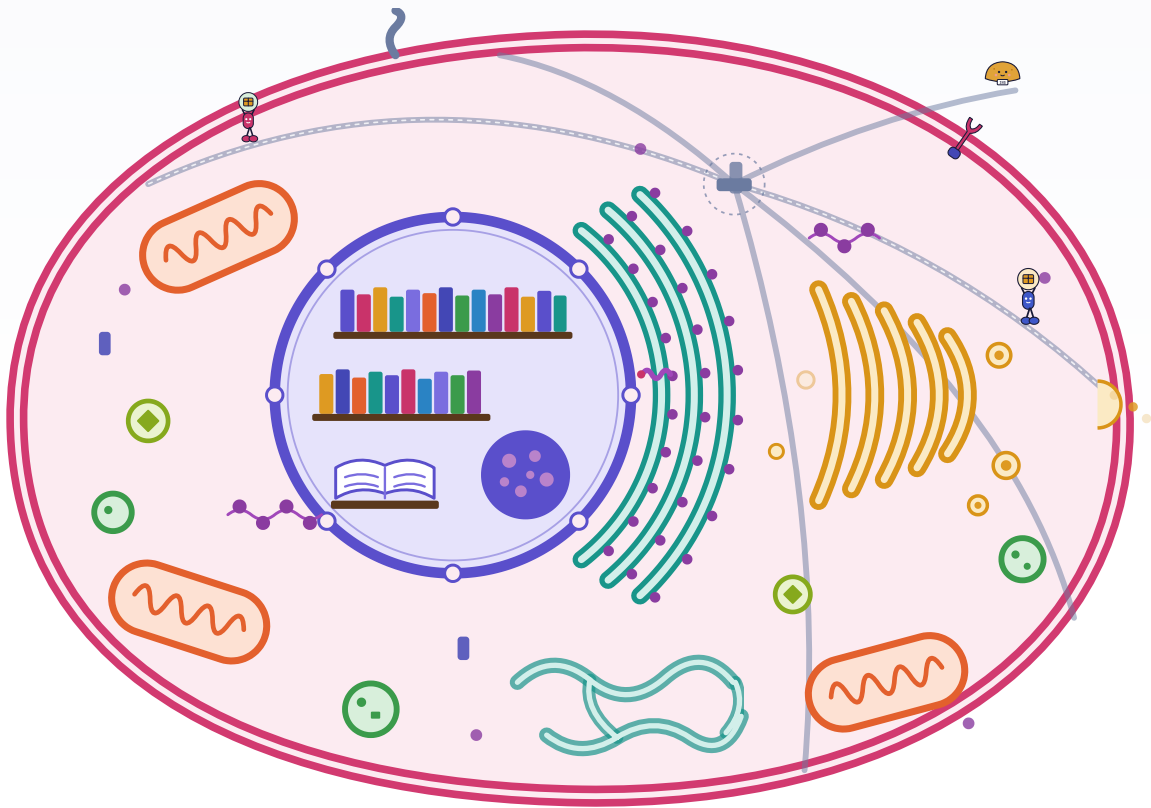


KISI-KISI DAN PAKET UJIAN • EDISI GURU (KISI-KISI,
NASKAH, KUNCI, DAN PEDOMAN SKOR)

Negara Bernama Sel

Enam paket ujian tematik, masing-masing dua versi berisi 40 soal •
revisi 7 Oktober 2026



dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD

Bagian Biologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya

Editor: Abdullah Hanif Hidayat

Didukung oleh Aurumgen Academy • Edisi 5 • 2026

Cellpedia: Negara Bernama Sel

Kisi-kisi dan paket ujian · edisi guru (kisi-kisi, naskah, kunci, dan pedoman skor)

Penulis	dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD Bagian Biologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya
Editor	Abdullah Hanif Hidayat
Didukung oleh	Aurumgen Academy
Edisi	Edisi 5, 2026
Versi interaktif	aurumgen.my.id/cellpedia

© 2026 dr. Rachmat Hidayat, M.Sc, PhD · Didukung oleh Aurumgen Academy.

Hak cipta dilindungi Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya ini dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari pemegang hak cipta, kecuali untuk kegiatan pembelajaran di kelas dengan menyebutkan sumbernya.

Buku ini untuk belajar dan bukan pengganti nasihat medis. Versi cetak menampilkan setiap animasi sebagai rangkaian gambar. Simulator dan permainan interaktif dapat dicoba di versi online.

Daftar paket ujian

Revisi 7 Oktober 2026: Paket 1 kini juga memuat Bab 37 (mutasi DNA dan perbaikannya), sehingga soal Paket 1 versi A dan B berubah. Lembar Paket 1 yang baru bertanda “Rev. 7 Okt 2026”. Paket 2–6 tidak berubah. Bila Anda memakai PDF yang diunduh sebelum tanggal ini, unduh ulang Paket 1.

PAKET 1A	Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral • Versi A Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Semester 1	4
PAKET 1B	Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral • Versi B Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Semester 1	20
PAKET 2A	Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel • Versi A Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Semester 2	37
PAKET 2B	Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel • Versi B Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Semester 2	54
PAKET 3A	Siklus hidup sel • Versi A Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Semester 3	72
PAKET 3B	Siklus hidup sel • Versi B Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Semester 3	88
PAKET 4A	Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota • Versi A Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Semester 4	106
PAKET 4B	Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota • Versi B Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Semester 4	124
PAKET 5A	Sel-sel khusus, jaringan, dan organ • Versi A Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Semester 5	142
PAKET 5B	Sel-sel khusus, jaringan, dan organ • Versi B Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Semester 5	161
PAKET 6A	Bioteknologi dan terapi modern • Versi A Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Semester 6	180
PAKET 6B	Bioteknologi dan terapi modern • Versi B Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Semester 6	199

Kisi-kisi soal • Paket 1: Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan ilmuwan yang pertama kali mengamati sel gabus dengan mikroskop pada tahun 1665.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi badan Golgi melalui analogi kantor ekspedisi di Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Disajikan ukuran lisosom dan faktor perbesaran, peserta didik dapat menghitung ukuran lisosom setelah diperbesar.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan gagasan tambahan yang terdapat dalam versi modern teori sel.	C2	Pilihan ganda
5	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat mengidentifikasi padanan pori inti dalam analogi perpustakaan pada materi struktur nukleus.	C1	Pilihan ganda
6	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Disajikan urutan basa satu untai DNA, peserta didik dapat menentukan urutan basa untai pasangannya.	C3	Pilihan ganda
7	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Disajikan kasus pembacaan gen insulin dari sel kulit dan sel hati, peserta didik dapat menganalisis hasil yang paling mungkin diperoleh.	C4	Pilihan ganda
8	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menentukan keadaan kromatin di sekitar gen insulin pada sel beta pankreas.	C3	Pilihan ganda
9	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan peran faktor transkripsi melalui analogi Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
10	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat membedakan RNA dan DNA berdasarkan struktur dan komponen penyusunnya.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Disajikan urutan basa untai cetakan DNA, peserta didik dapat menentukan urutan basa mRNA hasil transkripsinya.	C3	Pilihan ganda
12	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Disajikan data panjang ekson dan intron pada pra-mRNA, peserta didik dapat menganalisis panjang bagian resep mRNA matang setelah splicing.	C4	Pilihan ganda
13	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi situs P pada ribosom melalui analogi meja dapur.	C2	Pilihan ganda
14	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan urutan basa mRNA, peserta didik dapat menentukan urutan asam amino yang dihasilkan.	C3	Pilihan ganda
15	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan antikodon sebuah tRNA, peserta didik dapat menentukan kodon pasangannya dan asam amino yang dibawanya.	C3	Pilihan ganda
16	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan perubahan kodon pada rantai hemoglobin- β penderita anemia sel sabit, peserta didik dapat menganalisis dampaknya terhadap protein.	C4	Pilihan ganda
17	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menyebutkan komponen yang mengenali peptida sinyal dan mengarahkan ribosom ke membran RE.	C1	Pilihan ganda
18	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi lumen RE kasar melalui analogi Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
19	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat membedakan tujuan protein yang dibuat oleh ribosom bebas dan ribosom yang menempel di RE.	C2	Pilihan ganda
20	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat mengidentifikasi ilmuwan yang pertama kali memakai istilah sel.	C1	Pilihan ganda
21	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat menjelaskan alasan pengamatan mikroskop dimulai dari objektif berperbesaran terkecil.	C2	Pilihan ganda
22	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Disajikan deskripsi beberapa bayangan mikroskop, peserta didik dapat menafsirkan mana artefak dan mana sel sebenarnya.	C4	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
23	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Peserta didik dapat mengidentifikasi sumber kerusakan DNA yang berasal dari dalam sel sendiri.	C1	Pilihan ganda
24	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan perubahan satu huruf pada kodon gen globin beta, peserta didik dapat menentukan jenis mutasi dan akibatnya pada protein.	C2	Pilihan ganda
25	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Peserta didik dapat mengurutkan langkah perbaikan eksisi nukleotida dalam memperbaiki dimer timin akibat sinar UV.	C1	Pilihan ganda
26	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan sifat sitoplasma dan cara paket diangkut menuju tujuannya di dalam sel.	C2	Benar-salah
27	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menjelaskan hubungan antara kepemilikan gen dan ekspresi gen pada sel tubuh yang berbeda.	C2	Benar-salah
28	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan peran untai cetakan dan untai pengode DNA dalam proses transkripsi.	C2	Benar-salah
29	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan cara mRNA dibaca oleh ribosom selama proses translasi.	C2	Benar-salah
30	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menjelaskan tempat pembuatan protein membran GLUT4 berdasarkan jalur pengiriman protein.	C2	Benar-salah
31	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan alasan transkripsi dan translasi pada sel prokariota dapat berlangsung serentak.	C2	Isian singkat
32	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menjelaskan sifat replikasi DNA berdasarkan susunan untai lama dan untai baru.	C2	Isian singkat
33	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menyebutkan nama mesin pemotong intron pada proses pengolahan pra-mRNA.	C1	Isian singkat
34	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menyebutkan nama protein yang membantu pelipatan rantai protein dengan benar.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
35	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menjelaskan struktur pada membran RE yang menjadi jalan masuk rantai protein ke lumen.	C2	Isian singkat
36	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Disajikan data kecepatan kinesin, peserta didik dapat menghitung waktu tempuh pengangkutan paket dan menjelaskan pentingnya sistem transpor dalam sel.	C3	Uraian
37	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Disajikan data panjang DNA dan ukuran inti sel, peserta didik dapat menganalisis cara pengemasan DNA yang memungkinkan pemadatan sekaligus pembacaan gen.	C4	Uraian
38	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Disajikan kasus kebutuhan insulin setelah makan, peserta didik dapat menganalisis cara sel mengatur jumlah protein pada tahap transkripsi dan pengolahan mRNA.	C4	Uraian
39	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menganalisis hubungan kegagalan sistem kendali mutu protein salah lipat dengan penyakit neurodegeneratif.	C4	Uraian
40	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Disajikan kasus defisiensi α 1-antitripsin, peserta didik dapat menganalisis cara satu protein salah lipat merusak hati dan paru sekaligus.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 8 · C2 = 17 · C3 = 7 · C4 = 8. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 1:

Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Pada tahun 1665, siapakah ilmuwan yang mengamati irisan gabus dengan mikroskop buatannya dan melihat ruang-ruang kecil mirip kamar biara?
 - Rudolf Virchow
 - Robert Hooke
 - Theodor Schwann
 - Lynn Margulis
- Badan Golgi diibaratkan kantor ekspedisi di Negara Sel karena...
 - Golgi memodifikasi, menyortir, dan mengemas protein lalu mengirimnya ke tujuan
 - Golgi menghasilkan ATP sebagai token listrik sel
 - Golgi menyimpan DNA dan memilih resep yang dibaca
 - Golgi mencerna organela tua dan kuman
- Lisosom berukuran $\pm 0,5 \mu\text{m}$. Jika diperbesar 1 miliar kali seperti pada bagian 1.2, lisosom akan berukuran kira-kira...
 - $\pm 50 \text{ m}$, seukuran rumah makan besar
 - $\pm 5 \text{ km}$, seukuran kecamatan
 - $\pm 500 \text{ m}$, seukuran tempat pengolahan sampah
 - $\pm 5 \text{ m}$, seukuran mobil
- Versi modern teori sel menambahkan gagasan bahwa...
 - sel menyimpan informasi keturunan dalam DNA yang diwariskan saat sel membelah
 - sel dapat muncul spontan dari cairan tubuh
 - hanya hewan dan tumbuhan yang tersusun dari sel
 - setiap sel wajib memiliki dinding sel
- Dalam analogi perpustakaan, pori inti diibaratkan...
 - rak tempat buku disimpan
 - ruang baca perpustakaan
 - pintu berpenjaga yang memeriksa siapa yang boleh keluar-masuk
 - bengkel perakitan dapur

6. Satu untai DNA berurutan 5'-GGATCC-3'. Untai pasangannya (ditulis dari 3' ke 5') adalah...
- A. 3'-GGATCC-5'
 - B. 3'-CCUAGG-5'
 - C. 3'-TTCGAA-5'
 - D. 3'-CCTAGG-5'
7. Peneliti mengambil DNA dari sel kulit dan sel hati seorang pasien, lalu membaca urutan gen insulin pada kedua sampel. Hasil yang paling mungkin adalah...
- A. gen insulin hanya ditemukan di sel hati
 - B. urutan gen insulin pada kedua sel sama, tetapi gen itu tidak aktif dibaca di kedua jenis sel tersebut
 - C. gen insulin di sel kulit lebih pendek daripada di sel hati
 - D. gen insulin tidak ditemukan di kedua sel karena insulin hanya dibuat di pankreas
8. Pada sel beta pankreas, daerah DNA di sekitar gen insulin kemungkinan besar berada dalam keadaan...
- A. eukromatin yang longgar sehingga mudah disalin
 - B. heterokromatin yang padat sehingga jarang dibaca
 - C. terlepas dari kromosom dan mengapung di sitoplasma
 - D. tersimpan di nukleolus bersama rRNA
9. Dalam analogi Negara Sel, faktor transkripsi berperan sebagai...
- A. juru salin yang merangkai huruf RNA
 - B. kertas salinan yang dibawa ke dapur
 - C. satpam yang menjaga pori inti
 - D. pustakawan yang menunjuk halaman resep dan memanggil juru salin
10. Perbedaan RNA dan DNA yang benar adalah...
- A. RNA beruntai ganda, sedangkan DNA beruntai tunggal
 - B. RNA memakai gula ribosa dan huruf U, sedangkan DNA memakai gula deoksiribosa dan huruf T
 - C. RNA lebih tahan lama dan tidak pernah keluar dari inti
 - D. RNA dan DNA tersusun sama persis, hanya letaknya berbeda
11. Untai cetakan DNA 3'-TTT CAG-5' akan disalin menjadi mRNA...
- A. 5'-AAA GTC-3'
 - B. 5'-UUU CAG-3'
 - C. 5'-AAA GUC-3'
 - D. 5'-TTT GUC-3'

- L2. Sebuah pra-mRNA tersusun atas ekson 1 (150 nukleotida), intron 1 (900), ekson 2 (120), intron 2 (1500), dan ekson 3 (200). Setelah splicing normal, panjang bagian resep pada mRNA matangnya (tanpa topi dan ekor) adalah...
- A. 2.400 nukleotida
 - B. 2.870 nukleotida
 - C. 1.170 nukleotida
 - D. 470 nukleotida
- L3. Di dalam ribosom, meja P adalah tempat...
- A. kurir baru datang membawa bahan
 - B. kurir kosong keluar dari ribosom
 - C. faktor pelepas menunggu kodon stop
 - D. kurir tRNA yang memegang rantai adonan
- L4. mRNA 5'-AUG AAA GAG UAG-3' akan diterjemahkan menjadi rantai...
- A. metionin-prolin-asam glutamat
 - B. lisin-asam glutamat-metionin
 - C. metionin-lisin-asam glutamat
 - D. metionin-lisin-asam glutamat-tirosin
- L5. Kurir tRNA berantikodon GGU akan menempel pada kodon mana, dan membawa asam amino apa?
- A. kodon CCA, membawa prolin
 - B. kodon GGU, membawa glisin
 - C. kodon CCT, membawa prolin
 - D. kodon CCA, membawa metionin
- L6. Pada anemia sel sabit, kodon mRNA GAG (asam glutamat) pada rantai hemoglobin- β berubah menjadi GUG (valin). Pernyataan yang paling tepat adalah...
- A. perubahan ini sinonim sehingga protein tidak berubah
 - B. perubahan ini menciptakan kodon stop sehingga rantai terpotong
 - C. perubahan ini hanya mengubah struktur kuaterner tanpa mengubah struktur primer
 - D. perubahan ini mengganti satu asam amino sehingga struktur primer berubah dan hemoglobin menggumpal
- L7. Petugas yang mengenali peptida sinyal lalu menggiring ribosom ke membran RE disebut...
- A. translokon
 - B. kinesin
 - C. SRP (partikel pengenalan sinyal)
 - D. peptidase sinyal

18. Dalam analogi Negara Sel, lumen RE kasar diibaratkan...

- A. kantor ekspedisi
- B. ruang packing sekaligus ruang kontrol mutu
- C. pelabuhan
- D. jalan tol

19. Ribosom bebas di sitoplasma memasak protein yang akan...

- A. dikirim ke luar sel, misalnya insulin
- B. dipasang di membran, misalnya GLUT4
- C. dikirim ke lisosom, misalnya enzim pencernaan
- D. dipakai di dalam sel, misalnya enzim glikolisis dan histon

20. Ilmuwan yang pertama kali memakai kata *cell* setelah mengamati irisan gabus pada 1665 adalah...

- A. Antoni van Leeuwenhoek
- B. Matthias Schleiden
- C. Rudolf Virchow
- D. Robert Hooke

21. Mengapa pengamatan dengan mikroskop selalu dimulai dari objektif berperbesaran terkecil (4×)?

- A. karena objektif 4× menghasilkan bayangan yang paling tajam dan paling terang
- B. karena objektif 4× paling murah sehingga aman bila tergores kaca preparat
- C. karena bidang pandangnya paling luas sehingga daerah yang bagus mudah dicari
- D. karena objektif 4× tidak memerlukan cahaya lampu dan kondensor sama sekali

22. Perhatikan catatan pengamatan preparat bawang pada objektif 40× berikut (data rekaan).

- Bayangan A: lingkaran berbingkai hitam tebal dengan bagian tengah terang, tampak berkilau ketika mikrometer diputar.
- Bayangan B: bintik kecil yang ikut berputar ketika okuler diputar.
- Bayangan C: bentuk bata memanjang dengan bulatan cokelat di dalamnya.

Tafsiran yang paling tepat adalah...

- A. A sel berdinding tebal, B inti sel, C gelembung udara
- B. A gelembung udara, B debu pada okuler, C sel bawang
- C. A inti sel, B gelembung udara, C debu pada lensa
- D. A debu pada objektif, B sel bawang, C lipatan selaput

23. Kerusakan DNA dapat datang dari luar maupun dari dalam sel. Manakah sumber kerusakan yang berasal dari **dalam** sel sendiri?

- A. sinar ultraviolet dari matahari siang
- B. asap rokok yang terhirup ke paru-paru
- C. oksigen reaktif sisa kerja mitokondria
- D. aflatoksin dari kacang tanah yang berjamur

24. Kodon 6 resep globin beta adalah GAG, yang menunjuk asam glutamat. Bila huruf ketiganya berubah sehingga kodon menjadi GAA, yang juga menunjuk asam glutamat, mutasi ini disebut...
- A. mutasi senyap, karena protein yang dibuat tidak berubah
 - B. mutasi salah arti, karena satu huruf di kodon diganti
 - C. mutasi tanpa arti, karena protein terputus di kodon 6
 - D. pergeseran bingkai baca, karena kodon sesudahnya ikut berubah
25. Urutan kerja tim perbaikan eksisi nukleotida (NER) yang tepat saat memperbaiki dimer timin akibat sinar UV adalah...
- A. untai dipotong XPF dan XPG → luka dikenali XPC → DNA dibuka TFIIH → celah diisi polimerase → ditutup ligase
 - B. luka dikenali XPC → celah diisi polimerase → DNA dibuka TFIIH → untai dipotong XPF dan XPG → ditutup ligase
 - C. DNA dibuka TFIIH → luka dikenali XPC → ditutup ligase → untai dipotong XPF dan XPG → celah diisi polimerase
 - D. luka dikenali XPC → DNA dibuka TFIIH → untai dipotong XPF dan XPG → celah diisi polimerase → ditutup ligase

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Sitoplasma sel hampir seperti air encer, sehingga paket di dalam sel cukup hanyut sendiri menuju tujuannya.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Sel otot tidak menyimpan gen insulin karena sel otot tidak membuat insulin.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Saat transkripsi, kedua untai DNA sama-sama dibaca untuk membuat dua mRNA sekaligus.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Satu mRNA hanya dapat dibaca oleh satu ribosom, lalu langsung dihancurkan.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
30. Protein GLUT4 dimasak oleh ribosom yang menempel di RE kasar, bukan oleh ribosom bebas di sitoplasma.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Pada sel prokariota, transkripsi dan translasi dapat berlangsung serentak karena tidak ada ____ yang memisahkan DNA dari ribosom.

32. Replikasi DNA disebut ____ karena setiap DNA baru terdiri atas satu untai lama dan satu untai baru.

33. Mesin yang mengenali batas ekson–intron lalu memotong intron keluar dalam bentuk laso disebut ____ .
-
34. Protein yang membantu rantai protein melipat dengan benar supaya tidak kusut atau menggumpal, ibarat asisten koki, disebut ____ .
-
35. Saluran protein di membran RE tempat rantai adonan yang sedang dimasak masuk ke lumen RE disebut ____ .
-

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Kurir kinesin berjalan ± 800 nm per detik. (a) Hitunglah waktu yang dibutuhkan kinesin untuk membawa paket dari dekat inti ke membran sel yang berjarak ± 10 μm . (b) Jelaskan mengapa sel memerlukan kurir dan jalan tol, bukan menunggu paket hanyut sendiri.
-
-
-
-
-
-

37. DNA sepanjang ± 2 meter harus muat di dalam inti selebar ± 6 μm , tetapi sel tetap dapat menemukan dan membaca gen tertentu dalam hitungan menit. Analisislah bagaimana cara DNA dikemas memungkinkan kedua hal ini terjadi sekaligus.

38. Sel beta pankreas perlu membuat insulin lebih banyak setelah kamu makan pempek. Jelaskan tiga cara sel dapat mengatur jumlah protein insulin pada tahap transkripsi dan pengolahan mRNA, tanpa mengubah buku resep aslinya.

39. Protein yang salah lipat seharusnya dilipat ulang atau dihancurkan. Analisislah mengapa kegagalan sistem ini dapat berujung pada penyakit seperti Alzheimer atau Parkinson.

40. Pada defisiensi α 1-antitripsin, pasien dapat mengalami kerusakan hati dan kerusakan paru sekaligus, padahal protein ini dibuat di sel hati. Analisislah bagaimana satu protein yang salah lipat dapat merusak dua organ yang berbeda.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran •

Paket 1: Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0-6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **B.** Robert Hooke Robert Hooke melihat “kamar-kamar” kosong pada gabus dan menamainya sel, dari bahasa Latin *cella* (kamar kecil). Schwann dan Virchow baru merumuskan teori sel pada abad ke-19, sedangkan Margulis dikenal lewat teori endosimbiosis. [Bab 1 · C1 · 01-01]
2. **A.** Golgi memodifikasi, menyortir, dan mengemas protein lalu mengirimnya ke tujuan Seperti kantor ekspedisi yang memeriksa, mengemas, dan menulis alamat paket, Golgi mengolah protein dari RE lalu menyortirnya ke membran, lisosom, atau ke luar sel. Pilihan lain adalah tugas mitokondria, nukleus, dan lisosom. [Bab 1 · C2 · 01-02]
3. **C.** ± 500 m, seukuran tempat pengolahan sampah $0,5 \mu\text{m} = 0,0000005$ m. Dikalikan $1.000.000.000$ hasilnya 500 m. Ukuran ini cocok dengan julukannya sebagai tempat pengolahan sampah Negara Sel. [Bab 1 · C3 · 01-04]
4. **A.** sel menyimpan informasi keturunan dalam DNA yang diwariskan saat sel membelah Teori sel modern menambahkan dua hal: informasi keturunan disimpan dalam DNA dan diwariskan saat pembelahan, serta seluruh reaksi kimia kehidupan (metabolisme) berlangsung di dalam sel. Bakteri dan ragi pun tersusun dari sel, dan sel hewan tidak ber dinding. [Bab 1 · C2 · 01-13]
5. **C.** pintu berpenjaga yang memeriksa siapa yang boleh keluar-masuk Pori inti menembus selubung inti yang bertembok ganda. Seperti satpam, pori hanya meloloskan salinan resep (mRNA), subunit ribosom, dan protein yang punya kartu akses. Rak adalah kromosom, ruang baca adalah nukleoplasma, dan bengkel adalah nukleolus. [Bab 2 · C1 · 02-01]
6. **D.** 3'-CCTAGG-5' G berpasangan dengan C dan A dengan T, jadi G-G-A-T-C-C berpasangan dengan C-C-T-A-G-G. Huruf U hanya dipakai RNA, bukan DNA. [Bab 2 · C3 · 02-04]
7. **B.** urutan gen insulin pada kedua sel sama, tetapi gen itu tidak aktif dibaca di kedua jenis sel tersebut Semua sel tubuh menyimpan DNA yang sama, jadi urutan gen insulinnya identik. Namun, hanya sel beta pankreas yang membuka “buku” insulin. Di sel kulit dan hati, gen itu ada tetapi digembok. [Bab 2 · C4 · 02-11]
8. **A.** eukromatin yang longgar sehingga mudah disalin Sel beta rajin membaca resep insulin, jadi DNA di daerah itu harus longgar (eukromatin), seperti buku terbuka di meja baca. Heterokromatin yang padat menandai gen yang jarang dipakai, dan DNA tidak pernah keluar ke sitoplasma. [Bab 2 · C3 · 02-12]
9. **D.** pustakawan yang menunjuk halaman resep dan memanggil juru salin Faktor transkripsi mengenali promoter (tanda “resep dimulai di sini”) lalu memanggil RNA polimerase. Juru salin adalah RNA polimerase, kertas salinan adalah mRNA, dan satpam adalah pori inti. [Bab 3 · C2 · 03-02]
10. **B.** RNA memakai gula ribosa dan huruf U, sedangkan DNA memakai gula deoksiribosa dan huruf T DNA: untai ganda, gula deoksiribosa, huruf A-T-G-C, tahan lama di dalam inti. RNA: untai tunggal, gula ribosa, huruf A-U-G-C, berumur pendek (menit sampai jam), dan bisa keluar inti. [Bab 3 · C2 · 03-03]
11. **C.** 5'-AAA GUC-3' Pasangannya $T \rightarrow A$, $A \rightarrow U$, $G \rightarrow C$, $C \rightarrow G$. Jadi TTT menjadi AAA dan CAG menjadi GUC. Huruf T tidak pernah muncul di RNA. [Bab 3 · C3 · 03-04]
12. **D.** 470 nukleotida Splicing membuang semua intron dan menyambung ekson: $150 + 120 + 200 = 470$ nukleotida. Angka 2.400 adalah total intron, sedangkan 2.870 adalah panjang pra-mRNA sebelum dirapikan. [Bab 3 · C4 · 03-10]

13. **D.** kurir tRNA yang memegang rantai adonan A = Antre (kurir baru datang), P = Proses (kurir memegang rantai adonan), E = Exit (kurir kosong keluar). Setiap kali bahan disambung, ribosom bergeser satu kodon. Faktor pelepas masuk ke meja A saat kodon stop tiba. [Bab 4 · C2 · 04-04]
14. **C.** metionin–lisin–asam glutamat AUG = metionin (mulai), AAA = lisin, GAG = asam glutamat, dan UAG adalah kodon stop sehingga tidak menambah bahan apa pun. Rantai berhenti setelah tiga asam amino. [Bab 4 · C3 · 04-05]
15. **A.** kodon CCA, membawa prolin Antikodon berpasangan dengan kodon: G–C dan U–A, jadi pasangan GGU adalah CCA. Menurut tabel kodon, CCA adalah salah satu kodon prolin. Huruf T tidak ada di RNA. [Bab 4 · C3 · 04-09]
16. **D.** perubahan ini mengganti satu asam amino sehingga struktur primer berubah dan hemoglobin menggumpal Satu huruf yang berubah mengganti satu bahan pada adonan (struktur primer). Karena urutan menentukan lipatan, hemoglobin berubah sifat dan menggumpal. Ini bukan perubahan sinonim (asam aminonya berganti) dan GUG bukan kodon stop. [Bab 4 · C4 · 04-10]
17. **C.** SRP (partikel pengenalan sinyal) SRP menangkap peptida sinyal yang keluar dari ribosom, menjeda proses memasak, lalu membawa ribosom ke reseptor SRP di RE. Translokasi adalah pintu masuknya, sedangkan peptidase sinyal memotong label setelah rantai masuk. [Bab 5 · C1 · 05-01]
18. **B.** ruang packing sekaligus ruang kontrol mutu Di lumen RE, protein ekspor dilipat, diberi jembatan disulfida dan rantai gula, lalu diperiksa bagian QC. Kantor ekspedisi adalah Golgi, pelabuhan adalah membran sel, dan jalan tol adalah mikrotubulus. [Bab 5 · C2 · 05-02]
19. **D.** dipakai di dalam sel, misalnya enzim glikolisis dan histon Protein tanpa peptida sinyal dimasak di ribosom bebas dan dipakai di dalam sel: di sitoplasma, inti, mitokondria, atau peroksisom. Insulin, GLUT4, dan enzim lisosom memerlukan peptida sinyal sehingga dimasak di RE. [Bab 5 · C2 · 05-03]
20. **D.** Robert Hooke Robert Hooke melihat ruang-ruang kecil pada irisan gabus dan menamainya *cell*, kamar kecil, dalam bukunya *Micrographia* (1665). Yang ia lihat sebenarnya dinding sel yang sudah mati. Leeuwenhoek melaporkan protista dan bakteri, Schleiden menyatakan tumbuhan tersusun atas sel, dan Virchow mempopulerkan gagasan bahwa setiap sel berasal dari sel. [Bab 34 · C1 · 34-02]
21. **C.** karena bidang pandangnya paling luas sehingga daerah yang bagus mudah dicari Objektif 4× memiliki bidang pandang paling luas (4,5 mm dengan okuler 10×/18), sehingga preparat dan daerah yang selnya rapi mudah ditemukan. Jarak lensanya ke preparat juga paling jauh, sehingga paling kecil kemungkinan menabrak kaca. Setelah daerah yang bagus digeser ke tengah, barulah perbesaran dinaikkan ke 10× dan 40×. [Bab 34 · C2 · 34-04]
22. **B.** A gelembung udara, B debu pada okuler, C sel bawang Gelembung udara tampak sebagai lingkaran berbingkai hitam tebal yang berkilau saat fokus digeser. Debu yang ikut berputar ketika okuler diputar menempel pada okuler, bukan pada preparat. Bentuk bata dengan bulatan cokelat adalah sel epidermis bawang dengan inti yang diwarnai lugol. [Bab 34 · C4 · 34-12]
23. **C.** oksigen reaktif sisa kerja mitokondria Mitokondria, PLN sel (Bab 8), menghasilkan sedikit oksigen reaktif sebagai sisa pembakaran; zat ini dapat mengubah basa G sehingga salah dibaca sebagai T. Sumber dari dalam yang lain adalah air dan panas tubuh yang membuat ribuan basa lepas dan ratusan sitosin berubah menjadi urasil setiap hari, serta salah ketik saat DNA difotokopi. Sinar UV, asap rokok, dan aflatoxin datang dari lingkungan luar. [Bab 37 · C1 · 37-01]

24. **A.** mutasi senyap, karena protein yang dibuat tidak berubah GAG dan GAA sama-sama menunjuk asam glutamat, karena satu asam amino bisa punya beberapa kodon (Bab 4). Protein tetap sama, seperti menulis BIS atau BUS: hurufnya berbeda, artinya sama. Substitusi di huruf ketiga kodon sering senyap karena kode genetik “longgar” di posisi itu. Disebut salah arti bila asam aminonya berganti (misalnya GAG→GTG pada HbS), tanpa arti bila kodonnya menjadi STOP, sedangkan pergeseran bingkai baca hanya terjadi bila huruf hilang atau tersisip, bukan diganti. [Bab 37 · C2 · 37-02]
25. **D.** luka dikenali XPC → DNA dibuka TFIIH → untai dipotong XPF dan XPG → celah diisi polimerase → ditutup ligase Protein pengenal XPC berpatroli dan berhenti di bagian tangga DNA yang bengkok. Kompleks TFIIH dengan dua helikasinya membuka DNA menjadi gelembung sekitar 30 basa. Gunting XPF dan XPG memotong untai yang rusak di kedua sisi luka sehingga potongan sepanjang 24–32 huruf berisi dimer lepas. DNA polimerase lalu mengisi celah dengan untai pasangan sebagai cetakan, dan DNA ligase menutup sambungan terakhir. Celah tidak mungkin diisi sebelum potongan yang rusak digunting, dan luka harus dikenali sebelum dibuka. Jalur ini dipetakan Aziz Sanjar, salah satu pemenang Nobel Kimia 2015. [Bab 37 · C1 · 37-04]

B. Benar–salah

26. **Salah** Sitoplasma memang ±70% air, tetapi sangat padat protein (±300 gram makromolekul per liter), lebih mirip jeli yang sibuk. Karena itu paket jarak jauh diangkut kurir protein motor di atas “jalan tol” sitoskeleton. [Bab 1 · C2 · 01-06]
27. **Salah** Hampir semua sel tubuh menyimpan perpustakaan yang sama, termasuk gen insulin. Di sel otot, resep insulin tetap ada tetapi “digembok” sehingga tidak dibaca. Perbedaan jenis sel terjadi karena gen yang dibaca berbeda (ekspresi gen). [Bab 2 · C2 · 02-07]
28. **Salah** Untuk satu gen, hanya satu untai yang dibaca, yaitu untai cetakan. Untai lainnya (untai pengode) urutannya sama dengan mRNA, hanya T diganti U. [Bab 3 · C2 · 03-06]
29. **Salah** Begitu ribosom pertama menjauh dari kodon mulai, ribosom berikutnya langsung naik. Rangkaian ribosom pada satu mRNA disebut polisom, sehingga banyak protein dibuat sekaligus dari satu salinan. [Bab 4 · C2 · 04-07]
30. **Benar** GLUT4 adalah protein membran. Resepnya diawali peptida sinyal dan memiliki bagian “jangkar” takut air, sehingga dimasak di dapur katering RE, lalu dikirim lewat Golgi dan vesikel ke membran. [Bab 5 · C2 · 05-06]

C. Isian singkat

31. **selubung inti** (juga diterima: membran inti; inti bermembran; nukleus) Pada eukariota, selubung inti memisahkan perpustakaan (DNA) dari dapur (ribosom), sehingga mRNA harus keluar lebih dulu. Prokariota tidak punya “gedung perpustakaan”, sehingga ribosom dapat langsung membaca mRNA yang sedang disalin. [Bab 1 · C2 · 01-14]
32. **semikonservatif** (juga diterima: semi-konservatif; semi konservatif) Tangga DNA dibuka seperti ritsleting dan setiap untai lama menjadi cetakan untai baru. Hasilnya, separuh dari setiap DNA baru adalah untai lama yang “dilestarikan”. [Bab 2 · C2 · 02-14]
33. **spliceosom** (juga diterima: spliseosom; spliceosome; splisom) Spliceosom menggunting “iklan” (intron) dalam bentuk laso (lariat), lalu ekson-ekson disambung menjadi mRNA matang. [Bab 3 · C1 · 03-08]

34. **chaperone** (juga diterima: chaperon; kaperon; pendamping) Chaperone memegang rantai yang baru dibuat agar tidak lengket satu sama lain. Banyak chaperone disebut heat shock protein (HSP) karena jumlahnya melonjak saat sel kepanasan. [Bab 4 · C1 · 04-08]
35. **translokon** (juga diterima: translocon; sec61; kompleks sec61) Setelah SRP menyerahkan ribosom ke RE, ribosom duduk tepat di atas translokon sehingga rantai yang sedang dimasak langsung masuk ke lumen RE, terpisah dari sitoplasma. [Bab 5 · C2 · 05-14]

D. Uraian

36. (a) $10\ \mu\text{m} = 10.000\ \text{nm}$; $10.000 \div 800 = 12,5$ detik. (b) Sitoplasma sangat padat protein, lebih mirip jeli daripada air, sehingga paket besar sulit bergerak sendiri dan arah gerakannya acak. Kurir protein motor yang berjalan di atas mikrotubulus mengantar paket dengan cepat, terarah, dan tepat tujuan. [Bab 1 · C3 · 01-16]
37. DNA dililitkan pada histon seperti benang pada gelendong, lalu dilipat berkali-kali menjadi kromosom, sehingga sangat ringkas. Pengemasan ini tidak kaku: bagian yang perlu dibaca dilonggarkan menjadi eukromatin, sedangkan bagian yang jarang dipakai dipadatkan menjadi heterokromatin. Jadi sel menghemat ruang sekaligus tetap bisa membuka “buku” yang dibutuhkan. [Bab 2 · C4 · 02-16]
38. (1) Mengatur seberapa sering gen disalin: faktor transkripsi khusus di promotor memanggil RNA polimerase lebih sering, sehingga mRNA bertambah. (2) Mengatur umur salinan: topi 5' dan panjang ekor poli-A menentukan berapa lama mRNA bertahan sebelum dihancurkan. (3) Mengatur pengolahan dan ekspor: hanya mRNA yang bertopi, berekor, dan tersambung rapi yang diloloskan pori inti ke dapur. Karena satu gen dapat disalin ratusan kali dan setiap salinan dimasak berulang kali, perubahan kecil pada tahap ini sangat memengaruhi jumlah protein (amplifikasi). [Bab 3 · C4 · 03-15]
39. Rantai protein baru dapat kusut atau menggumpal sebelum terlipat benar. Chaperone membantu pelipatan, dan protein yang tetap salah lipat ditandai ubiquitin lalu dicacah proteasom. Bila jumlah protein salah lipat terlalu banyak atau sistem ini melemah, protein salah lipat saling menempel membentuk gumpalan. Pada Alzheimer menumpuk gumpalan amiloid- β dan tau; pada Parkinson, gumpalan α -sinuklein. Gumpalan ini mengganggu kerja sel saraf dan akhirnya mematikannya, padahal sel saraf sulit diganti. [Bab 4 · C4 · 04-16]
40. α 1-antitripsin dibuat di sel hati dan seharusnya disekresikan ke darah. Bentuk mutannya salah lipat sehingga ditahan QC di RE dan menggumpal. (1) Gumpalan yang menumpuk di RE sel hati menimbulkan stres dan merusak sel hati. (2) Karena hanya sedikit yang lolos ke darah, jaringan paru kekurangan protein pelindung ini, sehingga enzim perusak dari sel imun tidak dihambat dan jaringan paru rusak perlahan. Jadi satu kegagalan pengiriman menimbulkan “kelebihan di tempat asal” dan “kekurangan di tempat tujuan”. [Bab 5 · C4 · 05-15]

Kisi-kisi soal • Paket 1: Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan makna pernyataan Virchow tentang asal-usul sel dalam teori sel.	C2	Pilihan ganda
2	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Peserta didik dapat membedakan jumlah inti sel pada sel otot rangka dan sel darah merah dewasa.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 1 Selamat Datang di Negara Sel	Disajikan ciri-ciri struktural sebuah sel hasil pengamatan mikroskop elektron, peserta didik dapat menentukan jenis sel tersebut.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menyebutkan komponen penyusun satu nukleotida DNA.	C1	Pilihan ganda
5	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menjelaskan urutan tingkatan informasi genetik dari yang terbesar hingga yang terkecil.	C2	Pilihan ganda
6	Bab 2 Perpustakaan Genetik	Peserta didik dapat menjelaskan makna heterokromatin melalui analogi perpustakaan di dalam inti sel.	C2	Pilihan ganda
7	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menyebutkan nama proses penyalinan informasi gen dari DNA menjadi mRNA.	C1	Pilihan ganda
8	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan alasan sel menyalin gen menjadi mRNA alih-alih membawa DNA langsung ke ribosom.	C2	Pilihan ganda
9	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Disajikan data panjang gen distrofin dan mRNA matangnya, peserta didik dapat menganalisis kesimpulan yang tepat tentang struktur gen eukariota.	C4	Pilihan ganda
10	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan makna istilah translasi dan hal yang diterjemahkan dalam proses tersebut.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan peran tRNA melalui analogi dapur ribosom.	C2	Pilihan ganda
12	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menyebutkan kodon yang menandai dimulainya translasi pada mRNA.	C1	Pilihan ganda
13	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan data laju translasi ribosom dan panjang preproinsulin, peserta didik dapat menghitung waktu pembuatan satu rantai protein.	C3	Pilihan ganda
14	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menjelaskan alasan pelepasan insulin dari sel beta pankreas tergolong eksositosis teregulasi.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menyebutkan nama sisi badan Golgi yang menerima vesikel dari RE.	C1	Pilihan ganda
16	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Disajikan kasus kelumpuhan akibat toksin botulinum, peserta didik dapat menganalisis tahap pengiriman protein yang dirusak toksin tersebut.	C4	Pilihan ganda
17	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Disajikan kasus proinsulin salah lipat yang menumpuk di RE, peserta didik dapat menganalisis akibat jangka panjangnya bagi sel beta.	C4	Pilihan ganda
18	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat menyebutkan hubungan satuan mikrometer dengan satuan milimeter.	C1	Pilihan ganda
19	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat mengidentifikasi bagian mikroskop yang mengatur banyak cahaya dan kontras bayangan.	C1	Pilihan ganda
20	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat menjelaskan alasan kaca penutup diturunkan miring saat membuat preparat basah.	C2	Pilihan ganda
21	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Disajikan kasus pengamatan bakteri, peserta didik dapat menganalisis perbedaan perbesaran dan resolusi.	C4	Pilihan ganda
22	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan kalimat tiga huruf yang berubah, peserta didik dapat menentukan jenis salah ketik yang menyebabkan perubahan itu.	C3	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
23	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan sel kulit dengan kerusakan DNA yang sangat parah, peserta didik dapat menjelaskan keputusan p53 sebagai kepala keamanan.	C2	Pilihan ganda
24	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan kodon 39 gen HBB di lab maya, peserta didik dapat menerapkan kode genetik untuk meramalkan akibat substitusi pada protein.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan temuan mutasi gen TP53 pada tumor hati, peserta didik dapat menganalisis jenis substitusi, asal mutasi, dan kemungkinan penyebabnya.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat mengidentifikasi fungsi ekor poli-A dalam menentukan umur salinan mRNA.	C1	Benar-salah
27	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan komponen ribosom yang berperan membentuk ikatan peptida.	C2	Benar-salah
28	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menjelaskan nasib isi vesikel dan membran vesikel pada proses eksositosis.	C2	Benar-salah
29	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat menjelaskan keterbatasan resolusi mikroskop cahaya untuk mengamati ribosom.	C2	Benar-salah
30	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan akibat mutasi kromosom berupa inversi terhadap gen yang terletak di titik patahan.	C2	Benar-salah
31	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Peserta didik dapat menjelaskan istilah salinan awal hasil transkripsi yang belum mengalami pengolahan.	C2	Isian singkat
32	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan kodon mRNA untuk triptofan, peserta didik dapat menentukan antikodon tRNA yang mengenalinya.	C3	Isian singkat
33	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Peserta didik dapat menyebutkan nama protein yang berperan meleburkan membran vesikel dengan membran sel.	C1	Isian singkat
34	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Disajikan diameter bidang pandang dan jumlah sel yang berjajar, peserta didik dapat menghitung perkiraan ukuran sel.	C3	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
35	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Peserta didik dapat menyebutkan bagian gen tempat mutasi IVS1-5 penyebab talasemia beta yang sering ditemukan di Jawa.	C1	Isian singkat
36	Bab 3 Menyalin Resep Rahasia Pempek	Disajikan hasil pewarnaan RNA di nukleus dan sitoplasma, peserta didik dapat menafsirkan temuan itu berdasarkan urutan peristiwa transkripsi dan pengolahan mRNA.	C4	Uraian
37	Bab 4 Dapur Ribosom Memasak Pempek	Disajikan kasus demam tinggi pada anak, peserta didik dapat menganalisis bahaya suhu tinggi bagi struktur protein dan upaya perlindungan sel.	C4	Uraian
38	Bab 5 Packing, Ekspedisi & Pelabuhan	Disajikan kasus pemasangan dan pembongkaran GLUT4 pada sel otot, peserta didik dapat menganalisis peran eksositosis dan endositosis dalam mengatur jumlahnya.	C4	Uraian
39	Bab 34 Mata untuk yang Tak Kasatmata	Peserta didik dapat merancang percobaan untuk menguji pengaruh suhu terhadap kecepatan aliran sitoplasma sel Hydrilla.	C6	Uraian
40	Bab 37 Salah Ketik di Perpustakaan	Disajikan pesan berantai berisi empat pernyataan tentang mutasi, peserta didik dapat mengevaluasi kebenarannya dan menyusun saran menjaga DNA.	C5	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 9 · C2 = 15 · C3 = 6 · C4 = 8 · C5 = 1 · C6 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 1: Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Pernyataan Virchow *omnis cellula e cellula* mengandung arti...
 - A. semua makhluk hidup tersusun dari sel
 - B. sel dapat muncul dengan sendirinya dari benda mati
 - C. setiap sel memiliki tepat satu inti
 - D. setiap sel berasal dari sel yang sudah ada sebelumnya
2. Pernyataan yang benar tentang inti sel pada sel otot rangka dan sel darah merah dewasa adalah...
 - A. keduanya memiliki tepat satu inti seperti sel lain
 - B. sel otot rangka memiliki ratusan inti, sedangkan sel darah merah dewasa tidak memiliki inti
 - C. sel darah merah dewasa memiliki ratusan inti, sedangkan sel otot rangka tidak memiliki inti
 - D. keduanya tidak memiliki inti karena selnya sangat khusus
3. Sebuah sel berukuran $\pm 2 \mu\text{m}$ diamati dengan mikroskop elektron. Sel itu tidak memiliki selubung inti, DNA-nya berada di daerah nukleoid, dan ribosomnya bertipe 70S. Sel tersebut paling mungkin adalah...
 - A. sel ragi
 - B. sel darah merah dewasa
 - C. sel bakteri
 - D. sel epidermis bawang merah
4. Satu nukleotida DNA tersusun atas...
 - A. fosfat, gula deoksiribosa, dan basa nitrogen
 - B. fosfat, gula ribosa, dan asam amino
 - C. glukosa, basa nitrogen, dan histon
 - D. asam amino, fosfat, dan lemak
5. Urutan tingkatan informasi genetik dari yang paling besar ke yang paling kecil adalah...
 - A. nukleus → DNA → kromosom → nukleotida → gen → kodon
 - B. nukleus → kromosom → DNA → gen → kodon → nukleotida
 - C. kromosom → nukleus → gen → DNA → kodon → nukleotida
 - D. nukleus → kromosom → gen → nukleotida → DNA → kodon

6. Dalam analogi perpustakaan, heterokromatin diibaratkan...
- A. buku yang diikat tali dan disimpan di gudang
 - B. buku yang terbuka di meja baca
 - C. satpam yang menjaga pintu
 - D. salinan resep yang dibawa ke dapur
7. Proses menyalin informasi dari gen di DNA menjadi mRNA disebut...
- A. transkripsi
 - B. translasi
 - C. replikasi
 - D. denaturasi
8. Alasan utama sel menyalin gen menjadi mRNA dan tidak membawa DNA langsung ke ribosom adalah...
- A. karena ribosom berada di dalam nukleus
 - B. karena DNA terlalu pendek untuk dibaca ribosom
 - C. agar buku resep asli tetap aman di dalam inti, sementara salinannya boleh rusak dan dibuat lagi
 - D. karena mRNA lebih tahan lama daripada DNA
9. Gen distrofin panjangnya $\pm 2,2$ juta pasang basa, tetapi mRNA matangnya hanya ± 14.000 huruf. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. RNA polimerase hanya menyalin 1% bagian gen distrofin
 - B. ekor poli-A memotong mRNA distrofin menjadi pendek
 - C. sebagian besar gen distrofin berupa intron yang dibuang saat splicing
 - D. mRNA distrofin kehilangan ekson karena rusak di sitoplasma
10. Kata translasi berarti “penerjemahan”. Dalam sel, yang diterjemahkan pada proses translasi adalah...
- A. bahasa DNA menjadi bahasa RNA
 - B. bahasa nukleotida (kodon mRNA) menjadi bahasa asam amino (protein)
 - C. bahasa asam amino menjadi bahasa nukleotida
 - D. bahasa protein menjadi bahasa lemak
11. Dalam analogi dapur ribosom, tRNA berperan sebagai...
- A. koki yang membaca resep
 - B. salinan resep dari perpustakaan
 - C. kurir belanja yang membawa bahan (asam amino)
 - D. petugas gudang yang memasang bahan ke kurir

- L2. Kodon yang menjadi tanda “mulai memasak” sekaligus kode metionin adalah...
- A. AUG
 - B. UAA
 - C. UGA
 - D. CCU
- L3. Ribosom manusia menambah ± 5 asam amino per detik. Jika preproinsulin tersusun atas 110 asam amino, berapa lama kira-kira satu ribosom menyelesaikan satu rantai preproinsulin?
- A. ± 2 detik
 - B. ± 220 detik
 - C. ± 22 detik
 - D. ± 2 jam
- L4. Pelepasan insulin dari sel beta pankreas termasuk eksositosis teregulasi karena...
- A. insulin disimpan dalam granul dan baru dilepas setelah ada perintah, biasanya lonjakan ion kalsium
 - B. insulin dikirim terus-menerus tanpa menunggu perintah
 - C. insulin masuk ke dalam sel lewat endositosis
 - D. insulin tidak pernah melewati badan Golgi
- L5. Sisi badan Golgi yang menghadap RE dan menerima vesikel dari RE disebut...
- A. sisi trans
 - B. sisi cis
 - C. lumen RE
 - D. translokon
- L6. Toksin botulinum dari bakteri *Clostridium botulinum* dapat menyebabkan kelumpuhan otot. Tahap pengiriman yang dirusak toksin ini adalah...
- A. penggiringan ribosom oleh SRP ke RE
 - B. kontrol mutu protein di lumen RE
 - C. peleburan vesikel berisi asetilkolin dengan membran di ujung saraf
 - D. pemasangan stiker manosa-6-fosfat di Golgi
- L7. Mutasi pada gen insulin membuat proinsulin salah lipat dan menumpuk di RE sel beta. Akibat jangka panjang yang paling mungkin adalah...
- A. insulin menumpuk berlebihan di dalam darah
 - B. proinsulin dikirim ke lisosom sebagai enzim pencernaan
 - C. sel beta membelah lebih cepat sehingga insulin bertambah
 - D. stres RE membuat sel beta rusak dan mati sehingga insulin yang dilepas berkurang

18. Satu mikrometer (μm) sama dengan...

- A. seperseratus milimeter
- B. seperseribu milimeter
- C. sepersejuta milimeter
- D. seperseribu nanometer

19. Bagian mikroskop yang mengatur banyaknya cahaya yang masuk ke preparat sekaligus kontras bayangan adalah...

- A. diafragma
- B. revolver
- C. makrometer
- D. okuler

20. Saat membuat preparat basah, kaca penutup diturunkan miring sekitar 45° dari tepi tetesan air. Tujuannya adalah...

- A. agar pewarna lugol cepat meresap ke dalam inti sel bawang
- B. agar udara terdorong keluar sehingga tidak ada gelembung
- C. agar sel bawang tetap hidup lebih lama di dalam tetesan air
- D. agar kaca penutup menempel kuat dan tidak bergeser di meja

21. Seorang siswa mengamati bakteri yoghurt yang diwarnai metilen biru. Dengan objektif $40\times$ (NA 0,65) bakteri tampak hanya sebagai titik-titik kecil. Ia lalu mengganti okuler $10\times$ dengan okuler $20\times$ sehingga perbesaran total menjadi $800\times$, tetapi bentuk bakteri tetap tidak jelas. Penjelasan yang paling tepat adalah...

- A. okuler $20\times$ rusak karena tidak cocok dengan objektif $40\times$
- B. bakteri bergerak terlalu cepat sehingga tidak bisa difokuskan
- C. metilen biru tidak bisa mewarnai bakteri yoghurt sama sekali
- D. batas pisah ditentukan objektif, jadi ini perbesaran kosong

22. Kalimat resep IBU DAN AYU MAU MIE berubah menjadi IBU ADA NAY UMA UMI E. Jenis salah ketik yang terjadi adalah...

- A. delesi tiga huruf, sehingga satu kata hilang dari kalimat
- B. insersi satu huruf yang menggeser bingkai baca
- C. substitusi senyap yang tidak mengubah arti kalimat
- D. translokasi, yaitu dua kalimat bertukar potongan

23. Sebuah sel kulit terkena sinar UV sangat kuat sehingga DNA-nya rusak terlalu parah untuk diperbaiki. Keputusan p53, kepala keamanan perpustakaan, yang paling mungkin adalah...

- A. mempercepat pembelahan sel agar kerusakannya cepat terbagi ke banyak sel anak
- B. memerintahkan sel bunuh diri secara tertib (apoptosis) agar tidak menjadi bibit kanker
- C. menyalakan fotoliase yang memakai cahaya biru untuk melepaskan dimer timin
- D. memindahkan DNA yang rusak ke sel tetangga yang masih sehat untuk diperbaiki

24. Di lab maya Bab 37.3, kodon 39 resep globin beta adalah CAG (glutamin). Seorang siswa memilih “buatanku sendiri”, lalu mengganti huruf ke-1 kodon itu, C, menjadi T. Hasil yang akan ditunjukkan lab maya adalah...
- A. mutasi senyap; CAG dan TAG sama-sama menunjuk glutamin, sehingga protein tetap 146 asam amino
 - B. mutasi salah arti; glutamin diganti leusin yang tidak suka air, dan protein tetap 146 asam amino
 - C. mutasi tanpa arti; TAG adalah kodon STOP sehingga ribosom berhenti setelah 38 asam amino
 - D. pergeseran bingkai baca; semua kodon sesudah kodon 39 terbaca salah sampai bertemu STOP palsu
25. Seorang pasien kanker hati tinggal di daerah tropis yang lembap, pernah terinfeksi virus hepatitis B, dan terbiasa menyimpan kacang tanah lama di tempat yang lembap. DNA tumornya menunjukkan basa G pada kodon 249 gen TP53 berubah menjadi T, sedangkan DNA dari sel darahnya normal. Tafsiran yang paling tepat adalah...
- A. transisi akibat metil-sitosin di situs CpG yang kehilangan gugus aminonya
 - B. dimer timin akibat sinar UV yang mengenai sel hati melalui kulit perut
 - C. mutasi germinal yang diwarisi dari orang tua sehingga ada di semua sel
 - D. transversi somatik yang cocok dengan jejak aflatoxin B1 pada basa G

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Ekor poli-A yang memendek sedikit demi sedikit ikut menentukan umur salinan mRNA.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Di dalam ribosom, yang berperan sebagai “tangan koki” penyambung ikatan peptida adalah rRNA, bukan protein.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Pada eksositosis, paket dilempar menembus membran sel, sedangkan membran vesikelnnya tetap utuh di dalam sel.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Ribosom yang berukuran sekitar 25 nm dapat dilihat dengan jelas memakai mikroskop cahaya sekolah asalkan perbesarannya dinaikkan sampai 2.000 kali.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
30. Inversi kromosom tidak mungkin merusak gen apa pun, karena semua gen pada potongan kromosom yang terbalik masih lengkap.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Salinan pertama hasil transkripsi yang masih mengandung intron dan belum dirapikan disebut ____ .
-

32. Kodon mRNA UGG (triptofan) akan dikenali oleh tRNA yang antikodonna ____ .

33. Protein “tali ritsleting” yang menarik membran vesikel dan membran sel sampai melebur saat eksositosis disebut ____ .

34. Dengan okuler 10×/18 dan objektif 40×, diameter bidang pandang adalah 450 μm. Bila 6 sel pipi berjajar di sepanjang garis tengah bidang pandang (data rekaan), garis tengah satu sel pipi kira-kira ____ μm.

35. Mutasi IVS1-5 pada gen globin beta, penyebab talasemia beta yang paling sering ditemukan di Jawa, terletak di tanda sambungan antara ekson dan ____ , sehingga penyuntingan mRNA menjadi keliru.

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Seorang peneliti mewarnai RNA di dalam sel. Ia menemukan RNA di nukleus maupun sitoplasma, tetapi RNA yang masih mengandung intron hanya ditemukan di nukleus. Jelaskan temuan ini berdasarkan urutan peristiwa transkripsi, pengolahan, dan ekspor mRNA.

37. Seorang anak mengalami demam hingga 41,5 °C. Jelaskan dengan konsep struktur protein mengapa suhu setinggi ini berbahaya bagi sel, dan bagaimana sel berusaha melindungi dirinya.

38. Setelah makan, sel otot memasang pintu GLUT4 di membrannya dalam hitungan menit. Setelah insulin pergi, pintu itu dibongkar kembali. Jelaskan bagaimana eksositosis dan endositosis bersama-sama mengatur jumlah GLUT4 di membran, dan mengapa cara ini lebih cepat daripada membuat GLUT4 baru.

39. Rancanglah percobaan sederhana untuk menguji dugaan: “Kecepatan aliran sitoplasma (gerak kloroplas) pada sel daun Hydrilla bertambah bila suhu air dinaikkan dari 20 °C sampai 30 °C.” Uraikan hipotesis, variabel bebas, terikat, dan kontrol, alat dan bahan, cara mengukur kecepatan kloroplas dengan mikroskop sekolah, jumlah ulangan, cara menyajikan data, pertimbangan keselamatan, serta keterbatasan rancanganmu.

40. Sebuah pesan berantai di grup keluarga berbunyi: “(1) Mutasi selalu berbahaya dan tidak pernah ada gunanya. (2) Tubuh yang sehat tidak pernah membuat mutasi dengan sengaja. (3) Makan jagung atau kedelai hasil rekayasa genetik akan memasukkan gen asing ke DNA kita. (4) DNA kita toh rusak puluhan ribu kali sehari, jadi percuma menjaga diri; kanker hanya soal nasib.” Evaluasilah keempat pernyataan itu dengan bukti dari Bab 37, akui bagian yang ada benarnya, lalu tuliskan saran yang tepat untuk menjaga “perpustakaan” DNA.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran •

Paket 1: Mengenal sel, DNA, dan dogma sentral

Bab 1, 2, 3, 4, 5, 34, 37 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0-6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **D.** setiap sel berasal dari sel yang sudah ada sebelumnya Frasa Latin itu berarti “semua sel berasal dari sel”. Sel baru hanya terbentuk lewat pembelahan sel lama, tidak muncul dari benda mati. Pernyataan “semua makhluk hidup tersusun dari sel” memang benar, tetapi itu sumbangan Schleiden dan Schwann. [Bab 1 · C2 · 01-03]
2. **B.** sel otot rangka memiliki ratusan inti, sedangkan sel darah merah dewasa tidak memiliki inti Tidak semua sel manusia punya tepat satu inti. Sel darah merah dewasa membuang intinya agar muat lebih banyak hemoglobin, sedangkan sel otot rangka yang panjang memiliki ratusan inti dalam satu sel. [Bab 1 · C2 · 01-05]
3. **C.** sel bakteri Ukuran kecil, DNA di nukleoid tanpa selubung inti, dan ribosom 70S adalah ciri prokariota. Ragi dan sel bawang adalah eukariota berinti. Sel darah merah dewasa memang tanpa inti, tetapi juga tidak memiliki DNA sama sekali. [Bab 1 · C3 · 01-09]
4. **A.** fosfat, gula deoksiribosa, dan basa nitrogen Setiap “huruf” DNA adalah satu nukleotida: fosfat + gula deoksiribosa + satu basa nitrogen (A, T, G, atau C). Gula ribosa dipakai RNA, sedangkan asam amino adalah penyusun protein. [Bab 2 · C1 · 02-02]
5. **B.** nukleus → kromosom → DNA → gen → kodon → nukleotida Seperti gedung → rak → kertas → bab resep → kata → huruf. Satu kromosom adalah satu molekul DNA panjang; gen adalah potongan DNA; kodon adalah kata tiga huruf; nukleotida adalah hurufnya. [Bab 2 · C2 · 02-03]
6. **A.** buku yang diikat tali dan disimpan di gudang Heterokromatin adalah DNA yang dipadatkan sehingga jarang dibaca, seperti buku di gudang. Eukromatin yang longgar ibarat buku terbuka di meja baca dan mudah disalin. [Bab 2 · C2 · 02-05]
7. **A.** transkripsi Transkripsi berarti “menyalin tulisan” dengan bahasa yang sama (nukleotida). Translasi adalah penerjemahan mRNA menjadi protein, sedangkan replikasi adalah penyalinan seluruh DNA sebelum sel membelah. [Bab 3 · C1 · 03-01]
8. **C.** agar buku resep asli tetap aman di dalam inti, sementara salinannya boleh rusak dan dibuat lagi DNA hanya ada dua salinan per sel, jadi harus dijaga di perpustakaan. mRNA adalah fotokopi yang boleh rusak, dapat dibuat ratusan kali (amplifikasi), dan jumlahnya mudah diatur. Ribosom justru berada di luar inti. [Bab 3 · C2 · 03-05]
9. **C.** sebagian besar gen distrofin berupa intron yang dibuang saat splicing Seluruh gen disalin (butuh ± 16 jam), tetapi lebih dari 99% pra-mRNA-nya berupa intron. Setelah intron digunting, yang tersisa hanya ekson sepanjang ± 14.000 huruf. [Bab 3 · C4 · 03-12]
10. **B.** bahasa nukleotida (kodon mRNA) menjadi bahasa asam amino (protein) Transkripsi menyalin DNA ke RNA dengan bahasa yang sama (nukleotida). Translasi benar-benar menerjemahkan: urutan kodon di mRNA diubah menjadi urutan asam amino. [Bab 4 · C2 · 04-01]
11. **C.** kurir belanja yang membawa bahan (asam amino) tRNA membawa satu jenis asam amino dan memiliki antikodon yang cocok dengan kodon. Koki adalah ribosom, salinan resep adalah mRNA, dan petugas gudang adalah aminoasil-tRNA sintetase. [Bab 4 · C2 · 04-02]
12. **A.** AUG AUG adalah kodon mulai dan mengode metionin, sehingga hampir semua protein diawali metionin. UAA dan UGA adalah kodon stop, sedangkan CCU mengode prolin. [Bab 4 · C1 · 04-03]

13. **C.** $\pm 22 \text{ detik}$ $110 \div 5 = 22 \text{ detik}$. Bandingkan dengan titin (± 34.000 asam amino) yang butuh hampir 2 jam. Karena banyak ribosom bekerja bersamaan (polisom), sel dapat menghasilkan banyak insulin dengan cepat. [Bab 4 · C3 · 04-12]
14. **A.** insulin disimpan dalam granul dan baru dilepas setelah ada perintah, biasanya lonjakan ion kalsium. Pada eksositosis teregulasi, paket disimpan di gudang (granul) dan baru dilepas setelah ada perintah, biasanya lonjakan ion kalsium. Pengiriman terus-menerus tanpa perintah disebut eksositosis konstitutif, misalnya kolagen dari fibroblas. [Bab 5 · C2 · 05-04]
15. **B.** sisi cis Golgi punya “loket depan” (sisi cis) yang menghadap RE dan “loket belakang” (sisi trans) yang menghadap membran sel. Paket masuk di sisi cis, diproses, lalu disortir dari jaringan trans-Golgi. [Bab 5 · C1 · 05-05]
16. **C.** pelepasan vesikel berisi asetilkolin dengan membran di ujung saraf Toksin botulinum memotong “tali ritsleting” pelepasan di ujung saraf. Vesikel asetilkolin tidak dapat melebur, pesan kontraksi tidak terkirim ke otot, dan otot menjadi lumpuh. [Bab 5 · C4 · 05-11]
17. **D.** stres RE membuat sel beta rusak dan mati sehingga insulin yang dilepas berkurang. Petugas QC menahan proinsulin yang salah lipat. Tumpukan protein salah lipat menimbulkan stres RE yang lama-kelamaan mematikan sel beta, sehingga insulin berkurang. Kelainan ini dikenal sebagai diabetes neonatal (MIDY). [Bab 5 · C4 · 05-13]
18. **B.** seperseribu milimeter $1 \text{ mm} = 1.000 \text{ }\mu\text{m}$ dan $1 \text{ }\mu\text{m} = 1.000 \text{ nm}$. Jadi satu mikrometer adalah seperseribu milimeter, sedangkan satu nanometer sepersejuta milimeter. Sel hewan umumnya berukuran $10\text{--}30 \text{ }\mu\text{m}$, dan bakteri $1\text{--}5 \text{ }\mu\text{m}$. [Bab 34 · C1 · 34-01]
19. **A.** diafragma Diafragma adalah lubang yang bisa dilebarkan atau dikecilkan seperti pupil mata. Diafragma lebar membuat bayangan terang tetapi pucat, sedangkan diafragma kecil menambah kontras sel yang bening. Revolver memutar objektif, makrometer menggeser meja atau tabung dengan kasar, dan okuler adalah lensa mata. [Bab 34 · C1 · 34-03]
20. **B.** agar udara terdorong keluar sehingga tidak ada gelembung. Dengan menyentuh satu tepi kaca penutup ke tetesan lalu menurunkannya perlahan, air menyebar dari satu sisi dan mendorong udara keluar. Bila kaca penutup dijatuhkan begitu saja, udara terjebak menjadi gelembung, yaitu lingkaran berbingkai hitam tebal yang sering disangka sel. [Bab 34 · C2 · 34-05]
21. **D.** batas pisah ditentukan objektif, jadi ini perbesaran kosong. Ketajaman detail ditentukan oleh resolusi objektif: dengan NA 0,65 batas pisahnya sekitar $0,42 \text{ }\mu\text{m}$, terlalu kasar untuk menampakkan bentuk bakteri berukuran $\pm 1 \text{ }\mu\text{m}$. Okuler yang lebih kuat hanya memperbesar bayangan yang sama tanpa detail baru (perbesaran kosong). Yang dibutuhkan adalah objektif $100\times$ dengan minyak imersi (NA $\pm 1,25$). [Bab 34 · C4 · 34-13]
22. **B.** insersi satu huruf yang menggeser bingkai baca. Sesudah IBU tersisip satu huruf A, sehingga semua kata sesudahnya terbaca per tiga huruf yang salah: ADA NAY UMA UMI, dan tersisa satu huruf E. Inilah pergeseran bingkai baca karena insersi. Delesi tiga huruf hanya membuang satu kata (IBU DAN MAU MIE) dan sisanya tetap benar, substitusi senyap tidak mengubah arti, sedangkan translokasi adalah pertukaran potongan dua kromosom yang berbeda. [Bab 37 · C3 · 37-03]
23. **B.** memerintahkan sel bunuh diri secara tertib (apoptosis) agar tidak menjadi bibit kanker. p53 dibangunkan alarm ATM dan ATR saat kerusakan terdeteksi. Bila kerusakannya dapat diperbaiki, p53 menyalakan gen p21 untuk mengerem siklus sel sampai tim perbaikan selesai; bila kerusakan menetap,

sel diperintahkan pensiun (senesens); dan bila terlalu parah, p53 memerintahkan apoptosis, karena mengorbankan satu sel lebih aman daripada membiarkannya menjadi bibit kanker. Mempercepat pembelahan justru menyalin salah ketik ke sel-sel anak. Fotoliase hanya dimiliki bakteri dan tumbuhan, bukan manusia, dan DNA tidak dipindahkan ke sel tetangga. [Bab 37 · C2 · 37-05]

24. **C.** mutasi tanpa arti; TAG adalah kodon STOP sehingga ribosom berhenti setelah 38 asam amino Pada mRNA, TAG menjadi UAG, salah satu dari tiga kodon STOP. Ribosom berhenti di kodon 39, sehingga protein hanya berisi kodon 1–38, yaitu 38 asam amino dari seharusnya 146. Lab maya juga menjelaskan bahwa mRNA dengan STOP sedini ini biasanya dihancurkan sistem pemeriksa mutu, sehingga globin beta hampir tidak terbentuk: talasemia beta-nol (β^0), seperti pada kodon 15 dan kodon 17. Mutasi ini memang ditemukan pada pasien talasemia beta, terutama di sekitar Laut Tengah. Mutasi ini bukan senyap karena kodonnya tidak lagi menunjuk glutamin, dan bukan pergeseran bingkai baca karena hurufnya diganti, bukan hilang atau tersisip. [Bab 37 · C3 · 37-09]
25. **D.** transversi somatik yang cocok dengan jejak aflatoksin B1 pada basa G G (purin) yang berubah menjadi T (pirimidin) adalah transversi. Aflatoksin B1 dari jamur *Aspergillus flavus* diubah enzim hati menjadi zat yang menempel kuat pada basa G, dan jejak khas G→T di kodon 249 TP53 ditemukan pada kanker hati di daerah yang banyak terpapar aflatoksin dan virus hepatitis B. Karena DNA sel darahnya normal, mutasi ini somatik, bukan germinal. Deaminasi metil-sitosin di situs CpG menghasilkan transisi C→T, bukan G→T. Sinar UV tidak sampai ke hati; dimer timin terjadi di sel kulit. [Bab 37 · C4 · 37-11]

B. Benar–salah

26. **Benar** Ekor poli-A (± 200 huruf A) memendek perlahan. Saat ekornya sudah sangat pendek, salinan dihancurkan. Jadi ekor berfungsi seperti “tanggal kedaluwarsa” mRNA. [Bab 3 · C1 · 03-07]
27. **Benar** Pusat penyambung ikatan peptida di subunit besar tersusun dari rRNA. Karena itu ribosom disebut ribozim, yaitu enzim yang terbuat dari RNA. [Bab 4 · C2 · 04-06]
28. **Salah** Paket tidak dilempar. Membran vesikel melebur dengan membran sel, sehingga isinya tumpah ke luar dan membran vesikel menjadi bagian dari membran sel. Karena itu protein di membran vesikel, seperti GLUT4, ikut terpasang di membran sel. [Bab 5 · C2 · 05-07]
29. **Salah** Salah. Batas pisah mikroskop cahaya sekitar 200 nm, jauh lebih besar daripada ribosom. Menaikkan perbesaran tanpa menambah resolusi hanya menghasilkan perbesaran kosong: bayangan membesar tanpa detail baru. Ribosom baru terlihat dengan mikroskop elektron. [Bab 34 · C2 · 34-07]
30. **Salah** Salah. Pada inversi, sepotong kromosom memang hanya terbalik sehingga gen-gennya masih lengkap, tetapi gen yang terpotong tepat di titik patahan bisa rusak. Mutasi kromosom lainnya adalah delesi (sepotong hilang, misalnya pada sindrom cri du chat), duplikasi (sepotong tersalin dua kali), dan translokasi (potongan dua kromosom berbeda bertukar tempat, misalnya kromosom 9 dan 22 yang membentuk gen gabungan BCR-ABL pada leukemia mieloid kronis). Mutasi kromosom biasanya terjadi ketika kedua untai DNA putus lalu disambung keliru. [Bab 37 · C2 · 37-07]

C. Isian singkat

31. **pra-mrna** (juga diterima: pra mrna; pramrna; pre-mrna) Pra-mRNA adalah salinan kasar. Setelah diberi topi 5', ekor poli-A, dan intronnya digunting, pra-mRNA menjadi mRNA matang yang boleh keluar lewat pori inti. [Bab 3 · C2 · 03-14]

32. **acc** (juga diterima: 3'-acc-5'; 3'-acc-5') U berpasangan dengan A dan G dengan C, jadi pasangan U-G-G adalah A-C-C. tRNA juga RNA, sehingga tidak memakai huruf T. [Bab 4 · C3 · 04-14]
33. **snare** (juga diterima: protein snare; snares) v-SNARE di vesikel dan t-SNARE di membran sel saling melilit seperti ritsleting yang ditarik, sehingga kedua membran melebur. Toksin botulinum bekerja dengan memotong protein ini. [Bab 5 · C1 · 05-08]
34. **75** (juga diterima: 75 μm ; ± 75 ; 75 mikrometer) Ukuran satu sel $\approx$ diameter bidang pandang $\div$ jumlah sel = $450 \mu\text{m} \div 6 = 75 \mu\text{m}$. Hasil ini sesuai dengan ukuran sel pipi pada umumnya, sekitar 50–80 μm . [Bab 34 · C3 · 34-14]
35. **intron** (juga diterima: intron 1; intron pertama; intron (IVS)) Gen globin beta terdiri atas ekson, bagian yang dibaca menjadi protein, dan intron, sisipan yang harus dibuang saat mRNA disunting. IVS (*intervening sequence*) adalah nama lain intron, jadi IVS1-5 berarti huruf ke-5 intron pertama. Salah ketik di tanda sambungan ekson–intron membuat penyuntingan mRNA keliru, sehingga globin beta yang terbentuk berkurang (Bab 29). Salah ketik juga dapat terjadi di promotor, tanda “reseptor dimulai di sini”, sehingga gen terlalu jarang atau terlalu sering disalin. [Bab 37 · C1 · 37-08]

D. Uraian

36. Transkripsi terjadi di nukleus dan menghasilkan pra-mRNA yang masih berisi intron. Pengolahan (tapi 5', ekor poli-A, dan splicing oleh spliceosom) juga berlangsung di nukleus. Pori inti bertindak seperti satpam yang hanya meloloskan mRNA matang: bertopi, berekor, dan tanpa intron. Karena itu RNA berintron tertahan di nukleus, sedangkan di sitoplasma hanya ada mRNA matang yang siap diterjemahkan. [Bab 3 · C4 · 03-16]
37. Panas berlebih memutus ikatan lemah (ikatan hidrogen, ikatan ion) yang menjaga struktur sekunder dan tersier. Protein, termasuk enzim, kehilangan bentuk 3D-nya (denaturasi) sehingga tidak dapat bekerja, walaupun urutan asam aminonya (struktur primer) tetap. Protein yang lipatnya terbuka mudah menggumpal. Sel melawan dengan memperbanyak chaperone (heat shock protein) yang membantu melipat ulang protein, sedangkan protein yang tetap salah lipat ditempel ubiquitin lalu dicacah proteasom. Bila kerusakan terlalu banyak, sistem ini kewalahan. [Bab 4 · C4 · 04-15]
38. GLUT4 yang sudah jadi disimpan di dalam vesikel di dalam sel. Saat ada sinyal insulin, vesikel diantar ke membran dan melebur (eksositosis), sehingga GLUT4 yang tertanam di membran vesikel ikut terpasang di membran sel. Saat insulin pergi, membran melekur ke dalam (endositosis) dan GLUT4 ditarik kembali ke dalam vesikel untuk disimpan. Cara ini cepat karena sel tidak perlu melakukan transkripsi, translasi, pelipatan di RE, dan pemrosesan di Golgi; sel cukup memindahkan stok yang sudah ada. [Bab 5 · C4 · 05-16]
39. Hipotesis: makin hangat air (dalam rentang 20–30 °C), makin cepat kloroplas beredar. Variabel bebas: suhu air rendaman, misalnya 20, 25, dan 30 °C. Variabel terikat: kecepatan kloroplas ($\mu\text{m}/\text{detik}$). Variabel kontrol: umur dan letak daun (daun muda dekat pucuk), lama perendaman (misalnya 10 menit), intensitas cahaya, objektif yang sama (40 $\times$), dan pengamat yang sama. Alat dan bahan: Hydrilla segar, gelas berisi air bersuhu terukur (termometer), mikroskop, kaca preparat dan penutup, stopwatch. Cara mengukur: hitung dulu panjang sel dari diameter bidang pandang (misalnya 450 μm pada 40 $\times$ dibagi jumlah sel yang berjajar), lalu ukur waktu satu kloroplas menempuh satu sisi panjang sel; kecepatan = panjang sisi $\div$ waktu. Ulangan: setidaknya 5 kloroplas di 5 sel berbeda untuk setiap suhu, dari 3 daun berbeda. Penyajian: tabel dan grafik batang atau garis rerata kecepatan terhadap suhu, beserta rentang

datanya. Keselamatan: air hangat tidak lebih dari 40 °C, hati-hati dengan kaca, lampu panas, dan listrik di dekat air. Keterbatasan: preparat cepat menyesuaikan diri dengan suhu ruang dan lampu mikroskop ikut memanaskan, pengukuran waktu dengan mata kurang teliti, kecepatan berbeda antarsel, dan ukuran sel hanya perkiraan; perbaikan: amati segera setelah dipindahkan, pakai video ponsel pada okuler untuk mengukur waktu. [Bab 34 · C6 · 34-16]

40. (1) Keliru. Sebagian besar mutasi tidak berpengaruh apa pun karena terjadi di bagian DNA yang tidak berisi resep atau bersifat senyap. Sebagian kecil merugikan, dan sebagian sangat kecil menguntungkan di lingkungan tertentu lalu disaring seleksi alam; tanpa mutasi tidak ada keragaman makhluk hidup (Bab 36). Contohnya, pembawa satu salinan HbS lebih terlindung dari malaria berat; pembawa ovalositosis Asia Tenggara, yang kehilangan 27 huruf (sembilan asam amino, tanpa pergeseran bingkai baca) pada gen protein pita 3 eritrosit, lebih terlindung dari malaria otak dan cukup banyak ditemukan di Indonesia dan Papua Nugini; dan mutasi di daerah pengatur gen laktase membuat orang dewasa di kelompok peternak tetap dapat mencerna susu. Bagian yang benar: mutasi yang sama dapat merugikan dalam keadaan lain, misalnya dua salinan HbS menyebabkan anemia sel sabit dan dua salinan mutasi ovalositosis menimbulkan anemia berat. (2) Keliru. Di kelenjar getah bening, sel B yang sedang dilatih sengaja menyalakan enzim AID yang mengubah huruf-huruf di gen antibodinya; sel B dengan antibodi yang paling pas dengan kuman lalu dipilih dan diperbanyak, sehingga antibodi makin tajam (Bab 16). (3) Keliru. Setiap hari kita memakan DNA dari sayur, ikan, ayam, dan nasi. DNA itu dicerna enzim menjadi potongan kecil dan nukleotida (Bab 33) dan tidak masuk ke perpustakaan sel kita; DNA dari tanaman hasil rekayasa genetik dicerna dengan cara yang sama. Yang benar-benar merusak DNA adalah mutagen seperti asap rokok, aflatoksin, dan radiasi berlebihan. (4) Bagian awalnya benar: setiap sel memang menerima puluhan ribu kerusakan DNA setiap hari. Namun kesimpulannya keliru, karena hampir semua kerusakan segera diperbaiki tim korektor, dan sel yang rusak parah dihentikan, dipensiunkan, atau disuruh apoptosis oleh p53. Kanker muncul dari penumpukan banyak mutasi, dan serangan dari luar dapat dikurangi. Saran: jangan merokok dan hindari asap rokok orang lain; lindungi kulit dari matahari siang dengan topi, baju, dan tabir surya; simpan kacang dan jagung di tempat kering dan buang yang berjamur, berubah warna, atau terasa pahit; lengkapi vaksin hepatitis B dan HPV; jalani pemeriksaan sinar-X bila memang diperlukan dokter; dan bila banyak anggota keluarga terkena kanker pada usia muda, tanyakan kepada dokter tentang konseling genetik. [Bab 37 · C5 · 37-16]

Kisi-kisi soal • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat menyebutkan istilah lain untuk molekul sinyal yang menempel pada reseptor.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat menjelaskan cara kerja sinyal endokrin melalui analogi yang tepat.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan kasus sel T yang merangsang dirinya sendiri, peserta didik dapat menentukan jenis sinyal yang terjadi.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan data penguatan sinyal adrenalin pada setiap tahap, peserta didik dapat menghitung jumlah molekul aktif pada tahap tertentu.	C3	Pilihan ganda
5	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan kasus toksin kolera yang mengunci protein G, peserta didik dapat menganalisis rangkaian akibatnya pada sel usus.	C4	Pilihan ganda
6	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menyebutkan enzim yang memecah pati pada makanan di mulut dan usus.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menyebutkan hormon pankreas yang berfungsi menaikkan kadar gula darah.	C1	Pilihan ganda
8	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Disajikan data kadar peptida-C remaja penderita diabetes, peserta didik dapat menganalisis kesimpulan yang tepat tentang kondisinya.	C4	Pilihan ganda
9	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menjelaskan dasar seluler peningkatan penyerapan glukosa oleh otot pada anak yang rajin berolahraga.	C2	Pilihan ganda
10	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan peran mitokondria dan ATP melalui analogi Negara Sel.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan zat hasil respirasi seluler selain ATP berdasarkan persamaan reaksinya.	C1	Pilihan ganda
12	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan ciri tapai singkong, peserta didik dapat menentukan jenis proses yang dilakukan ragi tapai.	C3	Pilihan ganda
13	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan buku kas ATP dan NADH glikolisis, peserta didik dapat menghitung saldo akhir glikolisis untuk satu glukosa.	C3	Pilihan ganda
14	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat mengidentifikasi peran lisosom dalam analogi Negara Sel.	C1	Pilihan ganda
15	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat menjelaskan alasan membran lisosom tidak ikut tercerna oleh enzim penghancur di dalamnya.	C2	Pilihan ganda
16	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Disajikan informasi obat penghambat proteasom, peserta didik dapat menerapkan konsep penguraian protein untuk menjelaskan efektivitasnya terhadap sel kanker mieloma.	C3	Pilihan ganda
17	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat membedakan berbagai sistem pembersih sel beserta tugas masing-masing.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat mengidentifikasi peran membran plasma dan sitoskeleton dalam analogi Negara Sel.	C1	Pilihan ganda
19	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat menjelaskan cara kerja pompa natrium-kalium dalam satu siklus kerjanya.	C2	Pilihan ganda
20	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan peristiwa kangkung layu yang kembali segar setelah direndam air, peserta didik dapat menentukan peristiwa transpor membran yang terjadi.	C3	Pilihan ganda
21	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan informasi dua obat kanker yang pengaruhnya berlawanan terhadap mikrotubulus, peserta didik dapat menganalisis mekanisme kerja kedua obat terhadap sel kanker.	C4	Pilihan ganda
22	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat mengidentifikasi nama bagian enzim tempat substrat menempel dan diolah.	C1	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
23	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan peran empedu dalam pencernaan lemak dan membedakannya dari kerja lipase.	C2	Pilihan ganda
24	Bab 33 Juru Masak Kilat	Disajikan data rekaan laju enzim pada berbagai suhu, peserta didik dapat menafsirkan suhu optimum dan sifat denaturasi.	C4	Pilihan ganda
25	Bab 33 Juru Masak Kilat	Disajikan data rekaan laju tiga enzim pada berbagai pH, peserta didik dapat menentukan identitas setiap enzim.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat menjelaskan kecepatan dan lama respons sel terhadap hormon larut lemak.	C2	Benar-salah
27	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat mengidentifikasi sel penghasil insulin yang dilepas ke dalam darah manusia.	C1	Benar-salah
28	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat mengidentifikasi pola pewarisan mitokondria dari orang tua kepada anak.	C1	Benar-salah
29	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat mengidentifikasi kondisi fisiologis yang memengaruhi tingkat autofagi pada sel.	C1	Benar-salah
30	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat mengidentifikasi jenis sel manusia yang memiliki flagela sebagai alat gerak.	C1	Benar-salah
31	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk molekul kecil penerus pesan dari reseptor di dalam sel.	C1	Isian singkat
32	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menjelaskan proses penarikan kembali GLUT4 dari membran sel setelah gula darah normal.	C2	Isian singkat
33	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan sumber pengisian ulang ATP otot yang tercepat pada awal lari sprint.	C2	Isian singkat
34	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat menyebutkan nama struktur bermembran ganda yang terbentuk pada tahap awal autofagi.	C1	Isian singkat
35	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat menyebutkan nama protein kanal khusus yang mengalirkan air menembus membran sel.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan kasus individu XY berciri perempuan dengan testosteron normal, peserta didik dapat menganalisis penyebabnya berdasarkan jalur sinyal hormon larut lemak.	C4	Uraian
37	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Disajikan gejala penderita diabetes tidak terkontrol, peserta didik dapat menganalisis makna ungkapan kelaparan di tengah kelimpahan pada tingkat sel.	C4	Uraian
38	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan kasus pemain sepak bola yang bermain 90 menit, peserta didik dapat menganalisis sumber ATP otot dan penyebab pegal otot keesokan harinya.	C4	Uraian
39	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat menganalisis penyebab sel saraf lebih rentan terhadap gangguan proteasom dan autofagi dibandingkan sel kulit.	C4	Uraian
40	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan informasi penggunaan kolkisin untuk gout, peserta didik dapat menganalisis cara kerjanya pada sitoskeleton dan meramalkan efek samping pada jaringan yang aktif membelah.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 14 · C2 = 10 · C3 = 6 · C4 = 10. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Molekul sinyal yang menempel pada reseptor disebut juga...
 - A. ligan
 - B. enzim
 - C. nukleotida
 - D. vesikel
2. Sinyal endokrin paling tepat diibaratkan...
 - A. berjabat tangan: protein membran menempel pada sel tetangga
 - B. pos antarkota: hormon dibawa darah ke sel sasaran yang jauh
 - C. surat untuk tetangga dekat di sekitar sel pengirim
 - D. telepon berkabel melalui celah sinaps yang sempit
3. Saat melawan infeksi, sel T melepaskan molekul sinyal yang merangsang dirinya sendiri untuk memperbanyak diri. Jenis sinyal ini disebut...
 - A. endokrin
 - B. sinaptik
 - C. parakrin
 - D. autokrin
4. Satu molekul adrenalin mengaktifkan satu reseptor. Reseptor itu mengaktifkan 10 molekul pada tahap 1, lalu setiap molekul aktif mengaktifkan 10 molekul pada tahap berikutnya. Berapa molekul yang aktif pada tahap 4?
 - A. 40
 - B. 10.000
 - C. 400
 - D. 1.000

5. Toksin kolera mengunci protein G pada posisi ON di sel usus. Rangkaian akibat yang benar adalah...
- A. cAMP turun → garam dan air diserap berlebihan → sembelit
 - B. reseptor usus dihancurkan → sel tidak menerima sinyal → diare ringan
 - C. cAMP melonjak → garam dan air tumpah ke usus → diare hebat
 - D. insulin tidak dilepas → gula darah naik → diare
6. Pempek terbuat dari sagu atau tapioka yang kaya pati. Enzim yang memotong rantai pati di mulut dan usus adalah...
- A. amilase
 - B. insulin
 - C. katalase
 - D. ATP sintase
7. Hormon pankreas yang bertugas **menaikkan** gula darah ketika kadarnya terlalu rendah adalah...
- A. insulin
 - B. glukagon
 - C. peptida-C
 - D. GLUT4
8. Seorang remaja 13 tahun didiagnosis diabetes. Kadar peptida-C dalam darahnya sangat rendah. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. sel betanya hampir tidak lagi membuat insulin, sesuai dengan diabetes tipe 1
 - B. sel ototnya kurang peka, padahal insulin yang dibuatnya berlebih
 - C. ia baru saja makan banyak pempek sebelum diperiksa
 - D. jumlah pintu GLUT4 di ototnya terlalu banyak
9. Anak yang rajin berolahraga membuat sel ototnya makin sigap menyerap glukosa di kemudian hari. Penjelasan pada tingkat sel yang paling tepat adalah...
- A. olahraga membuat sel otot menghasilkan insulin sendiri
 - B. olahraga mengubah glukosa menjadi protein GLUT4
 - C. sinyal yang berulang meningkatkan transkripsi dan translasi gen GLUT4 sehingga stok pintu di gudang bertambah
 - D. olahraga membuat membran otot bisa ditembus glukosa tanpa pintu
10. Dalam analogi Negara Sel, mitokondria berperan sebagai ... dan ATP sebagai ...
- A. dinas kebersihan; sampah
 - B. PLN; token listrik
 - C. perpustakaan; buku resep
 - D. ekspedisi; paket kiriman

- L1. Menurut rumus ringkas respirasi seluler, zat yang dihasilkan selain ATP adalah...
- A. glukosa dan oksigen
 - B. laktat dan alkohol
 - C. asetil-KoA dan urea
 - D. karbon dioksida dan air
- L2. Tapai singkong terasa manis dan sedikit beralkohol. Proses yang dilakukan ragi tapai adalah...
- A. fermentasi asam laktat yang menghasilkan laktat
 - B. fermentasi alkohol yang mengubah piruvat menjadi alkohol dan CO_2
 - C. fotosintesis yang menghasilkan glukosa dan oksigen
 - D. respirasi aerob yang menghasilkan $\pm 30-32$ ATP
- L3. Bima mengisi buku kas glikolisis untuk satu glukosa: modal -1 ATP (heksokinase) dan -1 ATP (PFK-1), lalu panen $+2$ ATP dan $+2$ ATP, serta dua kali panen NADH. Saldo akhir glikolisis adalah...
- A. $+4$ ATP, 2 NADH, dan 2 piruvat
 - B. 0 ATP, 2 NADH, dan 2 asetil-KoA
 - C. $+2$ ATP, 2 NADH, dan 2 piruvat
 - D. $+2$ ATP, 4 NADH, dan 1 piruvat
- L4. Dalam analogi Negara Sel, lisosom berperan sebagai...
- A. dinas kebersihan yang mencerna dan mendaur ulang sampah
 - B. PLN yang membuat token listrik
 - C. kantor ekspedisi yang mengirim paket
 - D. perpustakaan yang menyimpan resep
- L5. Lisosom penuh enzim penghancur, tetapi dinding lisosom sendiri tidak ikut tercerna. Mengapa?
- A. Karena lisosom tidak memiliki membran
 - B. Karena enzim lisosom hanya mencerna DNA
 - C. Karena lisosom selalu penuh ATP
 - D. Karena dinding dalamnya dilapisi lapisan gula tebal yang melindunginya
- L6. Obat kanker bortezomib menghambat proteasom. Mengapa obat ini sangat efektif terhadap sel kanker mieloma?
- A. Karena bortezomib menambah jumlah ubiquitin di sel sehat
 - B. Karena sel mieloma tidak memiliki lisosom
 - C. Karena bortezomib memperbaiki DNA sel mieloma
 - D. Karena sel mieloma membuat sangat banyak protein, sehingga tanpa proteasom sampah protein menumpuk dan sel mati

17. Pasangan “petugas kebersihan” dan tugasnya yang benar adalah...

- A. peroksisom – memecah asam lemak rantai sangat panjang dan menghasilkan H_2O_2
- B. proteasom – membungkus mitokondria tua menjadi autofagosom
- C. lisosom – menempelkan stiker ubiquitin pada protein rusak
- D. peroksisom – mencacah protein berstiker ubiquitin

18. Dalam analogi Negara Sel, membran plasma berperan sebagai ... dan sitoskeleton sebagai ...

- A. perbatasan dengan kantor imigrasi; jaringan jalan raya
- B. PLN; token listrik
- C. perpustakaan; rak buku
- D. dinas kebersihan; truk sampah

19. Dalam satu siklus kerjanya, pompa natrium-kalium...

- A. mengeluarkan 2 Na^+ dan memasukkan 3 K^+ tanpa ATP
- B. mengeluarkan 3 K^+ dan memasukkan 2 Na^+ dengan 1 ATP
- C. memindahkan 1 Na^+ dan 1 K^+ ke arah yang sama
- D. mengeluarkan 3 Na^+ , memasukkan 2 K^+ , dan membakar 1 ATP

20. Bima merendam kangkung yang layu di dalam air bersih. Setengah jam kemudian daunnya kembali segar. Peristiwa yang terjadi adalah...

- A. air keluar dari sel karena air rendaman bersifat hipertonik
- B. air masuk ke sel lewat osmosis karena air rendaman lebih encer daripada isi sel
- C. garam masuk ke sel lewat transpor aktif
- D. sel kangkung membelah dengan cepat sehingga daun mengembang

21. Paklitaksel dan vinkristin sama-sama dipakai sebagai obat kanker, padahal pengaruhnya terhadap mikrotubulus berlawanan. Pernyataan yang paling tepat adalah...

- A. paklitaksel mencegah mikrotubulus terbentuk, sedangkan vinkristin membekukannya; keduanya langsung merusak DNA
- B. keduanya mengganggu bongkar-pasang mikrotubulus gelendong (paklitaksel membekukan, vinkristin mencegah pembentukan), sehingga sel kanker gagal membelah
- C. keduanya menghambat filamen aktin sehingga sel kanker tidak bisa bergerak
- D. keduanya memperkuat filamen intermediet sehingga sel kanker menjadi kaku dan mati

22. Bagian enzim berupa lekukan kecil yang bentuk dan muatannya cocok dengan substrat tertentu disebut...

- A. situs alosterik
- B. sisi aktif
- C. koenzim
- D. kompleks enzim-substrat

23. Empedu dari hati membantu pencernaan lemak dengan cara...

- A. memotong lemak menjadi asam lemak dan monogliserida
- B. mengaktifkan tripsinogen agar berubah menjadi tripsin
- C. mengubah lemak menjadi glukosa yang mudah diserap
- D. memecah gumpalan lemak menjadi butiran kecil

24. Sekelompok siswa mengukur laju kerja sebuah enzim pencernaan manusia pada berbagai suhu (data rekaan, satuan relatif).

- 10 °C: 12 · 20 °C: 25 · 30 °C: 48 · 37 °C: 80 · 45 °C: 41 · 55 °C: 6
- Enzim yang didinginkan dari 37 °C ke 10 °C, lalu dihangatkan kembali ke 37 °C: 79
- Enzim yang dipanaskan sampai 70 °C, lalu didinginkan kembali ke 37 °C: 0

Kesimpulan yang paling tepat adalah...

- A. suhu optimumnya sekitar 37 °C; dingin hanya memperlambat, sedangkan 70 °C merusaknya permanen
- B. suhu optimumnya 55 °C, karena pada suhu itu molekul paling sering bertumbukan dengan sisi aktif enzim
- C. suhu dingin dan suhu panas sama-sama merusak enzim secara permanen, sebab keduanya menurunkan laju
- D. enzim yang dipanaskan sampai 70 °C akan pulih asalkan didinginkan cukup lama sebelum diukur ulang

25. Tiga enzim pencernaan P, Q, dan R diuji pada 37 °C dengan pH yang berbeda (data rekaan, laju relatif).

- P: pH 2 = 85 · pH 4 = 20 · pH 7 = 0 · pH 8 = 0
- Q: pH 2 = 0 · pH 4 = 4 · pH 7 = 90 · pH 8 = 55
- R: pH 2 = 0 · pH 4 = 0 · pH 7 = 60 · pH 8 = 88

Pasangan yang paling mungkin adalah...

- A. P amilase ludah, Q tripsin, R pepsin
- B. P pepsin, Q tripsin, R amilase ludah
- C. P tripsin, Q pepsin, R amilase ludah
- D. P pepsin, Q amilase ludah, R tripsin

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Respons terhadap hormon larut lemak umumnya lebih lambat (jam) tetapi tahan lama, karena hormon itu mengubah gen yang dibaca di perpustakaan.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

27. Sel beta di pulau Langerhans adalah satu-satunya sel di tubuh manusia yang membuat insulin untuk dilepas ke dalam darah.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

28. Mitokondria diwariskan hampir hanya dari ibu, melalui sel telur.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Autofagi meningkat saat sel kekurangan nutrisi, misalnya ketika seseorang berpuasa.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Satu-satunya sel manusia yang memiliki flagela adalah sel sperma.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Molekul kecil di dalam sel, seperti cAMP dan ion kalsium, yang membantu meneruskan pesan dari reseptor disebut pembawa pesan ____ .

32. Saat gula darah sudah normal dan insulin berhenti dikirim, pintu-pintu GLUT4 ditarik kembali dari membran ke dalam sel melalui proses ____ .

33. Pada 10 detik pertama lari sprint 100 m, otot mengisi ulang ATP dengan sangat cepat dari “aki cadangan” bernama ____ .

34. Kantong bermembran ganda yang terbentuk ketika fagofor selesai membungkus mitokondria tua disebut ____ .

35. Protein pintu khusus yang mengalirkan sebagian besar air menembus membran sel disebut ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Seseorang berkromosom XY memiliki kadar testosteron normal, tetapi tubuhnya berkembang dengan ciri perempuan. Analisislah penyebabnya berdasarkan jalur sinyal hormon larut lemak.

37. Penderita diabetes yang tidak terkontrol sering merasa lapar dan berat badannya turun, padahal gula darahnya tinggi. Jelaskan mengapa buku ini menyebut keadaan tersebut “kelaparan di tengah kelimpahan”.

38. Bima bermain sepak bola selama 90 menit. Analisislah sumber ATP otot Bima dari detik pertama sampai menit-menit akhir pertandingan, lalu jelaskan mengapa pegal otot keesokan harinya bukan disebabkan asam laktat.

39. Analisislah mengapa melemahnya proteasom dan autofagi lebih mudah menyebabkan penyakit pada sel saraf (misalnya Alzheimer dan Parkinson) dibandingkan pada sel kulit.

40. Kolkisin dipakai untuk meredakan serangan asam urat (gout) di sendi. Jelaskan cara kerja obat ini berdasarkan sitoskeleton, lalu ramalkan efek samping yang mungkin muncul pada jaringan yang sel-selnya sering membelah, misalnya lapisan usus.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0-6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **A.** ligan Ligan adalah molekul sinyal, seperti insulin atau adrenalin, yang menempel pada reseptor yang bentuknya pas, seperti kunci pada gembok. [Bab 6 · C1 · 06-01]
2. **B.** pos antarkota: hormon dibawa darah ke sel sasaran yang jauh Pada sinyal endokrin, kelenjar melepas hormon ke darah dan hormon mencapai sel sasaran yang jauh, misalnya insulin dari pankreas ke otot dan hati. Pilihan lain menggambarkan kontak langsung, parakrin, dan sinaptik. [Bab 6 · C2 · 06-03]
3. **D.** autokrin Autokrin berarti surat dikirim untuk diri sendiri. Parakrin ditujukan ke tetangga dekat, endokrin ke sel yang jauh lewat darah, dan sinaptik lewat celah sinaps. [Bab 6 · C3 · 06-05]
4. **B.** 10.000 Tahap 1 = 10, tahap 2 = 100, tahap 3 = 1.000, tahap 4 = 10.000 (10^4). Inilah amplifikasi: satu surat kecil menjadi perintah massal, sehingga satu molekul adrenalin di hati dapat memicu pelepasan jutaan molekul glukosa. [Bab 6 · C3 · 06-09]
5. **C.** cAMP melonjak → garam dan air tumpah ke usus → diare hebat Protein G yang terkunci ON terus mengaktifkan pembuatan cAMP. cAMP yang melonjak membuat sel usus terus mengeluarkan garam dan air ke rongga usus, sehingga terjadi diare hebat. Ibaratnya bel pintu yang diganjal sehingga berbunyi terus. [Bab 6 · C4 · 06-10]
6. **A.** amilase Amilase adalah enzim pencernaan yang memotong rantai panjang pati menjadi potongan pendek (misalnya maltosa), lalu enzim di dinding usus menuntaskannya menjadi glukosa tunggal. Insulin adalah hormon, katalase mengurai H_2O_2 , dan ATP sintase membuat ATP di mitokondria. [Bab 7 · C1 · 07-01]
7. **B.** glukagon Gula darah dijaga dua hormon pankreas yang kerjanya berlawanan: insulin menurunkan, glukagon menaikkan. Peptida-C hanyalah potongan sisa pembuatan insulin, sedangkan GLUT4 adalah pintu glukosa, bukan hormon. [Bab 7 · C1 · 07-02]
8. **A.** sel betanya hampir tidak lagi membuat insulin, sesuai dengan diabetes tipe 1 Peptida-C dilepas bersama insulin buatan tubuh sendiri, sehingga kadarnya menggambarkan kerja sel beta. Peptida-C sangat rendah berarti sel beta hampir tidak memproduksi, ciri diabetes tipe 1. Pada tipe 2 tahap awal, insulin dan peptida-C justru tinggi. [Bab 7 · C4 · 07-10]
9. **C.** sinyal yang berulang meningkatkan transkripsi dan translasi gen GLUT4 sehingga stok pintu di gudang bertambah Ini respons lambat (jam-hari): resep gen GLUT4 (SLC2A4) lebih sering disalin dan dimasak, sehingga gudang vesikel berisi lebih banyak pintu. Sel otot pun lebih cepat merespons perintah berikutnya. [Bab 7 · C2 · 07-13]
10. **B.** PLN; token listrik Mitokondria membangkitkan energi seperti PLN, dan ATP adalah token listrik yang dibagikan ke seluruh sel untuk membayar pekerjaan, misalnya langkah kinesin atau kerja pompa ion. [Bab 8 · C2 · 08-01]
11. **D.** karbon dioksida dan air $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \pm 30-32 ATP$. Glukosa dan oksigen adalah bahan, sedangkan CO_2 dan air adalah hasil sampingnya. [Bab 8 · C1 · 08-04]
12. **B.** fermentasi alkohol yang mengubah piruvat menjadi alkohol dan CO_2 Ragi melakukan fermentasi alkohol: glikolisis menghasilkan piruvat, lalu piruvat diubah menjadi alkohol dan CO_2 . Fermentasi asam laktat terjadi di otot dan pada bakteri yoghurt. [Bab 8 · C3 · 08-05]

13. **C.** +2 ATP, 2 NADH, dan 2 piruvat 4 ATP didapat dikurangi 2 ATP modal = +2 ATP bersih. Setiap potongan 3-karbon menghasilkan 1 NADH (total 2), dan glukosa 6-karbon berakhir sebagai 2 piruvat yang siap masuk mitokondria. [Bab 8 · C3 · 08-09]
14. **A.** dinas kebersihan yang mencerna dan mendaur ulang sampah Lisosom adalah “truk sampah berisi cairan asam” yang mencerna kuman, organela tua, dan protein rusak, lalu bahan hasil cernaannya dipakai ulang. PLN adalah mitokondria, ekspedisi adalah Golgi, dan perpustakaan adalah nukleus. [Bab 9 · C1 · 09-01]
15. **D.** Karena dinding dalamnya dilapisi lapisan gula tebal yang melindunginya Lapisan gula tebal di sisi dalam membran lisosom menjadi pelindung dari enzimnya sendiri. Pengaman kedua: enzim hanya aktif pada suasana asam, sehingga hampir tidak bekerja bila bocor ke sitosol yang netral. [Bab 9 · C2 · 09-04]
16. **D.** Karena sel mieloma membuat sangat banyak protein, sehingga tanpa proteasom sampah protein menumpuk dan sel mati Sel mieloma memproduksi protein dalam jumlah sangat besar, sehingga banyak pula protein salah lipat yang harus dicacah proteasom. Bila mesin penghancur dimatikan, sel itu “tenggelam” dalam sampahnya sendiri. [Bab 9 · C3 · 09-11]
17. **A.** peroksisom – memecah asam lemak rantai sangat panjang dan menghasilkan H_2O_2 Peroksisom mengolah bahan “sulit” seperti asam lemak rantai sangat panjang dan alkohol, lalu menetralkan H_2O_2 dengan katalase. Membungkus organela tua adalah tugas fagofor (autofagi), sedangkan protein berstiker ubiquitin dicacah proteasom. [Bab 9 · C2 · 09-13]
18. **A.** perbatasan dengan kantor imigrasi; jaringan jalan raya Membran plasma menjaga perbatasan dan memilih siapa yang boleh keluar-masuk, seperti kantor imigrasi. Sitoskeleton adalah jaringan jalan: mikrotubulus sebagai jalan tol, aktin sebagai jalan kampung, dan filamen intermediet sebagai kabel baja. [Bab 10 · C1 · 10-01]
19. **D.** mengeluarkan 3 Na^+ , memasukkan 2 K^+ , dan membakar 1 ATP Pompa Na^+/K^+ membuang 3 Na^+ ke luar dan memasukkan 2 K^+ dengan ongkos 1 ATP. Hasilnya, kadar K^+ tinggi di dalam dan Na^+ tinggi di luar sel, menjadi “baterai” bagi sel saraf dan usus. [Bab 10 · C2 · 10-04]
20. **B.** air masuk ke sel lewat osmosis karena air rendaman lebih encer daripada isi sel Air bergerak menuju sisi yang lebih pekat. Isi sel kangkung lebih pekat daripada air bersih (hipotonik), sehingga air masuk ke sel dan sel kembali tegang. [Bab 10 · C3 · 10-05]
21. **B.** keduanya mengganggu bongkar-pasang mikrotubulus gelendong (paklitaksel membekukan, vinkristin mencegah pembentukan), sehingga sel kanker gagal membelah Gelendong pembelahan harus bisa dibangun dan dibongkar tepat waktu. Membekukan mikrotubulus (paklitaksel) atau mencegahnya terbentuk (vinkristin) sama-sama membuat gelendong tidak berfungsi, sehingga sel yang sering membelah, seperti sel kanker, terhenti. [Bab 10 · C4 · 10-11]
22. **B.** sisi aktif Sisi aktif adalah lekukan tempat substrat ditangkap dan diolah. Situs alosterik adalah tempat lain pada enzim yang dapat ditemplei zat pengatur, misalnya produk akhir pada umpan balik. Koenzim adalah asisten organik, sedangkan kompleks enzim-substrat adalah gabungan enzim dengan substrat yang sudah menempel. [Bab 33 · C1 · 33-01]
23. **D.** memecah gumpalan lemak menjadi butiran kecil Empedu bukan enzim. Seperti sabun memecah minyak, empedu memecah gumpalan lemak menjadi butiran kecil sehingga permukaannya luas. Yang memotong lemak menjadi asam lemak dan monogliserida adalah lipase dari getah pankreas. Tripsinogen diaktifkan di usus oleh enzim enteropeptidase, bukan oleh empedu. [Bab 33 · C2 · 33-04]

24. **A.** suhu optimumnya sekitar 37 °C; dingin hanya memperlambat, sedangkan 70 °C merusaknya permanen Laju tertinggi pada 37 °C. Di bawahnya laju kira-kira berlipat dua setiap kenaikan 10 °C karena tumbukan makin sering; di atasnya laju turun tajam karena lipatan enzim goyah. Enzim yang didinginkan pulih (79, hampir sama dengan 80), jadi dingin tidak merusak. Enzim yang dipanaskan sampai 70 °C tetap nol setelah didinginkan: lipatan dan sisi aktifnya rusak permanen (denaturasi). Pada 55 °C lajunya hanya 6, jadi suhu itu jelas bukan optimum. [Bab 33 · C4 · 33-09]
25. **D.** P pepsin, Q amilase ludah, R tripsin P paling giat dalam asam kuat (pH 2), sesuai pepsin di lambung. Q paling giat sekitar pH 7, sesuai amilase ludah di mulut, dan berhenti bekerja dalam asam. R paling giat sekitar pH 8, sesuai tripsin di usus halus setelah bikarbonat dari getah pankreas menetralkan asam. pH yang jauh dari optimum mengubah muatan di sisi aktif dan bentuk enzim sehingga substrat sulit menempel. [Bab 33 · C4 · 33-10]

B. Benar–salah

26. **Benar** Kompleks hormon–reseptor masuk ke inti dan bertindak sebagai faktor transkripsi. Gen harus disalin dan diterjemahkan dulu menjadi protein baru, sehingga hasilnya muncul dalam hitungan jam tetapi bertahan lama. [Bab 6 · C2 · 06-07]
27. **Benar** Benar. Sel beta satu-satunya pembuat insulin. Karena itu, bila sel beta dihancurkan sistem imun (diabetes tipe 1), tubuh tidak punya pabrik insulin cadangan dan membutuhkan suntikan insulin. [Bab 7 · C1 · 07-06]
28. **Benar** Benar. Mitokondria ikut diwariskan lewat sitoplasma sel telur. Karena itu DNA mitokondria dapat dipakai menelusuri garis keturunan ibu, bahkan untuk identifikasi forensik. [Bab 8 · C1 · 08-06]
29. **Benar** Benar. Saat nutrisi kurang, sel “membongkar gudang”: organela tua dan protein dicerna agar bahan bakunya bisa dipakai ulang untuk bertahan hidup. [Bab 9 · C1 · 09-07]
30. **Benar** Benar. Sperma berenang dengan flagela yang digerakkan dinein. Sel lain, misalnya sel saluran napas, memiliki silia yang lebih pendek dan banyak. [Bab 10 · C1 · 10-06]

C. Isian singkat

31. **kedua** (juga diterima: ke-2; ke 2; second messenger) Molekul sinyal di luar sel adalah pembawa pesan pertama. cAMP dan Ca^{2+} yang terbentuk atau dilepas di dalam sel meneruskan dan memperbesar pesan itu, sehingga disebut pembawa pesan kedua. [Bab 6 · C1 · 06-08]
32. **endositosis** (juga diterima: endocytosis) Endositosis adalah kebalikan eksositosis: membran melekuh ke dalam membentuk vesikel. Dengan cara ini pintu GLUT4 tidak dibuang, melainkan disimpan di gudang untuk perintah insulin berikutnya. [Bab 7 · C2 · 07-14]
33. **fosfokreatin** (juga diterima: kreatin fosfat; kreatin-fosfat; fosfo kreatin) Enzim kreatin kinase memindahkan fosfat dari fosfokreatin langsung ke ADP. Caranya sangat cepat (fosforilasi tingkat substrat), tetapi cadangannya habis dalam ± 10 detik kerja maksimal. [Bab 8 · C2 · 08-14]
34. **autofagosom** (juga diterima: autophagosome; autofagosome) Fagofor tumbuh seperti kantong plastik yang dibuka, lalu ujung-ujungnya bertemu membentuk autofagosom. Kantong ini kemudian melebur dengan lisosom agar isinya dicerna. [Bab 9 · C1 · 09-08]
35. **akuaporin** (juga diterima: aquaporin) Air bisa merembes sedikit lewat lapisan lemak, tetapi sebagian besar lewat akuaporin. Satu akuaporin dapat mengalirkan miliaran molekul air per detik. [Bab 10 · C1 · 10-08]

D. Uraian

36. Testosteron adalah steroid larut lemak yang menembus membran, lalu harus menempel pada reseptor androgen di dalam sel. Kompleks hormon–reseptor ini masuk ke inti dan bertindak sebagai faktor transkripsi yang menyalakan gen-gen pembentuk ciri laki-laki. Pada sindrom insensitivitas androgen, reseptornya rusak, sehingga walaupun testosteron cukup, gen sasaran tidak dinyalakan. Ibarat surat sampai tetapi kotak suratnya tidak ada, tubuh berkembang dengan ciri perempuan. [Bab 6 · C4 · 06-16]
37. Glukosa berlimpah di darah, tetapi pintu GLUT4 di sel otot dan lemak tidak cukup dipasang, baik karena insulin tidak ada (tipe 1) maupun karena sel kurang peka (tipe 2). Akibatnya glukosa tertahan di luar dan sel kekurangan bahan bakar untuk membuat ATP, sehingga muncul rasa lapar. Tubuh lalu membongkar cadangan lemak dan protein untuk energi, sehingga berat badan turun. [Bab 7 · C4 · 07-15]
38. Detik pertama: ATP yang tersimpan di otot. Sampai ± 10 detik: fosfokreatin (aki cadangan). Puluhan detik hingga beberapa menit kerja berat, misalnya saat sprint: glikolisis anaerob yang menghasilkan laktat (genset darurat, 2 ATP per glukosa). Selama sebagian besar pertandingan: respirasi aerob di mitokondria (PLN) yang membakar karbohidrat dan lemak. Semua sistem bekerja bersamaan, hanya porsinya yang bergeser. Laktat sudah dibersihkan dari otot dalam satu–dua jam; pegal 1–2 hari kemudian (DOMS) disebabkan kerusakan kecil pada serat otot dan peradangan saat otot memperbaiki diri. [Bab 8 · C4 · 08-16]
39. Neuron hidup puluhan tahun dan hampir tidak pernah membelah (berada di G0), sehingga sampah protein tidak bisa “diencerkan” ke sel anak, dan sel yang rusak tidak mudah diganti. Neuron bergantung penuh pada proteasom dan autofagi untuk membuang protein salah lipat dan organela tua. Bila kedua sistem melemah, gumpalan protein seperti amiloid, tau, dan α -sinuklein menumpuk, mengganggu fungsi, lalu merusak neuron. Sel kulit terus diganti oleh sel baru, sehingga sel yang penuh sampah cepat tersingkir. [Bab 9 · C4 · 09-15]
40. Kolkisin mencegah tubulin menyusun mikrotubulus (jalan tol sel). Sel darah putih membutuhkan sitoskeleton yang terus dibongkar-pasang untuk bergerak menuju sendi yang meradang; tanpa mikrotubulus, sel darah putih yang datang berkurang sehingga peradangan mereda. Namun mikrotubulus juga membentuk gelendong pembelahan. Pada jaringan yang selnya sering membelah, seperti lapisan usus yang diganti setiap 3–5 hari, pembelahan terganggu sehingga dapat muncul efek samping seperti diare dan mual. [Bab 10 · C4 · 10-16]

Kisi-kisi soal • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat menjelaskan peran reseptor melalui analogi Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
2	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Peserta didik dapat mengklasifikasikan molekul sinyal berdasarkan letak reseptornya dan kemampuannya menembus membran sel.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan hasil pelacakan hormon berlabel pendar pada kultur sel, peserta didik dapat menganalisis jenis hormon tersebut.	C4	Pilihan ganda
4	Bab 6 Surat-Menyurat Antarsel	Disajikan kasus penyakit Graves, peserta didik dapat menerapkan konsep aktivasi reseptor untuk menentukan analogi yang tepat.	C3	Pilihan ganda
5	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menjelaskan peran insulin bagi sel otot melalui analogi Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
6	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menjelaskan alasan glukosa memerlukan protein pengangkut untuk masuk ke dalam sel otot.	C2	Pilihan ganda
7	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Disajikan hasil pemeriksaan gula darah puasa dan tabel kriteria, peserta didik dapat menentukan kategori status glukosa seseorang.	C3	Pilihan ganda
8	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Disajikan kasus kerusakan kanal K^+ peka ATP pada sel beta, peserta didik dapat menganalisis akibat yang paling mungkin bagi tubuh.	C4	Pilihan ganda
9	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan nama lipatan membran dalam mitokondria tempat ATP sintase terpasang.	C1	Pilihan ganda
10	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan perubahan ATP menjadi ADP saat energi dipakai untuk kerja sel.	C2	Pilihan ganda
11	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan kasus keracunan sianida dengan kadar oksigen darah tinggi, peserta didik dapat menganalisis penyebab sel otak kekurangan ATP.	C4	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
12	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan kondisi tubuh menjelang berbuka puasa, peserta didik dapat menentukan perubahan penggunaan bahan bakar yang terjadi.	C3	Pilihan ganda
13	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat menyebutkan nama umum kelompok enzim penghancur yang terdapat di dalam lisosom.	C1	Pilihan ganda
14	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Disajikan peristiwa makrofag menelan bakteri utuh, peserta didik dapat mengklasifikasikan jalur pengiriman materi tersebut menuju lisosom.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Disajikan peristiwa hilangnya selaput antarjari pada janin, peserta didik dapat menentukan proses seluler yang berperan di dalamnya.	C3	Pilihan ganda
16	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Disajikan informasi fungsi label manosa-6-fosfat, peserta didik dapat menganalisis akibat kegagalan penandaan enzim lisosom pada sel.	C4	Pilihan ganda
17	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat menyebutkan molekul penyusun utama lapisan ganda membran sel.	C1	Pilihan ganda
18	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat menjelaskan susunan bagian molekul fosfolipid pada lapis ganda membran terhadap cairan di dalam dan di luar sel.	C2	Pilihan ganda
19	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan kasus perokok berat yang sering batuk berdahak, peserta didik dapat menerapkan konsep struktur sel saluran napas untuk menjelaskan gangguan tersebut.	C3	Pilihan ganda
20	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan kebutuhan kulit untuk tahan terhadap tarikan, peserta didik dapat menentukan filamen sitoskeleton dan sambungan antarsel yang paling berperan.	C3	Pilihan ganda
21	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan pengaruh enzim terhadap grafik energi suatu reaksi kimia.	C2	Pilihan ganda
22	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan peran amilase ludah dalam pencernaan pati di mulut.	C2	Pilihan ganda
23	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat mengidentifikasi pasangan enzim dan tempat kerjanya yang tepat.	C1	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
24	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menerapkan konsep getah pankreas untuk memperkirakan akibat tersumbatnya saluran pankreas.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 33 Juru Masak Kilat	Disajikan data laju dua enzim pada berbagai suhu, peserta didik dapat menganalisis ketahanan panas polimerase Taq.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab diabetes tipe 1 dan membedakannya dari anggapan keliru di masyarakat.	C2	Benar-salah
27	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat membedakan kandungan energi per gram lemak dan karbohidrat sebagai bahan bakar sel.	C2	Benar-salah
28	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat membedakan ciri kematian sel melalui nekrosis dan apoptosis beserta dampaknya terhadap peradangan.	C2	Benar-salah
29	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat membedakan kebutuhan energi pada difusi terfasilitasi dan transpor aktif.	C2	Benar-salah
30	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan perbedaan pengaruh suhu dingin dan suhu tinggi terhadap enzim.	C2	Benar-salah
31	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Peserta didik dapat menyebutkan nama kelompok sel di pankreas tempat sel beta pembuat insulin berkumpul.	C1	Isian singkat
32	Bab 8 PLN Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan penyakit akibat kekurangan vitamin B1 yang dikaitkan dengan penemuan Christiaan Eijkman.	C1	Isian singkat
33	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Disajikan deskripsi cara pengobatan penyakit penimbunan lisosom, peserta didik dapat menjelaskan nama jenis terapi tersebut.	C2	Isian singkat
34	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Peserta didik dapat menjelaskan istilah untuk lapisan gula permukaan membran yang berfungsi sebagai penanda identitas sel.	C2	Isian singkat
35	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk ion logam yang membantu kerja sisi aktif enzim.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 7 Insulin, Pintu Glukosa & Diabetes	Disajikan riwayat pengobatan seorang penderita diabetes tipe 2, peserta didik dapat menganalisis perubahan kadar dan kebutuhan insulin dari waktu ke waktu.	C4	Uraian
37	Bab 8 PLN Negara Sel	Disajikan nilai konversi NADH dan FADH ₂ menjadi ATP, peserta didik dapat menghitung neraca ATP dari satu glukosa beserta alasan kisarannya.	C3	Uraian
38	Bab 9 Dinas Kebersihan & Daur Ulang	Peserta didik dapat membandingkan apoptosis dan nekrosis dari segi penyebab, mekanisme kematian sel, dan dampaknya bagi jaringan.	C4	Uraian
39	Bab 10 Perbatasan & Jalan Raya	Disajikan informasi sebaran ion K ⁺ dan Na ⁺ pada sel, peserta didik dapat menganalisis dampak terhentinya produksi ATP terhadap gradien ion.	C4	Uraian
40	Bab 33 Juru Masak Kilat	Peserta didik dapat menilai klaim iklan tentang “enzim hidup” berdasarkan konsep pembuatan, sifat, dan pencernaan enzim.	C5	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 7 · C2 = 16 · C3 = 8 · C4 = 8 · C5 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: Kelas: Tanggal: Nilai:

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Dalam analogi Negara Sel, reseptor diibaratkan...
 - A. surat
 - B. kantor pos pengirim
 - C. kotak surat berkunci
 - D. tukang pos yang mengantar surat
2. Manakah molekul sinyal yang reseptornya berada di membran sel karena tidak dapat menembus lapisan lemak?
 - A. kortisol
 - B. testosteron
 - C. vitamin D
 - D. glukagon
3. Peneliti menambahkan hormon X yang diberi label berpendar ke kultur sel. Dalam 30 menit label terlihat di dalam inti sel, dan beberapa jam kemudian muncul protein baru. Hormon X paling mungkin adalah...
 - A. kortisol
 - B. insulin
 - C. glukagon
 - D. adrenalin
4. Pada penyakit Graves, antibodi menempel pada reseptor TSH di kelenjar tiroid dan terus menyalakannya. Kondisi ini paling tepat diibaratkan...
 - A. kotak surat disumbat lakban
 - B. kantor pos pengirim terbakar
 - C. surat sampai, tetapi kotak suratnya tidak ada
 - D. surat palsu yang terus dikirim sehingga perintah berjalan terus

5. Dalam analogi Negara Sel, insulin yang dikirim pankreas ke sel otot berperan sebagai...
- A. pintu yang dipasang di tembok perbatasan
 - B. token listrik untuk membayar pekerjaan
 - C. surat perintah yang diterima kotak surat (reseptor)
 - D. truk sampah yang mengangkut glukosa
6. Mengapa glukosa di darah tidak bisa langsung menembus membran sel otot tanpa pintu GLUT4?
- A. Karena glukosa bermuatan listrik sangat kuat
 - B. Karena ukuran glukosa lebih besar daripada sel otot
 - C. Karena membran sel otot hanya tersusun dari protein
 - D. Karena glukosa larut air, sedangkan bagian tengah membran berupa lapisan lemak
7. Hasil pemeriksaan gula darah puasa Pak Anwar adalah 112 mg/dL. Berdasarkan tabel kriteria di Bab 7.6, hasil ini termasuk kategori...
- A. normal
 - B. prediabetes
 - C. diabetes
 - D. hipoglikemia
8. Bayangkan kanal K^+ peka ATP di sel beta rusak sehingga **selalu tertutup**, bahkan saat gula darah rendah. Akibat yang paling mungkin adalah...
- A. insulin tidak pernah dilepas sehingga gula darah terus tinggi
 - B. glukosa tidak dapat masuk ke sel beta
 - C. sel beta berhenti membuat ATP
 - D. membran terus berubah muatan, Ca^{2+} terus masuk, dan insulin terus dilepas sehingga gula darah bisa turun terlalu rendah
9. Lipatan-lipatan membran dalam mitokondria yang memperluas tempat pemasangan ATP sintase disebut...
- A. matriks
 - B. ruang antarmembran
 - C. krista
 - D. membran luar
10. Saat ATP dipakai untuk bekerja, misalnya ketika kinesin melangkah, ATP berubah menjadi ADP karena...
- A. ATP melepas satu gugus fosfat dan mengeluarkan energi
 - B. ATP menerima satu gugus fosfat tambahan
 - C. ATP dipotong menjadi dua glukosa
 - D. ATP berubah menjadi oksigen

- L1. Seorang pekerja keracunan sianida. Kadar oksigen dalam darahnya masih tinggi, tetapi sel-sel otaknya kekurangan ATP. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. sianida mengikat hemoglobin sehingga oksigen tidak terangkut
 - B. sianida mengunci kompleks IV sehingga elektron tidak dapat diserahkan ke oksigen, rantai macet, dan ATP sintase berhenti
 - C. sianida menghentikan glikolisis di sitoplasma
 - D. sianida merusak DNA mitokondria sehingga mitokondria tidak bisa membelah
- L2. Menjelang waktu berbuka puasa Ramadan (± 13 jam tanpa makan), perubahan penggunaan bahan bakar yang paling tepat adalah...
- A. otot hanya membakar glukosa dari makanan sahur
 - B. otak beralih membakar asam lemak secara langsung
 - C. sel darah merah beralih memakai lemak
 - D. cadangan glikogen hati mulai menipis dan tubuh makin banyak membakar asam lemak dari jaringan lemak
- L3. Sekitar 60 jenis enzim penghancur di dalam lisosom secara umum disebut...
- A. kinase
 - B. hidrolase
 - C. polimerase
 - D. ATP sintase
- L4. Makrofag menelan bakteri utuh lalu mengirimnya ke lisosom untuk dicerna. Jalur sampah ini disebut...
- A. autofagi
 - B. apoptosis
 - C. fagositosis
 - D. eksositosis
- L5. Pada janin, selaput di antara jari-jari tangan hilang sehingga jari-jari terpisah. Proses yang berperan dalam peristiwa ini adalah...
- A. nekrosis
 - B. apoptosis
 - C. mitosis
 - D. autofagi

16. Label manosa-6-fosfat adalah “alamat lisosom” yang ditempel Golgi pada enzim-enzim penghancur. Jika sebuah sel tidak mampu menempelkan label ini, akibat yang paling mungkin adalah...
- A. enzim lisosom salah kirim ke luar sel, lisosom kekurangan enzim, dan sampah menumpuk di dalamnya
 - B. proteasom berhenti bekerja karena ubiquitin tidak dibuat
 - C. isi lisosom menjadi basa sehingga semua enzim aktif di sitosol
 - D. peroksisom tidak dapat mengubah H_2O_2 menjadi air dan oksigen
17. Molekul penyusun utama lapisan ganda membran sel, yang bentuknya mirip sabun, adalah...
- A. kolesterol
 - B. fosfolipid
 - C. glukosa
 - D. tubulin
18. Pada lapis ganda membran, bagian fosfolipid yang menghadap cairan di luar dan di dalam sel adalah...
- A. ekor yang takut air (hidrofobik)
 - B. kolesterol yang kaku
 - C. kepala yang suka air (hidrofilik)
 - D. protein kanal
19. Seorang perokok berat sering batuk berdahak dan mudah terkena infeksi saluran napas. Penjelasan pada tingkat sel yang paling tepat adalah...
- A. asap rokok merusak flagela sel paru sehingga sel tidak bisa berenang
 - B. asap rokok menutup taut celah sehingga sel paru tidak bisa berkomunikasi
 - C. asap rokok memperbanyak silia primer sehingga lendir berlebihan
 - D. asap rokok melumpuhkan silia saluran napas sehingga “eskalator lendir” gagal menyapu debu dan kuman ke tenggorokan
20. Kulit harus tahan ditarik dan diregangkan tanpa robek. Filamen sitoskeleton dan sambungan antarsel yang paling berperan adalah...
- A. mikrotubulus dan taut celah
 - B. filamen aktin dan taut ketat
 - C. filamen intermediet (keratin) dan desmosom
 - D. silia dan flagela
21. Pada grafik energi sebuah reaksi, perbedaan antara reaksi tanpa enzim dan reaksi dengan enzim terlihat pada...
- A. energi zat awal yang menjadi jauh lebih tinggi
 - B. energi hasil reaksi yang menjadi jauh lebih rendah
 - C. puncak bukit energi aktivasi yang lebih rendah
 - D. jumlah hasil reaksi yang menjadi dua kali lipat

22. Nasi atau kerupuk yang dikunyah lama terasa sedikit manis karena...
- A. amilase ludah memotong pati menjadi gula yang lebih pendek
 - B. lidah melepaskan gula ke dalam makanan yang sedang dikunyah
 - C. pepsin di mulut mengubah protein nasi menjadi gula sederhana
 - D. lisozim di ludah membuat pati berubah menjadi lemak yang manis
23. Pasangan enzim dan tempat kerjanya yang tepat adalah...
- A. pepsin – mulut
 - B. laktase – lambung
 - C. katalase – peroksisom
 - D. tirosinase – eritrosit
24. Saluran keluar getah pankreas seorang pasien tersumbat sehingga getah pankreas tidak sampai ke usus halus, sedangkan ludah, lambung, dan empedunya normal. Pencernaan zat yang paling terganggu adalah...
- A. pati, karena amilase hanya dibuat oleh pankreas dan tidak terdapat di ludah
 - B. protein, karena pepsin yang bekerja di lambung juga berasal dari pankreas
 - C. lemak, karena lipase pemotongnya terutama datang dari getah pankreas
 - D. serat, karena enzim pemotong serat pada manusia dibuat oleh pankreas
25. Data lab maya Bab 33.5 (pH sekitar optimum, substrat 6; model sederhana, laju relatif):
- Amilase ludah: 37 °C → 66; dinaikkan ke 65 °C → 0; dikembalikan ke 37 °C → 0
 - Polimerase Taq: 37 °C → 5; 75 °C → 67; dinaikkan ke 95 °C → 9; dikembalikan ke 75 °C → 67
- Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. Taq bekerja paling baik pada suhu tubuh, sehingga paling cocok dipakai di dalam sel manusia
 - B. kedua enzim rusak permanen pada suhu tinggi, hanya saja Taq rusak pada suhu yang lebih rendah
 - C. laju Taq pada 95 °C rendah karena substratnya sudah habis, bukan karena pengaruh suhu terhadap enzim
 - D. Taq tahan panas; lajunya pulih setelah 95 °C, sehingga cocok untuk PCR yang dipanaskan berulang

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Diabetes tipe 1 disebabkan kebiasaan terlalu banyak makan gula sejak kecil.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Satu gram lemak menyimpan energi lebih sedikit daripada satu gram karbohidrat.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Pada nekrosis, sel mati dengan rapi dan tidak menimbulkan peradangan.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Difusi terfasilitasi membutuhkan ATP karena zatnya harus melewati protein pengangkut.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Suhu dingin di dalam kulkas merusak enzim secara permanen, sehingga enzim tidak dapat bekerja lagi walaupun suhunya kembali hangat.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Sel beta pembuat insulin berkumpul di “pulau-pulau” kecil di pankreas yang disebut pulau ____ .

32. Kekurangan vitamin B1 (tiamin) membuat pembakaran di mitokondria macet. Penyakit yang hubungannya ditemukan Christiaan Eijkman di Batavia ini bernama ____ .

33. Sebagian penyakit penimbunan lisosom kini dapat diobati dengan terapi ____ : enzim buatan berlabel manosa-6-fosfat disuntikkan ke darah, lalu diambil sel lewat endositosis.

34. Lapisan gula di permukaan luar membran yang berfungsi sebagai “KTP” sel, termasuk penentu golongan darah, disebut ____ .

35. Asisten enzim berupa ion logam, misalnya Mg^{2+} pada DNA polimerase dan Zn^{2+} pada karbonat anhidrase, disebut ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Kakek Bima menderita diabetes tipe 2. Saat pertama diperiksa, kadar insulin darahnya justru tinggi. Sepuluh tahun kemudian, dokter menambahkan suntikan insulin pada pengobatannya. Jelaskan kedua kejadian ini memakai analogi surat dan kotak surat Negara Sel.

37. Hitunglah neraca ATP dari satu glukosa bila setiap NADH menghasilkan $\pm 2,5$ ATP dan setiap FADH_2 $\pm 1,5$ ATP (anggap NADH glikolisis bernilai penuh). Tunjukkan asal setiap angka, lalu jelaskan mengapa buku ini menulis ± 30 – 32 ATP, bukan 36 – 38 ATP.

38. Bandingkan apoptosis dan nekrosis dari segi penyebab, cara sel mati, dan dampaknya bagi jaringan di sekitarnya. Berikan satu contoh untuk masing-masing.

39. Di dalam sel kadar K^+ tinggi dan Na^+ rendah, sedangkan di luar sel sebaliknya. Analisislah apa yang terjadi pada perbedaan ion ini bila sel keracunan zat yang menghentikan produksi ATP (misalnya sianida, Bab 8), dan mengapa sel saraf paling cepat terganggu.

10. Sebuah iklan menulis: “Masakan matang sudah kehilangan enzimnya, sehingga tubuh kita lama-lama kehabisan enzim. Minumlah kapsul ‘enzim hidup’ dari buah mentah setiap hari agar pencernaan dan metabolisme tetap berjalan!” Nilailah iklan itu. Uraikan sedikitnya tiga kesalahan konsepnya dengan bukti dari Bab 33, jelaskan bagian mana yang ada benarnya, dan tuliskan saran yang tepat bagi orang yang ingin pencernaannya sehat.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 2: Komunikasi, enzim, energi, dan perbatasan sel

Bab 6, 7, 8, 9, 10, 33 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0-6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **C.** kotak surat berkunci Reseptor adalah protein di sel sasaran yang hanya menerima molekul sinyal berbentuk pas, seperti kotak surat berkunci. Suratnya adalah molekul sinyal, dan kantor pos pengirimnya adalah sel penghasil sinyal. [Bab 6 · C2 · 06-02]
2. **D.** glukagon Glukagon adalah protein (peptida) yang larut air, sehingga hanya bisa “mengetuk pintu” reseptor di membran. Kortisol, testosteron, dan vitamin D larut lemak, sehingga menembus membran dan bertemu reseptornya di dalam sel. [Bab 6 · C2 · 06-04]
3. **A.** kortisol Hormon yang masuk sampai ke inti dan memicu pembuatan protein baru dalam hitungan jam adalah hormon larut lemak seperti kortisol, yang reseptornya berfungsi sebagai faktor transkripsi. Insulin, glukagon, dan adrenalin bekerja lewat reseptor di membran dengan respons yang cepat. [Bab 6 · C4 · 06-11]
4. **D.** surat palsu yang terus dikirim sehingga perintah berjalan terus Antibodi pada penyakit Graves meniru TSH dan terus menyalakan reseptor, seperti surat palsu yang terus dikirim. Kotak surat disumbat lakban adalah analogi miastenia gravis, kantor pos terbakar adalah diabetes tipe 1, dan kotak surat yang tidak ada adalah sindrom insensitivitas androgen. [Bab 6 · C3 · 06-12]
5. **C.** surat perintah yang diterima kotak surat (reseptor) Insulin adalah sinyal. Ia menjadi “surat” yang menempel pada “kotak surat” (reseptor insulin) dan memerintahkan sel memasang pintu. Pintunya sendiri adalah GLUT4, sedangkan token listrik adalah ATP. [Bab 7 · C2 · 07-03]
6. **D.** Karena glukosa larut air, sedangkan bagian tengah membran berupa lapisan lemak Bagian tengah membran adalah lapisan lemak yang menolak zat larut air seperti glukosa. Karena itu glukosa membutuhkan protein pengangkut GLUT4 sebagai pintu khusus. [Bab 7 · C2 · 07-04]
7. **B.** prediabetes Gula darah puasa normal di bawah 100 mg/dL, prediabetes 100–125 mg/dL, dan diabetes ≥ 126 mg/dL. Angka 112 berada di rentang prediabetes, saat pola hidup sehat sangat penting. Diagnosis tetap ditegakkan dokter. [Bab 7 · C3 · 07-05]
8. **D.** membran terus berubah muatan, Ca^{2+} terus masuk, dan insulin terus dilepas sehingga gula darah bisa turun terlalu rendah Menutupnya kanal K^+ adalah pemicu pelepasan insulin: muatan membran berubah, kanal Ca^{2+} terbuka, dan kalsium membuka gudang granul. Jika kanal selalu tertutup, gudang terus dibuka walau gula darah rendah, sehingga terjadi risiko hipoglikemia. [Bab 7 · C4 · 07-11]
9. **C.** krista Membran dalam dilipat berkali-kali menjadi krista, seperti menata banyak panel di gedung sempit. Makin banyak lipatan, makin banyak turbin ATP sintase yang muat. [Bab 8 · C1 · 08-02]
10. **A.** ATP melepas satu gugus fosfat dan mengeluarkan energi ATP (adenosin trifosfat) punya tiga fosfat. Saat satu fosfat dilepas, energi keluar dan tersisa ADP (difosfat). Di mitokondria, ADP “dicas” lagi menjadi ATP. [Bab 8 · C2 · 08-03]
11. **B.** sianida mengunci kompleks IV sehingga elektron tidak dapat diserahkan ke oksigen, rantai macet, dan ATP sintase berhenti Oksigen tetap sampai ke sel, tetapi tidak bisa dipakai karena kompleks IV (sitokrom c oksidase) terkunci. Pompa H^+ berhenti, bendungan proton hilang, dan turbin ATP sintase diam. Otak dan jantung, yang paling boros energi, paling cepat terdampak. [Bab 8 · C4 · 08-10]
12. **D.** cadangan glikogen hati mulai menipis dan tubuh makin banyak membakar asam lemak dari jaringan lemak Saat puasa, hati membongkar glikogen untuk otak sampai cadangannya menipis, sementara

jaringan lemak melepas asam lemak untuk otot dan jantung. Otak tidak membakar asam lemak secara langsung, dan sel darah merah hanya bisa memakai glukosa. [Bab 8 · C3 · 08-13]

13. **B. hidrolase** Enzim lisosom adalah hidrolase, yaitu pemotong protein, lemak, gula, serta DNA/RNA. Kinase menempelkan fosfat, polimerase menyusun DNA/RNA, dan ATP sintase membuat ATP. [Bab 9 · C1 · 09-02]
14. **C. fagositosis** Fagositosis adalah menelan “sampah” besar dari luar sel, seperti satpam yang menangkap penyusup lalu membawanya ke insinerator. Autofagi mencerna bagian sel sendiri, sedangkan eksositosis justru mengeluarkan barang. [Bab 9 · C2 · 09-03]
15. **B. apoptosis** Sel-sel selaput di antara jari menjalankan program bunuh diri yang rapi (apoptosis), lalu dimakan makrofag tanpa peradangan. Nekrosis adalah kematian sel karena cedera yang berantakan. [Bab 9 · C3 · 09-05]
16. **A. enzim lisosom** salah kirim ke luar sel, lisosom kekurangan enzim, dan sampah menumpuk di dalamnya Tanpa label alamat, Golgi tidak tahu bahwa paket itu untuk lisosom, sehingga enzim ikut jalur umum dan dikirim ke luar sel. Lisosom menjadi “truk sampah tanpa alat”, sehingga bahan yang seharusnya dicerna menumpuk. [Bab 9 · C4 · 09-09]
17. **B. fosfolipid** Fosfolipid punya kepala yang suka air dan dua ekor yang takut air. Di dalam air, fosfolipid otomatis menyusun lapis ganda. Kolesterol hanya terselip di antaranya, dan tubulin adalah penyusun mikrotubulus. [Bab 10 · C1 · 10-02]
18. **C. kepala yang suka air (hidrofilik)** Kepala hidrofilik menghadap air di kedua sisi, sedangkan ekor hidrofobik bersembunyi di tengah. Susunan inilah yang membuat bagian tengah membran menolak zat larut air. [Bab 10 · C2 · 10-03]
19. **D. asap rokok** melumpuhkan silia saluran napas sehingga “eskalator lendir” gagal menyapu debu dan kuman ke tenggorokan Silia bergerak (9+2) di saluran napas mendorong lendir berisi debu dan kuman ke tenggorokan. Asap rokok melumpuhkannya, sehingga lendir menumpuk (dibatukkan) dan kuman lebih lama tinggal di saluran napas. [Bab 10 · C3 · 10-10]
20. **C. filamen intermediat (keratin)** dan desmosom Filamen intermediat seperti keratin adalah “kabel baja” penahan tarikan, dan desmosom adalah “paku keling” yang mengikat sel satu dengan yang lain. Taut ketat menyegel celah, sedangkan taut celah mengalirkan ion antarsel. [Bab 10 · C3 · 10-13]
21. **C. puncak bukit energi aktivasi yang lebih rendah** Enzim menurunkan energi aktivasi, yaitu tinggi bukit yang harus didaki sebelum reaksi terjadi. Seperti terowongan yang menembus bukit, enzim tidak memindahkan desa asal maupun desa tujuan: energi zat awal dan energi hasil reaksi tetap sama. Zona Kampus menyebutnya begini: enzim tidak mengubah ΔG maupun kesetimbangan, hanya $\Delta G^\ddagger$. [Bab 33 · C2 · 33-02]
22. **A. amilase** ludah memotong pati menjadi gula yang lebih pendek Amilase ludah mulai memotong rantai pati menjadi potongan gula yang lebih pendek sejak di mulut, sehingga rasa manis muncul saat kita mengunyah lama. Nama amilase diambil dari substratnya, amilum (pati), ditambah akhiran -ase. Pepsin bekerja di lambung dan memotong protein, sedangkan lisozim di ludah melubangi dinding sel bakteri. [Bab 33 · C2 · 33-03]
23. **C. katalase – peroksisom** Katalase bekerja di peroksisom, mengurai hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen (Bab 9). Pepsin bekerja di lambung, laktase di dinding usus halus, dan tirosinase di melanosit

untuk memulai pembuatan melanin. Enzim yang bekerja di eritrosit adalah karbonat anhidrase. [Bab 33 · C1 · 33-05]

24. **C. lemak**, karena lipase pemotongnya terutama datang dari getah pankreas Lipase yang memotong lemak menjadi asam lemak dan monogliserida datang dari getah pankreas; empedu hanya memecah gumpalan lemak menjadi butiran kecil dan bukan enzim. Pati masih sempat dipotong sebagian oleh amilase ludah, dan protein oleh pepsin di lambung, walaupun pencernaannya juga kurang tuntas tanpa amilase pankreas dan tripsin. Tanpa bikarbonat dari pankreas, asam lambung yang masuk ke usus pun tidak dinetralkan. Serat tidak dapat dipotong enzim manusia; serat diolah warga usus besar (Bab 32). [Bab 33 · C3 · 33-12]

25. **D. Taq tahan panas**; lajunya pulih setelah 95 °C, sehingga cocok untuk PCR yang dipanaskan berulang Amilase ludah terdenaturasi pada suhu tinggi dan tidak pulih walaupun didinginkan. Polimerase Taq berasal dari bakteri sumber air panas: suhu optimumnya sekitar 75 °C, lajunya rendah pada suhu tubuh (5), dan setelah dipanaskan ke 95 °C lalu dikembalikan ke 75 °C lajunya pulih (67). Karena itu Taq menjadi jantung PCR (Bab 24), yang berulang kali memanaskan campuran untuk memisahkan untai DNA. Konsentrasi substrat dibuat tetap, jadi turunnya laju disebabkan suhu. Dalam model, Taq tidak pernah rusak permanen; pada kenyataannya Taq pun perlahan kehilangan kemampuan bila terlalu lama pada 95 °C, tetapi jauh lebih tahan daripada enzim manusia. [Bab 33 · C4 · 33-13]

B. Benar–salah

26. **Salah** Salah. Diabetes tipe 1 adalah penyakit autoimun: sistem imun keliru menghancurkan sel beta sehingga insulin tidak dibuat lagi. Pola makan berlebihan lebih berkaitan dengan risiko diabetes tipe 2. [Bab 7 · C2 · 07-07]

27. **Salah** Salah. Lemak menyimpan ± 9 kkal per gram, sedangkan karbohidrat ± 4 kkal per gram. Lemak adalah bahan bakar paling padat energi, karena itu tubuh memakainya sebagai gudang jangka panjang. [Bab 8 · C2 · 08-07]

28. **Salah** Salah. Yang rapi dan tanpa peradangan adalah apoptosis. Pada nekrosis, sel pecah berantakan dan isinya yang tumpah memicu peradangan. [Bab 9 · C2 · 09-06]

29. **Salah** Salah. Difusi terfasilitasi memang membutuhkan protein (kanal atau transporter seperti GLUT), tetapi tidak memerlukan ATP karena zat bergerak dari tempat pekat ke tempat encer. Yang memerlukan ATP adalah transpor aktif. [Bab 10 · C2 · 10-07]

30. **Salah** Salah. Suhu dingin hanya memperlambat enzim karena molekul bergerak lebih lambat dan lebih jarang bertumbukan; saat suhu kembali normal, kerjanya pulih. Yang merusak secara permanen adalah pemanasan yang tinggi atau lama (denaturasi), seperti putih telur matang yang tidak bisa kembali bening. Karena itu makanan disimpan di kulkas: enzim dan mikroba bekerja lambat. [Bab 33 · C2 · 33-06]

C. Isian singkat

31. **langerhans** (juga diterima: pulau langerhans; langerhan; langerhands) Pankreas memiliki ± 1 juta pulau Langerhans. Walau hanya 1–2% dari massa pankreas, pulau-pulau inilah tempat tinggal sel beta, pabrik insulin. [Bab 7 · C1 · 07-08]

32. **beri-beri** (juga diterima: beriberi; beri beri) Tiamin dibutuhkan enzim di pintu masuk tungku (piruvat dehidrogenase). Eijkman membandingkan ayam yang diberi beras sosoh dan beras merah, lalu meraih Nobel Kedokteran 1929. [Bab 8 · C1 · 08-08]

33. **pengganti enzim** (juga diterima: penggantian enzim; enzim pengganti; sulih enzim) Terapi pengganti enzim memanfaatkan sistem label alamat dari Bab 5: enzim berlabel manosa-6-fosfat dikenali reseptor di permukaan sel, masuk lewat endositosis, lalu diantar ke lisosom. [Bab 9 · C2 · 09-14]
34. **glikokaliks** (juga diterima: glycocalyx; glikokalik) Glikokaliks terdiri dari rantai gula yang menempel pada protein dan lemak membran. Jenis gula di permukaan sel darah merah menentukan golongan darah A, B, AB, atau O. [Bab 10 · C2 · 10-14]
35. **kofaktor** (juga diterima: kofaktor logam; ion kofaktor) Kofaktor adalah asisten anorganik berupa ion logam. Asisten berupa molekul organik disebut koenzim, dan banyak di antaranya dibuat dari vitamin B: NAD⁺ dari niasin (B3) dan FAD dari riboflavin (B2). Inilah salah satu alasan tubuh memerlukan vitamin dan mineral walaupun dalam jumlah kecil. [Bab 33 · C1 · 33-08]

D. Uraian

36. Pada awal diabetes tipe 2, sel otot, lemak, dan hati “kurang dengar”: estafet di balik kotak surat (IRS-1 → PI3K → Akt) melemah sehingga pintu GLUT4 kurang dipasang. Pankreas mengimbanginya dengan “berteriak lebih keras”, yaitu mengirim lebih banyak surat insulin, sehingga insulin darah tinggi. Setelah bertahun-tahun bekerja lembur, sebagian sel beta kelelahan dan mati, sehingga produksi insulin menurun dan perlu ditambah dari luar lewat suntikan. [Bab 7 · C4 · 07-16]
37. Fosforilasi tingkat substrat: glikolisis +2 dan siklus Krebs +2 = 4 ATP. NADH: 2 (glikolisis) + 2 (reaksi penghubung) + 6 (Krebs) = 10 × 2,5 = 25 ATP. FADH₂: 2 × 1,5 = 3 ATP. Total 4 + 25 + 3 = 32 ATP. Bila elektron NADH glikolisis masuk lewat jalur ulang-alik yang hanya setara 1,5 ATP per NADH, totalnya 30 ATP. Angka lama 36–38 dihitung sebelum cara kerja ATP sintase dipahami lebih tepat (dulu dianggap 3 ATP per NADH dan 2 per FADH₂). [Bab 8 · C3 · 08-15]
38. Apoptosis adalah program bunuh diri yang terencana, misalnya pada sel yang DNA-nya rusak parah, sel terinfeksi virus, atau sel yang tidak diperlukan lagi. Sel mengecil, membongkar DNA-nya, dan memecah diri menjadi paket-paket kecil yang dimakan makrofag, sehingga tidak ada peradangan. Contoh: hilangnya selaput di antara jari janin. Nekrosis adalah kematian akibat cedera, misalnya luka bakar atau kekurangan oksigen. Sel pecah berantakan, isinya tumpah, dan memicu peradangan yang dapat merusak jaringan sekitar. [Bab 9 · C4 · 09-16]
39. Pompa Na⁺/K⁺ membutuhkan 1 ATP per siklus. Tanpa ATP, pompa berhenti, sementara Na⁺ terus bocor masuk dan K⁺ bocor keluar lewat kanal mengikuti perbedaan konsentrasi. Perbedaan ion, yaitu “baterai” sel, perlahan hilang. Na⁺ yang menumpuk di dalam juga menarik air masuk sehingga sel membengkak. Sel saraf paling cepat terganggu karena memakai baterai ion ini untuk mengirim sinyal listrik, dan otak memakai porsi ATP yang sangat besar untuk menjalankan pompa. [Bab 10 · C4 · 10-15]
40. Iklan itu menyesatkan. Kesalahan pertama: tubuh tidak bergantung pada enzim dari makanan. Tubuh membuat sendiri enzim yang diperlukannya dari resep di DNA; hampir semua enzim adalah protein yang dimasak ribosom (Bab 33.1 dan kotak Luruskan di Bab 33.8). Jadi tidak ada istilah “kehabisan enzim” karena makan makanan matang. Kesalahan kedua: enzim adalah katalis yang tidak ikut habis dalam reaksi; satu molekul dapat mengulang siklus kerjanya ratusan sampai jutaan kali setiap detik. Kesalahan ketiga: enzim yang ditelan adalah protein, sehingga sebagian besar dirusak asam lambung (pH sekitar 2, jauh dari pH optimum kebanyakan enzim buah) lalu dipotong pepsin dan tripsin menjadi asam amino, sama seperti protein lain. Enzim itu tidak masuk utuh ke dalam sel untuk menjalankan metabolisme. Kesalahan keempat: istilah “enzim hidup” keliru, karena enzim bukan makhluk hidup;

enzim hanya dapat aktif atau rusak (terdenaturasi). Bagian yang ada benarnya: memasak memang merusak enzim dalam makanan, seperti bromelain dalam nanas rebus yang tidak lagi mencairkan puding gelatin. Sayur dan buah mentah juga tetap baik, tetapi karena serat dan vitaminnya, bukan karena enzimnya. Ada pula keadaan khusus ketika enzim tambahan berguna, misalnya tablet laktase bagi orang dengan intoleransi laktosa (Bab 32); enzim itu bekerja pada laktosa makanan di saluran cerna, bukan mengisi ulang enzim tubuh, dan pemakaiannya sebaiknya atas saran tenaga kesehatan. Saran yang tepat: makan beragam, termasuk sayur, buah, kacang, dan biji-bijian yang memberi serat, vitamin B sebagai bahan koenzim, serta mineral sebagai kofaktor; memasak daging, telur, dan ikan sampai matang untuk membunuh kuman; memeriksa izin edar BPOM sebelum membeli suplemen; dan memeriksakan keluhan pencernaan yang menetap ke tenaga kesehatan. [Bab 33 · C5 · 33-16]

Kisi-kisi soal • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat menjelaskan analogi yang digunakan buku untuk menggambarkan replikasi DNA sebelum sel membelah.	C2	Pilihan ganda
2	Bab 11 Negara Membelah Diri	Disajikan informasi sel yang jarang membelah seperti neuron dan sel otot jantung, peserta didik dapat mengklasifikasikan fase siklus sel tempat sel tersebut berada.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 11 Negara Membelah Diri	Disajikan deskripsi gambaran mikroskopis sel yang sedang membelah, peserta didik dapat menentukan fase mitosis yang sedang berlangsung.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 11 Negara Membelah Diri	Disajikan percobaan pemindahan bakteri dari medium ^{15}N ke medium ^{14}N , peserta didik dapat menganalisis komposisi DNA hasil replikasi semikonservatif.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat menjelaskan faktor penentu jenis kelamin anak pada manusia.	C2	Pilihan ganda
6	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Disajikan golongan darah kedua orang tua, peserta didik dapat menentukan kemungkinan golongan darah anak mereka.	C3	Pilihan ganda
7	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Disajikan golongan darah seorang ibu dan anaknya, peserta didik dapat menentukan genotipe ibu tersebut.	C3	Pilihan ganda
8	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat menyebutkan lapisan lembaga asal pembentukan jantung, otot, tulang, ginjal, dan sel darah.	C1	Pilihan ganda
9	Bab 13 Membangun Negara Baru	Disajikan informasi pembelahan embrio hari ke-2–3 tanpa pertambahan ukuran, peserta didik dapat menjelaskan penyebab peristiwa tersebut.	C2	Pilihan ganda
10	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat menjelaskan tujuan reaksi korteks setelah satu sperma melebur dengan membran sel telur.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk kumpulan sel yang tumbuh dan membelah secara berlebihan.	C1	Pilihan ganda
12	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat mengidentifikasi sinyal yang dikirim sel kanker untuk merangsang pembentukan pembuluh darah baru.	C1	Pilihan ganda
13	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menjelaskan akibat mutasi yang membuat protein RAS terus aktif bagi sel.	C2	Pilihan ganda
14	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menyebutkan nama struktur bola berongga yang terbentuk sekitar lima hari setelah pembuahan.	C1	Pilihan ganda
15	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menjelaskan analogi sel punca multipoten berdasarkan tingkat potensinya.	C2	Pilihan ganda
16	Bab 15 Warga Serba Bisa	Disajikan kasus pemain sepak bola yang pulih dari robekan otot paha, peserta didik dapat menentukan sel yang berperan memperbaiki serat otot.	C3	Pilihan ganda
17	Bab 16 Tentara Negara Sel	Disajikan kasus kulit tergores yang menjadi merah dan terasa panas, peserta didik dapat menjelaskan penyebab langsung gejala peradangan tersebut.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 16 Tentara Negara Sel	Disajikan kasus reaksi gatal dan bentol setelah makan udang, peserta didik dapat menentukan molekul pemicu gejala yang dilepaskan sel mast.	C3	Pilihan ganda
19	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan cara sel T sitotoksik menghentikan sel tubuh yang terinfeksi virus.	C2	Pilihan ganda
20	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Peserta didik dapat menunjukkan analogi yang tepat untuk apoptosis dan nekrosis dalam buku ini.	C1	Pilihan ganda
21	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Disajikan kasus otot lengan yang mengecil setelah digips, peserta didik dapat mengklasifikasikan jenis adaptasi sel yang terjadi.	C2	Pilihan ganda
22	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Peserta didik dapat menjelaskan komponen penyusun jaringan granulasi pada fase proliferasi penyembuhan luka.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
23	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan alasan kasus sel HeLa menjadi pelajaran penting dalam bioetika.	C2	Pilihan ganda
24	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk sel yang berhenti membelah secara menetap tetapi tetap hidup.	C1	Pilihan ganda
25	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Disajikan pukul dua peristiwa pada jam Bumi, peserta didik dapat menafsirkan selang waktunya dalam tahun.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat mengidentifikasi fungsi telomer dan perubahannya setiap kali sel membelah.	C1	Benar-salah
27	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat membedakan konsep dominansi alel dengan frekuensi suatu sifat di masyarakat.	C2	Benar-salah
28	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat mengidentifikasi organ yang pertama kali bekerja pada embrio beserta waktu mulainya.	C1	Benar-salah
29	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menjelaskan sifat penyakit kanker terkait anggapan penularannya melalui kontak sehari-hari.	C2	Benar-salah
30	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat membedakan tingkat potensi sel punca berdasarkan jenis sel yang dapat dibentuknya.	C2	Benar-salah
31	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat menyebutkan nama struktur tempat dua kromatid saudara bersatu dan kinetokor terbentuk.	C1	Isian singkat
32	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat menjelaskan istilah untuk peristiwa penataan acak pasangan homolog pada metafase I.	C2	Isian singkat
33	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat menjelaskan nama struktur mesoderm yang menginduksi pembentukan lempeng saraf dari ektoderm.	C2	Isian singkat
34	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menyebutkan istilah penyebaran sel kanker dari tempat asalnya ke organ yang jauh.	C1	Isian singkat
35	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk tempat khusus sel punca dewasa berada dan terjaga di dalam jaringan.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat membandingkan replikasi DNA dan transkripsi dari segi bagian yang disalin, hasil, enzim utama, dan waktu terjadinya.	C4	Uraian
37	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Disajikan kasus orang tua sehat yang memiliki anak penderita thalassemia- β mayor, peserta didik dapat menganalisis pola pewarisannya menggunakan diagram Punnett.	C4	Uraian
38	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat menganalisis perbedaan dampak paparan zat berbahaya pada minggu ke-1-2 dan minggu ke-3-8 setelah pembuahan.	C4	Uraian
39	Bab 14 Sel yang Memberontak	Disajikan kasus perokok lanjut usia dengan kanker paru yang menyebar ke tulang, peserta didik dapat menganalisis tahapan perjalanan kanker dari sel sehat hingga metastasis.	C4	Uraian
40	Bab 15 Warga Serba Bisa	Disajikan kasus tawaran suntik sel punca tanpa bukti uji klinis, peserta didik dapat menganalisis risiko tawaran dan pertanyaan kritis sebelum mengambil keputusan.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 11 · C2 = 17 · C3 = 5 · C4 = 7. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Dalam analogi buku ini, replikasi DNA sebelum sel membelah diibaratkan sebagai...
 - A. memfotokopi seluruh isi perpustakaan
 - B. memfotokopi satu halaman resep untuk dibawa ke dapur
 - C. memasak pempek di dapur RE
 - D. mengirim buku tua ke dinas kebersihan
2. Kebanyakan neuron dan sel otot jantung jarang sekali membelah. Sel-sel ini berada di fase...
 - A. G1
 - B. S
 - C. G0
 - D. G2
3. Pada foto mikroskop terlihat dua kelompok kromosom di kedua ujung sel, selubung inti mulai terbentuk kembali, dan bagian tengah sel mulai menyempit. Sel tersebut sedang berada pada fase...
 - A. profase
 - B. metafase
 - C. anafase
 - D. telofase
4. Bakteri ditumbuhkan lama dalam medium ^{15}N sehingga semua DNA-nya “berat”, lalu dipindah ke medium ^{14}N (ringan) dan dibiarkan membelah satu kali. Jika replikasi bersifat semikonservatif, DNA hasilnya akan...
 - A. separuh berat dan separuh ringan
 - B. semuanya berat
 - C. semuanya berbobot sedang, karena terdiri atas satu untai berat dan satu untai ringan
 - D. semuanya ringan
5. Yang menentukan jenis kelamin anak adalah...
 - A. sel telur, karena dapat membawa kromosom X atau Y
 - B. usia ibu saat hamil
 - C. jumlah kromosom 21
 - D. sperma, karena dapat membawa kromosom X atau Y

6. Ayah bergolongan darah AB dan ibu bergolongan darah O. Golongan darah yang mungkin dimiliki anak mereka adalah...
- A. A atau B
 - B. AB atau O
 - C. A, B, AB, atau O
 - D. hanya O
7. Seorang ibu bergolongan darah A mempunyai anak bergolongan darah O. Genotipe ibu tersebut pasti...
- A. AA
 - B. OO
 - C. AO
 - D. AB
8. Jantung, otot, tulang, ginjal, serta pembuluh dan sel darah berasal dari lapisan lembaga...
- A. ektoderm
 - B. mesoderm
 - C. endoderm
 - D. trofoblas
9. Pada hari ke-2-3 setelah pembuahan, embrio membelah dari 2 menjadi 4 lalu 8 sel, tetapi ukuran embrio secara keseluruhan hampir tidak berubah. Penyebabnya adalah...
- A. sitoplasma zigot hanya dibagi-bagi sehingga setiap sel baru makin kecil, dan embrio masih terbungkus zona pelusida
 - B. sel-sel baru langsung mati lewat apoptosis sehingga jumlahnya tetap sedikit
 - C. embrio sudah mendapat makanan dari plasenta sehingga tidak perlu membesar
 - D. pembelahan terjadi dengan meiosis sehingga ukuran setiap sel berkurang setengah
10. Begitu satu sperma melebur dengan membran sel telur, butir-butir korteks melepaskan isinya dan mengubah zona pelusida. Tujuan peristiwa ini adalah...
- A. membuka jalan bagi sperma berikutnya agar pembuahan lebih pasti
 - B. memberi makan sperma yang masih berenang di tuba falopi
 - C. memulai pembentukan plasenta di dinding tuba falopi
 - D. mencegah sperma lain masuk sehingga zigot memiliki tepat 46 kromosom
11. Kumpulan sel yang tumbuh dan membelah secara berlebihan disebut...
- A. tumor
 - B. metastasis
 - C. angiogenesis
 - D. apoptosis

- L2. Untuk “membangun jalan liar” berupa pembuluh darah baru ke arah tumor, sel kanker mengirim sinyal...
- A. PD-L1
 - B. VEGF
 - C. telomerase
 - D. histamin
- L3. Sebuah mutasi membuat protein RAS “macet ON”. Akibat yang paling mungkin bagi sel adalah...
- A. sel langsung melakukan apoptosis
 - B. sel berhenti membelah selamanya
 - C. sel berubah menjadi sel punca
 - D. sel terus menjalankan perintah tumbuh walaupun tidak ada surat dari luar
- L4. Sekitar 5 hari setelah pembuahan, zigot yang terus membelah membentuk bola berongga yang disebut...
- A. morula
 - B. blastokista
 - C. organoid
 - D. plasenta
- L5. Pada tabel “tingkat kesaktian” sel punca, sel punca multipoten diibaratkan sebagai...
- A. siswa yang bisa masuk jurusan apa saja, bahkan membangun sekolahnya sendiri
 - B. lulusan SMA yang boleh memilih kuliah apa saja
 - C. mahasiswa kedokteran yang bisa menjadi dokter anak, bedah, atau mata
 - D. spesialis yang sudah menetap di satu bidang
- L6. Rizky, seorang pemain sepak bola, mengalami robekan kecil pada otot pahunya. Setelah istirahat dan latihan bertahap, ototnya pulih. Sel yang “bangun” dan memperbaiki serat otot itu adalah...
- A. sel satelit, yaitu sel punca otot
 - B. sel NK
 - C. megakariosit
 - D. sel beta pankreas
- L7. Kulit Bima yang tergores menjadi merah dan terasa panas. Penyebab langsung warna merah dan rasa panas itu adalah...
- A. sel kulit di sekitar luka mati semua
 - B. pembuluh darah di sekitar luka melebar akibat molekul alarm seperti histamin
 - C. antibodi membakar kuman
 - D. saraf di sekitar luka berhenti bekerja

18. Setiap kali makan udang, kulit sepupu Bima gatal dan bentol-bentol. Molekul yang dilepaskan sel mast dan menimbulkan gejala ini adalah...
- A. insulin
 - B. hemoglobin
 - C. histamin
 - D. interferon
19. Sel T sitotoksik menghentikan “pabrik virus” di dalam tubuh dengan cara...
- A. menghasilkan antibodi dalam jumlah besar
 - B. melepaskan histamin di sekitar sel
 - C. memajang antigen kepada sel B
 - D. memerintahkan sel yang terinfeksi melakukan apoptosis
20. Dalam analogi Bab 17, apoptosis dan nekrosis berturut-turut diibaratkan sebagai...
- A. gedung roboh karena bencana dan pembongkaran gedung yang terencana
 - B. pembongkaran gedung yang terencana dan gedung roboh karena bencana
 - C. renovasi gedung dan pembangunan gedung baru
 - D. pemadaman listrik dan pengiriman paket
21. Setelah lengannya digips selama enam minggu, Bima melihat otot lengan itu tampak lebih kecil daripada lengan yang lain. Adaptasi sel otot ini disebut...
- A. hipertrofi
 - B. hiperplasia
 - C. atrofi
 - D. metaplasia
22. Jaringan granulasi yang merah dan bergranul di dasar luka pada fase proliferasi terutama tersusun atas...
- A. keping darah dan benang fibrin yang mengering menjadi keropeng
 - B. tumpukan neutrofil yang sudah mati
 - C. sel lemak yang naik dari bawah kulit
 - D. fibroblas yang memasang kolagen dan pembuluh darah baru hasil angiogenesis
23. Mengapa kisah Henrietta Lacks dan sel HeLa menjadi pelajaran penting dalam bioetika?
- A. sel tumornya dibiakkan tanpa sepengetahuan dan izin Henrietta Lacks
 - B. sel HeLa adalah sel pertama yang dikloning dari domba dewasa di Skotlandia
 - C. sel HeLa dibuat dengan menyunting gen embrio manusia memakai CRISPR
 - D. sel HeLa berasal dari bakteri yang hidup bebas di dalam usus besar manusia

24. Sel yang berhenti membelah secara menetap, tetapi tetap hidup dan melepas sinyal radang ke sekitarnya, disebut sel...
- A. punca
 - B. kanker
 - C. senesens
 - D. darah merah
25. Pada jam Bumi, seluruh sejarah Bumi (4,54 miliar tahun) dipadatkan menjadi 24 jam, sehingga 1 jam $\approx$ 189 juta tahun. Peristiwa X tercatat pukul 18.27 dan peristiwa Y pukul 21.09. Selang waktu antara kedua peristiwa itu kira-kira...
- A. 51 juta tahun
 - B. 270 juta tahun
 - C. 5,1 miliar tahun
 - D. 510 juta tahun

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Pada sebagian besar sel tubuh, ujung kromosom dilindungi telomer yang sedikit memendek setiap kali sel membelah.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Sifat yang disebabkan alel dominan pasti paling banyak ditemukan di masyarakat.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Jantung adalah organ pertama yang bekerja pada embrio; tabung jantung sederhana mulai berdenyut sekitar hari ke-22 setelah pembuahan.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Merawat dan makan bersama pasien kanker bisa membuat kita tertular kanker.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
30. Zigot bersifat totipoten karena dapat membentuk semua sel tubuh sekaligus plasenta.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Titik jepitan tempat dua kromatid saudara bersatu, sekaligus tempat kinetokor terbentuk, disebut ____ .
32. Pada metafase I, letak edisi ayah di kiri atau di kanan bidang tengah ditentukan secara acak untuk setiap pasangan homolog. Peristiwa ini disebut pemilahan ____ .
-
-

33. Batang sinyal di tengah mesoderm yang “memberi tahu” ektoderm di atasnya untuk menebal menjadi lempeng saraf disebut ____ .

34. Penyebaran sel kanker dari tempat asalnya ke organ jauh lewat darah atau cairan getah bening disebut ____ .

35. “Asrama” khusus tempat sel punca dewasa bersembunyi dan dijaga di dalam jaringan disebut ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Analisislah perbedaan antara “memfotokopi seluruh perpustakaan” (replikasi DNA, Bab 11) dan “memfotokopi satu halaman resep” (transkripsi, Bab 3) dari segi bagian DNA yang disalin, hasilnya, enzim utama, dan waktu terjadinya.

37. Pasangan suami-istri di Palembang tampak sehat, tetapi anak pertama mereka menderita thalassemia- β mayor. (a) Jelaskan dengan diagram Punnett (T = alel normal, t = alel thalassemia) bagaimana hal ini dapat terjadi. (b) Berapa peluang anak kedua mereka juga menderita thalassemia mayor? (c) Mengapa pemeriksaan pembawa sifat sebelum menikah dianjurkan?

38. Analisislah mengapa paparan zat berbahaya pada minggu ke-3 sampai ke-8 setelah pembuahan dapat menimbulkan cacat besar pada beberapa organ sekaligus, sedangkan paparan yang sama pada minggu ke-1-2 biasanya berakibat “semua atau tidak sama sekali”, dan paparan setelah minggu ke-8 lebih sering menimbulkan gangguan pertumbuhan atau fungsi. Kaitkan dengan peristiwa yang sedang berlangsung pada setiap periode.

39. Seorang laki-laki berusia 60 tahun yang merokok sejak remaja didiagnosis kanker paru yang sudah menyebar ke tulang. Susun urutan perjalanan yang mungkin dialami sel parunya dari sel sehat sampai metastasis, dan jelaskan peran asap rokok. Mengapa tahap metastasis adalah tahap yang paling berbahaya?

40. Seorang tetangga Bima yang pernah terkena stroke ditawari suntik “sel punca” seharga puluhan juta rupiah di sebuah klinik. Klinik itu menjanjikan kesembuhan total tanpa menunjukkan hasil uji klinis. Analisis tawaran ini: apa risikonya, dan pertanyaan apa saja yang sebaiknya diajukan sebelum mengambil keputusan?

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **A.** memfotokopi seluruh isi perpustakaan Sebelum membelah, sel harus menyalin seluruh DNA-nya agar setiap sel anak mendapat perpustakaan lengkap. Menyalin satu halaman resep adalah transkripsi (Bab 3), bukan replikasi. [Bab 11 · C2 · 11-01]
2. **C.** G_0 G_0 adalah fase “istirahat panjang” di luar kalender siklus sel. Sel di G_0 tetap bekerja, tetapi tidak bersiap membelah. Sel hati juga di G_0 , namun bisa dibangunkan bila hati terluka. [Bab 11 · C2 · 11-03]
3. **D.** telofase Terbentuknya selubung inti baru di setiap kutub adalah ciri telofase. Cincin aktin–miosin mulai mengencang di tengah untuk sitokinesis, sehingga sel tampak menyempit. [Bab 11 · C3 · 11-05]
4. **C.** semuanya berbobot sedang, karena terdiri atas satu untai berat dan satu untai ringan Setiap untai lama (berat) menjadi cetakan bagi satu untai baru (ringan). Setelah satu kali replikasi, setiap DNA anak berupa campuran berat–ringan, sehingga bobotnya sedang. Inilah hasil percobaan Meselson dan Stahl (1958). [Bab 11 · C4 · 11-10]
5. **D.** sperma, karena dapat membawa kromosom X atau Y Semua sel telur membawa X. Sperma membawa X atau Y dengan peluang yang sama. Sperma X menghasilkan anak XX (perempuan), dan sperma Y menghasilkan anak XY (laki-laki). [Bab 12 · C2 · 12-04]
6. **A.** A atau B Ayah AB memberi alel A atau B; ibu OO selalu memberi O. Kombinasinya AO (golongan A) atau BO (golongan B). Anak tidak mungkin AB maupun O. [Bab 12 · C3 · 12-05]
7. **C.** AO Anak bergolongan O bergenotipe OO, jadi ia menerima satu alel O dari ibu. Ibu bergolongan A yang membawa O pasti bergenotipe AO. [Bab 12 · C3 · 12-13]
8. **B.** mesoderm Mesoderm adalah “kementerian pekerjaan umum dan transportasi”. Ektoderm membangun kulit dan sistem saraf, sedangkan endoderm membangun lapisan dalam saluran cerna dan saluran napas. Trofoblas bukan lapisan lembaga, melainkan calon bagian janin dari plasenta. [Bab 13 · C1 · 13-02]
9. **A.** sitoplasma zigot hanya dibagi-bagi sehingga setiap sel baru makin kecil, dan embrio masih terbungkus zona pelusida Pada tahap pembelahan, zigot membelah dengan mitosis tanpa tumbuh di antara pembelahan, seperti kue lapis yang terus dipotong. Plasenta baru dibangun setelah implantasi, dan pembelahan ini adalah mitosis, bukan meiosis. [Bab 13 · C2 · 13-03]
10. **D.** mencegah sperma lain masuk sehingga zigot memiliki tepat 46 kromosom Reaksi korteks “menggembok” zona pelusida. Jika dua sperma masuk, zigot akan membawa 69 kromosom dan tidak dapat berkembang normal. Satu sel telur, satu sperma: $23 + 23 = 46$. [Bab 13 · C2 · 13-04]
11. **A.** tumor Tumor adalah kumpulan sel yang tumbuh berlebihan, dan tidak semua tumor adalah kanker. Metastasis adalah penyebaran ke organ lain, angiogenesis adalah tumbuhnya pembuluh darah baru, dan apoptosis adalah bunuh diri sel terprogram. [Bab 14 · C1 · 14-01]
12. **B.** VEGF VEGF memicu angiogenesis, yaitu tumbuhnya pembuluh darah baru yang memasok oksigen dan makanan bagi tumor. PD-L1 dipakai sel kanker untuk menyamar dari sel T, sedangkan telomerase membuatnya bisa membelah tanpa batas. [Bab 14 · C1 · 14-03]
13. **D.** sel terus menjalankan perintah tumbuh walaupun tidak ada surat dari luar RAS adalah bagian dari jalur sinyal tumbuh. Bila macet ON, estafet sinyal ke inti terus berjalan walaupun tidak ada surat (faktor pertumbuhan) dari tetangga. Inilah contoh onkogen: pedal gas yang macet. [Bab 14 · C2 · 14-11]

14. **B. blastokista** Blastokista adalah bola berongga dengan massa sel dalam yang kelak menjadi seluruh tubuh, sedangkan sel-sel luarnya menjadi plasenta. Organoid adalah mini-organ buatan yang ditumbuhkan di laboratorium. [Bab 15 · C1 · 15-01]
15. **C. mahasiswa kedokteran** yang bisa menjadi dokter anak, bedah, atau mata Sel multipoten bisa menjadi beberapa jenis sel, tetapi hanya dalam satu keluarga, seperti mahasiswa kedokteran yang pilihannya masih banyak namun tetap di bidang kedokteran. Pilihan lainnya berturut-turut menggambarkan totipoten, pluripoten, dan unipoten. [Bab 15 · C2 · 15-02]
16. **A. sel satelit**, yaitu sel punca otot Sel satelit tidur di sepanjang serat otot dan bangun saat otot cedera atau dilatih. Sel ini unipoten karena hanya menghasilkan sel otot. [Bab 15 · C3 · 15-03]
17. **B. pembuluh darah** di sekitar luka melebar akibat molekul alarm seperti histamin Histamin dan molekul alarm lain melebarkan pembuluh darah sehingga lebih banyak darah mengalir ke daerah luka. Akibatnya kulit merah dan panas. Peradangan adalah tanda bala bantuan sedang berdatangan. [Bab 16 · C2 · 16-04]
18. **C. histamin** Pada alergi, antibodi IgE menganggap protein udang sebagai musuh dan memicu sel mast melepaskan histamin. Ini alarm palsu, karena udang sebenarnya tidak berbahaya bagi kebanyakan orang. [Bab 16 · C3 · 16-05]
19. **D. memerintahkan sel** yang terinfeksi melakukan apoptosis Sel T sitotoksik mengenali sel terinfeksi dari potongan antigen yang dipajang di MHC, lalu memerintahkannya bunuh diri terprogram. Dengan hancurnya sel, pabrik virus di dalamnya ikut berhenti. [Bab 16 · C2 · 16-10]
20. **B. pembongkaran gedung** yang terencana dan gedung roboh karena bencana Apoptosis adalah pembongkaran terencana: sel mengecil, dikemas rapi, lalu diangkut makrofag tanpa keributan. Nekrosis ibarat gedung roboh: sel membengkak dan pecah, lalu puingnya memanggil pasukan peradangan. [Bab 17 · C1 · 17-01]
21. **C. atrofi** Atrofi adalah sel yang mengecil karena jarang dipakai atau kurang gizi. Hipertrofi berarti sel membesar, hiperplasia berarti jumlah sel bertambah, dan metaplasia berarti sel berganti jenis. Setelah gips dilepas, otot biasanya pulih dengan latihan bertahap. [Bab 17 · C2 · 17-02]
22. **D. fibroblas** yang memasang kolagen dan pembuluh darah baru hasil angiogenesis Pada fase proliferasi, fibroblas memasang kolagen dan pembuluh darah baru tumbuh (angiogenesis). Pembuluh-pembuluh kecil inilah yang membuat jaringan tampak merah dan bergranul. Keping darah dan fibrin bekerja lebih awal, pada fase hemostasis. [Bab 17 · C2 · 17-04]
23. **A. sel tumornya dibiakkan** tanpa sepengetahuan dan izin Henrietta Lacks Tahun 1951, potongan tumor leher rahim Henrietta Lacks dibiakkan tanpa sepengetahuannya, praktik yang lazim saat itu. Sel HeLa kemudian dipakai di seluruh dunia, sedangkan keluarganya baru mengetahuinya bertahun-tahun kemudian. Kasus ini mengajarkan pentingnya persetujuan, privasi data genetik, dan keadilan. Kloning adalah kasus domba Dolly, sedangkan penyuntingan embrio adalah kasus tahun 2018. [Bab 36 · C2 · 36-02]
24. **C. senesens** Sel senesens dikunci siklusnya oleh jalur p53–p21 dan p16–Rb, tahan terhadap apoptosis, dan melepas campuran sinyal yang disebut SASP. Sel punca dan sel kanker justru terus membelah, sedangkan sel darah merah dewasa tidak berinti dan bukan contoh senesens. [Bab 36 · C1 · 36-05]
25. **D. 510 juta tahun** Selangnya 2 jam 42 menit = 2,7 jam. $2,7 \times 189 \text{ juta} \approx 510 \text{ juta tahun}$. Peristiwa X adalah munculnya hidup bersel banyak ($\pm 1,05 \text{ miliar tahun lalu}$) dan Y adalah ledakan Kambrium ($\pm 540 \text{ juta tahun lalu}$); $1.050 - 540 = 510 \text{ juta tahun}$. [Bab 36 · C4 · 36-13]

B. Benar–salah

26. **Benar** Benar. Karena cara kerja mesin fotokopi, sedikit bagian ujung tidak ikut tersalin. Setelah ± 50 kali membelah, telomer terlalu pendek dan sel berhenti membelah (batas Hayflick). [Bab 11 · C1 · 11-07]
27. **Salah** Salah. Dominan hanya berarti sifat itu muncul walau alelnya cuma satu, bukan berarti umum. Polidaktili disebabkan alel dominan tetapi jarang, sedangkan golongan darah O yang resesif justru paling umum di banyak populasi. [Bab 12 · C2 · 12-06]
28. **Benar** Benar. Saat itu embrio baru sepanjang beberapa milimeter, dan banyak ibu belum tahu dirinya hamil. Jantung harus bekerja lebih dulu karena embrio yang makin besar membutuhkan aliran darah untuk membawa oksigen dan makanan. [Bab 13 · C1 · 13-07]
29. **Salah** Sel kanker tidak menular antarmanusia, jadi merawat dan mendampingi pasien kanker sepenuhnya aman. Yang dapat menular hanyalah beberapa virus pemicunya, seperti HPV dan hepatitis B, dan keduanya dapat dicegah dengan vaksin. [Bab 14 · C2 · 14-06]
30. **Benar** Totipoten adalah tingkat kesaktian tertinggi. Zigot dan sel embrio awal (hingga ± 3 hari) dapat membentuk tubuh dan plasenta, sedangkan sel pluripoten hanya membentuk sel tubuh. [Bab 15 · C2 · 15-06]

C. Isian singkat

31. **sentromer** (juga diterima: centromere; sentromere) Sentromer menjepit dua salinan kembar di tengah sehingga kromosom tampak seperti huruf X. Di sentromer terdapat kinetokor, “kait” tempat tali derek mikrotubulus menempel. [Bab 11 · C1 · 11-08]
32. **bebas** (juga diterima: pemilahan bebas; independen) Karena setiap pasangan homolog berbaris secara acak, gamet dapat membawa campuran edisi ayah dan ibu yang berbeda-beda. Untuk 23 pasang kromosom, jumlah kombinasinya $2^{23} \approx 8,4$ juta. [Bab 12 · C2 · 12-14]
33. **notokord** (juga diterima: notochord; korda dorsalis) Notokord ibarat tiang pancang pemberi sinyal. Ektoderm di atasnya menebal menjadi lempeng saraf, lalu melipat menjadi tabung saraf. Tanpa sinyal notokord, pembentukan dan pola tabung saraf terganggu. [Bab 13 · C2 · 13-14]
34. **metastasis** (juga diterima: metastase) Metastasis adalah pelanggaran “menyusup ke negeri lain”. Sebagian besar kematian akibat kanker disebabkan metastasis, karena kanker yang sudah menyebar sulit diangkat dengan operasi. [Bab 14 · C1 · 14-08]
35. **niche** (juga diterima: nis; relung) Niche adalah lingkungan mikro di sekitar sel punca, misalnya di sumsum tulang atau di dasar kript usus. Sinyal dari niche menentukan kapan sel punca tetap tidur, membelah, atau berdiferensiasi. [Bab 15 · C1 · 15-08]

D. Uraian

36. Replikasi menyalin seluruh DNA (6,2 miliar pasang basa); hasilnya dua DNA untai ganda identik yang masing-masing terdiri atas satu untai lama dan satu untai baru; enzim utamanya helikase dan DNA polimerase (dibantu primase dan ligase); terjadi hanya sekali per siklus, di fase S. Transkripsi hanya menyalin satu gen; hasilnya mRNA beruntai tunggal yang memakai U sebagai pengganti T; enzimnya RNA polimerase; terjadi berulang kali sepanjang interfase, kapan pun protein itu dibutuhkan. [Bab 11 · C4 · 11-15]

37. (a) Kedua orang tua adalah pembawa sifat (Tt): tampak sehat karena masih punya satu alel normal. $Tt \times Tt$ menghasilkan TT (25%, normal), Tt (50%, pembawa sifat), dan tt (25%, thalassemia mayor). Anak pertama mendapat alel t dari ayah dan t dari ibu. (b) Tetap 25% untuk setiap kehamilan, karena setiap pembuahan adalah peristiwa acak yang tidak dipengaruhi hasil kehamilan sebelumnya. (c) Pembawa sifat tidak bergejala, dan di Indonesia jumlahnya diperkirakan 3–10% penduduk. Pemeriksaan membuat calon pasangan tahu risikonya dan dapat memperoleh konseling genetik untuk merencanakan keluarga. [Bab 12 · C4 · 12-16]
38. Minggu ke-1-2: embrio masih berupa sedikit sel yang belum terspesialisasi (pembelahan, blastokista, implantasi, cakram dua lapis). Kerusakan berat mematikan banyak sel sehingga embrio gugur, sedangkan kerusakan ringan dapat digantikan sel lain yang masih serba bisa, sehingga embrio pulih tanpa cacat. Minggu ke-3-8: gastrulasi membentuk tiga lapisan lembaga, lalu organogenesis membangun cikal bakal hampir semua organ secara bersamaan (jantung, tabung saraf, lengan dan tungkai, mata, telinga, langit-langit). Masa peka organ-organ itu saling tumpang-tindih, sehingga satu paparan dapat mengenai beberapa organ yang sedang dibangun pada saat yang sama, dan kesalahan pada tahap membangun menjadi cacat bentuk yang besar. Setelah minggu ke-8: bentuk dasar organ sudah jadi, dan masa janin berisi pertumbuhan serta pematangan, sehingga paparan lebih sering menimbulkan gangguan pertumbuhan, gangguan fungsi, atau cacat kecil. Otak tetap peka sampai lahir karena terus berkembang. [Bab 13 · C4 · 13-15]
39. Puluhan zat karsinogen dalam asap rokok merusak DNA sel paru berulang kali selama puluhan tahun. Urutannya: jaringan sehat → mutasi pertama pada onkogen (gas macet) → hiperplasia → mutasi gen penekan tumor seperti p53 (rem blong) sehingga terbentuk tumor in situ → angiogenesis → invasi menembus membran dasar (ganas) → sel masuk ke pembuluh darah atau getah bening lalu bersarang di tulang. Karena butuh beberapa mutasi yang menumpuk, kanker sering muncul di usia lanjut. Metastasis paling berbahaya karena kanker sudah tersebar di banyak tempat sehingga tidak bisa diatasi dengan operasi saja, dan sebagian besar kematian akibat kanker disebabkan metastasis. [Bab 14 · C4 · 14-16]
40. Terapi sel punca yang terbukti aman dan efektif saat ini masih terbatas, terutama transplantasi sel punca darah untuk penyakit seperti leukemia dan thalassemia; penggunaan untuk stroke masih dalam tahap riset atau uji klinis. Risiko suntikan yang belum terbukti: infeksi, tumbuhnya tumor, bahkan kebutaan, kerugian biaya besar, dan tertundanya pengobatan serta rehabilitasi yang sudah terbukti. Pertanyaan penting: apa bukti uji klinisnya dan di mana dipublikasikan, apakah terapi ini berizin dari lembaga resmi, sel apa yang dipakai dan dari mana asalnya, apa efek sampingnya, dan apakah dokter spesialis yang merawat menyetujuinya. Janji “sembuh total” tanpa data adalah tanda bahaya. [Bab 15 · C4 · 15-15]

Kisi-kisi soal • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat mengidentifikasi enzim yang berperan membuka untai ganda DNA saat replikasi.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 11 Negara Membelah Diri	Peserta didik dapat menjelaskan peristiwa yang terjadi pada fase anafase mitosis.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 11 Negara Membelah Diri	Disajikan data jumlah sel pada tiap fase preparat ujung akar bawang, peserta didik dapat menafsirkan data untuk memperkirakan lama fase mitosis.	C4	Pilihan ganda
4	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat menjelaskan alasan sel telur dan sperma dianalogikan sebagai perpustakaan saku.	C2	Pilihan ganda
5	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat mengidentifikasi makna istilah diploid pada sel tubuh manusia.	C1	Pilihan ganda
6	Bab 12 Warisan Dua Edisi	Peserta didik dapat menjelaskan hasil pembelahan meiosis dari satu sel induk di testis.	C2	Pilihan ganda
7	Bab 13 Membangun Negara Baru	Peserta didik dapat mengidentifikasi analogi ketiga lapisan lembaga yang terbentuk saat gastrulasi.	C1	Pilihan ganda
8	Bab 13 Membangun Negara Baru	Disajikan kasus kelahiran bayi kembar berlainan jenis kelamin, peserta didik dapat menentukan jenis kembar berdasarkan proses pembentukannya.	C3	Pilihan ganda
9	Bab 13 Membangun Negara Baru	Disajikan data masa peka berbagai organ embrio, peserta didik dapat menafsirkan organ yang paling berisiko terhadap paparan pada waktu tertentu.	C4	Pilihan ganda
10	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menjelaskan analogi kerusakan gen perbaikan DNA dalam perkembangan kanker.	C2	Pilihan ganda
11	Bab 14 Sel yang Memberontak	Disajikan kasus rambut rontok pada pasien kemoterapi, peserta didik dapat menjelaskan penyebabnya berdasarkan cara kerja obat kemoterapi.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
12	Bab 14 Sel yang Memberontak	Disajikan rencana keluarga berlibur di bawah terik matahari, peserta didik dapat menerapkan konsep pencegahan untuk mengurangi risiko kanker kulit.	C3	Pilihan ganda
13	Bab 15 Warga Serba Bisa	Disajikan informasi pergantian lapisan dalam usus setiap 3–5 hari, peserta didik dapat menjelaskan sel yang memungkinkan pergantian tersebut.	C2	Pilihan ganda
14	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat mengidentifikasi ilmuwan penemu pemrograman ulang sel kulit dewasa menjadi sel pluripoten.	C1	Pilihan ganda
15	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat membedakan nasib perkembangan massa sel dalam dan lapisan luar blastokista.	C2	Pilihan ganda
16	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat mengidentifikasi jenis lapisan pertahanan tubuh berdasarkan contoh komponen penyusunnya.	C1	Pilihan ganda
17	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan analogi molekul MHC dalam sistem pertahanan Negara Sel.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan sel imun yang berperan sebagai komandan dan menjadi sasaran utama HIV.	C1	Pilihan ganda
19	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Peserta didik dapat menyebutkan protein penanda kematian sel otot jantung yang diukur untuk memastikan serangan jantung.	C1	Pilihan ganda
20	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Disajikan kasus luka lecet ringan akibat jatuh, peserta didik dapat menentukan cara perawatan luka yang paling tepat.	C3	Pilihan ganda
21	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Disajikan gambaran biopsi paru penderita tuberkulosis, peserta didik dapat menentukan pola nekrosis yang terjadi pada jaringan tersebut.	C3	Pilihan ganda
22	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan nama bukti fosil kehidupan tertua yang dibangun oleh tikar mikroba.	C1	Pilihan ganda
23	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat mengidentifikasi organela yang berasal dari sianobakteri melalui endosimbiosis.	C1	Pilihan ganda
24	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab terjadinya Peristiwa Oksidasi Besar pada sejarah Bumi.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
25	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Disajikan data rekaan pembelahan fibroblas, peserta didik dapat menganalisis peran telomer dan telomerase pada batas Hayflick.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menjelaskan jumlah salinan gen penekan tumor yang harus rusak untuk menghilangkan fungsinya.	C2	Benar-salah
27	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menjelaskan hubungan tingkat kematangan sel dengan tanda epigenetik dan kemampuannya berganti fungsi.	C2	Benar-salah
28	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat membedakan imunitas bawaan dan imunitas adaptif berdasarkan kecepatan, spesifisitas, dan memorinya.	C2	Benar-salah
29	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Peserta didik dapat menjelaskan sifat jaringan parut setelah fase remodeling dibandingkan dengan kulit asli.	C2	Benar-salah
30	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menjelaskan kebenaran pernyataan tentang DNA mitokondria dan kloroplas sebagai bukti endosimbiosis.	C2	Benar-salah
31	Bab 14 Sel yang Memberontak	Peserta didik dapat menjelaskan nama enzim yang menjaga panjang telomer sehingga sel kanker terus membelah.	C2	Isian singkat
32	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menjelaskan jenis tanda epigenetik pada DNA yang berperan menonaktifkan gen.	C2	Isian singkat
33	Bab 16 Tentara Negara Sel	Peserta didik dapat menyebutkan nama protein berbentuk huruf Y yang dihasilkan sel plasma untuk mengikat antigen.	C1	Isian singkat
34	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Peserta didik dapat menyebutkan nama enzim pelaksana apoptosis yang aktif secara berantai dan memotong protein sel.	C1	Isian singkat
35	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Peserta didik dapat menghitung saat kemunculan manusia modern pada jam Bumi 24 jam.	C3	Isian singkat
36	Bab 14 Sel yang Memberontak	Disajikan data kasus kanker serviks di Indonesia, peserta didik dapat menganalisis peran infeksi HPV serta pentingnya vaksinasi dan skrining dilakukan bersama.	C4	Uraian

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
37	Bab 15 Warga Serba Bisa	Peserta didik dapat menganalisis keadaan sel otot matang dan pemrograman ulang Yamanaka menggunakan model bukit Waddington.	C4	Uraian
38	Bab 16 Tentara Negara Sel	Disajikan kasus wabah campak di desa yang menolak imunisasi, peserta didik dapat menganalisis penyebab bayi ikut tertular berdasarkan konsep kekebalan kelompok.	C4	Uraian
39	Bab 17 Terluka, Gugur, lalu Pulih	Disajikan tiga kasus kerusakan jaringan, peserta didik dapat membandingkan kemungkinan regenerasi atau pembentukan parut pada setiap kasus.	C4	Uraian
40	Bab 36 Silsilah Negara Sel	Disajikan iklan suplemen pemanjang telomer beserta buktinya, peserta didik dapat menilai kesahihan klaim anti-penuaan tersebut.	C5	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 11 · C2 = 16 · C3 = 5 · C4 = 7 · C5 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Enzim yang membuka tangga DNA seperti membuka ritsleting sehingga terbentuk garpu replikasi adalah...
 - ligase
 - helikase
 - primase
 - telomerase
- Peristiwa yang terjadi pada fase anafase mitosis adalah...
 - selubung inti terbentuk kembali di kedua kutub
 - kromosom berbaris di bidang tengah sel
 - kromatin memadat menjadi kromosom
 - kohesin digunting separase sehingga kromatid saudara ditarik ke kutub berlawanan
- Pada preparat ujung akar bawang, dari 500 sel yang dihitung: 450 interfase, 25 profase, 10 metafase, 8 anafase, dan 7 telofase. Jika satu siklus sel berlangsung ± 20 jam, lama fase mitosis kira-kira...
 - ± 2 jam
 - ± 20 menit
 - ± 10 jam
 - ± 50 menit
- Dalam analogi buku ini, sel telur dan sperma disebut “perpustakaan saku” karena...
 - hanya berisi satu edisi untuk setiap judul buku (23 kromosom)
 - berisi dua edisi untuk setiap judul buku (46 kromosom)
 - tidak berisi buku sama sekali
 - berisi buku yang sudah difotokopi dua kali
- Sel tubuh manusia bersifat diploid ($2n = 46$). Artinya...
 - setiap judul buku hanya punya satu edisi
 - setiap judul buku punya dua edisi (kromosom homolog), satu dari ayah dan satu dari ibu
 - setiap sel memiliki dua inti
 - sel hanya berisi kromosom X dan Y

6. Satu sel induk di testis menjalani meiosis. Hasilnya adalah...
- 1 sel telur dan 3 badan polar
 - 2 sel identik yang diploid
 - 4 sperma haploid yang isinya berbeda-beda
 - 8 sperma diploid
7. Dalam analogi Bab 13, ektoderm, mesoderm, dan endoderm yang terbentuk saat gastrulasi diibaratkan sebagai...
- tiga perpustakaan saku dari ayah, ibu, dan nenek
 - tiga pintu imigrasi di perbatasan sel
 - tiga kementerian yang masing-masing membangun kelompok organ tertentu
 - tiga gudang cadangan makanan untuk embrio
8. Tetangga Bima di Plaju melahirkan bayi kembar: satu laki-laki dan satu perempuan. Kesimpulan yang tepat adalah...
- mereka kembar identik karena berasal dari kehamilan yang sama
 - mereka kembar tidak identik yang berasal dari dua sel telur yang dibuahi dua sperma berbeda
 - mereka berasal dari satu zigot yang terbelah dua, lalu salah satunya berganti jenis kelamin
 - DNA kedua bayi itu pasti persis sama
9. Berikut penyederhanaan grafik masa peka di Bab 13.4 (masa paling peka terhadap cacat besar, dalam minggu setelah pembuahan):
- jantung: minggu 3–6
 - lengan dan tungkai: minggu 4–6
 - langit-langit dan gigi: minggu 6–9
 - kelamin luar: minggu 7–9
- Pada tahun 1950-an, seorang ibu minum talidomid hanya selama minggu ke-5 setelah pembuahan. Di antara pilihan berikut, organ yang paling mungkin mengalami cacat besar adalah...
- kelamin luar
 - langit-langit dan gigi
 - lengan dan tungkai
 - tidak ada, karena minggu ke-5 masih termasuk masa “semua atau tidak sama sekali”
10. Dalam analogi Bab 14, rusaknya gen perbaikan DNA diibaratkan sebagai...
- pedal gas macet
 - rem blong
 - montir mogok
 - jalan liar

- L1. Pasien yang menjalani kemoterapi sering mengalami rambut rontok. Penyebabnya adalah...
- A. sel kanker menyebar ke kulit kepala
 - B. sistem imun menyerang akar rambut
 - C. obat kemoterapi mengandung zat pemutih rambut
 - D. sel akar rambut juga cepat membelah sehingga ikut terserang obat
- L2. Bima dan keluarganya akan berlibur ke pantai dan bermain seharian di bawah terik matahari. Tindakan yang paling tepat untuk mengurangi risiko kanker kulit adalah...
- A. minum banyak air es
 - B. memakai tabir surya dan pakaian pelindung
 - C. makan makanan manis agar badan kuat
 - D. berendam di air laut selama mungkin
- L3. Lapisan dalam usus diganti seluruhnya setiap 3–5 hari. Sel yang memungkinkan pergantian secepat itu adalah...
- A. sel darah merah yang menempel di usus
 - B. bakteri baik di usus besar
 - C. sel beta pankreas
 - D. sel punca di dasar lekukan (kripta) usus
- L4. Ilmuwan yang pada 2006 menunjukkan bahwa sel kulit dewasa dapat diubah kembali menjadi pluripoten dengan menyalakan empat gen adalah...
- A. Conrad Waddington
 - B. E. Donnell Thomas
 - C. Shinya Yamanaka
 - D. Alexander Fleming
- L5. Pada blastokista, massa sel dalam kelak menjadi ..., sedangkan sel-sel lapisan luarnya menjadi ...
- A. plasenta; seluruh tubuh
 - B. seluruh tubuh; plasenta
 - C. sel darah; sel kulit
 - D. sel otot; sel saraf
- L6. Lisozim di air mata, asam lambung, serta lendir dan silia saluran napas termasuk pertahanan...
- A. lapis pertama: benteng
 - B. lapis kedua: pasukan bawaan
 - C. lapis ketiga: pasukan khusus
 - D. antibodi IgE

17. Dalam analogi tentara Negara Sel, molekul MHC yang memajang potongan antigen di permukaan sel diibaratkan sebagai...
- A. borgol
 - B. pabrik amunisi
 - C. papan buronan, semacam KTP yang ditemplei foto penjahat
 - D. komandan pasukan
18. Sel imun yang berperan sebagai komandan dan menjadi sasaran utama HIV adalah...
- A. neutrofil
 - B. sel plasma
 - C. sel mast
 - D. sel T helper (CD4)
19. Protein otot jantung yang bocor ke darah ketika sel-selnya mati, dan diukur di laboratorium untuk memastikan serangan jantung, adalah...
- A. troponin
 - B. insulin
 - C. hemoglobin
 - D. hCG
20. Lutut Bima lecet ringan karena jatuh dari sepeda. Perawatan yang paling tepat menurut Bab 17 adalah...
- A. membiarkan luka terbuka dan kering di bawah sinar matahari agar cepat sembuh
 - B. menaburkan bubuk kopi agar darah cepat berhenti
 - C. membilas luka dengan air mengalir, lalu menutupnya dengan plester atau kasa bersih agar tetap bersih dan sedikit lembap
 - D. mengelupas keropeng setiap hari agar luka bisa bernapas
21. Biopsi paru seorang pasien tuberkulosis menunjukkan daerah nekrosis berwarna putih kekuningan, lunak, dan rapuh seperti keju. Pola nekrosis ini disebut nekrosis...
- A. koagulatif
 - B. likuefaktif
 - C. kaseosa
 - D. lemak
22. Bukti kehidupan tertua yang diterima luas, berupa gundukan batu berlapis yang dibangun tikar mikroba dan berumur setidaknya 3,5 miliar tahun, disebut...
- A. fosil trilobit
 - B. batuan besi berpita
 - C. stromatolit
 - D. kristal zirkon

23. Organela yang berasal dari sianobakteri yang ditelan oleh leluhur tumbuhan dan alga adalah...
- A. mitokondria
 - B. inti sel
 - C. ribosom
 - D. kloroplas
24. Sekitar 2,4–2,3 miliar tahun lalu, oksigen mulai menumpuk di udara Bumi dalam Peristiwa Oksidasi Besar. Penyebab utamanya adalah...
- A. letusan gunung api yang menyemburkan oksigen dalam jumlah besar
 - B. sianobakteri berfotosintesis dan melepas oksigen sebagai sisa
 - C. hewan pertama yang mulai bernapas di dalam laut dangkal
 - D. hantaman batuan angkasa yang membawa oksigen dari luar Bumi
25. Fibroblas manusia dibiakkan sampai berhenti membelah (data rekaan).
- Kultur A, dari donor bayi baru lahir: berhenti setelah ± 60 kali membelah
 - Kultur B, dari donor berusia 80 tahun: berhenti setelah ± 25 kali membelah
 - Kultur C, sel A yang diberi gen telomerase (TERT): masih membelah setelah lebih dari 150 kali
 - Telomer kultur A dan B saat berhenti sama-sama pendek
- Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. fibroblas dari donor tua sudah tidak lagi mempunyai telomer sama sekali
 - B. telomer ikut membatasi jumlah pembelahan, dan telomerase dapat melewatinya
 - C. telomerase membuat sel C pasti berubah menjadi sel kanker yang menyebar
 - D. batas Hayflick hanya berlaku bagi sel yang diambil dari bayi baru lahir saja

B. Benar–salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Pada gen penekan tumor, umumnya kedua salinannya harus rusak agar “rem”-nya benar-benar blong.
- Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Semakin matang suatu sel, semakin sedikit “gembok” epigenetik yang terpasang, sehingga sel itu semakin mudah berganti profesi.
- Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Imunitas bawaan bekerja lebih cepat daripada imunitas adaptif, tetapi tidak spesifik dan tidak memiliki memori.
- Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Setelah fase remodeling selesai, parut di kulit menjadi sama kuat dengan kulit asli dan kembali memiliki rambut serta kelenjar keringat.
- Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Mitokondria dan kloroplas sama-sama memiliki DNA sendiri yang berbentuk lingkaran, mirip DNA bakteri.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Enzim yang dinyalakan sel kanker agar telomernya tidak pernah habis sehingga sel menjadi “abadi” adalah ____ .

32. Salah satu tanda epigenetik yang “menggembok” bab resep adalah penambahan gugus metil pada DNA, yang disebut ____ DNA.

33. Protein berbentuk huruf Y yang dibuat sel plasma dan mengunci antigen seperti borgol disebut ____ .

34. Enzim “algojo” apoptosis yang aktif berantai seperti deretan domino, lalu memotong ratusan protein sel, disebut ____ .

35. Bila sejarah Bumi 4,54 miliar tahun dipadatkan menjadi 24 jam (86.400 detik), manusia modern yang muncul sekitar 300 ribu tahun lalu hadir kira-kira ____ detik sebelum tengah malam (bulatkan sampai satu angka di belakang koma).

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Bab 14 mencatat sekitar 37 ribu kasus baru kanker serviks di Indonesia pada 2020. Jelaskan bagaimana infeksi HPV yang menetap dapat memicu kanker serviks di tingkat sel. Lalu analisis mengapa vaksin HPV dan skrining (IVA atau pap smear) sebaiknya dilakukan bersama, bukan salah satu saja.

37. Gunakan model bukit Waddington untuk menjelaskan keadaan sebuah sel otot matang. Lalu jelaskan bagaimana penemuan Yamanaka “mendorong bola kembali ke puncak”. Mengapa pemrograman ulang ini tidak perlu mengubah urutan resep milik sel itu sendiri?

38. Di sebuah desa, banyak orang tua menolak imunisasi campak. Kemudian terjadi wabah campak, dan seorang bayi berusia 6 bulan ikut tertular, padahal orang tuanya tidak menolak imunisasi. Analisis mengapa hal ini bisa terjadi dengan memakai konsep jadwal imunisasi, antibodi dari ibu, dan kekebalan kelompok.

39. Tiga pasien mengalami kerusakan jaringan. Pasien A lecet luas di lengan. Pasien B kehilangan sebagian sel hatinya akibat overdosis parasetamol, tetapi kerangka jaringan ikat hatinya masih utuh. Pasien C mengalami stroke yang mematikan sekelompok neuron di otak. Analisislah cara perbaikan jaringan pada setiap pasien (regenerasi atau parut) berdasarkan kemampuan membelah selnya, lalu jelaskan mengapa pasien C paling mungkin mengalami gangguan fungsi yang menetap.

10. Sebuah iklan berbunyi: “Suplemen T memanjangkan telomer sehingga membuat awet muda!

Buktinya, telomer di sel darah putih 20 pengguna lebih panjang setelah 3 bulan minum suplemen T.” Nilailah klaim itu. Jelaskan minimal tiga kelemahan buktinya, mengapa “telomer lebih panjang” belum tentu berarti “awet muda”, satu risiko yang mungkin timbul bila telomer dipaksa memanjang, dan bukti seperti apa yang dibutuhkan agar klaim itu layak dipercaya.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 3: Siklus hidup sel

Bab 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 36 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **B.** helikase Helikase (“Si Ritsleting”) memisahkan kedua untai DNA. Primase menempelkan primer, DNA polimerase menyalin, dan ligase menyambung celah di akhir proses. [Bab 11 · C1 · 11-02]
2. **D.** kohesin digunting separase sehingga kromatid saudara ditarik ke kutub berlawanan Di anafase, enzim separase memotong kohesin, dan kedua kromatid saudara ditarik ke kutub yang berlawanan. Sejak saat itu, setiap kromatid disebut kromosom tersendiri. [Bab 11 · C2 · 11-04]
3. **A.** ± 2 jam Sel yang sedang mitosis = $25 + 10 + 8 + 7 = 50$ dari 500 sel, atau 10%. Karena jumlah sel sebanding dengan lamanya fase, lama mitosis $\approx 10\% \times 20 \text{ jam} = 2 \text{ jam}$. [Bab 11 · C4 · 11-11]
4. **A.** hanya berisi satu edisi untuk setiap judul buku (23 kromosom) Gamet bersifat haploid: setiap judul buku hanya diwakili satu edisi, dari ayah atau dari ibu. Saat pembuahan, $23 + 23 = 46$, sehingga perpustakaan kembali lengkap. [Bab 12 · C2 · 12-01]
5. **B.** setiap judul buku punya dua edisi (kromosom homolog), satu dari ayah dan satu dari ibu Diploid berarti setiap kromosom punya pasangan homolog: satu edisi dari ayah dan satu dari ibu. $23 \text{ pasang} \times 2 = 46 \text{ kromosom}$. [Bab 12 · C1 · 12-02]
6. **C.** 4 sperma haploid yang isinya berbeda-beda Meiosis terdiri atas dua kali pembelahan sehingga menghasilkan 4 sel haploid. Di testis keempatnya menjadi sperma. Satu sel telur dan badan polar adalah hasil oogenesis di ovarium. [Bab 12 · C2 · 12-03]
7. **C.** tiga kementerian yang masing-masing membangun kelompok organ tertentu Setiap lapisan lembaga ibarat kementerian: ektoderm (komunikasi dan perbatasan), mesoderm (pekerjaan umum dan transportasi), dan endoderm (logistik dan pangan). Masing-masing kelak membangun kelompok organ tertentu. [Bab 13 · C1 · 13-01]
8. **B.** mereka kembar tidak identik yang berasal dari dua sel telur yang dibuahi dua sperma berbeda Kembar identik berasal dari satu zigot yang terbelah, sehingga DNA dan jenis kelaminnya sama. Kembar laki-laki dan perempuan berasal dari dua zigot berbeda: satu sel telur dibuahi sperma pembawa X, dan sel telur lainnya dibuahi sperma pembawa Y. Kemiripan mereka sama seperti kakak-adik biasa. [Bab 13 · C3 · 13-05]
9. **C.** lengan dan tungkai Minggu ke-5 berada di dalam masa paling peka lengan dan tungkai (minggu 4–6), sesuai dengan cacat khas talidomid: tangan dan kaki tidak tumbuh sempurna. Langit-langit dan kelamin luar baru memasuki masa paling peka pada minggu ke-6 dan ke-7. Masa “semua atau tidak sama sekali” hanya berlaku pada dua minggu pertama. [Bab 13 · C4 · 13-10]
10. **C.** montir mogok Gen perbaikan DNA bekerja seperti montir yang membetulkan salah ketik. Bila montir mogok, mutasi menumpuk jauh lebih cepat, misalnya pada sindrom Lynch. Pedal gas macet adalah onkogen, sedangkan rem blong adalah gen penekan tumor. [Bab 14 · C2 · 14-02]
11. **D.** sel akar rambut juga cepat membelah sehingga ikut terserang obat Kemoterapi menyerang sel yang cepat membelah, misalnya dengan membekukan mikrotubulus atau merusak fotokopi DNA. Sel akar rambut juga cepat membelah sehingga ikut terkena. Setelah pengobatan selesai, rambut biasanya tumbuh kembali. [Bab 14 · C2 · 14-04]
12. **B.** memakai tabir surya dan pakaian pelindung Sinar UV merusak DNA sel kulit dan dapat memicu kanker kulit seperti melanoma. Tabir surya dan pakaian pelindung mengurangi sinar UV yang mencapai

sel kulit. [Bab 14 · C3 · 14-05]

13. **D.** sel punca di dasar lekukan (kripta) usus Sel punca di kripta terus membelah dan menghasilkan sel baru yang menggantikan sel yang terlepas. Pergantian cepat ini penting karena lapisan usus terus aus oleh makanan. [Bab 15 · C2 · 15-04]
14. **C.** Shinya Yamanaka Shinya Yamanaka menyalakan Oct4, Sox2, Klf4, dan c-Myc untuk membuat iPSC, dan meraih Nobel 2012. Waddington menggambarkan bukit perkembangan sel, sedangkan Thomas merintis transplantasi sumsum tulang. [Bab 15 · C1 · 15-05]
15. **B.** seluruh tubuh; plasenta Massa sel dalam bersifat pluripoten dan membentuk seluruh tubuh, sedangkan sel luar blastokista membentuk plasenta. Karena itu sel punca embrionik yang diambil dari massa sel dalam disebut pluripoten, bukan totipoten. [Bab 15 · C2 · 15-09]
16. **A.** lapis pertama: benteng Semuanya adalah penghalang fisik dan kimia yang mencegah penyusup masuk. Sebagian besar kuman sudah gagal di lapisan benteng ini sebelum bertemu sel imun. [Bab 16 · C1 · 16-01]
17. **C.** papan buronan, semacam KTP yang ditemplei foto penjahat MHC memajang potongan antigen agar dapat diperiksa sel T. Borgol adalah antibodi, pabrik amunisi adalah sel plasma, dan komandan adalah sel T helper. [Bab 16 · C2 · 16-02]
18. **D.** sel T helper (CD4) HIV menempel pada CD4 di permukaan sel T helper. Bila jumlah komandan turun drastis, sel B dan sel T sitotoksik tidak lagi diaktifkan dengan baik, sehingga terjadi AIDS. [Bab 16 · C1 · 16-03]
19. **A.** troponin Saat sel otot jantung mengalami nekrosis, membrannya robek sehingga troponin bocor ke darah. Kadarnya diukur dengan immunoasai berbasis antibodi (Bab 25). hCG adalah hormon kehamilan, bukan penanda kerusakan jantung. [Bab 17 · C1 · 17-03]
20. **C.** membilas luka dengan air mengalir, lalu menutupnya dengan plester atau kasa bersih agar tetap bersih dan sedikit lembap Luka kecil sembuh lebih baik bila bersih dan sedikit lembap, karena sel kulit lebih mudah merayap menutup luka dan parutnya lebih kecil. Bahan yang tidak steril seperti bubuk kopi dapat membawa kuman, dan mengelupas keropeng merusak jaringan baru. Luka yang dalam, kotor, atau bernanah perlu diperiksa tenaga kesehatan. [Bab 17 · C3 · 17-05]
21. **C.** kaseosa Nekrosis kaseosa (dari bahasa Latin *caseus*, keju) khas tuberkulosis. Nekrosis koagulatif khas serangan jantung, nekrosis likuefaktif terjadi pada abses bernanah dan stroke di otak, sedangkan nekrosis lemak terjadi pada radang pankreas. [Bab 17 · C3 · 17-11]
22. **C.** stromatolit Stromatolit terbentuk ketika tikar mikroba memerangkap endapan lapis demi lapis. Stromatolit dan fosil mikro di Australia Barat berumur setidaknya 3,5 miliar tahun. Batuan besi berpita adalah endapan karat dari oksigen buatan sianobakteri, kristal zirkon dipakai untuk menentukan umur batuan tertua, dan trilobit adalah hewan zaman Kambrium yang jauh lebih muda. [Bab 36 · C1 · 36-01]
23. **D.** kloroplas Sianobakteri yang ditelan dan tidak dicerna oleh leluhur tumbuhan dan alga berubah menjadi kloroplas, PLTS sel tumbuhan. Mitokondria berasal dari alfa proteobakteri, inti sel bukan hasil endosimbiosis, dan ribosom ada di semua sel termasuk bakteri. [Bab 36 · C1 · 36-03]
24. **B.** sianobakteri berfotosintesis dan melepas oksigen sebagai sisa Sianobakteri memecah air dengan cahaya matahari dan melepas oksigen sebagai sisa, seperti reaksi terang di Bab 21. Mula-mula oksigen habis bereaksi dengan besi di laut, lalu mulai menumpuk di udara. Hewan baru muncul jauh kemudian,

sekitar 570–540 juta tahun lalu, dan gunung api tidak menyemburkan oksigen bebas dalam jumlah berarti. [Bab 36 · C2 · 36-04]

25. **B.** telomer ikut membatasi jumlah pembelahan, dan telomerase dapat melewatinya Kedua kultur berhenti ketika telomernya sama-sama pendek; sel dari donor tua sudah memakai sebagian jatahnya sehingga tersisa lebih sedikit pembelahan. Telomerase memanjangkan telomer sehingga sel C melewati batas Hayflick. Namun sel itu tidak otomatis menjadi kanker: kanker membutuhkan banyak perubahan lain, walaupun 85–90% sel kanker memang menyalakan telomerase. Pada penelitian sungguhan, hubungan usia donor dengan jumlah pembelahan tidak selalu sekuat data rekaan ini. [Bab 36 · C4 · 36-11]

B. Benar–salah

26. **Benar** Setiap sel punya dua salinan gen. Selama satu salinan gen menekan tumor masih normal, rem masih bisa bekerja. Ini berbeda dengan onkogen: satu salinan yang rusak saja sudah membuat pedal gas macet. [Bab 14 · C2 · 14-07]
27. **Salah** Kebalikannya: semakin matang sel, semakin banyak bab resep yang digembok, sehingga semakin sulit berganti profesi. Ini seperti kelereng yang makin dalam masuk ke lembah Waddington. [Bab 15 · C2 · 15-07]
28. **Benar** Pasukan bawaan bergerak dalam hitungan menit sampai jam dan menyerang semua penyusup dengan cara yang sama. Pasukan adaptif butuh beberapa hari, tetapi spesifik dan punya sel memori. [Bab 16 · C2 · 16-06]
29. **Salah** Salah. Parut hanya mencapai sekitar 80% kekuatan kulit asli dan tidak memiliki rambut maupun kelenjar keringat, walaupun kolagennya terus ditata ulang selama berbulan-bulan. [Bab 17 · C2 · 17-07]
30. **Benar** Benar. DNA mitokondria dan kloroplas kecil, melingkar, dan tidak dibungkus histon, seperti DNA bakteri. Bersama membran ganda, ribosom bergaya bakteri, pembelahan sendiri, dan kekerabatan gen, ciri ini menjadi bukti teori endosimbiosis. [Bab 36 · C2 · 36-06]

C. Isian singkat

31. **telomerase** Pada sel normal, telomer memendek setiap kali membelah, dan sel berhenti membelah bila telomernya terlalu pendek. Sel kanker menyalakan telomerase sehingga bisa membelah tanpa batas (pelanggaran 4). [Bab 14 · C2 · 14-14]
32. **metilasi** Metilasi DNA dan modifikasi histon membuat bab resep sulit dibaca tanpa mengubah urutan hurufnya. Karena itu DNA semua sel tubuh sama, tetapi gen yang aktif berbeda. [Bab 15 · C2 · 15-14]
33. **antibodi** (juga diterima: imunoglobulin) Antibodi punya dua lengan dengan ujung unik yang pas hanya dengan satu antigen. Antibodi dimasak lewat jalur ekspor: RE → Golgi → eksositosis. [Bab 16 · C1 · 16-08]
34. **kaspase** (juga diterima: caspase; enzim kaspase) Kaspase dinyalakan oleh apoptosom pada jalur dalam, atau lewat reseptor Fas pada jalur luar. Satu kaspase mengaktifkan kaspase berikutnya, sehingga pembongkaran sel berlangsung cepat dan rapi. [Bab 17 · C1 · 17-08]
35. **5,7** (juga diterima: 5.7; 5,7 detik; 5.7 detik) $300.000 \div 4.540.000.000 \times 86.400 \approx 5,7$ detik. Satu detik jam Bumi setara dengan sekitar 52.500 tahun, sehingga seluruh sejarah tertulis manusia (± 5.000 tahun) hanya sekitar 0,1 detik terakhir. [Bab 36 · C3 · 36-14]

D. Uraian

36. Protein HPV melumpuhkan rem p53 dan RB, sehingga sel serviks dengan DNA rusak tidak lagi dihentikan atau diperintahkan apoptosis. Mutasi menumpuk selama bertahun-tahun sampai sel menjadi ganas. Vaksin HPV mencegah infeksi bila diberikan sebelum terpapar, misalnya pada usia sekolah dasar, tetapi tidak menyembuhkan infeksi yang sudah ada. Skrining menemukan perubahan sel sejak dini pada perempuan yang sudah terinfeksi atau belum divaksin, sehingga dapat diobati sebelum menjadi kanker. Keduanya saling melengkapi: vaksin mencegah, skrining mendeteksi dini. [Bab 14 · C4 · 14-15]
37. Sel otot matang ibarat bola yang berhenti di dasar lembah otot: bab aktin dan miosin terbuka, sedangkan bab lain digembok tanda epigenetik (metilasi DNA dan modifikasi histon), sehingga ia tidak bisa menjadi neuron. Yamanaka menyalakan empat gen faktor transkripsi (Oct4, Sox2, Klf4, c-Myc). Para “pustakawan” ini membuka kembali gembok dan mengaktifkan program pluripoten, sehingga sel dewasa menjadi iPSC di puncak bukit. Pada percobaan awal keempat gen itu dimasukkan dengan bantuan virus, tetapi kini ada juga cara yang tidak menyisipkan DNA. Resep milik sel sendiri tidak perlu diubah karena perpustakaan setiap sel sudah lengkap; diferensiasi hanya mengatur bab mana yang dibuka dan mana yang digembok. [Bab 15 · C4 · 15-16]
38. Bayi berusia 6 bulan belum cukup umur untuk vaksin campak-rubela (MR), yang dalam jadwal nasional mulai diberikan pada usia 9 bulan. Antibodi IgG dari ibu yang diterima lewat plasenta hanya melindungi selama beberapa bulan dan terus menurun. Bayi seperti ini bergantung pada kekebalan kelompok: bila sebagian besar warga sudah divaksin, virus sulit berpindah dan tidak sampai ke bayi. Karena banyak orang tua menolak imunisasi, rantai penularan tidak terputus, virus campak yang sangat menular menyebar, dan bayi yang belum bisa divaksin ikut tertular. Jadi imunisasi melindungi diri sendiri sekaligus orang lain. [Bab 16 · C4 · 16-15]
39. Pasien A: kulit termasuk jaringan labil. Sel punca di lapisan dasar kulit terus membelah, dan sel kulit dari tepi luka merayap menutup lecet, sehingga terjadi regenerasi dan fungsi kulit pulih; parut hanya muncul bila luka sangat dalam. Pasien B: sel hati termasuk sel stabil. Sel hati biasanya beristirahat di fase G₀, tetapi dapat kembali membelah saat ada kerusakan. Karena kerangka jaringannya masih utuh, sel-sel baru dapat tersusun kembali sesuai struktur asal, sehingga hati beregenerasi. Bila cedera berlangsung menahun (misalnya hepatitis atau alkohol), yang terbentuk justru parut dan dapat berlanjut menjadi sirosis. Pasien C: neuron termasuk sel permanen yang hampir tidak dapat membelah. Neuron yang mati tidak dapat diganti, sehingga daerah yang rusak ditambal jaringan parut dan fungsinya (misalnya menggerakkan lengan atau berbicara) hilang atau berkurang secara menetap. Perbaikan fungsi setelah stroke terutama berasal dari neuron yang masih hidup yang dilatih mengambil alih tugas melalui rehabilitasi. Karena itu stroke perlu ditangani secepat mungkin agar lebih sedikit neuron yang mati. [Bab 17 · C4 · 17-15]
40. Klaim itu belum layak dipercaya. Kelemahan buktinya: (1) tidak ada kelompok pembanding atau plasebo, sehingga perubahan bisa terjadi karena kebetulan, perbedaan cara mengukur, atau perubahan gaya hidup selama 3 bulan; (2) jumlah peserta hanya 20 dan tidak dipilih acak, padahal panjang telomer sangat bervariasi antarorang dan pengukurannya memiliki galat yang cukup besar; (3) panjang telomer sel darah putih juga dipengaruhi susunan jenis sel darah putih saat diambil, misalnya sesudah infeksi; (4) tidak ada data luaran yang penting, seperti penyakit, fungsi tubuh, atau umur; dan (5) pembuat iklan berkepentingan sehingga ada risiko bias. Telomer lebih panjang belum tentu berarti awet muda karena penuaan disebabkan banyak tanda yang saling terkait, misalnya kerusakan DNA, perubahan epigenetik, gangguan protein dan autofagi, mitokondria yang terganggu, senesens, habisnya sel punca, dan radang

menahun; sel yang hampir tidak membelah seperti neuron tetap menua (Bab 36.7). Risikonya: sekitar 85–90% sel kanker menyalakan telomerase agar dapat membelah tanpa batas (Bab 11), sehingga memaksa telomer memanjang secara tidak terkendali secara teori dapat memudahkan sel yang sudah rusak terus membelah. Bukti yang dibutuhkan: uji klinis acak tersamar ganda dengan plasebo, peserta dalam jumlah memadai, lama pengamatan bertahun-tahun, luaran yang bermakna (penyakit terkait usia, fungsi fisik, kematian) di samping penanda laboratorium, pemantauan efek samping termasuk kanker, persetujuan komisi etik, pendaftaran uji klinis, dan hasil yang diterbitkan serta diulang oleh peneliti lain yang tidak berkepentingan. [Bab 36 · C5 · 36-15]

Kisi-kisi soal • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menyebutkan arti kata Yunani yang menyusun istilah prokariota.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menyebutkan manfaat bakteri <i>Rhizobium</i> yang hidup di bintil akar tanaman polong.	C1	Pilihan ganda
3	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan dasar warna ungu bakteri Gram positif pada pewarnaan Gram.	C2	Pilihan ganda
4	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan hasil pewarnaan Gram sampel urin, peserta didik dapat menafsirkan jenis bakteri penyebab infeksi berdasarkan warna dan bentuknya.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan kasus pasien TBC yang ingin berhenti minum obat, peserta didik dapat menganalisis alasan pengobatan harus dituntaskan.	C4	Pilihan ganda
6	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menyebutkan cara penularan virus dengue penyebab demam berdarah.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menyebutkan reseptor sel manusia yang diikat protein paku virus corona penyebab COVID-19.	C1	Pilihan ganda
8	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan urutan tahap siklus pembajakan sel oleh virus beramplop.	C2	Pilihan ganda
9	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan data penelitian pelepasan nyamuk pembawa <i>Wolbachia</i> di Yogyakarta, peserta didik dapat menafsirkan kesimpulan yang didukung data tersebut.	C4	Pilihan ganda
10	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan kasus virus HIV terdeteksi kembali setelah ARV dihentikan, peserta didik dapat menganalisis penyebab kambuhnya infeksi.	C4	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menyebutkan jenis plastida yang memberi warna merah dan jingga pada buah serta umbi.	C1	Pilihan ganda
12	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan tempat penyimpanan pigmen antosianin di dalam sel tumbuhan.	C2	Pilihan ganda
13	Bab 20 Negara Berbenteng	Disajikan kasus kangkung layu yang kembali segar setelah direndam air, peserta didik dapat menerapkan konsep osmosis untuk menjelaskan peristiwa tersebut.	C3	Pilihan ganda
14	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan cara sel tumbuhan membentuk sekat baru pada tahap sitokinesis.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 20 Negara Berbenteng	Disajikan data perubahan panjang potongan kentang dalam tiga larutan, peserta didik dapat menafsirkan urutan konsentrasi larutan tersebut.	C4	Pilihan ganda
16	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menyebutkan nama pori-pori daun tempat masuknya CO ₂ dari udara.	C1	Pilihan ganda
17	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab perubahan warna daun yang menua menjadi kuning sebelum gugur.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan hasil aliran ion H ⁺ melalui ATP sintase pada reaksi terang.	C2	Pilihan ganda
19	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Disajikan data laju gelembung Hydrilla pada berbagai intensitas cahaya, peserta didik dapat menafsirkan faktor pembatas laju fotosintesis.	C4	Pilihan ganda
20	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan keuntungan pembukaan stomata pada malam hari bagi tumbuhan CAM di lahan panas dan kering.	C2	Pilihan ganda
21	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat mengidentifikasi bagian saluran cerna yang memiliki kepadatan bakteri paling tinggi.	C1	Pilihan ganda
22	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab perbedaan jumlah bakteri penghuni lambung dan usus besar.	C2	Pilihan ganda
23	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menjelaskan peran butirat bagi kolonisasi di dinding usus besar.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
24	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan data simulasi pengaruh serat dan antibiotik terhadap mikrobiota usus, peserta didik dapat menafsirkan hubungan antarvariabel dalam data tersebut.	C4	Pilihan ganda
25	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan pola perubahan kerentanan terhadap <i>C. difficile</i> selama pemakaian antibiotik, peserta didik dapat menganalisis alasan biologis pola tersebut.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan lokasi rantai transpor elektron dan ATP sintase pada sel bakteri.	C2	Benar-salah
27	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan kemampuan virus memperbanyak diri dalam kaitannya dengan keberadaan sel inang.	C2	Benar-salah
28	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan cara jamur memperoleh makanan dalam kaitannya dengan ketiadaan klorofil.	C2	Benar-salah
29	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan asal bahan penyusun sebagian besar massa tubuh tumbuhan.	C2	Benar-salah
30	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menjelaskan dampak penggunaan antibiotik terhadap mikrobiota usus.	C2	Benar-salah
31	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan istilah untuk pemindahan plasmid antarbakteri melalui pilus seks.	C2	Isian singkat
32	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menyebutkan sebutan virus sebagai parasit berdasarkan ketergantungannya pada sel inang.	C1	Isian singkat
33	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menyebutkan nama saluran penghubung sitoplasma antarsel tumbuhan yang menembus dinding sel.	C1	Isian singkat
34	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menyebutkan nama kantong pipih penyusun granum di dalam kloroplas.	C1	Isian singkat
35	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menyebutkan istilah untuk kemampuan mikrobiota usus dalam mencegah kuman jahat menetap.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan kasus diare setelah minum antibiotik, peserta didik dapat menganalisis penyebabnya berdasarkan peran bakteri usus.	C4	Uraian
37	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan perbandingan sel sasaran HIV dan virus corona, peserta didik dapat menganalisis penentu sel sasaran dan dampak rusaknya sel T helper.	C4	Uraian
38	Bab 20 Negara Berbenteng	Disajikan percobaan penyiraman kangkung dengan air dan larutan pupuk berbagai dosis, peserta didik dapat menganalisis hasilnya berdasarkan konsep osmosis.	C4	Uraian
39	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Disajikan percobaan uji amilum pada daun yang ditutup sebagian dengan kertas timah, peserta didik dapat menafsirkan hasil pengamatannya.	C4	Uraian
40	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan data penelitian potong lintang tentang bakteri usus dan obesitas, peserta didik dapat menilai kesimpulan sebab-akibat dalam sebuah iklan.	C5	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 11 · C2 = 15 · C3 = 1 · C4 = 12 · C5 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Istilah prokariota berasal dari kata Yunani *pro* dan *karyon*. Arti kata *karyon* adalah...
 - A. dinding
 - B. inti
 - C. sel
 - D. hidup
2. Bakteri *Rhizobium* di bintil akar kacang tanah dan kedelai bermanfaat karena...
 - A. mengikat nitrogen dari udara menjadi pupuk bagi tanaman
 - B. membuat vitamin K untuk tanaman
 - C. menghasilkan penisilin
 - D. mengubah gula menjadi asam laktat
3. Pada pewarnaan Gram, bakteri Gram positif tampak ungu karena...
 - A. tidak memiliki dinding sel
 - B. dibungkus membran luar yang tebal
 - C. dinding peptidoglikannya tebal sehingga menahan zat warna ungu kristal
 - D. mengandung klorofil berwarna ungu
4. Sampel urin pasien infeksi saluran kemih diwarnai dengan metode Gram. Di mikroskop terlihat bakteri berbentuk batang berwarna merah muda. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
 - A. bakteri Gram positif dengan dinding peptidoglikan tebal, seperti *Lactobacillus*
 - B. bakteri Gram negatif dengan dinding tipis dan membran luar, misalnya *E. coli*
 - C. sel manusia yang terlepas dari saluran kemih
 - D. virus yang ikut terwarnai

5. Seorang pasien TBC merasa sehat setelah 2 bulan minum obat dan ingin berhenti. Alasan paling tepat mengapa ia harus melanjutkan pengobatan sesuai anjuran dokter (umumnya 6 bulan) adalah...
- A. bakteri TBC membelah sangat lambat dan bersembunyi di dalam makrofag, sehingga butuh waktu lama untuk membasmi semuanya; berhenti terlalu cepat memberi peluang bakteri sisa dan yang kebal
 - B. obat TBC baru mulai bekerja pada bulan keenam
 - C. tubuh pasien akan menjadi kebal terhadap obat bila ia berhenti
 - D. bakteri TBC sebenarnya virus yang tidak mempan antibiotik
6. Virus dengue penyebab demam berdarah ditularkan melalui...
- A. percikan bersin penderita
 - B. makanan yang tercemar
 - C. gigitan nyamuk *Anopheles*
 - D. gigitan nyamuk *Aedes aegypti*
7. Protein paku virus corona penyebab COVID-19 menempel pada sel manusia dengan mengikat reseptor...
- A. ACE2
 - B. CD4
 - C. MHC kelas II
 - D. reseptor insulin
8. Urutan siklus pembajakan sel oleh virus beramplop yang benar adalah...
- A. masuk → menempel → merakit salinan → membongkar bungkus → membajak dapur → keluar
 - B. menempel → membajak dapur → masuk → merakit salinan → membongkar bungkus → keluar
 - C. menempel → masuk → membongkar bungkus → membajak dapur → merakit salinan → keluar
 - D. membongkar bungkus → menempel → masuk → keluar → membajak dapur → merakit salinan
9. Penelitian di Yogyakarta melepaskan nyamuk *Aedes aegypti* pembawa bakteri *Wolbachia*. Dibanding wilayah pembandingan, kasus demam berdarah di wilayah perlakuan turun 77% dan rawat inap turun 86%. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. *Wolbachia* membunuh semua nyamuk sehingga tidak ada lagi gigitan
 - B. *Wolbachia* adalah vaksin yang disuntikkan kepada warga
 - C. *Wolbachia* mengubah virus dengue menjadi bakteri
 - D. *Wolbachia* menghambat perkembangbiakan virus dengue di dalam nyamuk sehingga penularan ke manusia berkurang

- L10. Seorang pasien HIV yang rutin minum ARV selama bertahun-tahun memiliki jumlah virus yang tidak terdeteksi. Ia lalu berhenti minum obat, dan beberapa minggu kemudian virus terdeteksi lagi di darahnya. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. DNA HIV tetap tersimpan di kromosom sebagian sel, sehingga sel kembali mencetak virus saat obat dihentikan
 - B. ARV sudah menghapus semua virus, sehingga pasien pasti tertular ulang dari orang lain
 - C. HIV berubah menjadi bakteri saat obat dihentikan
 - D. ARV membuat sel T menjadi pabrik virus
- L11. Plastida yang memberi warna merah pada cabai dan jingga pada wortel adalah...
- A. kloroplas
 - B. kromoplas
 - C. amiloplas
 - D. mitokondria
- L12. Warna ungu pada kulit terong dan umbi bawang merah berasal dari pigmen antosianin yang disimpan di...
- A. dinding sel
 - B. kloroplas
 - C. nukleus
 - D. vakuola sentral
- L13. Nenek merendam kangkung yang agak layu di air dingin, dan tidak lama kemudian kangkung itu kembali segar. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. air masuk ke vakuola sehingga sel kembali turgid dan menekan dinding sel
 - B. air dingin membunuh bakteri pembusuk
 - C. klorofil bertambah karena direndam air
 - D. dinding sel larut lalu terbentuk kembali
- L14. Saat sitokinesis, sel tumbuhan membentuk sekat baru dengan cara...
- A. menjepit dirinya dengan cincin aktin-miosin
 - B. vesikel dari Golgi berbaris di tengah sel lalu melebur menjadi lempeng sel
 - C. dinding sel lama retak menjadi dua
 - D. sentriol menarik dinding ke tengah sel
- L15. Tiga potong kentang yang sama, masing-masing sepanjang 5,0 cm, direndam semalam dalam larutan P, Q, dan R. Keesokan harinya panjangnya menjadi: P = 5,4 cm dan keras; Q = 5,0 cm; R = 4,5 cm dan lembek. Urutan larutan dari yang paling encer ke yang paling pekat adalah...
- A. P, Q, R
 - B. R, Q, P
 - C. Q, P, R
 - D. P, R, Q

16. CO₂ dari udara masuk ke dalam daun melalui pori-pori kecil yang disebut...
- A. xilem
 - B. floem
 - C. tilakoid
 - D. stomata
17. Mengapa daun yang menua sering berubah menjadi kuning sebelum gugur?
- A. Klorofil terurai sehingga pigmen karotenoid yang berwarna jingga-kuning menjadi terlihat
 - B. Daun mulai menyerap cahaya hijau lebih banyak
 - C. Stomata menutup sehingga cahaya tidak dapat masuk
 - D. Pati di dalam daun berubah warna menjadi kuning
18. Pada reaksi terang, ion H⁺ yang menumpuk di lumen tilakoid mengalir keluar melalui ATP sintase dan memutar “turbinnya”. Proses ini menghasilkan...
- A. NADPH
 - B. O₂
 - C. G3P
 - D. ATP
19. Pada simulator *Hydrilla* (CO₂ sedang, suhu 28 °C), seorang siswa mencatat: cahaya 20% → 12 gelembung/menit, 40% → 24, 60% → 36, 80% → 39, dan 100% → 39. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. Cahaya selalu menjadi faktor pembatas pada semua intensitas
 - B. Cahaya di atas 60% merusak klorofil sehingga laju berhenti naik
 - C. Suhu 28 °C terlalu panas sehingga laju tidak dapat naik lagi
 - D. Sampai sekitar 60% cahaya menjadi faktor pembatas; setelah itu faktor lain, misalnya CO₂, yang membatasi
20. Nanas termasuk tumbuhan CAM yang membuka stomata pada malam hari. Keuntungan utama cara ini bagi nanas di lahan yang panas dan kering adalah...
- A. menghemat air, karena stomata tertutup saat siang yang panas, sementara CO₂ sudah ditimbun pada malam hari
 - B. nanas dapat menjalankan reaksi terang pada malam hari tanpa cahaya
 - C. nanas tidak memerlukan enzim RuBisCO sama sekali
 - D. nanas tidak melepaskan O₂ sehingga tidak kehilangan gas
21. Bagian saluran cerna dengan kepadatan bakteri paling tinggi, yaitu sekitar 10¹¹ bakteri per mililiter isi, adalah...
- A. mulut
 - B. lambung
 - C. usus besar
 - D. usus halus bagian atas

22. Mengapa lambung dihuni jauh lebih sedikit bakteri daripada usus besar?

- A. karena isi lambung sangat asam, sehingga hanya sedikit mikroba yang sanggup bertahan
- B. karena makanan dan minuman yang masuk ke lambung selalu bebas mikroba sama sekali
- C. karena dinding lambung melepas antibiotik yang membunuh seluruh bakteri yang masuk
- D. karena lambung penuh oksigen sehingga bakteri anaerob mati dan bakteri aerob kehausan

23. Bagi kolonosit, yaitu sel penyerap di dinding usus besar, butirrat terutama berperan sebagai...

- A. racun sisa yang harus segera dibuang ke dalam darah
- B. hormon kenyang yang dilepas ke dalam pembuluh darah usus
- C. antibiotik alami yang membunuh semua bakteri di rongga usus besar
- D. bahan bakar utama yang dibakar di mitokondria

24. Kelompok Bima mencatat angka dari lab maya kebun warga usus di Bab 32.6 (model sederhana, angka relatif 0–100, bukan hasil pengukuran pada manusia).

- Tinggi serat, tanpa antibiotik: keragaman 100, butirrat 100, kerentanan 0
- Rendah serat, tanpa antibiotik: keragaman 62, butirrat 26, kerentanan 11
- Tinggi serat, antibiotik hari ke-7: keragaman 40, butirrat 40, kerentanan 84
- Rendah serat, antibiotik hari ke-7: keragaman 25, butirrat 10, kerentanan 95
- Tinggi serat, antibiotik hari ke-30: keragaman 84, butirrat 84, kerentanan 22
- Rendah serat, antibiotik hari ke-30: keragaman 43, butirrat 18, kerentanan 55

Kesimpulan yang paling tepat adalah...

- A. antibiotik menurunkan keragaman hanya pada pola makan rendah serat, sedangkan pola makan tinggi serat terlindungi
- B. pada hari ke-7 butirrat kedua pola makan sama-sama turun, sehingga produksi butirrat sepenuhnya ditentukan antibiotik dan tidak dipengaruhi pola makan sama sekali
- C. kerentanan terhadap *C. difficile* paling rendah pada hari ke-7, yaitu saat obat antibiotik masih bekerja penuh di dalam usus besar
- D. keragaman turun pada kedua pola makan, tetapi pada hari ke-30 kampung tinggi serat pulih lebih jauh

25. Di lab maya Bab 32.6, batang “kerentanan terhadap *C. difficile*” memuncak pada hari ke-7 pemakaian antibiotik lalu turun perlahan selama masa pulih. Alasan biologis yang paling tepat adalah...

- A. antibiotik yang tertimbun di usus besar berubah menjadi racun yang merusak dinding usus dan memanggil spora *C. difficile* dari luar tubuh
- B. pada hari ke-7 warga baik paling sedikit, sehingga resistensi kolonisasi paling lemah
- C. spora *C. difficile* memakai antibiotik sebagai sumber makanan utamanya selama tujuh hari pertama
- D. lendir usus besar menebal akibat antibiotik, sehingga racun *C. difficile* terkurung di dekat dinding usus

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Karena tidak memiliki mitokondria, bakteri memasang rantai transpor elektron dan ATP sintase di membran selnya.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

27. Virus dapat memperbanyak dirinya sendiri di luar sel, misalnya di permukaan meja yang lembap.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

28. Jamur tidak dapat berfotosintesis karena tidak memiliki klorofil, sehingga ia mengeluarkan enzim lalu menyerap makanan dari sekitarnya.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Sebagian besar massa tubuh sebatang pohon berasal dari mineral tanah yang diserap oleh akarnya.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Antibiotik hanya membunuh bakteri penyebab infeksi dan tidak memengaruhi bakteri baik di usus.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Pengoperan plasmid dari satu bakteri ke bakteri lain melalui pilus seks disebut ____ .

32. Karena hanya dapat memperbanyak diri di dalam sel inang, virus disebut parasit intraseluler ____ .

33. Lubang-lubang kecil yang menembus dinding sel sehingga sitoplasma sel tumbuhan yang bertetangga saling tersambung disebut ____ .

34. Di dalam kloroplas terdapat kantong-kantong pipih yang ditumpuk seperti koin membentuk granum. Kantong pipih itu disebut ____.

35. Warga usus yang ramai menghabiskan tempat dan makanan, membuat zat penghambat, serta mengubah asam empedu, sehingga kuman jahat sulit menetap. Kemampuan ini disebut ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Setelah minum antibiotik beberapa hari, sebagian orang mengalami diare. Analisis penyebabnya dengan memakai peran bakteri usus yang dijelaskan di subbab 18.5, lalu jelaskan mengapa hal ini menjadi alasan tambahan untuk memakai antibiotik hanya bila diresepkan dokter.

37. HIV terutama menyerang sel T helper, sedangkan virus corona COVID-19 terutama menyerang sel saluran napas. Jelaskan apa yang menentukan “pilihan” sel sasaran ini. Lalu analisis mengapa rusaknya sel T helper membuat penderita AIDS mudah terserang infeksi lain yang biasanya ringan.

38. Bima menanam bibit kangkung di tiga pot yang sama. Setiap hari pot 1 disiram 100 mL air, pot 2 disiram 100 mL larutan pupuk sesuai dosis, dan pot 3 disiram 100 mL larutan pupuk lima kali dosis. Setelah 3 hari, tanaman di pot 1 dan pot 2 tegak segar, sedangkan tanaman di pot 3 layu dan ujung daunnya kering kecokelatan. (a) Tentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. (b) Jelaskan hasil pot 3 di tingkat sel. (c) Mengapa pot 2 tidak layu walaupun diberi pupuk?

39. Sebuah tanaman disimpan di tempat gelap selama dua hari. Sehelai daunnya lalu ditutup sebagian dengan kertas timah, dan tanaman dijemur beberapa jam. Setelah klorofilnya dilunturkan dengan alkohol hangat, daun ditetesi lugol (iodin). Bagian yang terbuka berwarna biru-kehitaman, sedangkan bagian yang tertutup berwarna coklat-kekuningan. Analisis hasil ini: apa arti kedua warna, apa kesimpulannya, dan mengapa tanaman perlu disimpan di tempat gelap lebih dulu?

40. Sebuah penelitian (data rekaan) memeriksa tinja 300 orang dewasa pada satu waktu. Hasilnya, bakteri jenis P rata-rata 12% dari seluruh bakteri pada 150 orang berberat badan normal, tetapi hanya 4% pada 150 orang dengan obesitas, dan perbedaannya bermakna secara statistik. Sebuah iklan lalu menyimpulkan: “Kekurangan bakteri P menyebabkan obesitas, jadi minumlah suplemen bakteri P agar berat badan turun.” Nilailah kesimpulan iklan itu. Jelaskan tiga kelemahan penalarannya, dua penjelasan lain yang sama-sama cocok dengan data, bukti tambahan yang diperlukan untuk mendukung sebab-akibat, dan satu risiko bila masyarakat memercayai iklan itu.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **B.** inti *Pro* berarti sebelum dan *karyon* berarti inti. Prokariota adalah makhluk yang selnya tidak memiliki inti bermembran; DNA-nya berada di daerah nukleoid. [Bab 18 · C1 · 18-01]
2. **A.** mengikat nitrogen dari udara menjadi pupuk bagi tanaman *Rhizobium* mengikat nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang bisa dipakai tanaman. Karena itu tanaman kacang-kacangan tetap tumbuh baik di tanah yang kurang nitrogen. [Bab 18 · C1 · 18-03]
3. **C.** dinding peptidoglikannya tebal sehingga menahan zat warna ungu kristal Dinding peptidoglikan yang tebal menahan ungu kristal. Pada Gram negatif, dindingnya tipis dan dibungkus membran luar, sehingga warna ungu luntur dan sel tampak merah muda oleh pewarna kedua. [Bab 18 · C2 · 18-04]
4. **B.** bakteri Gram negatif dengan dinding tipis dan membran luar, misalnya *E. coli* Warna merah muda menandakan Gram negatif, karena ungu kristal luntur dari dinding yang tipis. *E. coli* adalah bakteri batang Gram negatif yang dapat menempel di saluran kemih dengan pilinya. Virus terlalu kecil untuk terlihat dengan mikroskop cahaya. [Bab 18 · C4 · 18-10]
5. **A.** bakteri TBC membelah sangat lambat dan bersembunyi di dalam makrofag, sehingga butuh waktu lama untuk membasmi semuanya; berhenti terlalu cepat memberi peluang bakteri sisa dan yang kebal Bakteri TBC membelah hanya setiap $\pm 15-20$ jam dan bersembunyi di makrofag paru, sehingga obat harus diminum setiap hari tanpa terputus. Yang bisa menjadi kebal adalah bakterinya, bukan tubuh pasien. [Bab 18 · C4 · 18-11]
6. **D.** gigitan nyamuk *Aedes aegypti* Virus dengue dibawa nyamuk *Aedes aegypti*. Karena itu pencegahannya adalah 3M Plus: menguras dan menutup tempat air, mendaur ulang barang bekas, dan mencegah gigitan nyamuk. [Bab 19 · C1 · 19-03]
7. **A.** ACE2 Paku virus corona cocok dengan ACE2, sedangkan HIV menempel pada CD4 di sel T helper. Kecocokan kunci-gembok inilah yang menentukan jenis sel yang bisa diserang virus. [Bab 19 · C1 · 19-04]
8. **C.** menempel → masuk → membongkar bungkus → membajak dapur → merakit salinan → keluar Virus harus menempel pada reseptor dulu, lalu masuk, melepaskan genomnya, memaksa sel membuat komponen virus, merakitnya, dan akhirnya keluar dengan menguncup atau meledakkan sel. [Bab 19 · C2 · 19-09]
9. **D.** *Wolbachia* menghambat perkembangbiakan virus dengue di dalam nyamuk sehingga penularan ke manusia berkurang Nyamuk tetap ada dan tetap menggigit, tetapi virus dengue sulit berkembang biak di dalam tubuhnya. Adanya wilayah pembanding membuat penurunan kasus dapat dikaitkan dengan perlakuan, bukan dengan kebetulan. [Bab 19 · C4 · 19-12]
10. **A.** DNA HIV tetap tersimpan di kromosom sebagian sel, sehingga sel kembali mencetak virus saat obat dihentikan ARV menekan pembuatan virus, tetapi tidak menghapus “halaman palsu” yang sudah dijahit ke perpustakaan sel. Karena itu ARV perlu diminum setiap hari. Dengan ARV teratur, penderita HIV bisa hidup sehat dan panjang. [Bab 19 · C4 · 19-13]
11. **B.** kromoplas Kromoplas menyimpan pigmen merah, kuning, atau jingga. Kloroplas berwarna hijau, amiloplas menyimpan pati, dan mitokondria bukan plastida. [Bab 20 · C1 · 20-03]
12. **D.** vakuola sentral Vakuola sentral bukan hanya waduk air, tetapi juga gudang pigmen, gula, dan zat pahit pengusir hama. Karena itu vakuola sel *Rhoeo* atau bawang merah tampak ungu di bawah

mikroskop. [Bab 20 · C2 · 20-04]

13. **A.** air masuk ke vakuola sehingga sel kembali turgid dan menekan dinding sel. Cairan sel lebih pekat daripada air rendaman, sehingga air masuk lewat osmosis. Vakuola membengkak dan tekanan turgor mendorong membran ke dinding, sehingga daun kembali tegak. [Bab 20 · C3 · 20-05]
14. **B.** vesikel dari Golgi berbaris di tengah sel lalu melebur menjadi lempeng sel. Dinding yang kaku membuat sel tumbuhan tidak bisa menjepit diri seperti sel hewan. Kantor ekspedisi (Golgi) mengirim vesikel berisi bahan dinding yang melebur menjadi tembok baru dari tengah ke pinggir. [Bab 20 · C2 · 20-09]
15. **A.** P, Q, R Di larutan P air masuk sehingga kentang memanjang dan keras, jadi P paling encer. Di Q tidak ada perubahan, jadi Q kira-kira setara dengan cairan sel. Di R air keluar sehingga kentang memendek dan lembek, jadi R paling pekat. [Bab 20 · C4 · 20-10]
16. **D.** stomata Stomata adalah pori-pori daun yang dibuka dan ditutup oleh sel penjaga. Xilem mengangkut air, floem mengangkut gula, dan tilakoid adalah kantong pipih di dalam kloroplas. [Bab 21 · C1 · 21-02]
17. **A.** Klorofil terurai sehingga pigmen karotenoid yang berwarna jingga-kuning menjadi terlihat. Daun juga mengandung karotenoid berwarna jingga-kuning. Selama klorofil masih banyak, warna hijau menutupinya. Saat klorofil terurai, karotenoid tampak sehingga daun menguning. [Bab 21 · C2 · 21-04]
18. **D.** ATP Aliran H^+ melalui ATP sintase menggabungkan ADP dan fosfat menjadi ATP (fotofosforilasi), persis seperti turbin di mitokondria. NADPH terbentuk di fotosistem I, O_2 dari pemecahan air, dan G3P di siklus Calvin. [Bab 21 · C2 · 21-09]
19. **D.** Sampai sekitar 60% cahaya menjadi faktor pembatas; setelah itu faktor lain, misalnya CO_2 , yang membatasi. Laju naik sebanding dengan cahaya sampai $\pm 60\%$, tanda cahaya sedang membatasi. Setelah itu laju mendatar walau cahaya ditambah, sehingga faktor lain (di sini CO_2 sedang) menjadi papan terpendek pada ember kayu. [Bab 21 · C4 · 21-11]
20. **A.** menghemat air, karena stomata tertutup saat siang yang panas, sementara CO_2 sudah ditimbun pada malam hari. Tumbuhan CAM memisahkan waktu: CO_2 ditimbun malam hari saat udara sejuk, lalu dipakai siang hari dengan stomata tertutup sehingga air tidak banyak menguap. Reaksi terang tetap memerlukan cahaya, dan RuBisCO tetap bekerja di siklus Calvin. [Bab 21 · C2 · 21-12]
21. **C.** usus besar Kepadatan bakteri naik sekitar satu miliar kali dari lambung ke usus besar. Usus besar beraliran lambat dan miskin oksigen, sehingga menjadi kota terpadat dengan sekitar 10^{11} bakteri per mililiter isi. Seluruh mikrobiota usus orang dewasa diperkirakan berisi sekitar 38 triliun bakteri dengan berat total kira-kira 0,2 kg. [Bab 32 · C1 · 32-01]
22. **A.** karena isi lambung sangat asam, sehingga hanya sedikit mikroba yang sanggup bertahan. Lambung terlalu asam bagi kebanyakan bakteri. Di usus halus bagian atas, empedu dan aliran yang cepat juga menekan jumlah bakteri, sedangkan di usus besar aliran lambat dan tanpa oksigen justru mendukung warga anaerob. *Helicobacter pylori* adalah contoh bakteri yang mampu bertahan di lambung yang asam. [Bab 32 · C2 · 32-02]
23. **D.** bahan bakar utama yang dibakar di mitokondria. Butirat diserap kolonosit lalu dibakar di mitokondria menjadi ATP, dan inilah sumber energi utama sel dinding usus besar. Butirat juga membantu menjaga pagar sel tetap rapat, merangsang pembuatan lendir, dan membantu terbentuknya sel T regulator. Asetat dan propionat lebih banyak diserap ke darah; GLP-1 dan PYY adalah hormon kenyang yang dilepas sel enteroendokrin, bukan butirat itu sendiri. [Bab 32 · C2 · 32-04]

24. **D.** keragaman turun pada kedua pola makan, tetapi pada hari ke-30 kampung tinggi serat pulih lebih jauh Keragaman turun pada keduanya dan sisanya sama-sama 40% dari keadaan awal (40 dari 100 dan 25 dari 62), jadi pola makan tinggi serat tidak terlindungi dari pukulan antibiotik. Bedanya ada pada pemulihan: pada hari ke-30 kampung tinggi serat sudah mencapai 84 (84% dari awal) dengan butirat 84, sedangkan kampung rendah serat baru 43 (sekitar 69% dari awal) dengan butirat 18. Butirat jelas dipengaruhi pola makan, karena pada keragaman yang sama-sama tinggal 40% angkanya 40 berbanding 10. Kerentanan justru paling tinggi di hari ke-7 (84 dan 95), yaitu saat warga baik paling sedikit. [Bab 32 · C4 · 32-09]
25. **B.** pada hari ke-7 warga baik paling sedikit, sehingga resistensi kolonisasi paling lemah Antibiotik menekan jumlah warga baik sampai titik terendah di akhir masa pemakaian. Saat itu tempat menempel dan makanan menjadi kosong, zat penghambat berkurang, dan pengubahan asam empedu melemah, sehingga spora *C. difficile* yang tahan lama dapat berkecambah dan melepas racun. Ketika warga pulih, resistensi kolonisasi kembali dan kerentanan menurun. Racunnya dibuat bakteri, bukan oleh antibiotik, dan spora tidak memakan antibiotik. [Bab 32 · C4 · 32-11]

B. Benar–salah

26. **Benar** Membran bakteri berfungsi sekaligus sebagai perbatasan dan PLN. Mitokondria di sel kita pun berasal dari bakteri purba yang dulu hidup di dalam sel lain (Bab 8). [Bab 18 · C2 · 18-07]
27. **Salah** Virus tidak punya ribosom dan tidak membuat ATP sendiri, sehingga hanya bisa memperbanyak diri di dalam sel inang. Di permukaan meja, virus hanya bisa bertahan untuk sementara, bukan bertambah banyak. [Bab 19 · C2 · 19-06]
28. **Benar** Jamur bukan tumbuhan. Dinding selnya dari kitin dan cara makannya menyerap, misalnya kapang *Rhizopus* yang mencerna kedelai menjadi tempe. [Bab 20 · C2 · 20-07]
29. **Salah** Salah. Pada percobaan van Helmont, pohon dedalu bertambah berat ± 74 kg, tetapi tanahnya hanya berkurang ± 57 gram. Sebagian besar tubuh tumbuhan dibangun dari CO₂ udara dan air melalui fotosintesis. [Bab 21 · C2 · 21-06]
30. **Salah** Salah. Antibiotik tidak bisa memilih: bakteri baik di usus ikut berkurang. Kebanyakan kampung pulih dalam beberapa minggu sampai bulan, tetapi sebagian spesies bisa hilang lebih lama. Karena itu antibiotik tidak dipakai untuk flu biasa yang disebabkan virus, tidak dibeli tanpa resep, dan sisanya tidak diberikan kepada orang lain. Bila sudah diresepkan dokter, antibiotik tetap harus dihabiskan sesuai petunjuk. [Bab 32 · C2 · 32-07]

C. Isian singkat

31. **konjugasi** Lewat konjugasi, gen kebal antibiotik di plasmid dapat menyebar ke bakteri lain, bahkan ke jenis yang berbeda. Karena itu resistensi bisa menyebar jauh lebih cepat daripada lewat mutasi saja. [Bab 18 · C2 · 18-14]
32. **obligat** Obligat berarti wajib. Di luar sel, virus hanyalah partikel diam yang bahkan bisa dikristalkan seperti garam. [Bab 19 · C1 · 19-08]
33. **plasmodesmata** (juga diterima: plasmodesma) Plasmodesmata adalah terowongan tembus benteng. Air, gula, dan molekul sinyal bisa lewat, mirip taut celah pada sel hewan. [Bab 20 · C1 · 20-08]
34. **tilakoid** (juga diterima: thylakoid) Tilakoid adalah kantong pipih yang membrannya berisi klorofil. Tumpukan tilakoid disebut granum, dan di membran inilah reaksi terang berlangsung. [Bab 21 · C1 · 21-08]

35. **resistensi kolonisasi** (juga diterima: colonization resistance; daya tahan kolonisasi) Resistensi kolonisasi adalah salah satu “sewa” yang dibayar warga usus. Ketika resistensi ini melemah, misalnya setelah antibiotik, spora *Clostridioides difficile* dapat berkecambah dan melepas racun yang merusak dinding usus besar sehingga timbul diare berat. [Bab 32 · C1 · 32-08]

D. Uraian

36. Antibiotik tidak bisa membedakan bakteri jahat dan bakteri baik, sehingga bakteri usus yang peka ikut terbunuh. Padahal bakteri usus membantu mencerna serat, membuat vitamin K, melatih sistem imun, dan menempati tempat sehingga kuman jahat tidak kebagian. Bila jumlahnya berkurang, keseimbangan terganggu: pencernaan serat berubah dan kuman merugikan yang kebal dapat tumbuh berlebihan, sehingga terjadi diare. Setiap pemakaian antibiotik juga menyeleksi bakteri kebal di usus. Karena itu antibiotik hanya dipakai bila benar-benar perlu, sesuai resep dan dosis dokter, dan tidak untuk pilek atau flu yang disebabkan virus. [Bab 18 · C4 · 18-16]
37. Sel sasaran (tropisme) ditentukan terutama oleh kecocokan protein paku virus dengan reseptor di membran sel, seperti kunci dan gembok. HIV menempel pada CD4 yang dimiliki sel T helper, sedangkan paku virus corona menempel pada ACE2 yang terdapat pada sel saluran napas. Sel tanpa reseptor yang cocok tidak bisa dimasuki. Sel T helper adalah komandan yang mengaktifkan sel B menjadi sel plasma dan membangunkan sel T sitotoksik. Bila jumlahnya terus turun, respons imun adaptif terhadap kuman apa pun melemah, sehingga kuman yang biasanya mudah dikendalikan, seperti bakteri TBC atau jamur, dapat menyebabkan infeksi berat. [Bab 19 · C4 · 19-15]
38. (a) Variabel bebas: konsentrasi larutan pupuk. Variabel terikat: kesegaran atau kelayuan tanaman. Variabel kontrol: jenis dan umur bibit, ukuran pot dan jenis tanah, volume siraman, cahaya, dan suhu; pot 1 berfungsi sebagai kontrol. (b) Larutan tanah di pot 3 jauh lebih pekat daripada cairan sel akar, sehingga air bergerak keluar dari sel akar lewat osmosis. Vakuola mengecil dan membran terlepas dari dinding (plasmolisis), akar tidak dapat menyerap air, sehingga tanaman layu dan ujung daun mengering seperti terbakar. (c) Pada dosis yang tepat, larutan tanah masih lebih encer daripada cairan sel akar, sehingga air tetap masuk, sementara unsur hara dari pupuk bermanfaat bagi pertumbuhan. [Bab 20 · C4 · 20-16]
39. Lugol berubah biru-kehitaman bila bertemu pati, dan tetap cokelat-kekuningan bila tidak ada pati. Bagian daun yang terkena cahaya membuat gula lewat fotosintesis lalu menyimpannya sebagai pati, sedangkan bagian yang tertutup tidak. Kesimpulan: cahaya diperlukan untuk fotosintesis (pembentukan pati). Tanaman disimpan di tempat gelap agar pati lama di daun terpakai habis, sehingga pati yang terdeteksi pasti dibuat selama percobaan; bagian daun yang terbuka berfungsi sebagai pembandingan (kontrol). [Bab 21 · C4 · 21-16]
40. Kesimpulan iklan itu tidak sah. (1) Penelitian ini bersifat potong lintang: komposisi mikrobiota dan berat badan diukur pada waktu yang sama, sehingga tidak diketahui mana yang lebih dahulu; hubungan tidak sama dengan sebab-akibat. (2) Arah sebab-akibat dapat terbalik: obesitas beserta pola makan dan obat yang menyertainya dapat mengubah mikrobiota, bukan sebaliknya. (3) Ada faktor pengganggu, terutama asupan serat dan pola makan, yang memengaruhi jumlah bakteri P sekaligus berat badan; usia, obat, aktivitas fisik, merokok, dan penyakit lain juga ikut berperan. Tambahan kelemahan: data mikrobiota bersifat komposisional, artinya angkanya persentase dari keseluruhan, sehingga turunnya 12% menjadi 4% bisa saja karena kelompok lain bertambah banyak, bukan karena bakteri P benar-benar lebih sedikit; selain itu perbedaan bermakna secara statistik belum berarti besar pengaruhnya bermakna bagi

kesehatan, dan satu lompatan besar lagi dilakukan iklan itu, yaitu menganggap menelan bakteri P akan menambah jumlahnya di usus dan menurunkan berat badan, padahal mikroba yang diminum sering hanya “mampir” dan tidak menetap. Dua penjelasan lain yang sama-sama cocok: (a) orang berberat badan normal pada penelitian itu makan lebih banyak serat, dan seratlal yang menyuburkan bakteri P (bakteri P hanya penanda pola makan, bukan penyebab); (b) obesitas atau pengobatannya mengubah lingkungan usus, misalnya waktu transit dan asam empedu, sehingga bakteri P berkurang sebagai akibat. Bukti tambahan yang diperlukan: penelitian kohort prospektif yang mengukur mikrobiota lebih dahulu lalu mengikuti perubahan berat badan bertahun-tahun; percobaan pada hewan gnotobiotik atau bebas kuman, seperti tikus bebas kuman yang menjadi lebih gemuk setelah menerima mikrobiota dari tikus gemuk (Turnbaugh dkk. 2006), sambil diingat bahwa hasil pada hewan tidak selalu berlaku pada manusia; dan yang paling penting uji acak terkontrol plasebo pada manusia yang memberi galur itu lalu mengukur berat badan dan komposisi tubuh, disertai pengukuran apakah galurnya benar-benar menetap, pengulangan pada kelompok lain, serta pemantauan keamanan. Risiko bila masyarakat memercayai iklan itu: orang membuang uang untuk suplemen yang belum terbukti dan menunda perubahan yang benar-benar bermanfaat seperti memperbanyak serat beragam, gerak badan, dan tidur cukup; orang dengan masalah kesehatan dapat menunda pemeriksaan ke tenaga kesehatan; dan pada bayi prematur serta orang dengan sistem imun sangat lemah, mikroba hidup justru dapat menimbulkan infeksi. Bab 32.7 juga mengingatkan agar kita mewaspadaai produk mikrobiota yang menjanjikan penyembuhan atau penurunan berat badan. [Bab 32 · C5 · 32-16]

Kisi-kisi soal • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan padanan plasmid dalam analogi desa bakteri sesuai dengan fungsinya.	C2	Pilihan ganda
2	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan kasus kaki tertusuk paku yang kotor oleh tanah, peserta didik dapat menentukan tindakan yang tepat untuk mencegah tetanus.	C3	Pilihan ganda
3	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan waktu generasi bakteri dalam kondisi ideal, peserta didik dapat menghitung jumlah bakteri setelah selang waktu tertentu.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan alasan transkripsi dan translasi pada bakteri dapat berlangsung bersamaan.	C2	Pilihan ganda
5	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan mekanisme kerja toksin kolera terhadap protein G, peserta didik dapat menentukan akibatnya pada sel usus.	C3	Pilihan ganda
6	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menyebutkan kisaran ukuran sebagian besar virus dalam satuan yang sesuai.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan padanan bagian struktur virus dalam analogi flashdisk berisi resep berbahaya.	C2	Pilihan ganda
8	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan kasus gigitan anjing liar yang status vaksinnya tidak diketahui, peserta didik dapat menentukan tindakan pertama yang paling tepat.	C3	Pilihan ganda
9	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan obat ARV penghambat enzim integrase HIV, peserta didik dapat menentukan tahap siklus hidup virus yang dicegah.	C3	Pilihan ganda
10	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan alasan vaksin flu perlu diperbarui setiap tahun.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
11	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menyebutkan bahan utama penyusun dinding sel tumbuhan.	C1	Pilihan ganda
12	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan padanan kloroplas dalam analogi Negara Berbenteng sesuai dengan fungsinya.	C2	Pilihan ganda
13	Bab 20 Negara Berbenteng	Disajikan ciri-ciri struktur dan cadangan makanan suatu sel, peserta didik dapat menganalisis kelompok organisme asal sel tersebut.	C4	Pilihan ganda
14	Bab 20 Negara Berbenteng	Disajikan hasil uji iodin pada irisan umbi singkong, peserta didik dapat menentukan jenis butiran yang terdapat di dalam sel.	C3	Pilihan ganda
15	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab letak nukleus yang terdesak ke pinggir pada sel tumbuhan dewasa.	C2	Pilihan ganda
16	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menunjukkan padanan kloroplas dalam analogi Cellpedia sesuai dengan fungsinya.	C1	Pilihan ganda
17	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan lokasi berlangsungnya siklus Calvin di dalam kloroplas.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menjelaskan urutan perjalanan energi dari matahari hingga menjadi ATP di sel otot manusia.	C2	Pilihan ganda
19	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Disajikan rancangan percobaan dengan CO ₂ berlabel oksigen-18, peserta didik dapat menentukan letak label pada hasil fotosintesis.	C3	Pilihan ganda
20	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Disajikan stoikiometri siklus Calvin, peserta didik dapat menghitung jumlah CO ₂ yang difiksasi untuk menghasilkan satu molekul glukosa.	C3	Pilihan ganda
21	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menyebutkan asam lemak rantai pendek utama hasil fermentasi serat di usus besar.	C1	Pilihan ganda
22	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menyebutkan sel di dinding usus yang menghasilkan musin sebagai bahan pembentuk lendir.	C1	Pilihan ganda
23	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menerapkan pemahaman istilah mikrobiota untuk menentukan pasangan istilah dan contoh yang tepat.	C3	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
24	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan kasus keluhan pencernaan setelah minum susu, peserta didik dapat menentukan penjelasan yang paling tepat bagi keluhan tersebut.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan hasil percobaan pertumbuhan bakteri pada berbagai jenis gula, peserta didik dapat menganalisis peran oligosakarida ASI dalam membentuk mikrobiota bayi.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menjelaskan komponen sel bakteri yang menjadi sasaran kerja antibiotik tetrasiklin.	C2	Benar-salah
27	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan asal-usul amplop virus beramplop dalam kaitannya dengan cara virus keluar dari sel.	C2	Benar-salah
28	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan organel yang berperan dalam penyediaan energi pada sel tumbuhan.	C2	Benar-salah
29	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat mengidentifikasi asal dan jalur pengangkutan air yang digunakan dalam fotosintesis.	C1	Benar-salah
30	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Peserta didik dapat menjelaskan susunan lapisan lendir usus besar dan hubungannya dengan keberadaan bakteri.	C2	Benar-salah
31	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Peserta didik dapat menyebutkan nama cara perkembangbiakan bakteri melalui penyalinan DNA dan pembentukan sekat.	C1	Isian singkat
32	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Peserta didik dapat menjelaskan nama enzim HIV yang menyisipkan DNA virus ke dalam kromosom sel inang.	C2	Isian singkat
33	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menjelaskan istilah untuk kembalinya sel terplasmolisis menjadi turgid setelah diberi air tawar.	C2	Isian singkat
34	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Disajikan tanaman dalam kotak gelap semalaman bersama sensor gas, peserta didik dapat menentukan gas yang terutama dilepaskan daun.	C3	Isian singkat
35	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan hasil uji acak transplantasi mikrobiota tinja, peserta didik dapat membandingkan angka kesembuhan kedua kelompok perlakuan secara kuantitatif.	C4	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 18 Desa Tanpa Perpustakaan	Disajikan kasus infeksi kambuh setelah antibiotik dihentikan lebih awal, peserta didik dapat menganalisis munculnya bakteri yang kebal antibiotik.	C4	Uraian
37	Bab 19 Penyusup Pembawa Flashdisk	Disajikan kasus infeksi bakteri kebal banyak antibiotik, peserta didik dapat menganalisis cara kerja dan keamanan terapi bakteriofag.	C4	Uraian
38	Bab 20 Negara Berbenteng	Peserta didik dapat menganalisis kaitan gaya hidup tumbuhan yang menetap dengan keberadaan dinding sel, vakuola sentral, dan kloroplas.	C4	Uraian
39	Bab 21 PLTS & Dapur Gula	Peserta didik dapat menganalisis ketergantungan siklus Calvin pada hasil reaksi terang ketika sumber cahaya dimatikan.	C4	Uraian
40	Bab 32 Tamu yang Membayar Sewa	Disajikan iklan minuman probiotik beserta buktinya, peserta didik dapat merancang penelitian yang sah untuk menguji klaim iklan tersebut.	C6	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 7 · C2 = 14 · C3 = 11 · C4 = 7 · C6 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Dalam analogi desa bakteri, plasmid diibaratkan sebagai...
 - A. lapangan desa
 - B. jas hujan licin
 - C. baling-baling
 - D. buku saku
2. Saat membantu Nenek berkebun, kaki Bima tertusuk paku yang kotor oleh tanah. Tindakan yang paling tepat untuk mencegah tetanus adalah...
 - A. menutup luka dengan tanah agar darah cepat berhenti
 - B. membersihkan luka dengan sabun dan air mengalir, lalu ke fasilitas kesehatan untuk memeriksa perlunya vaksin tetanus
 - C. meminum antibiotik sisa milik kakak
 - D. membiarkannya karena tetanus hanya menular lewat udara
3. Satu sel bakteri membelah setiap 30 menit dalam kondisi ideal. Berapa jumlah bakteri setelah 4 jam bila tidak ada hambatan?
 - A. 16
 - B. 64
 - C. 128
 - D. 256
4. Pada bakteri, transkripsi dan translasi dapat berlangsung bersamaan. Hal ini mungkin karena...
 - A. bakteri memiliki ribosom 80S yang lebih besar
 - B. bakteri tidak membutuhkan mRNA
 - C. tidak ada selubung inti yang memisahkan DNA dari ribosom
 - D. DNA bakteri tersimpan di mitokondria

5. Toksin kolera mengunci protein G di sel usus dalam keadaan “menyala”. Akibat yang paling mungkin adalah...
- A. sel usus terus bekerja seolah menerima sinyal, sehingga banyak cairan keluar dan terjadi diare hebat
 - B. otot-otot tubuh menjadi kejang
 - C. ribosom sel manusia berhenti bekerja
 - D. sel usus berubah menjadi sel bakteri
6. Ukuran sebagian besar virus berada pada kisaran...
- A. $\pm 1-5 \mu\text{m}$
 - B. $\pm 10-30 \mu\text{m}$
 - C. $\pm 20-300 \text{ nm}$
 - D. $\pm 1-2 \text{ mm}$
7. Dalam analogi buku, virus adalah “flashdisk” berisi resep berbahaya. Bagian yang berperan sebagai casing flashdisk adalah...
- A. genom DNA atau RNA
 - B. kapsid protein
 - C. ribosom sel inang
 - D. reseptor di membran sel
8. Bima digigit anjing liar yang tidak diketahui status vaksinnya. Tindakan pertama yang paling tepat adalah...
- A. menunggu sampai muncul gejala, baru ke dokter
 - B. segera mencuci luka dengan sabun dan air mengalir selama 15 menit, lalu ke fasilitas kesehatan untuk mendapat vaksin anti-rabies
 - C. meminum antibiotik sisa yang ada di rumah
 - D. menutup luka rapat-rapat dengan plester tanpa dicuci
9. Salah satu golongan obat ARV menghambat enzim integrase HIV. Tahap yang dicegah oleh obat ini adalah...
- A. menempelnya virus pada CD4
 - B. penyalinan RNA virus menjadi DNA
 - C. penyisipan DNA virus ke dalam kromosom sel
 - D. keluarnya virus baru dari sel
10. Mengapa vaksin flu perlu diperbarui setiap tahun?
- A. vaksin flu yang lama berubah menjadi racun setelah setahun
 - B. virus influenza menyalin genom RNA-nya tanpa korektor, sehingga sering muncul varian dengan protein paku berbeda yang tidak dikenali antibodi lama
 - C. sel memori manusia hanya bertahan satu bulan
 - D. virus influenza berubah menjadi bakteri setiap tahun

L1. Dinding sel tumbuhan terutama tersusun dari...

- A. kitin
- B. peptidoglikan
- C. selulosa
- D. kolesterol

L2. Dalam analogi Negara Berbenteng, kloroplas diibaratkan sebagai...

- A. waduk negara
- B. benteng negara
- C. perpustakaan
- D. PLTS sekaligus dapur gula

L3. Sebuah sel memiliki inti bermembran dan dinding sel dari kitin, tidak memiliki kloroplas, dan menyimpan gula sebagai glikogen. Sel ini paling mungkin berasal dari...

- A. daun bayam
- B. kapang tempe (*Rhizopus*)
- C. bakteri *E. coli*
- D. hati ayam

L4. Irisan tipis umbi singkong ditetesi larutan iodine (lugol). Butiran-butiran di dalam selnya berubah menjadi biru kehitaman. Butiran tersebut adalah...

- A. antosianin di dalam vakuola
- B. klorofil di dalam kloroplas
- C. butir pati di dalam amiloplas
- D. glikogen di dalam lisosom

L5. Pada sel tumbuhan dewasa, nukleus sering tampak terdesak ke pinggir sel. Penyebabnya adalah...

- A. dinding sel menarik nukleus ke pinggir
- B. kloroplas menelan sebagian nukleus
- C. nukleus selalu sedang membelah
- D. vakuola sentral yang besar dapat mengisi 80–90% volume sel

L6. Dalam analogi Cellpedia, kloroplas diibaratkan sebagai...

- A. PLN yang membakar gula menjadi token listrik ATP
- B. PLTS dan dapur gula yang mengubah cahaya menjadi gula
- C. perpustakaan yang menyimpan resep
- D. dapur Mas Ribo yang memasak protein

L7. Siklus Calvin, tahap perakitan gula dari CO₂, berlangsung di bagian kloroplas yang bernama...

- A. membran tilakoid
- B. lumen tilakoid
- C. stroma
- D. membran luar kloroplas

18. Energi di dalam pempek berasal dari matahari. Urutan perjalanan energi yang benar sampai menjadi token listrik (ATP) di otot Bima adalah...
- A. cahaya → pati sagu → gula di daun → glukosa darah → ATP
 - B. cahaya → ATP → gula di daun → pati sagu → glukosa darah
 - C. cahaya → gula di daun → pati sagu → glukosa darah → ATP
 - D. cahaya → glukosa darah → gula di daun → pati sagu → ATP
19. Ruben dan Kamen memberi alga hijau air berlabel oksigen-18. Bayangkan percobaan kebalikannya: tumbuhan diberi CO₂ berlabel oksigen-18 dan air biasa. Label oksigen-18 akan ditemukan terutama pada...
- A. O₂ yang dilepaskan ke udara
 - B. gula yang dirakit di siklus Calvin, bukan pada O₂ yang dilepaskan
 - C. molekul klorofil di membran tilakoid
 - D. ion H⁺ yang dipompa ke lumen tilakoid
20. Setiap 3 CO₂ yang ditangkap siklus Calvin menghasilkan 1 G3P “untung”, dan dua G3P membentuk satu glukosa. Berapa molekul CO₂ yang harus difiksasi untuk menghasilkan satu molekul glukosa?
- A. 3
 - B. 12
 - C. 6
 - D. 18
21. Tiga asam lemak rantai pendek utama yang dihasilkan fermentasi serat di usus besar adalah...
- A. glukosa, fruktosa, dan galaktosa
 - B. asetat, propionat, dan butirat
 - C. laktosa, inulin, dan pati resisten
 - D. musin, imunoglobulin A, dan vitamin K
22. Sel di dinding usus yang membuat musin, yaitu protein bergula bahan pembentuk lendir, adalah...
- A. sel goblet
 - B. kolonosit
 - C. sel enteroendokrin
 - D. sel punca di dasar kript
23. Berdasarkan tabel istilah di Bab 32.8, pasangan istilah dan contoh yang tepat adalah...
- A. probiotik – inulin dan fruktooligosakarida dalam sirup serat
 - B. prebiotik – tempe goreng yang mikrobanya sudah mati karena panas
 - C. prebiotik – inulin; pangan fermentasi – tempoyak
 - D. postbiotik – galur bakteri hidup yang jumlahnya cukup dan manfaatnya sudah terbukti pada manusia

24. Seorang remaja merasa kembung, banyak buang gas, dan diare sekitar satu sampai dua jam setelah minum segelas susu, tetapi tidak gatal, tidak bengkak, dan tidak sesak. Penjelasan yang paling tepat adalah...

- A. enzim laktase di usus halusnya berkurang, sehingga laktosa sampai ke usus besar dan difermentasi bakteri
- B. ususnya kehilangan hampir seluruh bakteri, sehingga tidak ada lagi warga yang mampu mencerna susu
- C. sistem imunnya membuat antibodi IgE terhadap protein susu, sehingga ini alergi susu yang dapat mengancam nyawa dan memerlukan suntikan adrenalin
- D. lambungnya terinfeksi *Helicobacter pylori*, sehingga susu tidak dapat dicerna dan langsung menimbulkan diare

25. Perhatikan hasil percobaan berikut (data rekaan).

- *Bifidobacterium infantis* tumbuh baik pada media yang gulanya hanya HMO (oligosakarida ASI) maupun hanya laktosa
- Galur X tumbuh baik pada laktosa, tetapi hampir tidak tumbuh pada HMO
- Enzim pencernaan bayi yang diuji tidak mampu memecah HMO
- Tinja bayi yang hanya mendapat ASI: *Bifidobacterium* 70% dari seluruh bakteri; tinja bayi yang mendapat susu formula tanpa HMO: 20%

Kesimpulan yang paling tepat adalah...

- A. HMO adalah sumber energi utama bayi, sehingga bayi yang mendapat ASI tumbuh lebih cepat daripada bayi lain
- B. HMO membunuh galur X secara langsung, sehingga seluruh bakteri selain *Bifidobacterium* lenyap dari usus bayi yang menyusu
- C. galur X pasti merugikan bagi bayi, sebab ia tidak mampu memakai HMO sebagai sumber gulanya
- D. HMO tidak dicerna bayi, tetapi menjadi makanan khusus galur yang punya enzim pemecahnya, sehingga galur itu diuntungkan

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Bakteri tidak memiliki ribosom, sehingga antibiotik tetrasiklin tidak berpengaruh terhadapnya.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

27. Amplop virus beramplop berasal dari sepotong membran sel inang yang terbawa saat virus keluar dengan cara menguncup (budding).

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

28. Sel tumbuhan tidak memiliki mitokondria karena energinya sudah dihasilkan oleh kloroplas.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Air yang dipakai untuk fotosintesis diserap akar, lalu diangkut ke daun melalui pembuluh kayu (xilem).

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Usus besar dilapisi dua lapis lendir, dan pada keadaan sehat lapisan dalam yang rapat hampir bebas bakteri.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Cara bakteri berkembang biak dengan menyalin DNA melingkarnya, memanjang, lalu membentuk sekat di tengah disebut pembelahan ____ .

32. Enzim HIV yang menyisipkan DNA virus ke dalam kromosom sel inang, seperti menjahit halaman palsu ke buku asli, disebut ____ .

33. Kembalinya sel yang terplasmolisis menjadi turgid setelah diberi air tawar disebut ____ .

34. Sebuah pot tanaman dimasukkan ke kotak gelap semalaman bersama sensor gas. Gas yang terus dilepaskan daun ke udara dalam kotak gelap itu terutama adalah ____.

35. Pada uji acak tahun 2013 (van Nood dkk.), satu kali pemberian mikrobiota tinja dari donor sehat menyembuhkan 81% pasien infeksi *C. difficile* berulang, dibanding 31% pada kelompok yang hanya mendapat vankomisin. Selisih kesembuhan antara kedua kelompok itu adalah ____ persen poin.

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Seorang pasien infeksi bakteri diberi antibiotik X untuk 7 hari. Pada hari ke-3 ia merasa sehat dan berhenti minum obat. Dua minggu kemudian infeksi kambuh, dan uji laboratorium menunjukkan bakteri penyebabnya kini tidak mempan antibiotik X. Jelaskan apa yang terjadi pada populasi bakteri dari awal pengobatan sampai kambuh.

37. Seorang pasien mengalami infeksi luka oleh bakteri yang kebal terhadap banyak antibiotik, dan dokter mempertimbangkan terapi fag. Jelaskan cara bakteriofag membunuh bakteri, mengapa fag tidak menyerang sel manusia, dan dua keunggulan terapi fag dibanding antibiotik.

38. Sel tumbuhan dan sel hewan sama-sama eukariota, tetapi sel tumbuhan punya tiga “fasilitas tambahan”: dinding sel, vakuola sentral, dan kloroplas. Analisis bagaimana gaya hidup tumbuhan yang diam di tempat membuat ketiga fasilitas itu penting.

39. Siklus Calvin disebut tidak membutuhkan cahaya secara langsung. Namun, jika lampu yang menyinari tanaman dimatikan, fiksasi CO_2 akan berhenti tak lama kemudian. Jelaskan mengapa demikian.

10. Sebuah perusahaan mengiklankan minuman probiotik dengan kalimat: “Terbukti mencegah diare akibat antibiotik!” Buktinya, 200 pembeli mengirim komentar bahwa mereka tidak diare selama minum antibiotik. Rancanglah penelitian yang adil untuk menguji klaim itu. Uraikan pertanyaan dan hipotesis, desain beserta cara mengurangi bias, peserta, perlakuan dan pembandingan, luaran dan cara mengukurnya, faktor pengganggu, analisis, etika, serta keterbatasannya. Jelaskan juga mengapa 200 komentar pembeli bukan bukti yang memadai.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 4: Mikroba, tumbuhan, dan mikrobiota

Bab 18, 19, 20, 21, 32 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **D.** buku saku Plasmid adalah lingkaran DNA kecil tambahan yang bisa digandakan sendiri dan dibagikan ke bakteri lain, seperti buku saku yang bisa dipinjamkan. Lapangan desa adalah nukleoid, jas hujan licin adalah kapsul, dan baling-baling adalah flagela. [Bab 18 · C2 · 18-02]
2. **B.** membersihkan luka dengan sabun dan air mengalir, lalu ke fasilitas kesehatan untuk memeriksa perlunya vaksin tetanus Spora *Clostridium tetani* hidup di tanah dan masuk lewat luka. Luka harus dibersihkan, dan tenaga kesehatan akan menilai perlu tidaknya vaksin tetanus. Antibiotik hanya boleh dipakai dengan resep dokter, bukan sisa obat orang lain. [Bab 18 · C3 · 18-05]
3. **D.** $256 \text{ jam} = 240 \text{ menit} = 8 \text{ kali membelah}$, jadi jumlahnya $2^8 = 256$ bakteri. Kamu bisa memeriksanya dengan kalkulator pertumbuhan di subbab 18.4. [Bab 18 · C3 · 18-09]
4. **C.** tidak ada selubung inti yang memisahkan DNA dari ribosom Pada sel kita, mRNA harus keluar dari perpustakaan (inti) dulu sebelum dimasak ribosom. Desa bakteri tidak punya gedung perpustakaan, sehingga ribosom bisa langsung menempel pada mRNA yang sedang disalin. [Bab 18 · C2 · 18-12]
5. **A.** sel usus terus bekerja seolah menerima sinyal, sehingga banyak cairan keluar dan terjadi diare hebat Protein G yang terkunci menyala membuat estafet sinyal di sel usus terus berjalan. Sel mengeluarkan ion dan air ke rongga usus, sehingga terjadi diare hebat yang bisa menyebabkan dehidrasi. Kejang otot adalah ciri tetanus, sedangkan ribosom yang berhenti adalah ulah toksin difteri. [Bab 18 · C3 · 18-13]
6. **C.** $\pm 20\text{--}300 \text{ nm}$ Virus berukuran $\pm 20\text{--}300 \text{ nm}$, sekitar 10–100 kali lebih kecil daripada bakteri ($\pm 1\text{--}5 \mu\text{m}$). Karena itu hampir semua virus baru bisa dilihat dengan mikroskop elektron. [Bab 19 · C1 · 19-01]
7. **B.** kapsid protein Kapsid adalah bungkus protein yang melindungi genom virus, seperti casing melindungi isi flashdisk. Genom adalah isi resepnya, sedangkan ribosom dan reseptor adalah milik sel inang. [Bab 19 · C2 · 19-02]
8. **B.** segera mencuci luka dengan sabun dan air mengalir selama 15 menit, lalu ke fasilitas kesehatan untuk mendapat vaksin anti-rabies Mencuci luka dengan sabun membantu merusak virus rabies yang beramplop, dan vaksin anti-rabies setelah gigitan melatih tentara sebelum virus mencapai otak. Menunggu gejala sangat berbahaya, karena setelah gejala muncul rabies hampir selalu fatal. [Bab 19 · C3 · 19-05]
9. **C.** penyisipan DNA virus ke dalam kromosom sel Integrase menjahit DNA virus ke kromosom sel, seperti menyelipkan halaman palsu ke buku asli. Penyalinan RNA menjadi DNA adalah tugas transkriptase balik, yang dihambat oleh golongan ARV lain. [Bab 19 · C3 · 19-10]
10. **B.** virus influenza menyalin genom RNA-nya tanpa korektor, sehingga sering muncul varian dengan protein paku berbeda yang tidak dikenali antibodi lama Salah ketik saat penyalinan menghasilkan protein paku yang sedikit berbeda. Varian baru bisa lolos dari antibodi lama, sehingga komposisi vaksin disesuaikan dengan varian yang sedang beredar. [Bab 19 · C2 · 19-11]
11. **C.** selulosa Selulosa adalah polimer organik paling melimpah di Bumi. Kitin menyusun dinding sel jamur, peptidoglikan menyusun dinding bakteri, dan kolesterol adalah bagian membran sel hewan. [Bab 20 · C1 · 20-01]
12. **D.** PLTS sekaligus dapur gula Kloroplas menangkap cahaya matahari untuk membuat gula lewat fotosintesis, seperti pembangkit listrik tenaga surya yang menyatu dengan dapur. Waduk adalah

vakuola, benteng adalah dinding sel, dan perpustakaan adalah nukleus. [Bab 20 · C2 · 20-02]

13. **B.** kapang tempe (*Rhizopus*) Dinding kitin adalah ciri jamur. Daun bayam berdinding selulosa dan punya kloroplas, *E. coli* tidak punya inti bermembran, dan sel hati ayam tidak punya dinding sel. [Bab 20 · C4 · 20-11]
14. **C.** butir pati di dalam amiloplas Iodin memberi warna biru kehitaman pada pati. Singkong dan sagu menyimpan cadangan gula sebagai pati di dalam amiloplas, plastida yang tidak berwarna. [Bab 20 · C3 · 20-12]
15. **D.** vakuola sentral yang besar dapat mengisi 80–90% volume sel Waduk raksasa itu mendorong sitoplasma, termasuk nukleus, menjadi lapisan tipis di tepi sel. Karena itu pada praktikum nukleus biasanya terlihat di pinggir sel. [Bab 20 · C2 · 20-13]
16. **B.** PLTS dan dapur gula yang mengubah cahaya menjadi gula Kloroplas menangkap cahaya seperti panel surya (PLTS), lalu memakai energinya untuk merakit gula (dapur gula). PLN adalah mitokondria, perpustakaan adalah nukleus, dan dapur Mas Ribo adalah ribosom. [Bab 21 · C1 · 21-01]
17. **C.** stroma Siklus Calvin terjadi di stroma, cairan di sekeliling tilakoid yang berperan sebagai dapur gula. Membran tilakoid adalah panel surya tempat reaksi terang berlangsung. [Bab 21 · C2 · 21-03]
18. **C.** cahaya → gula di daun → pati sagu → glukosa darah → ATP Kloroplas daun sagu mengubah cahaya menjadi gula, gula disimpan sebagai pati di batang, pati dalam pempek dicerna menjadi glukosa darah, lalu glukosa dibakar di mitokondria menjadi ATP. [Bab 21 · C2 · 21-05]
19. **B.** gula yang dirakit di siklus Calvin, bukan pada O_2 yang dilepaskan O_2 yang dilepaskan berasal dari air yang dipecah di fotosistem II, jadi O_2 tidak berlabel. Atom oksigen dari CO_2 ikut dirakit ke dalam gula (dan sebagian air baru) di siklus Calvin. [Bab 21 · C3 · 21-10]
20. **C.** 6 Satu glukosa = 2 G3P, dan setiap G3P memerlukan 3 CO_2 , jadi $2 \times 3 = 6 CO_2$. Angka ini cocok dengan persamaan $6 CO_2 + 6 H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$ dan dengan 6 atom karbon pada glukosa. [Bab 21 · C3 · 21-13]
21. **B.** asetat, propionat, dan butirat Tanpa oksigen, bakteri memfermentasi gula dari serat menjadi gas (hidrogen, CO_2 , dan pada sebagian orang metana) serta asam lemak rantai pendek: asetat, propionat, dan butirat, kira-kira dengan perbandingan 3 : 1 : 1. Laktosa, inulin, dan pati resisten adalah bahan yang difermentasi, bukan hasilnya. [Bab 32 · C1 · 32-03]
22. **A.** sel goblet Sel goblet berbentuk piala dan membuat musin yang menyerap air menjadi lendir. Musin dikemas di retikulum endoplasma dan Golgi lalu dilepas lewat eksositosis, sehingga pagar lendir terus diperbarui. Kolonosit menyerap air dan garam, sel enteroendokrin melepas hormon, dan sel punca kript mengganti sel dinding setiap 3–5 hari. [Bab 32 · C1 · 32-05]
23. **C.** prebiotik – inulin; pangan fermentasi – tempoyak Prebiotik adalah zat yang dimanfaatkan secara khusus oleh mikroba penghuni tubuh dan memberi manfaat kesehatan, misalnya inulin, fruktooligosakarida, galaktooligosakarida, dan HMO dalam ASI. Pangan fermentasi adalah makanan yang dibuat dengan bantuan mikroba, misalnya tempoyak, bekasam, tempe, dadih, tape, dan yoghurt; ia tidak otomatis probiotik. Probiotik adalah mikroba hidup dalam jumlah cukup yang manfaatnya terbukti, sedangkan postbiotik adalah sediaan mikroba yang sudah mati atau bagian-bagiannya. [Bab 32 · C3 · 32-10]
24. **A.** enzim laktase di usus halusnya berkurang, sehingga laktosa sampai ke usus besar dan difermentasi bakteri Ini gambaran intoleransi laktosa, yang sangat umum di Asia: enzim laktase berkurang setelah

masa kanak-kanak, sehingga laktosa tidak terserap di usus halus dan difermentasi bakteri di usus besar menjadi gas dan asam, lalu menarik air. Keadaan ini bukan alergi, karena tidak melibatkan reaksi imun seperti gatal, bengkak, atau sesak. *H. pylori* berkaitan dengan radang dan tukak lambung, bukan dengan gejala setelah minum susu. [Bab 32 · C3 · 32-12]

25. **D.** HMO tidak dicerna bayi, tetapi menjadi makanan khusus galur yang punya enzim pemecahnya, sehingga galur itu diuntungkan HMO adalah zat padat ketiga terbanyak di ASI, tetapi bayi tidak bisa mencernanya. Gula ini lolos ke usus besar dan menjadi makanan khusus bagi *Bifidobacterium*, terutama *B. infantis*, yang punya “gunting” enzim untuk memotongnya. Jadi ASI sekaligus memberi makan bayi dan memilih warga pertama kampungnya. Data hanya menunjukkan galur X tidak dapat memakai HMO, bukan bahwa ia dibunuh HMO atau merugikan; dan pada data ini *Bifidobacterium* tetap 20% pada bayi formula, jadi bakteri lain tidak lenyap. [Bab 32 · C4 · 32-13]

B. Benar–salah

26. **Salah** Bakteri punya ribosom, tetapi ukurannya lebih kecil (70S) daripada ribosom kita (80S). Tetrasiklin justru bekerja dengan menghambat ribosom 70S bakteri, sementara ribosom manusia hampir tidak terganggu. [Bab 18 · C2 · 18-06]
27. **Benar** Saat menguncup, virus membungkus diri dengan membran sel yang sudah dipasang protein paku virus. Karena amplop itu terbuat dari lemak, sabun dapat melarutkannya. [Bab 19 · C2 · 19-07]
28. **Salah** Sel tumbuhan punya keduanya. Kloroplas membuat gula dari cahaya hanya saat terang, sedangkan mitokondria membakar gula itu menjadi ATP siang dan malam. [Bab 20 · C2 · 20-06]
29. **Benar** Benar. Xilem membawa air dari akar ke daun, sedangkan floem (pembuluh tapis) membawa gula hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan. [Bab 21 · C1 · 21-07]
30. **Benar** Benar. Lapisan luar yang longgar menjadi rumah sebagian bakteri, sedangkan lapisan dalam yang rapat hampir bebas bakteri, sehingga warga tidak menyentuh dinding negara. Pada tikus yang lama diberi makanan tanpa serat, bakteri mulai memakan lendir dan pagar ini menipis. [Bab 32 · C2 · 32-06]

C. Isian singkat

31. **biner** Pembelahan biner jauh lebih sederhana daripada mitosis. Dalam kondisi ideal, *E. coli* membelah setiap ± 20 menit sehingga jumlahnya berlipat ganda secara eksponensial. [Bab 18 · C1 · 18-08]
32. **integrase** Setelah transkriptase balik menyalin RNA virus menjadi DNA, integrase menjahitnya ke kromosom. Sejak itu, setiap kali sel membaca bab tersebut, ia ikut mencetak virus. [Bab 19 · C2 · 19-14]
33. **deplasmolisis** (juga diterima: de-plasmolisis; de plasmolisis) Deplasmolisis terjadi bila plasmolisis belum berlangsung terlalu lama. Air masuk kembali ke vakuola, dan membran kembali menempel pada dinding sel. [Bab 20 · C2 · 20-14]
34. **karbon dioksida** (juga diterima: karbondioksida; CO_2 ; CO_2) Dalam gelap fotosintesis berhenti, tetapi respirasi seluler di mitokondria berjalan siang dan malam. Karena itu daun menyerap O_2 dan melepaskan CO_2 . [Bab 21 · C3 · 21-14]
35. **50** (juga diterima: 50 persen poin; lima puluh; 50%) $81\% - 31\% = 50$ persen poin. Selisih sebesar itu termasuk sangat besar untuk sebuah uji klinis, dan itulah alasan transplantasi mikrobiota menjadi pilihan untuk infeksi *C. difficile* yang berulang. Kini di Amerika Serikat sudah ada produk mikrobiota terstandar yang disetujui FDA untuk mencegah kekambuhan (2022 dan 2023). Tetap perlu diingat

bahwa “persen poin” berbeda dari “persen lebih tinggi”, dan tindakan ini hanya dilakukan di fasilitas kesehatan dengan donor yang diperiksa ketat. [Bab 32 · C4 · 32-14]

D. Uraian

36. Sebelum pengobatan, di antara jutaan bakteri sudah ada segelintir yang kebal karena mutasi acak atau karena membawa plasmid berisi gen kebal. Antibiotik membunuh bakteri yang peka sehingga pasien merasa sembuh, tetapi bakteri yang kebal dan sebagian bakteri lain masih tersisa. Karena obat dihentikan terlalu cepat, bakteri yang tersisa, terutama yang kebal, mendapat ruang dan makanan tanpa pesaing lalu berkembang biak secara eksponensial. Terjadilah seleksi alam: populasi baru didominasi keturunan bakteri kebal, dan gen kebal di plasmid dapat dioper ke bakteri lain lewat konjugasi. Yang kebal adalah bakterinya, bukan tubuh pasien. [Bab 18 · C4 · 18-15]
37. Bakteriofag mendarat dan menempel pada reseptor di permukaan bakteri, menyuntikkan DNA-nya, lalu memaksa bakteri membuat ratusan fag baru sampai bakteri itu pecah (lisis). Fag hanya bisa menempel pada molekul permukaan bakteri tertentu; sel manusia tidak memiliki reseptor yang cocok, sehingga tidak diserang. Keunggulan: (1) tetap mampu membunuh bakteri yang kebal antibiotik karena cara kerjanya berbeda; (2) sangat spesifik, sehingga bakteri baik di tubuh tidak ikut terbunuh; (3) fag bertambah banyak di lokasi infeksi selama bakteri sasarannya masih ada. [Bab 19 · C4 · 19-16]
38. Karena tidak bisa berpindah mencari makan, tumbuhan harus membuat makanannya sendiri dari cahaya matahari dengan kloroplas. Tanpa tulang, tumbuhan tetap tegak berkat tekanan turgor: vakuola sentral menyerap air dan mendorong membran ke dinding sel, sementara dinding selulosa menahan tekanan itu sehingga sel tidak pecah. Karena tidak bisa lari dari hama atau kekeringan, vakuola menyimpan air, gula, pigmen, dan zat pahit pengusir hama, serta mencerna sampah. Dinding juga melindungi sel dari tekanan dan gangguan dari luar. Sebaliknya, sel hewan bergerak dan makan, sehingga tidak memerlukan dinding kaku maupun kloroplas. [Bab 20 · C4 · 20-15]
39. Siklus Calvin memakai ATP dan NADPH dari reaksi terang untuk mereduksi 3-PGA menjadi G3P dan untuk meregenerasi RuBP. Saat lampu dimatikan, reaksi terang berhenti sehingga ATP dan NADPH tidak lagi diisi ulang. Setelah persediaan yang tersisa habis, G3P tidak terbentuk dan RuBP tidak diregenerasi, sehingga RuBisCO kehabisan RuBP untuk mengikat CO₂ dan fiksasi CO₂ berhenti. [Bab 21 · C4 · 21-15]
40. Komentar 200 pembeli bukan bukti memadai karena tidak ada pembandingan: kita tidak tahu berapa banyak orang yang tidak diare walaupun tanpa probiotik, padahal sebagian besar orang yang minum antibiotik memang tidak mengalami diare. Selain itu ada bias pemilihan (hanya pembeli yang puas yang menulis), bias ingatan, efek plasebo, dan tidak ada pencatatan baku tentang apa yang disebut “diare”. Pertanyaan: apakah pemberian galur probiotik tertentu dengan dosis tertentu selama dan sesudah antibiotik menurunkan kejadian diare akibat antibiotik dibandingkan plasebo? Hipotesis: kelompok probiotik mengalami diare lebih sedikit; hipotesis nol: tidak ada perbedaan. Desain: uji acak terkontrol plasebo, tersamar ganda. Peserta diacak oleh daftar acak terpusat; plasebo dibuat sama rasa, warna, dan kemasannya; peserta, pemberi perlakuan, penilai luaran, dan penganalisis data tidak mengetahui kelompok (penyamaran). Besar sampel dihitung lebih dahulu dari perkiraan kejadian diare pada kelompok plasebo dan selisih yang dianggap bermakna secara klinis. Peserta: pasien yang memang diresepkan antibiotik oleh dokternya, dengan kriteria inklusi dan eksklusi jelas; penelitian tidak boleh memberi antibiotik hanya untuk keperluan penelitian. Dikecualikan antara lain bayi prematur, orang dengan sistem imun sangat lemah, pasien dengan kateter vena sentral, dan yang sudah rutin memakai

probiotik, karena pada kelompok rentan probiotik dapat berisiko. Perlakuan: galur yang disebutkan namanya lengkap dengan jumlah bakteri hidup dan jadwal pemberian yang pasti; pembandingan: plasebo. Kepatuhan dicatat, misalnya dengan menghitung sisa sachet. Luaran utama: kejadian diare akibat antibiotik dengan definisi baku (misalnya tinja cair tiga kali atau lebih dalam 24 jam selama masa pemantauan tertentu), dicatat harian dalam buku harian tinja memakai skala bentuk tinja. Luaran tambahan: lama diare, infeksi *C. difficile* yang terbukti dengan pemeriksaan, hari absen sekolah atau kerja, dan efek yang tidak diinginkan. Faktor pengganggu yang perlu diseimbangkan atau dicatat: jenis dan lama antibiotik, usia, penyakit lain, rawat inap, pola makan dan asupan serat, pemakaian obat lain, serta riwayat diare. Pengacakan bertingkat (stratifikasi) menurut jenis antibiotik dan usia membantu menyeimbangkannya. Analisis: membandingkan proporsi kejadian diare antarkelompok dengan analisis sesuai niat perlakuan (intention to treat), menyajikan risiko relatif atau selisih risiko dengan selang kepercayaan 95% dan nilai p, serta analisis per protokol sebagai pelengkap; rencana analisis ditetapkan sebelum data dibuka. Etika: persetujuan komite etik, persetujuan tertulis (dan persetujuan orang tua bila peserta anak), pendaftaran protokol di registri uji klinis sebelum mulai, hak mundur kapan saja, kerahasiaan data, pemantauan kejadian tidak diinginkan, dan kejujuran bahwa semua peserta tetap mendapat pengobatan antibiotik sesuai indikasi dari dokternya. Peneliti yang dibiayai perusahaan harus menyatakan konflik kepentingan. Keterbatasan: hasilnya hanya berlaku untuk galur, dosis, dan kelompok peserta yang diuji, karena manfaat probiotik terikat pada galur; buku harian tinja bergantung pada laporan peserta; penelitian satu lokasi belum tentu berlaku umum; dan diare akibat antibiotik punya banyak penyebab. Perlu pula ditegaskan bahwa menurunnya diare tidak berarti keragaman mikrobiota pulih lebih cepat, sebab penelitian lain (Suez dkk. 2018) menemukan pemulihan mukosa yang justru lebih lambat setelah probiotik multi-galur. [Bab 32 · C6 · 32-15]

Kisi-kisi soal · Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 · Versi A · 40 soal · 90 menit · tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan peristiwa gerak refleks menarik tangan dari wajan panas, peserta didik dapat mengklasifikasikan neuron penghubung dalam lengkung refleks.	C2	Pilihan ganda
2	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan keadaan membran neuron pada saat potensial istirahat.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan kasus gejala mendadak bicara pelo dan lengan lemas, peserta didik dapat menentukan tindakan yang paling tepat.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan mekanisme racun botulinum terhadap protein SNARE, peserta didik dapat menganalisis akibatnya pada penghantaran saraf ke otot.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan kasus pasien lansia dengan gerak lambat, otot kaku, dan tremor, peserta didik dapat menentukan neurotransmitter yang berkurang.	C3	Pilihan ganda
6	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menunjukkan peran garis Z pada sarkomer dalam analogi tarik tambang.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat mengidentifikasi jenis otot berdasarkan bentuk sel, jumlah inti, corak, dan letaknya.	C1	Pilihan ganda
8	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Disajikan kasus anak laki-laki yang sering jatuh beserta riwayat keluarganya, peserta didik dapat menganalisis penyebab kelainan otot tersebut.	C4	Pilihan ganda
9	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menjelaskan urutan tahap estafet dari perintah saraf hingga kontraksi otot rangka.	C2	Pilihan ganda
10	Bab 29 Armada Sungai Merah	Peserta didik dapat menyebutkan bentuk utama pengangkutan CO ₂ dari jaringan menuju paru di dalam darah.	C1	Pilihan ganda
11	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan ciri leukosit pada apusan darah, peserta didik dapat menjelaskan fungsi utama jenis leukosit tersebut.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
12	Bab 29 Armada Sungai Merah	Peserta didik dapat mengidentifikasi perubahan protein plasma yang dikatalisis trombin pada tahap akhir pembekuan darah.	C1	Pilihan ganda
13	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan hasil pemeriksaan darah lengkap dua pasien, peserta didik dapat menafsirkan kemungkinan jenis anemia yang dialami masing-masing pasien.	C4	Pilihan ganda
14	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat mengklasifikasikan hormon berdasarkan organ penghasilnya, termasuk organ yang tugas utamanya bukan kelenjar.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menyebutkan hormon utama yang dihasilkan korpus luteum untuk menyiapkan dinding rahim.	C1	Pilihan ganda
16	Bab 30 Siaran dari Istana	Disajikan kasus keluhan dan hasil laboratorium pasien pengguna levotiroksin, peserta didik dapat menganalisis penyebab keluhan yang dialami pasien.	C4	Pilihan ganda
17	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menerapkan konsep kerja inkretin untuk menjelaskan rendahnya risiko hipoglikemia pada obat agonis reseptor GLP-1.	C3	Pilihan ganda
18	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat mengidentifikasi padanan lapisan basal epidermis dalam analogi yang digunakan pada Bab 31.	C1	Pilihan ganda
19	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menyebutkan sel di lapisan basal epidermis yang menghasilkan pigmen melanin.	C1	Pilihan ganda
20	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan struktur lapisan tanduk yang membuatnya mampu berfungsi sebagai sawar kulit.	C2	Pilihan ganda
21	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Disajikan kasus pemakaian tabir surya dengan nilai SPF dan takaran berbeda, peserta didik dapat membandingkan tingkat perlindungan yang sebenarnya diperoleh.	C4	Pilihan ganda
22	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat mengidentifikasi istilah jaringan dalam tingkat organisasi kehidupan.	C1	Pilihan ganda
23	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menjelaskan ambang ginjal sebagai batas munculnya glukosa di urin.	C2	Pilihan ganda
24	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menghitung muatan glukosa yang tersaring dari laju filtrasi glomerulus dan kadar glukosa darah.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Disajikan data volume urin pada dua keadaan minum, peserta didik dapat menafsirkan peran ADH.	C4	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
26	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Peserta didik dapat menjelaskan kebenaran anggapan populer tentang persentase bagian otak yang dipakai manusia.	C2	Benar-salah
27	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab pegal otot yang muncul satu hingga dua hari setelah olahraga.	C2	Benar-salah
28	Bab 29 Armada Sungai Merah	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab perbedaan warna darah di dalam vena dan arteri.	C2	Benar-salah
29	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menjelaskan prinsip kerja umpan balik negatif dalam pengaturan kadar hormon.	C2	Benar-salah
30	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan dasar perbedaan warna kulit antarmanusia berdasarkan kerja melanosit.	C2	Benar-salah
31	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Peserta didik dapat menyebutkan nama celah tanpa mielin di sepanjang akson tempat sinyal saraf melompat.	C1	Isian singkat
32	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Disajikan kasus otot lengan yang mengecil setelah digips, peserta didik dapat menentukan istilah untuk penyusutan otot tersebut.	C3	Isian singkat
33	Bab 29 Armada Sungai Merah	Peserta didik dapat menyebutkan zat hasil penguraian heme yang dapat menyebabkan kulit bayi baru lahir tampak kuning.	C1	Isian singkat
34	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menyebutkan singkatan program skrining hormon tiroid pada bayi baru lahir di Indonesia.	C1	Isian singkat
35	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Disajikan data indeks UV dan nilai MED kulit tipe I, peserta didik dapat menghitung perkiraan waktu sampai kulit memerah.	C3	Isian singkat
36	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan cara kerja obat antidepresan dan penghambat asetilkolinesterase, peserta didik dapat menganalisis pengaruhnya terhadap neurotransmitter di celah sinaps.	C4	Uraian
37	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Disajikan kasus cedera otot paha dan serangan jantung, peserta didik dapat membandingkan kemampuan regenerasi kedua jenis otot serta akibatnya.	C4	Uraian
38	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan data Hb dan EPO pendaki selama di dataran tinggi, peserta didik dapat menafsirkan respons tubuh terhadap perubahan kadar oksigen.	C4	Uraian

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
39	Bab 30 Siaran dari Istana	Disajikan kasus bayi dengan hasil skrining hipotiroid kongenital yang tidak normal, peserta didik dapat menganalisis pentingnya pemeriksaan ulang dan pengobatan dini.	C4	Uraian
40	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Disajikan kasus remaja berjerawat dan saran temannya, peserta didik dapat menganalisis tahapan terbentuknya jerawat dan ketepatan saran tersebut.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 11 · C2 = 12 · C3 = 6 · C4 = 11. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Pada gerak refleks menarik tangan dari wajan panas, neuron yang menyambungkan neuron sensorik dengan neuron motorik di sumsum tulang belakang adalah...
 - A. neuron motorik
 - B. interneuron
 - C. sel Schwann
 - D. neuron sensorik
2. Potensial istirahat neuron sekitar -70 mV. Pernyataan yang benar tentang keadaan ini adalah...
 - A. bagian dalam sel lebih positif karena banyak Na^+ di dalam
 - B. neuron sedang mengirim potensial aksi
 - C. bagian dalam sel lebih negatif daripada bagian luar, seperti baterai mini yang siap dipakai
 - D. pompa Na^+/K^+ sedang berhenti bekerja
3. Kakek Bima tiba-tiba bicara pelo, senyumnya tidak simetris, dan lengan kanannya lemas. Tindakan yang paling tepat adalah...
 - A. menunggu sampai besok pagi karena mungkin hanya kelelahan
 - B. memberi kakek minum air gula lalu menyuruhnya tidur
 - C. memijat lengan kakek sampai kuat kembali
 - D. segera membawa kakek ke rumah sakit karena gejalanya mengarah ke stroke
4. Racun botulinum memotong protein SNARE di terminal akson neuron motorik. Akibat yang paling mungkin adalah...
 - A. otot kejang terus-menerus karena asetilkolin menumpuk di celah sinaps
 - B. vesikel tidak dapat melebur sehingga asetilkolin tidak dilepas dan otot menjadi lumpuh lemas
 - C. kanal Na^+ di sepanjang akson terkunci
 - D. mielin rusak sehingga sinyal melambat

5. Seorang pasien lansia bergerak lambat, ototnya kaku, dan tangannya gemetar. Dokter menduga kematian neuron penghasil neurotransmitter...
- A. GABA
 - B. asetilkolin
 - C. serotonin
 - D. dopamin
6. Dalam analogi tarik tambang di Bab 23, garis Z pada sarkomer berperan sebagai...
- A. pemain yang menarik tali
 - B. tali yang ditarik
 - C. patok tempat tali diikat
 - D. token listrik untuk membayar tarikan
7. Jenis otot yang berbentuk gelendong, berinti satu, tidak bergaris-garis, dan terdapat di dinding usus adalah...
- A. otot polos
 - B. otot rangka
 - C. otot jantung
 - D. otot lurik
8. Seorang anak laki-laki berusia 5 tahun sering jatuh dan sulit bangkit dari lantai. Ibunya sehat tetapi pembawa sifat, dan kakak perempuannya juga sehat. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. kekurangan kalsium dalam makanan sehingga ototnya lemah
 - B. infeksi bakteri tetanus yang melumpuhkan neuron “rem”
 - C. antibodi yang menutup reseptor asetilkolin
 - D. kelainan gen distrofin yang terpaut kromosom X; anak laki-laki hanya punya satu X sehingga satu salinan rusak sudah menimbulkan penyakit
9. Urutan estafet yang benar dari perintah saraf sampai otot rangka menarik adalah...
- A. asetilkolin dilepas → Ca^{2+} dilepas → potensial aksi di tubulus T → miosin menarik aktin
 - B. potensial aksi di tubulus T → asetilkolin dilepas → Ca^{2+} dilepas → miosin menarik aktin
 - C. asetilkolin dilepas → potensial aksi di tubulus T → Ca^{2+} dilepas → miosin menarik aktin
 - D. Ca^{2+} dilepas → asetilkolin dilepas → miosin menarik aktin → potensial aksi di tubulus T
10. Sekitar 70% CO_2 dari jaringan diangkut darah kembali ke paru dalam bentuk...
- A. ion bikarbonat (HCO_3^-) yang larut di plasma
 - B. CO_2 yang menempel pada besi di dalam heme
 - C. gelembung gas CO_2 yang terbawa aliran darah
 - D. CO_2 yang terikat pada albumin buatan hati

- L1. Pada apusan darah yang sudah diwarnai, Bima menemukan leukosit dengan inti dua lobus dan butiran berwarna merah jingga. Sel ini terutama bertugas...
- A. memakan bakteri sebagai pasukan reaksi cepat, lalu gugur di lokasi infeksi
 - B. melawan cacing dan parasit besar, serta berperan pada alergi dan asma
 - C. membuat antibodi dan sebagian menjadi sel memori selama bertahun-tahun
 - D. keluar ke jaringan, lalu berubah menjadi makrofag pemakan sel mati
- L2. Pada tahap akhir pembekuan darah, enzim trombin mengubah protein plasma yang larut menjadi benang-benang yang menjaring sumbat trombosit dan eritrosit. Perubahan yang dimaksud adalah...
- A. albumin menjadi globulin
 - B. plasmin menjadi fibrinogen
 - C. kolagen menjadi faktor von Willebrand
 - D. fibrinogen menjadi fibrin
- L3. Berikut dua hasil darah lengkap dari Lab maya Bab 29.10 (data rekaan).
- Siti, perempuan, 15 tahun, lemas dan pucat, haid banyak: Hb 9,4 g/dL (rujukan 12–15); eritrosit 4,1 juta/ μ L (4,0–5,2); MCV 68 fL (80–100)
 - Pak Hasan, laki-laki, 30 tahun, sehat, skrining sebelum menikah: Hb 12,2 g/dL (13–17); eritrosit 6,1 juta/ μ L (4,5–5,9); MCV 62 fL (80–100)
- Tafsiran yang paling tepat adalah...
- A. Siti lebih mungkin kurang besi, sedangkan pola “banyak tetapi kecil” pada Pak Hasan khas pembawa sifat talasemia
 - B. keduanya kurang besi karena MCV keduanya rendah, sehingga keduanya cukup diberi tablet besi tanpa pemeriksaan lain
 - C. Pak Hasan lebih mungkin kurang besi karena Hb-nya rendah, sedangkan Siti pembawa sifat talasemia karena eritrositnya normal
 - D. hasil keduanya normal, karena eritrosit Siti masih dalam rentang dan eritrosit Pak Hasan malah lebih tinggi
- L4. Beberapa organ yang tugas utamanya bukan kelenjar ternyata juga membuat hormon. Pasangan organ dan hormon yang tepat adalah...
- A. ginjal – EPO, yang memesan sel darah merah baru
 - B. jantung – insulin, yang menurunkan gula darah
 - C. jaringan lemak – adrenalin, yang memacu jantung
 - D. lambung – melatonin, yang menandai malam hari
- L5. Pada siklus menstruasi, hormon yang terutama dibuat korpus luteum untuk menyiapkan dinding rahim menerima embrio adalah...
- A. FSH
 - B. LH
 - C. progesteron
 - D. hormon pertumbuhan (GH)

16. Seorang pasien hipotiroid memakai tablet levotiroksin. Beberapa bulan kemudian ia berdebar, gemetar, dan sulit tidur. Hasil laboratorium: TSH sangat rendah dan FT4 tinggi. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. takaran tablet terlalu tinggi, sehingga T4 dari luar menekan TRH dan TSH
 - B. tablet merusak hipofisis sehingga TSH tidak dapat lagi dibuat untuk selamanya
 - C. tiroid pasien mendadak sembuh total dan membuat T4 berlebihan tanpa diperintah
 - D. tablet mengandung antibodi yang menyalakan reseptor TSH seperti pada Graves
17. Obat agonis reseptor GLP-1 jarang membuat gula darah turun terlalu rendah bila dipakai sendirian. Alasan yang paling tepat adalah...
- A. obat ini menghancurkan seluruh glukagon di pankreas secara permanen
 - B. obat ini langsung memasang pintu GLUT4 di membran semua sel tubuh
 - C. GLP-1 memperkuat pelepasan insulin hanya ketika gula darah tinggi
 - D. obat ini membuat hati berhenti menyimpan glikogen sama sekali
18. Dalam analogi Bab 31, lapisan basal epidermis diibaratkan sebagai...
- A. penjaga menara yang mengawasi para penyusup
 - B. pabrik bata yang terus mencetak bata baru
 - C. selimut lemak di bawah tembok kota
 - D. pabrik minyak yang melapisi permukaan
19. Sel di lapisan basal epidermis yang membuat pigmen melanin dan membagikannya ke keratinosit adalah...
- A. sel Langerhans
 - B. sel Merkel
 - C. fibroblas
 - D. melanosit
20. Lapisan tanduk mampu menahan air dari dalam tubuh dan kuman dari luar karena...
- A. sel-selnya pipih dan direkat lemak antarsel, seperti bata dan semen
 - B. di dalamnya terdapat banyak pembuluh darah yang membawa sel-sel imun
 - C. sel-selnya masih hidup dan terus membelah dengan sangat cepat
 - D. seluruh permukaannya ditutupi rambut halus yang sangat rapat
21. Rina memakai tabir surya SPF 50 tetapi hanya mengoles seperempat takaran uji. Doni memakai SPF 30 yang dioles sesuai takaran uji. Berdasarkan temuan yang dipakai lab maya Bab 31.6, pernyataan yang tepat adalah...
- A. perlindungan Rina ≈ 50 kali, sehingga lebih kuat daripada Doni
 - B. perlindungan Rina hanya $\approx 2,7$ kali, jauh di bawah Doni (≈ 30 kali)
 - C. perlindungan keduanya sama, karena SPF hanya bergantung pada merek
 - D. perlindungan Doni hanya $\approx 5,5$ kali karena SPF 30 lebih kecil

22. Kumpulan sel sejenis yang bekerja sama bersama matriks di sekitarnya untuk menjalankan tugas tertentu disebut...
- A. organ
 - B. sistem organ
 - C. jaringan
 - D. organisme
23. Pada orang dengan ginjal sehat, glukosa mulai muncul di urin bila kadar glukosa darah melewati...
- A. 70 mg/dL, yaitu batas bawah gula darah normal
 - B. ambang ginjal, sekitar 180 mg/dL
 - C. 500 mg/dL, yaitu saat glomerulus berhenti bekerja
 - D. 100 mg/dL, yaitu batas gula darah puasa normal
24. Seseorang memiliki laju filtrasi glomerulus 120 mL/menit dan kadar glukosa darah 150 mg/dL (data rekaan). Banyaknya glukosa yang tersaring setiap menit adalah...
- A. 120 mg/menit
 - B. 180 mg/menit
 - C. 270 mg/menit
 - D. 1.800 mg/menit
25. Pada lab maya, ginjal sehat dengan glukosa darah 100 mg/dL menghasilkan urin 0,7 L per hari saat minum sedikit dan 3,2 L per hari saat minum banyak. Penjelasan yang paling tepat adalah...
- A. saat minum sedikit, ADH tinggi sehingga duktus pengumpul menyerap lebih banyak air
 - B. saat minum banyak, glomerulus ikut menyaring lebih banyak glukosa ke dalam urin
 - C. saat minum sedikit, glomerulus berhenti menyaring cairan agar air tidak hilang
 - D. saat minum banyak, tubulus proksimal berhenti total menyerap natrium dan air

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Manusia sebenarnya hanya memakai sekitar 10% bagian otaknya.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Pegal yang muncul satu atau dua hari setelah olahraga terutama disebabkan oleh asam laktat yang menumpuk di otot.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Darah di dalam vena berwarna biru dan baru berubah menjadi merah setelah terkena udara.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Pada umpan balik negatif, kadar hormon yang sudah tinggi menekan pelepasan hormon perintahnya sendiri, sehingga kadarnya kembali ke rentang normal.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Orang berkulit gelap memiliki jumlah melanosit yang jauh lebih banyak daripada orang berkulit terang.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Celah-celah kecil tanpa mielin di sepanjang akson, tempat sinyal seolah “melompat”, disebut nodus ____.

32. Otot lengan yang digips selama berminggu-minggu tampak mengecil karena tidak dipakai. Penyusutan otot seperti ini disebut ____.

33. Eritrosit tua dimakan makrofag di limpa. Cincin hemanya diubah menjadi zat berwarna kuning yang diolah hati, lalu dibuang lewat empedu. Pada bayi baru lahir, zat ini dapat menumpuk sehingga kulit tampak kuning. Zat itu bernama ____ .

34. Program pemeriksaan beberapa tetes darah dari tumit bayi berusia 48–72 jam untuk menemukan bayi yang kekurangan hormon tiroid sejak lahir disingkat ____ .

35. Indeks UV 12 dan seseorang bertipe kulit I ($MED \pm 2 SED$) tidak memakai pelindung. Menurut model lab maya Bab 31.6, perkiraan waktu sampai kulitnya memerah adalah sekitar ____ menit (bulatkan ke bilangan bulat).

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Sebagian obat antidepresan memperlambat penyerapan kembali serotonin ke terminal akson. Obat lain, penghambat asetilkolinesterase, dipakai untuk membantu penderita miastenia gravis. Jelaskan apa yang terjadi di celah sinaps pada masing-masing obat, lalu bandingkan cara kerja keduanya.

37. Otot paha yang robek ringan saat bermain bola dapat pulih, tetapi otot jantung yang mati akibat serangan jantung diganti jaringan parut. Analisis perbedaan ini dan jelaskan akibatnya bagi kerja jantung.

38. Data rekaan seorang pendaki yang tinggal 4 minggu di dataran tinggi, lalu kembali ke dataran rendah (EPO dalam satuan relatif):

- Hari 0, masih di dataran rendah: Hb 14,0 g/dL; EPO 10
- Hari ke-2 di dataran tinggi: Hb 14,1 g/dL; EPO 35
- Hari ke-14: Hb 15,2 g/dL; EPO 20
- Hari ke-28: Hb 16,0 g/dL; EPO 14
- Dua minggu setelah kembali ke dataran rendah: Hb 15,4 g/dL; EPO 6

(a) Mengapa EPO melonjak lebih dulu, sedangkan Hb baru naik setelah beberapa hari? (b) Mengapa EPO turun lagi walaupun pendaki masih di dataran tinggi? (c) Mengapa EPO turun di bawah nilai awal setelah ia kembali ke dataran rendah? (d) Mengapa pasien gagal ginjal kronis sering mengalami anemia, dan bagaimana bioteknologi membantu mereka?

39. Bayi Ayu berusia 3 hari dan tampak sehat. Hasil Skrining Hipotiroid Kongenital menunjukkan kadar TSH dari darah tumitnya tinggi (data rekaan), dan bidan meminta Ayu datang untuk pemeriksaan ulang. Ibunya bertanya, “Anak saya kelihatan sehat, kenapa harus diperiksa lagi?” Jelaskan (a) arti TSH tinggi berdasarkan cara kerja poros tiroid, (b) mengapa semua bayi diperiksa walaupun tampak sehat, (c) mengapa darah diambil pada usia 48–72 jam, dan (d) mengapa tindak lanjut harus segera.

40. Dimas (15 tahun) berjerawat di dahi dan pipi. Temannya berkata, “Itu karena mukamu kotor dan kamu suka gorengan. Komedo hitamnya dikorek saja.” Jelaskan (a) empat tahap terbentuknya jerawat dari folikel normal sampai meradang, (b) mengapa jerawat sering muncul saat pubertas, (c) apakah pendapat temannya tentang kotoran, gorengan, dan komedo hitam benar, dan (d) saran yang tepat untuk Dimas.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0-6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **B.** interneuron Interneuron di sumsum tulang belakang menjadi operator yang langsung menyambungkan pesan dari neuron sensorik ke neuron motorik, sehingga tangan tertarik tanpa menunggu keputusan otak. [Bab 22 · C2 · 22-03]
2. **C.** bagian dalam sel lebih negatif daripada bagian luar, seperti baterai mini yang siap dipakai Pompa Na^+/K^+ dan kebocoran K^+ keluar membuat bagian dalam lebih negatif daripada luar. Tanda minus menunjukkan muatan di dalam sel relatif terhadap luar. Pompa justru terus bekerja agar baterai ini tetap penuh. [Bab 22 · C2 · 22-04]
3. **D.** segera membawa kakek ke rumah sakit karena gejalanya mengarah ke stroke Senyum tidak simetris, gerak separuh tubuh melemah, dan bicara pelo adalah tanda stroke (SeGeRa Ke RS). Waktu adalah otak: pada stroke sumbatan yang tidak ditangani, diperkirakan $\pm 1,9$ juta neuron mati setiap menit. [Bab 22 · C3 · 22-05]
4. **B.** vesikel tidak dapat melebur sehingga asetilkolin tidak dilepas dan otot menjadi lumpuh lemas SNARE diperlukan agar vesikel melebur dengan membran dan menumpahkan neurotransmiter (eksositosis). Tanpa pelepasan asetilkolin, perintah tidak sampai ke otot sehingga otot lumpuh lemas. Kejang justru terjadi pada tetanus, yang melumpuhkan neuron “rem”. [Bab 22 · C4 · 22-12]
5. **D.** dopamin Dopamin berperan dalam kelancaran gerak. Pada penyakit Parkinson, neuron penghasil dopamin mati sehingga gerak menjadi lambat, kaku, dan gemetar. [Bab 22 · C3 · 22-13]
6. **C.** patok tempat tali diikat Garis Z adalah patok di kedua ujung sarkomer, tempat tali aktin terikat. Pemain adalah miosin, tali adalah aktin, dan token listrik adalah ATP. [Bab 23 · C1 · 23-01]
7. **A.** otot polos Otot polos berbentuk gelendong dengan satu inti dan tanpa garis-garis. Ia bekerja lambat dan otomatis di dinding usus, pembuluh darah, kandung kemih, dan rahim. [Bab 23 · C1 · 23-02]
8. **D.** kelainan gen distrofin yang terpaut kromosom X; anak laki-laki hanya punya satu X sehingga satu salinan rusak sudah menimbulkan penyakit Distrofi otot Duchenne disebabkan kerusakan gen distrofin pada kromosom X, sehingga membran serabut otot mudah robek. Perempuan dengan satu X normal biasanya sehat (pembawa), sedangkan laki-laki yang mewarisi X rusak akan sakit. [Bab 23 · C4 · 23-12]
9. **C.** asetilkolin dilepas $\rightarrow$ potensial aksi di tubulus T $\rightarrow \text{Ca}^{2+}$ dilepas $\rightarrow$ miosin menarik aktin Neuron motorik melepas asetilkolin, lahir potensial aksi di membran otot yang menjalar masuk lewat tubulus T, retikulum sarkoplasma melepas Ca^{2+} , lalu tempat ikat aktin terbuka dan miosin mulai menarik. [Bab 23 · C2 · 23-13]
10. **A.** ion bikarbonat (HCO_3^-) yang larut di plasma Di dalam eritrosit, enzim karbonat anhidrase dengan cepat mengubah $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ menjadi $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Bikarbonat keluar ke plasma ditukar ion Cl^- , sedangkan H^+ ditampung hemoglobin sehingga darah tidak menjadi terlalu asam. Sekitar 20% CO_2 menempel pada bagian protein hemoglobin (bukan pada besi heme, tempat O_2 menempel), dan sisanya larut di plasma. Di paru reaksinya berbalik sehingga CO_2 dapat diembuskan. [Bab 29 · C1 · 29-02]
11. **B.** melawan cacing dan parasit besar, serta berperan pada alergi dan asma Inti dua lobus dan butiran merah jingga adalah ciri eosinofil (1–4% leukosit), ahli melawan parasit besar seperti cacing yang terlalu besar untuk ditelan. Neutrofil berinti 3–5 lobus dan menjadi pasukan reaksi cepat melawan

bakteri, limfosit B membuat antibodi, sedangkan monosit berinti seperti ginjal dan menjadi makrofag di jaringan. Urutan jumlahnya dari yang terbanyak: Nenek Lina Makan Es Buah. [Bab 29 · C2 · 29-03]

12. **D.** fibrinogen menjadi fibrin Faktor-faktor pembeku saling mengaktifkan seperti deretan domino (kaskade koagulasi) dan berujung pada trombin, yang mengubah fibrinogen yang larut menjadi benang fibrin. Jaring fibrin memperkuat sumbat trombosit menjadi bekuan yang kokoh (hemostasis sekunder). Faktor von Willebrand adalah protein perekat yang membantu trombosit menempel pada kolagen, sedangkan plasmin justru melarutkan fibrin setelah luka pulih (fibrinolisis). [Bab 29 · C1 · 29-04]
13. **A.** Siti lebih mungkin kurang besi, sedangkan pola “banyak tetapi kecil” pada Pak Hasan khas pembawa sifat talasemia Keduanya memiliki eritrosit kecil (mikrositik). Pada Siti, Hb jauh di bawah rujukan dan jumlah eritrositnya hanya di batas bawah; bersama keluhan haid banyak, pola ini paling sering disebabkan kurang besi. Pada Pak Hasan, Hb hanya sedikit rendah dan MCV sangat kecil, tetapi jumlah eritrositnya justru tinggi. Mutasi gen globin membuat setiap eritrosit berisi lebih sedikit hemoglobin sehingga berukuran kecil, tetapi jumlahnya tetap banyak: pola khas pembawa sifat talasemia. Kepastiannya memerlukan pemeriksaan lanjutan, yaitu cadangan besi (ferritin) untuk Siti dan analisis hemoglobin, misalnya kadar HbA2, untuk Pak Hasan. Pembawa sifat umumnya sehat dan tidak memerlukan tablet besi bila cadangan besinya normal. [Bab 29 · C4 · 29-10]
14. **A.** ginjal – EPO, yang memesan sel darah merah baru Ginjal melepas EPO (eritropoietin) saat kadar oksigen darah rendah, sehingga sumsum tulang membuat lebih banyak sel darah merah (Bab 29). Insulin dibuat sel beta pankreas, adrenalin dibuat medula adrenal, dan melatonin dibuat kelenjar pineal. Jantung membuat ANP, jaringan lemak membuat leptin, dan lambung membuat ghrelin. [Bab 30 · C2 · 30-03]
15. **C.** progesteron Setelah ovulasi, sisa folikel berubah menjadi korpus luteum yang membuat progesteron (dan estrogen). Progesteron membuat dinding rahim tebal, kaya pembuluh darah dan kelenjar. FSH, LH, dan GH dibuat hipofisis, bukan korpus luteum. [Bab 30 · C1 · 30-05]
16. **A.** takaran tablet terlalu tinggi, sehingga T4 dari luar menekan TRH dan TSH Levotiroksin adalah T4. Takaran yang berlebihan menaikkan T4 dari luar tubuh, dan termostat yang sehat menanggapi dengan menekan TRH dan TSH sampai sangat rendah. Gejala berdebar, gemetar, dan sulit tidur adalah tanda kelebihan hormon tiroid. Dokter akan menyesuaikan dosis berdasarkan TSH; pasien tidak boleh mengubah dosis sendiri. [Bab 30 · C4 · 30-10]
17. **C.** GLP-1 memperkuat pelepasan insulin hanya ketika gula darah tinggi GLP-1 adalah inkretin dari usus. Ia memperkuat pelepasan insulin dari sel beta hanya bila gula darah tinggi, menahan glukagon, memperlambat pengosongan lambung, dan memberi rasa kenyang. Karena efeknya pada insulin bergantung pada kadar glukosa, risiko gula darah terlalu rendah kecil bila obat dipakai tanpa obat penurun gula lain. Obat ini tetap harus dipakai dengan resep dokter. [Bab 30 · C3 · 30-13]
18. **B.** pabrik bata yang terus mencetak bata baru Lapisan basal adalah pabrik bata: di sini sel punca kulit membelah dan menghasilkan keratinosit baru yang lalu naik ke permukaan. Penjaga menara adalah sel Langerhans, selimut lemak adalah hipodermis, dan pabrik minyak adalah kelenjar sebacea. [Bab 31 · C1 · 31-01]
19. **D.** melanosit Melanosit membuat melanin di dalam melanosom, lalu memindahkannya lewat dendrit ke sekitar 36 keratinosit di sekitarnya. Sel Langerhans adalah penjaga imun, sel Merkel berperan dalam sentuhan halus, dan fibroblas membuat kolagen di dermis. [Bab 31 · C1 · 31-02]

20. **A.** sel-selnya pipih dan direkat lemak antarsel, seperti bata dan semen Lapisan tanduk tersusun atas belasan lapis korneosit pipih penuh keratin (bata) yang direkat lemak antarsel berupa seramida, kolesterol, dan asam lemak (semen). Susunan ini disebut model bata dan semen. Epidermis tidak memiliki pembuluh darah, dan korneosit adalah sel mati yang tidak membelah lagi. [Bab 31 · C2 · 31-03]
21. **B.** perlindungan Rina hanya $\approx 2,7$ kali, jauh di bawah Doni (≈ 30 kali) Angka SPF berlaku pada takaran uji 2 mg/cm^2 . Menurut Faurschou dan Wulf (2007), seperempat takaran memberi perlindungan kira-kira akar pangkat empat SPF: $50 \text{ pangkat } \frac{1}{4} \approx 2,7$. Doni yang mengoles sesuai takaran mendapat perlindungan sesuai label, sekitar 30 kali. Jadi takaran olesan lebih menentukan daripada sekadar angka SPF yang besar. [Bab 31 · C4 · 31-10]
22. **C.** jaringan Sel sejenis bersama matriks di sekitarnya membentuk jaringan, misalnya epitel tubulus ginjal. Beberapa jaringan membangun organ, beberapa organ membentuk sistem organ, dan semua sistem membentuk organisme. [Bab 35 · C1 · 35-01]
23. **B.** ambang ginjal, sekitar 180 mg/dL Di bawah sekitar 180 mg/dL, semua glukosa yang tersaring diserap kembali oleh pengangkut di tubulus proksimal. Di atas ambang ginjal, muatan glukosa melampaui kemampuan angkut tubulus sehingga sebagian terbang ke urin. Glomerulus tetap menyaring berapa pun kadar glukosanya. [Bab 35 · C2 · 35-04]
24. **B.** 180 mg/menit Glukosa disaring = LFG $\times$ kadar glukosa. Kadar 150 mg/dL sama dengan 1,5 mg/mL, sehingga $120 \text{ mL/menit} \times 1,5 \text{ mg/mL} = 180 \text{ mg/menit}$. Angka ini masih di bawah batas angkut maksimum tubulus (sekitar 375 mg/menit), dan kadar 150 mg/dL juga di bawah ambang ginjal, sehingga semua glukosa diserap kembali. [Bab 35 · C3 · 35-09]
25. **A.** saat minum sedikit, ADH tinggi sehingga duktus pengumpul menyerap lebih banyak air Kekurangan air membuat hipofisis melepas banyak ADH, yang memasang akuaporin di duktus pengumpul sehingga air tersedot ke medula yang asin: urin sedikit dan pekat. Saat banyak minum, ADH ditekan sehingga air dibuang dan urin banyak serta encer. Laju filtrasi dan penyerapan di tubulus proksimal relatif tetap; penyesuaian akhir terjadi di duktus pengumpul. [Bab 35 · C4 · 35-11]

B. Benar–salah

26. **Salah** Salah. Pemindaian otak (fMRI dan PET) menunjukkan hampir semua bagian otak aktif dalam sehari, walau tidak sekaligus. Kerusakan kecil di bagian mana pun, misalnya akibat stroke, hampir selalu menimbulkan gangguan. [Bab 22 · C2 · 22-06]
27. **Salah** Salah. Laktat sudah dibersihkan dari otot sekitar satu jam setelah olahraga dan bahkan dipakai ulang sebagai bahan bakar. Pegal yang datang belakangan disebabkan kerusakan kecil pada serabut otot dan proses perbaikannya. [Bab 23 · C2 · 23-07]
28. **Salah** Salah. Darah selalu merah: darah kaya O_2 berwarna merah terang, sedangkan darah vena berwarna merah gelap karena sebagian hemoglobinnya sudah melepas O_2 . Vena tampak kebiruan karena cara kulit menyerap dan memantulkan cahaya, bukan karena darahnya biru. Darah vena pun masih membawa cukup banyak O_2 cadangan. [Bab 29 · C2 · 29-06]
29. **Benar** Benar. Contohnya pada poros tiroid: T4 yang tinggi mengerem hipotalamus dan hipofisis sehingga TRH dan TSH turun dan produksi T4 melambat, seperti termostat AC yang menghentikan kompresor saat ruangan sudah sejuk. [Bab 30 · C2 · 30-07]
30. **Salah** Salah. Jumlah melanosit pada kulit terang dan kulit gelap hampir sama. Perbedaannya terletak pada melanosom: pada kulit gelap melanosom lebih banyak, lebih besar, kaya eumelanin, tersebar satu-

satu, dan lebih lambat diurai. [Bab 31 · C2 · 31-06]

C. Isian singkat

31. **ranvier** (juga diterima: nodus ranvier) Nodus Ranvier adalah bagian akson yang tidak terbungkus mielin. Potensial aksi hanya perlu menyala di nodus-nodus ini, sehingga pesan melompat dari nodus ke nodus (hantaran saltatori). [Bab 22 · C1 · 22-08]
32. **atrofi** (juga diterima: atrofi otot) Otot yang tidak dipakai cepat menyusut (atrofi), misalnya pada lengan yang digips, pasien yang lama berbaring, atau astronaut tanpa gravitasi. Kebalikannya adalah hipertrofi akibat latihan. [Bab 23 · C3 · 23-14]
33. **bilirubin** Bilirubin berasal dari penguraian heme. Hati bayi baru lahir yang belum matang belum mampu mengolah semuanya, sehingga bilirubin menumpuk dan kulit tampak kuning (ikterus); kadar yang tinggi diobati dengan terapi sinar biru. Besi dari heme tidak dibuang, tetapi diangkut transferin kembali ke sumsum tulang atau disimpan sebagai feritin, sedangkan globin diurai menjadi asam amino. [Bab 29 · C1 · 29-08]
34. **shk** (juga diterima: skrining hipotiroid kongenital; skrining hipotiroid kongenital (shk)) SHK (Skrining Hipotiroid Kongenital) diatur dalam Permenkes Nomor 78 Tahun 2014 dan kini diwajibkan bagi semua bayi baru lahir di fasilitas pelayanan kesehatan. Darah tumit ditetaskan pada kertas saring lalu diperiksa kadar TSH-nya. Bayi dengan TSH tinggi dipanggil untuk pemeriksaan ulang dan diobati dengan levotiroksin bila terbukti. [Bab 30 · C1 · 30-08]
35. **11** (juga diterima: 11 menit; sebelas) Dosis per menit = $0,015 \times 12 = 0,18$ SED. Waktu $\approx 2 \div 0,18 \approx 11$ menit. Pada indeks UV ekstrem seperti ini, kulit yang sangat terang dapat memerah dalam waktu sangat singkat. [Bab 31 · C3 · 31-14]

D. Uraian

36. Pada antidepresan tersebut, serotonin tidak segera dipompa kembali ke terminal akson, sehingga bertahan lebih lama dan lebih banyak di celah sinaps; reseptor di neuron penerima lebih lama teraktifkan dan sinyal diperkuat. Pada penghambat asetilkolinesterase, enzim pemecah asetilkolin dihambat, sehingga asetilkolin bertahan lebih lama di celah sinaps sambungan saraf-otot dan lebih banyak mengenai reseptor yang tersisa; ini membantu penderita miastenia gravis yang reseptornya ditutup antibodi. Persamaannya: keduanya memperpanjang keberadaan “surat kimia” di celah sinaps. Perbedaannya: yang pertama menghambat daur ulang (penyerapan kembali), sedangkan yang kedua menghambat penghancuran oleh enzim. [Bab 22 · C4 · 22-16]
37. Otot rangka memiliki sel satelit, yaitu sel punca otot, yang dapat aktif, membelah, dan menyatu dengan serabut untuk memperbaiki kerusakan serta menyumbang inti baru. Sel otot jantung hampir tidak dapat membelah dan tidak memiliki cadangan sel punca yang setara, sehingga sel yang mati karena pembuluh koroner tersumbat tidak tergantikan dan tempatnya diisi jaringan parut. Jaringan parut tidak dapat berkontraksi dan tidak ikut berdenyut serempak, sehingga kemampuan jantung memompa darah berkurang. [Bab 23 · C4 · 23-15]
38. (a) Di dataran tinggi, tekanan O_2 udara rendah sehingga kadar O_2 darah turun. Sel peka O_2 di ginjal segera merasakannya dan melepas EPO, “surat pesanan kapal baru”, sehingga EPO melonjak dalam dua hari. Namun, pembuatan eritrosit butuh waktu: EPO menempel pada reseptor progenitor eritroid di sumsum tulang dan menyelamatkannya dari apoptosis, sel membelah berkali-kali, eritroblas mengisi

hemoglobin dengan bahan besi, vitamin B12, dan asam folat, intinya dibuang, lalu retikulosit matang dalam 1–2 hari di darah. Dari progenitor sampai eritrosit matang dibutuhkan sekitar satu minggu, sehingga Hb baru naik nyata setelah beberapa hari sampai minggu. (b) Eritrosit baru menambah daya angkut O₂, sehingga kadar O₂ yang dirasakan ginjal membaik dan pelepasan EPO dikurangi. Inilah umpan balik negatif: hasil akhir meredam pemicunya, seperti termostat AC. EPO tetap sedikit di atas nilai awal karena udara di dataran tinggi masih tipis. (c) Setelah kembali ke dataran rendah, Hb yang tinggi membuat O₂ darah lebih dari cukup, sehingga ginjal menekan EPO di bawah nilai awal. Pembuatan eritrosit melambat, dan Hb turun perlahan ke nilai semula karena eritrosit tua terus dibongkar di limpa (umurnya sekitar 120 hari). (d) Ginjal yang rusak tidak sanggup lagi membuat cukup EPO, sehingga sumsum tulang kekurangan pesanan dan eritrosit yang dibuat sedikit. EPO rekombinan yang dibuat dengan teknologi DNA rekombinan (Bab 24) diberikan sebagai obat untuk pasien seperti ini, dan kini ada pula obat penghambat HIF-PH yang membuat tubuh menaikkan EPO sendiri. Sebaliknya, penyalahgunaan EPO rekombinan sebagai doping dilarang karena darah yang terlalu kental meningkatkan risiko penggumpalan dan stroke. [Bab 29 · C4 · 29-16]

39. (a) TSH dilepas hipofisis untuk memerintah tiroid membuat T4. Bila tiroid bayi tidak terbentuk sempurna atau tidak mampu membuat cukup hormon, T4 rendah sehingga umpan balik terlepas dan hipofisis “berteriak” dengan melepas banyak TSH. Jadi TSH tinggi menandakan kemungkinan masalah di tiroid (hipotiroid kongenital), yang harus dipastikan dengan pemeriksaan ulang TSH dan FT4 dari darah vena, karena hasil skrining belum tentu berarti sakit. (b) Hampir semua bayi dengan hipotiroid kongenital tampak normal saat lahir, sebagian karena masih mendapat sedikit hormon dari ibu selama dalam kandungan, sehingga kelainannya hanya dapat ditemukan lewat pemeriksaan darah. (c) TSH bayi melonjak secara alami sesaat setelah lahir dan baru turun dalam satu-dua hari; pengambilan terlalu dini dapat memberi hasil positif palsu. (d) Hormon tiroid sangat penting untuk perkembangan otak pada bulan-bulan pertama. Bila kekurangan dibiarkan, kerusakan otak dan gangguan pertumbuhan bersifat permanen. Pengobatannya murah dan mudah, yaitu tablet levotiroksin setiap hari, dan sebaiknya dimulai sedini mungkin, idealnya dalam dua minggu pertama kehidupan. Karena itu ibu Ayu perlu segera datang sesuai jadwal. [Bab 30 · C4 · 30-15]
40. (a) Pada folikel normal, sebum dari kelenjar sebacea mengalir keluar ke permukaan kulit. Sel-sel tanduk di leher folikel kemudian menjadi lengket dan menyumbat jalan keluar sehingga terbentuk mikrokomedo. Folikel yang tersumbat makin penuh sebum dan sel tanduk menjadi komedo, terbuka (hitam) atau tertutup (putih). Bakteri penghuni kulit *Cutibacterium acnes* berkembang biak di dalamnya dan memicu sistem imun; bila dinding folikel pecah, terjadi jerawat merah yang meradang dan dapat bernanah. (b) Saat pubertas, hormon androgen pada laki-laki maupun perempuan membuat kelenjar sebacea membesar dan sebum bertambah banyak, sehingga folikel lebih mudah tersumbat. Kecenderungan berjerawat juga dipengaruhi keturunan. (c) Jerawat bukan disebabkan wajah kotor; mencuci muka terlalu sering dengan sabun keras justru mengiritasi. Warna hitam komedo berasal dari sebum dan melanin di mulut folikel yang terpapar udara, bukan kotoran. Tidak ada bukti kuat bahwa gorengan menyebabkan jerawat; penelitian menunjukkan pola makan tinggi gula dan karbohidrat olahan, dan pada sebagian orang susu, mungkin sedikit memperburuk jerawat, sedangkan bukti untuk coklat masih bertentangan. (d) Jangan memencet atau mengorek jerawat dan komedo karena dapat mendorong isi folikel lebih dalam, memperparah radang, dan meninggalkan bekas gelap atau bopeng. Bersihkan wajah dengan lembut dua kali sehari dan pilih produk yang tidak menyumbat pori. Ada obat jerawat yang terbukti, misalnya benzoil peroksida dan retinoid oles; bila jerawat besar, nyeri,

meninggalkan bekas, atau mengganggu rasa percaya diri, Dimas sebaiknya diperiksa dokter. [Bab 31 · C4 · 31-15]

CELLPEDIA · KUNCI PAKET 5 · VERSI A · © 2026 DR. RACHMAT HIDAYAT, M.SC, PHD · DIDUKUNG
OLEH AURUMGEN ACADEMY.

Kisi-kisi soal • Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Peserta didik dapat menunjukkan padanan selubung mielin pada akson dalam analogi Cellpedia.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Peserta didik dapat menyebutkan jenis sel glia yang membentuk mielin pada akson saraf tepi.	C1	Pilihan ganda
3	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan kasus penyuntikan lidokain sebelum cabut gigi, peserta didik dapat menentukan pengaruhnya terhadap saraf nyeri.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 22 Jaringan Kabel Kilat	Disajikan data jumlah lonjakan potensial aksi pada berbagai kekuatan rangsangan, peserta didik dapat menafsirkan sifat ambang potensial aksi.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menyebutkan unit terkecil pada otot yang mampu memendek saat kontraksi.	C1	Pilihan ganda
6	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menjelaskan kebutuhan energi pada setiap putaran siklus jembatan silang miosin.	C2	Pilihan ganda
7	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Disajikan kasus lomba lari 100 meter, peserta didik dapat menentukan sistem pembangkit energi yang paling diandalkan otot.	C3	Pilihan ganda
8	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menjelaskan organel penyimpan kalsium pada serabut otot rangka.	C2	Pilihan ganda
9	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan deskripsi hasil sentrifugasi darah, peserta didik dapat mengidentifikasi komponen darah yang membentuk lapisan paling atas.	C1	Pilihan ganda
10	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan hasil uji penggumpalan darah dengan tiga antiserum, peserta didik dapat menentukan golongan darah ABO dan Rhesus seseorang.	C3	Pilihan ganda
11	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan hasil hitung jenis leukosit tiga pasien, peserta didik dapat menganalisis kemungkinan kondisi yang mendasari kelainan pada setiap pasien.	C4	Pilihan ganda
12	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan kasus kehamilan kedua ibu Rh negatif dengan janin Rh positif, peserta didik dapat menentukan risiko yang dihadapi janin tersebut.	C3	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
13	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat mengidentifikasi bagian otak yang berperan sebagai pusat komando sistem hormon dalam analogi Bab 30.	C1	Pilihan ganda
14	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menjelaskan alasan hormon yang beredar ke seluruh tubuh hanya memengaruhi sel sasaran tertentu.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menjelaskan mekanisme terjadinya gondok akibat kekurangan yodium dalam waktu lama.	C2	Pilihan ganda
16	Bab 30 Siaran dari Istana	Disajikan pola perubahan kadar dua hormon setelah kejutan, peserta didik dapat menganalisis jenis hormon berdasarkan kecepatan responsnya.	C4	Pilihan ganda
17	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab utama timbulnya bau badan di daerah ketiak.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Disajikan kasus kulit tangan yang tersiram air panas, peserta didik dapat menentukan tindakan pertolongan pertama yang tepat.	C3	Pilihan ganda
19	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan alasan pembentukan vitamin D di kulit tidak terus bertambah selama berjemur lama.	C2	Pilihan ganda
20	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan sel penghasil dan reseptor sasaran hormon α -MSH dalam pengaturan pembuatan melanin.	C2	Pilihan ganda
21	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat mengidentifikasi sel tulang yang berperan sebagai sensor beban.	C1	Pilihan ganda
22	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi silia dan sel goblet pada epitel saluran napas.	C2	Pilihan ganda
23	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menjelaskan peran ADH dalam mengatur volume dan kepekatan urin.	C2	Pilihan ganda
24	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menghitung persentase filtrat yang diserap kembali oleh nefron.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Disajikan data hasil pemeriksaan pasien, peserta didik dapat menganalisis bagian nefron yang rusak.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menjelaskan peran tropomiosin terhadap tempat ikat aktin pada otot rangka yang sedang rileks.	C2	Benar-salah

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
27	Bab 29 Armada Sungai Merah	Peserta didik dapat menjelaskan asal-usul sel-sel darah dari sel induk di sumsum tulang merah.	C2	Benar-salah
28	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat membedakan cara penyimpanan dan pelepasan hormon steroid dengan hormon peptida.	C2	Benar-salah
29	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menjelaskan pengobatan kusta dan hubungannya dengan kemampuan penularan penyakit tersebut.	C2	Benar-salah
30	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menjelaskan kemampuan regenerasi hati berdasarkan siklus sel hepatosit.	C2	Benar-salah
31	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Peserta didik dapat menyebutkan nama protein penyimpan oksigen yang memberi warna gelap pada serat otot tipe I.	C1	Isian singkat
32	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan data tinggi kolom darah dan kolom eritrosit dalam tabung kapiler, peserta didik dapat menghitung nilai hematokrit pasien.	C3	Isian singkat
33	Bab 30 Siaran dari Istana	Disajikan data panjang siklus dan fase luteal seseorang, peserta didik dapat menghitung perkiraan waktu ovulasi pada siklus tersebut.	C3	Isian singkat
34	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Peserta didik dapat menyebutkan jenis sel epidermis yang menghasilkan keratin dan membentuk lapisan tanduk.	C1	Isian singkat
35	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat menyebutkan nama jaringan meristem yang membuat tumbuhan bertambah panjang.	C1	Isian singkat
36	Bab 23 Tim Tarik Tambang	Disajikan percobaan serabut otot dalam larutan berisi ATP dan Ca^{2+} berbeda, peserta didik dapat menganalisis peran keduanya dalam kontraksi.	C4	Uraian
37	Bab 29 Armada Sungai Merah	Disajikan persediaan kantong darah dan golongan darah tiga pasien, peserta didik dapat menganalisis kecocokan transfusi bagi setiap pasien.	C4	Uraian
38	Bab 30 Siaran dari Istana	Peserta didik dapat menganalisis peran ganda estrogen dalam umpan balik terhadap hipotalamus dan hipofisis selama siklus menstruasi.	C4	Uraian
39	Bab 31 Tembok Bata Hidup	Disajikan unggahan pemengaruh media sosial tentang kulit cokelat, peserta didik dapat mengevaluasi kebenaran pernyataannya berdasarkan mekanisme biologis kulit.	C5	Uraian

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
40	Bab 35 Dari Warga ke Kota	Peserta didik dapat merancang percobaan untuk menguji peran mineral dan kolagen dalam kekuatan tulang.	C6	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 9 · C2 = 14 · C3 = 8 · C4 = 7 · C5 = 1 · C6 = 1. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

CELLPEDIA · KISI-KISI PAKET 5 · VERSI B · © 2026 DR. RACHMAT HIDAYAT, M.SC, PHD ·
DIDUKUNG OLEH AURUMGEN ACADEMY.

Penilaian akhir semester • Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Dalam analogi Cellpedia, selubung mielin pada akson berperan seperti...
 - A. isolasi pada kabel listrik
 - B. kantor pos yang mengirim surat
 - C. patok pada arena tarik tambang
 - D. token listrik dari PLN
2. Sel glia yang membungkus akson saraf tepi dengan mielin adalah...
 - A. astrosit
 - B. mikroglia
 - C. sel Schwann
 - D. sel darah putih
3. Dokter gigi menyuntikkan lidokain sebelum mencabut gigi Bima. Apa yang terjadi pada saraf nyeri di sekitar gigi tersebut?
 - A. Kanal K^+ terbuka terus sehingga potensial aksi makin sering
 - B. Neurotransmitter dihancurkan sebelum sempat dilepaskan
 - C. Kanal Na^+ tertutup sehingga rangsangan sekuat apa pun tidak memicu potensial aksi
 - D. Mielin terkelupas sehingga pesan melambat
4. Pada simulator potensial aksi (kanal Na^+ normal), seorang siswa mencatat jumlah lonjakan: rangsangan 20% → 0; 35% → 0; 40% → 2; 80% → 3; 100% → 6. Tinggi setiap lonjakan selalu sama. Interpretasi yang paling tepat adalah...
 - A. Ambang berada di antara 35% dan 40%; di atas ambang, rangsangan yang lebih kuat disandikan sebagai lonjakan yang lebih sering
 - B. Rangsangan 20% dan 35% merusak neuron sehingga tidak ada lonjakan
 - C. Makin kuat rangsangan, makin tinggi potensial aksi yang dihasilkan
 - D. Neuron hanya dapat menyala bila rangsangannya 100%

5. Unit terkecil pada otot yang dapat memendek adalah...
- A. serabut otot
 - B. miofibril
 - C. berkas otot
 - D. sarkomer
6. Setiap satu putaran siklus jembatan silang (satu tarikan kepala miosin) menghabiskan...
- A. satu ion Na^+
 - B. satu molekul ATP
 - C. satu molekul glukosa
 - D. satu molekul O_2
7. Lari 100 meter berlangsung sekitar 10 detik. Pembangkit energi yang paling diandalkan otot pada lomba ini adalah...
- A. respirasi aerob yang membakar lemak
 - B. fosfokreatin, baterai cadangan yang langsung mengisi ulang ATP
 - C. pemecahan protein otot menjadi asam amino
 - D. mioglobin yang menyimpan oksigen
8. Organel yang menjadi “gudang kalsium” pada serabut otot rangka adalah...
- A. mitokondria
 - B. tubulus T
 - C. retikulum sarkoplasma
 - D. badan Golgi
9. Darah orang dewasa sehat dimasukkan ke tabung, lalu diputar cepat (disentrifugasi). Lapisan paling atas yang berwarna kuning dan menempati sekitar 55% volume adalah...
- A. eritrosit, yang persentase volumenya disebut hematokrit
 - B. lapisan putih tipis berisi leukosit dan trombosit
 - C. plasma, berisi air, protein, glukosa, garam, dan hormon
 - D. benang fibrin yang terbentuk karena darah diputar cepat
10. Petugas PMI meneteskan tiga cairan uji berisi antibodi pada sampel darah Rina. Hasilnya: menggumpal dengan anti-A, tidak menggumpal dengan anti-B, dan menggumpal dengan anti-D. Golongan darah Rina adalah...
- A. B+
 - B. A-
 - C. A+
 - D. AB+

- L1. Berikut hasil pemeriksaan leukosit tiga pasien dewasa (data rekaan; rujukan leukosit 4.000–11.000/ μ L, neutrofil 50–70%, eosinofil 1–4%, sel blast 0%).
- Pasien P: leukosit 15.200/ μ L; neutrofil 86%; eosinofil 1%; tanpa sel blast; Hb dan trombosit normal
 - Pasien Q: leukosit 9.600/ μ L; neutrofil 52%; eosinofil 15%; tanpa sel blast; Hb sedikit rendah
 - Pasien R: leukosit 58.000/ μ L; neutrofil 2%; sel blast 85%; Hb 7,9 g/dL; trombosit 28.000/ μ L
- Pasangan pasien dan dugaan yang paling tepat adalah...
- A. P infeksi cacing atau alergi; Q infeksi bakteri akut; R leukemia akut
 - B. P infeksi bakteri akut; Q infeksi cacing atau alergi; R leukemia akut
 - C. P leukemia akut; Q infeksi bakteri akut; R infeksi cacing atau alergi
 - D. P infeksi bakteri akut; Q leukemia akut; R infeksi bakteri yang berat
- L2. Bu Lestari bergolongan darah O– dan suaminya O+. Anak pertama mereka bergolongan O+, dan setelah persalinan itu Bu Lestari tidak mendapat suntikan imunoglobulin anti-D. Kini ia hamil lagi dan janinnya juga Rh+. Pernyataan yang paling tepat adalah...
- A. anak pertama justru yang paling berisiko, karena orang Rh– sudah membawa anti-D di plasmanya sejak lahir
 - B. janin Rh+ akan membentuk anti-D, lalu antibodi itu menembus plasenta dan menghancurkan eritrosit ibunya
 - C. tidak ada risiko sama sekali, karena antibodi ibu tidak pernah dapat menembus plasenta untuk mencapai janin
 - D. janin kedua berisiko, karena anti-D yang terbentuk sejak persalinan pertama dapat menyerang eritrositnya
- L3. Dalam analogi Bab 30, bagian otak yang menjadi “istana” atau pusat komando sistem hormon adalah...
- A. hipofisis, kelenjar sebesar kacang polong
 - B. hipotalamus, di dasar otak
 - C. tiroid, di leher bagian depan
 - D. adrenal, di atas ginjal
- L4. Adrenalin dibawa darah ke seluruh tubuh, tetapi hanya memengaruhi sel-sel tertentu. Mengapa?
- A. karena adrenalin hanya mengalir di pembuluh darah jantung dan otot
 - B. karena sel-sel lain segera menghancurkan adrenalin begitu tiba
 - C. karena adrenalin hanya bisa masuk ke dalam sel yang sedang lapar
 - D. karena hanya sel yang punya reseptor adrenalin yang mendengarnya
- L5. Kekurangan yodium dalam waktu lama dapat menyebabkan gondok karena...
- A. yodium dari makanan menumpuk di leher dan membentuk benjolan keras
 - B. tiroid gagal membuat T4, sehingga TSH tetap tinggi dan memacu tiroid tumbuh
 - C. hipofisis berhenti membuat TSH sehingga tiroid membengkak karena menganggur
 - D. kuman lebih mudah menginfeksi tiroid yang kekurangan yodium sehingga meradang

16. Seorang siswa dikejutkan suara keras. Dua hormon diukur dalam darahnya (data rekaan). Hormon M melonjak dalam beberapa detik dan kembali normal dalam beberapa menit. Hormon N mulai naik setelah beberapa menit, memuncak sekitar 30 menit kemudian, dan turun perlahan selama berjam-jam. M dan N berturut-turut adalah...
- A. kortisol dan adrenalin
 - B. adrenalin dan kortisol
 - C. insulin dan glukagon
 - D. melatonin dan kortisol
17. Bau badan di ketiak terutama muncul karena...
- A. keringat ekrin membawa banyak racun dari dalam hati
 - B. cairan kelenjar apokrin diuraikan bakteri kulit
 - C. minyak kelenjar sebacea membusuk di permukaan
 - D. sel kulit mati di ketiak membusuk setiap hari
18. Tangan adikmu tersiram air panas dan kulitnya memerah. Pertolongan pertama yang tepat adalah...
- A. mengoleskan pasta gigi agar terasa dingin
 - B. menempelkan es batu langsung di atas kulit yang luka
 - C. mengalirkan air bersuhu biasa sekitar 20 menit
 - D. memecahkan lepuh agar cairannya keluar
19. Berjemur berjam-jam di bawah terik matahari tidak membuat vitamin D terus bertambah. Alasan yang paling tepat adalah...
- A. vitamin D yang sudah terbentuk langsung dibuang lewat keringat tubuh
 - B. melanin menghancurkan seluruh vitamin D yang sudah dibuat kulit
 - C. ginjal berhenti bekerja bila tubuh terlalu lama terkena matahari
 - D. previtamin D₃ berlebih diubah UV menjadi zat lain yang tidak aktif
20. Setelah kulit terkena UV, hormon α -MSH yang memicu pembuatan melanin dilepas oleh ... dan ditangkap oleh reseptor ... pada melanosit.
- A. keratinosit; MC1R
 - B. melanosit; reseptor insulin
 - C. sel Langerhans; reseptor TSH
 - D. fibroblas; GLUT4
21. Sel tulang yang terkubur di dalam matriks tulang, saling bergandengan lewat saluran halus, dan berperan sebagai sensor beban adalah...
- A. osteosit
 - B. osteoklas
 - C. osteoblas
 - D. kondrosit

22. Epitel yang melapisi trakea memiliki silia dan sel goblet. Fungsi gabungan keduanya adalah...
- A. menyerap oksigen dari udara langsung ke dalam darah
 - B. menahan gesekan makanan kasar seperti di kerongkongan
 - C. meregang lebar saat saluran napas sedang penuh udara
 - D. menangkap debu dengan lendir, lalu menyapunya ke atas
23. Hormon yang membuat sel duktus pengumpul memasang akuaporin sehingga urin menjadi sedikit dan pekat adalah...
- A. insulin
 - B. glukagon
 - C. ADH
 - D. eritropoietin
24. Ginjal seseorang menyaring 180 L filtrat per hari, sedangkan urin yang keluar 1,5 L per hari. Persentase filtrat yang diserap kembali ke darah adalah...
- A. sekitar 0,8%
 - B. sekitar 83%
 - C. sekitar 99,2%
 - D. sekitar 120%
25. Hasil pemeriksaan seorang pasien (data rekaan): urin berbusa, protein urin +++, kadar albumin darah rendah, kedua kaki bengkak, glukosa urin negatif, dan gula darah 95 mg/dL. Bagian nefron yang paling mungkin rusak adalah...
- A. duktus pengumpul yang tidak lagi mendapat perintah ADH
 - B. tubulus proksimal yang kehilangan pintu pengangkut SGLT2
 - C. lengan naik lengkung Henle yang gagal memompa garam
 - D. saringan glomerulus, terutama podosit dan membran basal

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Pada otot rangka yang sedang rileks, tali tropomiosin menutupi tempat ikat pada aktin sehingga kepala miosin tidak dapat menggenggam aktin.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Eritrosit, trombosit, dan kelima jenis leukosit berasal dari satu jenis sel induk yang sama, yaitu sel punca darah di sumsum tulang merah.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Hormon steroid seperti kortisol disimpan dalam granula di kelenjar adrenal, lalu dilepas lewat eksositosis saat ada perintah.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Kusta dapat disembuhkan dengan obat kombinasi (MDT), dan penderitanya berhenti menularkan setelah mulai berobat.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Hati dapat tumbuh kembali setelah sebagian jaringannya diangkat, karena hepatosit yang sedang beristirahat dapat masuk kembali ke siklus sel.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Protein merah penyimpan oksigen yang membuat serat otot tipe I, daging paha ayam, dan daging ikan tongkol berwarna gelap disebut ____.

32. Darah seorang pasien dimasukkan ke tabung kapiler, lalu diputar. Tinggi seluruh kolom darah 50 mm, sedangkan kolom eritrosit di bagian bawah setinggi 27 mm (data rekaan). Hematokrit pasien ini adalah ____ %.

33. Pada siklus 28 hari, ovulasi terjadi sekitar hari ke-14 dan korpus luteum bertahan sekitar dua minggu. Bila panjang siklus seseorang 32 hari dan fase lutealnya tetap sekitar 14 hari, ovulasi diperkirakan terjadi sekitar hari ke-____ .

34. Sel epidermis yang membuat banyak keratin dan akhirnya menjadi “bata” di lapisan tanduk disebut ____ .

35. Jaringan tumbuhan yang selnya terus membelah di ujung akar dan ujung pucuk sehingga tumbuhan bertambah panjang disebut meristem ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Seorang peneliti memakai serabut otot yang membrannya sudah dilarutkan, sehingga larutan uji dapat langsung masuk ke dalam sel. Serabut dimasukkan ke tiga larutan: (A) ATP tanpa Ca^{2+} , (B) ATP dan Ca^{2+} , (C) Ca^{2+} tanpa ATP. Ramalkan keadaan serabut pada setiap larutan (relaks, kontraksi, atau kaku) dan jelaskan alasannya.

37. Bank darah sebuah rumah sakit hanya memiliki kantong sel darah merah golongan O–, O+, A+, B+, dan AB+. Tiga pasien membutuhkan transfusi: Pak Andi (A+), Bu Wati (B–), dan Nia (AB+). (a) Tentukan kantong yang aman untuk setiap pasien dan jelaskan alasannya berdasarkan antigen dan antibodi. (b) Bila hanya tersisa satu kantong O–, kepada siapa kantong itu sebaiknya diberikan? (c) Mengapa aturan kecocokan untuk transfusi plasma justru terbalik?

38. Dalam satu siklus menstruasi, estrogen bisa bekerja sebagai “rem” dan juga sebagai “pedal gas” bagi hipotalamus dan hipofisis. Jelaskan kapan estrogen bekerja sebagai rem dan kapan sebagai pedal gas, apa akibat dari masing-masing, serta peran progesteron dari korpus luteum dalam fase luteal. Hubungkan jawabanmu dengan pengertian umpan balik negatif dan positif di Bab 30.4.

39. Seorang pemengaruh media sosial menulis, “Kulit yang dijemur sampai coklat itu tanda kulit sehat dan kuat. Orang yang kulitnya sawo matang tidak perlu pelindung apa pun.” Evaluasilah kedua pernyataan itu berdasarkan mekanisme pembentukan melanin (Bab 31.4) dan data lab maya (Bab 31.6), lalu susun saran yang lebih tepat.

40. Rancanglah percobaan sederhana yang aman untuk menguji dugaan bahwa kekerasan tulang berasal dari mineral, sedangkan kelenturannya berasal dari kolagen, memakai tulang ayam yang sudah dimasak. Uraikan rumusan masalah, hipotesis, variabel, alat dan bahan, langkah kerja, cara mengukur hasil, keselamatan, dan cara menarik kesimpulan.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 5: Sel-sel khusus, jaringan, dan organ

Bab 22, 23, 29, 30, 31, 35 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar-salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **A.** isolasi pada kabel listrik Mielin membungkus akson seperti isolasi kabel, sehingga arus tidak bocor dan sinyal dapat melompat dari nodus ke nodus. Kantor pos adalah terminal akson, patok adalah garis Z otot, dan token listrik adalah ATP. [Bab 22 · C1 · 22-01]
2. **C.** sel Schwann Sel Schwann adalah “tukang isolasi” di saraf tepi, sedangkan oligodendrosit bekerja di otak dan sumsum tulang belakang. Astrosit adalah petugas logistik, dan mikroglia adalah satpam otak. [Bab 22 · C1 · 22-02]
3. **C.** Kanal Na^+ tertutup sehingga rangsangan sekuat apa pun tidak memicu potensial aksi Obat bius lokal menutup kanal Na^+ . Tanpa Na^+ yang menyerbu masuk, depolarisasi tidak pernah mencapai lonjakan potensial aksi, sehingga pesan nyeri tidak terkirim ke otak. Hal ini dapat dicoba di simulator Bab 22.5. [Bab 22 · C3 · 22-10]
4. **A.** Ambang berada di antara 35% dan 40%; di atas ambang, rangsangan yang lebih kuat disandikan sebagai lonjakan yang lebih sering Di bawah ambang tidak ada potensial aksi sama sekali, dan di atas ambang tingginya selalu sama (semua atau tidak sama sekali). Kekuatan rangsangan disandikan lewat frekuensi lonjakan, bukan besarnya. [Bab 22 · C4 · 22-11]
5. **D.** sarkomer Satu serabut otot berisi ratusan miofibril, dan setiap miofibril adalah rangkaian ribuan sarkomer. Sarkomer adalah unit terkecil yang dapat memendek. [Bab 23 · C1 · 23-03]
6. **B.** satu molekul ATP Setiap tarikan dibayar satu token ATP. ATP dipakai untuk melepas genggaman miosin dari aktin dan mengokang kepalanya kembali ke posisi siap. [Bab 23 · C2 · 23-04]
7. **B.** fosfokreatin, baterai cadangan yang langsung mengisi ulang ATP Fosfokreatin langsung mengisi ulang ADP menjadi ATP dan cukup untuk ± 10 detik kerja keras, seperti lari 100 m atau lompat. Respirasi aerob lebih lambat dan dipakai untuk aktivitas lama seperti maraton. [Bab 23 · C3 · 23-05]
8. **C.** retikulum sarkoplasma Retikulum sarkoplasma adalah RE halus khusus otot yang menyimpan Ca^{2+} dan melepaskannya saat pesan listrik tiba lewat tubulus T. Tubulus T hanya terowongan penyalur pesan listrik. [Bab 23 · C2 · 23-09]
9. **C.** plasma, berisi air, protein, glukosa, garam, dan hormon Setelah diputar, darah terpisah menjadi plasma kuning di atas ($\pm 55\%$), lapisan putih tipis berisi leukosit dan trombosit (kurang dari 1%), dan eritrosit di bawah ($\pm 45\%$). Persentase volume eritrosit disebut hematokrit, normalnya sekitar 40–50% pada laki-laki dan 36–46% pada perempuan. Fibrin terbentuk saat darah membeku, bukan karena darah diputar. [Bab 29 · C1 · 29-01]
10. **C.** A+ Penggumpalan (aglutinasi) terjadi bila antibodi menemukan antigen pasangannya di permukaan eritrosit. Menggumpal dengan anti-A berarti eritrosit Rina membawa antigen A; tidak menggumpal dengan anti-B berarti tidak membawa antigen B; menggumpal dengan anti-D berarti membawa protein D (Rh+). Jadi golongan darahnya A+. Pemeriksaan seperti ini dilakukan petugas terlatih, bukan untuk dicoba sendiri. [Bab 29 · C3 · 29-05]
11. **B.** P infeksi bakteri akut; Q infeksi cacing atau alergi; R leukemia akut P mengalami leukositosis dengan neutrofilia: pasukan reaksi cepat dikerahkan besar-besaran, pola yang sering menyertai infeksi bakteri akut. Q memiliki jumlah leukosit normal, tetapi eosinofilnya tinggi; eosinofil adalah ahli melawan cacing dan berperan pada alergi, dan Hb yang sedikit rendah cocok dengan cacingan yang dapat

menyebabkan kurang besi. R memiliki leukosit sangat tinggi yang sebagian besar berupa sel muda (blast), disertai anemia dan trombosit rendah: blast menyedasi sumsum tulang sehingga sel normal berkurang, termasuk neutrofil matang yang hanya sekitar $1.200/\mu\text{L}$, pola yang mengarah ke leukemia akut. Infeksi bakteri yang berat menaikkan sel matang, bukan blast. Semua dugaan ini tetap dipastikan dokter dengan pemeriksaan lanjutan. [Bab 29 · C4 · 29-12]

12. **D.** janin kedua berisiko, karena anti-D yang terbentuk sejak persalinan pertama dapat menyerang eritrositnya Orang Rh– tidak membawa anti-D sejak lahir. Anti-D baru terbentuk setelah tubuhnya terpapar eritrosit Rh+, misalnya saat melahirkan bayi Rh+. Pada kehamilan berikutnya dengan janin Rh+, anti-D ibu (IgG) dapat menembus plasenta dan menghancurkan eritrosit janin, yang disebut penyakit hemolitik pada janin dan bayi baru lahir. Karena itu ibu Rh– mendapat suntikan imunoglobulin anti-D pada waktu-waktu tertentu agar sistem imunnya tidak sempat “mengingat” protein D. Bu Lestari perlu diperiksa dan dipantau dokter kandungannya. [Bab 29 · C3 · 29-13]
13. **B.** hipotalamus, di dasar otak Hipotalamus adalah istana: ia memantau keadaan tubuh dan melepas hormon pelepas seperti TRH, CRH, dan GnRH. Hipofisis adalah sekretariat yang meneruskan perintah ke para gubernur, yaitu kelenjar sasaran seperti tiroid, adrenal, ovarium, dan testis. [Bab 30 · C1 · 30-01]
14. **D.** karena hanya sel yang punya reseptor adrenalin yang mendengarnya Hormon ibarat siaran radio: semua sel terkena siarannya, tetapi hanya sel sasaran yang punya pesawat penerima (reseptor) yang cocok yang menanggapi. Prinsip kunci dan gembok ini sudah dibahas di Bab 6. [Bab 30 · C2 · 30-02]
15. **B.** tiroid gagal membuat T4, sehingga TSH tetap tinggi dan memacu tiroid tumbuh Setiap molekul T4 membutuhkan 4 atom yodium. Tanpa yodium, T4 turun dan rem umpan balik terlepas, sehingga hipofisis terus melepas TSH. TSH yang tinggi terus-menerus merangsang sel tiroid tumbuh, dan kelenjar membesar menjadi gondok. Termostatnya bekerja benar, tetapi bahan bakunya tidak ada. [Bab 30 · C2 · 30-04]
16. **B.** adrenalin dan kortisol Adrenalin dilepas medula adrenal atas perintah saraf simpatis, sudah tersimpan di granul, dan terurai dalam beberapa menit, sehingga naik dan turun cepat. Kortisol harus dibuat dulu dari kolesterol setelah rantai CRH → ACTH, sehingga baru memuncak setelah puluhan menit dan bertahan berjam-jam. [Bab 30 · C4 · 30-12]
17. **B.** cairan kelenjar apokrin diuraikan bakteri kulit Kelenjar apokrin di ketiak aktif sejak pubertas dan mengeluarkan cairan kental yang sebenarnya hampir tidak berbau. Bakteri penghuni kulit menguraikan cairan itu menjadi zat-zat yang mudah menguap dan berbau. Keringat ekrim hampir seluruhnya air dan garam, dan tugasnya mendinginkan tubuh, bukan membuang racun. [Bab 31 · C2 · 31-04]
18. **C.** mengalirkan air bersuhu biasa sekitar 20 menit Luka bakar didinginkan dengan air mengalir bersuhu biasa, sekitar 20 menit menurut banyak pedoman luka bakar. Pasta gigi, mentega, dan kecap menahan panas dan mengotori luka, es batu memperdalam kerusakan, dan lepuh tidak boleh dipecahkan. Luka yang luas, dalam, atau mengenai wajah, tangan, kaki, kelamin, atau sendi perlu dibawa ke fasilitas kesehatan. [Bab 31 · C3 · 31-05]
19. **D.** previtamin D₃ berlebih diubah UV menjadi zat lain yang tidak aktif Pembuatan vitamin D di kulit cepat mencapai batas. Bila UVB terus datang, previtamin D₃ yang berlebih diubah menjadi zat lain yang tidak aktif, sehingga vitamin D tidak bertambah, sedangkan kerusakan DNA terus bertambah. Karena itu paparan singkat dan teratur lebih baik daripada berjemur lama. [Bab 31 · C2 · 31-11]

20. **A.** keratinosit; MC1R Kerusakan DNA di keratinosit mengaktifkan p53, yang menyalakan gen POMC sehingga keratinosit melepas α -MSH. α -MSH menempel pada MC1R di melanosit, menaikkan cAMP, menyalakan MITF, lalu enzim tirosinase dibuat untuk memasak melanin. [Bab 31 · C2 · 31-13]
21. **A.** osteosit Osteosit adalah osteoblas yang terkubur di dalam tulang buatannya sendiri. Jumlahnya sekitar 90–95% sel tulang dan mereka bergandengan lewat kanalikuli, sehingga dapat merasakan beban dan retak mikro. Osteoklas membongkar tulang, osteoblas membangun, dan kondrosit adalah sel tulang rawan. [Bab 35 · C1 · 35-02]
22. **D.** menangkap debu dengan lendir, lalu menyapunya ke atas Sel goblet membuat lendir yang menangkap debu dan kuman, lalu silia bergerak serempak menyapu lendir itu ke atas seperti eskalator. Pertukaran gas terjadi di alveolus yang dilapisi epitel selapis pipih, gesekan makanan ditahan epitel berlapis pipih, dan kemampuan meregang dimiliki epitel peralihan kandung kemih. [Bab 35 · C2 · 35-03]
23. **C.** ADH ADH (vasopresin) dilepas hipofisis belakang saat tubuh kekurangan air. Ia menyuruh sel duktus pengumpul memasang pintu air akuaporin, sehingga air tersedot ke medula yang asin dan urin menjadi sedikit serta pekat. Eritropoietin justru dibuat ginjal untuk memesan eritrosit baru. [Bab 35 · C2 · 35-05]
24. **C.** sekitar 99,2% Yang diserap kembali = $180 - 1,5 = 178,5$ L. Persentasenya $178,5 \div 180 \times 100\% \approx 99,2\%$. Angka 0,8% adalah bagian yang keluar sebagai urin, dan persentase penyerapan tidak mungkin melebihi 100%. [Bab 35 · C3 · 35-12]
25. **D.** saringan glomerulus, terutama podosit dan membran basal Protein besar seperti albumin normalnya tertahan oleh saringan glomerulus, yaitu dinding kapiler, membran basal glomerulus, dan celah di antara kaki podosit. Bila saringan bocor, albumin lolos ke urin sehingga urin berbusa dan albumin darah turun; cairan merembes ke jaringan dan kaki bengkak (sindrom nefrotik). Glukosa urin negatif menunjukkan tubulus proksimal masih bekerja, dan masalah ADH atau lengkung Henle mengubah volume serta kepekatan urin, bukan protein. [Bab 35 · C4 · 35-13]

B. Benar–salah

26. **Benar** Benar. Tropomiosin berfungsi seperti sarung yang menutupi pegangan tali. Baru setelah Ca^{2+} menempel pada troponin, tropomiosin bergeser dan miosin dapat menggenggam aktin. [Bab 23 · C2 · 23-06]
27. **Benar** Benar. Saat membelah, sel punca darah memperbarui dirinya sekaligus menghasilkan progenitor mieloid dan limfoid. Garis mieloid menghasilkan eritrosit, trombosit (lewat megakariosit), neutrofil, eosinofil, basofil, dan monosit; garis limfoid menghasilkan limfosit B, limfosit T, dan sel NK. Proses ini disebut hematopoiesis, dan pada orang dewasa terutama berlangsung di tulang pipih seperti tulang panggul, tulang dada, tulang belakang, dan rusuk. [Bab 29 · C2 · 29-07]
28. **Salah** Salah. Kortisol adalah steroid yang dibuat dari kolesterol dan larut lemak, sehingga langsung merembes menembus membran begitu dibuat. Karena itu steroid tidak disimpan di granul, melainkan dibuat saat dipesan. Yang disimpan di granul dan dilepas lewat eksositosis adalah hormon peptida (misalnya insulin) dan katekolamin (misalnya adrenalin). [Bab 30 · C2 · 30-06]
29. **Benar** Benar. Kusta disebabkan bakteri *Mycobacterium leprae* dan dapat disembuhkan dengan MDT selama 6 atau 12 bulan yang tersedia gratis di puskesmas. Penularannya tidak mudah, membutuhkan kontak dekat yang lama dengan penderita yang belum diobati, dan berhenti setelah penderita mulai berobat. Karena itu penderita kusta tidak boleh dikucilkan. [Bab 31 · C2 · 31-07]

30. **Benar** Benar. Hepatosit biasanya beristirahat di fase G_0 , tetapi setelah sebagian hati diangkat mereka masuk kembali ke siklus sel dan membelah sampai massa hati mendekati semula. Karena itu seseorang dapat mendonorkan sebagian hatinya. Cedera menahun, misalnya akibat hepatitis B, justru membuat hati menambal diri dengan parut sampai terjadi sirosis. [Bab 35 · C2 · 35-07]

C. Isian singkat

31. **mioglobin** (juga diterima: myoglobin) Mioglobin menyimpan oksigen di dalam sel otot. Serat tipe I kaya mioglobin dan mitokondria, sehingga berwarna merah dan tahan lelah. [Bab 23 · C1 · 23-08]
32. **54** (juga diterima: 54%; 54 %; lima puluh empat) Hematokrit = tinggi kolom eritrosit ÷ tinggi seluruh kolom darah $\times 100\% = 27 \div 50 \times 100\% = 54\%$. Nilai ini di atas rujukan laki-laki (40–50%) maupun perempuan (36–46%). Pada pasien DBD, hematokrit yang naik seperti ini menandakan plasma bocor sehingga darah mengental, sama seperti kasus Dodi di Lab maya Bab 29.10. [Bab 29 · C3 · 29-14]
33. **18** (juga diterima: delapan belas; hari ke-18; ke-18) Fase luteal (dari ovulasi sampai haid berikutnya) relatif tetap sekitar 14 hari, sedangkan panjang fase folikular lebih bervariasi. Jadi ovulasi $\approx 32 - 14 =$ hari ke-18. Ini perkiraan; pada kenyataannya waktu ovulasi dapat bergeser dari siklus ke siklus. [Bab 30 · C3 · 30-14]
34. **keratinosit** (juga diterima: sel keratinosit; keratinosit (korneosit)) Keratinosit adalah sekitar 90% penghuni epidermis. Ia lahir di lapisan basal, naik melewati lapisan taju dan lapisan berbutir, lalu membongkar inti dan organelnya sehingga menjadi korneosit di lapisan tanduk. [Bab 31 · C1 · 31-08]
35. **apikal** (juga diterima: ujung; meristem apikal) Meristem apikal di ujung akar dan pucuk membuat tumbuhan memanjang. Meristem lateral, yaitu kambium pembuluh dan kambium gabus, membuat batang dan akar bertambah besar dan membentuk lingkaran tahun pada kayu. [Bab 35 · C1 · 35-08]

D. Uraian

36. (A) Relaks: tanpa Ca^{2+} , tropomiosin tetap menutup tempat ikat aktin sehingga miosin tidak dapat menggenggam aktin, walaupun ATP tersedia. (B) Kontraksi: Ca^{2+} menempel pada troponin sehingga tempat ikat terbuka, dan ATP menjalankan siklus jembatan silang berulang kali sehingga sarkomer memendek. (C) Kaku (rigor): tempat ikat terbuka dan kepala miosin menggenggam aktin, tetapi tanpa ATP genggaman tidak dapat dilepas, sehingga jembatan silang terkunci seperti pada rigor mortis. [Bab 23 · C4 · 23-16]
37. (a) Pak Andi (A+) membawa antigen A dan D, dan plasmanya mengandung anti-B. Kantong yang aman adalah O–, O+, dan A+. Kantong B+ dan AB+ ditolak karena antigen B pada eritrosit donor akan ditempeli anti-B sehingga eritrosit menggumpal (aglutinasi) lalu pecah. Bu Wati (B–) plasmanya mengandung anti-A, dan eritrositnya tidak membawa protein D. Kantong A+ dan AB+ ditolak karena membawa antigen A. Kantong O+ dan B+ cocok ABO-nya, tetapi Rh+, sehingga dihindari karena Bu Wati dapat membentuk anti-D yang membahayakan transfusi berikutnya atau kehamilan dengan janin Rh+. Satu-satunya pilihan aman di bank darah ini adalah O–. Nia (AB+) membawa antigen A, B, dan D, dan plasmanya tidak mengandung anti-A maupun anti-B, sehingga kelima kantong aman; AB+ disebut penerima universal. (b) Kantong O– sebaiknya untuk Bu Wati, karena hanya O– yang aman baginya, sedangkan Pak Andi dan Nia masih dapat menerima kantong lain. O– sebagai donor universal sel darah merah perlu dihemat untuk pasien Rh– atau keadaan darurat ketika golongan darah pasien belum diketahui. (c) Pada transfusi plasma, yang dipindahkan adalah antibodi donor, bukan eritrositnya. Plasma O mengandung anti-A dan anti-B sehingga hanya aman untuk penerima O, sedangkan plasma

AB tidak mengandung keduanya sehingga dapat diberikan kepada semua golongan ABO. Apa pun pilihannya, darah donor selalu diuji silang (crossmatch) dengan darah penerima sebelum transfusi. [Bab 29 · C4 · 29-15]

38. Pada awal sampai pertengahan fase folikular, estrogen dari folikel yang sedang tumbuh dalam kadar sedang bekerja sebagai rem (umpan balik negatif): ia menahan pelepasan FSH dan LH, sehingga biasanya hanya satu folikel yang menjadi folikel dominan sementara folikel lain berhenti tumbuh. Menjelang pertengahan siklus, folikel dominan membuat estrogen tinggi yang bertahan sekitar dua hari. Pada keadaan ini pengaruh estrogen berbalik menjadi pedal gas (umpan balik positif): hipofisis melepas LH besar-besaran (lonjakan LH), dan sekitar 1-1,5 hari kemudian folikel pecah sehingga terjadi ovulasi. Umpan balik positif memperkuat dirinya sendiri sampai suatu peristiwa selesai, seperti oksitosin saat persalinan. Setelah ovulasi, korpus luteum membuat progesteron dan estrogen. Progesteron menyiapkan dinding rahim agar tebal dan kaya pembuluh darah, sedangkan progesteron bersama estrogen menekan FSH dan LH (umpan balik negatif) sehingga folikel baru tidak tumbuh selama fase luteal. Bila tidak terjadi kehamilan, korpus luteum mengerut sekitar dua minggu setelah ovulasi, progesteron dan estrogen turun, dinding rahim luruh (haid), dan rem terlepas sehingga FSH naik lagi dan siklus baru dimulai. [Bab 30 · C4 · 30-16]
39. Pernyataan pertama keliru. Kulit menjadi cokelat karena sinar UV merusak DNA keratinosit; kerusakan itu dikenali p53, yang menyalakan gen POMC sehingga keratinosit melepas α -MSH. α -MSH menempel pada MC1R di melanosit, menyalakan MITF dan enzim tirosinase, lalu melanin baru dibuat dan dikirim ke keratinosit membentuk payung di atas inti. Jadi warna cokelat setelah berjemur adalah tanda bahwa DNA sudah rusak, bukan tanda kulit sehat. Perlindungan dari kulit yang menggelap ini kecil, jauh lebih lemah daripada perlindungan pakaian atau tabir surya, dan setiap kali terbakar sebagian kerusakan DNA dapat tertinggal dan menumpuk, meningkatkan risiko kanker kulit serta mempercepat penuaan kulit. Pernyataan kedua juga keliru. Kulit sawo matang (kira-kira tipe IV-V) memang lebih terlindungi karena melanosomnya lebih banyak, besar, dan kaya eumelanin, tetapi lab maya menunjukkan bahwa pada indeks UV 11 kulit tipe IV dapat mulai memerah sekitar 30 menit dan tipe V sekitar 48 menit tanpa pelindung. Kerusakan DNA dimulai sebelum kulit memerah, dan mata tetap dapat rusak oleh UV pada semua warna kulit. Saran yang lebih tepat: hargai semua warna kulit tanpa perlu menggelapkan atau memutihkannya; kurangi paparan saat matahari tinggi (aturan bayangan), pakai topi lebar, baju berlengan, dan kacamata hitam, serta tabir surya yang dioles cukup tebal dan diulang setiap 2 jam bila lama di luar; tetap aktif di luar ruangan dengan paparan singkat untuk vitamin D. [Bab 31 · C5 · 31-16]
40. Rumusan masalah: apakah hilangnya mineral membuat tulang lentur dan hilangnya kolagen membuat tulang rapuh? Hipotesis: tulang yang mineralnya dilarutkan cuka menjadi lentur, sedangkan tulang yang kolagennya dirusak panas menjadi rapuh. Variabel bebas: perlakuan (air sebagai kontrol, cuka, dan pemanasan di oven oleh guru); variabel terikat: massa, kelenturan, dan kerapuhan tulang; variabel kontrol: jenis dan ukuran tulang (misalnya tulang paha ayam dari ayam yang sama ukurannya), cara memasak awal, volume cairan, suhu ruang, dan lama perlakuan. Alat dan bahan: 6 tulang paha ayam matang yang sudah dibersihkan, gelas bening tertutup, cuka dapur, air, timbangan dapur, penggaris busur, label, sarung tangan, dan oven yang dioperasikan guru. Langkah: bagi tulang menjadi tiga kelompok (masing-masing dua tulang sebagai ulangan), timbang semua tulang, rendam dua dalam air dan dua dalam cuka selama 5 hari dengan cuka diganti setiap 2 hari, panggang dua tulang oleh guru pada suhu tinggi selama beberapa jam lalu dinginkan; setelah perlakuan, bilas, keringkan, dan timbang lagi. Pengukuran: persentase perubahan massa, sudut lengkungan maksimum sebelum tulang kembali

atau patah (diukur dengan busur), dan uji kerapuhan dengan menekan perlahan memakai pinset; catat juga pengamatan seperti gelembung pada hari pertama di cuka. Keselamatan: hanya bahan matang, sarung tangan, cuci tangan, cuka tidak mengenai mata, oven dan benda panas hanya ditangani guru, bahan tidak dimakan dan dibuang tertutup. Analisis dan kesimpulan: bandingkan rata-rata setiap kelompok dengan kontrol; bila tulang dalam cuka paling lentur dan massanya turun, sedangkan tulang panggang paling rapuh, hipotesis didukung. Sebutkan keterbatasan, misalnya jumlah ulangan sedikit, ukuran tulang berbeda, dan pengukuran kelenturan yang masih kasar, serta saran perbaikannya. [Bab 35 · C6 · 35-16]

Kisi-kisi soal • Paket 6: Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menyebutkan nama enzim bakteri yang memotong DNA pada urutan basa tertentu.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menjelaskan tahap PCR yang memisahkan DNA untai ganda pada suhu tinggi.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan kasus pemeriksaan virus dengue bergenom RNA dengan PCR, peserta didik dapat menentukan enzim tambahan yang diperlukan.	C3	Pilihan ganda
4	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan nilai Ct dua sampel RT-qPCR, peserta didik dapat membandingkan jumlah reseps virus awal pada kedua sampel.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan urutan warna ujung fragmen pada sekuensing Sanger, peserta didik dapat menentukan urutan basa DNA yang dibaca.	C3	Pilihan ganda
6	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat mengidentifikasi padanan antibodi sekunder dalam analogi yang digunakan pada Bab 25.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan kasus anak demam yang perlu diperiksa dengan cepat, peserta didik dapat menentukan alat uji imunologis yang paling sesuai.	C3	Pilihan ganda
8	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi deterjen SDS dalam tahap persiapan sampel Western blot.	C2	Pilihan ganda
9	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan posisi absorbansi serum pasien pada kurva standar ELISA insulin, peserta didik dapat menafsirkan kadar insulin puasa pasien tersebut.	C4	Pilihan ganda
10	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan hasil Western blot GLUT4 dan β -aktin sebelum dan sesudah latihan, peserta didik dapat menganalisis kesimpulan yang sah dari perbandingan intensitas pita.	C4	Pilihan ganda
11	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menyebutkan jenis vaksin yang mencakup vaksin tetanus dan difteri.	C1	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
12	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menyebutkan lembaga di Indonesia yang berwenang menilai data uji klinis sebelum vaksin diedarkan.	C1	Pilihan ganda
13	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Disajikan kasus keluhan ringan sehari setelah vaksinasi, peserta didik dapat menentukan tanggapan yang paling tepat terhadap keluhan tersebut.	C3	Pilihan ganda
14	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat mengklasifikasikan obat antibodi monoklonal berdasarkan ciri penamaannya.	C2	Pilihan ganda
15	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menentukan urutan tahapan yang benar dalam prosedur terapi sel CAR-T.	C3	Pilihan ganda
16	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat mengidentifikasi padanan terapi sekretom dalam analogi yang digunakan pada Bab 27.	C1	Pilihan ganda
17	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat membedakan ciri agen biologis dengan obat kimia molekul kecil.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan langkah sentrifugasi dan penyaringan dalam pembuatan AGF, peserta didik dapat menjelaskan tujuan langkah tersebut.	C2	Pilihan ganda
19	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan data ukuran, penanda, dan asal dua jenis partikel dari medium terkondisi, peserta didik dapat menentukan jenis vesikel ekstraseluler masing-masing.	C3	Pilihan ganda
20	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan iklan produk sekretom di klinik kecantikan, peserta didik dapat menganalisis kelemahan klaim keamanan dalam iklan tersebut.	C4	Pilihan ganda
21	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menjelaskan padanan mikroRNA di dalam eksosom berdasarkan analogi paket ekspedisi pada Bab 28.	C2	Pilihan ganda
22	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menyebutkan pola penanda permukaan sel punca mesenkimal menurut kriteria ISCT.	C1	Pilihan ganda
23	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menjelaskan urutan tahapan pembentukan dan pelepasan eksosom dari sel.	C2	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
24	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan data hasil uji mutu beberapa lot MSC dan batas rilisnya, peserta didik dapat menentukan lot yang memenuhi syarat rilis.	C3	Pilihan ganda
25	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan hasil uji klinis sel pulau pankreas dari sel punca, peserta didik dapat menafsirkan kesimpulan yang tepat dari hasil uji tersebut.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menjelaskan hasil yang diharapkan dari kontrol negatif pada tes PCR.	C2	Benar-salah
27	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menjelaskan fungsi langkah pencucian sumur dalam prosedur ELISA.	C2	Benar-salah
28	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menjelaskan nasib mRNA vaksin di dalam sel setelah protein paku selesai dibuat.	C2	Benar-salah
29	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat menjelaskan cara faktor pertumbuhan menyampaikan sinyal ke dalam sel sasaran.	C2	Benar-salah
30	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menjelaskan mekanisme kerja mikroRNA yang dibawa eksosom di dalam sel penerima.	C2	Benar-salah
31	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan jumlah putaran PCR dengan efisiensi sempurna, peserta didik dapat menghitung jumlah salinan DNA yang dihasilkan.	C3	Isian singkat
32	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menjelaskan hasil reaksi enzim terhadap substrat DAB pada pewarnaan imunohistokimia HER2.	C2	Isian singkat
33	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menyebutkan nama struktur lemak berukuran nano yang membungkus mRNA vaksin.	C1	Isian singkat
34	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat menyebutkan nama proses pengeluaran isi kantong granula ke luar sel.	C1	Isian singkat
35	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan data jumlah sel dan hasil uji viabilitas produk MSC, peserta didik dapat menghitung jumlah sel hidup dalam produk.	C3	Isian singkat
36	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan nilai Ct kontrol dan sampel hasil RT-qPCR, peserta didik dapat menganalisis keabsahan hasil serta tindak lanjut laboratorium.	C4	Uraian

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
37	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan tiga pertanyaan klinis yang berbeda, peserta didik dapat membandingkan dan memilih teknik deteksi protein yang paling sesuai untuk masing-masing.	C4	Uraian
38	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Disajikan kasus keluhan jantung pada remaja setelah vaksinasi mRNA, peserta didik dapat menganalisis kemungkinan KIPI, tindakan, dan pertimbangan manfaat-risiko.	C4	Uraian
39	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan hasil berbeda dari dua laboratorium yang memakai PRP serupa, peserta didik dapat menganalisis faktor penyebab perbedaan hasil tersebut.	C4	Uraian
40	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan tawaran infus eksosom dari sebuah klinik, peserta didik dapat menganalisis kelemahan klaim dan risiko tawaran tersebut.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 8 · C2 = 13 · C3 = 9 · C4 = 10. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 6: Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Enzim yang dipinjam dari bakteri untuk memotong DNA hanya pada urutan huruf tertentu disebut...
 - DNA ligase
 - transkriptase balik
 - polimerase Taq
 - enzim restriksi
- Tahap PCR yang memisahkan DNA untai ganda menjadi dua untai tunggal pada suhu $\pm 95^{\circ}\text{C}$ disebut...
 - penempelan primer
 - pemanjangan
 - denaturasi
 - transformasi
- Laboratorium ingin memeriksa virus dengue, yang resepnya berupa RNA, dengan PCR. Enzim tambahan yang diperlukan pada langkah pertama adalah...
 - DNA ligase
 - transkriptase balik
 - enzim restriksi
 - Cas9
- Hasil RT-qPCR dua sampel pada mesin dan tes yang sama: sampel A Ct 18, sampel B Ct 21. Jika jumlah salinan tepat berlipat dua setiap putaran, jumlah resep virus awal di sampel A kira-kira ... kali sampel B.
 - 3
 - 8
 - 30
 - $\frac{1}{8}$

5. Pada sekuensing Sanger, setiap “huruf berhenti” diberi warna: A = hijau, T = merah, C = biru, dan G = kuning. Bila potongan-potongan DNA diurutkan dari yang terpendek, warna ujungnya adalah hijau, merah, hijau, biru, kuning. Urutan huruf pada untai baru adalah...
- A. GCATA
 - B. TATGC
 - C. ATACG
 - D. CGTAT
6. Dalam analogi Bab 25, antibodi sekunder diibaratkan sebagai...
- A. anjing pelacak yang mengendus satu bau saja
 - B. pawang bersenter yang mengenali anjing pelacak
 - C. barang yang sedang dicari
 - D. kotak surat di membran sel
7. Adik Bima demam tinggi pada hari kedua. Dokter ingin tahu dengan cepat, dalam 15–20 menit, apakah ada protein NS1 virus dengue di dalam darahnya. Alat yang paling tepat adalah...
- A. Western blot
 - B. sekuensing DNA
 - C. imunohistokimia
 - D. rapid test NS1
8. Pada Western blot, deterjen SDS dipakai untuk...
- A. meluruskan lipatan protein dan menyelimutinya dengan muatan negatif sehingga protein berlari menurut ukurannya
 - B. mewarnai protein menjadi biru agar terlihat di gel
 - C. memotong protein menjadi asam amino
 - D. menempelkan antibodi pada membran
9. Pada ELISA insulin, absorbansi serum Pak Anwar yang sedang berpuasa terletak di antara absorbansi standar 40 dan 80 $\mu\text{IU/mL}$ pada kurva standar. Kadar insulin puasa normal kira-kira 2–25 $\mu\text{IU/mL}$. Tafsiran yang paling tepat adalah...
- A. Kadar insulin sangat rendah, mengarah ke diabetes tipe 1
 - B. Kadar insulin tinggi, dapat menandakan resistensi insulin, sehingga perlu dievaluasi lebih lanjut oleh dokter
 - C. Kadar insulin normal karena masih berada di dalam kurva standar
 - D. Hasil tidak dapat dibaca karena absorbansinya berada di antara dua standar

- L10. Western blot otot sebelum dan sesudah 8 minggu latihan menunjukkan pita GLUT4 (± 50 kDa) lebih tebal sesudah latihan. Namun, pita β -aktin pada lajur “sesudah” juga dua kali lebih tebal daripada lajur “sebelum”. Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- A. Latihan pasti menaikkan GLUT4 dua kali lipat
 - B. β -aktin ikut naik, jadi β -aktin tidak penting dalam percobaan ini
 - C. Protein yang dimuat pada lajur “sesudah” kemungkinan lebih banyak, sehingga kenaikan GLUT4 belum dapat disimpulkan sebelum dinormalisasi terhadap kontrol pemuatan
 - D. GLUT4 dan β -aktin adalah protein yang sama
- L11. Vaksin tetanus dan difteri termasuk jenis vaksin...
- A. toksoid
 - B. mRNA
 - C. vektor virus
 - D. hidup dilemahkan
- L12. Lembaga di Indonesia yang menilai seluruh data uji klinis sebelum sebuah vaksin boleh diedarkan adalah...
- A. Bio Farma
 - B. WHO
 - C. BPOM
 - D. rumah sakit tempat vaksin disuntikkan
- L13. Sehari setelah divaksin, Rina demam ringan dan lengannya pegal. Tanggapan yang paling tepat adalah...
- A. vaksinnya gagal sehingga harus segera diulang
 - B. Rina tertular penyakit dari vaksin
 - C. itu reaksi umum yang menandakan tentara imun sedang berlatih; biasanya hilang dalam 1-2 hari, tetapi keluhan berat atau berkepanjangan perlu diperiksakan ke tenaga kesehatan
 - D. Rina harus segera minum antibiotik
- L14. Obat antibodi monoklonal dapat dikenali dari akhiran namanya, yaitu...
- A. -vir
 - B. -mab
 - C. -cillin
 - D. -statin

L5. Urutan terapi CAR-T yang benar adalah...

- A. resep CAR dititipkan → sel T diambil dari darah pasien → sel dikembalikan lewat infus → sel CAR-T dibiakkan
- B. sel T diambil dari darah donor → sel dikembalikan lewat infus → resep CAR dititipkan → sel CAR-T dibiakkan
- C. sel CAR-T dibiakkan → resep CAR dititipkan → sel T diambil dari darah pasien → sel dikembalikan lewat infus
- D. sel T diambil dari darah pasien → resep CAR dititipkan lewat virus jinak → sel CAR-T dibiakkan → sel dikembalikan lewat infus

L6. Dalam analogi Bab 27, terapi sekretom diibaratkan sebagai...

- A. mengirim rombongan tukang yang harus diberi tempat tinggal dan bisa tersesat di kota yang rusak
- B. menutup semua jalan pasokan agar kota yang rusak tidak diserang musuh dari luar
- C. mengirim surat perintah dan kotak perkakas saja, supaya warga setempat sendiri yang membangun ulang kotanya
- D. membongkar seluruh kota yang rusak, lalu membangun kota baru dari nol di tempat lain

L7. Ciri yang dimiliki agen biologis, tetapi tidak dimiliki obat kimia molekul kecil seperti parasetamol, adalah...

- A. dibuat lewat reaksi kimia di pabrik sehingga strukturnya tunggal, pasti, dan sama di setiap tablet
- B. mudah ditiru menjadi obat generik yang isinya sama persis dengan obat aslinya
- C. umumnya tahan disimpan pada suhu kamar dan mudah diserap usus sehingga dapat diminum
- D. dibuat oleh sel hidup, molekulnya besar dan rumit, serta peka panas sehingga sering memerlukan rantai dingin

L8. Pada langkah kelima pembuatan AGF, campuran yang sudah diaktifkan diputar $3000 \times g$ selama 20 menit pada $4^\circ C$, lalu cairan jernihnya disaring dengan saringan $0,22 \mu m$. Tujuan langkah ini adalah...

- A. mengendapkan fibrin dan sisa keping darah, lalu menyaring cairannya agar steril dan bebas sel
- B. memekatkan keping darah sampai 3–5 kali kadar normal darah
- C. mengaktifkan keping darah agar menumpahkan isi granula alfa
- D. memecah faktor pertumbuhan menjadi asam amino agar mudah diserap sendi

19. Dari medium terkondisi sel punca mesenkimal, peneliti memisahkan dua jenis partikel. Partikel A berukuran ± 80 nm, membawa penanda CD63 dan CD81, dan terbukti berasal dari badan multivesikular. Partikel B berukuran ± 600 nm dan terbentuk dengan menguncup langsung dari membran sel. Nama yang tepat untuk A dan B berturut-turut adalah...
- A. eksosom dan mikrovesikel
 - B. mikrovesikel dan eksosom
 - C. keping darah dan eksosom
 - D. protein larut dan sel punca utuh
20. Sebuah klinik kecantikan mengiklankan “infus sekretom” dengan kalimat: “Berasal dari sel manusia, 100% alami, jadi pasti aman!” Iklan itu tidak menyebut izin fasilitas, isi produk, maupun takarannya. Tanggapan yang paling tepat berdasarkan Bab 27 adalah...
- A. klaim itu benar karena sekretom tidak berisi sel, sehingga tidak mungkin tercemar atau menimbulkan efek samping
 - B. klaim itu patut diragukan, karena “alami” tidak sama dengan “aman”: keamanan ditentukan oleh pembuatan yang steril, takaran yang tepat, dan bukti uji klinis
 - C. klaim itu benar asalkan banyak testimoni pelanggan yang puas dan foto sebelum–sesudah di media sosial
 - D. klaim itu benar karena sekretom sama dengan sel punca di dalam botol yang berasal dari tubuh manusia
21. Dalam analogi Bab 28, eksosom adalah paket bersegel dari kantor ekspedisi Negara Sel. MikroRNA di dalam paket itu diibaratkan sebagai...
- A. surat perintah, yaitu protein yang langsung bekerja begitu paket dibuka
 - B. sampul paket beralamat yang menentukan sel mana yang akan menerimanya
 - C. catatan kecil “jangan masak resep ini” untuk resep tertentu
 - D. tukang bangunan yang menetap di kota dan membangun ulang rumah demi rumah
22. Menurut kriteria ISCT, pola penanda permukaan yang harus dimiliki sel punca mesenkimal (MSC) adalah...
- A. CD34, CD45, dan HLA-DR positif; CD73, CD90, dan CD105 negatif
 - B. CD9, CD63, dan CD81 positif; kalneksin negatif
 - C. CD73, CD34, dan CD45 positif; CD90, CD105, dan HLA-DR negatif
 - D. CD73, CD90, dan CD105 positif; CD34, CD45, dan HLA-DR negatif

23. Urutan pembentukan dan pelepasan eksosom yang benar adalah...

- A. endositosis → MVB melebur dengan membran sel → ESCRT membentuk vesikel intraluminal → Rab27 mengantar vesikel ke luar
- B. endositosis → ESCRT membentuk vesikel intraluminal di dalam MVB → Rab27 mengantar MVB ke membran → MVB melebur dan eksosom dilepas
- C. membran sel menguncup ke luar → Rab27 mengantar vesikel ke lisosom → ESCRT melipat membran lisosom → lisosom pecah dan eksosom dilepas
- D. ESCRT melipat membran inti → vesikel lepas ke sitoplasma → Rab27 mengantarnya ke mitokondria → mitokondria melepas eksosom

24. Berikut data rekaan hasil uji tiga kelompok produksi (lot) MSC dari tali pusat. Batas rilis: steril; mikoplasma negatif; endotoksin di bawah 0,5 EU/mL; sel hidup minimal 70%; CD73, CD90, dan CD105 masing-masing minimal 95%; CD34, CD45, dan HLA-DR masing-masing paling banyak 2%; kromosom normal.

- Lot A: steril; mikoplasma negatif; endotoksin 0,1 EU/mL; sel hidup 91%; CD73/CD90/CD105 98–99%; CD34/CD45/HLA-DR ≤ 1%; kromosom normal
- Lot B: steril; mikoplasma positif; endotoksin 0,1 EU/mL; sel hidup 93%; CD73/CD90/CD105 98–99%; CD34/CD45/HLA-DR ≤ 1%; kromosom normal
- Lot C: steril; mikoplasma negatif; endotoksin 0,2 EU/mL; sel hidup 88%; CD73/CD90/CD105 97–99%; CD34 dan HLA-DR ≤ 1%, tetapi CD45 9%; kromosom normal

Lot yang boleh dirilis untuk pasien adalah...

- A. hanya lot A; lot B tercemar mikoplasma dan lot C masih tercampur terlalu banyak sel CD45-positif
- B. lot A dan B, karena lot B sudah lulus uji sterilitas sehingga hasil uji mikoplasmanya dapat diabaikan
- C. lot A dan C, karena penanda CD73, CD90, dan CD105 lot C tetap tinggi dan sel hidupnya di atas batas
- D. ketiga lot, karena semuanya steril, endotoksinnya di bawah batas, dan kromosomnya normal

25. Pada uji klinis fase 1–2 sel pulau pankreas dari sel punca untuk diabetes tipe 1 (NEJM 2025), 10 dari 12 peserta tidak lagi memerlukan suntikan insulin setelah satu tahun, tetapi mereka tetap minum obat penekan imun. Kesimpulan yang paling tepat adalah...

- A. diabetes tipe 1 sudah dapat disembuhkan sel punca, sehingga pasien boleh menghentikan insulin sendiri
- B. terapi ini gagal karena 2 dari 12 peserta masih memerlukan insulin, sehingga penelitiannya perlu dihentikan
- C. hasilnya menjanjikan, tetapi masih uji awal dengan sedikit peserta dan obat penekan imun yang berisiko
- D. gula darah terkendali berkat obat penekan imun, bukan berkat sel pulau yang dicangkokkan ke peserta

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Kontrol negatif pada tes PCR seharusnya tidak menunjukkan nilai Ct karena tidak mengandung resep target.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
27. Pada ELISA, langkah pencucian sumur bertujuan membuang protein lain yang tidak tertangkap oleh antibodi.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
28. Setelah protein paku dibuat, mRNA vaksin tetap tinggal di dalam sel seumur hidup.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
29. Faktor pertumbuhan bekerja dengan menembus membran sel, lalu langsung menempel pada DNA di dalam inti.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)
30. MikroRNA yang dibawa eksosom bekerja dengan mengubah urutan DNA di inti sel penerima.
Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Satu molekul DNA target menjalani 10 putaran PCR dengan efisiensi sempurna (berlipat dua setiap putaran). Jumlah salinan yang dihasilkan adalah ____.
-
-
32. Pada IHK HER2, enzim yang dibawa antibodi mengubah substrat DAB menjadi endapan berwarna ____ tepat di tempat HER2 berada.
33. Gelembung lemak supermini yang membungkus mRNA vaksin disebut ____ lipid.
-
-
34. Saat keping darah diaktifkan, kantong granula alfa melebur dengan membran sel dan menumpahkan faktor pertumbuhan ke luar sel. Proses pengeluaran isi kantong seperti ini, yang juga dipakai sel untuk mengirim paket (Bab 5), disebut ____ .
-
-
35. Satu kantong produk MSC berisi 80 juta sel. Setelah dicairkan, uji viabilitas menunjukkan 75% sel hidup. Jumlah sel hidup dalam kantong itu adalah ____ juta sel.
-
-

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Seorang analis menjalankan RT-qPCR dan memperoleh: kontrol positif Ct 25, kontrol negatif Ct 33, dan sampel pasien Ct 31. Analisis keabsahan hasil ini dan langkah yang seharusnya dilakukan laboratorium.

37. Seorang dokter menghadapi tiga pertanyaan: (a) seberapa aktif sel-sel tumor usus Pak Joko sedang membelah; (b) berapa kadar antibodi IgG dengue di serum seorang pasien; (c) apakah dahak pasien batuk lama mengandung reseptor (DNA) kuman TBC. Tentukan alat yang paling tepat untuk setiap pertanyaan dan jelaskan alasannya.

38. Seorang remaja laki-laki berusia 17 tahun merasa nyeri dada dan berdebar dua hari setelah dosis kedua vaksin mRNA. Analisis kemungkinan KIPI yang terjadi, tindakan yang harus dilakukan, dan cara menimbang manfaat serta risiko vaksin bagi masyarakat.

39. Laboratorium A dan B sama-sama melaporkan memakai “PRP 4 kali lipat” pada tikus model osteoarthritis, tetapi hasilnya berbeda: A melihat perbaikan tulang rawan, sedangkan B tidak. Ketika sisa PRP kedua laboratorium diaktifkan dan diukur dengan ELISA, kadar TGF- β 1 PRP laboratorium A sekitar sepuluh kali lebih tinggi daripada laboratorium B (data rekaan). Analisislah: (a) mengapa takaran “kelipatan keping darah” dapat menyesatkan, (b) minimal tiga faktor yang dapat membuat isi PRP berbeda, (c) bagaimana pendekatan AGF menjawab masalah ini, dan (d) satu keterbatasan bila TGF- β 1 dipakai sebagai satu-satunya patokan takaran.

40. Paman Bima, 58 tahun, sedang menjalani pemulihan setelah stroke. Sebuah klinik menawarinya “infus eksosom sel punca” seharga Rp150 juta dengan pesan: “Eksosom bukan sel, jadi 100% aman. Ratusan pasien sudah pulih, lihat testimoninya. Promo hanya minggu ini!” Klinik itu tidak menyebut izin pelayanan sel punca, sumber dan takaran produk, hasil uji mutunya, maupun pendaftaran uji klinis. Analisislah tawaran ini dengan lima butir daftar periksa di Bab 28.9, jelaskan mengapa klaim “bukan sel, jadi 100% aman” keliru, lalu susun saran yang bertanggung jawab untuk Paman.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 6: Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi A • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **D.** enzim restriksi Enzim restriksi adalah senjata bakteri untuk memotong DNA virus fag. Enzim ini hanya memotong pada urutan huruf tertentu, sehingga menjadi gunting yang tepat bagi ilmuwan. [Bab 24 · C1 · 24-02]
2. **C.** denaturasi Pada denaturasi, panas memutus ikatan hidrogen antara pasangan basa sehingga tangga DNA terbelah menjadi dua untai tunggal yang siap dijadikan cetakan. [Bab 24 · C2 · 24-03]
3. **B.** transkriptase balik Polimerase PCR hanya dapat menyalin DNA. Transkriptase balik mengubah RNA virus menjadi DNA salinan (cDNA) terlebih dahulu; itulah arti “RT” pada RT-PCR. [Bab 24 · C3 · 24-05]
4. **B.** 8 Selisih Ct = 21 – 18 = 3 putaran. Sampel B perlu 3 kali penggandaan tambahan untuk menyusul, jadi sampel A berisi $2^3 = 8$ kali lebih banyak reseptor. Ct lebih kecil berarti reseptor awal lebih banyak. [Bab 24 · C4 · 24-11]
5. **C.** ATACG Potongan terpendek berhenti di huruf pertama, potongan berikutnya satu huruf lebih panjang, dan seterusnya. Membaca warna dari yang terpendek: hijau (A), merah (T), hijau (A), biru (C), kuning (G) = ATACG. [Bab 24 · C3 · 24-13]
6. **B.** pawang bersenter yang mengenali anjing pelacak Antibodi primer adalah anjing pelacak yang menemukan protein target. Antibodi sekunder adalah pawang yang mengenali anjing pelacak lalu menyalakan senter (penanda), sehingga lokasi target mudah terlihat dan sinyalnya lebih kuat. [Bab 25 · C1 · 25-01]
7. **D.** rapid test NS1 Rapid test menjawab pertanyaan “ada atau tidak” dalam 15–20 menit dan cocok untuk antigen seperti NS1. Western blot dan imunohistokimia memerlukan 1–2 hari, sedangkan sekuensing membaca urutan DNA, bukan mendeteksi protein. [Bab 25 · C3 · 25-05]
8. **A.** meluruskan lipatan protein dan menyelimutinya dengan muatan negatif sehingga protein berlari menurut ukurannya SDS membuka lipatan protein dan memberinya muatan negatif yang sebanding dengan panjangnya. Karena bentuk dan muatan asli tidak lagi berpengaruh, protein kecil berlari lebih jauh di gel, seperti DNA pada elektroforesis. [Bab 25 · C2 · 25-09]
9. **B.** Kadar insulin tinggi, dapat menandakan resistensi insulin, sehingga perlu dievaluasi lebih lanjut oleh dokter Kurva standar dipakai untuk membaca kadar di antara titik-titik standar, jadi kadarnya $\pm 40\text{--}80$ $\mu\text{IU/mL}$, jauh di atas normal. Insulin tinggi saat puasa dapat berarti pankreas bekerja ekstra karena sel kurang “mendengar” insulin; diagnosis tetap ditegakkan dokter. [Bab 25 · C4 · 25-10]
10. **C.** Protein yang dimuat pada lajur “sesudah” kemungkinan lebih banyak, sehingga kenaikan GLUT4 belum dapat disimpulkan sebelum dinormalisasi terhadap kontrol pemuatan β -aktin dipakai karena jumlahnya relatif tetap. Bila pitanya ikut menebal, kemungkinan jumlah sampel yang dimuat berbeda. Pita GLUT4 harus dibagi dengan pita kontrol pemuatan sebelum menyimpulkan ada kenaikan. [Bab 25 · C4 · 25-11]
11. **A.** toksoid Vaksin toksoid berisi racun kuman yang sudah dijinakkan. Tentara imun belajar mengenali dan menetralkan racun itu tanpa kita harus terkena penyakitnya. [Bab 26 · C1 · 26-02]
12. **C.** BPOM Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menilai seluruh data praklinik dan uji klinis sebelum memberi izin. Bio Farma adalah produsen vaksin, sedangkan WHO adalah organisasi kesehatan dunia. [Bab 26 · C1 · 26-04]

13. **C.** itu reaksi umum yang menandakan tentara imun sedang berlatih; biasanya hilang dalam 1–2 hari, tetapi keluhan berat atau berkepanjangan perlu diperiksa ke tenaga kesehatan Pegal, lelah, dan demam ringan selama 1–2 hari adalah KIPI ringan yang umum. Antibiotik tidak diperlukan karena tidak ada infeksi bakteri. Keluhan yang berat atau tidak kunjung hilang tetap perlu diperiksa dan dilaporkan. [Bab 26 · C3 · 26-05]
14. **B.** -mab Akhiran “-mab” berasal dari *monoclonal antibody*, misalnya trastuzumab yang menutup HER2 dan pembrolizumab yang melepas rem PD-1 sel T. [Bab 26 · C2 · 26-09]
15. **D.** sel T diambil dari darah pasien → resep CAR dititipkan lewat virus jinak → sel CAR-T dibiakkan → sel dikembalikan lewat infus Sel T pasien sendiri diambil, diberi “kacamata” CAR lewat virus jinak, diperbanyak sampai ratusan juta di laboratorium, lalu dikembalikan lewat infus untuk memburu sel kanker. [Bab 26 · C3 · 26-10]
16. **C.** mengirim surat perintah dan kotak perkakas saja, supaya warga setempat sendiri yang membangun ulang kotanya Terapi sel ibarat mengirim rombongan tukang yang harus diberi tempat tinggal, bisa tersesat, dan sebagian mungkin berulah. Terapi sekretom hanya mengirim surat dan perkakas yang biasa dibawa para tukang itu, sehingga sel-sel jaringan sendiri yang memperbaiki kerusakan. Lebih ringkas dan tanpa sel hidup, tetapi isi suratnya tetap harus ditakar dan dijaga mutunya. [Bab 27 · C1 · 27-01]
17. **D.** dibuat oleh sel hidup, molekulnya besar dan rumit, serta peka panas sehingga sering memerlukan rantai dingin Agen biologis seperti insulin, vaksin, dan antibodi monoklonal dibuat oleh sel hidup atau diambil dari darah dan jaringan. Molekulnya puluhan sampai ribuan kali lebih besar, bisa sedikit berbeda antarkelompok produksi, dan mudah rusak oleh panas. Tiga pilihan lainnya adalah ciri obat kimia molekul kecil. [Bab 27 · C2 · 27-03]
18. **A.** mengendapkan fibrin dan sisa keping darah, lalu menyaring cairannya agar steril dan bebas sel Putaran sangat cepat mengendapkan jaring fibrin dan sisa keping darah. Saringan berpori 0,22 μm menahan bakteri dan sisa sel, tetapi meloloskan protein faktor pertumbuhan yang jauh lebih kecil, sehingga diperoleh cairan pelepasan (*releasate*) yang steril dan bebas sel. Suhu dingin membantu menjaga protein tetap stabil. Pemekatan keping darah terjadi pada langkah ketiga, sedangkan aktivasi pada langkah keempat. [Bab 27 · C2 · 27-09]
19. **A.** eksosom dan mikrovesikel Eksosom ($\pm 30\text{--}150\text{ nm}$) terbentuk di dalam endosom dan dilepas saat badan multivesikular melebur dengan membran (Bab 5 dan 9), dengan penanda tetraspanin seperti CD9, CD63, dan CD81. Mikrovesikel ($\pm 100\text{--}1.000\text{ nm}$) menguncup langsung dari membran. Keduanya termasuk vesikel ekstraseluler yang membawa protein, mRNA, dan mikroRNA ke sel penerima. [Bab 27 · C3 · 27-12]
20. **B.** klaim itu patut diragukan, karena “alami” tidak sama dengan “aman”: keamanan ditentukan oleh pembuatan yang steril, takaran yang tepat, dan bukti uji klinis Produk biologis dapat tercemar kuman atau endotoksin bila dibuat tanpa standar, dan bahan dari donor harus diperiksa terhadap infeksi seperti HIV dan hepatitis. Testimoni bukan bukti ilmiah. Permenkes 32/2018 mengatur bahwa pelayanan sel punca dan/atau sel hanya untuk pengobatan dan pemulihan kesehatan, di fasilitas kesehatan yang memenuhi syarat. Sekretom juga bukan sel punca dalam botol: isinya kiriman sel, bukan sel. [Bab 27 · C4 · 27-13]
21. **C.** catatan kecil “jangan masak resep ini” untuk resep tertentu Dalam analogi paket bersegel, protein adalah surat, mRNA adalah salinan resep, dan mikroRNA adalah catatan kecil “jangan masak resep ini”.

MikroRNA menempel pada mRNA tertentu sehingga resep itu jarang diterjemahkan ribosom menjadi protein (Bab 3 dan 4). Tetraspanin dan protein lain di sampul paket ikut menentukan sel penerima, sedangkan tukang bangunan adalah analogi untuk terapi sel. [Bab 28 · C2 · 28-01]

22. **D.** CD73, CD90, dan CD105 positif; CD34, CD45, dan HLA-DR negatif MSC harus membawa CD73, CD90, dan CD105, tetapi tidak membawa CD34 dan CD45 (penanda sel punca darah dan sel darah putih) maupun HLA-DR (MHC kelas II). Dua syarat ISCT lainnya adalah melekat pada plastik dan mampu menjadi sel tulang, lemak, dan tulang rawan di laboratorium. CD9, CD63, CD81, dan kalneksin dipakai untuk memeriksa vesikel ekstraseluler, bukan sel. [Bab 28 · C1 · 28-03]
23. **B.** endositosis → ESCRT membentuk vesikel intraluminal di dalam MVB → Rab27 mengantar MVB ke membran → MVB melebur dan eksosom dilepas Membran sel melekuat ke dalam membentuk endosom awal (Bab 10). Mesin ESCRT melipat membran endosom ke dalam sehingga terbentuk vesikel intraluminal, dan endosom itu menjadi badan multivesikular (MVB). MVB dapat dikirim ke lisosom untuk dihancurkan (Bab 9) atau diantar Rab27 ke membran sel. Saat MVB melebur dengan membran, seperti eksositosis (Bab 5), vesikel-vesikel di dalamnya dilepas sebagai eksosom. [Bab 28 · C2 · 28-04]
24. **A.** hanya lot A; lot B tercemar mikoplasma dan lot C masih tercampur terlalu banyak sel CD45-positif Setiap lot harus lulus semua syarat, bukan sebagian. Mikoplasma adalah bakteri sangat kecil tanpa dinding sel yang sering tidak terdeteksi oleh uji sterilitas biasa, sehingga diperiksa tersendiri; lot B gagal. CD45 adalah penanda sel darah putih, dan 9% melebihi batas 2%, artinya lot C masih tercampur sel lain dan tidak memenuhi kriteria ISCT. Lot yang gagal tidak boleh diberikan kepada pasien walaupun hasil uji lainnya baik. [Bab 28 · C3 · 28-09]
25. **C.** hasilnya menjanjikan, tetapi masih uji awal dengan sedikit peserta dan obat penekan imun yang berisiko Sepuluh dari 12 berarti sekitar 83% peserta bebas suntikan insulin, hasil yang sangat menjanjikan. Namun, uji fase 1-2 melibatkan sedikit orang dalam waktu terbatas, sehingga masih diperlukan uji yang lebih besar dan lebih lama. Obat penekan imun mencegah sel cangkakan ditolak, bukan menurunkan gula darah, dan obat itu meningkatkan risiko infeksi serta efek samping lain. Terapi ini belum menjadi pengobatan baku, sehingga tidak seorang pun boleh mengubah atau menghentikan insulin tanpa arahan dokter. [Bab 28 · C4 · 28-13]

B. Benar-salah

26. **Benar** Benar. Kontrol negatif tidak berisi resep target, jadi tidak ada yang disalin dan kurvanya tetap datar. Kontrol ini membuktikan bahwa tabung dan pereaksi tidak tercemar. [Bab 24 · C2 · 24-06]
27. **Benar** Benar. Serum berisi ribuan jenis protein. Pencucian membuang semua yang tidak tertangkap antibodi penangkap, sehingga warna yang muncul hanya berasal dari protein target. [Bab 25 · C2 · 25-07]
28. **Salah** Salah. mRNA adalah molekul rapuh yang dipotong enzim penghancur RNA dalam hitungan hari dan didaur ulang. Yang bertahan lama adalah ingatan tentara imun, yaitu sel memori T dan B. [Bab 26 · C2 · 26-06]
29. **Salah** Salah. Faktor pertumbuhan adalah protein yang larut air sehingga tidak dapat menembus membran. Ia menempel pada reseptor di permukaan sel (sering berupa reseptor tirosin kinase), lalu pesannya diestafetkan ke inti untuk menyalakan gen tertentu, seperti jalur surat insulin di Bab 6 dan 7. [Bab 27 · C2 · 27-07]
30. **Salah** Salah. MikroRNA adalah RNA pendek yang menempel pada mRNA tertentu di sitoplasma, sehingga resep itu jarang diterjemahkan ribosom atau lebih cepat diurai (Bab 3 dan 4). Urutan DNA sel

penerima tidak berubah; yang berubah adalah jumlah protein yang dibuat dari resep tersebut. [Bab 28 · C2 · 28-07]

C. Isian singkat

31. **1024** (juga diterima: 1.024; 1 024; 2^{10}) Setiap putaran menggandakan salinan, jadi setelah 10 putaran jumlahnya $2^{10} = 1.024$. Setelah 30 putaran, 2^{30} lebih dari satu miliar salinan. [Bab 24 · C3 · 24-14]
32. **cokelat** (juga diterima: coklat) DAB diubah enzim menjadi endapan cokelat yang tidak larut, sehingga lokasi HER2 di membran sel terlihat jelas, sementara inti diwarnai biru oleh hematoksin sebagai latar. [Bab 25 · C2 · 25-14]
33. **nanopartikel** (juga diterima: nano partikel; nanopartikel lipid; lnp) Nanopartikel lipid (LNP) melindungi mRNA dari enzim penghancur dan membantunya masuk ke dalam sel lewat endositosis. [Bab 26 · C1 · 26-08]
34. **eksositosis** (juga diterima: degranulasi; exocytosis) Pada eksositosis, kantong bermembran melebur dengan membran sel lalu isinya keluar. Pada keping darah, peristiwa ini juga disebut degranulasi. Pemicunya antara lain trombin di lokasi luka, atau CaCl_2 dan trombin pada pembuatan AGF di laboratorium. [Bab 27 · C1 · 27-08]
35. **60** (juga diterima: enam puluh; 60 juta; enam puluh juta) $80 \text{ juta} \times 75\% = 60 \text{ juta}$ sel hidup. Bila takarannya 2 juta sel hidup per kilogram berat badan (angka latihan), kantong ini cukup untuk anak 25 kg (perlu 50 juta sel hidup), tetapi tidak cukup untuk orang 40 kg (perlu 80 juta). Karena itu sel diperiksa lagi setelah dicairkan: takaran dihitung dari sel yang hidup, bukan dari jumlah sel yang dibekukan. [Bab 28 · C3 · 28-14]

D. Uraian

36. Hasil ini tidak sah. Kontrol negatif seharusnya tidak menunjukkan Ct; Ct 33 menandakan kemungkinan pencemaran resep target atau sinyal yang tidak spesifik. Nilai Ct sampel pasien (31) hanya sedikit lebih kecil daripada kontrol negatif, sehingga tidak dapat dibedakan dari pencemaran; hasil pasien tidak boleh dilaporkan sebagai positif maupun negatif. Laboratorium harus menyelidiki sumber pencemaran, membersihkan area dan alat, memakai pereaksi baru, memisahkan area sebelum dan sesudah PCR, lalu mengulang pemeriksaan dengan kontrol yang lengkap. Kontrol positif yang berhasil hanya membuktikan pereaksi dapat bekerja, bukan bahwa proses bebas pencemaran. [Bab 24 · C4 · 24-16]
37. (a) Imunohistokimia Ki-67: antibodi dipakai langsung pada irisan jaringan tumor, sehingga dapat dihitung persentase inti yang sedang menjalani siklus sel (indeks proliferasi) dan dilihat di sel mana protein itu berada. (b) ELISA: menjawab pertanyaan “berapa banyak” dengan mengukur absorbansi lalu mencocokkannya dengan kurva standar; ELISA biasa dipakai untuk IgG/IgM dengue. (c) PCR atau tes cepat molekuler (TCM): mendeteksi resep DNA kuman dengan penggandaan, sehingga sangat peka; alat berbasis antibodi mendeteksi protein, bukan DNA. [Bab 25 · C4 · 25-15]
38. Gejala ini dapat mengarah ke miokarditis (radang otot jantung), efek samping serius yang sangat jarang setelah vaksin mRNA, terutama pada remaja dan pemuda laki-laki setelah dosis kedua, dan umumnya pulih. Remaja itu harus segera diperiksa dokter karena nyeri dada tidak boleh diabaikan, dan kejadiannya dilaporkan sebagai KIPI agar dicatat dan diteliti. Dalam menimbang manfaat dan risiko: efek samping serius sangat jarang dan terus dipantau (fase 4), sedangkan vaksin melindungi dari penyakit berat; infeksi COVID-19 sendiri juga dapat menyebabkan radang otot jantung. Bagi hampir

semua orang, manfaat vaksin jauh lebih besar daripada risikonya, dan keputusan untuk individu tertentu diambil bersama tenaga kesehatan. [Bab 26 · C4 · 26-16]

39. (a) Kelipatan keping darah hanya menyatakan berapa banyak keping darah yang dipekatkan, bukan berapa banyak faktor pertumbuhan yang dilepas. Keping darah di dalam PRP baru “membuka gudangnya” setelah disuntikkan, dan jumlah yang dilepas dapat berbeda-beda, sehingga dua PRP yang sama-sama “4 kali lipat” dapat membawa jumlah surat yang sangat berbeda. (b) Faktor yang membuat isi PRP berbeda antara lain: jumlah keping darah awal dan isi granulanya yang berbeda antarindividu; alat, kecepatan, dan lama putaran yang berbeda; ada tidaknya sel darah putih (leukosit) yang ikut terbawa; cara dan kelengkapan aktivasi; serta lama dan suhu penyimpanan sebelum dipakai. (c) Pada AGF, keping darah diaktifkan lengkap di laboratorium dengan CaCl_2 dan trombin, cairan bebas selnya dipanen dan disaring, lalu kadar TGF- β 1 diukur dengan ELISA dan diencerkan ke takaran tertentu (misalnya 0,1; 1; atau 10 ng/mL). Dengan begitu setiap kelompok perlakuan menerima takaran yang sama, dan hasilnya dapat diulang serta dibandingkan antarlaboratorium. (d) AGF berisi campuran banyak faktor (PDGF, VEGF, IGF-1, dan lainnya) yang perbandingannya dapat berbeda antarkelompok produksi walaupun kadar TGF- β 1-nya sama. Kadar satu protein juga belum tentu mencerminkan seluruh aktivitas biologis produk, sehingga diperlukan uji potensi yang mengukur fungsinya. [Bab 27 · C4 · 27-15]
40. Daftar periksa: (1) izin fasilitas untuk pelayanan sel punca tidak disebut, padahal Permenkes 32/2018 mengatur bahwa pelayanan sel punca dan/atau sel, termasuk sekretom yang mencakup eksosom, hanya boleh dilakukan di fasilitas kesehatan yang memenuhi syarat; (2) terapi eksosom untuk stroke belum baku dan tidak disebut sebagai bagian uji klinis terdaftar yang disetujui komite etik, padahal terapi yang belum baku harus dijalankan sebagai penelitian; hingga kini belum ada produk terapi eksosom yang disetujui FDA; (3) buktinya hanya testimoni, bukan data hasil yang terbit di jurnal ilmiah; (4) produk tidak jelas: sumber sel, takaran (jumlah partikel atau protein), dan hasil uji mutunya tidak disebut; (5) ada tanda bahaya: janji “100% aman”, biaya sangat mahal, dan desakan “promo hanya minggu ini”. Klaim “bukan sel, jadi aman” keliru karena produk tanpa sel pun dapat tercemar bakteri atau endotoksin yang memicu demam dan syok, dapat membawa infeksi bila donornya tidak diskruining, dan dapat memicu reaksi imun; tanpa standar, isi dan takarannya juga tidak dapat dipastikan. Pada Desember 2019, FDA mengeluarkan pemberitahuan keselamatan publik setelah beberapa pasien di Nebraska mengalami efek samping serius akibat produk “eksosom” yang tidak disetujui. Bahaya lainnya adalah kerugian biaya dan tertundanya pengobatan yang terbukti. Saran: (1) lanjutkan rehabilitasi stroke yang terbukti, seperti fisioterapi dan terapi wicara, serta kendalikan tekanan darah, gula darah, dan kolesterol sesuai anjuran dokter; (2) bicarakan tawaran itu dengan dokter saraf sebelum mengambil keputusan, dan jangan membayar atau menandatangani apa pun karena didesak; (3) bila ingin mencoba terapi baru, ikutlah hanya lewat uji klinis resmi yang terdaftar dan disetujui komite etik, dengan penjelasan lengkap dan persetujuan tertulis; (4) laporkan iklan yang mencurigakan ke dinas kesehatan setempat. [Bab 28 · C4 · 28-16]

Kisi-kisi soal • Paket 6: Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
1	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menunjukkan padanan PCR dalam analogi yang digunakan pada bab ini.	C1	Pilihan ganda
2	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab DNA bergerak menuju kutub positif pada elektroforesis gel.	C2	Pilihan ganda
3	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menjelaskan tujuan pemotongan gen insulin dan plasmid dengan enzim restriksi yang sama.	C2	Pilihan ganda
4	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan hasil elektroforesis PCR beberapa pasien beserta kontrolnya, peserta didik dapat menafsirkan keberadaan gen penanda kuman.	C4	Pilihan ganda
5	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Disajikan penggunaan CRISPR-Cas9 tanpa cetakan DNA, peserta didik dapat menentukan hasil penyuntingan gen yang paling mungkin.	C3	Pilihan ganda
6	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menyebutkan hormon yang menjadi sasaran deteksi antibodi pada alat tes kehamilan.	C1	Pilihan ganda
7	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab munculnya warna pada garis uji rapid test ketika target terdapat dalam sampel.	C2	Pilihan ganda
8	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan deskripsi hasil pewarnaan suatu jaringan, peserta didik dapat mengklasifikasikan jenis teknik pewarnaan yang digunakan.	C2	Pilihan ganda
9	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan data jumlah inti sel yang terwarnai pada IHK Ki-67, peserta didik dapat menghitung indeks proliferasi tumor.	C3	Pilihan ganda
10	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan data hasil rapid test pada kelompok sakit dan kelompok sehat, peserta didik dapat menganalisis sensitivitas dan spesifisitas tes tersebut.	C4	Pilihan ganda
11	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat mengidentifikasi padanan vaksin mRNA dalam analogi yang digunakan pada Bab 26.	C1	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
12	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menjelaskan penyebab pembengkakan kelenjar getah bening setelah vaksinasi di lengan.	C2	Pilihan ganda
13	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Disajikan data jumlah kasus bergejala pada kelompok vaksin dan plasebo, peserta didik dapat menghitung dan menafsirkan efikasi vaksin.	C4	Pilihan ganda
14	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menerapkan konsep teknologi DNA rekombinan untuk menentukan cara pembuatan bahan utama vaksin subunit.	C3	Pilihan ganda
15	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Disajikan susunan bagian molekul mRNA vaksin, peserta didik dapat menganalisis akibat hilangnya salah satu bagian terhadap kerja mRNA.	C4	Pilihan ganda
16	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat menyebutkan faktor pertumbuhan yang berperan utama dalam pembentukan pembuluh darah baru.	C1	Pilihan ganda
17	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat mengklasifikasikan obat, molekul, vesikel, dan sel berdasarkan urutan ukurannya.	C2	Pilihan ganda
18	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan kasus pasien kanker dengan neutrofil rendah setelah kemoterapi, peserta didik dapat menentukan faktor pertumbuhan rekombinan yang tepat digunakan.	C3	Pilihan ganda
19	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan data kadar MMP-13 dan kolagen tipe II pada tikus model osteoarthritis, peserta didik dapat menafsirkan efek perlakuan yang diberikan.	C4	Pilihan ganda
20	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan kebutuhan produk regeneratif dengan kriteria tertentu, peserta didik dapat menentukan jenis produk yang paling sesuai berdasarkan tabel perbandingan.	C3	Pilihan ganda
21	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan kasus pencangkokan sel punca limbus pada kornea, peserta didik dapat mengklasifikasikan sifat terapi sel yang dilakukan.	C2	Pilihan ganda
22	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan kasus penilaian risiko kanker prostat dari sampel urin, peserta didik dapat menerapkan konsep vesikel ekstraseluler sebagai biopsi cair.	C3	Pilihan ganda
23	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan skor perbandingan metode pemisahan eksosom, peserta didik dapat menganalisis metode yang paling sesuai dengan tujuan percobaan.	C4	Pilihan ganda

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
24	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan data karakterisasi dua sediaan vesikel ekstraseluler, peserta didik dapat membandingkan kualitas kedua sediaan berdasarkan pedoman baku.	C4	Pilihan ganda
25	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan data pelacakan MSC berlabel pada model cedera paru, peserta didik dapat menafsirkan mekanisme yang mendasari efek terapi MSC.	C4	Pilihan ganda
26	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menjelaskan jangkauan dampak penyuntingan gen embrio manusia dengan CRISPR.	C2	Benar-salah
27	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat membedakan sensitivitas rapid test antigen dan PCR beserta alasan yang mendasarinya.	C2	Benar-salah
28	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menjelaskan tujuan dan rancangan uji klinis fase 3 dalam pengembangan vaksin.	C2	Benar-salah
29	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Peserta didik dapat menjelaskan peran kolagen tipe II dan agrekan dalam sifat mekanis tulang rawan sendi.	C2	Benar-salah
30	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menjelaskan nasib sel punca mesenkimal setelah diberikan melalui infus.	C2	Benar-salah
31	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat menyebutkan nama vektor DNA bakteri yang dipakai untuk menitipkan gen insulin manusia.	C1	Isian singkat
32	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Peserta didik dapat menyebutkan singkatan enzim pelapor yang lazim dipasang pada antibodi pendeteksi ELISA.	C1	Isian singkat
33	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat menjelaskan singkatan reseptor buatan yang dipasang pada sel T dalam terapi CAR-T.	C2	Isian singkat
34	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan data jumlah keping darah dalam darah dan PRP, peserta didik dapat menghitung tingkat pemekatan keping darah pada PRP.	C3	Isian singkat
35	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Peserta didik dapat menyebutkan singkatan zat pelindung beku yang digunakan dalam penyimpanan sel pada nitrogen cair.	C1	Isian singkat

No.	Bab dan materi	Indikator soal	Level	Bentuk
36	Bab 24 Mesin Fotokopi Resep	Peserta didik dapat membandingkan dampak terapi CRISPR pada sel punca darah dengan penyuntingan gen embrio manusia.	C4	Uraian
37	Bab 25 Anjing Pelacak Protein	Disajikan kasus hasil rapid test antigen negatif pada hari pertama sakit, peserta didik dapat menganalisis keterbatasan hasil tersebut beserta tindak lanjut yang tepat.	C4	Uraian
38	Bab 26 Resep Latihan untuk Tentara	Peserta didik dapat membandingkan vaksin inaktivasi dan vaksin mRNA dari segi isi, tempat pembuatan antigen, dan respons imun yang dihasilkan.	C4	Uraian
39	Bab 27 Surat-Surat Penyembuh	Disajikan rancangan percobaan seorang mahasiswa tentang AGF, peserta didik dapat menganalisis kelemahan rancangan dan perbaikan yang diperlukan.	C4	Uraian
40	Bab 28 Mengirim Tukang, Mengirim Paket	Disajikan tiga kasus pasien yang berbeda, peserta didik dapat menganalisis jenis terapi sel punca yang sesuai beserta tingkat buktinya.	C4	Uraian

Sebaran level kognitif: C1 = 7 · C2 = 13 · C3 = 7 · C4 = 13. **Bentuk:** 25 pilihan ganda, 5 benar-salah, 5 isian singkat, 5 uraian.

Penilaian akhir semester • Paket 6:

Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP-SMA

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____ Nilai: _____

Petunjuk umum: berdoalah sebelum mulai, tulis identitasmu, baca setiap soal dengan teliti, dan kerjakan soal yang kamu anggap mudah lebih dulu.

A. Pilihan ganda Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Dalam analogi Bab 24, PCR diibaratkan sebagai...
 - A. gunting bakteri
 - B. mesin fotokopi resep
 - C. lem perekat DNA
 - D. kantong pengirim gen
2. Mengapa DNA bergerak menuju kutub positif pada elektroforesis gel?
 - A. karena DNA bermuatan negatif akibat gugus fosfatnya
 - B. karena DNA bermuatan positif akibat basa nitrogennya
 - C. karena gel menarik DNA dengan gaya magnet
 - D. karena DNA terdorong oleh gelembung udara di dalam gel
3. Pada pembuatan insulin rekombinan, gen insulin dan plasmid dipotong dengan enzim restriksi yang sama. Tujuannya adalah...
 - A. agar plasmid menjadi lebih panjang daripada gen insulin
 - B. agar bakteri tidak dapat membelah diri
 - C. agar ujung-ujung potongannya cocok seperti kepingan puzzle sehingga dapat disambung DNA ligase
 - D. agar gen insulin berubah menjadi RNA
4. PCR untuk mendeteksi gen penanda sebuah kuman (target 300 pasangan basa) dijalankan di gel. Hasil: kontrol positif = pita 300 pb; kontrol negatif = tanpa pita; pasien 1 = pita 300 pb; pasien 2 = tanpa pita; pasien 3 = satu pita 700 pb. Tafsiran yang paling tepat adalah...
 - A. Pasien 1 positif, pasien 2 negatif, dan pasien 3 perlu diperiksa ulang karena pitanya tidak sesuai ukuran target
 - B. Ketiga pasien positif karena semua sampel sudah menjalani PCR
 - C. Pasien 3 paling positif karena pitanya paling besar
 - D. Pasien 2 positif karena tanpa pita berarti semua DNA sudah tersalin

5. Ilmuwan ingin mematikan sebuah gen pada sel yang dibiakkan memakai CRISPR-Cas9, tanpa menyediakan cetakan DNA. Hasil yang paling mungkin adalah...
- A. gen itu diganti tepat dengan versi yang sehat
 - B. Cas9 memotong semua kromosom sehingga sel mati seketika
 - C. RNA pemandu berubah menjadi protein baru
 - D. sel menambal potongan dengan sambungan yang sering sedikit keliru sehingga gen rusak dan tidak berfungsi
6. Hormon yang dideteksi oleh antibodi pada tes kehamilan adalah...
- A. insulin
 - B. HER2
 - C. GLUT4
 - D. hCG
7. Mengapa garis T pada rapid test berwarna merah bila target ada di dalam sampel?
- A. karena protein target memang berwarna merah
 - B. karena cairan sampel bereaksi dengan serat kertas
 - C. karena antibodi berlabel butiran emas yang membawa target tertangkap dan menumpuk di garis T
 - D. karena garis T sudah dicetak merah sejak dari pabrik
8. Pewarnaan rutin jaringan yang mewarnai inti menjadi ungu-biru dan sitoplasma menjadi merah muda, tetapi tidak dapat menunjukkan protein tertentu, adalah...
- A. H&E (hematoksin-eosin)
 - B. imunofluoresensi
 - C. IHC HER2
 - D. Western blot
9. Pada IHC Ki-67 sebuah tumor, 30 dari 120 inti sel berwarna coklat. Indeks proliferasi tumor tersebut adalah...
- A. 4%
 - B. 12%
 - C. 30%
 - D. 25%
10. Sebuah rapid test diuji pada 100 orang yang benar-benar sakit (terbukti dengan PCR) dan 100 orang sehat. Tes positif pada 80 orang sakit dan pada 2 orang sehat. Pernyataan yang tepat adalah...
- A. Sensitivitas 98% dan spesifisitas 80%
 - B. Sensitivitas 80% dan spesifisitas 98%; tes ini lebih sering menghasilkan negatif palsu daripada positif palsu
 - C. Sensitivitas 80% dan spesifisitas 2%
 - D. Tes ini sempurna karena positif palsunya hanya 2 orang

- L1. Dalam analogi Bab 26, vaksin mRNA diibaratkan sebagai...
- A. latihan melawan musuh sungguhan yang sudah dilemahkan
 - B. latihan melawan boneka musuh
 - C. latihan menghadapi senjata musuh yang dikosongkan
 - D. resep latihan yang dikirim langsung ke dapur sel
- L2. Mengapa kelenjar getah bening di ketiak dapat sedikit bengkak setelah vaksinasi di lengan?
- A. karena cairan vaksin menumpuk dan membeku di ketiak
 - B. karena sel dendritik membawa foto buronan ke kelenjar itu, dan pasukan imun berkumpul serta berlatih di sana
 - C. karena mRNA masuk ke inti sel kelenjar
 - D. karena vaksin mengandung virus hidup yang berkembang biak di ketiak
- L3. Pada uji fase 3 sebuah vaksin mRNA, relawan dibagi menjadi dua kelompok yang sama besar. Kasus COVID-19 bergejala ditemukan pada 8 orang di kelompok vaksin dan 162 orang di kelompok plasebo. Efikasi vaksin paling mendekati...
- A. 5%
 - B. 50%
 - C. 95%
 - D. 154%
- L4. Vaksin hepatitis B dan IndoVac termasuk vaksin subunit atau protein rekombinan. Bahan utamanya dibuat dengan cara...
- A. menumbuhkan virus hidup lalu melemahkannya
 - B. membungkus mRNA dengan gelembung lemak
 - C. menjinakkan racun kuman dengan bahan kimia
 - D. menitipkan resep protein kuman ke ragi atau sel sehingga mereka memproduksi potongan protein itu, seperti insulin rekombinan di Bab 24
- L5. mRNA vaksin dirancang meniru mRNA alami: topi (cap), 5' UTR, kode protein paku, 3' UTR, dan ekor poli-A. Jika ekor poli-A dihilangkan, akibat yang paling mungkin adalah...
- A. mRNA lebih cepat dihancurkan sehingga protein paku yang dibuat lebih sedikit
 - B. mRNA masuk ke inti dan menyatu dengan DNA
 - C. protein paku berubah menjadi antibodi
 - D. nanopartikel lipid sama sekali tidak dapat terbentuk
- L6. Faktor pertumbuhan yang tugas utamanya menumbuhkan pembuluh darah baru (angiogenesis) adalah...
- A. PDGF
 - B. VEGF
 - C. EGF
 - D. IGF-1

17. Urutan yang benar dari yang paling kecil ke yang paling besar adalah...

- A. parasetamol – antibodi IgG – eksosom – keping darah
- B. eksosom – parasetamol – keping darah – antibodi IgG
- C. antibodi IgG – parasetamol – eksosom – keping darah
- D. parasetamol – eksosom – antibodi IgG – keping darah

18. Setelah kemoterapi, jumlah neutrofil seorang pasien kanker turun sangat rendah sehingga ia mudah terkena infeksi. Faktor pertumbuhan rekombinan yang sudah resmi dipakai untuk menaikkan jumlah neutrofil adalah...

- A. eritropoietin
- B. G-CSF
- C. becaplermin (PDGF rekombinan)
- D. insulin

19. Berikut data rekaan untuk latihan, dengan pola yang mirip penelitian AGF pada tikus model osteoarthritis (OA). Angka menunjukkan kadar relatif di tulang rawan.

- tikus sehat: MMP-13 = 20; kolagen tipe II = 100
- OA tanpa terapi: MMP-13 = 100; kolagen tipe II = 35
- OA + AGF 0,1 ng/mL: MMP-13 = 85; kolagen tipe II = 45
- OA + AGF 1 ng/mL: MMP-13 = 60; kolagen tipe II = 60
- OA + AGF 10 ng/mL: MMP-13 = 40; kolagen tipe II = 80

Kesimpulan yang paling didukung data ini adalah...

- A. AGF sudah terbukti menyembuhkan osteoarthritis pada manusia karena kolagen tipe II naik lebih dari dua kali lipat
- B. takaran 0,1 ng/mL paling baik karena paling sedikit mengubah keseimbangan alami tulang rawan
- C. makin tinggi takaran AGF, makin rendah MMP-13 dan makin tinggi kolagen tipe II; efek terkuat pada 10 ng/mL, tetapi belum sama dengan tikus sehat
- D. AGF menaikkan MMP-13 sehingga tulang rawan makin cepat rusak pada takaran yang tinggi

20. Sebuah tim peneliti memerlukan produk regeneratif yang tidak berisi sel sama sekali dan takarannya paling mudah dipastikan karena hanya berisi satu jenis protein murni. Menurut tabel perbandingan di Bab 27.7, pilihan yang paling sesuai adalah...

- A. terapi sel punca
- B. PRP
- C. sekretom dan vesikel ekstraseluler
- D. faktor pertumbuhan rekombinan

21. Kornea mata kiri Pak Rudi rusak karena tersiram cairan kimia, sedangkan mata kanannya sehat. Dokter mengambil biopsi kecil dari limbus mata kanan, membiakkan sel punca limbusnya di laboratorium, lalu mencangkokkannya ke mata kiri. Terapi sel ini bersifat...
- autolog, karena sel berasal dari tubuh Pak Rudi sendiri
 - alogenik, karena sel dipindahkan dari mata kanan ke mata kiri
 - alogenik, karena sel sudah dibiakkan di luar tubuh sehingga menjadi sel asing
 - pluripoten, karena sel punca limbus dapat menjadi semua jenis sel tubuh
22. Seorang dokter ingin membantu menilai risiko kanker prostat dari sampel urin pasien, tanpa operasi. Pemeriksaan seperti ini mungkin dilakukan karena...
- urin berisi sel punca mesenkimal yang dapat dibiakkan menjadi jaringan prostat untuk diperiksa
 - mikroRNA di urin mengubah DNA sel prostat sehingga kankernya tampak di dalam urin
 - vesikel di urin membawa “sidik jari” molekul sel asalnya, termasuk sel kanker
 - eksosom hanya dibuat oleh sel kanker, sehingga adanya eksosom di urin sudah memastikan kanker
23. Kelompok Bima mencatat skor Lab maya pemisahan eksosom dengan urutan hasil, kemurnian, kecepatan, biaya murah, dan skala produksi.
- Presipitasi polimer: 5, 1, 5, 5, 3
 - Kromatografi eksklusi ukuran (SEC): 3, 4, 4, 4, 2
- Mereka ingin membuktikan bahwa efek antiradang pada makrofag benar-benar berasal dari vesikel, bukan dari protein bebas di medium biakan. Pilihan metode dan alasan yang paling tepat adalah...
- presipitasi polimer, karena hasilnya paling banyak sehingga efek antiradang pasti paling kuat
 - presipitasi polimer, karena paling cepat dan murah sehingga percobaan dapat diulang berkali-kali
 - keduanya sama saja, karena setiap metode pemisahan menghasilkan eksosom yang sama murninya
 - SEC, karena kemurniannya lebih tinggi sehingga lebih sedikit protein bebas yang ikut terbawa
24. Dua sediaan EV dari medium biakan MSC diperiksa (data rekaan).
- Sediaan X: NTA menunjukkan ukuran rata-rata 105 nm; Western blot: CD63, CD81, dan TSG101 positif, kalneksin negatif; mikroskop elektron: vesikel bulat bermembran.
 - Sediaan Y: NTA menunjukkan ukuran rata-rata 160 nm dengan banyak partikel di atas 300 nm; Western blot: CD63, CD81, dan TSG101 positif, kalneksin positif kuat.
- Kesimpulan yang paling tepat adalah...
- kedua sediaan sama murninya, karena keduanya sama-sama positif CD63, CD81, dan TSG101
 - sediaan Y kemungkinan tercemar pecahan sel, sedangkan X lebih sesuai dengan EV kecil murni
 - sediaan Y lebih baik, karena kalneksin menunjukkan vesikelnya kaya protein penanda eksosom
 - sediaan X bukan vesikel, karena vesikel ekstraseluler sungguhan seharusnya positif kalneksin

25. Pada tikus model cedera paru (data rekaan), MSC yang diberi label berpendar diberikan lewat infus. Tiga hari kemudian, hampir tidak ada sel berlabel yang tersisa, tetapi peradangan paru tetap lebih ringan daripada kelompok kontrol sampai hari ke-14. Kelompok lain yang hanya diberi medium terkondisi MSC, yaitu cairan biakan tanpa sel, juga menunjukkan sebagian perbaikan yang sama. Mekanisme yang paling didukung data ini adalah...

- A. MSC menetap di paru dan berubah menjadi sel paru baru yang menggantikan sel yang rusak
- B. MSC melebur dengan sel paru sehingga seluruh DNA sel paru berganti menjadi DNA donor
- C. transfer mitokondria lewat jembatan membran, yang memerlukan MSC hidup menempel pada sel paru selama dua minggu
- D. parakrin dan imunomodulasi: kiriman faktor dan vesikel MSC meredam radang walaupun selnya cepat hilang

B. Benar-salah Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S).

26. Menyunting gen embrio manusia dengan CRISPR hanya berdampak pada orang itu sendiri dan tidak diwariskan kepada keturunannya.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

27. Rapid test antigen lebih sensitif daripada PCR karena hasilnya keluar lebih cepat.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

28. Uji klinis fase 3 membandingkan vaksin dengan plasebo pada ribuan sampai puluhan ribu relawan untuk memastikan vaksin benar-benar melindungi.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

29. Pada tulang rawan sendi, kolagen tipe II memberi kekuatan, sedangkan agrekan menahan air sehingga tulang rawan kenyal seperti bantalan.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

30. Sebagian besar MSC yang diberikan lewat infus tersangkut di paru-paru dan hilang dalam beberapa hari.

Lingkari: **B** (benar) / **S** (salah)

C. Isian singkat Isilah titik-titik dengan jawaban yang singkat dan tepat.

31. Lingkaran DNA kecil milik bakteri yang dipakai sebagai kendaraan untuk menitipkan gen insulin manusia disebut ____.

32. Enzim dari lobak pedas yang sering dipasang pada antibodi pendeteksi ELISA untuk menghasilkan warna disingkat ____.

33. Pada terapi CAR-T, sel T pasien diberi “kacamata” baru berupa reseptor yang disingkat ____ agar dapat mengenali sel kanker.
-
34. Darah seorang pasien mengandung 250.000 keping darah per mikroliter. Setelah diproses, PRP-nya mengandung 1.000.000 keping darah per mikroliter. Kadar keping darah dalam PRP itu ____ kali lipat kadar dalam darahnya.
-
35. Sebelum disimpan dalam nitrogen cair -196°C , sel dibekukan perlahan bersama zat pelindung beku agar kristal es tidak merobek membran sel. Zat pelindung beku yang disebut di Bab 28 disingkat ____ .

D. Uraian Jawablah dengan jelas dan runtut.

36. Bandingkan terapi CRISPR untuk talasemia beta, yang menyunting sel punca darah pasien, dengan penyuntingan gen pada embrio manusia. Analisis perbedaan dampaknya, dan jelaskan mengapa dunia ilmiah menerima yang pertama tetapi menolak yang kedua saat ini.
-
-
-
-
-
-
-
37. Rina demam dan batuk, dan dua hari lalu ia kontak erat dengan penderita COVID-19. Rapid test antigen pada hari pertama sakit hasilnya negatif. Analisis mengapa hasil ini belum tentu berarti Rina tidak terinfeksi, dan apa yang sebaiknya ia lakukan.
-
-
-
-
-
-
-

38. Bandingkan vaksin inaktivasi (misalnya CoronaVac atau Inavac) dengan vaksin mRNA dalam hal isi vaksin, tempat antigen dibuat, dan jenis latihan tentara imun yang dihasilkan. Analisis mengapa vaksin mRNA dapat melatih sel T sitotoksik dengan baik.

39. Seorang mahasiswa ingin membuktikan bahwa AGF memperbaiki tulang rawan. Ia membuat osteoarthritis pada 5 ekor tikus, menyuntikkan AGF 10 ng/mL ke sendi lutut semuanya, lalu 4 minggu kemudian melaporkan bahwa kolagen tipe II “meningkat”. Analisislah minimal empat kelemahan rancangan percobaan ini dan usulkan perbaikannya.

40. Analisislah tiga pasien berikut. Pasien A, 12 tahun, menderita leukemia yang kambuh dan akan menerima transplantasi dari kakaknya yang cocok. Pasien B, 35 tahun, kornea mata kirinya rusak karena tersiram cairan kimia, sedangkan mata kanannya sehat. Pasien C, 8 tahun, mengalami penyakit graft-versus-host berat setelah transplantasi sumsum tulang dan tidak membaik dengan obat steroid. Untuk setiap pasien, tentukan (a) jenis sel terapi yang sesuai, (b) apakah selnya autolog atau alogenik, (c) mekanisme kerja utamanya, dan (d) status buktinya menurut peta bukti Bab 28.5.

Kunci jawaban dan pedoman penskoran • Paket 6: Bioteknologi dan terapi modern

Bab 24, 25, 26, 27, 28 • Versi B • 40 soal • 90 menit • tingkat SMP–SMA

Bagian	Jumlah soal	Skor per soal	Skor maksimal
A. Pilihan ganda	25	2	50
B. Benar–salah	5	2	10
C. Isian singkat	5	2	10
D. Uraian	5	0–6	30
Jumlah	40		100

Nilai akhir = jumlah skor. Uraian dinilai menurut kelengkapan dan ketepatan dibanding kunci: 6 = lengkap dan tepat, 4 = sebagian besar tepat, 2 = sebagian kecil tepat, 0 = tidak menjawab atau keliru seluruhnya.

A. Pilihan ganda

1. **B.** mesin fotokopi resep PCR menyalin satu resep (potongan DNA) berulang kali sampai miliaran salinan, seperti mesin fotokopi. Gunting adalah enzim restriksi, lem adalah DNA ligase, dan kantong pengirim adalah plasmid. [Bab 24 · C1 · 24-01]
2. **A.** karena DNA bermuatan negatif akibat gugus fosfatnya Setiap nukleotida DNA membawa gugus fosfat yang bermuatan negatif. Muatan negatif tertarik ke kutub positif, lalu gel memilah potongan menurut ukurannya. [Bab 24 · C2 · 24-04]
3. **C.** agar ujung-ujung potongannya cocok seperti kepingan puzzle sehingga dapat disambung DNA ligase Gunting yang sama menghasilkan ujung potongan yang sama bentuknya, sehingga ujung gen insulin berpasangan dengan ujung plasmid. DNA ligase lalu merekatkan sambungannya menjadi DNA rekombinan. [Bab 24 · C2 · 24-09]
4. **A.** Pasien 1 positif, pasien 2 negatif, dan pasien 3 perlu diperiksa ulang karena pitanya tidak sesuai ukuran target Kontrol positif dan negatif sesuai harapan, jadi hasil dapat dibaca. Pita yang sejajar ukuran target (300 pb) berarti positif. Pita 700 pb bukan produk target, kemungkinan hasil penyalinan yang tidak spesifik, sehingga sampel pasien 3 perlu diulang atau dikonfirmasi. [Bab 24 · C4 · 24-10]
5. **D.** sel menambal potongan dengan sambungan yang sering sedikit keliru sehingga gen rusak dan tidak berfungsi Tanpa cetakan, sel menambal patahan DNA secepatnya, dan sambungannya sering kehilangan atau kelebihan beberapa huruf. Resep menjadi salah ketik sehingga gen tidak berfungsi, cara ampuh untuk mematikan gen. [Bab 24 · C3 · 24-12]
6. **D.** hCG Tes kehamilan memakai antibodi yang hanya mengenali hormon kehamilan hCG. Bila hCG ada di urine, antibodi berlabel menumpuk di garis T sehingga muncul garis kedua. [Bab 25 · C1 · 25-02]
7. **C.** karena antibodi berlabel butiran emas yang membawa target tertangkap dan menumpuk di garis T Target diikat antibodi berlabel emas di bantalan konjugat, lalu keduanya merambat bersama dan ditangkap antibodi di garis T. Tumpukan butiran emas itulah yang tampak sebagai garis merah. [Bab 25 · C2 · 25-03]
8. **A.** H&E (hematoksin-eosin) Pada H&E, hematoksin mewarnai inti dan eosin mewarnai sitoplasma. Pewarnaan ini menampilkan bentuk sel dengan indah, tetapi untuk menemukan protein tertentu diperlukan antibodi, seperti pada IHK atau imunofluoresensi. [Bab 25 · C2 · 25-04]
9. **D.** 25% Indeks proliferasi = $\frac{\text{inti cokelat}}{\text{seluruh inti}} \times 100\% = \frac{30}{120} \times 100\% = 25\%$. Ki-67 hanya ada di inti sel yang sedang menjalani siklus sel, jadi makin tinggi indeksinya, makin cepat tumor tumbuh. [Bab 25 · C3 · 25-12]
10. **B.** Sensitivitas 80% dan spesifisitas 98%; tes ini lebih sering menghasilkan negatif palsu daripada positif palsu Sensitivitas = $\frac{80}{100} = 80\%$ (20 negatif palsu). Spesifisitas = $\frac{98}{100} = 98\%$ (2 positif palsu). Seperti satpam yang jarang menahan tamu baik, tetapi masih meloloskan sebagian pencuri. [Bab 25 · C4 · 25-13]
11. **D.** resep latihan yang dikirim langsung ke dapur sel Vaksin mRNA hanya membawa resep protein paku ke dapur sel (ribosom), sehingga sel kita sendiri yang membuat foto buronan. Musuh yang dilemahkan adalah vaksin hidup, boneka musuh adalah vaksin inaktivasi, dan senjata yang dikosongkan adalah toksoid. [Bab 26 · C1 · 26-01]

12. **B.** karena sel dendritik membawa foto buronan ke kelenjar itu, dan pasukan imun berkumpul serta berlatih di sana Kelenjar getah bening adalah tempat berkumpulnya sel T dan sel B. Saat sel dendritik membawa informasi protein paku, pasukan yang cocok memperbanyak diri di sana, sehingga kelenjar bisa sedikit membesar untuk sementara. [Bab 26 · C2 · 26-03]
13. **C.** $95\% \text{ Efikasi} = (1 - \text{kasus kelompok vaksin} \div \text{kasus kelompok plasebo}) \times 100\% = (1 - 8/162) \times 100\% \approx 95\%$. Artinya risiko sakit bergejala pada kelompok vaksin turun sekitar 95% dibanding plasebo, bukan berarti 5% orang yang divaksin pasti sakit. [Bab 26 · C4 · 26-11]
14. **D.** menitipkan resep protein kuman ke ragi atau sel sehingga mereka memproduksi potongan protein itu, seperti insulin rekombinan di Bab 24 Vaksin subunit hanya berisi potongan protein kuman, yaitu foto buronannya. Protein itu dibuat ragi atau sel yang dititipi resepnya, dengan teknik DNA rekombinan yang sama seperti pembuatan insulin. [Bab 26 · C3 · 26-12]
15. **A.** mRNA lebih cepat dihancurkan sehingga protein paku yang dibuat lebih sedikit Ekor poli-A melindungi ujung mRNA dari enzim penghancur dan membantu ribosom membacanya berulang kali. Tanpa ekor ini, resep cepat rusak sehingga protein paku yang dimasak lebih sedikit dan latihan tentara lemah. [Bab 26 · C4 · 26-13]
16. **B.** VEGF VEGF memerintahkan pembentukan pembuluh darah baru, ibarat perintah membangun jalan pasokan. PDGF memanggil dan memperbanyak fibroblas, EGF memperbanyak dan menggerakkan sel kulit, sedangkan IGF-1 mendorong pertumbuhan dan pembuatan protein, misalnya pada tulang rawan dan otot. [Bab 27 · C1 · 27-02]
17. **A.** parasetamol – antibodi IgG – eksosom – keping darah Parasetamol hanya 151 Da, antibodi IgG sekitar 150 kDa, eksosom sekitar 30–150 nm, dan keping darah sekitar 2–3 μm . Sel punca mesenkimal ($\pm 20 \mu\text{m}$) lebih besar lagi. Skala logaritmik di Bab 27.1 membantu membandingkan benda-benda yang ukurannya berbeda ribuan kali lipat. [Bab 27 · C2 · 27-04]
18. **B.** G-CSF G-CSF merangsang sumsum tulang membuat neutrofil, sehingga dipakai pada pasien yang menjalani kemoterapi. Eritropoietin menambah sel darah merah pada penyakit ginjal kronis, becaplermin membantu penyembuhan luka kaki diabetik neuropatik, sedangkan insulin adalah hormon pengatur gula darah. Obat-obat protein ini kini dibuat dengan teknologi DNA rekombinan (Bab 24). [Bab 27 · C3 · 27-05]
19. **C.** makin tinggi takaran AGF, makin rendah MMP-13 dan makin tinggi kolagen tipe II; efek terkuat pada 10 ng/mL, tetapi belum sama dengan tikus sehat Data menunjukkan hubungan takaran-respons: makin tinggi takaran AGF, makin besar penurunan enzim perusak MMP-13 dan kenaikan kolagen tipe II. Polanya sejalan dengan temuan Hidayat dan Harun (2025) bahwa takaran 10 ng/mL memberi efek terkuat. Namun, data ini berasal dari tikus, sehingga belum dapat disimpulkan apa pun tentang kesembuhan pada manusia; uji klinis tetap diperlukan. [Bab 27 · C4 · 27-10]
20. **D.** faktor pertumbuhan rekombinan Faktor pertumbuhan rekombinan dibuat oleh bakteri atau sel yang direayasa (Bab 24) dan berisi satu jenis protein murni, sehingga takarannya pasti. Terapi sel punca berisi sel hidup, PRP berisi keping darah dan sulit distandarkan, sedangkan sekretom berisi ratusan jenis protein dan vesikel sehingga standardisasinya hanya sedang. [Bab 27 · C3 · 27-11]
21. **A.** autolog, karena sel berasal dari tubuh Pak Rudi sendiri Autolog berarti sel berasal dari pasien sendiri, sehingga “KTP”-nya (MHC, Bab 16) sama dan tidak ditolak, tetapi produk harus dibuat khusus untuk setiap pasien. Alogenik berarti sel berasal dari orang lain; berpindah organ atau dibiakkan di

laboratorium tidak membuat sel menjadi alogenik. Sel punca limbus adalah sel punca jaringan yang mengganti lapisan permukaan kornea, bukan sel pluripoten. Cangkok sel limbus sudah dipakai untuk kornea yang rusak akibat luka bakar mata; Holoclar disetujui bersyarat di Eropa pada 2015. [Bab 28 · C2 · 28-02]

22. **C.** vesikel di urin membawa “sidik jari” molekul sel asalnya, termasuk sel kanker Eksosom dan vesikel ekstraseluler lain membawa protein dan RNA khas sel asalnya. Membaca muatan ini dari darah atau urin disebut biopsi cair. Sudah ada tes urin berbasis vesikel untuk membantu menilai risiko kanker prostat, tetapi hasilnya tetap ditafsirkan dokter bersama pemeriksaan lain. Eksosom dibuat oleh hampir semua sel, bukan hanya sel kanker (Bab 14). [Bab 28 · C3 · 28-05]
23. **D.** SEC, karena kemurniannya lebih tinggi sehingga lebih sedikit protein bebas yang ikut terbawa Pertanyaan penelitian ini menuntut kemurnian. Presipitasi polimer memberi hasil banyak, cepat, dan murah, tetapi banyak protein dan partikel lain ikut mengendap, sehingga efek yang terlihat bisa berasal dari protein bebas itu. Pada SEC, partikel besar seperti eksosom keluar lebih dulu dari kolom, sedangkan protein kecil tertahan di pori, dan vesikel tetap utuh. Hasilnya tetap perlu diperiksa dengan beberapa cara, dan sebaiknya fraksi protein tanpa vesikel ikut diuji sebagai pembanding (MISEV2023). [Bab 28 · C4 · 28-10]
24. **B.** sediaan Y kemungkinan tercemar pecahan sel, sedangkan X lebih sesuai dengan EV kecil murni Kalneksin adalah protein retikulum endoplasma (Bab 5) yang tidak seharusnya ada pada eksosom, sehingga dipakai sebagai penanda negatif. Kalneksin yang positif kuat dan banyaknya partikel besar menunjukkan sediaan Y tercampur pecahan sel, misalnya dari sel yang mati atau rusak. Penanda positif saja tidak cukup; karena itu partikel diperiksa dengan beberapa cara sekaligus: ukuran dan jumlah, bentuk, penanda positif, dan penanda negatif (Bab 25). [Bab 28 · C4 · 28-11]
25. **D.** parakrin dan imunomodulasi: kiriman faktor dan vesikel MSC meredam radang walaupun selnya cepat hilang Sel yang hilang dalam tiga hari tidak mungkin menjadi jaringan baru atau terus menempel selama dua minggu, sedangkan medium tanpa sel tetap memberi sebagian efek. Artinya manfaat terutama berasal dari kiriman MSC, yaitu faktor pertumbuhan, sitokin, dan vesikel ekstraseluler yang meredam peradangan (Bab 27). Efek medium yang hanya sebagian juga menunjukkan bahwa interaksi sel hidup selama waktu singkat itu ikut berperan. [Bab 28 · C4 · 28-12]

B. Benar–salah

26. **Salah** Salah. Perubahan pada embrio, sel telur, atau sperma akan ikut diwariskan ke anak cucu. Yang hanya berdampak pada pasien sendiri adalah penyuntingan sel tubuh, misalnya sel punca darah pada terapi talasemia. [Bab 24 · C2 · 24-07]
27. **Salah** Salah. Rapid test antigen tidak memiliki tahap penggandaan seperti PCR, sehingga kurang sensitif. Pada awal infeksi, saat jumlah virus masih sedikit, hasilnya bisa negatif palsu walaupun keluar lebih cepat. [Bab 25 · C2 · 25-06]
28. **Benar** Benar. Fase 1 menguji keamanan dan dosis pada puluhan relawan, fase 2 pada ratusan relawan, dan fase 3 pada ribuan sampai puluhan ribu relawan dibandingkan dengan plasebo. [Bab 26 · C2 · 26-07]
29. **Benar** Benar. Kondrosit membangun matriks dari kolagen tipe II (kawat beton) dan agrekan (spons penahan air). Pada osteoarthritis, enzim seperti MMP-13 dan ADAMTS-4 memotong keduanya sehingga tulang rawan menipis dan sendi terasa nyeri. [Bab 27 · C2 · 27-06]

30. **Benar** Benar. MSC berukuran relatif besar, sehingga banyak yang tertahan di pembuluh kapiler paru dan dibersihkan dalam beberapa hari. Manfaatnya terutama berasal dari sinyal yang dikirim selama waktu singkat itu (parakrin dan peredaman sistem imun), bukan dari menjadi organ baru. Sel punca baru benar-benar menjadi jaringan baru pada keadaan tertentu, misalnya sel punca darah pada transplantasi sumsum tulang. [Bab 28 · C2 · 28-06]

C. Isian singkat

31. **plasmid** Plasmid adalah “buku saku” DNA bakteri. Gen insulin disisipkan ke plasmid, lalu plasmid rekombinan dimasukkan ke bakteri agar bakteri membuat insulin. [Bab 24 · C1 · 24-08]
32. **hrp** (juga diterima: horseradish peroxidase; peroksidase lobak; peroksidase lobak pedas) HRP (horseradish peroxidase) mengubah banyak molekul substrat menjadi zat berwarna. Makin banyak HRP yang terjepit bersama target, makin pekat warna sumurnya. [Bab 25 · C1 · 25-08]
33. **car** (juga diterima: chimeric antigen receptor; reseptor antigen kimerik) CAR (chimeric antigen receptor) adalah reseptor buatan yang menggabungkan bagian pengenalan dari antibodi dengan bagian pemberi sinyal sel T, sehingga sel T dapat langsung mengenali penanda di permukaan sel kanker. [Bab 26 · C2 · 26-14]
34. **4** (juga diterima: empat; 4 kali; empat kali) $1.000.000 \div 250.000 = 4$. Nilai ini berada dalam kisaran PRP pada umumnya, yaitu sekitar 3–5 kali kadar normal darah. Ingat, takaran PRP yang dinyatakan sebagai kelipatan keping darah belum menunjukkan berapa banyak faktor pertumbuhan yang benar-benar dilepas. [Bab 27 · C3 · 27-14]
35. **dms** (juga diterima: dimetil sulfoksida; dimetilsulfoksida; dimethyl sulfoxide) DMSO (dimetil sulfoksida) melindungi sel saat dibekukan. Pada $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ hampir semua reaksi kimia berhenti, sehingga sel “tidur” dan dapat disimpan lama. Setelah dicairkan, sel diperiksa lagi sebelum diberikan kepada pasien. [Bab 28 · C1 · 28-08]

D. Uraian

36. Pada terapi talasemia, yang disunting adalah sel tubuh (sel punca darah) milik pasien sendiri, sehingga perubahannya hanya berdampak pada pasien itu dan tidak diwariskan. Pasien dapat memberikan persetujuan, manfaatnya jelas bagi penyakit berat, dan keamanannya diuji lewat uji klinis. Pada embrio, perubahan akan ada di hampir semua sel, termasuk sel kelamin, sehingga diwariskan ke anak cucu. Keturunan tidak dapat memberikan persetujuan, efek salah potong atau efek jangka panjang dapat menyebar ke generasi berikutnya, dan tujuan pengobatan mudah bergeser ke “perbaikan” sifat. Kasus bayi kembar hasil sunting gen tahun 2018 dikecam dunia dan penelitinya dihukum. Bagi Indonesia, terapi sel tubuh penting karena diperkirakan 3–10% penduduk membawa sifat talasemia beta. [Bab 24 · C4 · 24-15]
37. Rapid test antigen tidak memiliki tahap penggandaan seperti PCR, sehingga sensitivitasnya lebih rendah. Pada awal infeksi, jumlah virus di hidung mungkin masih di bawah batas deteksi, sehingga hasilnya dapat negatif palsu; cara pengambilan sampel yang kurang tepat juga dapat menurunkan hasil. Karena Rina bergejala dan pernah kontak erat, ia sebaiknya tetap memakai masker dan membatasi kontak, mengulang tes beberapa hari kemudian atau memastikan dengan PCR, dan mengikuti anjuran tenaga kesehatan, terutama bila gejalanya memburuk. [Bab 25 · C4 · 25-16]
38. Vaksin inaktivasi berisi kuman utuh yang sudah dimatikan; antigennya dibuat di pabrik dan datang dari luar sel, lalu ditelan sel penyaji antigen. Latihannya terutama menghasilkan antibodi melalui sel T helper

dan sel B. Vaksin mRNA hanya berisi resep protein paku dalam nanopartikel lipid; antigennya dimasak sendiri oleh ribosom di dalam sel tubuh kita. Karena protein dibuat di dalam sel, potongannya dipajang di papan buronan MHC seperti protein virus yang sedang menginfeksi, sehingga sel T sitotoksik ikut terlatih, selain sel T helper dan sel B yang membuat antibodi. [Bab 26 · C4 · 26-15]

39. (1) Tidak ada kelompok kontrol, sehingga kata “meningkat” tidak jelas dibandingkan dengan apa, dan tidak dapat dibedakan apakah perubahan disebabkan AGF, tindakan penyuntikan, atau perjalanan penyakit itu sendiri. Perbaikan: tambahkan kelompok tikus sehat sebagai acuan dan kelompok OA yang disuntik larutan pembawa tanpa AGF (misalnya larutan garam fisiologis), lalu ukur semua kelompok pada waktu yang sama. (2) Hanya satu takaran, sehingga hubungan takaran-respons tidak terlihat. Perbaikan: tambahkan beberapa takaran, misalnya 0,1; 1; dan 10 ng/mL, serta kelompok PRP bila ingin membandingkan keduanya. (3) Jumlah hewan terlalu sedikit dan tidak ada analisis statistik. Perbaikan: tentukan jumlah hewan per kelompok dengan perhitungan yang tepat, analisis dengan uji statistik, dan ulangi percobaan. (4) Hewan tidak dibagi secara acak dan penilai mengetahui kelompok setiap tikus, sehingga hasil dapat bias. Perbaikan: acak pembagian kelompok dan lakukan penilaian tersamar. (5) Hanya satu penanda yang diukur. Perbaikan: ukur juga enzim perusak (MMP-1, MMP-13, ADAMTS-4), sinyal peradangan (TNF- α , IL-1 β , NF- κ B), agrekan, fosforilasi SMAD3, dan gambaran jaringan di bawah mikroskop. Percobaan harus disetujui komite etik hewan dan memakai jumlah hewan seminimal mungkin. Walaupun rancangannya sudah baik, hasilnya tetap bukti pada hewan, belum pada manusia. [Bab 27 · C4 · 27-16]

40. Pasien A: (a) sel punca darah (hematopoietik) dari sumsum tulang atau darah tepi kakaknya; (b) alogenik, dari donor yang “KTP”-nya (MHC/HLA, Bab 16) cocok agar risiko penolakan dan penyakit graft-versus-host lebih kecil; (c) mengganti sel: setelah sel darah yang sakit dibersihkan dengan kemoterapi, sel punca donor menetap di sumsum tulang dan membangun ulang seluruh sistem darah dan imun, dan sel imun donor juga dapat membantu menyerang sisa sel leukemia; (d) baku, sudah dipakai puluhan tahun di seluruh dunia. Pasien B: (a) sel punca limbus; (b) autolog, diambil lewat biopsi kecil dari limbus mata kanan yang sehat lalu dibiakkan, sehingga tidak ditolak; (c) mengganti sel lapisan permukaan kornea yang rusak; (d) baku untuk kornea yang rusak akibat luka bakar mata, misalnya Holoclar yang disetujui bersyarat di Eropa pada 2015. Pasien C: (a) sel punca mesenkimal (MSC); (b) alogenik dan siap pakai, karena MSC sedikit memajang MHC kelas II sehingga relatif jarang ditolak; (c) imunomodulasi: MSC menekan sel T donor yang terlalu aktif menyerang tubuh pasien dan mendorong makrofag beralih ke mode memperbaiki, ditambah efek parakrin; MSC tidak bekerja dengan mengganti sel; (d) disetujui terbatas, yaitu Temcell di Jepang (2015) dan Ryoncil (remestemcel-L) dari FDA (Desember 2024, untuk anak), terapi MSC pertama yang disetujui FDA. Ketiga kasus menunjukkan bahwa jenis sel, sumber, dan cara kerja harus sesuai dengan penyakitnya; tidak ada satu jenis sel punca untuk semua penyakit. [Bab 28 · C4 · 28-15]