



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PRESTASI NASIONAL

OLIMPIADE SAINS NASIONAL
BIDANG BIOLOGI
TINGKAT PROVINSI 2023

SELEKSI CALON PESERTA
INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD (IBO)
TAHUN 2024

PETUNJUK:

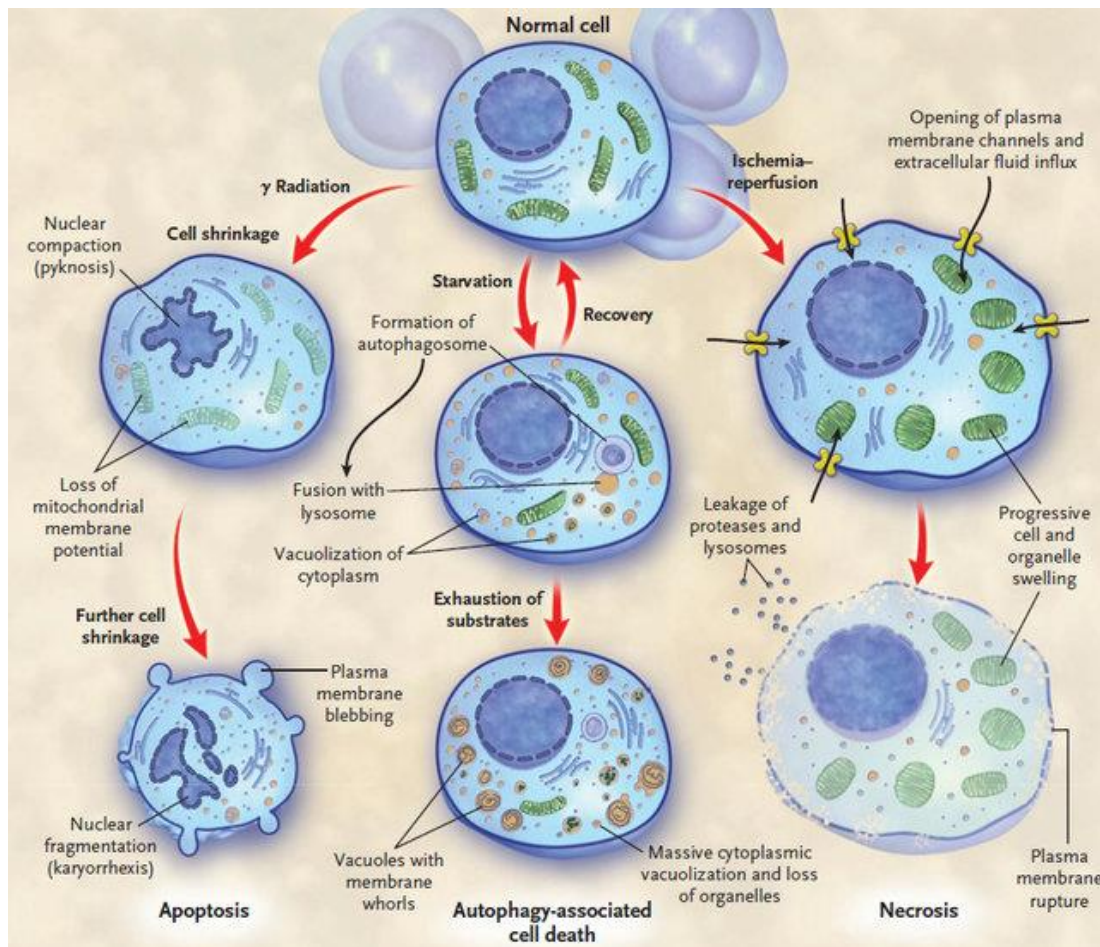
1. Isilah nama dan asal sekolah anda pada lembar jawaban.
2. Soal ini berjumlah **50 nomor** dengan masing-masing **empat pernyataan** yang perlu ditentukan apakah **Benar (B)** atau **Salah (S)**. Tiap pernyataan yang dijawab dengan tepat akan mendapatkan nilai 1.
3. **Tuliskan jawaban Anda dengan menghitamkan lingkaran berhuruf "B" atau "S" pada kolom jawaban yang sesuai.**
4. **Nilai maksimal adalah 200.**
5. Gunakan pensil 2B untuk mengisi jawaban yang tepat pada lembar yang telah disediakan dengan cara menghitamkan kolom B (Benar) atau S (Salah). Jika anda ingin mengganti jawaban, cukup hapus warna hitam pada jawaban sebelumnya hingga bersih dan mengganti dengan jawaban yang baru.
6. Kalkulator BOLEH digunakan selama test berlangsung.
7. TIDAK ada sistem minus sehingga SEMUA soal sebaiknya dijawab.
8. Waktu ujian adalah 180 menit.



TIM OLIMPIADE BIOLOGI INDONESIA
2023

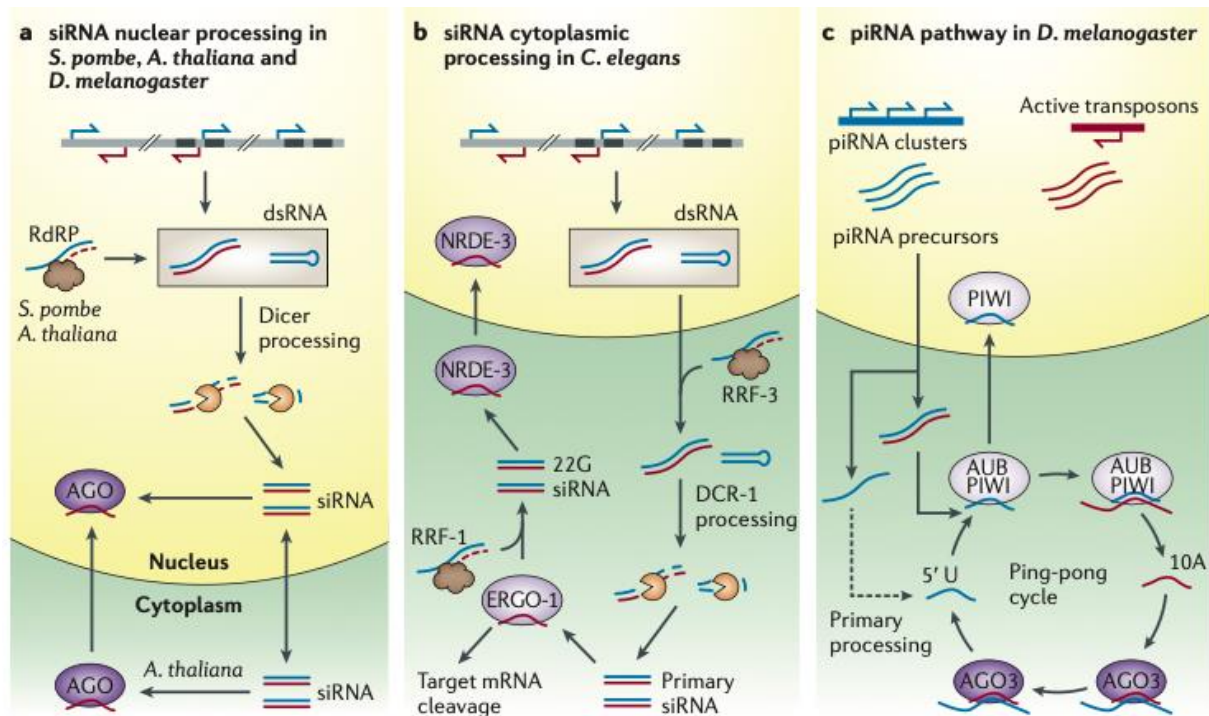
BIOLOGI SEL MOLEKULER

- Proses kematian sel dapat terjadi melalui beberapa mekanisme yang dijelaskan pada gambar berikut ini.



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

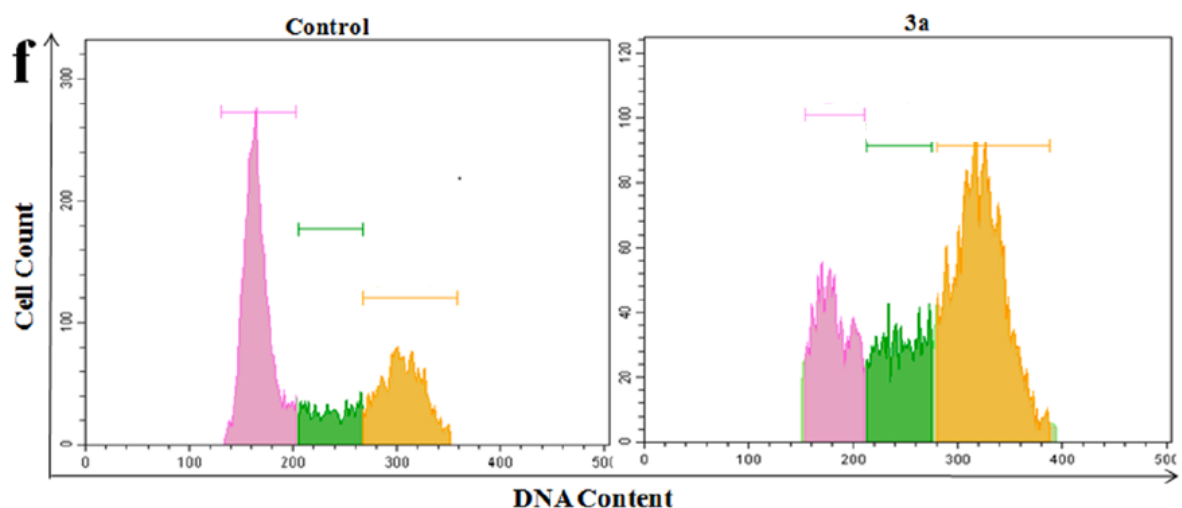
- Penentuan jenis kematian sel berdasarkan terbentuknya *membrane blebbing* dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *scanning* atau *transmission electron microscopy*.
 - Proses apoptosis di hewan dapat menyebabkan peradangan di jaringan sekitarnya.
 - Ketiga proses di atas tidak melibatkan makrofag.
 - Bentuk membran saat nekrosis dapat menyerupai membran dari sel yang mengalami krenasi.
- Kontrol ekspresi gen pada eukariot terjadi pada beberapa tahap yang melibatkan berbagai protein, nukleotida dan/atau modifikasi keduanya. Salah satu makromolekul yang banyak berperan adalah *small* RNA. Perhatikan skema jalur umum biogenesis *small* RNA di bawah ini!

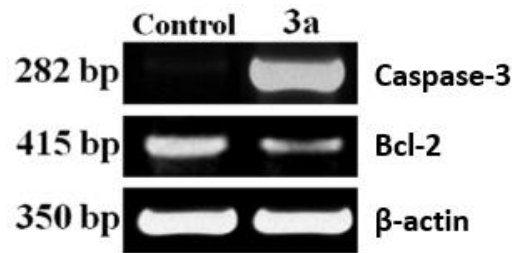


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Mature small RNA* dapat berfungsi di sitoplasma maupun nukleus.
- Analisis lokalisasi *small RNA* tersebut dapat dilakukan dengan teknik *Western Blotting*.
- Small RNA* dapat ditranspor ke sitosol melalui difusi melintasi membran nukleus.
- Kebanyakan protein yang terlibat dalam pemrosesan *small RNA* di *C. elegans* tidak memiliki *nuclear leading signal*.

- Sintesis Apoptoksin 4869 (APTX4869) diduga melibatkan senyawa *8-nitroquinoline*. Shyamsivappan *et al.* mengamati pengaruh senyawa *quinoline-thiosemicarbazones* (3a) yang disintesis dari *8-nitroquinoline* terhadap siklus sel dan ekspresi gen.





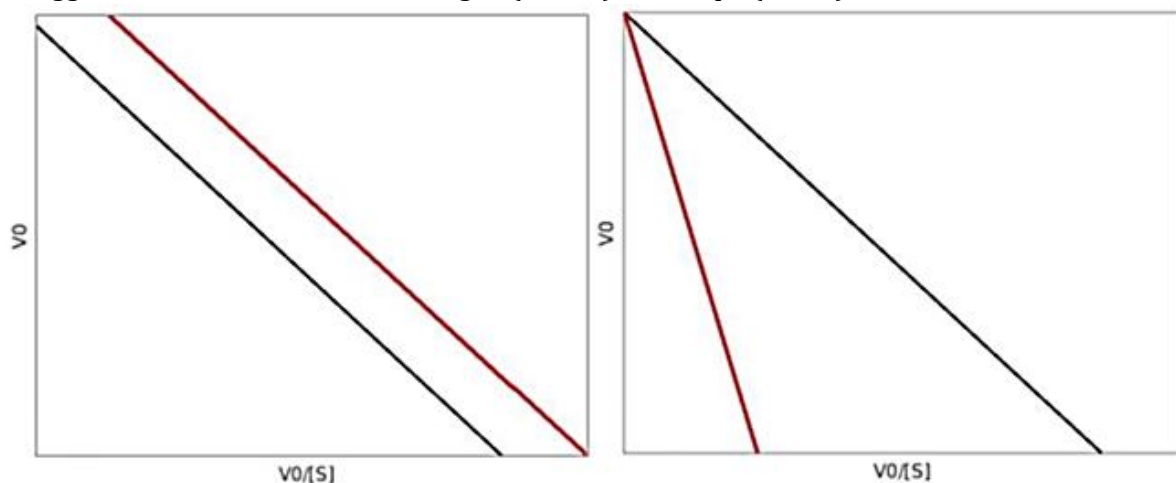
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Siklus sel pada kelompok kontrol menunjukkan bahwa fase G2/M terjadi lebih lama dibandingkan fase S.
- APT4869 kemungkinan mencegah sel melewati *checkpoint* G2/M.
- APT4869 secara berturut-turut memicu penurunan dan peningkatan ekspresi gen Caspase-3 dan Bcl-2.
- Gen pengkode β-actin digunakan sebagai kontrol internal (*housekeeping gene*) pada analisis ekspresi gen di atas.

4. Persamaan di bawah merupakan hasil transformasi dari persamaan Michaelis-Menten.

$$V_0 = -K_M \frac{V_0}{[S]} + V_{\max}$$

Asam paraaminobenzoat (PABA) diketahui merupakan substrat dari dihidropteorat sintase. Sulfanilamida merupakan molekul yang serupa secara struktur analog dengan PABA dan menghambat aktivitas enzim dihidropteorat sintase secara reversibel dengan mengikat situs aktif enzim. Gambar di bawah menunjukkan dua grafik yang mungkin merepresentasikan pengaruh inhibitor terhadap aktivitas enzim. Garis pada gambar secara berturut-turut menggambarkan aktivitas enzim dengan (merah) dan tanpa (hitam) inhibitor.

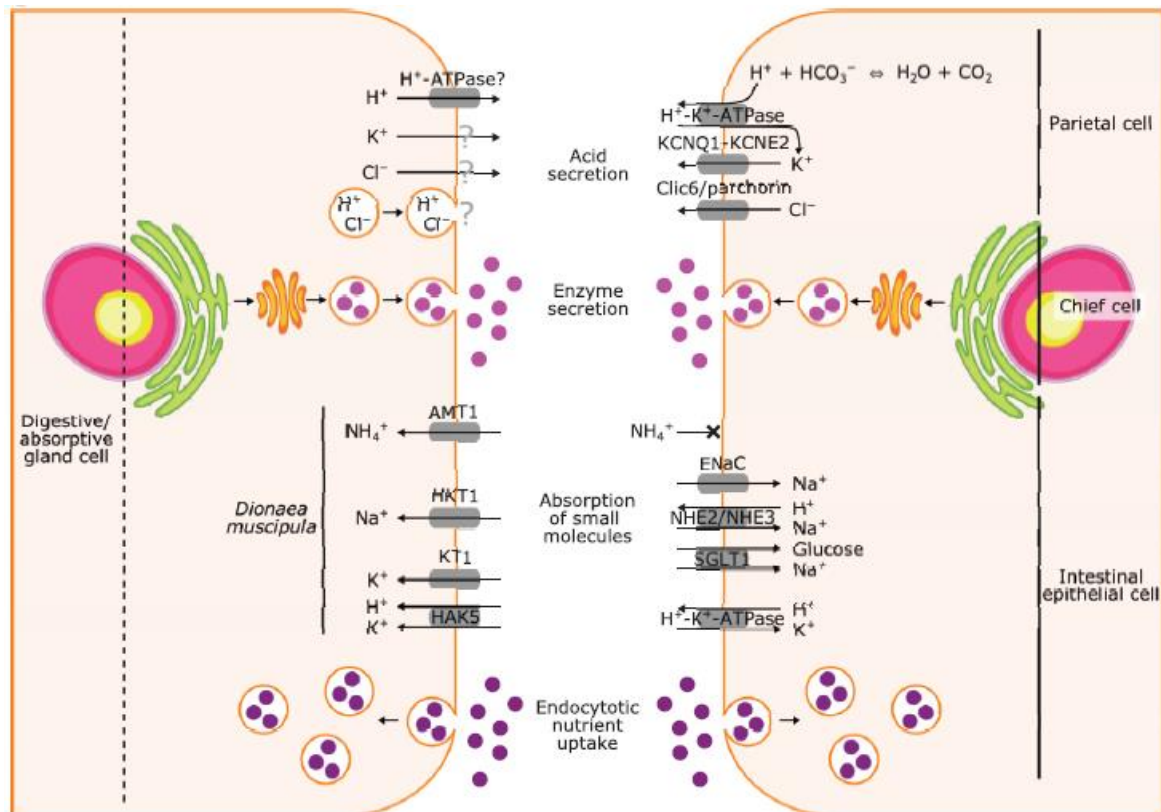


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Grafik di sebelah kiri menunjukkan inhibitor yang mengubah nilai $V_{\max}$, namun tidak mengubah nilai K_M .
- Efek inhibitor kompetitif terhadap aktivitas enzim ditunjukkan oleh grafik di sebelah kiri.
- Efek sulfanilamida terhadap aktivitas enzim dihidropteorat sintase ditunjukkan oleh grafik di sebelah kanan.

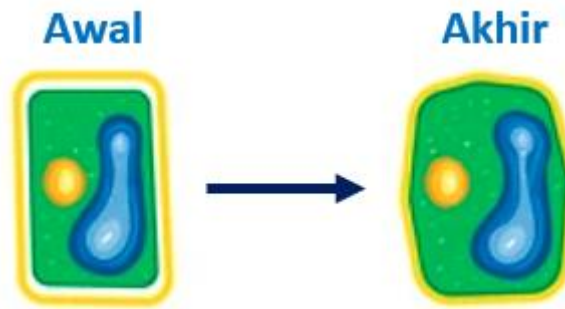
D. Efek sulfanilamida terhadap aktivitas enzim mirip dengan efek *sodium dodecyl-sulpha* (SDS) terhadap aktivitas enzim.

5. Proses pencernaan makanan merupakan proses yang umumnya terjadi pada organisme heterotrof. Akan tetapi, tumbuhan karnivor seperti *Dionaea muscipula* memiliki daun yang mampu menjebak dan mencerna serangga. Diagram di bawah memperlihatkan perbandingan antara pencernaan makanan pada tumbuhan karnivor dan manusia secara seluler.



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

- Proses sekresi asam pada tumbuhan karnivor kemungkinan menyebabkan peningkatan fosfor anorganik.
 - Pepsinogen yang dihasilkan oleh *chief cell* kemungkinan memiliki domain transmembran.
 - Berdasarkan molekul kecil yang terlibat, karnivori pada tumbuhan berkembang agar sintesis asam amino dan nukleotida dapat terjadi secara normal.
 - Internalisasi testosteron pada sel target memiliki mekanisme yang serupa dengan *endocytotic nutrient uptake*.
6. Gambar di bawah menunjukkan perubahan volume sitosol dan keadaan sel tumbuhan yang ditempatkan pada air murni pada suhu yang konstan hingga mencapai kesetimbangan osmotik.



	Awal	Akhir
Volume protoplasma sel	15.000 μm^3	16.000 μm^3
Tekanan osmotik dalam sel	- 1,6 MPa	X

Diketahui perhitungan tekanan osmotik sel sesuai dengan rumus berikut.

$$\pi = -\left(\frac{n}{V}\right) RT$$

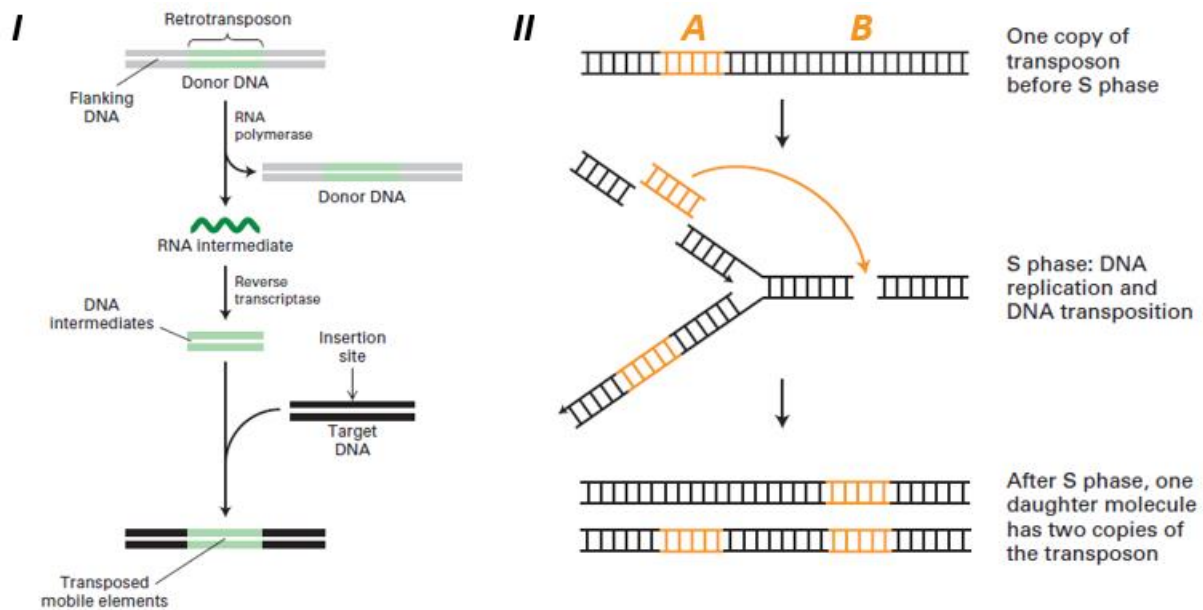
$$\pi = - CRT$$

Keterangan:

π = tekanan osmotik (Pa) R = konstanta
 n = jumlah zat terlarut (mol) T = suhu (K)
 V = volume (liter) C = konsentrasi (molar)

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

- Tekanan osmotik lingkungan sel baik sebelum maupun sesudah perlakuan adalah 0 MPa.
 - Tekanan pada kondisi X lebih rendah dibandingkan sebelum perlakuan.
 - Jika potensial air pada kasus ini hanya dipengaruhi tekanan osmotik dan tekanan turgor, tekanan turgor yang dilakukan dinding sel tumbuhan setelah perlakuan perendaman bernilai lebih dari 1 MPa.
 - Sel hewan dengan keadaan osmotik dan perlakuan yang sama persis dengan percobaan juga akan mengalami hal yang serupa dengan sel tumbuhan di atas.
7. DNA *mobile elements* merupakan bagian genom eukariotik yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Uniknya, komponen ini menyusun kurang lebih 45% dari total genom manusia, jauh lebih melimpah dibandingkan total semua ekson yang hanya 2%. Transposon merupakan salah satu *mobile elements* tersebut yang bekerja dengan *memindahkan* bagian kecil DNA menuju daerah lain dari kromosom, bahkan dapat juga menuju kromosom lain dalam satu sel. Mekanisme ini berbeda dengan *retrotransposon*, yang bekerja dengan menduplikat bagian DNA kemudian menyisipkannya ke daerah lain. Singkatnya, prinsip kerja transposon adalah dengan cara *cut and paste*, sedangkan retrotransposon berupa *copy and paste*. Berikut adalah gambaran mekanisme kedua *mobile elements* tersebut.



Keterangan: I. Mekanisme umum retrotransposon; II. Perpindahan transposon pada saat replikasi DNA, Transposon berpindah dari daerah A ke B.

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

- Overekspresi maupun penurunan ekspresi gen dapat disebabkan oleh kedua *mobile elements*.
- Mekanisme duplikasi segmen DNA pada retrotransposon menyerupai replikasi genom HIV.
- Perpindahan transposon dari daerah B ke A pada saat replikasi menyebabkan delesi pada salah satu *daughter DNA*.
- Duplikasi segmen DNA pada transposon memiliki mekanisme yang menyerupai *proofreading* pada proses replikasi.

8. Organisme prokariot memiliki jalur metabolisme karbon yang sangat bervariasi. Berikut merupakan data metabolisme karbon lengkap dari suatu mikroba yang diambil dari sistem pencernaan hewan.

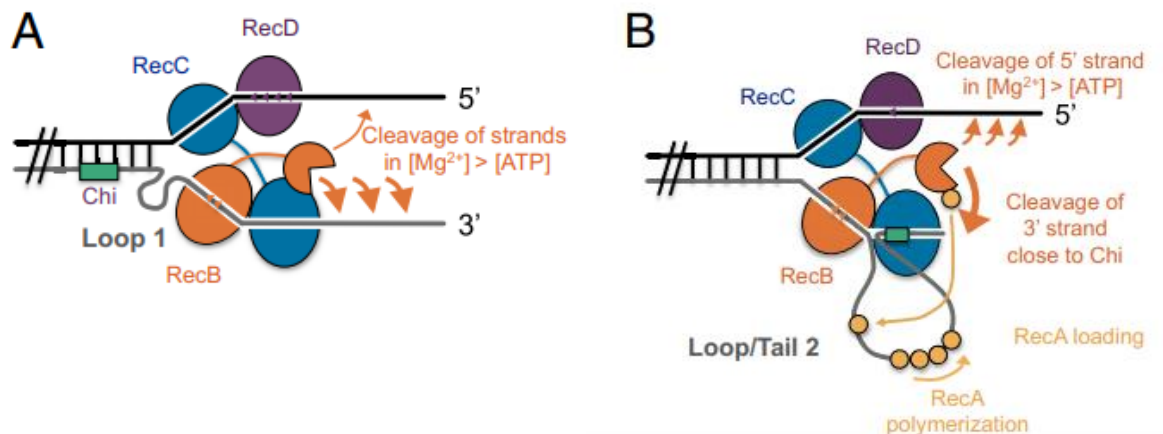
Substrate	Reaction	ΔG^{of} (kJ mol ⁻¹)
Carbon dioxide (bicarbonate)	$4H_2 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	-135.6
Formate	$4HCOO^- + H_2O + H^+ \rightarrow CH_4 + 3HCO_3^-$	-32.5
Methanol + hydrogen	$CH_3OH + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$	-112.5
Methanol	$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + HCO_3^- + H_2O + H^+$	-78.6
Glucose	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$	-418.1

Keterangan: Massa molar substrat (gram per mol): bikarbonat (61); formate (45); metanol (32); glukosa (180)

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

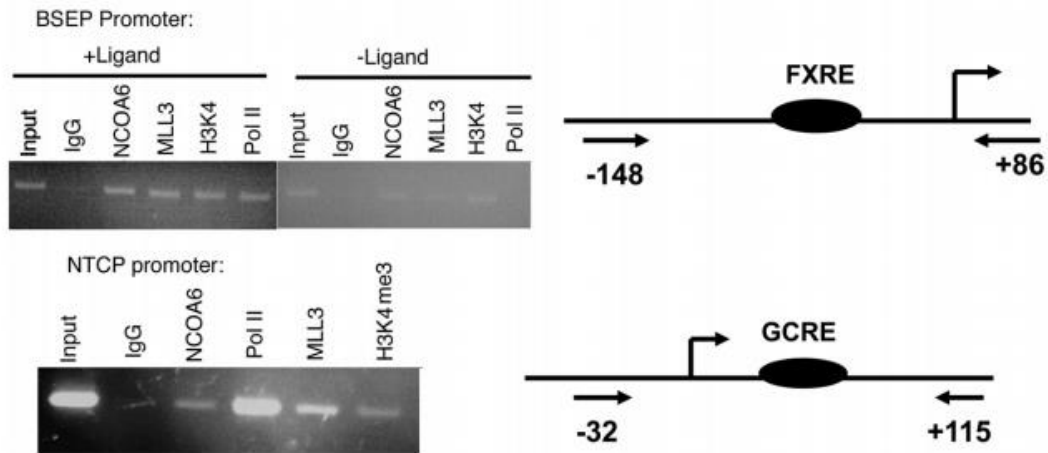
- Mikroba di atas memiliki jalur metabolisme anaerob obligat.
- Mikroba di atas kemungkinan besar termasuk ke dalam kelompok Archaeobacteria.
- Dari semua alternatif, glukosa masih menjadi substrat dengan efisiensi perolehan energi tertinggi per gram massa substrat.
- Reaksi metabolisme dengan substrat bikarbonat dan format cenderung menurun jika mikroba hidup di lambung.

9. Gambar berikut menunjukkan tahap awal pemrosesan kerusakan DNA berupa *double-strand break* (DSB) pada *E. coli* oleh kompleks RecBCD. Awalnya, protein motor RecB dan RecD akan melaju di sepanjang untai DNA. Untai ssDNA 3' kemudian dipindai oleh protein RecC hingga menemukan urutan Chi (**Gambar A**). Setelah pengenalan urutan Chi, RecBCD mengalami perubahan konformasi sehingga hanya motor RecB yang diaktifkan (**Gambar B**). Domain nuklease dari RecB lalu merekrut protein RecA untuk dimuat ke dalam *loop* ssDNA yang dihasilkan oleh RecB sehingga terbentuk filamen nukleoprotein RecA. Proses perbaikan DNA akan dilanjutkan oleh RecA melalui rekombinasi dengan untai dsDNA homolog.



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

- RecB dan RecD memiliki aktivitas helikase dengan orientasi yang sama terhadap untai DNA.
 - Sebagai protein motor, RecB bekerja lebih cepat dibanding RecD karena untai yang ditemplei RecB dapat membentuk struktur *loop*.
 - Penambahan agen pengkelat logam bivalen seperti EDTA akan meningkatkan aktivitas domain nuklease dari RecB.
 - Perbaikan DSB melalui mekanisme rekombinasi homolog akan memberikan hasil akhir DNA dengan kemungkinan mutasi lebih rendah dibandingkan melalui *non-homologous end-joining* (NHEJ).
10. Reseptor Farnesoid x (FXR) yang terletak di nukleus sel hati berperan penting mengatur sejumlah gen dalam homeostatis cairan empedu (*bile acid*). FXR yang aktif (karena pengikatan ligan) akan menginisiasi transkripsi dengan cara menempel pada elemen regulatoris spesifik di promoter gen-gen target, misalnya gen pengkode *bile salt export pump* (BSEP) dan *sodium taurocholate cotransporting polypeptide* (NTCP). Penempelan ini akan merekrut protein-protein koaktivator yang akan memodifikasi struktur kromatin dan memicu pembentukan kompleks transkripsi pada gen tersebut. Untuk mengetahui pola interaksi sejumlah koaktivator dengan promoter dari gen-gen BSEP dan NTCP, Titis melakukan eksperimen *chromatin immunoprecipitation* (ChIP) terhadap dua elemen pengaturan terkait FRX, yaitu FXRE dan GCRE pada kultur sel hepatoma HepG2. Ia memperoleh hasil seperti di bawah ini (data pada gel menunjukkan elektroforesis hasil qPCR).

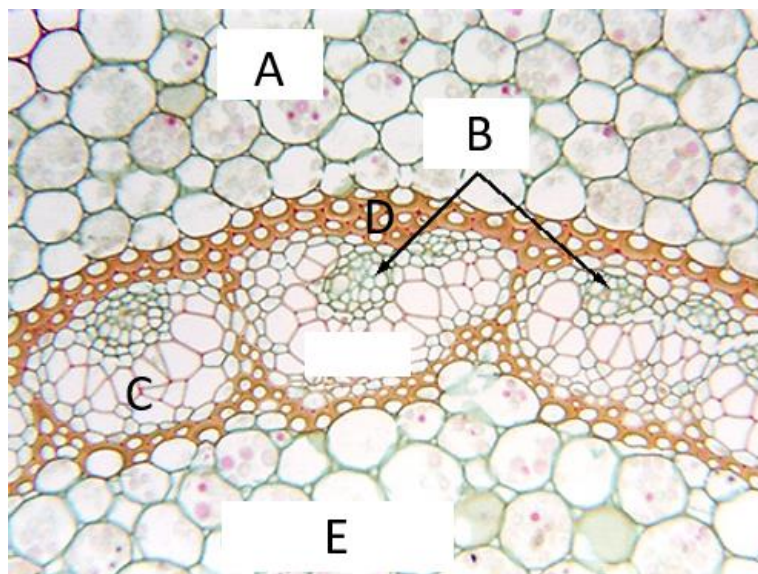


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Dalam metode ChIP, interaksi suatu koaktivator dengan elemen DNA pada promoter gen target dideteksi dengan penambahan koaktivator beserta agen *cross-linking* tanpa perlu menambahkan antibodi spesifik terhadap koaktivator tersebut.
- Panah dan angka pada gambar di sebelah kanan menunjukkan lokasi penempelan primer untuk mendeteksi keberadaan fragmen DNA spesifik pada hasil presipitasi.
- Penambahan ligan menyebabkan direkrutnya koaktivator NCOA6 dan MLL3 pada promoter BSEP namun tidak untuk H3K4.
- Berdasarkan hasil tersebut, dapat diprediksi bahwa *knockdown* NCOA6 menggunakan siRNA akan menurunkan ekspresi gen NTCP.

ANATOMI FISILOGI TUMBUHAN

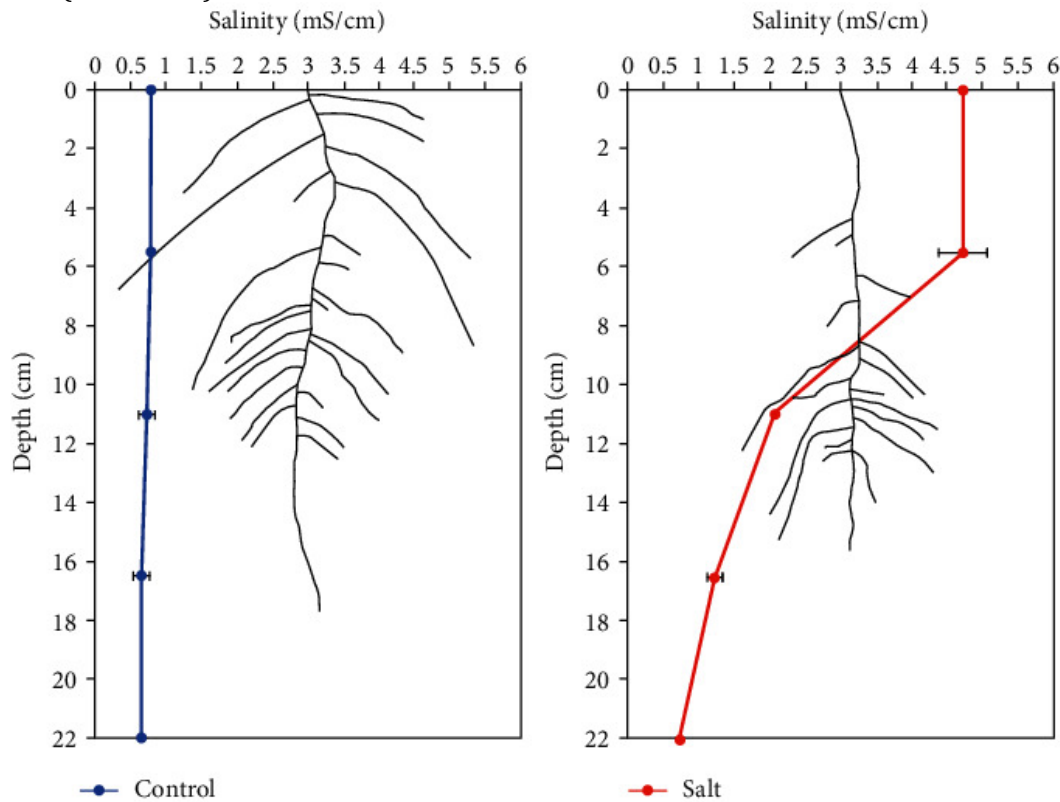
11. Perhatikan penampang melintang dari organ tumbuhan berikut!



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

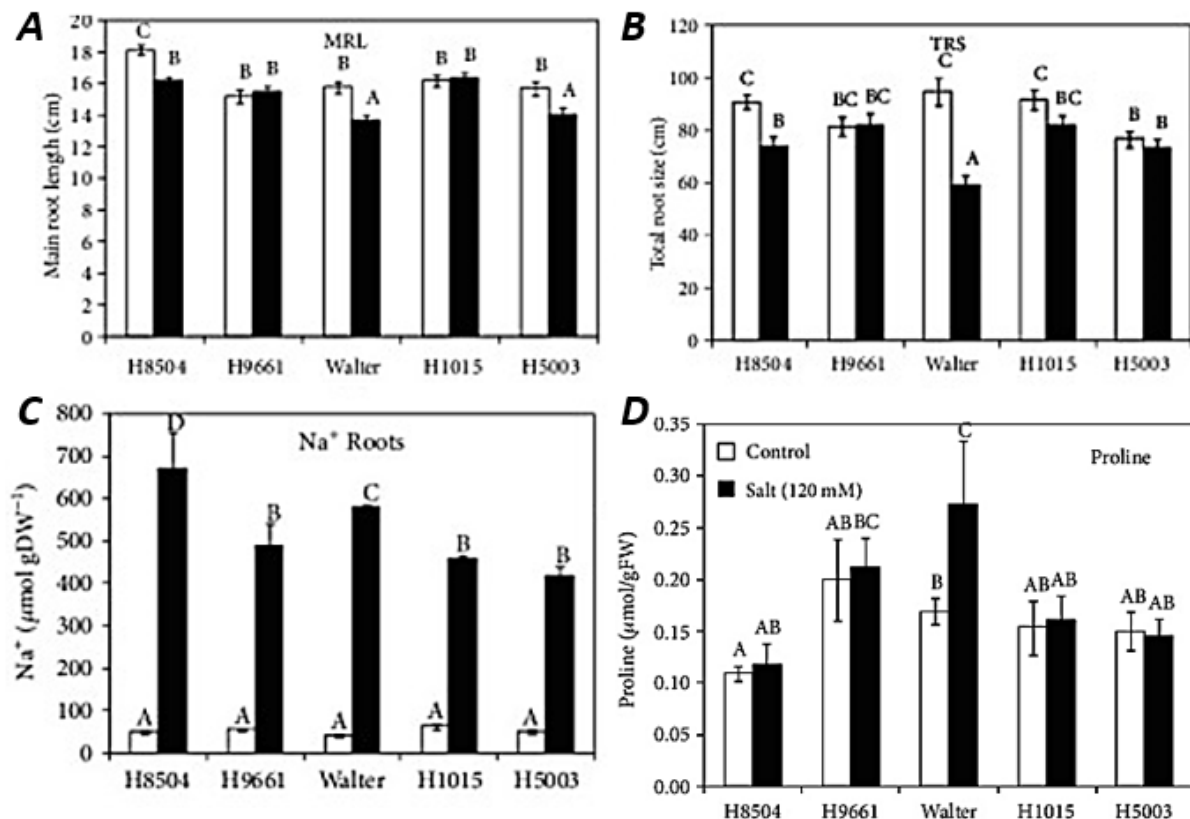
- Gambar di atas menunjukkan batang dikotil.
- Bagian E lebih dekat dari pusat organ dibandingkan bagian D.
- Organ di atas memiliki susunan jaringan pembuluh bikolateral.
- Akar adventif dapat terbentuk dari bagian A.

12. Tumbuhan telah mengembangkan berbagai strategi untuk merespons cekaman garam. Untuk mengidentifikasi sifat-sifat baru yang berkaitan dengan cekaman garam, para peneliti memusatkan kajiannya pada *root system architecture* (RSA). Berikut ini arsitektur akar tomat di tanah pascapaparan cekaman larutan garam 120 mM NaCl beserta perbandingannya dengan kontrol (**Gambar 1**).



Gambar 1. Morfologi akar pascapaparan terhadap cekaman garam.

Kemudian, dilakukan pengukuran beberapa parameter pada akar dan kadar prolin daun dari lima kultivar tomat dan diperoleh data seperti pada **Gambar 2**.

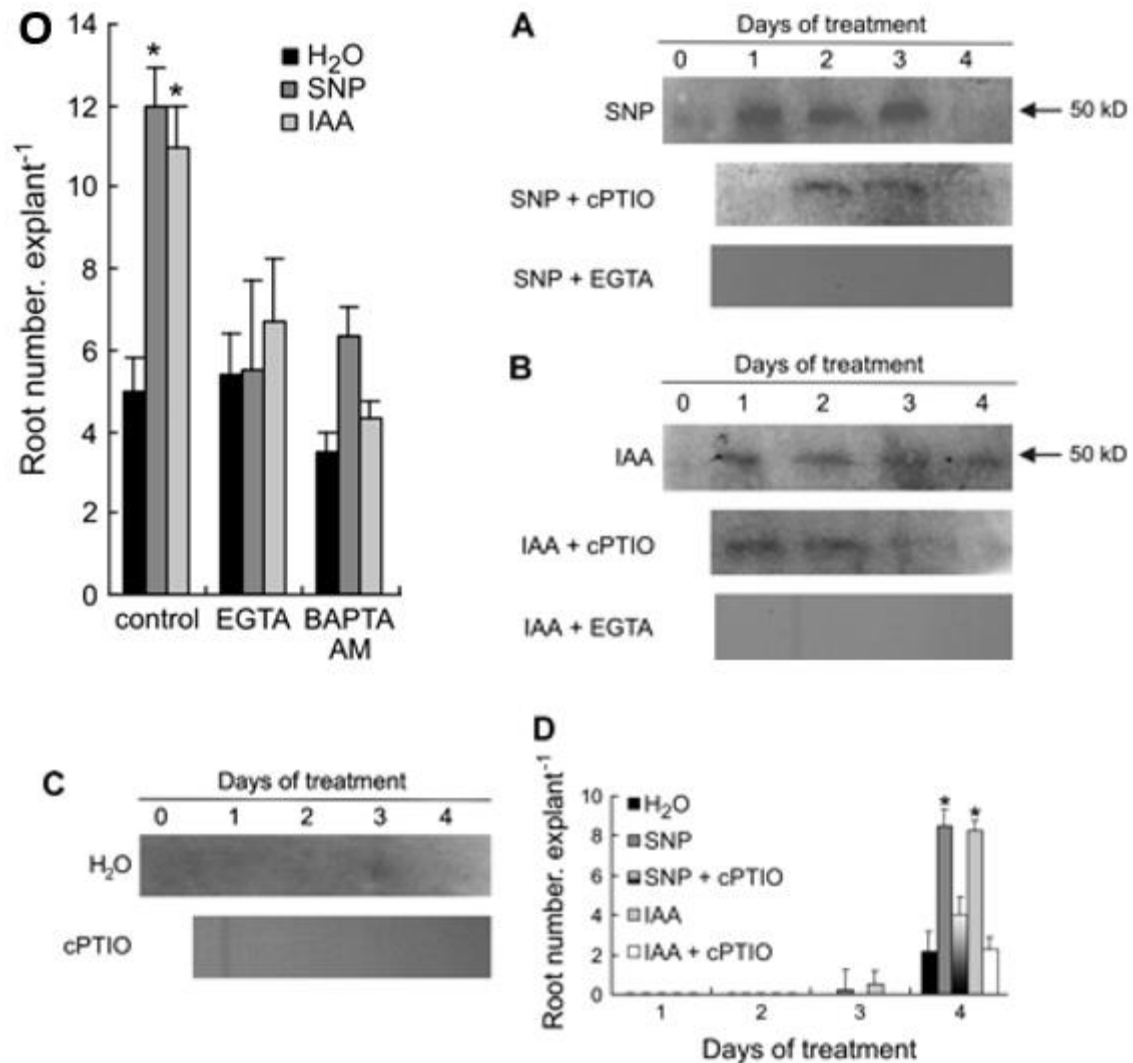


Gambar 2. Pengaruh cekaman garam terhadap: A) panjang akar total, B) area total akar, C) kadar natrium akar, dan D) kadar prolin daun. Sumbu X menunjukkan genotipe-genotipe yang digunakan dalam analisis. Grafik berwarna putih dan hitam berturut-turut menunjukkan data kontrol dan perlakuan cekaman garam.

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

- Cekaman garam tidak berdampak pada arsitektur sistem akar kecambah tomat.
- Pada permukaan tanah tempat terakumulasinya NaCl, kemunculan akar lateral tidak mengalami hambatan.
- Cekaman garam dapat menurunkan ukuran akar sekaligus dapat maningkatkan kadar natrium dan prolin.
- Kultivar walter bersifat paling responsif terhadap cekaman garam.

- Sekelompok peneliti telah mengkaji keterlibatan ion kalsium selama pembentukan akar adventif pada kultur tanaman mentimun. Suatu penelitian dilakukan untuk melihat dampak perlakuan zat *chelator* ion kalsium (sumbu X) terhadap jumlah akar per eksplan (sumbu Y) yang diinduksi oleh IAA dan NO (SNP: donor NO) disajikan pada Gambar O. Kemudian dilakukan pengukuran ekspresi protein CDPK di dalam gel elektroforesis setelah perlakuan NO atau IAA selama pembentukan akar adventif. Hasilnya disajikan pada Gambar A-D.



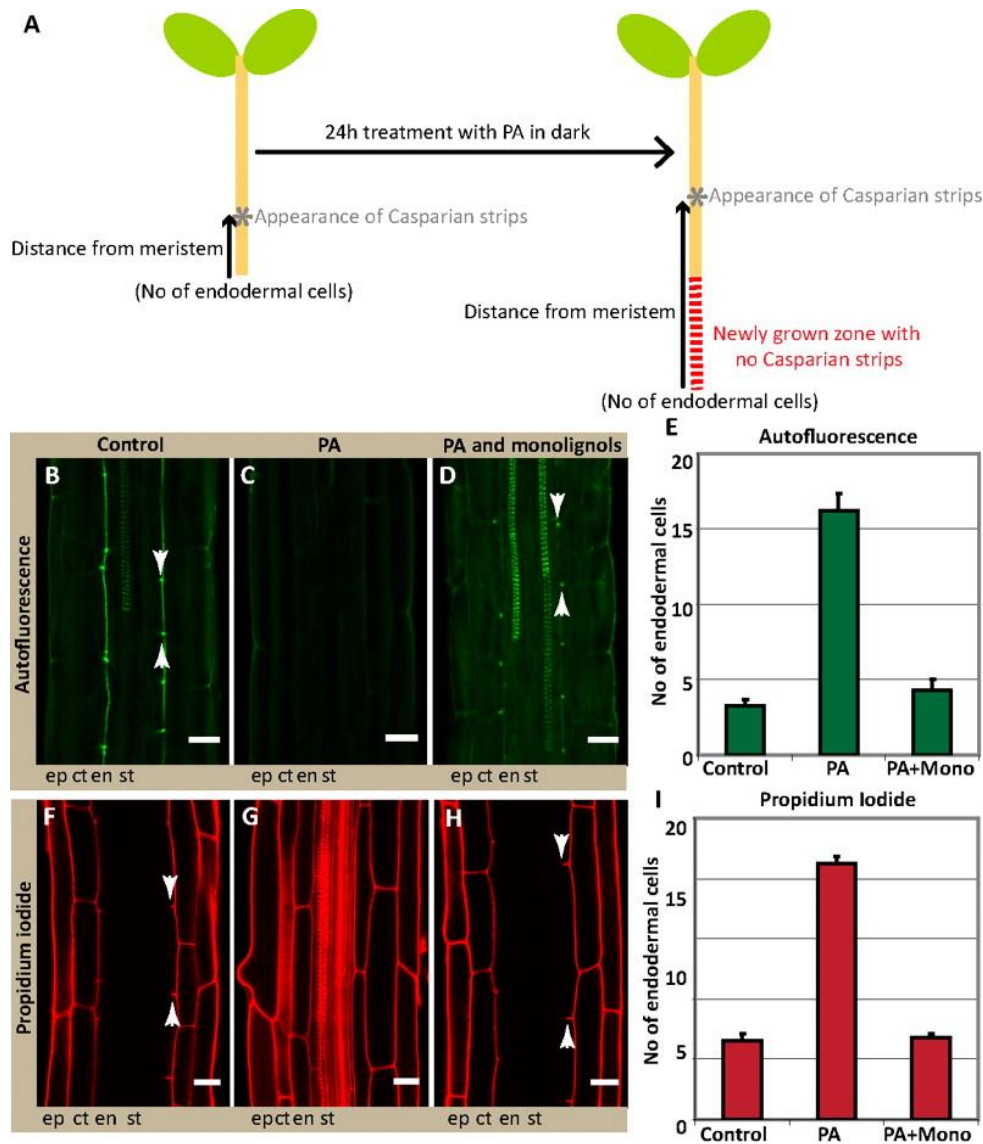
Keterangan: Protein dengan ukuran 50 kDa menunjukkan adanya protein CDPK.

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

- Ion kalsium dibutuhkan dalam pembentukan akar adventif mentimun yang diinduksi oleh IAA atau NO.
- IAA dan NO mampu menginduksi aktivitas CDPK selama pembentukan akar adventif tanaman tomat.
- cPTIO mungkin bersifat antagonis lebih spesifik terhadap induksi SNP daripada IAA.
- Pembentukan akar adventif memerlukan waktu lebih dari 2 hari dari waktu pemberian perlakuan IAA atau NO.

14. Pita kaspari/*casparyan strips* merupakan penebalan dinding dari sel endodermis. Sebelumnya, pita kaspari diketahui tersusun atas zat gabus/suberin, tetapi pada tahun 2011, telah ditemukan bahwa lignin juga turut berperan penting dalam menyusun penebalan dinding pita kaspari.

Suatu percobaan dilakukan pada kecambah *Arabidopsis* dengan memberi perlakuan senyawa *piperonylic acid* (PA) dalam kondisi gelap selama 24 jam. Kemudian dilanjutkan dengan penambahan monolignol (prekursor lignin = Mono). Selanjutnya diamati perpendaran senyawa perunut (propidium iodida/PI) dan senyawa autofluoresens. Diketahui, autofluoresens mampu mendeteksi keberadaan lignin, sedangkan PI sebagai senyawa perunut bekerja dengan mewarnai bagian sel yang dilewati.



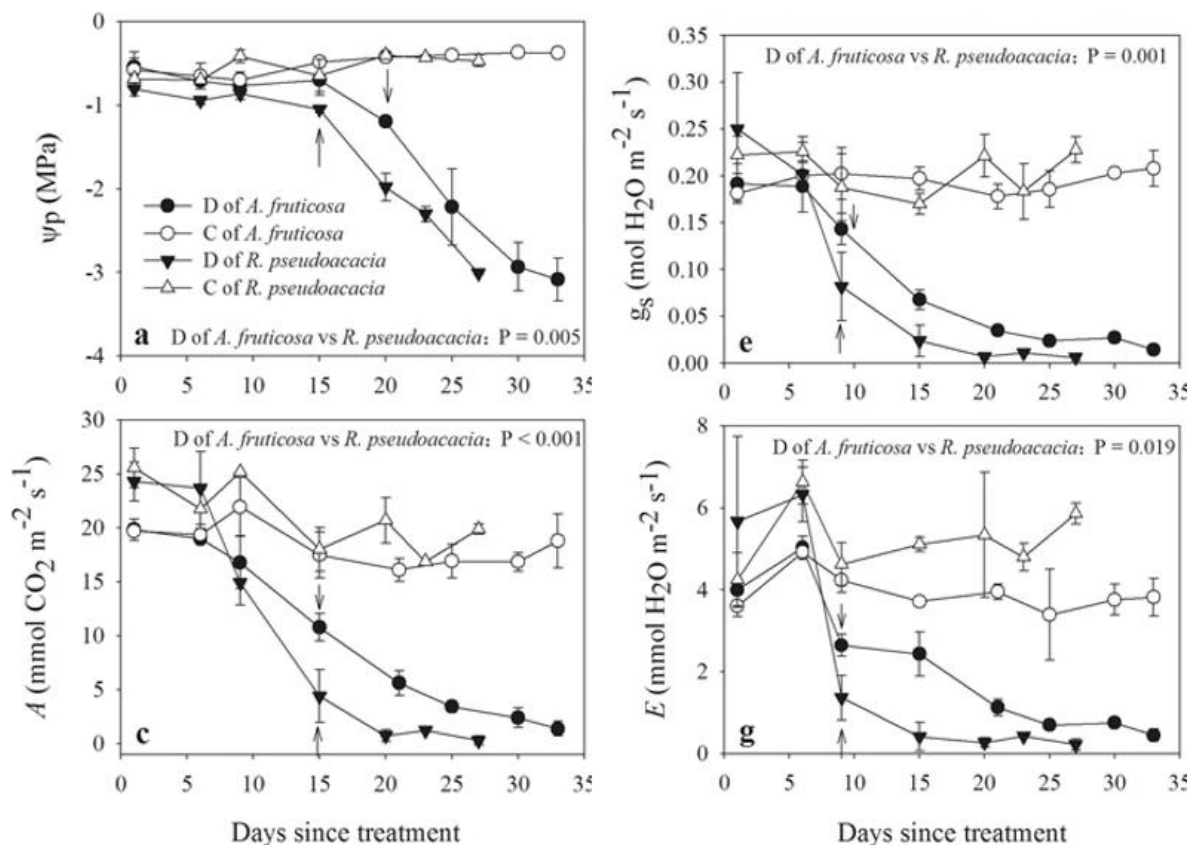
Keterangan: ep = epidermis, ct = korteks, en = endodermis, st = stele

- A. Perlakuan kecambah dengan senyawa PA
- B, C, D. Visualisasi perkembangan jaringan dengan autofloresens
- E. Kuantifikasi dari B, C, D
- F, G, H. Visualisasi senyawa PI pada jaringan
- I. Kuantifikasi dari F, G, & H.

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

- A. Penambahan senyawa PA dapat menghambat pembentukan pita kaspari pada sel-sel endodermis.
- B. Penambahan senyawa PA secara umum dapat membuat akar lebih kokoh dan kaku.
- C. Penambahan monolignol dapat meningkatkan pembentukan pita Caspari.
- D. Senyawa PI mengalami proses transpor secara simplastik pada akar.

15. Kekeringan dapat menyebabkan perubahan tertentu pada tanaman, seperti parameter potensial tekanan pada sel-sel daun (Ψ_p), fotosintesis bersih (A), konduktansi stomata (gs), dan laju transpirasi (E). Berikut adalah data yang diperoleh dari keempat parameter tersebut untuk tanaman *Amorpha fruticosa* dan *Robinia pseudoacacia*. D adalah tanaman saat kekeringan, sementara C merupakan kontrol. Tanda panah menandakan titik data dimana terdapat perbedaan signifikan antarperlakuan dalam satu spesies tumbuhan ($P < 0,05$).



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

- Ketika berada dalam kondisi cekaman di hari ke-20, air dari tanah lebih sulit mengalir ke daun *Amorpha fruticosa* dibandingkan sel *Robinia pseudoacacia*.
- Pada hari ke-10 cekaman, *Robinia pseudoacacia* lebih rentan mengalami fotorespirasi dibandingkan *Amorpha fruticosa*.
- Grafik di atas menggambarkan bahwa proses fotosintesis mempengaruhi konduktansi stomata.
- R. pseudoacacia* lebih toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan *A. fruticosa*.

16. Tabel di bawah memperlihatkan pengaruh mikoriza arbuskular dan suhu terhadap salah satu galur tumbuhan anggur (CL-1048).

CL-1048

Treatments

		-M24	+M24	-M28	+M28
Macronutrients (mg g ⁻¹ DW)	C	472.64	472.08	472.52	477.66
	N	39.16 b	37.62 b	40.26 b	42.94 a
	Ca	15.19	16.91	23.12	18.97
	K	9.56	9.24	8.46	8.62
	P	2.38 c	3.20 b	4.61 a	3.99 a
	Mg	1.79 c	1.89 c	4.26 a	3.20 b
Micronutrients (mg kg ⁻¹ DW)	Cu	5.19	4.87	6.75	7.06
	Zn	38.65	41.21	46.57	37.34
	Fe	77.94	73.13	99.67	72.87
	Mn	147.56 c	218.52 b	296.33 a	246.87 b

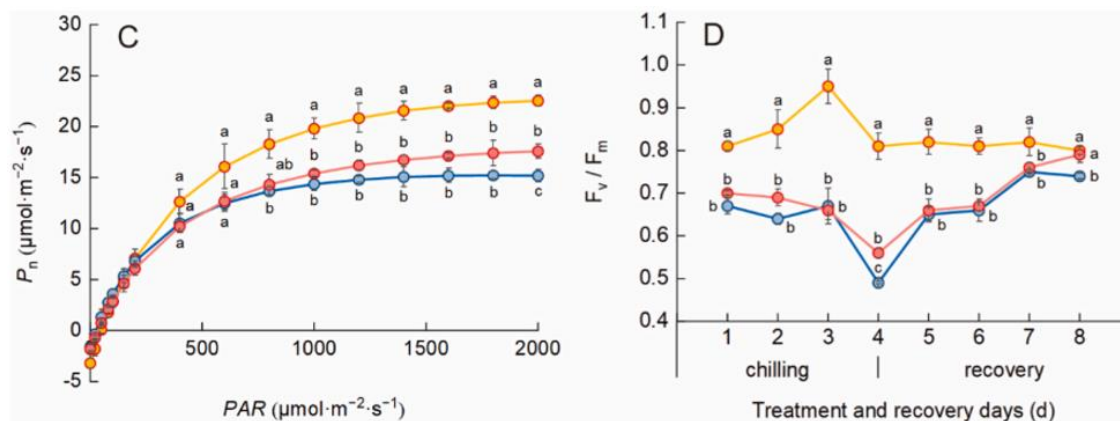


Keterangan: Perlakuan suhu mencakup suhu siang/malam = 24/14 °C (24) dan suhu siang/malam = 28/18 °C (28). Perlakuan mikoriza arbuskular mencakup inokulasi mikoriza (+M) dan kontrol (-M). Perbedaan huruf pada satu baris yang sama menandakan perbedaan kadar nutrien yang signifikan.

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

- Suhu rata-rata yang lebih rendah meningkatkan kadar makronutrien yang secara spesifik menyusun pigmen fotosintetik.
- Suhu rata-rata yang lebih tinggi menyebabkan fungsi umum mikoriza menjadi kurang efektif.
- Variasi lingkungan yang tersaji pada tabel tidak mengubah kadar karbon, kalsium, kalium, tembaga, seng, dan besi secara signifikan.
- Tumbuhan yang berinteraksi dengan mikoriza kemungkinan terancam mengalami toksisitas terkait mangan ketika terjadi pemanasan global.

17. Data di bawah menunjukkan pengaruh cekaman dingin maupun senyawa unikonazol terhadap proses fisiologi dari fotosintesis pada kacang hijau.



Variables	CK	CS	CS + Uniconazole
$P_n\text{max}$ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	$24.83 \pm 1.50\text{a}$	$15.53 \pm 0.30\text{b}$	$19.05 \pm 1.37\text{b}$
AQE ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	$0.070 \pm 0.004\text{a}$	$0.070 \pm 0.002\text{a}$	$0.060 \pm 0.006\text{a}$
Rd ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	$3.06 \pm 0.21\text{a}$	$1.64 \pm 0.30\text{b}$	$1.79 \pm 0.18\text{b}$
Lsp ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	$418.73 \pm 9.34\text{a}$	$358.29 \pm 8.83\text{b}$	$400.08 \pm 8.54\text{a}$

Keterangan: (C) Kurva respons fotosintesis; (D) Pengaruh cekaman dingin dan *recovery* terhadap efisiensi fotosistem II. (Tabel) Pengaruh perlakuan terhadap: laju fotosintesis maksimal ($P_n\text{max}$), *apparent quantum yield* (AQY), respirasi gelap (Rd), dan titik saturasi cahaya (Lsp). CK = kontrol, CS = cekaman dingin, CS + unikonazol = cekaman dingin dengan unikonazol. PAR: intensitas cahaya. Perbedaan huruf menandakan perbedaan signifikan antar perlakuan.

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

- Cekaman dingin mempengaruhi *apparent quantum yield* pada kacang hijau secara signifikan.
- Laju fotosintesis dalam kondisi gelap kembali ke dalam kondisi normal ketika tumbuhan terpapar cekaman dingin diberikan unikonazol.
- Senyawa unikonazol secara signifikan memperbaiki kemampuan tumbuhan terpapar cekaman dingin dalam menangkap cahaya secara maksimal.
- Efisiensi fotosistem II kembali secara semula pada tumbuhan terpapar cekaman dingin yang diberikan unikonazol setelah *recovery* selama kurang dari 100 jam.

ANATOMI FISILOGI HEWAN

18. Japar adalah seorang penjaga keamanan yang mendapat tugas untuk menjaga pemancar di daerah pegunungan dengan ketinggian 4000 m di atas permukaan laut selama satu tahun. Pada

ketinggian tersebut, tekanan parsial oksigen di udara 1/3 kali lebih rendah dari permukaan laut. Akibat perbedaan tekanan parsial oksigen tersebut, tubuh Japar mengalami serangkaian perubahan yang tertera pada tabel berikut.

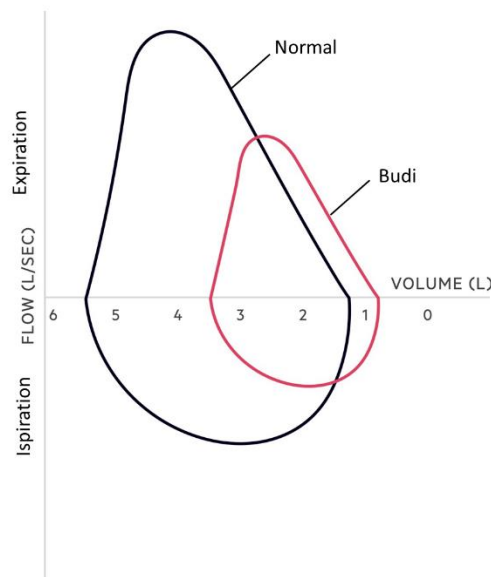
No.	Perubahan fisiologis
I	Peningkatan detak jantung
II	Peningkatan laju pernafasan
III	Peningkatan sintesis sel darah merah
IV	Peningkatan jumlah pembuluh darah di otot

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

- Perubahan I merupakan respons paling awal dan mengakibatkan peningkatan tekanan darah.
- Sebagai respons terhadap perubahan II, ginjal akan meningkatkan sekresi H^+ sehingga urin menjadi lebih asam dibandingkan kondisi normal.
- Respons III terjadi beberapa hari setelah berada di pegunungan. Respons ini akan meningkatkan afinitas Hb dalam mengikat oksigen.
- Respons III dan IV sangat bermanfaat dalam meningkatkan ketahanan Japar ketika mengikuti lomba lari maraton.

19. Musim semi di daerah 4 musim merupakan musim yang banyak didambakan oleh masyarakat di daerah tersebut dikarenakan banyak bunga yang bermekaran. Meski demikian, polen yang terbawa angin dapat memicu terjadinya asma pada orang yang sensitif. Asma merupakan bentuk reaksi hipersensitif yang melibatkan sistem imunitas humoral. Ketika seseorang terserang asma, otot polos pada sistem pernafasan bawah akan berkontraksi sehingga saluran pernafasan mengalami penyempitan.

Pada musim semi 2022, Budi mengalami gangguan nafas. Hasil pemeriksaan dengan respirometer menunjukkan data sebagai berikut.

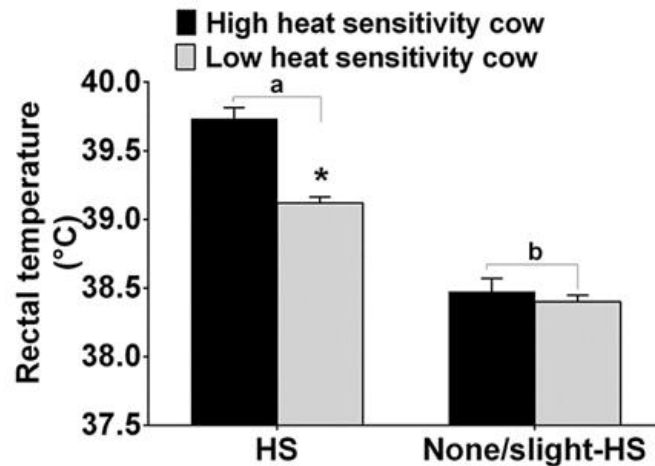


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

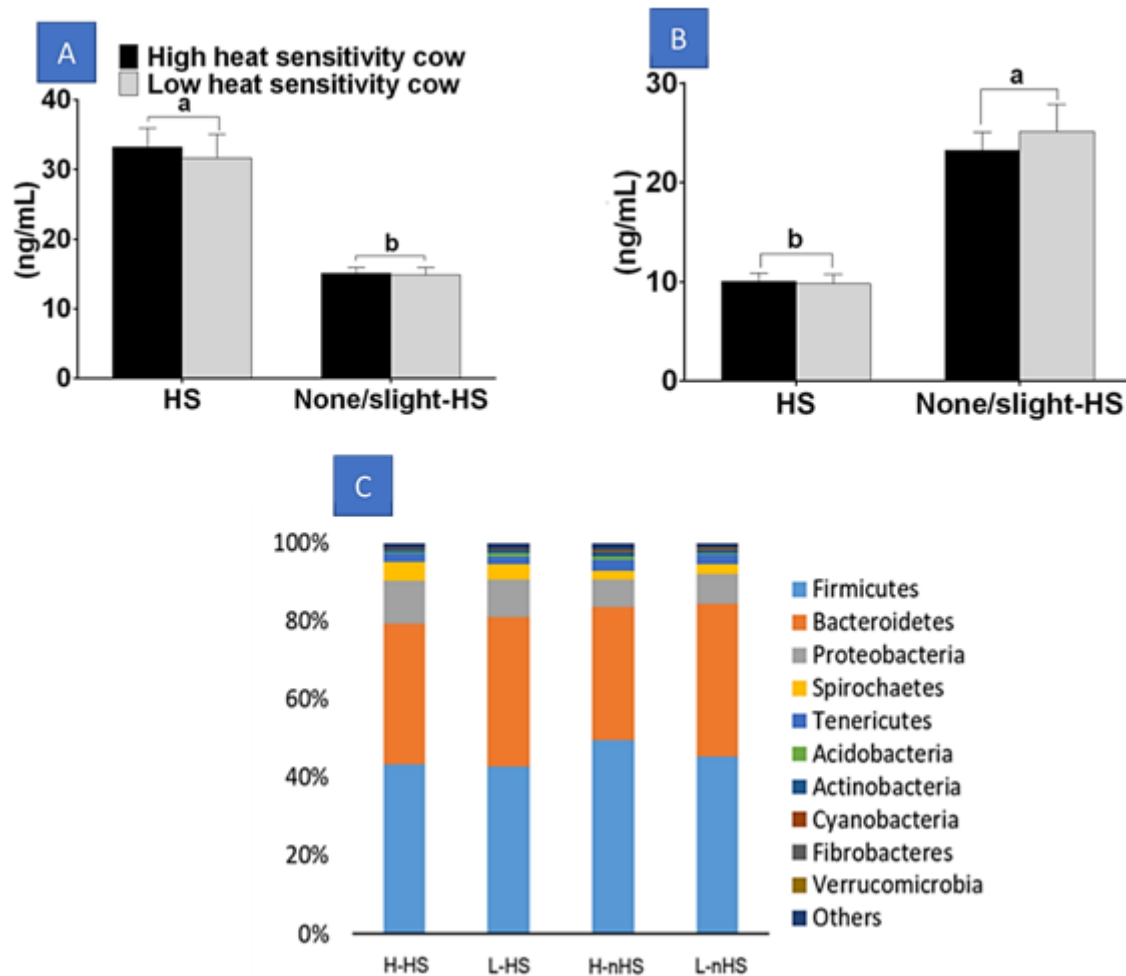
- Pada induksi terjadi asma, sel T akan teraktivasi oleh *antigen-presenting cell* yang mengekspresikan komponen karbohidrat pada polen menggunakan molekul MHC kelas II.
- Inhaler* yang biasa digunakan melonggarkan saluran pernafasan penderita asma mengandung zat yang menyerupai cara kerja hormon kortisol.
- Hasil uji respirometer menunjukkan bahwa Budi positif menderita asma.

D. Uji serologi dapat digunakan untuk mendeteksi apakah seseorang menderita asma atau tidak. Penderita asma akan menunjukkan peningkatan kadar IgE di dalam darahnya.

20. Chen dan kawan-kawan ingin mengetahui interaksi antara usus dan otak pada sapi. Pada penelitiannya, mereka mengamati pengaruh pemberian suhu tinggi terhadap kadar hormon di dalam darah dan mikroba di usus sapi. Pertama, Chen mengamati pengaruh cekaman suhu tinggi (HS) terhadap suhu tubuh dari dua kelompok sapi, yaitu sensitif suhu panas dan kurang sensitif suhu panas. None/slight-HS (nHS) adalah keadaan normal tanpa cekaman suhu tinggi.



Kemudian, Chen dan kawan-kawan melakukan penelitian terhadap kadar hormon (**A dan B**) dan mikroba di dalam usus (**C**).

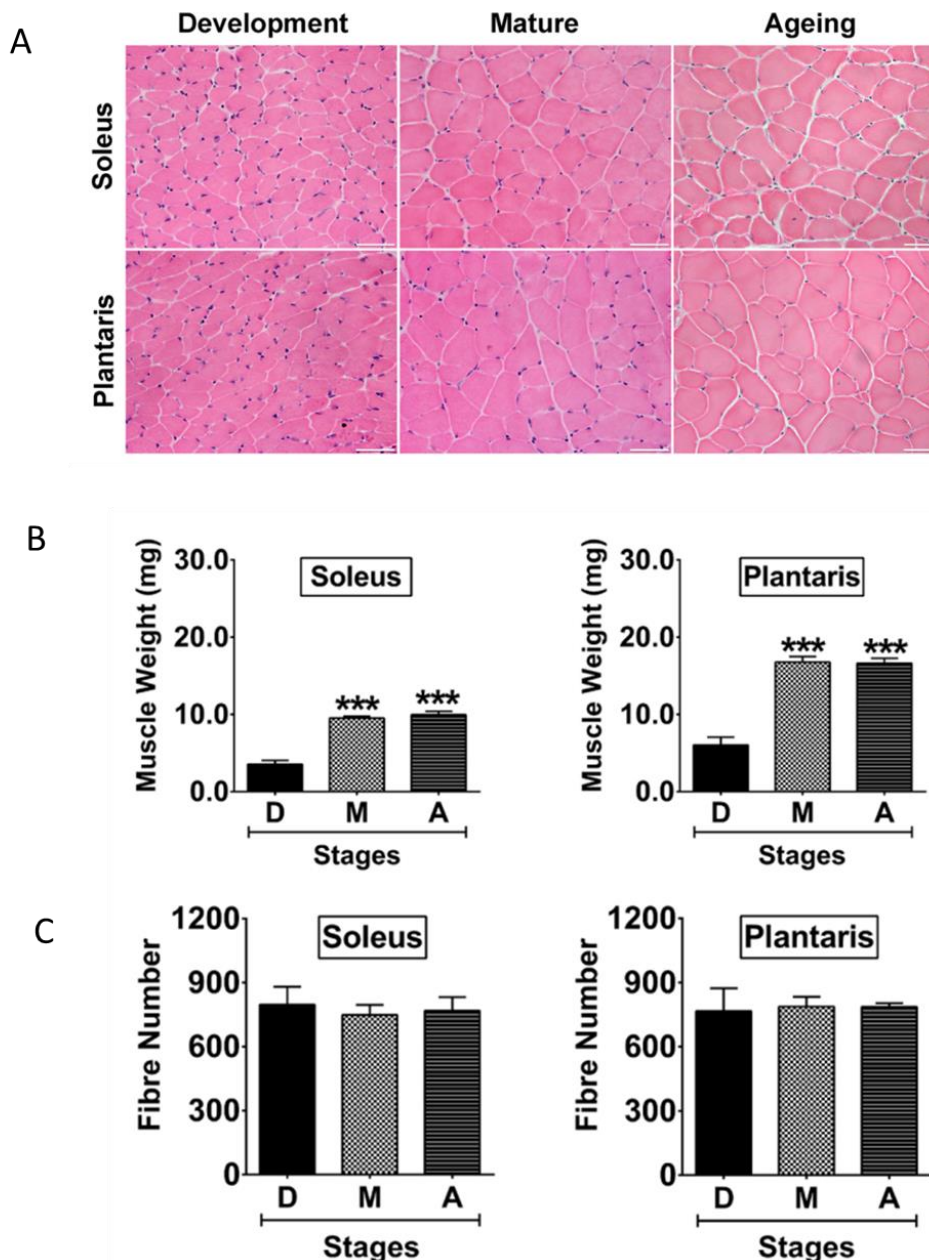


Keterangan: H-HS (sapi sensitif panas yang diberi cekaman suhu tinggi); L-HS (sapi yang tahan panas dan diberi cekaman suhu tinggi); H-nHS (sapi sensitif panas yang hidup di lingkungan normal); L-nHS (sapi yang tahan panas dan hidup di lingkungan normal).

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

- Grafik A menunjukkan kadar hormon tiroksin di dalam darah.
- Grafik B menunjukkan kadar hormon kortisol di dalam darah.
- Diameter pembuluh darah di kulit sapi pada kondisi HS kemungkinan lebih kecil dibandingkan kondisi nHS.
- Cekaman panas mempengaruhi komposisi mikroba di dalam usus sapi yang menunjukkan adanya interaksi antara otak dan usus.

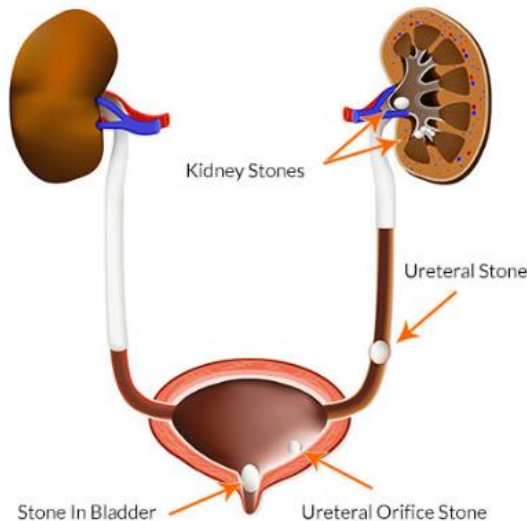
21. Berikut ini adalah hasil pengamatan perkembangan dua jenis otot pada mencit, yaitu plantaris dan soleus. Hasil pengukuran berat badan mencit menunjukkan berat mencit selama masa perkembangan 18 gram (D), dewasa 35 gram (M), dan penuaan 40 gram (A).



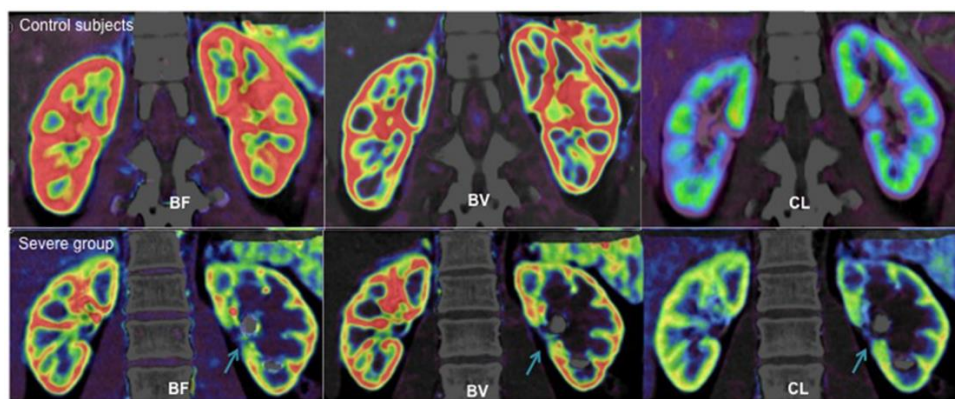
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Dari hasil pengamatan histologis, otot plantaris kemungkinan menghasilkan kekuatan kontraksi yang lebih rendah daripada otot soleus.
- Untuk berat yang sama, otot plantaris mengkonsumsi lebih sedikit oksigen dari otot soleus.
- Perubahan berat otot selama perkembangan dari mencit muda menjadi dewasa disebabkan oleh hipertropi serabut otot dan bertambahnya jumlah sel otot.
- Persentase massa kedua jenis otot pada tubuh mencit terus meningkat dari fase perkembangan sampai penuaan.

22. Gangguan hormonal dapat memicu terbentuknya batu ginjal. Batu ginjal dapat menyebabkan penyumbatan saluran ekskresi pada beberapa lokasi seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Sekelompok ilmuwan menggunakan metode pencitraan untuk mempelajari fungsi ginjal dari orang normal dan orang yang mengalami gangguan ginjal kiri (tanda panah menunjukkan ginjal yang tidak berfungsi) akibat penyumbatan oleh batu ginjal.

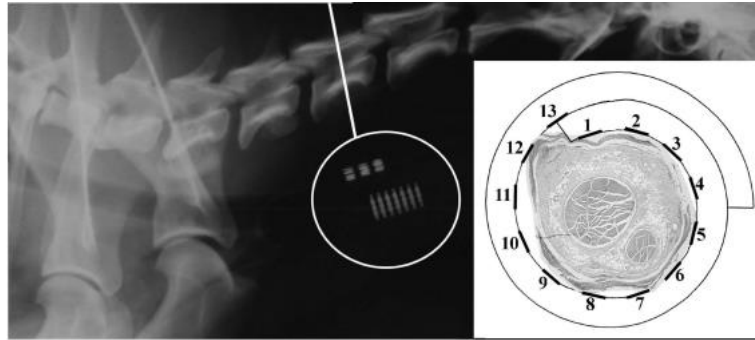


Keterangan: BF = aliran darah, BV = volume darah, CL = pembuangan cairan.

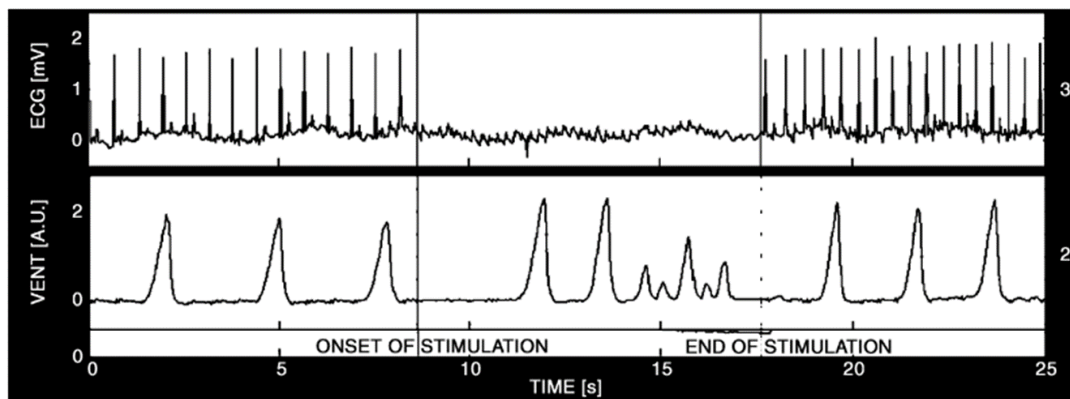
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Batu ginjal kemungkinan besar menyumbat uretra.
- B. Ginjal yang mengalami gangguan menerima lebih sedikit darah daripada ginjal normal, baik pada daerah korteks maupun medula.
- C. Pada penderita gangguan ginjal, laju filtrasi ginjal kiri akan lebih rendah dari ginjal kanan.
- D. Batu ginjal dapat dipicu oleh kadar kalsitonin yang tinggi di dalam darah.

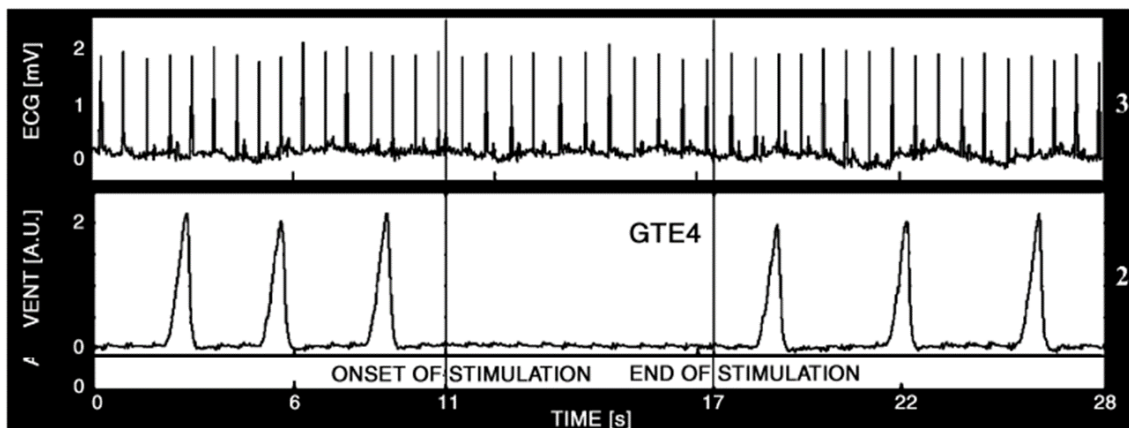
23. Seorang ilmuwan mempelajari aktivitas saraf otonom terhadap aktivitas sistem pernafasan dan jantung. Ilmuwan menggunakan elektroda spiral untuk memberikan stimulus spesifik pada saraf tersebut.



Pengaruh stimulasi GTE9 terhadap siklus jantung (ECG) dan pernafasan (vent) terlihat pada gambar berikut.



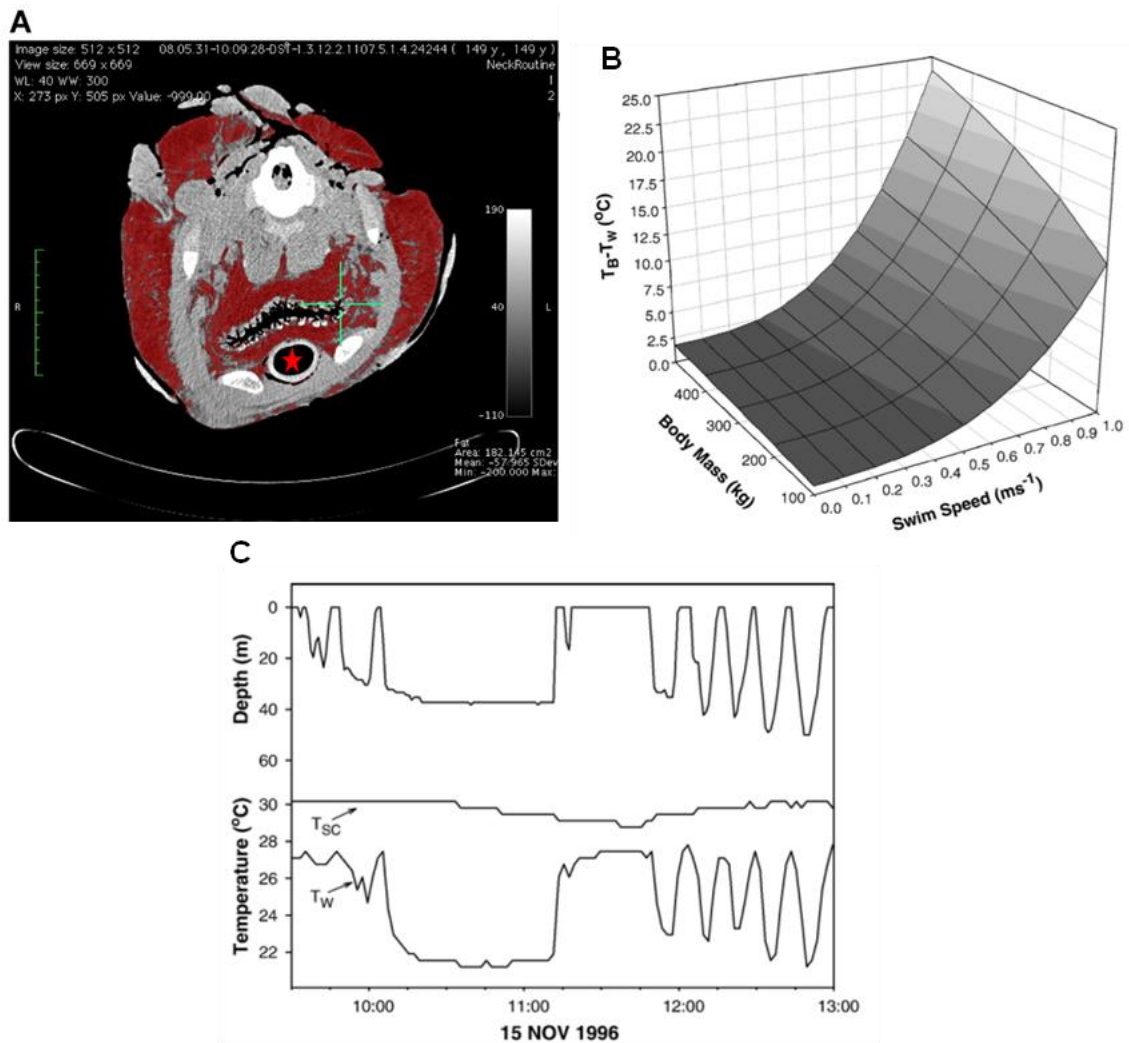
Pengaruh stimulasi GTE4 terhadap siklus jantung dan sistem pernafasan ditampilkan pada gambar berikut.



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

- Sebelum saraf otonom dirangsang, laju pernafasan lebih dari 30 kali per menit.
- Aktivasi pada daerah GTE9 dapat menurunkan tekanan darah.
- Aktivasi GTE4 dapat memicu alkalosis respiratoris (peningkatan pH darah akibat gangguan pernafasan).
- Saraf yang diuji merupakan cabang dari sistem saraf parasimpatik.

- Penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*) merupakan spesies penyu terbesar yang hidup saat ini. Penyu belimbing diketahui dapat menyelam ke perairan yang dingin hingga kedalaman 1200 m. Oleh sebab itu, penyu belimbing memiliki mekanisme termoregulasi khusus. Berikut ini merupakan data terkait termoregulasi pada penyu belimbing dewasa.

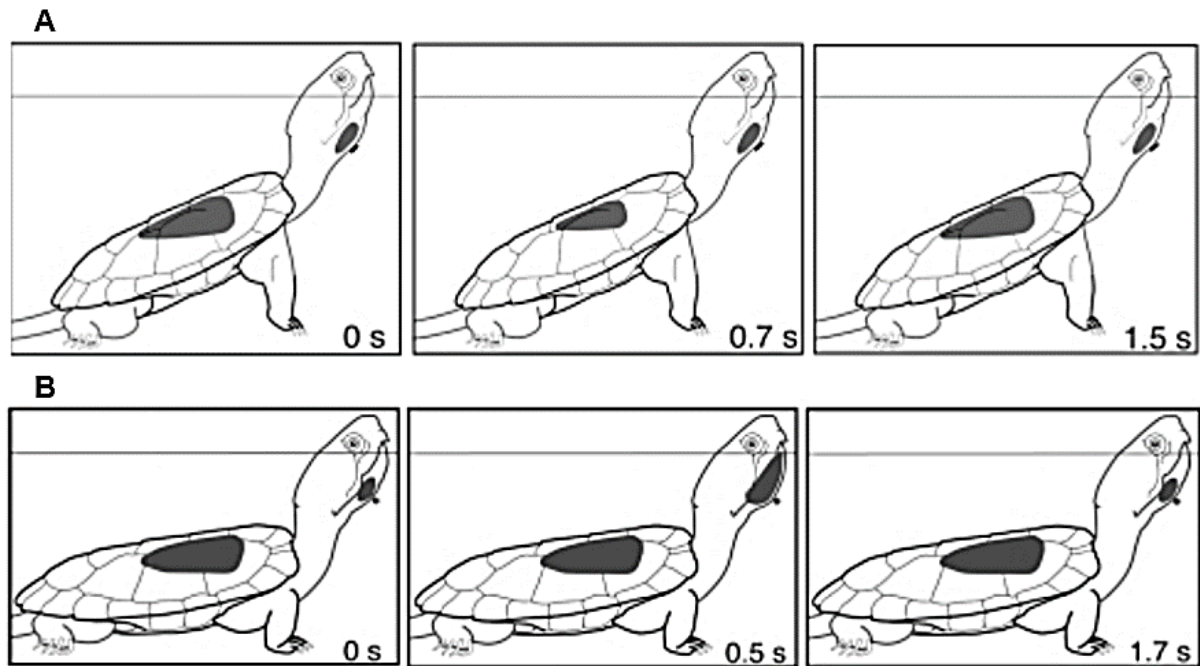


Keterangan: (A) Hasil CT scan transversal leher spesimen penyu belimbing dewasa. Bagian yang berwarna merah merupakan jaringan adiposa. (B) Perbedaan suhu tubuh terhadap suhu air ($T_B - T_w$) penyu belimbing yang diplot terhadap berat badan dan kecepatan berenang. (C) Perubahan suhu subkarapas (T_{SC}) dan suhu air (T_w) ketika penyu belimbing menyelam untuk durasi yang lama.

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

- Dinding dari struktur yang bertanda bintang memiliki lapisan otot polos.
- Berdasarkan data C dapat disimpulkan bahwa penyu belimbing merupakan hewan endotermik.
- Mekanisme termoregulasi penyu belimbing mencakup insulasi dan *shivering thermogenesis*.
- Berbeda dengan reptil pada umumnya, penyu belimbing kemungkinan melakukan *counter-current heat exchange* di bagian tungkai.

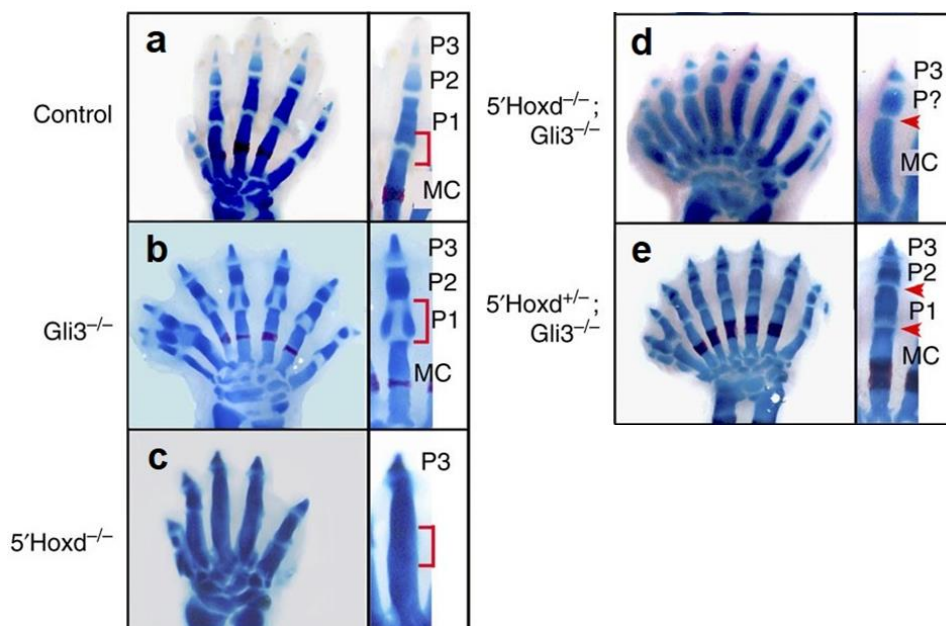
25. *Platysternon megacephalum* merupakan spesies kura-kura semiakuatik. Ketika berada di dalam air, kura-kura ini akan memunculkan naresnya ke permukaan air untuk mengambil dan mengeluarkan udara dari dan ke paru-paru dan/atau *buccopharyngeal cavity*. Gambar berikut menunjukkan dua peristiwa yang terjadi (A dan B) ketika *P. megacephalum* memaparkan naresnya ke udara.



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

- A. Kedua peristiwa tersebut sama-sama dimulai dengan ekshalasi dan diikuti oleh inhalasi.
- B. Volume tidal pada peristiwa A lebih besar dibandingkan dengan peristiwa B.
- C. Pada saat inhalasi, udara akan masuk ke *buccopharyngeal cavity* melalui nares dan kemudian udara didorong ke paru-paru.
- D. *P. megacephalum* melakukan ventilasi tidak dengan tekanan positif.

26. Identitas jari (digit) ditandai oleh jumlah digit serta jumlah falang (tulang jari) dan sendi. Diketahui bahwa ekspresi gen *5'Hoxd* dan *Gli3* secara tidak langsung terlibat dalam spesifikasi identitas jari. Tetapi, interaksi antarproduk ekspresi kedua gen tersebut dalam spesifikasi identitas jari belum diketahui. Oleh sebab itu, dilakukan suatu eksperimen yang menghasilkan data sebagai berikut.



Keterangan: Pewarnaan tulang untuk menunjukkan morfologi kaki dan jari embrio mencit kontrol (a) dan mutan (b-e). P1, 2, 3 = falang 1, 2, 3; MC = metakarpal.

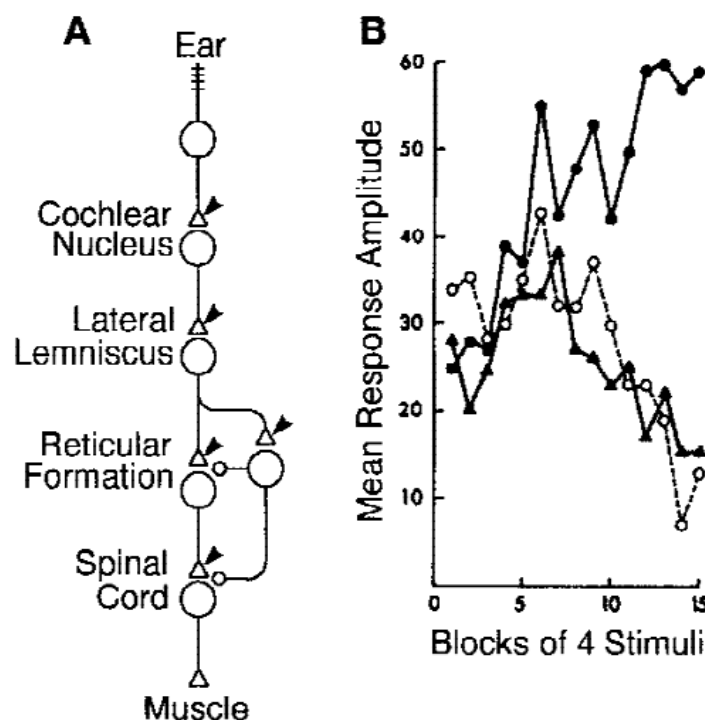
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Produk ekspresi gen *Gli3* berperan dalam menentukan jumlah falang sementara produk ekspresi gen *5'Hoxd* berfungsi untuk menentukan jumlah digit.
- B. Pembentukan sendi jari ditentukan oleh kesetimbangan antara produk gen *5'Hoxd* dan *Gli3* di mana jumlah sendi yang normal hanya terbentuk ketika tingkat ekspresi gen *5'Hoxd* lebih tinggi daripada gen *Gli3*.
- C. Secara lebih spesifik, gen *5'Hoxd* dan *Gli3* berperan dalam spesifikasi identitas jari berturut-turut di sepanjang sumbu proksimal-distal dan anterior-posterior.
- D. Falang dan sendi jari merupakan turunan mesoderm yang berasal dari somit.

27. *Acoustic startle reflex* (ASR) merupakan kontraksi cepat otot wajah dan tubuh sebagai respons terhadap stimulus akustik yang tiba-tiba dan kuat. Pada tikus, ASR ditandai oleh menutupnya kelopak mata, turunnya daun telinga, ekstensi kaki, dan naiknya bagian punggung, seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Suatu eksperimen dilakukan untuk mempelajari ASR tikus dengan memberikan stimulus repetitif pada berbagai lokasi di sepanjang sirkuit saraf ASR. Berikut merupakan hasil eksperimen tersebut.

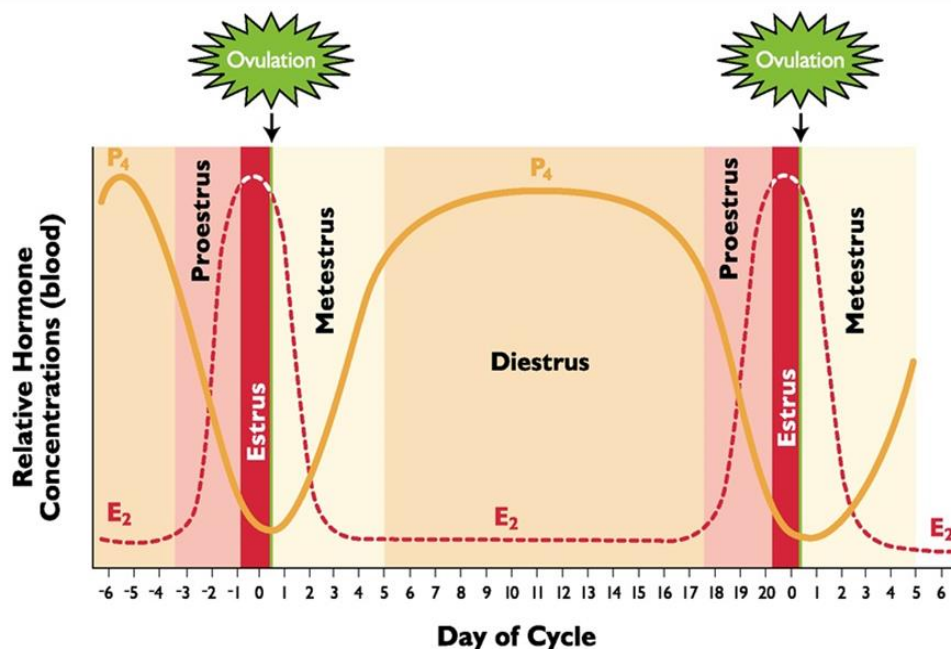


Keterangan: (A) Sirkuit saraf yang memperlancar *acoustic startle reflex* pada tikus. (B) Pengaruh stimulasi repetitif terhadap respons ASR pada berbagai posisi di sepanjang sirkuit saraf: stimulasi akustik (▲), stimulasi listrik pada nukleus koklear (○), dan stimulasi listrik pada formasi retikuler (●).

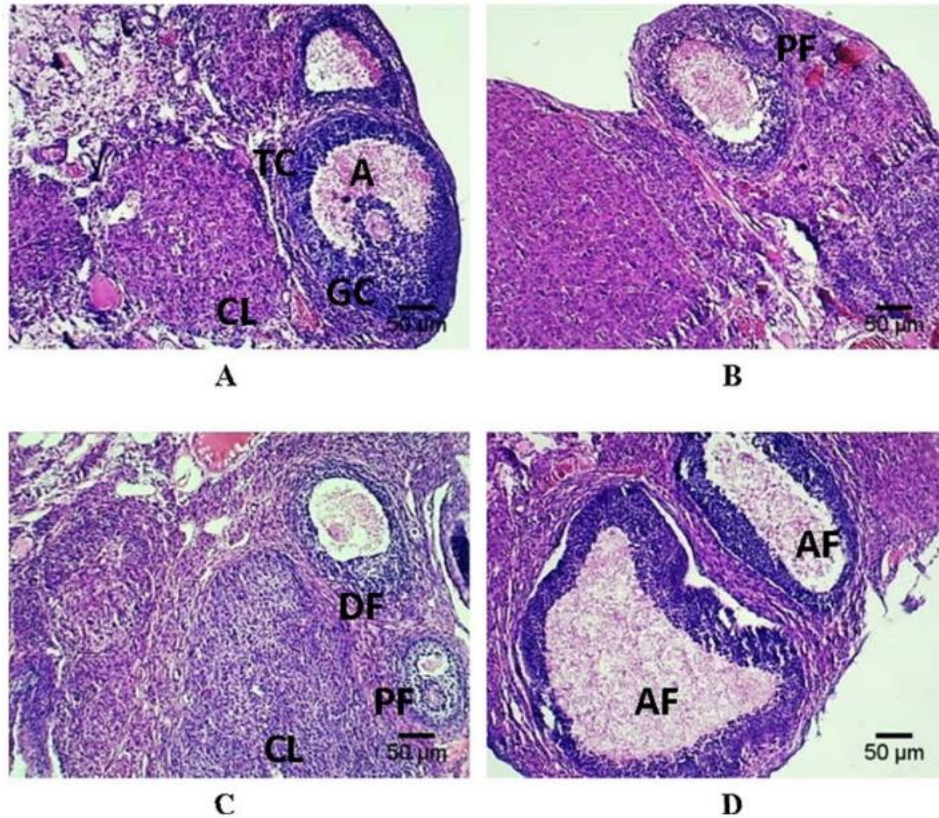
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Neuron yang berasal dari sumsum tulang belakang pada sirkuit saraf ASR merupakan bagian dari saraf somatik.
- B. Stimulasi akustik secara repetitif pada tikus menyebabkan terjadinya sensitisasi ASR yang diikuti oleh habituasi ASR.
- C. Habituasi ASR akibat stimulasi listrik secara repetitif terjadi di sisi motoris dari sirkuit saraf ASR.
- D. Respons ASR terhadap stimulasi akustik dan listrik secara repetitif melibatkan *neuronal plasticity*.

28. Siklus estrus merupakan siklus reproduksi betina (homolog dengan siklus menstruasi) pada mamalia, kecuali primata hominid. Sama seperti siklus menstruasi, siklus estrus melibatkan perubahan siklik pada ovarium, uterus, dan vagina. Tetapi, tidak ada peluruhan lapisan endometrium pada siklus estrus. Siklus estrus dibagi ke dalam empat fase, yaitu proestrus, estrus, metestrus, dan diestrus. Grafik berikut menjelaskan perubahan hormon estrogen (E_2) dan progesteron (P_4) selama siklus estrus.



Hipoksia hipobarik diketahui dapat mempengaruhi kadar hormon steroid. Untuk mempelajari pengaruh hipoksia hipobarik terhadap siklus estrus, dilakukan eksperimen di mana mencit diberi perlakuan hipoksia hipobarik secara akut selama 6 jam. Berikut merupakan data dari eksperimen tersebut.

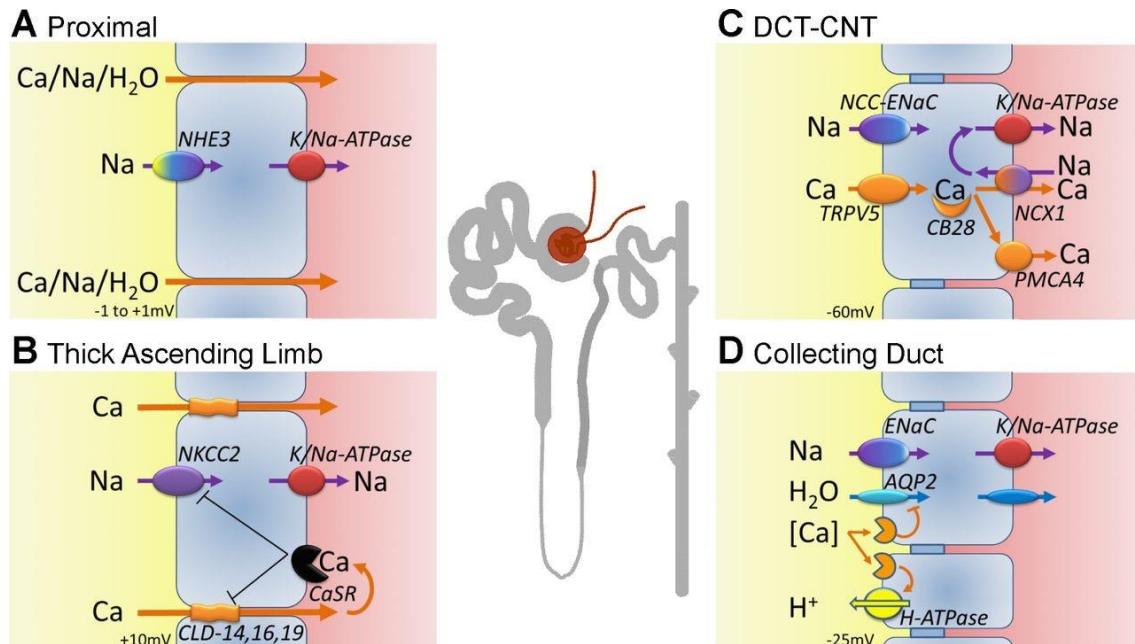


Keterangan: Sayatan histologis ovarium mencit yang diberi pewarna hematoxylin-eosin (HE) dari kelompok normoksik (**A, B**) dan kelompok hipoksia hipobarik akut (**C, D**). PF = folikel primer, DF = folikel lanjut, AF = folikel atretik (akan mengalami degenerasi).

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

- A. Sama seperti manusia, ovulasi pada mencit diinisiasi oleh peningkatan kadar progesteron secara tajam.
- B. Sayatan A berasal dari mencit betina yang sedang berada pada fase estrus.
- C. Sayatan B hanya dapat ditemukan pada mencit betina yang berada pada fase proestrus.
- D. Pemaparan kondisi hipoksia hipobarik secara akut kemungkinan menyebabkan gagalnya ovulasi pada mencit betina.

29. Ginjal terlibat dalam homeostasis kalsium dengan cara mengatur reabsorpsi dan ekskresi kalsium di dalam filtrat yang dikontrol oleh hormon PTH dan kalsitriol. Gambar berikut menjelaskan proses reabsorpsi kalsium di nefron ginjal.

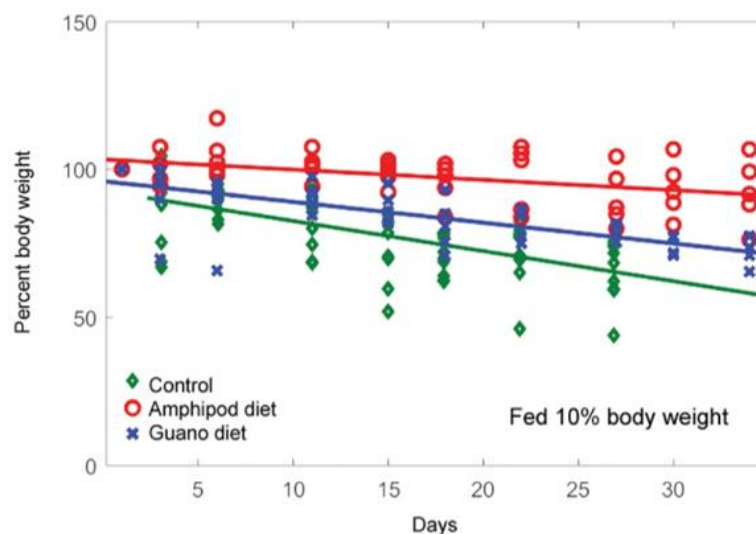


Keterangan: Mekanisme reabsorpsi kalsium di sepanjang nefron ginjal: tubulus proksimal (A), segmen tebal lengkung Henle naik (B), tubulus distal (C), dan duktus kolektifus (D).

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

- Reabsorpsi kalsium terjadi secara pasif di sepanjang nefron ginjal.
- Regulasi hormonal reabsorpsi kalsium oleh PTH dan kalsitriol paling mungkin terjadi di tubulus distal.
- Kalsium yang berlebih di duktus kolektifus akan diekskresikan ke dalam urin.
- Aktivitas TRPV5 kemungkinan akan berkorelasi positif dengan aktivitas osteoklas di jaringan tulang.

30. Pada umumnya, salamander merupakan hewan karnivora sejati dikarenakan ukuran saluran gastrointestinal yang pendek. Tetapi, beberapa spesies salamander yang hidup di dalam gua, seperti salamander Grotto (*Eurycea spelaea*), juga memakan feses (guano) kelelawar invertebrata yang juga tinggal di dalam gua. Berikut ini merupakan data yang menjelaskan pengaruh pemberian berbagai jenis pakan terhadap perubahan berat badan salamander Grotto.



Keterangan: Perubahan berat badan salamander Grotto yang diberi: tidak diberi makan (◇), diberi makan amfipoda hidup (○), dan diberi makan guano (×). Pemberian pakan sebanyak 10% dari berat badan awal salamander dilakukan setiap hari.

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

- A. Efisiensi absorpsi salamander Grotto yang mengonsumsi amfipoda lebih tinggi daripada salamander Grotto yang mengonsumsi guano.
- B. Konsumsi guano saja tidak cukup untuk mendukung kebutuhan nutrisi salamander Grotto.
- C. Jika dibandingkan dengan salamander yang tidak hidup di dalam gua, keanekaragaman *gut microbiome* salamander Grotto lebih rendah.
- D. Dalam proses evolusi salamander Grotto, terjadi perubahan perilaku makan dari karnivori menjadi omnivori.

GENETIKA DAN EVOLUSI

31. Anda diminta untuk mengungkap pelaku dari sebuah kasus kriminal. Diketahui terdapat sampel jaringan pelaku (laki-laki) yang tertinggal akibat cakaran di kuku korban (perempuan). Berikut merupakan data frekuensi alel dari dua penanda genetik berupa *short tandem repeat* (STR).

Tabel 1. Frekuensi alel dari lokus STR DXS8378 dan DXS7132 pada populasi [Tie *et al.* 2010]

Alel dari lokus STR DXS8378	Frekuensi Alel	Alel dari lokus STR DXS7132	Frekuensi Alel
8	0,0010	11	0,0051
9	0,0142	12	0,0569
10	0,5356	13	0,1697
11	0,2907	14	0,3537
12	0,1270	15	0,2846
13	0,0244	16	0,1037
14	0,0051	17	0,0193
15	0,0020	18	0,0041
		19	0,0020
		20	0,0010

Tabel 2 menunjukkan informasi mengenai panjang setiap alel pada kedua lokus STR, sedangkan Tabel 3 menunjukkan hasil analisis genetik kedua STR dari kuku korban. Diketahui pada STR yang sama tidak terdapat variasi pada bagian P maupun N.

Tabel 2. Informasi genetik dari alel-alel lokus STR DXS8378 dan DXS7132 [dimodifikasi dari Edelman *et al.* 2002]

Tipe STR	Alel	Sekuens	Panjang Amplikon	Lokasi STR
DXS8378	8–15	P ₁₉ -N ₁₈ -(CTAT) ₈₋₁₅ -N ₂₀ -P ₂₁	110–138 bp	Kromosom X
DXS7132	11–20	P ₂₀ -N ₁₉ -(TCTA) ₁₁₋₂₀ -N ₂₈ -P ₂₀	131–167 bp	Kromosom X

Keterangan: CTAT dan TCTA menunjukkan sekuens yang diulang berturut-turut pada lokus STR DXS8378 dan DXS7132

Tabel 3. Hasil analisis alel STR DXS8378 dan DXS7132 dari kuku korban dan tersangka

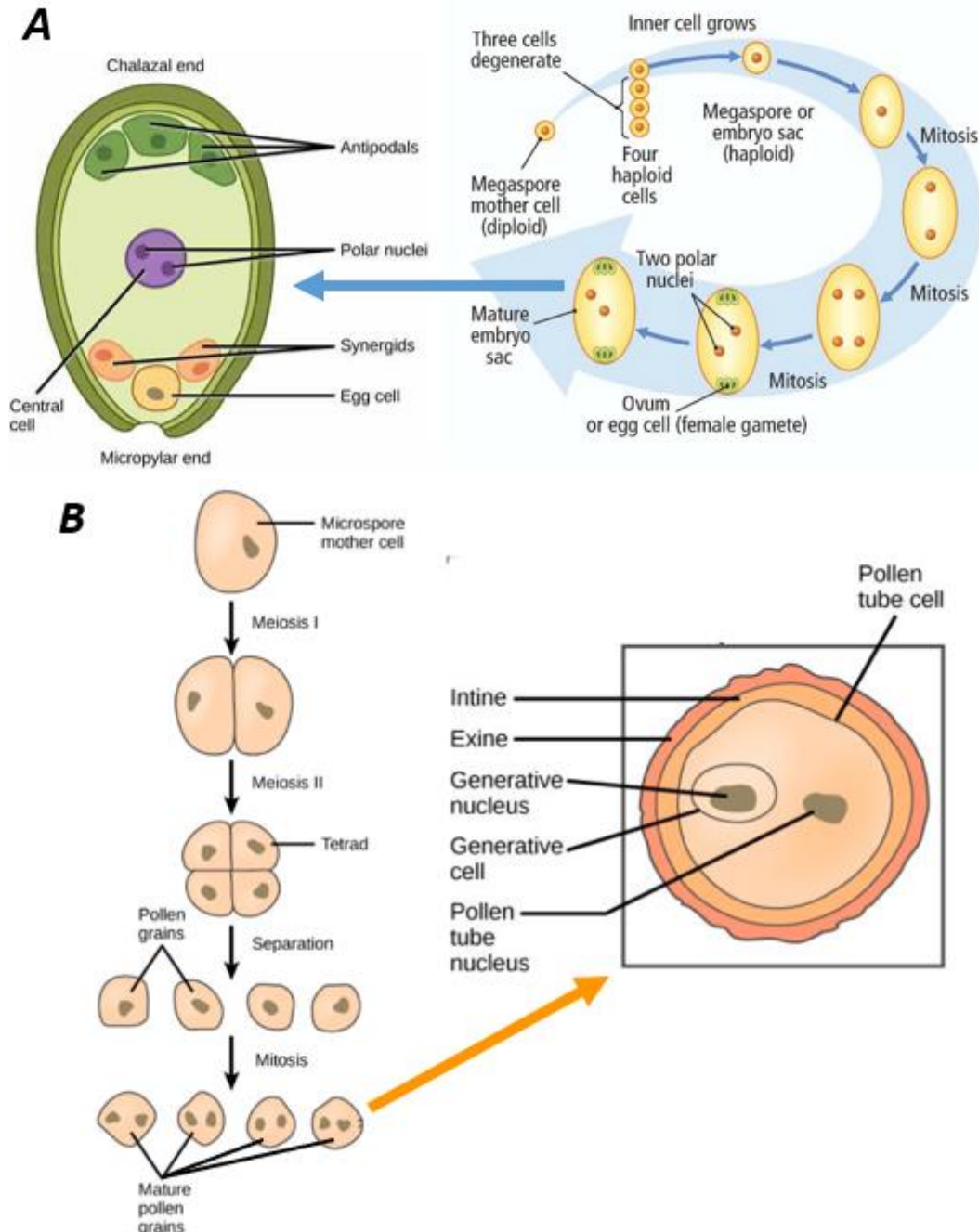
Asal jaringan	Ukuran amplikon 1 (jumlah kopi amplikon)	Ukuran amplikon 2 (jumlah kopi amplikon)
Kuku korban	135 bp (x 1)	134 bp (x1)
Tersangka	135 bp (x 1)	134 bp (x1)

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

- A. Pada tabel 3, amplikon 1 menandakan STR DXS7132 sedangkan amplikon 2 STR DXS8378.
- B. Jaringan pada kuku korban mungkin berasal dari wanita yang mengalami sindrom Turner.

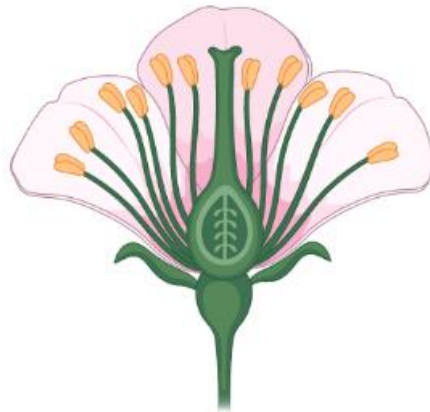
- C. Diketahui kedua lokus STR berjarak 50 cM. Jika bekas cakaran berasal dari laki-laki normal, maka kemungkinan tersangka bukan pelaku adalah sekitar 0,00058.
- D. Jika ternyata bekas cakaran berasal dari kulit korban sendiri, korban dan tersangka tidak mungkin merupakan kembar dizigotik.

32. Pembelahan meiosis dibutuhkan untuk pembentukan sel-sel gamet pada organisme yang mengalami reproduksi seksual. Ilustrasi berikut menggambarkan perkembangan yang terjadi pada kantung embrio/ovulum/bakal biji (A) dan polen (B) tumbuhan Angiospermae.



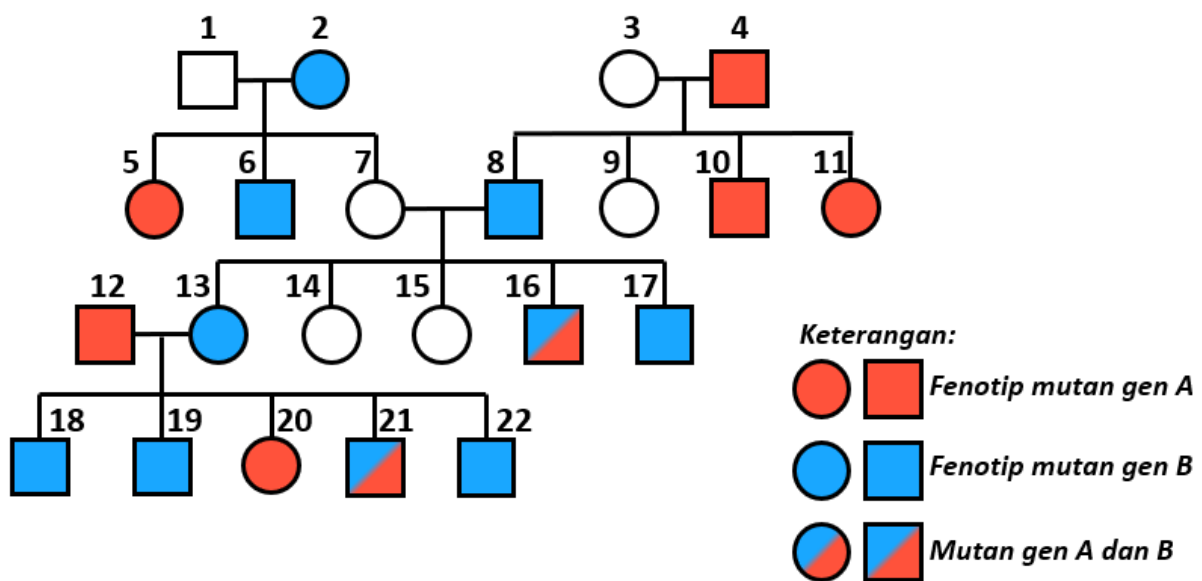
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Jika tidak ada pindah silang yang terjadi selama perkembangan, semua nukleus pada kantung embrio yang sudah matang dapat dipastikan memiliki genotipe yang sama.
- B. Pada tumbuhan heterozigot, ovum yang ada pada satu ovarium yang sama mungkin memiliki genotipe yang berbeda-beda (ilustrasi ovarium seperti gambar di bawah).



- C. Jika Hukum Mendel berlaku selama perkembangan, polen dari tumbuhan heterozigot Gg (lokus pada autosom) akan memiliki nukleus vegetatif dan generatif dengan genotipe berbeda.
- D. Pada bunga hermaprodit, inti generatif polen memiliki kemungkinan kombinasi genotipe yang lebih banyak dibandingkan ovum.

33. Berikut merupakan silsilah suatu keluarga besar yang menunjukkan adanya sifat mutan dari gen A dan B. Diketahui kedua gen tidak mengalami pautan dan keduanya memiliki pola penurunan sifat yang berbeda.



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

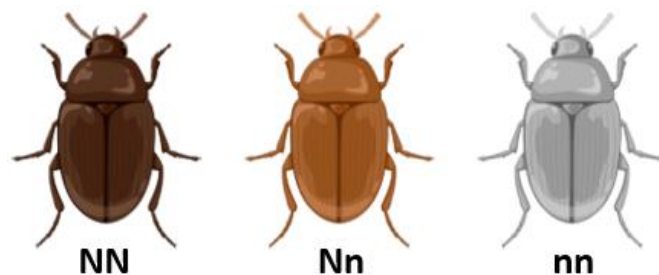
- A. Salah satu gen memiliki alel mutan bersifat dominan, sedangkan gen lain memiliki alel mutan bersifat resesif.
- B. Individu 3 dipastikan memiliki genotipe *carrier* terhadap mutan gen A dan B, sedangkan individu 13 dan 22 bersifat *carrier* untuk mutan gen A.
- C. Di antara individu-individu berfenotipe normal pada silsilah di atas, terdapat setidaknya 1 individu yang tidak membawa alel mutan sama sekali.
- D. Pernikahan individu dengan genotipe seperti 7 dan 8 dapat menghasilkan anak berfenotipe mutan A dengan peluang yang lebih rendah dibandingkan peluang dihasilkan anak berfenotipe mutan B.

34. Pindah silang pada gen-gen terpaut kromosom X umumnya hanya terjadi pada individu perempuan/betina. Calvin meneliti dua buah gen yang berada pada kromosom X *Drosophila melanogaster* yang memiliki jarak 30 cM. Gen A mengatur sifat warna mata di mana alel dominan

A menghasilkan mata *wild-type*, sedangkan alel a menghasilkan mata putih. Gen B mengatur fenotipe sayap, dengan alel dominan B menghasilkan sayap normal dan alel resesif b menghasilkan sayap vestigial.

Calvin menyilangkan individu betina mata *wild-type* sayap vestigial galur murni dengan jantan berfenotipe berbeda sehingga menghasilkan F1 jantan dan betina. Individu-individu F1 disilangkan secara acak dan menghasilkan banyak individu F2. Diketahui determinasi jenis kelamin *D. melanogaster* sama seperti mamalia. Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Semua individu F1 jantan menghasilkan 2 macam gamet, yaitu bergenotipe Y dan X^{Ab}.
 - B. Pada generasi F2, persentase betina mata *wild-type* sayap normal lebih rendah dibandingkan persentase jantan berfenotipe tersebut.
 - C. Jika F2 jantan berjumlah 1000 individu, diharapkan 150 di antaranya berfenotipe mata putih sayap vestigial.
 - D. Dari semua F2 betina, 35% di antaranya memiliki genotipe galur murni untuk kedua gen.
35. Sebuah populasi kumbang di Pulau Indah Kapuk terdiri atas 3 fenotipe, yaitu coklat tua, coklat muda, dan abu-abu. Diketahui karakter warna diatur oleh gen tunggal *N* dengan pengaturan seperti ilustrasi berikut.



Karena terkena angin puting beliung, sebagian kecil dari populasi tersebut tertiuip ke dua pulau terpencil yang saling terisolasi (Pulau A dan B). Diketahui kedua pulau belum pernah dihuni oleh spesies kumbang yang sama. Tsaqifa meneliti individu-individu yang terdampar tersebut dan mengamati hingga kumbang berkembang biak menghasilkan populasi generasi kedua. Berikut adalah data yang dicatat Tsaqifa.

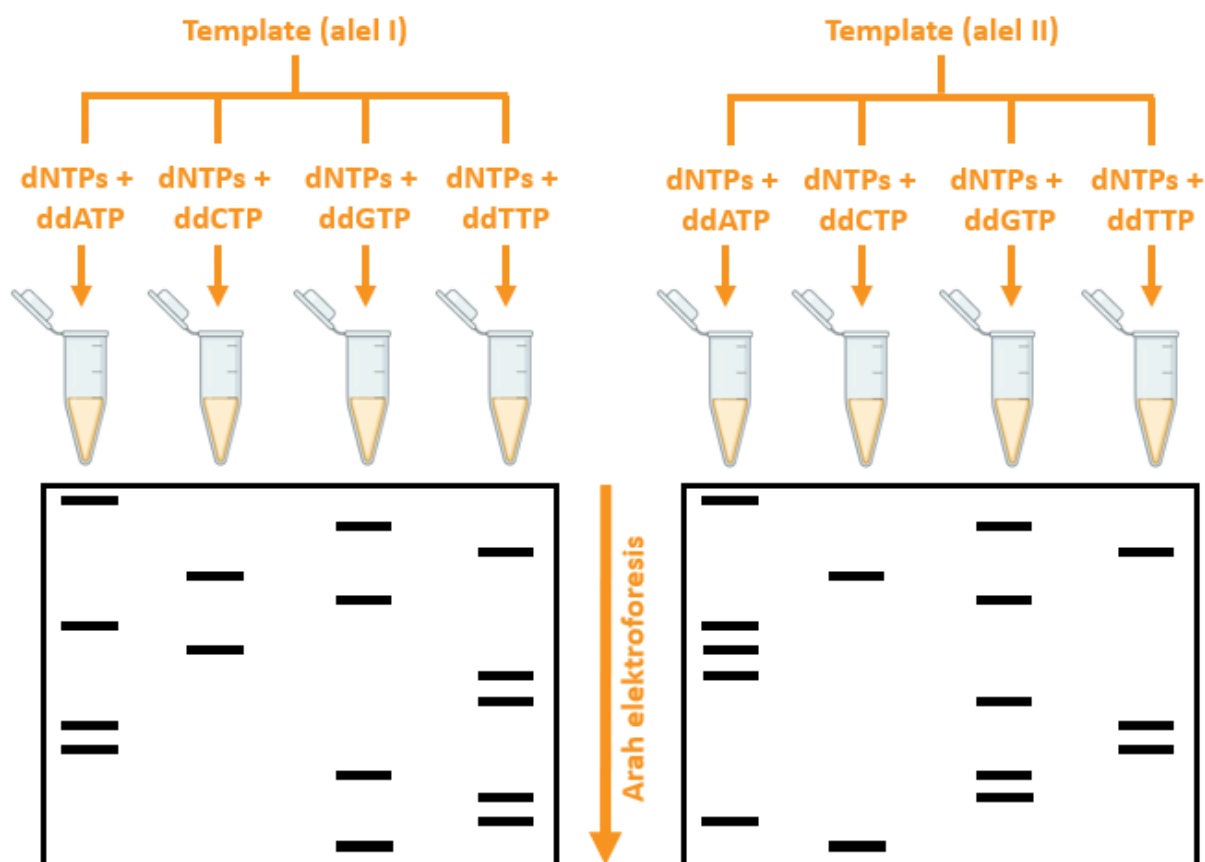
Generasi	Jumlah individu Pulau A			Jumlah individu Pulau B		
	NN	Nn	nn	NN	Nn	nn
I (baru tertiuip angin)	10	4	6	0	8	12
II (setelah berkembang biak)	360	480	160	250	110	640

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

- A. Berpindahnya kumbang dari Pulau Indah Kapuk ke Pulau A dan B merupakan contoh peristiwa *gene flow*.
- B. Individu-individu kumbang di Pulau A kemungkinan mengalami perkawinan acak, sedangkan di Pulau B tidak.
- C. Pada generasi II, frekuensi alel N Pulau A dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan frekuensi N di Pulau B.
- D. Keseimbangan Hardy-Weinberg dapat tercapai dengan menggabungkan populasi generasi II dari Pulau A dan B.

36. *Sanger sequencing* merupakan salah satu metode pertama yang ditemukan untuk mengidentifikasi urutan nukleotida dari asam nukleat. Namun demikian, akurasi metode ini termasuk yang tertinggi dibandingkan *Next Generation Sequencing* (NGS) hingga saat ini. *Manual Sanger Sequencing* yang digunakan pada awal penemuannya memanfaatkan *dideoxynucleotides* (ddNTPs) berlabel radioaktif. Menggunakan prinsip PCR, reaksi sekuensing dari satu *template* dilakukan pada 4 tabung berbeda dengan masing-masing tabung mengandung dNTP dan salah satu dari 4 ddNTPs. Hasil reaksi kemudian divisualisasi menggunakan elektroforesis untuk memisahkan untai DNA dengan ukuran yang berbeda.

Suatu ketika Anda menemukan sebuah gen pada tumbuhan yang diketahui memiliki 2 buah alel (alel I dan alel II). Anda ingin melakukan analisis untuk membedakan kedua alel tersebut dengan melakukan sekuensing pada 15 nukleotida terakhir dari *open reading frame* (ORF). Berikut adalah ilustrasi *sanger sequencing* yang Anda lakukan beserta hasilnya.

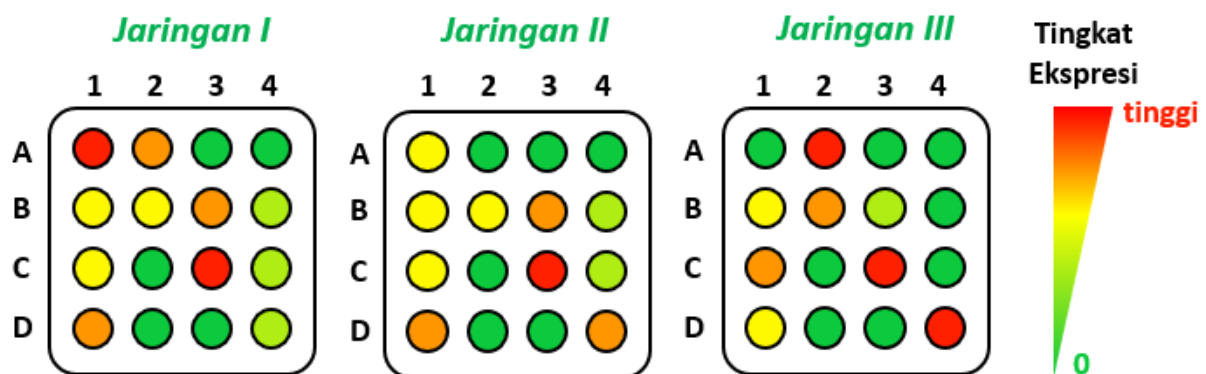


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Template* yang digunakan untuk sekuensing di atas kemungkinan menggunakan untai DNA yang sama dengan *non-template strand* (*complementary strand*) dari gen.
 - Perbedaan urutan nukleotida dari kedua alel disebabkan karena adanya insersi-delesi.
 - Segmen gen di atas tidak mengandung intron tetapi masih memungkinkan terdapat bagian 3' UTR (*untranslated region*).
 - Selain sekuensing, perbedaan kedua alel dapat diidentifikasi menggunakan analisis *restriction fragment length polymorphism* (RFLP).
37. Studi omics adalah pendekatan menyeluruh mengenai suatu aspek dalam rangkaian informasi genetik. Salah satu jenis studi tersebut adalah transkriptomik yang dapat memberikan informasi umum mengenai ekspresi gen. Data transkrip dapat memuat informasi profil tingkat ekspresi

keseluruhan gen dari sampel yang digunakan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui profil (*profiling*) transkrip tersebut adalah menggunakan *microarray*. Metode ini menggunakan prinsip komplementasi antara transkrip dengan sekuens komplementennya yang telah ditempelkan pada matriks di sumur *array*. Komplementasi tersebut menyebabkan perpendaran dengan spektrum tertentu, tergantung seberapa banyak sekuens yang berkomplemen. Apabila kita memiliki sampel sitoplasma atau homogenat sel, kita dapat mengetahui level ekspresi gen dengan melihat profil *microarray* tersebut.

Suatu ketika Bambang mencoba melakukan *profiling* transkrip untuk membedakan ekspresi gen pada jaringan I yang merupakan suatu *stem cell* dan jaringan II yang merupakan hasil diferensiasi dari jaringan I. Selain itu Bambang juga melakukan *profiling* pada jaringan III yang berasal dari individu hewan yang sama dengan jaringan I, namun ontologinya berbeda. Berikut adalah profil *microarray* yang memuat 16 gen yang didapatkan Bambang.

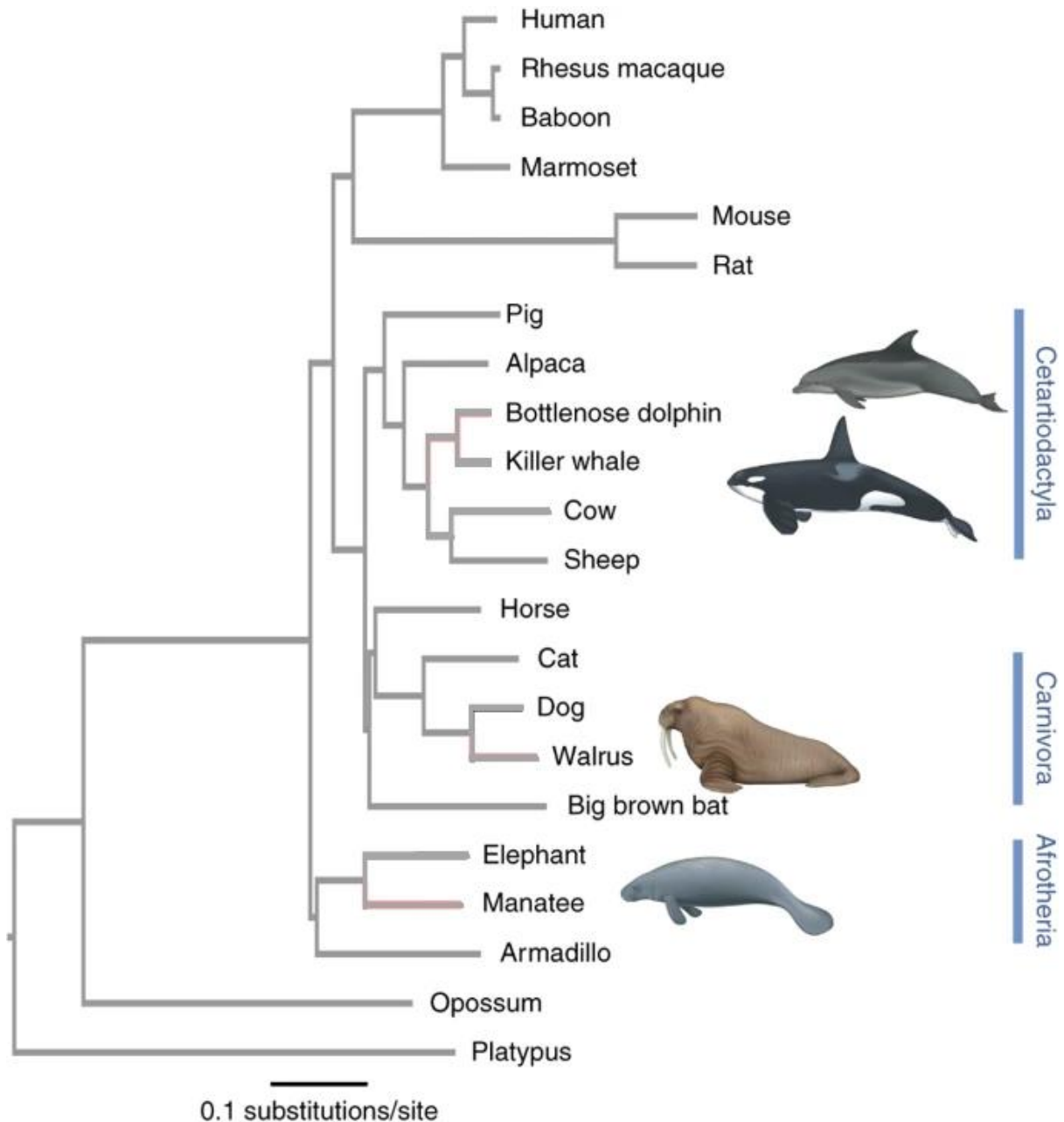


Keterangan: hasil *microarray* pada ketiga jaringan. 16 gen yang dianalisis ditunjukkan oleh sumur-sumur berwarna dengan nama kolom 1-4 dan nama baris A-D. Contoh penyebutan indeks nama gen dalam sumur: 1A, 2C, 3B, 4D, dan seterusnya. Gen-gen pada sumur dengan indeks nama yang sama adalah gen yang sama pula.

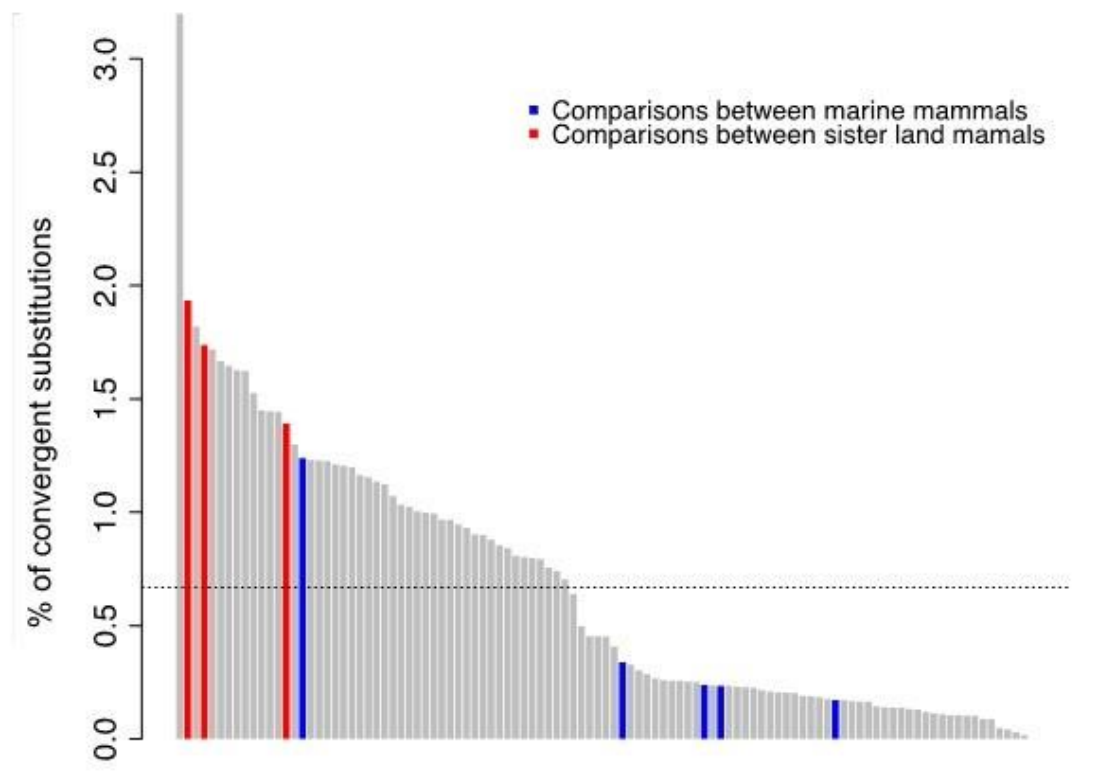
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Terdapat 3 gen yang dapat menjadi penanda diferensiasi jaringan I menjadi II.
- Jaringan yang telah terdiferensiasi di atas memiliki jumlah gen aktif terekspresi lebih banyak dibandingkan *stem cell* nya.
- Diketahui terdapat dua alel dari suatu gen yang memiliki perbedaan sekuens pada daerah *coding sequence*-nya. Perbedaan alel tersebut juga dapat kita lihat menggunakan profil *microarray*.
- Hanya gen 1B dan 3C yang dapat digunakan sebagai *housekeeping gene*.

38. Mamalia laut memiliki sejumlah kemiripan yang merupakan bentuk adaptasi mereka terhadap kehidupan akuatik. Bisa dilihat pada pohon kekerabatan berikut di mana mamalia laut tersebar pada berbagai ordo yang berbeda. Oleh karena itu, jelas bahwa kemiripan yang mereka miliki merupakan sebuah contoh klasik evolusi konvergen.



Sekelompok peneliti melakukan penelitian untuk melihat konvergensi pada level genomik. Mereka mengobservasi banyaknya substitusi konvergen (*) pada genom 14 spesies dari pohon di atas (mamalia-mamalia laut beserta taksa-taksa saudara darat mereka). Berikut hasil yang mereka dapat.



Keterangan: Setiap batang = % substitusi konvergen antara dua spesies. Garis putus-putus = rata-rata % substitusi konvergen.

*Substitusi konvergen mengacu pada suatu tipe spesifik dari perubahan genetik/mutasi yang terjadi secara independen pada garis keturunan yang berbeda, yang mana perubahan tersebut memunculkan kesamaan/kemiripan substitusi asam amino pada posisi tertentu dalam genom.

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

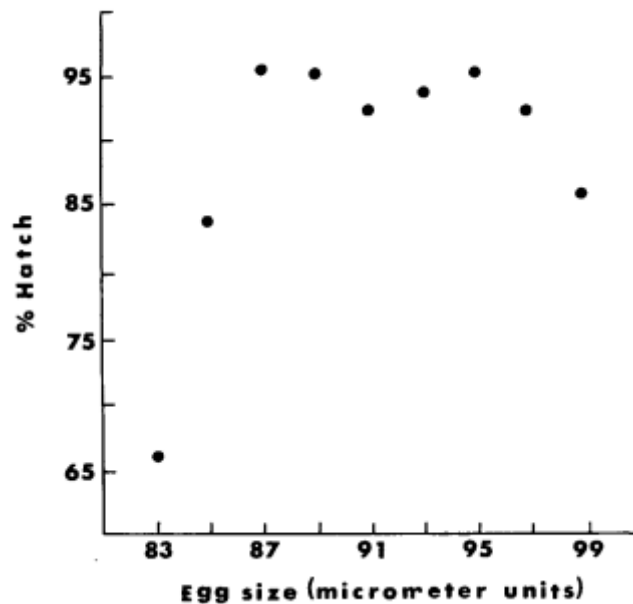
- A. Terdapat lebih banyak substitusi konvergen antartaksa saudara dari mamalia laut dibandingkan antarmamalia laut.
- B. Salah satu contoh sifat konvergen pada mamalia-mamalia laut adalah adanya rambut (minimal hingga suatu tahap perkembangan tertentu).
- C. Keanekaragaman genetik yang dibutuhkan untuk memunculkan konvergensi genomik kemungkinan besar telah ada pada leluhur bersama paling muda dari mamalia laut.
- D. Konvergensi pada level molekuler tidak menggambarkan konvergensi fenotipik.

39. Mather mengklasifikasikan seleksi alam ke dalam tiga tipe, yaitu direksional, stabilisasi, dan disruptif. Sebuah penelitian dilakukan untuk melihat seleksi alam yang bekerja pada panjang telur *Drosophilla melanogaster*. Komponen dari *fitness* digambarkan oleh banyaknya telur yang menetas. Dari 41 pasangan kawin, 846 telur diukur panjangnya dan diobservasi hingga berhasil menetas atau tidak. Panjang telur berkisar antara 76-101 μm dan terdistribusi normal. Tabel berikut memperlihatkan rata-rata dan variansi panjang telur.

Table 1. Egg lengths in micrometer units

	No.	Mean	Variance
All eggs	846	91.6	12.7
Hatched	783	91.6	11.9
Unhatched	63	91.0	23.5

Grafik di bawah menunjukkan persentase telur yang menetas sebagai sebuah fungsi dari panjang telur.

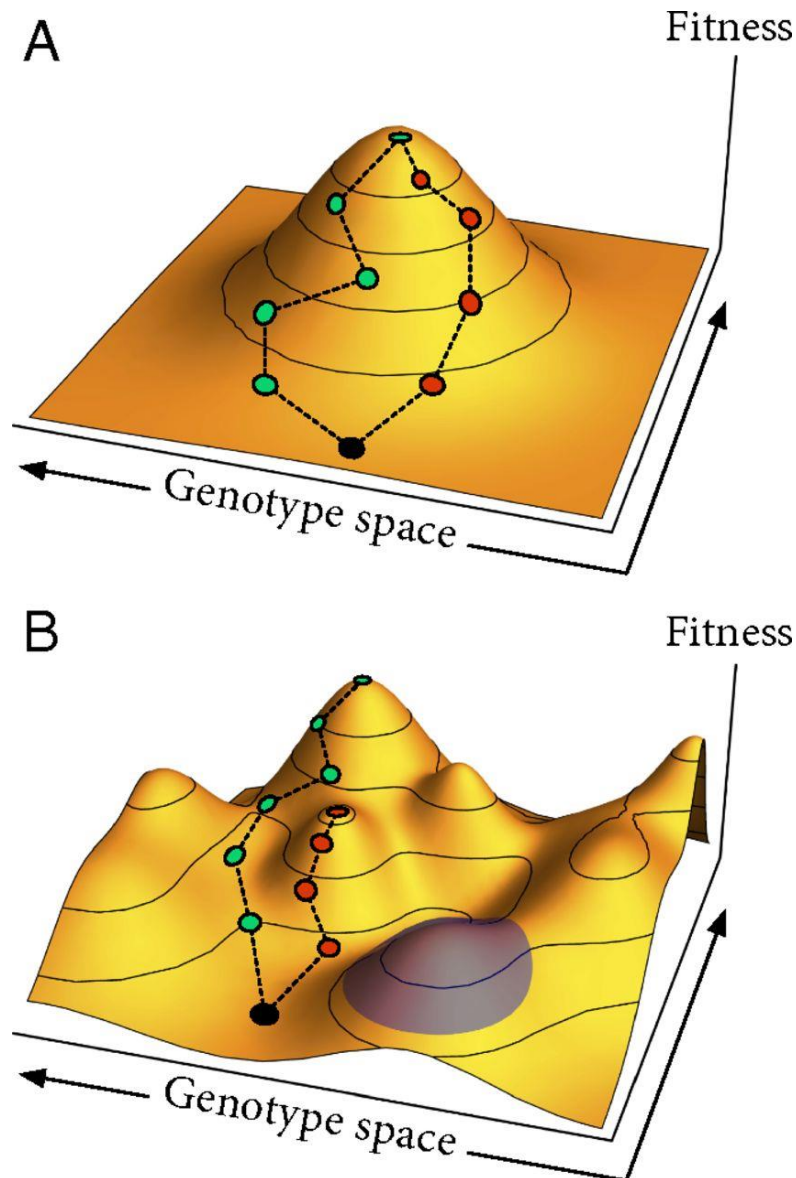


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Seleksi yang bekerja cenderung akan mengarah pada berkurangnya variasi genetik dan hanya mempertahankan sifat yang dekat dengan nilai *fitness* yang optimal.
- Telur-telur yang berhasil menetas ukurannya lebih homogen dibandingkan telur-telur yang tidak berhasil menetas.
- Semakin pendek telur, semakin rendah *fitness*-nya.
- Data di atas menunjukkan adanya seleksi disruptif yang bekerja pada panjang telur dari populasi *D. melanogaster* tersebut.

40. Interaksi antara berbagai mutasi yang ada di dalam populasi biasanya digambarkan menggunakan *fitness landscape* yang diperkenalkan oleh Sewall Wright. Model ini menganalogikan *fitness* dari organisme dengan topografi. Pada *fitness landscape*, sumbu horizontal menunjukkan ruang untuk genotipe-genotipe yang mungkin muncul, sedangkan sumbu vertikal menggambarkan *fitness* dari genotipe-genotipe tersebut. Pada model *fitness landscape* yang berbukit-bukit terdapat sejumlah lembah/jurang dan puncak. Pada model *fitness landscape* yang halus, hanya ada satu puncak. Perbedaan model ini menggambarkan perbedaan tekanan seleksi dan interaksi antar gen atau sifat yang bekerja pada populasi. Secara umum, populasi akan selalu bergerak dari kondisi *fitness* yang lebih rendah ke *fitness* yang lebih tinggi.

Berikut merupakan gambaran dari kedua model *fitness landscape*.



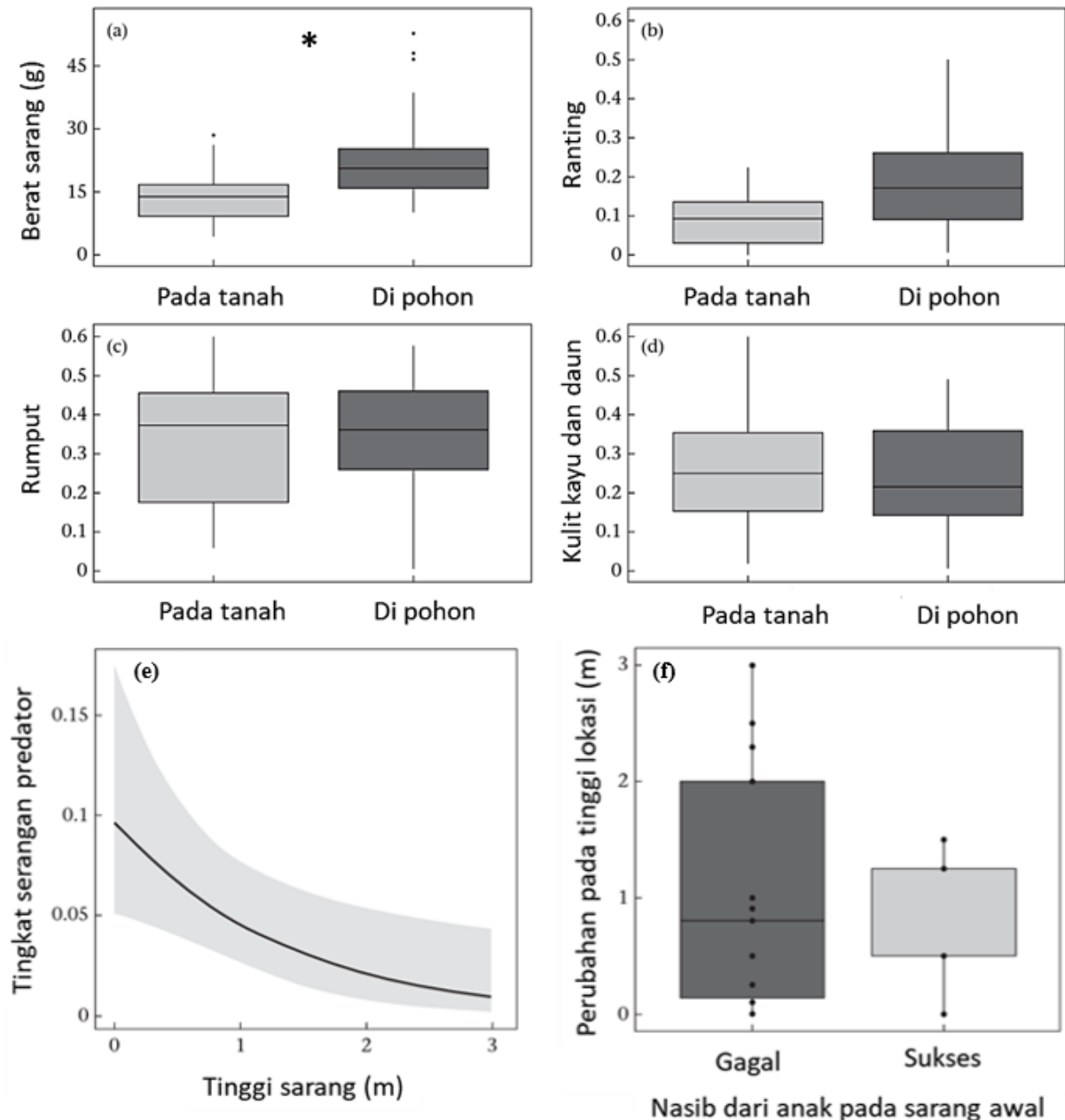
Keterangan: A) model halus dengan satu puncak. B) model berbukit-bukit. bulatan hitam = genotipe awal. Bulatan hijau/merah and garis putus-putus = arah dan perjalanan evolusi dari populasi.

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

- A. Divergensi populasi lebih memungkinkan terjadi pada model A.
- B. Baik pada model A dan B, suatu mutasi yang baik akan selalu mengarah pada hasil evolusi yang terbaik.
- C. Tekanan seleksi terhadap keanekaragaman genetik akan lebih kuat pada model A.
- D. Pada model B, terdapat kemungkinan bahwa populasi akan menetap di suatu puncak tanpa bisa bergerak ke arah puncak yang lebih tinggi lagi.

ETOLOGI

41. Perilaku antipredasi merupakan perilaku penting yang terkait dengan kelulushidupan dari individu, terutama yang hidup di alam. Perilaku ini dapat bersifat aktif maupun pasif dan dihasilkan dari proses adaptasi. Suatu penelitian dilakukan untuk melihat perilaku antipredator (pasif) pada burung yang hidup di pulau berupa perilaku pembuatan sarang. Hasil penelitian tersebut disajikan di bawah ini.

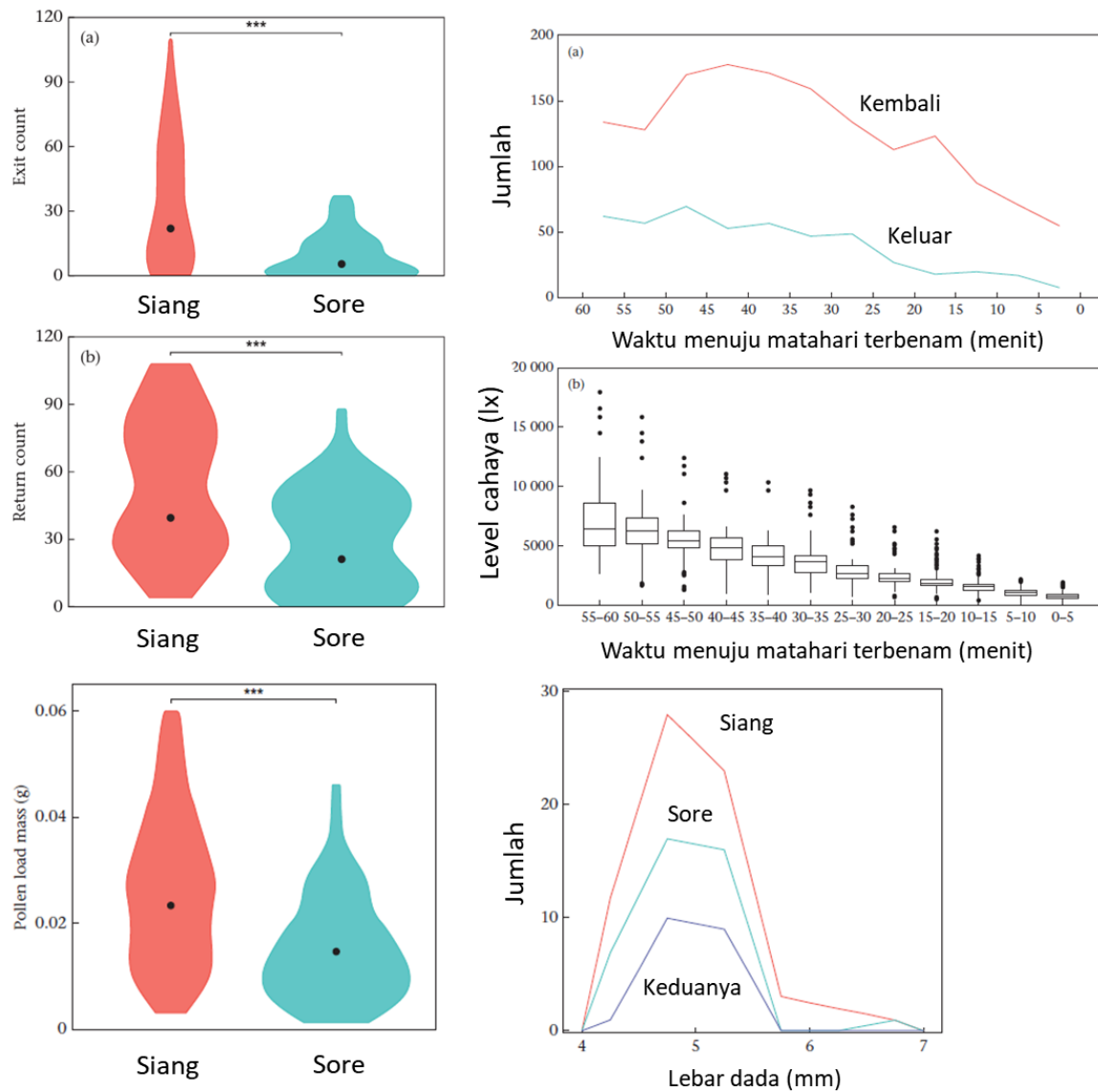


Keterangan: Bintang (*) menunjukkan perbedaan signifikan.

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

- Burung yang membangun sarang di ketinggian memiliki preferensi membuat sarang lebih ringan.
- Terdapat preferensi komposisi sarang yang sama antara sarang pada tanah dan di pohon.
- Posisi sarang menentukan kemungkinan kelulushidupan anak.
- Perilaku membangun sarang pada burung yang diamati bersifat kaku.

42. Beberapa hewan yang aktif mencari makan pada siang hari kadang ditemukan mencari makan pada sore hari, sebelum matahari terbenam. Salah satu contoh dari hewan tersebut adalah *bumble bees*. Suatu penelitian dilakukan untuk mendapatkan informasi lebih jauh dari perilaku ini. Data dari penelitian itu disajikan di bawah ini.



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

- Jumlah lebah yang mencari makan pada sore hari tidak berbeda signifikan dengan jumlah pada siang hari.
- Jumlah polen yang dibawa oleh lebah pencari makan pada sore hari lebih rendah dibandingkan pada siang hari.
- Perilaku pencarian makan pada *bumble bees* dipengaruhi oleh level cahaya di lingkungan.
- Individu dengan lebar dada kurang lebih 5 mm selalu mendominasi pencari makan di siang maupun sore hari.

43. *Infanticide* merupakan fenomena dimana induk hewan mengurangi jumlah anak. *Infanticide* umumnya dilakukan pada anak yang terkena penyakit, mengalami kelainan pertumbuhan, ataupun karena memang si induk tidak bisa mencukupi kebutuhan anak yang terlalu banyak.



Keterangan: *Infanticide* pada anak bangau yang mengalami kelainan pertumbuhan.

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

- A. Adanya risiko penularan penyakit dari salah satu anak merupakan *proximate cause* dari perilaku *infanticide*.
- B. Salah satu *ultimate cause* yang mungkin melatarbelakangi *infanticide* di antaranya terdapat peningkatan kelulushidupan anak yang dipertahankan setelah anak abnormal dibuang.
- C. Stimulus visual merupakan satu-satunya faktor yang memicu *infanticide*.
- D. Peristiwa di atas merupakan contoh dari *associative learning*.

EKOLOGI

44. Foto di bawah diambil dari dua lokasi berbeda di Kazakhstan menggunakan *photosphere* yang dapat diamati pada fitur *Google Street* di *Google Earth*.

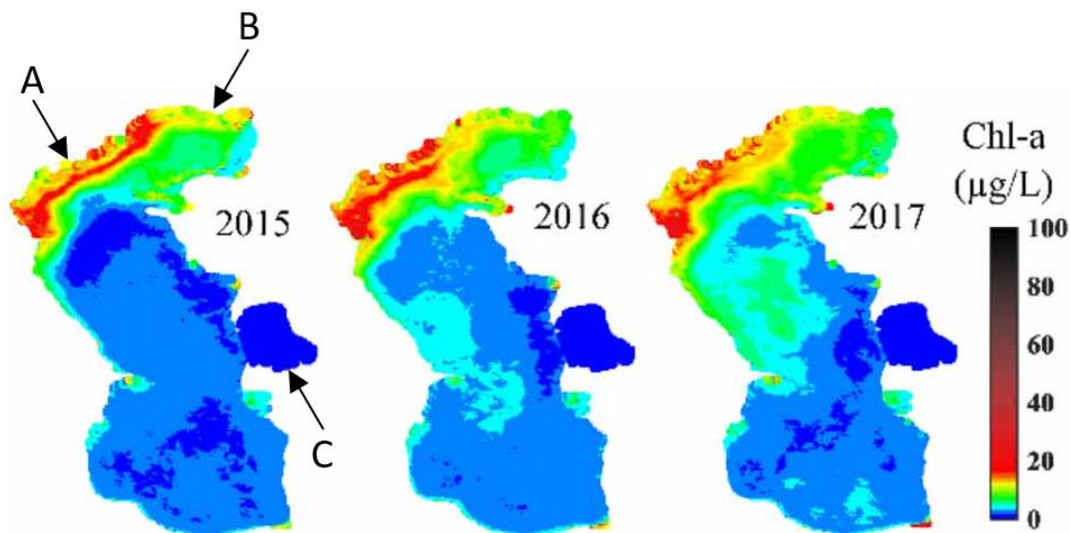


Keterangan: Gambar kiri berasal dari lokasi A dan gambar kanan berasal dari lokasi B.

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

- A. A dan B menunjukkan jenis bioma yang berbeda.
- B. Hewan diurnal lebih mungkin ditemukan pada lokasi A dibandingkan lokasi B.
- C. Tumbuhan dengan tipe fotosintesis CAM lebih mungkin ditemukan pada lokasi B dibandingkan lokasi A.
- D. Penurunan curah hujan yang signifikan pada lokasi B mampu mengubah lokasi tersebut menjadi seperti lokasi A.

45. Perhatikan peta Laut Kaspia di bawah ini!

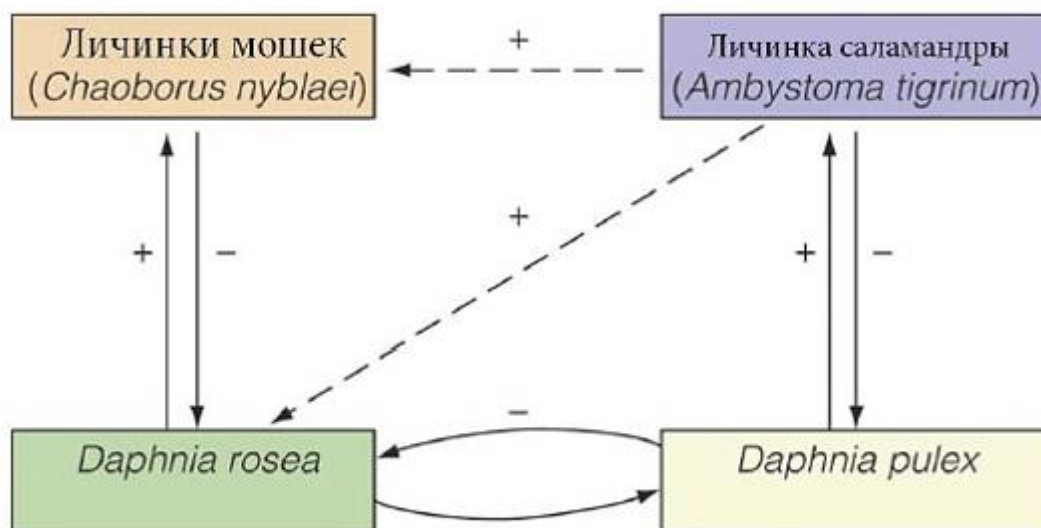


Keterangan: Chl-a = kadar klorofil A. Sungai Volga diketahui bermuara ke lokasi A, Sungai Ural bermuara ke lokasi B, dan Cekungan Garabogazköl berada pada lokasi C.

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

- A. Eutrofikasi pada tahun 2017 lebih banyak teramati dibandingkan pada tahun 2016 dan 2015.
- B. Konsentrasi nitrat pada Sungai Ural lebih tinggi jika dibandingkan dengan Sungai Volga.
- C. Data pada peta di atas tidak sesuai dengan informasi bahwa Cekungan Garabogazköl bersifat salin.
- D. Kadar oksigen terlarut di lokasi B lebih tinggi dibandingkan lokasi A pada tahun 2016.

46. Tangkas dan Dhiya sedang berdebat mengenai salah satu soal OSN Kazakhstan untuk persiapan OSP. Soal yang diperdebatkan mereka berdua memiliki diagram seperti yang terlihat pada Gambar di bawah.



Keterangan: tanda + dan - berturut-turut menunjukkan pengaruh positif dan negatif dari spesies pada pangkal panah terhadap spesies pada ujung panah.

Diketahui bahwa dua spesies di atas merupakan predator dan dua spesies lainnya merupakan mangsa.

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

- A. Interaksi antara *Daphnia rosea* dan *Ambystoma tigrinum* adalah predasi.

- B. Eksklusi kompetitif kemungkinan tidak terjadi pada *Daphnia* ketika tidak terdapat *Chaoborus nyblaei* dan *Ambystoma tigrinum*.
 C. Panah putus-putus merupakan efek dari kontrol *bottom-up*.
 D. *Chaoborus nyblaei* dan *Ambystoma tigrinum* kemungkinan merupakan predator tipe spesialis.

47. Berikut adalah data tentang empat jenis ekosistem di Bumi.

Bioma	Area (x 10 ⁶ km ²)	NPP (g m ⁻² y ⁻¹)	Biomassa (kg m ⁻²)
Hutan temperata	5	1300	30
Plankton samudera	332	125	0.003
Hutan hujan tropis	17	2200	45
Savanna	15	900	4

Berdasarkan informasi tersebut dan apa yang Anda ketahui tentang siklus biogeokimia dalam ekosistem tersebut, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Dari keempat ekosistem tersebut, ekosistem yang menyimpan karbon dalam waktu paling lama adalah samudera.
 B. Karbon menetap dalam organisme lebih lama di hutan temperata dibandingkan savana.
 C. Hutan hujan memuat tingkat trofik lebih banyak dari ekosistem plankton di laut.
 D. Ekosistem yang lebih luas memungkinkan karbon menetap lebih lama dalam ekosistem.
48. Suatu populasi tikus hutan diintroduksi ke sebuah pulau kecil di ujung selatan Sulawesi Tenggara. Jumlah individu populasi yang diintroduksi adalah 100 ekor. Hasil pengamatan jumlah kelahiran dan kematian terhadap populasi tikus ini menghasilkan laju pertumbuhan intrinsik (r) sebesar 0.77 per tahun.

Diketahui bahwa ukuran populasi pada waktu t dalam kondisi sumber daya tak terbatas mengikuti formula:

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

Dengan e adalah konstanta logaritma natural ($\sim 2,71828$) dan N_0 adalah ukuran populasi awal.

Jika populasi tersebut dibatasi pertumbuhannya dengan kapasitas lingkungan (K), ukuran populasi dalam waktu t menjadi sebagai berikut.

$$N_t = \frac{K}{1 + \left[\frac{(K - N_0)}{N_0} \right] e^{-rt}}$$

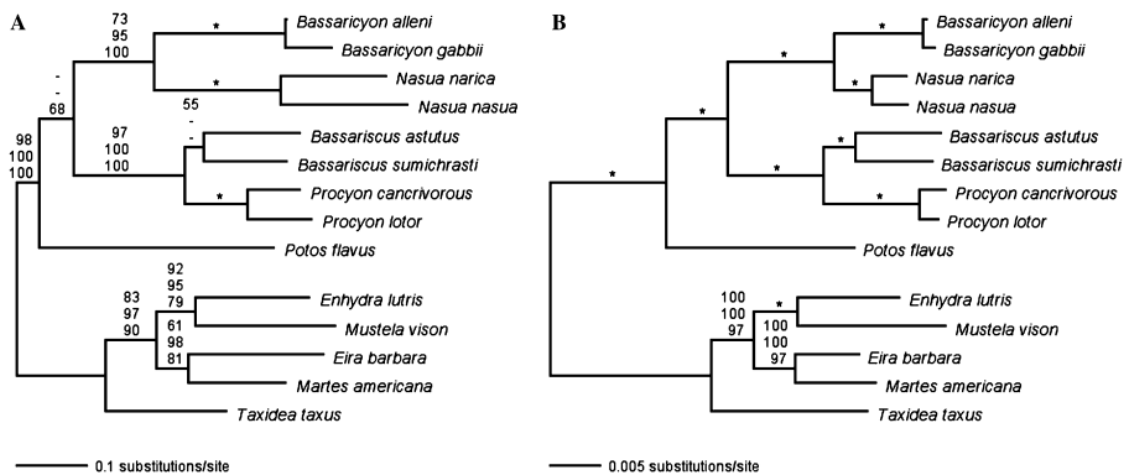
Populasi tikus hutan mulai diintroduksi sebelum pandemi pada tahun 2020. Berdasarkan informasi tersebut, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)! (Petunjuk: $\ln m^n = n \ln m$; $\ln e = 1$; $\ln 1 = 0$).

- A. Jika populasi tikus hutan dapat tumbuh tidak terbatas kapasitas lingkungan, ukuran populasi dapat mencapai 10 kali lipat dari populasi awal pada tahun 2023.
 B. Dalam kondisi sumber daya tak terbatas, populasi tikus hutan akan menjadi dua kali lipat dari populasi awal dalam waktu kurang dari setahun.
 C. Jika ukuran pulau hanya memungkinkan kapasitas populasi sebanyak 500 individu, populasi tikus hutan akan menjadi dua kali lipat dari populasi awal dalam waktu kurang dari setahun.
 D. Keberadaan kapasitas populasi (K) tidak mempengaruhi seberapa cepat ukuran populasi berubah.

BIOSISTEMATIKA



49. Berikut merupakan filogram/pohon filogeni yang mencakup rakun (*Procyon lotor*) yang bernama *Raccacoonie*.

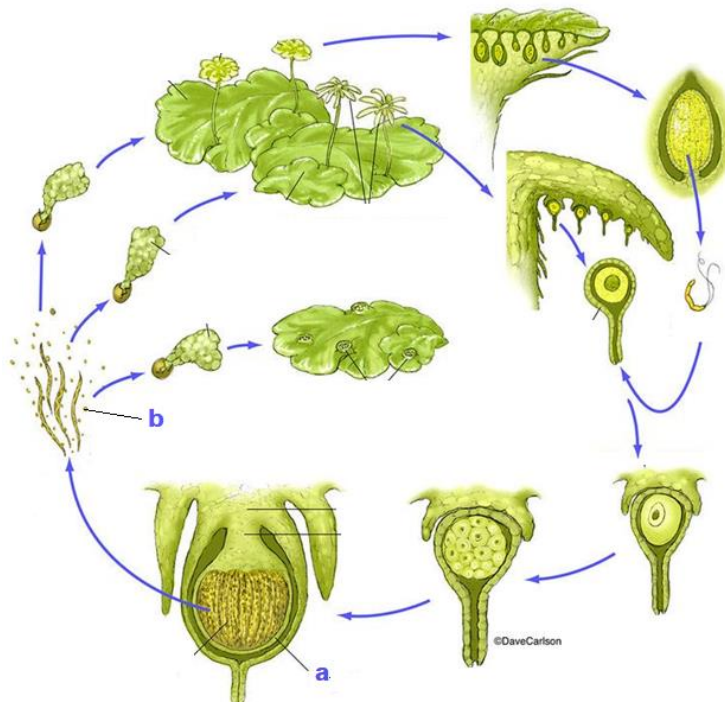


Keterangan: Filogram *maximum likelihood* di atas dikonstruksi berdasarkan gen-gen pada:
A) mitokondria dan B) nukleus.

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

- Sister taxa* dari *Raccacoonie* pada kedua pohon filogeni di atas berada dalam genus yang sama dengan *Raccacoonie*.
- Pohon filogeni di atas memperlihatkan setidaknya satu genus yang dikategorikan sebagai kelompok parafiletik.
- Genus *Potos* merupakan nenek moyang dari spesies-spesies dalam genus *Bassaricyon*, *Nasua*, *Bassariscus*, dan *Procyon*.
- Penggunaan gen-gen dari organel yang berbeda menyebabkan kekerabatan antarspesies pada kedua pohon filogeni di atas berbeda.

50. Perhatikan gambar dari siklus hidup lumut hati berikut!



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

- Di dalam struktur a terdapat arkegonium.

- B. Struktur b merupakan hasil mitosis dari sel induk spora.
- C. Struktur b akan bergerminasi menjadi struktur yang bersifat $2n$.
- D. Tumbuhan ini memiliki individu sporofit jantan dan individu sporofit betina.