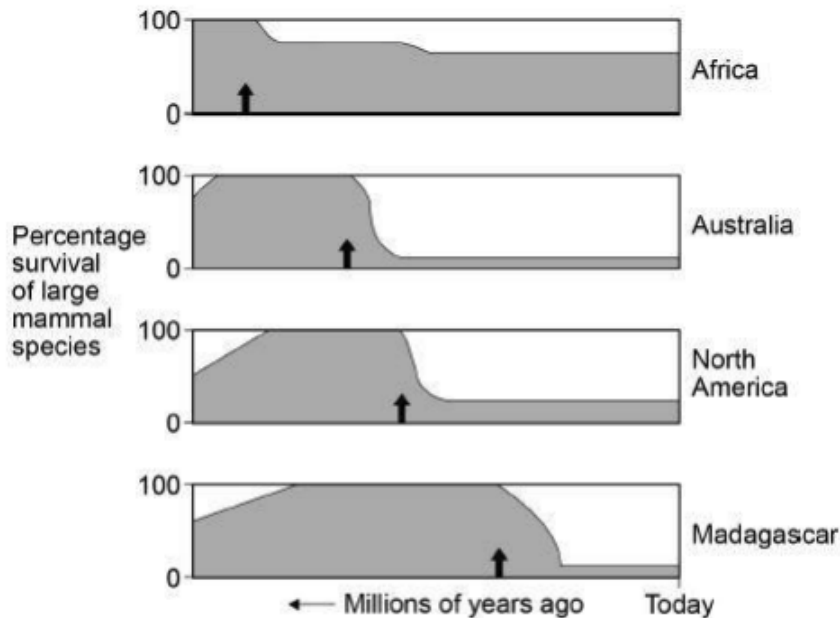
- A. P dan Q keduanya ditemukan dalam batuan kapur (limestone).
  - B. Q ditemukan di lapisan batuan yang lebih muda daripada P.
  - C. P memiliki warna yang lebih gelap dari Q.
  - D. Q memiliki massa yang lebih kecil dari P.
38. Berikut adalah grafil frekuensi alel dalam SNP AGT M235T terhadap jarak dari garis khatulistiwa. Titik data diwarnai berdasarkan area geografi populasi yang diwakili titik data. Alel yang diketahui meningkat frekuensinya seiring garis lintang ini diketahui mengurangi kemampuan tubuh untuk retensi sodium.



Berdasarkan informasi tersebut, tentukan apakah pernyataan berikut benar atau salah:

- A. Frekuensi alel di populasi-populasi di kawasan Asia Timur dan Tengah tidak mendukung korelasi antara posisi garis lintang dengan kelimpahan alel.
- B. Rendahnya frekuensi alel di Oceania dapat disebabkan oleh hanyutan genetik.
- C. Rendahnya frekuensi alel di Oceania dapat disebabkan oleh tekanan seleksi.
- D. Populasi manusia di area iklim yang lebih dingin memiliki kemampuan retensi sodium yang lebih tinggi daripada populasi manusia di iklim yang lebih hangat.

39. Kepunahan massal merupakan penurunan keanekaragaman hayati di Bumi dalam waktu yang relatif cepat. Gambar berikut menunjukkan persentase spesies mamalia yang masih ada pada saat ini (*today*) di empat area di Bumi (*percentage survival of large mammal species*), Afrika, Australia, Amerika Utara, dan Madagaskar. Tanda panah menunjukkan waktu manusia pertama kali muncul di keempat area tersebut.



Berdasarkan informasi tersebut, tentukan manakah pernyataan berikut yang benar dan salah mendukung kesimpulan "manusia menyebabkan kepunahan massal":

- A. Penurunan persentase spesies mamalia relatif tinggi di beberapa area.
  - B. Penurunan persentase spesies mamalia di Afrika cukup rendah.
  - C. Data hanya menunjukkan empat area di Bumi dan area lain tidak ditunjukkan.
  - D. Penurunan persentase tidak selalu dengan segera lalu penurunan melambat seiring waktu, menunjukkan penurunan dibersamai pertumbuhan populasi manusia.
40. Terdapat sebuah penelitian mengenai filogeografi dari kadal (*Eutropis multifasciata*), yaitu spesies kadal kebun yang tersebar luas di Asia Tenggara dan umum ditemukan di sekitaran manusia. Para peneliti ingin mengetahui mana dari area persebarannya yang merupakan area persebaran alami, dan mana yang merupakan hasil dari introduksi manusia. Mereka mengumpulkan lebih dari 350 sampel dari berbagai daerah di Asia Tenggara, lalu melakukan analisis filogenetik menggunakan data-data molekuler.

Mereka menemukan bahwa: terdapat empat klad utama yang secara geografis tidak tumpang tindih. Walaupun sering terjadi perpindahan dan penyebaran lewat aktivitas manusia (baik secara sengaja maupun tak sengaja), struktur genetik leluhur dari setiap garis keturunan tetap terjaga. Garis-garis keturunan ini juga dipisahkan oleh hambatan-hambatan geografis besar seperti garis Wallace, dan tanah genting Kra. Hal ini menandakan bahwa area persebaran alami dari spesies kadal ini sangatlah luas, yaitu hampir di seluruh Asia Tenggara. Di sisi lain, tanda adanya introduksi manusia terlihat pada area-area tepi/luar dari rentang persebaran alami tersebut, dan terjadi jauh lebih belakangan. Area tepi luar ini mencakup pulau-pulau Timur Indonesia, Taiwan, dan area-area tepi utara (Myanmar dan Pulau Hainan).

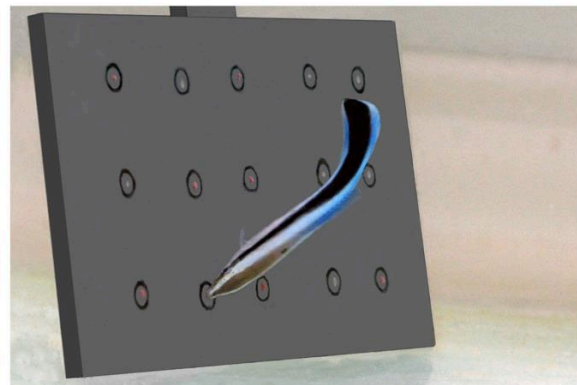
Berdasarkan informasi di atas, tentukan alasan yang bisa mendukung luasnya persebaran alami kadal kebun tersebut meskipun sering terbawa perpindahan manusia. Tandai pernyataan yang mendukung dengan (B) dan yang tidak mendukung dengan (S).

- A. Adanya adaptasi lokal yang membuat populasi di suatu area lebih cocok dengan lingkungannya sehingga mampu menahan aliran gen dari populasi lain yang dibawa manusia dari berbagai area lainnya.
- B. Kepadatan populasi yang tinggi di suatu area menyebabkan perbedaan frekuensi alel yang terlalu tinggi antara lokal dan pendatang, sehingga sulit bagi individu-individu pendatang untuk bisa mengubah struktur genetik lokal.
- C. Adanya banyak pulau-pulau di Timur Indonesia yang belum ditempati oleh spesies kadal tersebut sebelumnya.
- D. Adanya hambatan geografis besar yang membuat percampuran antar garis keturunan tetap terjadi secara bebas di seluruh Asia Tenggara.

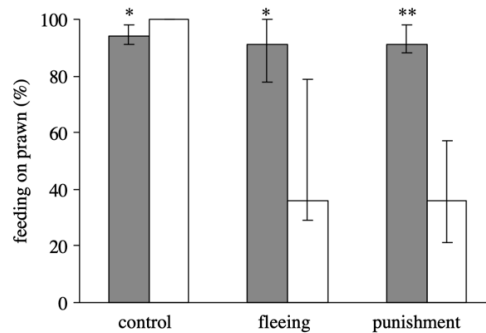
### ETOLOGI

41. Di ekosistem laut, terdapat kooperasi antara ikan pembersih dengan ikan berukuran lebih besar (klien) yang banyak ditemeli oleh ektoparasit. *Labroides dimidiatus* adalah ikan pembersih yang paling dipelajari secara ekstensif. Namun, eksperimen preferensi makanan mengungkapkan bahwa *L. dimidiatus* sebenarnya lebih memilih mengonsumsi lapisan mukus yang bermanfaat untuk klien mereka dibanding ektoparasit. Beberapa ikan pembersih yang benar-benar mengonsumsi mukus selama melakukan pembersihan disebut menyalahi kooperasi (*cheating*). Bshary dan koleganya meneliti apakah respons oleh klien non-predator berupa mengejar (*punishment*) ikan pembersih dan pergi (*fleeing*) meninggalkan stasiun pembersihan dapat secara efektif menekan perilaku *cheating* tersebut.

Eksperimen terdiri dari fase belajar dan fase *foraging*. Pada fase belajar, kelompok kontrol dapat mengonsumsi seluruh jenis makanan tanpa gangguan, sedangkan kelompok *fleeing* akan ditarik seluruh makanannya dan kelompok *punishment* akan dikejar apabila mengonsumsi jenis makanan yang lebih disukai. Setelah fase belajar, pada fase *foraging* seluruh kelompok dipaparkan terhadap berbagai jenis makanan dan jumlah konsumsi makanan favorit *L. dimidiatus* dihitung.



**Gambar 1.** Kiri menunjukkan *L. dimidiatus* yang sedang membersihkan kliennya. Kanan menunjukkan *setup* eksperimen, yaitu ikan dipaparkan ke pelat berisi makanan kesukaan mereka (warna merah, *prawn*) dan makanan yang tidak terlalu disukai (warna putih).



**Gambar 2.** Persentase makanan favorit yang dikonsumsi oleh setiap kelompok pada fase belajar (abu-abu) dan fase *foraging* (putih).

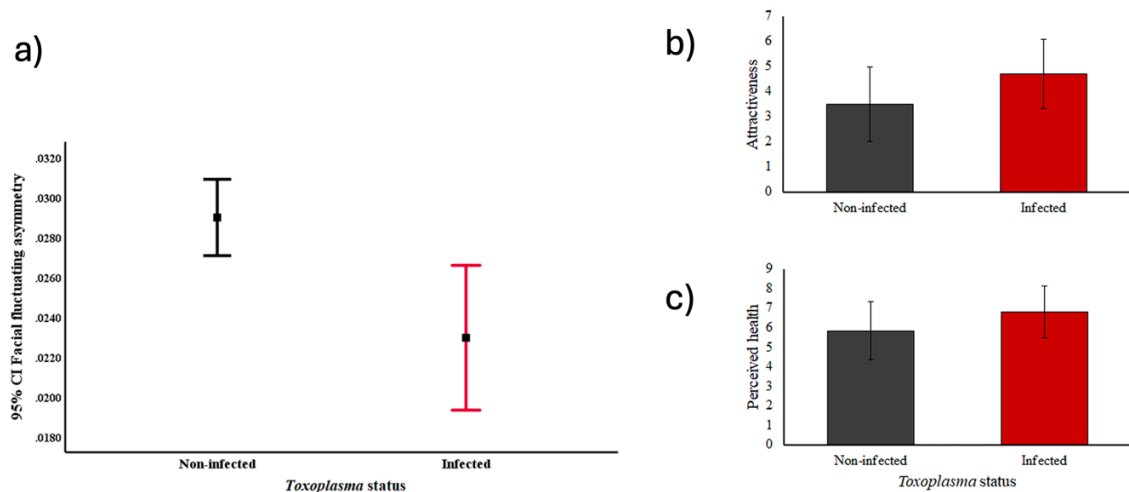
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. *Proximate causation* yang mungkin mendorong kemunculan perilaku *cheating* adalah klien mampu mengamati performa ikan pembersih sebelum memutuskan untuk mendatangi stasiun pembersihan.
- B. Seleksi alam umumnya akan mendukung perilaku yang paling menguntungkan untuk bertahan di populasi seperti mengonsumsi mukus, tapi aturan Hamilton mampu menjelaskan mengapa kooperasi *L. dimidiatus* dengan kliennya justru lebih sering teramati.
- C. *Ultimate causation* dari perilaku kooperatif *L. dimidiatus* adalah ektoparasit tetap bernutrisi dan tidak membahayakan untuk dikonsumsi.
- D. Frekuensi *cheating L. dimidiatus* kemungkinan akan berbeda apabila kliennya merupakan predator.

42. Setelah menonton film *Ada Apa dengan Cinta?*, seorang siswa OSN Biologi terinspirasi untuk memiliki kisah cinta semasa SMA seperti Rangga dan Cinta. Namun, karena OSN sudah semakin dekat, siswa tersebut memutuskan untuk belajar saja tentang konsep *mating choice* di etologi. Seleksi seksual biasanya mengunggulkan individu dengan genotip yang baik serta fenotip kuat dan sehat. Maka dari itu, individu yang terinfeksi parasit biasanya tidak menampilkan karakter yang menarik secara seksual. Sebuah penelitian mengungkapkan bagaimana infeksi *Toxoplasma gondii* mempengaruhi beberapa pengukuran terkait *attractiveness*, baik di pria maupun wanita.



**Gambar 1.** Composite images dari 10 wanita dan pria yang terinfeksi *T. gondii* (a) dan tidak (b).



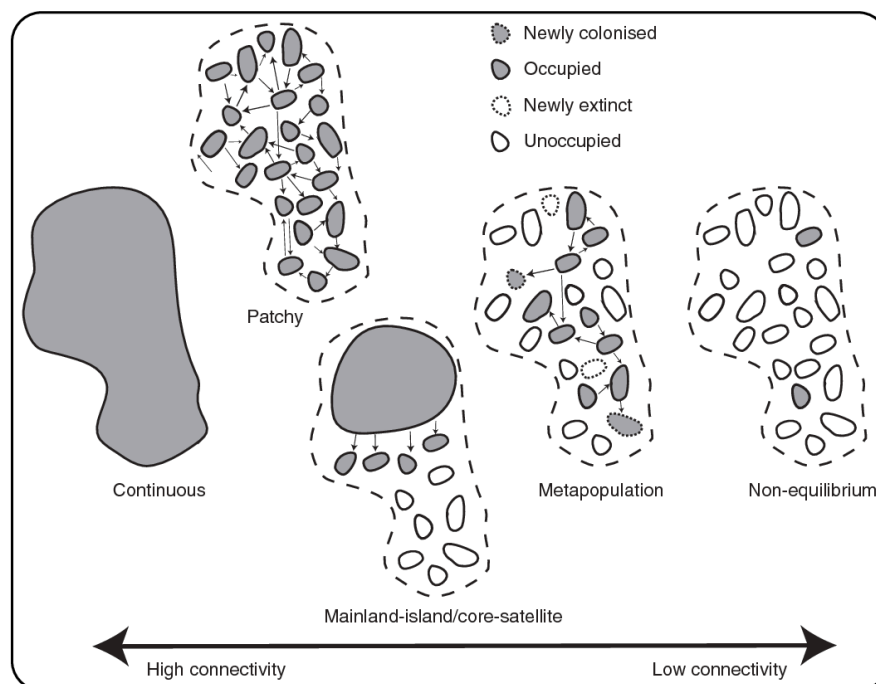
**Gambar 2.** a) Level fluktuasi asimetri wajah ( $p = 0,006$ ), b) level *attractiveness* ( $p < 0,001$ ), dan c) level kesehatan ( $p < 0,001$ ) dari individu yang terinfeksi dan tidak terinfeksi.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Terinfeksi oleh parasit menurunkan potensi suatu individu mendapatkan pasangan.
- B. Kesimpulan penelitian ini dapat diperkuat oleh temuan dari penelitian lain yang mengungkapkan bahwa tikus terinfeksi oleh *T. gondii* menjadi tertarik ke bau kucing.
- C. Wajah yang simetris adalah sinyal untuk genotip yang berkualitas.
- D. Strategi parasitisme seperti milik *T. gondii* sulit ditemukan pada parasit yang ditransmisikan secara seksual.

### EKOLOGI

43. Fragmentasi bentang alam menciptakan populasi yang terfragmentasi, tetapi migrasi masih dapat memindahkan individu dan menciptakan populasi yang saling terhubung, secara kolektif disebut sebagai metapopulasi. Gambar berikut ini menggambarkan beberapa tipe metapopulasi dan populasi yang mungkin terjadi, ditentukan oleh level konektivitas antar *patch* penyusunnya.

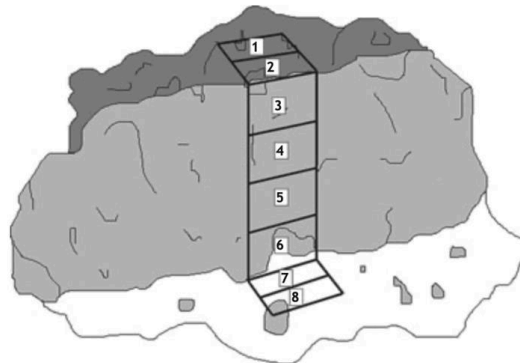


No.	Contoh Metapopulasi
1.	Suatu sungai besar menyuplai ikan ke sungai-sungai lebih kecil di sekitarnya setelah kejadian kepunahan lokal di sungai-sungai tersebut.
2.	Suatu kolam berisi populasi amfibi yang dikelilingi oleh pembangunan properti oleh manusia. Kolam lain yang terdekat tidak akan bisa dicapai oleh amfibi tersebut.
3.	Habitat lahan basah yang tersebar serupa mozaik, namun populasi burung masih bisa berpindah dengan bebas di dalamnya.

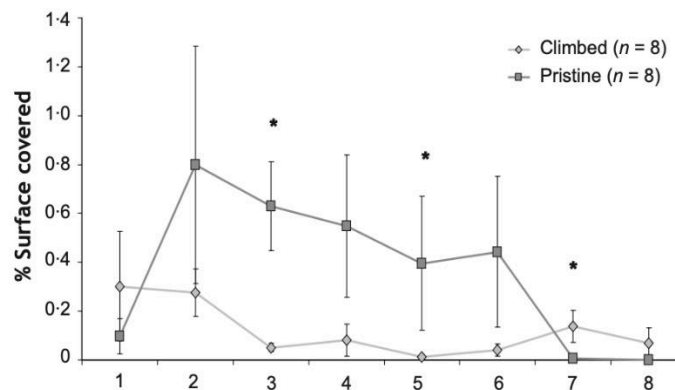
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S) terkait contoh metapopulasi di atas!

- A. Kolonisasi asimetris yang ditunjukkan oleh contoh 1 mendasari keputusan konservasi untuk memprioritaskan jalur dispersi yang menghubungkan beberapa *islands*.
- B. Laju rekolonisasi dan kepunahan yang tinggi di contoh 3 merupakan karakteristik dari metapopulasi dengan tipe *patchy*.
- C. Strategi konservasi yang tepat untuk contoh 2 adalah reintroduksi individu baru ke populasi untuk mencegah kepunahan.
- D. Meningkatkan konektivitas akan menghomogenisasi *genetic make up* individu-individu di dalamnya.

44. Ekosistem tebing biasanya adalah ekosistem yang terlindungi dari gangguan manusia. Namun, kegiatan *rock climbing* mulai populer dan dapat mempengaruhi vegetasi yang biasanya tumbuh di sepanjang tebing. Vogler dan Reisch meneliti bagaimana pengaruh kegiatan itu terhadap struktur populasi dan variasi genetik *Draba azoides*.



**Gambar 1.** Kiri menunjukkan *D. azoides* yang biasa tumbuh di celah-celah tebing. Kanan adalah transek vertikal yang dibangun peneliti dan terbagi menjadi 8 bagian. Bagian 1-2 berada di puncak tebing, bagian 3-6 di wajah tebing, dan bagian 7-8 di dasar tebing.



**Gambar 2.** Distribusi densitas populasi *D. azoides* pada tebing yang dipanjat (*climbed*) dan yang tidak (*pristine*) di sepanjang transek vertikal.

Level of variation	d.f.	SS	MS	%	P
Populations from climbed vs. populations from pristine cliffs					
Among climbed/pristine cliffs	1	118.26	118.26	0.00	n.s.
Among populations	8	1058.56	132.32	46.26	0.001***
Within populations	189	1379.62	7.30	53.74	0.001***
Individuals of the upper half vs. individuals from lower half of climbed cliffs					
Among groups	8	470.40	58.80	43.00	0.001***
Within groups	90	627.80	6.98	57.00	0.001***
Individuals of the upper half vs. individuals from lower half of pristine cliffs					
Among groups	8	625.68	78.21	50.00	0.001***
Within groups	89	644.60	7.24	50.00	0.001***

**Gambar 3.** Hasil analisis variansi molekuler (AMOVA) antara populasi *climbed* dan *pristine*, serta antara subpopulasi *upper* dan *lower* dari kedua tebing. % adalah proporsi variasi genetik yang disebabkan oleh level variasi tersebut.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Climber* kemungkinan membantu dispersi biji *D. azoides* dari subpopulasi bagian atas ke subpopulasi bagian bawah tebing.
- Climbing* menurunkan variasi genetik populasi *D. azoides*.
- Sesuai dengan hipotesis *intermediate disturbance*, penelitian ini membuktikan bahwa gangguan dapat memberikan kesempatan genotip baru menyebar di populasi.
- Beberapa tahun kemudian, studi lanjutan terkait variasi genetik *D. azoides* mungkin saja menunjukkan penurunan variasi di tebing *climbed* karena berkurangnya ukuran populasi.

45. Gangguan (*disturbance*) bisa jadi memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan. salah satu bentuk gangguan tersebut adalah herbivori. Data di bawah merupakan perbandingan tinggi kecambah beberapa pohon yang menjadi potensi sumber makanan bagi rusa di daerah setempat. Pengamatan berfokus pada area yang terhalang pagar dan tidak (kontrol).

Spesies	Kontrol	Terhalang pagar
<i>Acer rubrum</i>	55,55 ± 8,70 <sup>bc</sup>	104,25 ± 8,96 <sup>a</sup>
<i>Acer saccharum</i>	44,53 ± 11,30 <sup>c</sup>	93,14 ± 10,08 <sup>a</sup>
<i>Fagus grandifolia</i>	42,64 ± 9,29 <sup>c</sup>	50,94 ± 8,98 <sup>c</sup>
<i>Prunus serotina</i>	88,10 ± 16,40 <sup>ab</sup>	81,43 ± 12,02 <sup>ab</sup>

**Keterangan:** perbedaan huruf antara kedua perlakuan menandakan perbedaan yang signifikan.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Penelitian tersebut memperlihatkan efek *top-down* yang mampu mencegah suksesi sekunder.
- Rusa yang teramati pada lokasi penelitian bersifat monofagus.
- Pertumbuhan yang optimal dari kecambah genus *Fagus* dan *Prunus* mampu menjadi indikator efek rusa terhadap hutan.
- Dibandingkan *A. rubrum*, *P. serotina* bersifat lebih *stress tolerant*.

46. Pak Husna mengamati pola kesintasan suatu spesies berang-berang, *Castor canadensis*, di Newfoundland, Kanada. Setelah melakukan pengamatan ukuran populasi dari berbagai kelompok usia  $x$ , beliau menabulasikan data-data penemuannya ke dalam tabel. Sayangnya si Alfred, kucing peliharaan Pak Husna, menggigit sebagian kertas berisi data jumlah populasi.

Kelompok umur ( $x$ )	Jumlah mortalitas kelompok umur ( $d_x$ )	Fertilitas kelompok umur ( $m_x$ )	Jumlah populasi ( $n_x$ )	Proporsi kesintasan ( $l_x$ )
0 – 1	1.995	0,000	3.695	1,000
1 – 2	684	0,315	1.700	0,460
2 – 3	359	0,400	1.016	0,275
3 – 4	286	0,895	657	
4 – 5	98	1,244		
5 – 6	68	1,440		
6 – 7	40	1,282		
7 – 8	38	1,280		
8 – 9	14	1,387		
9 – 10	26	1,080		
10 – 11	37	1,800		
11 – 12	4	1,080		
12 – 13	17	1,440		
13 – 14	7	0,720		
14+	22	0,720		

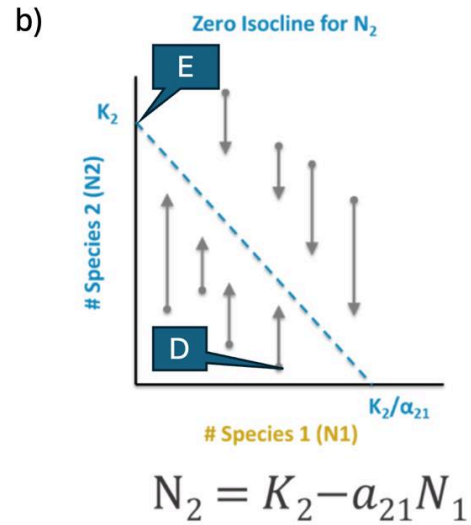
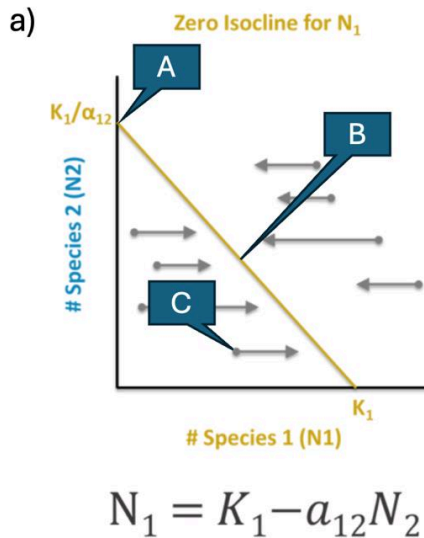
Sekalipun demikian, Pak Husna yakin masih bisa menganalisis populasi ini lebih lanjut menggunakan data yang tersisa. Salah satu yang ingin diketahui adalah laju reproduksi bersih ( $R_0$ ) yang dapat dicari dengan rumus berikut ini.

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

Bantu Pak Husna melakukan analisis tersebut dengan menentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Jumlah populasi kelompok umur 12-13, 13-14, dan 14+ secara berturut-turut adalah 29, 22, dan 0.
  - B. Berdasarkan plot jumlah populasi *C. canadensis* terhadap usianya, dapat disimpulkan bahwa spesies ini menunjukkan kesintasan tipe III karena kebanyakan individu mati di usia muda.
  - C. Laju reproduksi bersih populasi ini lebih dari 0,500.
  - D. Dalam melakukan penelitian ini, Pak Husna mengikuti suatu kohort *C. canadensis* dari kelahiran hingga kematian mereka.
47. Di alam, populasi suatu spesies hidup berdampingan dengan populasi spesies lain, sehingga dinamika populasi tersebut akan dipengaruhi baik oleh kompetisi intraspesifik maupun interspesifik. Model Lotka-Volterra memprediksi bagaimana populasi merespons kedua jenis kompetisi dalam usaha mendapatkan sumber daya yang cukup. Dua grafik berikut ini menggambarkan garis isoklin, yaitu kondisi di mana suatu spesies berhenti bertambah banyak.

- N = jumlah individu dalam suatu populasi
- K = *carrying capacity*
- $\alpha$  = efek per kapita satu spesies terhadap spesies lainnya



Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Titik E menunjukkan apabila tidak ada spesies 1 sama sekali, jumlah spesies 2 hanya akan ditentukan oleh *carrying capacity* spesies tersebut.
- B. Pergerakan dari titik B ke titik A menggambarkan bahwa seiring meningkatnya jumlah spesies 2, tekanan kompetisi terhadap spesies tersebut semakin tinggi, hingga seluruh sumber daya spesies 2 dihabiskan oleh spesies 1.
- C. Titik C dan D sama-sama menunjukkan kelimpahan awal spesies 1 yang akan bertambah sampai mencapai garis isoklin.
- D. Model pertumbuhan populasi secara logistik tidak dapat menggantikan kedua grafik di atas.

### BIOSISTEMATIKA

48. Berikut merupakan urutan basa gen sitokrom oksidase yang telah disejajarkan dari beberapa spesies belangkas (*horseshoe crab*); masing-masing dua individu (A dan B). Titik menandakan kesamaan nukleotida dengan *T. tridentatus*.

Spesies	1									30
T. tridentatus A, B	ggc	cac	cct	gaa	gtt	tat	att	tta	att	ctc
T. Gigas A, B	.. t	...	...	...	...	...	...	c . t	.. c	.. t
C. rotundicauda A,B	.. a	...	...	...	.. C	...	...	c ..	.. C	...
L. polyphemus A	.. g	.. t	...	...	.. C	.. C	...	...	...	.. t
L. polyphemus B	.. g	...	...	...	.. C	.. C	...	...	g ..	.. t

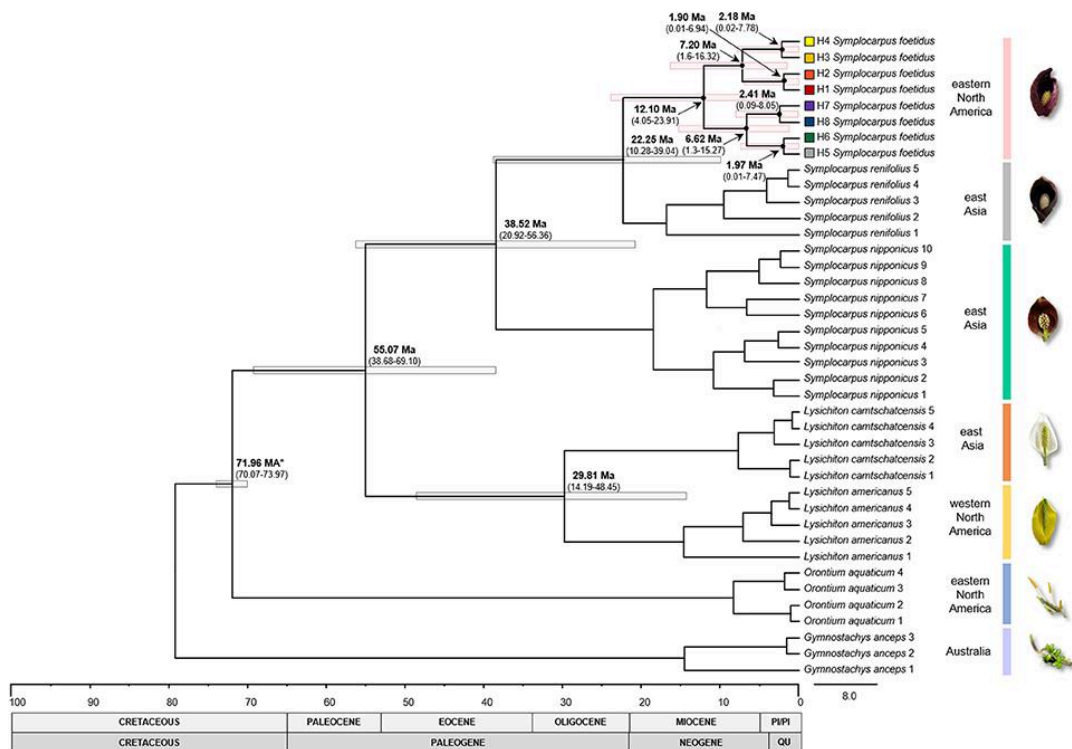
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Variasi intraspesifik *L. polyphemus* lebih rendah dibandingkan variasi interspesifiknya.
- B. Berdasarkan tabel, terdapat 21 situs konservatif.
- C. Terdapat 6 situs polimorfik antara *L. polyphemus* A dan *L. polyphemus* B.
- D. Jika dibuat pohon UPGMA dari 8 individu di atas, unit taksonomi operasional (OTU) yang pertama kali terbentuk adalah *L. polyphemus* A dan *L. polyphemus* B

49. Zazensou (ザゼンソウ) merupakan salah satu tumbuhan yang berada dalam genus *Symplocarpus* dengan ilustrasi seperti Gambar berikut.



Genus *Symplocarpus* berada di dalam subfamili Orontioideae dengan genus lain berupa *Lysichiton* dan *Orontium*. Gambar di bawah memperlihatkan kronogram dari subfamili tersebut berbasis data molekuler. Sumbu X menandakan waktu dalam satuan juta tahun lalu (Ma).

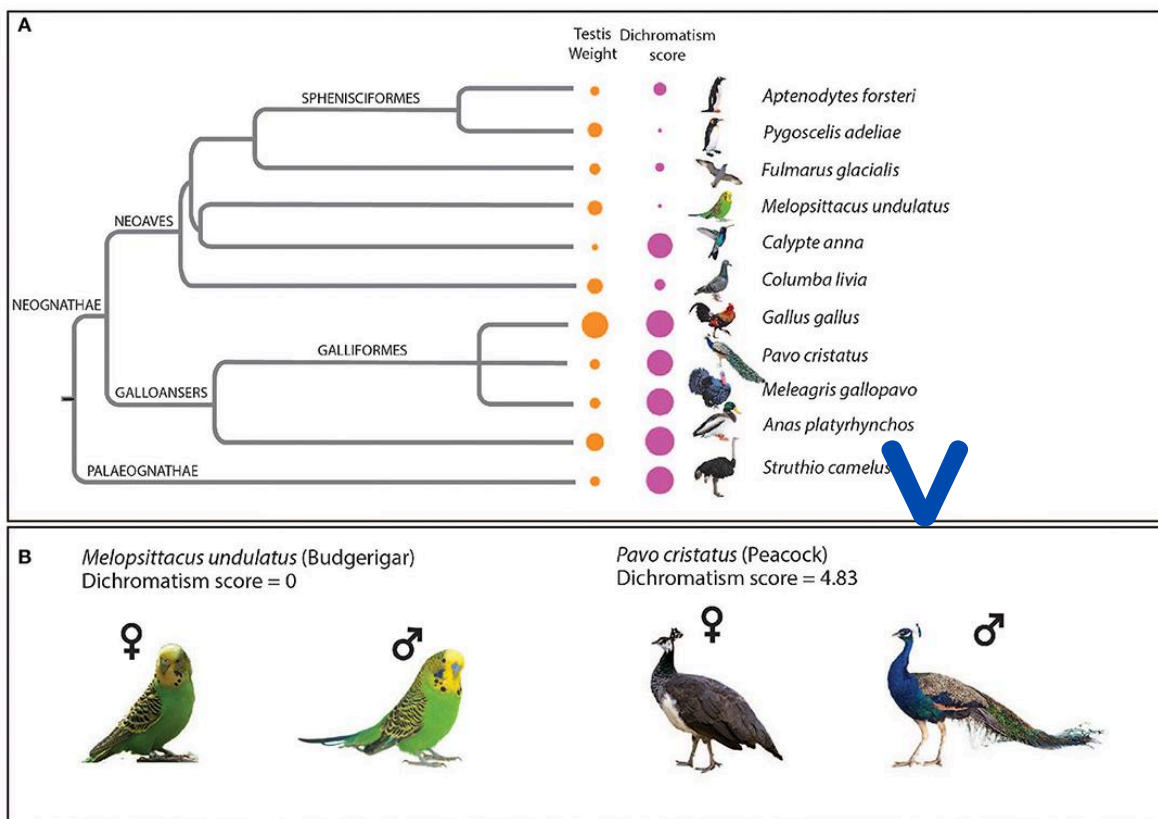


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Pengelompokan *Symplocarpus* berdasarkan lokasi menghasilkan dua klad monofiletik.
- Jika radiasi adaptif burung terjadi tepat pada perbatasan Kretaseus-Paleogen (K-Pg), maka *Orontium* terpisah dari taksa saudaranya sebelum radiasi adaptif burung.
- Spesiasi pertama dari genus *Symplocarpus* dan *Lysichiton* terjadi pada periode yang sama.
- Data molekuler yang digunakan lebih mungkin berasal dari gen pengode ribosom dibandingkan gen pengode protein fotosintetik.

50. Di dalam sebuah penelitian mengenai seleksi seksual, dilakukan analisis perbandingan urutan genom burung merak dengan 10 genom burung lainnya yang memiliki strategi seleksi seksual yang beragam.

Gambar A menunjukkan klad-klad dari pohon kekerabatan burung yang dihasilkan. Diperlihatkan juga berat testis relatif dan derajat dikromatisme (perbedaan warna bulu antar jantan dan betina) dalam bentuk lingkaran berwarna. Ukuran lingkaran tersebut menunjukkan besarnya nilai parameter tersebut. Spesies yang dipakai dalam analisis adalah burung kolibri (*Calypte anna*), penguin raja (*Aptenodytes forsteri*), fulmar utara (*Fulmaris glacialis*), penguin adelia (*Pygoscelis adeliae*), budgerigar (*Melopsittacus undulatus*), merpati batu (*Columba livia*), merak (*Pavo cristatus*), ayam (*Gallus gallus*), turki (*Meleagris gallopavo*), bebek mallard (*Anas platyrhynchos*), dan burung unta (*Struthio camelus*). Gambar B menunjukkan jantan dan betina dari merak (*Pavo cristatus*) dan budgerigar (*Melopsittacus undulatus*), bersama dengan nilai rata-rata derajat dikromatisme mereka.



Berdasarkan informasi di atas, tentukan apakah pernyataan di bawah ini benar (B) atau salah (S)!

- A. *Gallus gallus* merupakan spesies dengan tingkat kompetisi intra dan interseksual yang tinggi, baik sebelum maupun sesudah kopulasi terjadi.
- B. Klad Neoaves berisi burung-burung yang monogami, minimal dalam satu musim kawin.
- C. Berdasarkan prinsip parsimoni, leluhur bersama paling muda dari burung-burung ini kemungkinan memiliki betina dengan preferensi seksual yang kuat terhadap fenotipe warna bulu jantan.
- D. Penggunaan parameter berat testis dan derajat dikromatisme berguna untuk melihat pola seleksi seksual pra-kawin (*pre-copulatory sexual selection*).