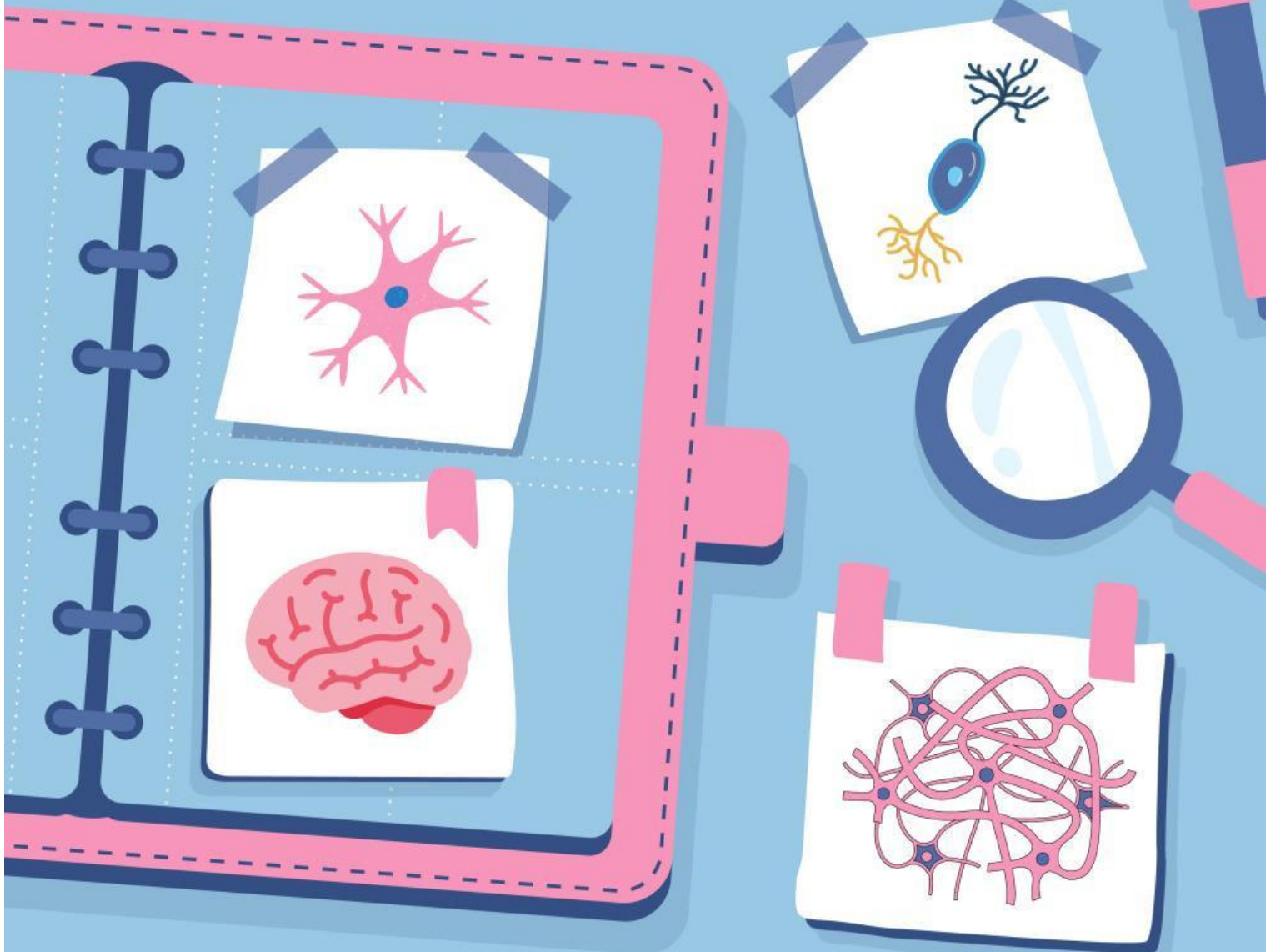


E-LKPD

Perkembangan Sistem Saraf (Neurulasi)

Nama :

Kelas :



Identitas dan petunjuk belajar



1. Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu Mengaitkan hubungan antara struktur dan fungsi organel di dalam sel; menerapkan prinsip-prinsip bioproses yang terjadi di dalam sel; menganalisis keterkaitan antar sistem organ dalam tubuh untuk merespons stimulus internal dan eksternal; menerapkan prinsip pewarisan sifat; mengaitkan mekanisme evolusi dengan proses terjadi keanekaragaman dan kelangsungan hidup organisme; menerapkan prinsip pertumbuhan dan perkembangan; serta menganalisis proses bioteknologi modern.

2. Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat mengidentifikasi proses neurulasi sebagai tahap awal pembentukan sistem saraf pada embrio vertebrata.
2. Peserta didik dapat menganalisis mekanisme pembentukan tabung saraf (neural tube) dari lempeng saraf (neural plate) melalui pengamatan gambar/vidio dan literatur.
3. Peserta didik dapat menjelaskan asal, perpindahan (migrasi) dan derivat (turunan) krista neuralis (neural crest) dalam pembentukan berbagai organ.
4. Peserta didik dapat mengaitkan proses regionalisasi tabung saraf menjadi vesikel otak primer dan sekunder serta derivatnya
5. Peserta didik dapat mengaitkan kegagalan proses neurulasi dengan kelainan kongenital pada sistem saraf .

3. Petunjuk Penggunaan E-LKPD

1. Bacalah setiap tahapan kegiatan pada E-LKPD ini secara berurutan, mulai dari tahap 1-6
2. Kerjakan setiap aktivitas secara mandiri terlebih dahulu, kemudian diskusikan hasilnya bersama kelompok.
3. Gunakan sumber belajar tambahan (buku paket, video pembelajaran , dan tautan yang disediakan oleh guru) untuk memperkuat pemahaman.
4. Tuliskan jawaban pada kolom/tabel yang telah disediakan dengan bahasa yang jelas dan sistematis.
5. Bertanyalah kepada guru apabila terdapat instruksi atau konsep yang belum dipahami.

• Tahap 1 (Reading)



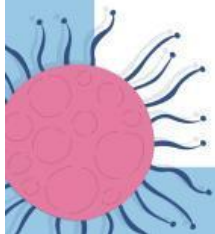
Bacalah wacana berikut dengan seksama untuk membangun pemahaman awal mengenai konsep neurulasi.

Wacana : Awal mula terbentuknya sistem saraf

Organogenesis adalah tahap perkembangan embrio ketika organ-organ tubuh mulai terbentuk sehingga embrio yang semula sederhana menjadi lebih lengkap dan spesifik. Proses ini berlangsung bersamaan dengan embriogenesis dan terjadi setelah tahap neurulasi (Husna et al., 2020).

Tahap neurula dimulai dari penebalan pada pada lapisan ektoderm membentuk sebuah kepingan neural. Saat embrio masuk pada tahap neurulasi, pada sisi dorsal embrio terjadi penebalan saraf ektoderm. Penebalan tersebut berbentuk keping yang disebut keping neurula (Kasmeri & Safitri. 2014). Selanjutnya adalah pembentukan tabung saraf yang kemudian akan menjadi otak dan sumsum tulang belakang. Tahap ini melalui proses yang disebut NTC primer yang dimulai dari sel epitel yang melapisi mesoderm. Dan untuk membentuk tabung saraf tertutup dilakukan oleh NNE atau ektoderm permukaan (Engelhardt, dkk. 2022).

Neurulasi terbagi menjadi 2 yaitu neurulasi primer dan sekunder. Neurulasi primer adalah dimana tabung saraf dibentuk oleh fleksi atau invaginasi lapisan saraf ektodermal notochord. Sedangkan neurulasi sekunder terjadi selama pembentukan tabung saraf yang signifikan tanpa lipatan ektoderm saraf tetapi pemisahan ektoderm saraf dari ektoderm epidermal kemudian membentuk tabung saraf (Susetyarini & Nurrohman. 2023). Pada tahap embrio otak tengah mempunyai ukuran yang sebanding dengan bagian otak yang lain seperti otak depan dan belakang. Lalu otak tengah mulai tergeser. Lalu saat akan lahir, otak sudah didominasi cerebrum.



Aktivitas 1.1 (Memahami istilah kunci)

Berdasarkan wacana di atas, tuliskan pemahamanmu mengenai istilah-istilah berikut dengan bahasamu sendiri

Istilah	Pemahaman Awal Peserta Didik
Neural plate (lempeng saraf)	
Neural tube (Tabung saraf)	
Neurulasi primer	
Neurulasi sekunder	

Tahap 2 (Mengidentifikasi Masalah)

Amati video atau gambar proses neurulasi , kemudian rumuskan masalah yang diselidiki.

Aktivitas 2.1 Pengamatan gambar/ Video Tahapan neurulasi

Amatilah video tahapan neurulasi yang ditampilkan oleh guru (penampang melintang embrio yang menunjukkan tahap lempeng saraf, lipatan saraf, dan tabung saraf.) Tuliskan ciri-ciri yang teramati pada setiap tahap.

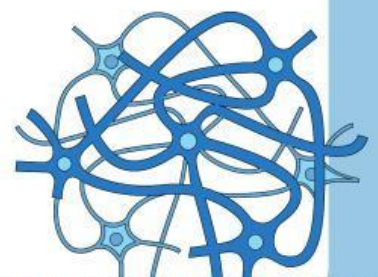


Tahapan	Ciri-ciri yang teramati
Tahap lempeng saraf (neural plate)	
Tahap lipatan saraf dan alur saraf	
Tahap tabung saraf (neural tube) terbentuk	

Aktivitas 2.2 (kasus untuk dirumuskan masalahnya)

Kasus : Bayi dengan kelainan tabung saraf

Seorang bayi lahir dengan kondisi tulang belakang yang tidak menutup sempurna sehingga sebagian sumsum tulang belakang dan selaputnya menonjol keluar (kondisi yang dikenal sebagai spina bifida). Pada kasus lain, ditemukan bayi yang lahir tanpa sebagian besar jaringan otak dan tulang tengkorak (kondisi anensefali). Kedua kondisi ini dikenal sebagai neural tube defect (NTD) atau cacat tabung saraf, yang diduga berkaitan dengan kekurangan asupan asam folat pada ibu di awal masa kehamilan





Berdasarkan hasil pengamatan (aktivitas 2.1) dan kasus (aktivitas 2.2) ,
rumuskan minimal 3 pertanyaan/masalah yang ingin kalian selidiki lebih lanjut
!



1	
2	
3	

Tahap 3 (Merencanakan penyelidikan)

Kegiatan : Rancanglah langkah-langkah
penyelidikan/penelusuran informasi untuk menjawab rumusan
masalah pada tahap 2, dengan memanfaatkan berbagai sumber
belajar (buku, animasi 3D perkembangan embrio , Jurnal , dsb)

Aktivitas 3.1 (Menyusun Rencana Penyelidikan)

Komponn Rencana	Uraian Rencana Kelompok
Sumber informasi yang akan digunakan	
Konsep kunci yang akan dipelajari (tabung saraf , krista neuralis, vesikel otak)	
Pembagian tugas	
Bentuk hasil penyelidikan (tabel skema , peta konsep , dsb)	

Aktivitas 3.2 (Hipotesis sementara)

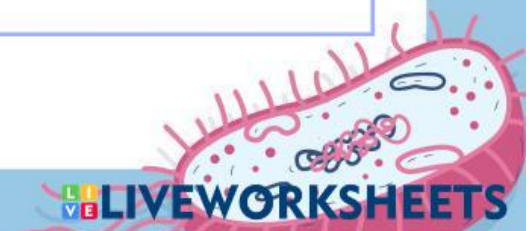
Tuliskan jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang telah kalian buat pada tahap 2, berdasarkan pengetahuan awal kalian

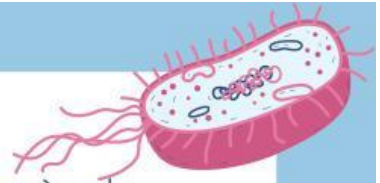
Tahap 4 (Menyelesaikan masalah / penyelidikan)

Kegiatan : Lakukan penyelidikan/penelusuran informasi sesuai rencana pada tahap 3, lalu lengkapi tabel dan skema analisis berikut untuk menjawab rumusan masalah

Aktivitas 4.1 (Analisis Tahapan Pembentukan Tabung Saraf)

No	Tahapan/Struktur	Deskripsi Proses dan Perubahan Bentuk
1	Netokorda menginduksi ektoderm dorsal	
2	Pembentukan lempeng saraf (neural plate)	
3	Pembentukan lipatan saraf dan alur saraf	
4	Fusi lipatan saraf menjadi tabung saraf	
5	Penutupan neuropori anterior dan posterior	





Aktivitas 4.2 (Analisis Krista Neuralis (Neural Crest)

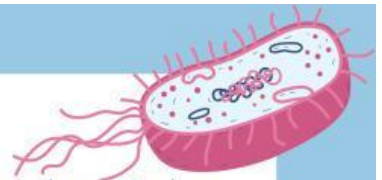
Lengkapi tabel berikut mengenai asal dari derivat (turunan) sel krista neuralis.

Aspek	Hasil Analisis
Asal pembentukan sel krista neuralis	
Pola migrasi sel krista neuralis dalam tubuh embrio	
Derivat pada sistem saraf tepi (contoh : ganglion, sel schwann)	
Derivat diluar sistem saraf (contoh : melanosit medula adrenal, tulang wajah)	

Aktivitas 4.3 (Analisis Regionalisasi Vesikel Otak)

Lengkapi skema/tabel hubungan antara vesikel otak primer, vesikel otak sekunder dan struktur otak dewasa yang dihasilkan

Vesikel Otak Primer	Vesikel Otak Sekunder	Struktur Otak Dewasa	Derivat Rongga (Ventrikel)
Prosensefalon (otak depan)	Telensefalon		
	Diensefalon		
Mesensefalon (otak tengah)	Mesensefalon (tetap)		
Rombensefalon (otak belakang)	Metensefalon		
	Melensefalon		



Tahap 5 (Meninjau Ulang Penyelesaian Masalah)

Kegiatan : Tinjau kembali hipotesis yang kalian buat pada tahap 3 dan bandingkan dengan hasil penyelidikan pada tahap 4.

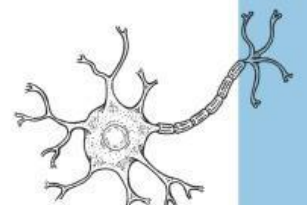
Aktivitas 5.1 (Membandingkan Hipotesis dengan Hasil Penyelidikan)

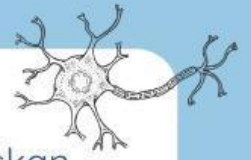
Hipotesis Awal (Tahap 3)	Hasil penyelidikan & Kesimpulan

Aktivitas 5.2 (Menjawab Rumusan Masalah Awal)

Jawablah kembali rumusan masalah yang telah kalian susun pada tahap 2 dengan menggunakan hasil penyelidikan pada tahap 4.

1	
2	
3	





Aktivitas 5.3 (Refleksi Kasus Kelainan Tabung Saraf)

Kaitkan hasil penyelidikan dengan kasus pada aktivitas 2.2 . Jelaskan (a) Pada tahap manakah dari proses neurulasi yang mengalami gangguan pada kasus anensefali dan spina bifida, (b) Mengapa kekurangan asam folat dapat dikaitkan dengan gangguan tersebut.

Tahap 6 (Memperluas Pemahaman)

Kegiatan : Kembangkan dan terapkan pemahaman yang telah diperoleh pada konteks atau permasalahan baru.

Aktivitas 6.1 (Peta konsep Neurulasi)

Buatlah peta konsep (dapat berupa skema/diagram) yang menghubungkan konsep-konsep berikut secara runtut dan logis: ektoderm-notokorda-lempeng saraf-lipatan saraf-tabung saraf-krista neuralis-vesikel otak primer-vesikel otak sekunder-struktur otak dewasa. Gambarkan/tempelkan peta konsep pada kolom dibawah ini (dapat berupa hasil gambar tangan yang difoto atau dibuat menggunakan aplikasi penyusun diagram)

Penilaian Diri (Refleksi)

Berilah tanda centang pada kolom yang sesuai dengan kondisi pemahamanmu setelah mengikuti pembelajaran ini !

Indikator Pemahaman	Sudah paham	Cukup paham	Belum paham
Saya dapat menjelaskan proses pembentukan lempeng saraf hingga menjadi tabung saraf			
Saya dapat menjelaskan asal, migrasi, dan derivat sel kista neuralis			
Saya dapat menjelaskan regionalisasi tabung saraf menjadi vesikel otak primer dan sekunder beserta derivatnya.			
Saya dapat mengaitkan kegagalan neurulasi dengan kelainan kongenital sistem saraf.			

