LKPD: Struktur Sel dan Transport Membran

Untuk Mahasiswa S1 Pendidikan Biologi atau Biologi

Identitas Perkuliahan	Keterangan
Program studi	_____
Mata kuliah	_____
Semester	_____
Nama	_____
NIM	_____
Kelompok	_____
Tanggal	_____

Capaian Pembelajaran

Setelah menyelesaikan LKPD ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. **Menganalisis** hubungan antara struktur ultraseluler dan fungsi organel dalam konteks kompartementalisasi sel.
2. **Membandingkan** karakteristik sel prokariotik dan eukariotik serta sel tumbuhan dan sel hewan berdasarkan komponen, fungsi, dan implikasi biologisnya.
3. **Mengevaluasi** sifat selektivitas membran berdasarkan komposisi fosfolipid, protein, kolesterol, dan karbohidrat membran.
4. **Menganalisis** mekanisme transport membran pada tingkat molekuler, termasuk peran gradien elektrokimia dan protein transport.
5. **Menafsirkan** data simulasi atau kasus osmosis dan tonisitas dengan membedakan prediksi, observasi, data, interpretasi, dan kesimpulan.
6. **Menyusun** argumen ilmiah berbasis bukti dengan istilah biologi sel yang tepat dan sumber akademik yang relevan.

Petunjuk Pengerjaan

LIVEWORKSHEETS

1. Pelajari ringkasan materi dan gunakan sedikitnya dua sumber akademik yang kredibel, seperti buku teks biologi sel, artikel ulasan, atau sumber ilmiah yang direkomendasikan dosen.
2. Lakukan diskusi ilmiah dengan menyampaikan klaim, bukti, alasan penghubung, serta kemungkinan keterbatasan penjelasan.
3. Bagi tugas kelompok secara transparan. Cantumkan kontribusi setiap anggota pada bagian yang ditentukan dosen.
4. Gunakan sitasi singkat apabila mengutip definisi, konsep khusus, atau informasi dari sumber tertentu. Contoh: (Alberts et al., tahun).
5. Bedakan dengan jelas antara hasil observasi langsung, data yang tersedia, prediksi teoretis, interpretasi, dan kesimpulan.
6. Jangan mengisi kolom hasil pengamatan dengan data yang belum diperoleh. Data yang disediakan untuk latihan akan diberi label **data simulasi**.
7. Gunakan istilah molekuler secara presisi, misalnya gradien konsentrasi, gradien elektrokimia, potensial membran, afinitas, konformasi protein, dan tonisitas.

Ringkasan Materi: Struktur Sel, Membran, dan Kompartementalisasi

Sel merupakan sistem terorganisasi yang mempertahankan keadaan internal melalui pembatas, kompartemen, jaringan regulasi, serta aliran materi dan energi. Struktur sel tidak hanya perlu dihafalkan, tetapi dianalisis sebagai dasar hubungan sebab-akibat antara lokasi suatu komponen, sifat molekulnya, dan fungsi biologis yang dihasilkan.

Membran plasma dan model mosaik fluida

Membran plasma tersusun terutama atas bilayer fosfolipid. Fosfolipid bersifat amfipatik: kepala polar berinteraksi dengan air, sedangkan ekor hidrokarbon hidrofobik membentuk bagian interior membran. Susunan ini menciptakan penghalang semipermeabel yang relatif mudah dilalui molekul kecil nonpolar, tetapi membatasi ion dan sebagian besar molekul polar besar.

Model mosaik fluida menjelaskan bahwa membran bersifat dinamis. Protein integral tertanam atau menembus bilayer dan dapat berfungsi sebagai kanal, carrier, pompa, reseptor, enzim, atau molekul adhesi. Protein perifer berasosiasi secara longgar dengan permukaan membran atau dengan protein lain. Kolesterol memengaruhi fluiditas, permeabilitas, dan kestabilan membran; efeknya bergantung pada suhu dan komposisi lipid. Karbohidrat membran yang terikat pada lipid atau protein membentuk glikokaliks yang berperan dalam pengenalan sel, adhesi, dan interaksi dengan lingkungan.

Selektivitas membran merupakan hasil gabungan ukuran, muatan, polaritas, kelarutan dalam inti hidrofobik, keberadaan protein transport, serta kondisi elektrokimia. Dengan demikian, keberadaan protein membran tidak otomatis menunjukkan transport aktif; kanal dan sebagian carrier dapat memfasilitasi perpindahan pasif mengikuti gradien elektrokimia.

LIVEWORKSHEETS

Kerangka analisis: Untuk menjelaskan suatu fungsi membran, identifikasi komponen penyusunnya, sifat molekul yang dipindahkan, arah gradien, keterlibatan protein, kebutuhan energi, dan konsekuensi bagi homeostasis sel.

Organel, sistem endomembran, dan aliran informasi

Sistem endomembran mengoordinasikan sintesis, modifikasi, penyortiran, dan distribusi protein serta lipid. Ribosom menerjemahkan mRNA menjadi polipeptida. Ribosom yang berasosiasi dengan retikulum endoplasma kasar menghasilkan protein yang memasuki lumen atau membran retikulum endoplasma, sedangkan retikulum endoplasma halus berperan dalam sintesis lipid, detoksifikasi, dan penyimpanan ion tertentu. Vesikel membawa muatan menuju badan Golgi untuk dimodifikasi dan disortir, kemudian diteruskan ke membran plasma, endosom, atau lisosom.

Inti sel menyimpan genom dan mengatur ekspresi gen melalui transkripsi, pemrosesan RNA, serta pengendalian transport RNA dan protein. Mitokondria menghasilkan ATP melalui respirasi sel dan memiliki kompartementalisasi membran yang mendukung rantai transpor elektron serta sintesis ATP. Kloroplas pada sel fotosintetik mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dan memiliki membran internal untuk reaksi fotosintesis. Sitoplasma, sitoskeleton, vakuola, lisosom, dan peroksisom turut menjaga organisasi ruang, degradasi, penyimpanan, serta keseimbangan metabolik sel.

Komponen	Struktur atau lokasi	Fungsi utama	Implikasi biologis
Membran plasma	Bilayer fosfolipid dengan protein, kolesterol, dan karbohidrat	Membatasi sel, mengatur pertukaran zat, menerima sinyal	Menentukan homeostasis, komunikasi, dan respons terhadap lingkungan
Inti dan ribosom	Genom berada di inti; ribosom bebas atau terikat RE kasar	Mengatur ekspresi gen dan sintesis polipeptida	Menjelaskan hubungan informasi genetik dengan fenotipe seluler
Retikulum endoplasma dan Golgi	Jaringan membran dan tumpukan cisterna	Sintesis, pelipatan, modifikasi, dan	Mendukung sekresi, pembaruan

LIVEWORKSHEETS

		penyortiran protein	membran, dan
Mitokondria	Membran ganda dengan krista dan matriks	Respirasi sel dan produksi ATP	Menyediakan energi untuk kerja mekanik, sintesis, dan transport aktif
Lisosom dan peroksisom	Kompartemen bermembran berisi enzim spesifik	Degradasi makromolekul dan reaksi oksidatif	Mencegah reaksi yang merusak berlangsung bebas di sitoplasma
Vakuola dan kloroplas	Vakuola dominan pada tumbuhan; kloroplas memiliki tilakoid	Penyimpanan, tekanan turgor, dan fotosintesis	Mendukung bentuk sel, metabolisme autotrof, dan adaptasi osmotik

Perbandingan Sel Prokariotik dan Eukariotik

Gunakan tabel berikut untuk menghubungkan perbedaan struktur dengan konsekuensi fungsionalnya. Perhatikan bahwa istilah “lebih sederhana” tidak berarti prokariotik tidak memiliki organisasi molekuler yang kompleks.

Struktur atau komponen	**Prokariotik**	**Eukariotik**	**Implikasi biologis**
Materi genetik	Umumnya satu kromosom sirkular pada daerah nukleoid; dapat memiliki plasmid	Kromosom linear berada di dalam inti yang dibatasi membran	Kompartementalisasi inti memungkinkan regulasi ekspresi gen yang lebih berlapis
Organel bermembran	Tidak memiliki inti dan organel bermembran klasik	Memiliki inti, mitokondria, RE, Golgi, dan organel lain	Pemisahan ruang memungkinkan jalur metabolik berlangsung simultan dan terkoordinasi

LIVEWORKSHEETS

Ribosom	70S pada sitoplasma	80S pada sitoplasma; ribosom organel memiliki karakteristik berbeda	Perbedaan ribosom dapat menjadi dasar selektivitas beberapa senyawa antimikroba
Dinding sel	Umumnya mengandung peptidoglikan pada bakteri	Ada pada tumbuhan dan fungi dengan komposisi berbeda; tidak ada pada hewan	Menentukan bentuk, perlindungan mekanik, dan respons terhadap tekanan osmotik
Ukuran dan organisasi	Umumnya lebih kecil dengan organisasi internal lebih sederhana	Umumnya lebih besar dan terkompartementalisasi	Rasio luas permukaan-volume dan jarak difusi memengaruhi strategi pertukaran zat

Perbandingan Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Struktur	Komponen pada sel tumbuhan	Komponen pada sel hewan	Implikasi fungsional
Dinding sel	Umumnya ada, terutama tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan pektin	Tidak ada; membran plasma berinteraksi dengan matriks ekstraseluler	Tumbuhan mempertahankan bentuk dan tekanan turgor; hewan lebih fleksibel secara morfologis
Kloroplas	Ada pada sel fotosintetik dengan tilakoid dan stroma	Tidak ada pada sel hewan	Tumbuhan dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia
Vakuola	Vakuola sentral	Vesikel kecil atau	Vakuola tumbuhan

LIVEWORKSHEETS

	besar dengan tonoplas	vakuola yang tidak dominan	mengatur penyimpanan, pH, degradasi, dan tekanan turgor
Sitoskeleton dan sentrosom	Sitoskeleton kompleks; sentrosom tidak selalu memiliki sentriol khas	Sitoskeleton kompleks; sentrosom umumnya memiliki sepasang sentriol	Mengatur bentuk sel, lalu lintas vesikel, pembelahan, dan posisi organel
Komunikasi antarsel	Plasmodesmata dan molekul sinyal	Junction antarsel dan matriks ekstraseluler	Menentukan koordinasi jaringan dan pertukaran molekul antarsel

Transport Membran pada Tingkat Molekuler

Perpindahan zat melalui membran ditentukan oleh gradien konsentrasi, gradien listrik, permeabilitas membran, dan energi bebas. Untuk ion, gabungan gradien konsentrasi dan perbedaan muatan listrik disebut gradien elektrokimia. Potensial membran merupakan perbedaan potensial listrik antara sisi dalam dan sisi luar membran; secara konseptual, potensial ini dapat menarik atau menolak ion tertentu dan memengaruhi arah perpindahannya.

Transport pasif

Difusi sederhana terjadi ketika molekul kecil nonpolar atau molekul tertentu yang cukup permeabel bergerak menuruni gradien konsentrasi tanpa hidrolisis ATP. Osmosis merupakan perpindahan air melalui membran semipermeabel sebagai respons terhadap perbedaan aktivitas air atau konsentrasi zat terlarut yang tidak mudah menembus membran.

Difusi terfasilitasi menggunakan protein kanal atau carrier, tetapi tetap berlangsung mengikuti gradien elektrokimia dan tidak menggunakan ATP secara langsung. Kanal menyediakan jalur hidrofilik yang selektif, sedangkan carrier berikatan dengan solut dan mengalami perubahan konformasi. Carrier menunjukkan saturasi karena jumlah situs pengikatan terbatas.

Transport aktif dan transport berbasis vesikel

Transport aktif primer menggunakan energi langsung dari ATP atau sumber energi kimia lain untuk memindahkan solut melawan gradien elektrokimia. Pompa ion berkontribusi pada pemeliharaan gradien dan potensial membran. Transport aktif sekunder menggunakan energi yang tersimpan dalam gradien ion untuk menggerakkan solut lain; kotranspor dapat

LIVEWORKSHEETS

berbentuk simport apabila dua solut bergerak searah atau antiport apabila bergerak berlawanan arah.

Endositosis memasukkan materi melalui invaginasi membran dan pembentukan vesikel, sedangkan eksositosis menggabungkan vesikel dengan membran plasma untuk melepaskan muatan. Keduanya memerlukan koordinasi protein, sitoskeleton, membran, dan energi seluler. Protein membran juga berfungsi sebagai reseptor, enzim, penghubung sitoskeleton, dan molekul adhesi sehingga tidak semua protein membran berperan dalam transport.

Uji klasifikasi transport: Tentukan zat yang berpindah, arah gradien konsentrasi dan listrik, jenis protein yang terlibat, sumber energi, serta apakah perpindahan berlangsung melalui bilayer, kanal, carrier, pompa, atau vesikel.

Tabel Perbandingan Mekanisme Transport

Mekanisme	Jalur	Arah terhadap gradien	Sumber energi	Contoh atau pertanyaan analisis
Difusi sederhana	Bilayer lipid	Menuruni gradien	Tidak menggunakan ATP langsung	_____ _____
Osmosis	Bilayer dan/atau aquaporin	Air menuju potensial air yang lebih rendah	Tidak menggunakan ATP langsung	_____ _____
Difusi terfasilitasi	Kanal atau carrier	Menuruni gradien elektrokimia	Energi gradien	_____ _____
Transport aktif primer	Pompa atau ATPase	Melawan gradien elektrokimia	ATP atau energi kimia	_____ _____
Transport aktif sekunder	Carrier kotranspor	Satu solut mengikuti	Gradien ion yang telah	_____ _____

LIVEWORKSHEETS

		gradien dan menggerakkan solut lain	dibentuk sebelumnya	
Endositosis atau eksositosis	Vesikel dan membran	Tidak diringkas hanya sebagai arah gradien	ATP dan GTP secara tidak langsung atau langsung	_____ _____

Kegiatan 1 — Analisis Diagram Mikroskopis atau Ultrastruktur Sel

Tujuan: Menganalisis ciri struktural sel dan memetakan hubungan organel, kompartementalisasi, serta fungsi seluler.

Sumber: Gunakan mikrograf, diagram ultrastruktur, preparat digital, atau sumber visual yang disediakan dosen. Tuliskan sumber gambar dan perbesaran apabila tersedia.

1. Identifikasi jenis sel dan dasar pengenalannya. Bedakan informasi yang benar-benar tampak pada gambar dari inferensi berdasarkan literatur.
2. Petakan sedikitnya delapan struktur atau organel. Hubungkan setiap struktur dengan fungsi dan proses seluler yang didukungnya.
3. Susun satu hubungan sebab-akibat, misalnya hubungan membran organel, lokasi enzim, aliran vesikel, ekspresi protein, atau produksi energi.
4. Jika terdapat struktur yang tidak dapat dipastikan, nyatakan tingkat ketidakpastian dan informasi tambahan yang dibutuhkan.

Label	Struktur yang diidentifikasi	Bukti visual atau observasi	Fungsi dan hubungan proses	Ketidakpastian atau sumber
A	_____	_____ _____	_____ _____	_____
B	_____	_____ _____	_____ _____	_____
C	_____	_____ _____	_____ _____	_____
D	_____	_____ _____	_____ _____	_____

LIVEWORKSHEETS

E	_____	_____ _____	_____ _____	_____
F	_____	_____ _____	_____ _____	_____
G	_____	_____ _____	_____ _____	_____
H	_____	_____ _____	_____ _____	_____

Kegiatan 2 — Analisis Osmosis dan Tonisitas

Skenario: Suatu sel tumbuhan atau sel hewan ditempatkan dalam larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang berbeda dari cairan sel. Gunakan konsep potensial air, tonisitas, membran selektif, dan tekanan turgor. Tabel berikut berisi prediksi, bukan hasil eksperimen.

Kondisi eksternal	Tonisitas relatif	Arah perpindahan air	Perubahan volume atau turgor	Alasan molekuler
Larutan lebih encer daripada cairan sel	_____	_____	_____	_____ _____
Larutan isotonic secara fungsional	_____	_____	_____	_____ _____
Larutan lebih pekat daripada cairan sel	_____	_____	_____	_____ _____

1. Bandingkan respons sel tumbuhan dan sel hewan pada kondisi hipotonik. Jelaskan peran dinding sel, vakuola, dan membran plasma.

Jawaban: _____

_____

LIVEWORKSHEETS

1. Jelaskan mengapa istilah tonisitas harus dikaitkan dengan zat terlarut yang efektif secara osmotik, bukan sekadar jumlah seluruh zat terlarut.

Jawaban: _____

_____

Kegiatan 3 — Analisis Tabel Data Simulasi

Catatan penting: Tabel berikut adalah **data simulasi untuk latihan analisis**, bukan hasil pengamatan nyata. Jangan menyebutnya sebagai hasil eksperimen. Gunakan kolom analisis untuk membedakan pola data, interpretasi, dan keterbatasan.

Kondisi larutan	Volume relatif awal	Volume relatif akhir simulasi	Status data
Hipotonik	100 satuan relatif	118 satuan relatif	Data simulasi
Isotonik	100 satuan relatif	101 satuan relatif	Data simulasi
Hipertonik	100 satuan relatif	84 satuan relatif	Data simulasi

Variabel yang dianalisis	Pola data	Interpretasi	Keterbatasan atau faktor pengganggu
Variabel bebas: _____	_____	_____	_____
Variabel terikat: _____	_____	_____	_____
Variabel kontrol: _____	_____	_____	_____
Hubungan tonisitas dan volume	_____	_____	_____

Pertanyaan Analitis dan Evaluatif

A. Identifikasi konsep

LIVEWORKSHEETS

1. Jelaskan hubungan antara sifat amfipatik fosfolipid dan terbentuknya bilayer membran. Mengapa struktur tersebut menghasilkan selektivitas terhadap molekul polar dan ion?

Jawaban: _____

_____

1. Jelaskan perbedaan peran protein integral dan protein perifer dalam organisasi serta fungsi membran. Berikan contoh fungsi yang tidak berkaitan langsung dengan perpindahan zat.

Jawaban: _____

_____

B. Pencocokan mekanisme

Pasangkan mekanisme pada kolom kiri dengan deskripsi yang paling tepat. Gunakan setiap pilihan sesuai kebutuhan dan berikan alasan singkat untuk dua pasangan pilihanmu.

Mekanisme	Jawaban	Deskripsi
1. Kanal ion	___	A. Menggunakan hidrolisis ATP untuk memindahkan ion melawan gradien
2. Carrier pasif	___	B. Membentuk jalur hidrofilik selektif bagi ion atau air
3. Pompa primer	___	C. Mengalami perubahan konformasi saat memindahkan solut menuruni gradien
4. Simport sekunder	___	D. Menggunakan gradien satu ion untuk mengangkut solut lain searah
5. Eksositosis	___	E. Menggabungkan vesikel dengan membran plasma dan melepaskan muatan

C. Analisis sebab-akibat dan argumentasi

1. Seorang mahasiswa menyatakan, “Semua protein membran yang memindahkan zat pasti melakukan transport aktif.” Evaluasi pernyataan tersebut dengan membandingkan kanal ion, carrier pada difusi terfasilitasi, pompa ATPase, dan satu contoh kotranspor.

Jawaban: _____

LIVEWORKSHEETS

_____

_____

1. Prediksikan perubahan pada sel hewan yang dimasukkan ke dalam larutan hipertonik. Jelaskan arah perpindahan air, perubahan volume, peran gradien osmotik, dan kemungkinan dampak terhadap fungsi sel.

Jawaban: _____

_____

_____

1. Jelaskan bagaimana komposisi bilayer, kolesterol, protein transport, dan karbohidrat membran secara bersama-sama menentukan selektivitas serta komunikasi sel. Sertakan sekurang-kurangnya satu contoh hubungan struktur-fungsi.

Jawaban: _____

_____

_____

1. Suatu data simulasi menunjukkan volume sel meningkat pada kondisi hipotonik dan menurun pada kondisi hipertonik. Susun argumen berbasis data yang menghubungkan pola tersebut dengan tonisitas, osmosis, dan respons sel tumbuhan atau sel hewan. Nyatakan keterbatasan kesimpulanmu.

Jawaban: _____

_____

_____

1. Bandingkan transport aktif primer dan sekunder. Jelaskan mengapa transport sekunder tetap bergantung pada energi meskipun carrier sekundernya tidak menghidrolisis ATP secara langsung.

Jawaban: _____

_____

Tugas Sintesis

Buatlah diagram alir atau peta konsep yang menunjukkan hubungan antara struktur membran, gradien konsentrasi atau elektrokimia, protein transport, sumber energi, mekanisme perpindahan, dan respons sel. Gunakan panah berlabel untuk menunjukkan

LIVEWORKSHEETS

hubungan sebab-akibat. Sertakan minimal dua contoh mekanisme transport dan satu konsekuensi fisiologis.

Ruang rancangan:

_____

_____

_____

_____

Penjelasan singkat peta konsep:

_____

_____

Kesimpulan

Susun kesimpulan berdasarkan analisis struktur sel, mekanisme transport, kasus tonisitas, dan data simulasi. Bedakan pernyataan yang didukung data dari penjelasan yang masih bersifat prediksi atau memerlukan verifikasi.

Aspek	Kesimpulan mahasiswa
Struktur ultraseluler dan fungsi	_____ _____ _____ _____
Selektivitas membran	_____ _____ _____ _____
Transport dan gradien elektrokimia	_____ _____ _____ _____
Osmosis dan tonisitas	_____

LIVEWORKSHEETS

	_____ _____
Keterbatasan bukti	_____ _____ _____ _____

Refleksi Mahasiswa

Jawablah berdasarkan proses analisis, kualitas bukti, dan penerapan konsep pada biologi atau kesehatan.

Pertanyaan reflektif	Jawaban
Konsep yang paling mengubah pemahaman saya adalah	_____ _____ _____ _____
Bukti atau pola data yang paling mendukung kesimpulan saya adalah	_____ _____ _____ _____
Asumsi atau keterbatasan analisis saya adalah	_____ _____ _____ _____
Penerapan konsep membran pada biologi atau kesehatan yang dapat saya jelaskan adalah	_____ _____ _____ _____

Referensi yang Digunakan

LIVEWORKSHEETS

Tuliskan sekurang-kurangnya tiga sumber akademik yang digunakan. Gunakan format sitasi yang konsisten.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Rubrik Penilaian

Kriteria	4	3	2	1
Ketepatan konsep dan istilah	Akurat, lengkap, dan konsisten	Umumnya akurat dengan kekeliruan kecil	Ada beberapa miskonsepsi	Banyak konsep tidak tepat
Kedalaman analisis	Menghubungkan struktur, mekanisme, dan konsekuensi secara mendalam	Hubungan utama dijelaskan dengan cukup baik	Analisis masih deskriptif atau terputus	Belum menunjukkan analisis
Penggunaan bukti atau data	Membedakan data, prediksi, interpretasi, dan keterbatasan dengan jelas	Menggunakan bukti dengan sebagian besar tepat	Bukti digunakan terbatas atau kurang dibedakan	Tidak menggunakan bukti secara relevan
Kualitas argumentasi	Klaim, alasan, bukti, dan sanggahan tersusun kuat	Argumen logis tetapi belum lengkap	Argumen masih berupa pendapat umum	Argumen tidak didukung alasan
Kerapian penyajian	Sistematis, terbaca, dan mengikuti instruksi	Cukup sistematis dengan sedikit kekurangan	Beberapa bagian sulit ditelusuri	Tidak sistematis atau banyak bagian kosong
Kontribusi kerja kelompok	Aktif, adil, terdokumentas	Berpartisipasi secara	Kontribusi terbatas	Tidak menunjukkan

LIVEWORKSHEETS