

**MAKALAH EMBRIOLOGI**  
**“PEMBENTUKAN SISTEM SARAF DALAM EMBRIOGENESIS”**



**DISUSUN OLEH :**

|                                        |                   |
|----------------------------------------|-------------------|
| <b>EVA NOVITA</b>                      | <b>2110101120</b> |
| <b>SALSA ALIMA AZZAHRA DEWATI KAIS</b> | <b>2110101114</b> |
| <b>ADINDA HELMINIYA PUTRI</b>          | <b>2110101121</b> |
| <b>RAHMI MAISARAH</b>                  | <b>2110101109</b> |
| <b>SANI ULFA WIDYANA</b>               | <b>2110101117</b> |
| <b>MUFIDAH</b>                         | <b>2110101113</b> |
| <b>NOVIA INDRI</b>                     | <b>2110101122</b> |

**S1 KEBIDANAN FAKULTAS ILMU KESEHATAN**

**UNIVERSITAS AISYIAH YOGYAKARTA**

**2021/2022**

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala, karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan makalah mata kuliah Embriologi dengan judul pembentukan sistem syaraf dalam embryogenesis.

Kami berharap dengan terselesaikannya makalah ini, selain dapat memenuhi tugas juga dapat meningkatkan wawasan kami berkaitan dengan mata kuliah Embriologi. Kami juga berharap agar nantinya pembaca dapat memperoleh manfaat dari makalah Demikian yang dapat kami sampaikan, semoga makalah ini nantinya bisa bermanfaat. Kami mengharapkan kritik dan saran dalam rangka meningkatkan kualitas makalah ini agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Terima kasih.

## DAFTAR ISI

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <b>BAB I</b> .....                            | 4  |
| <b>PENDAHULUAN</b> .....                      | 4  |
| 1.1 LATAR BELAKANG .....                      | 4  |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH .....                     | 4  |
| 1.3 TUJUAN .....                              | 5  |
| <b>BAB II</b> .....                           | 6  |
| PEMBAHASAN .....                              | 6  |
| A. PERTUMBUHAN SISTEM SYARAF EMBRIOLOGI ..... | 6  |
| B. PERKEMBANGAN SYARAF.....                   | 6  |
| <b>BAB III</b> .....                          | 9  |
| PENUTUP .....                                 | 9  |
| KESIMPULAN .....                              | 9  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                   | 10 |
| <b>BAB I</b>                                  |    |

# PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

### Pengertian Sistem Syaraf

Sistem saraf adalah suatu jaringan saraf yang kompleks, sangat khusus dan saling berhubungan satu dengan yang lain. Sistem saraf mengkoordinasi, menafsirkan dan mengontrol interaksi antara individu dengan lingkungan lainnya. Sistem tubuh yang penting ini juga mengatur kebanyakan aktivitas system-system tubuh lainnya, karena pengaturan saraf tersebut maka terjalin komunikasi antara berbagai system tubuh hingga menyebabkan tubuh berfungsi sebagai unit yang harmonis.

Dalam system inilah berasal segala fenomena kesadaran, pikiran, ingatan, bahasa, sensasi dan gerakan. Jadi kemampuan untuk dapat memahami, belajar dan memberi respon terhadap suatu rangsangan merupakan hasil kerja integrasi dari system saraf yang puncaknya dalam bentuk kepribadian dan tingkah laku individu. Jaringan saraf terdiri Neuroglia dan Sel schwan (sel-sel penyokong) serta Neuron (sel-sel saraf). Kedua jenis sel tersebut demikian erat berkaitan dan terintegrasi satu sama lainnya sehingga bersama-sama berfungsi sebagai satu unit.

System saraf berkembang dari jaringan embriyonik yang disebut ectoderm. Tanda pertama dari terjadinya perkembangan system saraf adalah terbentuknya neural plate yang mulai dapat dilihat pada usia 16 hari perkembangan. Beberapa hari selanjutnya terbentuklah parit/cekungan pada neural plate sehingga terbentuklah neural groove.

Di dalam rahim, sistem saraf lebih dulu terbentuk daripada organ-organ tubuh lainnya. Embrio berasal dari sel zigot yang merupakan hasil fertilisasi (pembuahan) sel ovum dan sel spermatozoa. Zigot hasil pembelahan mula-mula menebal dan mengalami pembelahan mitosis menjadi dua sel. Kemudian dua sel tersebut membelah, hingga menghasilkan empat sel baru yang disebut blastomer.

Blastomer mengalami serangkaian pembelahan mitosis, hingga terjadi penambahan sel dengan cepat. Kumpulan sel embrionik hasil pembelahan zigot mempunyai bentuk seperti buah arbei dan disebut morula. Pada tahap akhir dari fase morula, sel-sel membelah dan membentuk cekungan pada bagian tengahnya. Cekungan yang disebut blastosul tersebut berisi cairan. Pada tahap ini terbentuk blastula pada embrio.

Blastula terus mengalami perkembangan, sedangkan sel-sel morula terus mengalami pembelahan. Setelah tahap blastulasi selesai, embrio mulai berubah bentuk. Sel-sel pada salah satu sisinya bermigrasi ke arah depan sisi lain, sehingga ruang blastosul mengempis. Tahap ini disebut gastrula.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

1. Bagaimana pertumbuhan sistem syaraf pada embriologi
2. Bagaimana perkembangan sel syaraf

## **1.3 TUJUAN**

1. Untuk meningkatkan pengetahuan pada pertumbuhan sistem syaraf pada embriologi
2. Untuk meningkatkan pengetahuan pada perkembangan sel syaraf

## **BAB II**

### **PEMBAHASAN**

#### **A.PERTUMBUHAN SISTEM SYARAF EMBRIOLOGI**

Sel-sel pada jaringan embrional terus mengalami pertumbuhan dan diferensiasi menjadi jaringan baru. Tahap ini disebut tahap morfogenesis. Pada tahap ini ditandai juga dengan terjadinya migrasi sel-sel gastrula dan terbentuknya sel-sel baru yang diikuti pergerakan sel-sel jaringan yang sudah ada. Diferensiasi jaringan embrional membentuk tiga jaringan baru, yaitu jaringan ektoderm, jaringan mesoderm dan jaringan endoderm. Jaringan ektoderm berdiferensiasi menjadi susunan saraf pusat dan saraf tepi. Jaringan mesoderm berdiferensiasi menjadi jaringan ikat, rawan dan tulang. Jaringan endoderm berdiferensiasi menjadi jaringan epitel yang membatasi saluran pencernaan dan saluran pernafasan.

Mesoderm korda/aksial (mesoderm daerah sumbu) akan menjadi kolumna vertebralis. Kolumna vertebralis dibentuk oleh sklerotom (sekelompok sel somit yang terdapat pada bagian ventromedial/bagian tengah tampak depan). Pada hari ke-17, sel-sel yang terletak pada medial jaringan mesoderm akan menebal untuk membentuk mesoderm paraksial, sedangkan yang terletak pada lateral tidak akan mengalami perubahan dan disebut lempeng lateral.

Di antara mesoderm paraksial dan lempeng lateral terdapat mesoderm intermedial. Adanya penebalan, akan membentuk rongga dan pemecahan lempeng lateral menjadi mesoderm somatik (mesoderm yang membungkus amnion (air ketuban)) dan mesoderm splanknik yang membungkus vesikel umbilikal (kantong kuning telur/yolk sac). Pertemuan antara mesoderm somatik dan mesoderm splanknik akan membentuk rongga selom intraembrional (rongga badan tahap awal).

Kantong kuning telur merupakan kantung bermembran yang dibentuk oleh sel-sel dari hipoblas (lapisan endoderm pada embrio) dan melekat pada embrio. Kantong kuning telur menyuplai darah untuk masa awal embrio. Mesoderm lateral ventral (hipomer) akan membentuk sistem sirkulasi, permukaan rongga tubuh dan komponen anggota tubuh atau anggota gerak.

Pada minggu ketiga, mesoderm paraksial akan terpisah menjadi balok-balok berbentuk segitiga yang disebut somit. Somit akan tersusun membentuk somitomer secara sefalokaudal (dari arah kepala ke kaki). Somitomer akan membentuk jaringan mesenkim pada kepala. Pada awal minggu keempat, sel pada dinding ventral somit akan menjadi sklerotom dan dermatom, sedangkan sel pada dinding dorsal somit akan membentuk lapisan sel baru, yaitu miotom.

Sklerotom menjadi komponen untuk tulang rawan (kartilago) dan tulang keras (osteon), dermatom menjadi komponen pembentuk jaringan subkutis kulit/ otak dari kulit yang disebut lapisan dermis (lapisan tengah kulit yang mengandung serat kolagen, serat elastis, asam hialuronik, pembuluh darah, pembuluh limfa, folikel rambut, saraf, kelenjar dan lain-lain), sedangkan miotom menjadi komponen pembentuk otot. Pada akhir minggu kelima, satu somit oksipital (somit bagian belakang) pertama dan 5-7 somit koksigeal (somit bagian ekor) akan menghilang. Lempeng lateral akan membentuk kelompok sel bersegmen (berangkai/bergolongan), yaitu nefrotom (bakal ginjal) pada daerah servikal (leher) dan korda nefrogenik pada daerah lebih kaudal (dekat kaki).

Nefrotom kelak tidak berfungsi, sedangkan korda nefrogenik akan membentuk tubulus ekskresi pada sistem ginjal dan rigi-rigi urogenital (organ dalam sistem kemih dan reproduksi) atau urogenital bergerigi pada dinding dorsal (belakang) rongga selom (rongga tubuh yang mengandung saluran pencernaan dan lain-lain). Sementara mesoderm somatik dan jaringan ektoderm yang berada di atasnya akan membentuk dinding lateral dan ventral tubuh, sedangkan mesoderm splanknik akan membentuk dinding usus, sel darah primitif (sel darah awal) dan jaringan endotel. Jaringan endotel terletak pada pembuluh darah, pembuluh limfa dan jantung dinding bagian dalam.

Sel-sel yang menghadap ke rongga selom akan membentuk selaput mesotel (selaput serosa) yang melapisi rongga perut, rongga pleura (lapisan tipis/membran serosa yang halus yang menutupi/membentuk kantong berisi paru-paru dan dinding bagian dalam rongga dada) dan kantung jantung. Untuk jaringan endoderm bagian anterior akan membentuk usus depan, sedangkan bagian kaudal akan membentuk usus belakang. Pada ujung kepala, usus depan dibatasi oleh membran bukokfaringeal (divisi viscera (jeroan) yang terletak pada bagian posterior/belakang faring/tenggorokan), sedangkan usus belakang akan dibatasi oleh membran kloaka (membran muara tiga saluran, yaitu rektum, ureter dan alat kelamin/duktus genitalis).

Di antara usus belakang dan usus depan terdapat usus tengah yang berhubungan dengan kantung kuning telur melalui duktus vitellinus atau saluran omphalomesenteric (tabung berukuran sempit dan panjang yang bergabung dengan kantung kuning telur dan lumen midgut). Lumen midgut adalah pembukaan pada bagian usus embrio. Ketika embrio membungkuk di sekitar arteri mesenterika superior terdapat midgut loop. Midgut loop terdiri dari bagian kanal pencernaan pada ujung depan (foregut) dan pada pembukaan saluran empedu, sampai ujung belakang (hindgut).

Ketika terjadi pelipatan secara lateral, duktus vitellinus akan menyempit dan memanjang, sehingga kedudukan usus tengah menjadi bebas dari dalam rongga perut. Selain itu, akan terdapat pencakupan tangkai penghubung yang disebut membran alantois. Membran alantois berfungsi untuk menghilangkan limbah dari sisa metabolisme embrio karena adanya jaringan pembuluh darah. Pada akhir minggu kelima tangkai kuning telur dan tangkai penghubung akan bersatu membentuk tali pusar. Perkembangan selanjutnya, jaringan endoderm dan mesoderm splanknik akan bersatu untuk membentuk jaringan epitel yang melapisi usus primitif (usus awal). Selain itu, jaringan endoderm akan membentuk jaringan epitel untuk melapisi saluran pernafasan, parenkim tiroid, kelenjar paratiroid, hati, pankreas, stroma retikuler tonsil dan kelenjar timus, kandung kemih dan uretra, serta kavum timpani dan tuba Eustachii.

Selanjutnya, embrio memasuki tahap neurulasi (pembentukan tabung saraf yang merupakan bakal sistem saraf pusat dan saraf tepi). Neurulasi disebut juga neural ektoderm karena berasal dari diferensiasi jaringan ektoderm. Embrio yang sedang mengalami proses neurulasi disebut neurula. Proses neurulasi diawali dengan terbentuknya bakal notochord yang berperan sebagai induktor. Notochord akan menginduksi jaringan ektoderm neural yang terletak di atasnya.

Tanpa adanya induksi neural (proses stimulasi pada saraf), tahap-tahap induksi tidak akan berlanjut, hingga ke tahap organogenesis (proses pembentukan organ tubuh). Sebagian besar proses induksi bersifat instruktif (bersifat mengintruksi), sebagian lagi bersifat permisif (bersifat terbuka/mengizinkan). Perubahan sel-sel mengakibatkan perpanjangan pada mikrotubul (komponen sitoskeleton). Berlawanan dengan garis primitif/streak (awal dari kolumna vertebralis/awal rangkaian tulang belakang) pada embrio yang berkembang selama 14 hari setelah

pembuahan, jaringan ektoderm akan menebal dan merata, hingga terbentuklah lempeng saraf (neural plate/keping neural). Neural plate berfungsi sebagai dasar sistem saraf.

Lambat-laun, sel-sel keping neural pada neural plate menjadi sedikit dan terangkat dari jaringan ektoderm. Sel-sel keping neural akan mensintesis RNA baru untuk berdiferensiasi menjadi bakal sistem saraf pusat dan saraf tepi. Bagian tepi neural plate kian menebal dan tumbuh ke atas membentuk neural fold (lipatan saraf/lipatan neural). Selanjutnya, terjadi fusi (penggabungan nukleus) neural fold, hingga membentuk neural groove (bubungan neural).

Tahap neurulasi terbagi tiga, yaitu :

- a. Neurulasi Primer adalah bubungan neural yang dibentuk dengan cara melipat keping neural agar bertemu dengan lipatan neural lain. Neurulasi jenis ini terjadi pada amfibi, aves, reptil dan mamalia termasuk manusia.
- b. Neurulasi Sekunder adalah bubungan neural atau salurannya yang dibentuk karena adanya kavitas (pembentukan rongga) dalam kelompok sel saraf ektoderm yang memadat. Neurulasi jenis ini biasa terjadi pada ekor ikan.
- c. Pembentukan bubungan neural karena adanya pemisahan/peninggian jaringan epidermis yang membatasi keping neural. Neurulasi jenis ini terjadi pada amphioxus.

Bersamaan dengan terbentuknya bubungan neural (neural groove), sel-sel turunan dari jaringan ektoderm akan mengalami perubahan menjadi neural crest (jambul neural) atau tumbuh ke arah lateral. Neural crest bersifat neurogenik (kerusakan pada saraf pemasok). Jaringan penyokong kepala, seperti jaringan tulang rawan dan jaringan ikat berasal dari neural crest. Neural crest akan berkembang menjadi ganglion (simpul saraf) dan pigmen kulit pada manusia.

Tetapi, pada bagian kepala manusia, neural crest juga menjadi cikal bakal terbentuknya jaringan mesenkim (jaringan embrional yang terbentuk pada masa awal pembentukan embrio) yang akan berdiferensiasi menjadi jaringan ikat, osteoblas (sel pembentuk tulang yang juga bertanggung jawab pada perkembangan tulang), sel-sel tulang rawan, odontoblas (sel pembentuk lapisan dentin pada gigi), organ ginjal dan lain-lain. Bentuk menonjol pada wajah dibentuk dari proliferasi sel pada neural crest yang bermigrasi menuju lengkung neural crest pada minggu keempat saat masa kehamilan. Sel-sel punca pada neural crest bersifat pluripoten.

Neural crest terbagi empat berdasarkan asalnya, yaitu :

- Neural crest badan

Pada bagian ini, sel-sel mengalami dispersi (penguraian) dengan cepat setelah neural tube tertutup. Sel-sel neural crest bermigrasi ke jalur dorso-lateral (bagian punggung samping) pada jaringan ektoderm untuk membentuk melanosit (pigmen melanin). Setelah itu, sel-sel neural crest bermigrasi ke arah ventro-lateral (bagian perut samping) dengan melewati sklerotom. Sel-sel neural crest yang menetap di dalam sklerotom akan membentuk radik ganglia dorsal (akar dari simpul saraf punggung) yang berisi neuron sensori. Sel-sel neural crest yang terus berjalan akan menuju arah ventral untuk membentuk ganglia simpatik, medulla adrenal dan kelompok saraf yang mengelilingi aorta.



- Neural crest vaga (leher) dan neural crest sakral (tulang yang dibentuk dari penggabungan lima tulang punggung yang terletak pada bagian dasar/bawah)

Pada bagian ini sel-sel neural crest akan menjadi ganglia parasimpatis di perut. Neural crest vaga terletak dekat somit pertama dan ketujuh, sedangkan neural crest sakral terletak di sebelah posterior dari somit ke-28. Jika terjadi kegagalan migrasi sel-sel neural crest pada bagian ini untuk menuju kolon, akan mengakibatkan ketiadaan pertumbuhan ganglion parasimpatis, sehingga meniadakan gerakan peristaltik dalam usus besar.

- Neural crest kardiaka

Bagian ini terletak di antara neural crest badan dan neural crest kranial. Sel-sel neural crest pada bagian ini akan berkembang menjadi melanosit, neuron-neuron, kartilago dan jaringan ikat.

- Neural crest kranial

Sel-sel neural crest pada bagian ini akan bermigrasi ke arah dorso-lateral (belakang samping) untuk membentuk jaringan mesenkim kraniofasial (bagian tulang kepala dan tulang wajah) yang akan berdiferensiasi menjadi kartilago, osteon, sel saraf kranial (saraf yang mencuat dari otak), glia dan jaringan ikat muka. Selain itu, sel-sel neural crest pada bagian ini akan masuk ke kantung faring untuk memunculkan sel-sel timus, odontoblas primordial (awal pembentukan lapisan pada perifer pulpa gigi/tepi dari struktur gigi terdalam di bawah lapisan dentin), tulang telinga tengah dan tulang rahang.

Penebalan sel-sel epitel yang berasal jaringan ektoderm pada kepala embrio, sehingga membentuk neuron dan struktur sistem saraf sensorik disebut neurogenic placode. Placode adalah struktur embrio yang akan membentuk folikel rambut, bulu dan gigi. Sel-sel pada neural crest dan neural groove akan membentuk nervi spinalis (sistem saraf spinal) yang berasal dari sumsum tulang belakang. Sistem saraf spinal berjumlah 31 saraf spinal. Sistem saraf spinal berfungsi mempersarafi bagian-bagian tubuh tertentu. Seiring perkembangan embrio, neural groove semakin tenggelam dari permukaan embrio, sedangkan neural fold saling mendekat sepanjang garis tengah dorsal. Lambat-laun, neural fold menutup neural groove dan terbentuklah neural tube (tabung saraf) yang tertutup.

Bagian tengah neural tube disebut neurentic canal (kanal saraf). Pada tahap awal, rongga di dalam neural tube masih berhubungan dengan rongga enteron (perut) atau rongga gastrovaskuler (tempat untuk pencernaan dan peredaran makanan ke seluruh tubuh) melalui neurenteric canal. Neurentic canal akan hilang ketika rongga enteron membentuk lubang baru yang menghubungkannya dengan dunia luar, yaitu rektum/anus.

Neural tube mengalami perubahan drastis, hingga menghasilkan tiga vesikula utama (gelembung-gelembung otak primer/diencephalon) pada bagian rostral (bagian kepala), yaitu otak depan (forebrain/prosencephalon), otak tengah (midbrain/mesencephalon) dan otak belakang (hindbrain/rombencephalon). Tahap ini disebut tahap prosensafalic. Pembukaan ujung anterior dan posterior neural tube berkembang dan membentuk neuropore. Neuropore terbagi dua jenis, yaitu :

- Anterior Neuropore/Rostral Neuropore adalah daerah pembukaan neural tube pada bagian anterior dari prosencephalon yang sedang berkembang. Anterior neuropore terus berkembang dan

akan membentuk bagian-bagian otak. Anterior neuropore akan tertutup sekitar 25-26 hari dari perkembangan embrio.

- Posterior Neuropore/Caudal Neuropore adalah pembukaan sementara pada ujung kaudal (belakang) yang ekstrem dari tabung saraf pada masa embrio awal. Posterior neuropore akan membentuk fleksura (lipatan) yang akan menjadi batas antara bagian-bagian otak. Posterior neuropore akan tertutup pada akhir minggu keempat dari perkembangan embrio.

Neural tube akan mengalami organogenesis (proses pembentukan organ tubuh) menjadi bagianbagian berikut :

a. Otak dan sumsum tulang belakang.

b. Saraf tepi otak dan tulang belakang.

c. Bagian persarafan indera mata, hidung dan kulit.

d. Chromatophore (sel yang mengandung pigmen dan cahaya) pada kulit. Chromatophore disebut juga melanosit (sel yang memproduksi melanin/pigmen gelap yang mewarnai rambut dan kulit).

Bagian anterior dari neural tube akan mengalami perkembangan lebih cepat dari pada bagian posterior dari neural tube. Bagian anterior dari neural tube akan menjadi otak, sedangkan bagian posterior yang panjang dan menyempit akan menjadi korda spinalis/medulla spinalis (sumsum tulang belakang). Dengan kata lain, neural tube akan berdiferensiasi menjadi sistem saraf pusat. Neural tube yang telah berdiferensiasi atau tertutup terdiri dari neuroepitel. Neuroepitel akan membelah dan menghasilkan banyak sel neuroepitel. Sekelompok sel neuroepitel akan membentuk lapisan neuroepitelium. Sel-sel neuroepitel akan menjadi sel-sel saraf primitif (neuroblas) dan spongioblas (primordial supporting cells/glioblas). Spongioblas terbentuk setelah neuroblas selesai terbentuk.

Neuroblas berdiferensiasi menjadi neuron setelah fase migrasi dan akan membentuk lapisan mantel, sedangkan spongioblas berdiferensiasi menjadi astroblas dan oligodendroblas. Astroblas kelak akan menjadi astrosit, sedangkan oligodendroblas akan menjadi oligodendrosit. Setelah sel-sel neuroepitel selesai membentuk neuroblas dan spongioblas, sel-sel neuroepitel akan berdiferensiasi menjadi sel endim dan membentuk endima (ependimaepithelium) yang melapisi kanal tengah sumsum tulang belakang (central canal spinal cord).

Lapisan mantel akan membentuk substansi grisea pada medulla spinalis. Terjadinya proses mielinisasi (proses pelapisan lemak pada ujung saraf untuk mempercepat transmisi impuls saraf) menyebabkan terbentuknya substansi alba pada medulla spinalis. Bertambahnya jumlah neuroblas pada lapisan mantel menyebabkan penebalan pada bagian ventral dan dorsal. Setiap benang saraf terdiri dari serabut saraf yang tersusun dari sel-sel saraf. Nervus central (saraf pusat) berasal dari neuroblas yang merupakan sel-sel lapisan terdalam dari neural tube. Nervus peripherium (saraf tepi) berasal dari neural crest dan beberapa placode.

## **B. PERKEMBANGAN SEL SYARAF**

Tahap Perkembangan syaraf pada otak. Perkembangan otak terdiri dari 6 tahap, yaitu :

### **A. Proliferasi (Penambahan Sel Saraf)**

Proliferasi adalah siklus sel yang berlangsung secara berkesinambungan (kontinu) dan berulang (siklik) untuk penambahan sel saraf. Keberhasilan tahap proliferasi membutuhkan transisi unidireksional (peralihan arah pancaran ke satu arah) yang teratur pada setiap tahap siklus sel. Proliferasi berlangsung pada usia kehamilan selama 4-24 minggu. Tahap proliferasi akan berhenti/selesai ketika bayi dilahirkan.

Proliferasi sel dilakukan dengan pembelahan sel. Tetapi proliferasi berbeda dengan mitosis. Proliferasi dilakukan dengan menduplikasi sejumlah besar DNA secara berulang, sedangkan mitosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anak dengan jumlah kromosom yang sama dengan jumlah kromosomnya, yaitu sel diploid ( $2n$ ). Proliferasi diawali dengan pembelahan sel-sel induk (sel punca/stem cell). Sel-sel punca tidak mengalami pertambahan ukuran dalam proses pertumbuhannya. Sel punca berfungsi untuk mengganti sel-sel tubuh yang telah rusak. Pembelahan sel punca akan menghasilkan sel baru yang berpotensi untuk menjadi sel punca dari jenis sel lainnya dengan fungsi yang lebih khusus.

Sel diploid adalah sel dengan dua set genom (keseluruhan informasi genetik yang dimiliki suatu sel/organisme, seperti DNA sel) yang merupakan hasil pembuahan sel-sel gamet pada sel haploid (sel dengan satu pasang kromosom yang menjadi struktur dalam inti sel yang mengandung informasi genetik untuk proses transmisi sifat pada keturunannya). Sel-sel gamet haploid melebur, sehingga kromosomnya saling bercampur dalam satu sel untuk membentuk sel diploid. Umumnya, mitosis diikuti dengan fase sitokinesis (pembelahan sitoplasma) dan fase kariokinesis (pembelahan inti). Proses pembelahan mitosis terjadi pada semua sel tubuh, kecuali pada jaringan yang menghasilkan gamet (sel kelamin).

### **B. Migrasi (Perpindahan Sel Saraf)**

Sel saraf yang telah melalui tahap proliferasi akan berpindah (migrasi) ke tempatnya masing-masing untuk mulai berkembang. Sel saraf dari zona ventrikel akan berpindah ke zona subventrikel. Dan sel saraf dari kedua zona tersebut akan pindah ke sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Proses ini terjadi pada minggu ke-16 dari masa kehamilan, sampai memasuki masa enam bulan kehamilan. Sel saraf yang bermigrasi lebih awal akan menempati lapisan dalam, sedangkan sel saraf yang bermigrasi berikutnya akan menempati lapisan luar.

Keterangan : Zona ventrikel/ventrikular adalah lapisan embrio sementara dari jaringan yang mengandung sel-sel punca saraf. Zona ventrikel melapisi sistem ventrikel yang berisi cairan serebrospinal.

Pembentukan neuron (neurogenesis) terjadi pada zona ini selama perkembangan embrio/janin. Zona ventrikel menjadi fungsi dari jalur Notch (jalur selular pada organisme yang diaktifkan oleh molekul reseptor). Zona ventrikel akan menghilang setelah kelompok sel punca saraf habis. Zona subventrikel/subventrikular terletak berdekatan dengan zona ventrikel. Pada

korteks serebral embrio, zona subventrikel mengandung progenitor (nenek moyang/induk) saraf menengah yang terus membelah menjadi neuron pasca-mitosis. Dasar migrasi sel saraf terdiri dari dua jenis, yaitu ke arah radial (melingkar) dan ke arah tangensial (tegak lurus). Pada otak besar (cerebrum), sel-sel saraf dari zona ventrikel dan subventrikel bermigrasi ke arah radial untuk membentuk korteks serebral dan nukleus profundus/profunda (inti sel bagian dalam). Pada otak kecil (cerebellum), sel-sel saraf dari kedua zona bermigrasi untuk membentuk sel purkinje (sel dengan banyak cabang dendrit/sel ganglion besar), nukleus dentatus (sekelompok neuron yang memiliki tepi bergerigi dan terletak di bagian dalam cerebellum) dan nukleus lainnya yang berada di bagian atas. Sedangkan migrasi tangensial adalah perpindahan sel dari zona ventrikel dan subventrikel menuju permukaan pial/piameter (bagian dalam dari selaput meninges) untuk membentuk korteks serebral. Migrasi tangensial terjadi setelah migrasi radial.

### C. Diferensiasi (Perubahan Sel Saraf)

Pada akhir bulan ke-6 masa kehamilan, lempeng korteks (lapisan luar) telah memiliki komponen sel saraf yang lengkap, sehingga dapat memasuki proses diferensiasi. Proses diferensiasi terjadi setelah molekul sinyal dikeluarkan oleh jaringan mesoderm untuk mengaktifkan gen tertentu dan mematikan sel lainnya, sehingga memicu beberapa sel-sel ektoderm untuk menjadi jaringan saraf. Sel-sel ektoderm yang tidak menerima molekul sinyal akan menyebar pada jaringan mesoderm untuk membentuk kulit. Proses ini juga dikenal dengan induksi saraf. Sel saraf akan menjadi sel neuron yang memiliki banyak cabang dan menjadi sel glia (sel penyokong). Mengenai molekul sinyal terdapat di dalam artikel Pensinyalan Sel

### D. Sinapsis (Pembentukan Jalinan Pada Setiap Sel Saraf)

Tahap sinapsis berlangsung secara bergantian dengan tahap mielinasi. Jika jalinan saraf yang satu telah terbentuk, maka jalinan saraf tersebut akan melalui proses mielinasi, sebelum akhirnya sel saraf kembali memasuki tahap sinapsis.

### E. Mielinasi (Pematangan Selubung Saraf)

Tahap mielinasi akan berakhir saat bayi berusia 1 tahun. Selubung saraf disebut selaput Mielin. Proses mielinasi diawali dengan penyatuan akson/neurit antar sitoplasma sel Schwann (sejenis sel glia) secara terus-menerus, sampai membentuk selaput Mielin. Pada dasarnya, selaput Mielin berasal dari lemak yang dihasilkan oleh sel Schwann. Bagian dari sel Schwann yang membungkus selaput Mielin disebut neurolema/selubung Schwann.

Daerah penyatuan dinding sitoplasma sel Schwann disebut mesaxon interna. Mesaxon interna akan meluas ke arah dalam dan membentuk lamel-lamel (pelat-pelat tipis) sitoplasma sel Schwann. Lambat-laun sitoplasma sel Schwann akan menghilang dan kedua sisi dalam membran sitoplasma sel Schwann akan menyatu lalu menebal, hingga membentuk garis perioda. Matriks ekstraselular (struktur kompleks yang mengelilingi sel-sel pada semua jaringan tubuh dan berbatasan dengan membran plasmanya) dari sitoplasma sel Schwann akan menyatu membentuk garis interperioda.

Pada tahap akhir mielinasi, dinding sitoplasma sel Schwann akan menyatu untuk kedua kalinya, hingga membentuk mesaxon eksterna. Jika terjadi kegagalan dalam penyatuan kedua dinding sitoplasma sel Schwann, sehingga terdapat sejumlah kecil sitoplasma yang terjebak dalam

selaput mielin atau disebut insisura Schmidt Lanterman. Pada sistem saraf tepi, proses pembentukan selaput Mielin berlangsung sama dengan pembentukan selaput Mielin pada sistem saraf pusat. Tetapi, pada sistem saraf pusat, sel oligodendrosit (sejenis sel glia) dapat membuat selaput Mielin sendiri untuk beberapa serat saraf.

#### F. Apoptosis (Pembuangan Sel Saraf Yang Tidak Diperlukan)

Apoptosis adalah kematian sel terprogram. Di mana sel-sel terprogram yang sudah tidak diperlukan/sel-sel tua akan dibongkar, sehingga melepaskan diri dari sel-sel tetangga dalam jaringan dan membran plasma yang sama. Sedangkan kematian sel karena terinfeksi patogen atau mengalami iskemia (kekurangan oksigen atau zat metabolisme lain) disebut nekrosis.

## **KESIMPULAN**

Sistem saraf merupakan sistem koordinasi (pengaturan tubuh) berupa penghantaran impuls saraf ke susunan saraf pusat, pemrosesan impuls saraf dan perintah untuk memberi tanggapan rangsangan. Unit terkecil pelaksanaan kerja sistem saraf adalah sel saraf atau neuron. Berdasarkan peranannya, sistem saraf manusia dibedakan menjadi 2, yaitu, sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar. Sistem saraf sadar berfungsi, mengatur semua aktivitas tubuh yang kita sadari. Sedangkan, sistem saraf tak sadar berfungsi, mengatur semua aktivitas tubuh yang tidak kita sadari. Sungguh maha kuasa Allah Subhanahu wa ta'ala Yang menjadikan manusia makhluk ciptaanya yang paling sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

*<http://digilib.uinsby.ac.id/2607/5/Bab%202.pdf>*

*<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132300163/pendidikan/perkembangan-susunan-syaraf.pdf>*

*<https://www.slideshare.net/septianbarakati/makalah-sistem-saraf-42374375>*<https://>

*[ratukemalalaura.blogspot.com/2018/02/pembentukan-sistem-saraf-pusat.html?m=1](http://ratukemalalaura.blogspot.com/2018/02/pembentukan-sistem-saraf-pusat.html?m=1)*