

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

1. Belajar dan Pembelajaran

Belajar merupakan suatu proses yang sangat kompleks yang terjadi pada diri semua orang sepanjang seseorang tersebut masih hidup. Proses belajar itu terjadi karena adanya korelasi antara seseorang dengan lingkungan sekitarnya. Oleh sebab itu, belajar dapat terjadi kapan saja dan dimanapun. Menurut (Hanafy, 2014) salah satu ciri bahwa seseorang itu telah belajar adalah dengan adanya perubahan tingkah laku pada diri orang tersebut yang mungkin disebabkan oleh terjadinya perubahan pada tingkat pengetahuan, keterampilan, atau sikapnya.

Belajar dalam pandangan (Faizah, 2020) perubahan kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotor untuk meningkatkan tingkat kehidupan peserta didik, baik untuk dirinya sendiri ataupun dalam lingkungan masyarakat maupun kepada Tuhan Yang Maha Esa. Perubahan akibat belajar bersifat cukup konsisten. Ciri penting pembelajaran adalah inisiasi, fasilitasi, dan peningkatan proses belajar peserta didik. Sementara itu, bagian - bagian dalam pembelajaran adalah tujuan, materi, kegiatan, dan evaluasi (Istiadah, 2020).

Pembelajaran merupakan upaya pendidik supaya terjadi proses dalam mendapatkan pengetahuan, kemahiran, dan membentuk sikap serta rasa percaya peserta didik (Hanafy, 2014). Hal ini menjelaskan bahwa, pembelajaran merupakan suatu proses untuk memfasilitasi peserta didik supaya bisa belajar dengan baik. Komponen – komponen pembelajaran menurut (Rifa'i & Anni, 2012) adalah tujuan, subjek belajar, materi pelajaran, strategi pembelajaran, media pembelajaran, penunjang.

Menurut pasal 1 ayat 1 UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menjelaskan bahwa “Pembelajaran merupakan proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada lingkungan belajar”. Dapat diartikan bahwa pembelajaran adalah hal terpenting dalam pendidikan, untuk meningkatkan kemampuan, membangun karakter dan peradaban bangsa yang berkualitas dalam bentuk mencerdaskan kehidupan bangsa dan negara (Nurkamilah, 2018).

2. Kemampuan Analisis

Dalam kehidupan setiap manusia pasti mengalami permasalahan. Begitu pula peserta didik yang tidak luput dari masalah belajar dan pembelajaran. Permasalahan tersebut merupakan suatu persoalan peserta didik dalam mempelajari materi yang harus di selesaikan dengan cara meningkatkan kemampuan analisis. Kemampuan analisis adalah salah satu unsur dalam ranah kognitif tipe C4 menurut Bloom pada tahun 1994 (dalam Assegaff & Sontani, 2016).

Menurut Bloom tahun 1994 dalam (Gunawan & Paluti, 2017) kemampuan analisis adalah kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan suatu permasalahan dalam materi pembelajaran, dengan kata lain peserta didik dapat mengetahui, memahami, dan mengaplikasikan yang telah guru sampaikan. Sehingga apabila kemampuan analisis peserta didik terlatih, maka peserta didik mampu meningkatkan aspek kognitif dalam pembelajaran. Kemampuan analisis memiliki beberapa indikator yang diantaranya membedakan, mengorganisasi dan mengatribusi (Utami dkk., 2015).

Kemampuan analisis meliputi keterampilan peserta didik dalam mengimplementasikan pemikiran yang masuk akal untuk menghimpun dan menganalisis suatu informasi, merencanakan dan menguji cara yang tepat untuk penyelesaian masalah, dan merumuskan rencana (Arnold & Wade, 2015). Berpikir analisis memiliki manfaat untuk mengadaptasi dan memodifikasi informasi dalam kehidupan sehari – hari (Pennycook et al., 2015). Kemampuan analisis dapat dinilai melalui tes analogi berupa pilihan ganda dan tes esai (tulisan), tes esai lebih dianjurkan untuk mengukur kemampuan analisis peserta didik (Kao, 2016).

Ada beberapa indikator menurut Krathwohl dan Anderson dalam (Assegaff & Sontani, 2016) untuk mengukur kemampuan analisis:

- a. Menganalisis informasi yang masuk dan membagi-bagi atau menstrukturkan informasi ke dalam bagian yang lebih kecil untuk mengenali pola atau hubungannya.
- b. Mampu mengenali serta membedakan faktor penyebab dan akibat dari sebuah skenario rumit.
- c. Mengidentifikasi atau merumuskan pertanyaan.

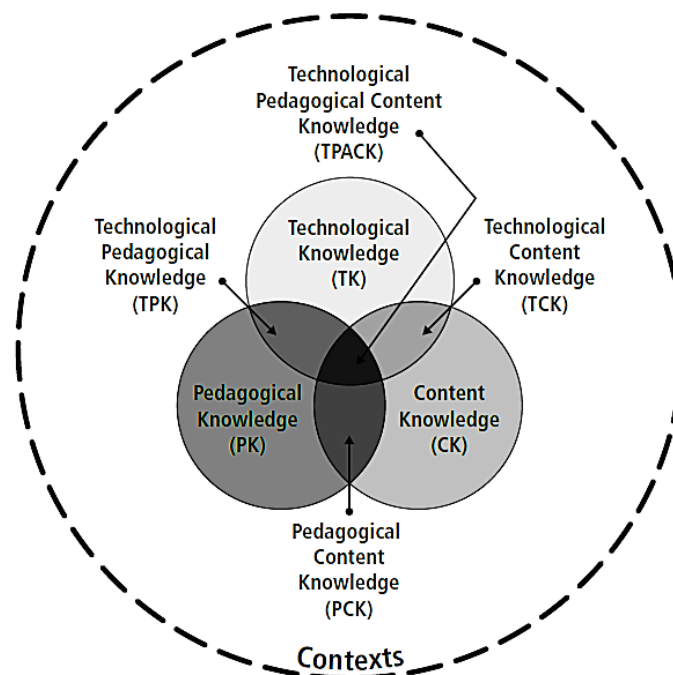
Pada dasarnya, ciri dari kemampuan analisis adalah peserta didik dapat membagi atau memisahkan unsur, kemudian menghubungkan dan mengorganisasikannya, lalu peserta didik dapat mengetahui sebab akibat dari sebuah fakta yang terjadi kemudian merumuskan pertanyaan serta kesimpulan (Artin, 2015).

3. Kerangka Kerja *TPACK*

Seorang pendidik atau guru tidak hanya mampu menguasai materi dan konsep saja, melainkan harus menguasai bagaimana cara mengajarkan dan strategi pembelajaran dapat tersampaikan ke peserta didik dengan baik. Dua hal tersebut antara materi (*content*) dan cara mengajarkan (*pedagogik*) yang saling berkesinambungan dan tidak dapat dipisahkan. Untuk itu pendidik atau guru harus memahami mengenai *TPACK*.

Technological pedagogical content knowledge (TPACK) merupakan jenis pengetahuan baru yang harus dikuasai guru untuk mengintegrasikan teknologi dengan benar ke dalam pembelajaran (Mishra & Koehler, 2006). Pada perkembangannya, *TPACK* telah menjadi kerangka kerja atau *framework* yang dapat digunakan untuk menganalisis pengetahuan guru terkait dengan integrasi teknologi dalam pembelajaran (Koehler et al., 2013).

TPACK terbentuk atas perpaduan 3 jenis pengetahuan dasar, yaitu *Technological Knowledge (TK)*, *Pedagogical Knowledge (PK)*, *Content Knowledge (CK)*. Hasil perpaduan 3 pengetahuan dasar tersebut, menghasilkan 4 pengetahuan baru, meliputi *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*, *Technological Content Knowledge (TCK)*, *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)*, dan *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* (Koehler et al., 2013).



Gambar 2. 1 Komponen Kerangka Kerja *TPACK*

Sumber: (Koehler et al., 2013)

Berdasarkan Gambar 2.1 di atas, komponen kerangka kerja *TPACK* dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. *Technological Knowledge* (TK) adalah pengetahuan yang harus dimiliki oleh seorang pendidik mengenai teknologi mutakhir terbaru yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran. Mengingat teknologi setiap tahunnya terus berkembang mengikuti tuntutan global.
- b. *Pedagogical Knowledge* (PK) adalah pengetahuan tentang teori dan praktik dalam perencanaan, proses, dan evaluasi pembelajaran. Meliputi kemampuan untuk mengadaptasi dan mempelajari metode terbaru yang mendukung pembelajaran.
- c. *Content Knowledge* (CK) adalah pengetahuan mengenai materi pembelajaran yang harus dikuasai oleh pendidik untuk diajarkan kepada peserta didik.
- d. *Technological Content Knowledge* (TCK) merupakan kemampuan pendidik dalam mengkombinasikan antara materi dan teknologi yang sesuai dengan perkembangan zaman untuk disampaikan dalam pembelajaran sehingga mampu membuat peserta didik mengerti dan paham akan materi yang telah disampaikan.
- e. *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) merupakan kemampuan pendidik dalam menentukan strategi yang sesuai dalam menyampaikan materi pembelajaran yang akan diajarkan kepada peserta didik.

- f. *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* merupakan kemampuan pendidik dalam menentukan dan memanfaatkan teknologi untuk memfasilitasi dan memudahkan peserta didik dalam pembelajaran.
- g. *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* atau pengetahuan teknologi pedagogik dan konten merupakan pengetahuan tentang penggunaan teknologi yang tepat pada pedagogik yang sesuai untuk mengajarkan suatu konten dengan baik. Ketujuh pengetahuan tersebut perlu dikuasai oleh pendidik masa depan yang akan mengajar dalam lingkungan belajar yang dipenuhi dengan berbagai instrumen teknologi. Supaya guru dapat menggunakan teknologi yang tepat pada pedagogik yang sesuai untuk konten yang spesifik dengan baik.

TPACK dapat dinilai dengan 5 level yang berbeda dengan menggunakan model Roger dalam (Sabrina, 2019) tentang proses keputusan yang inovatif. Level tersebut didefinisikan sebagai berikut:

1. *Recognizing* (pengetahuan), guru bisa menggunakan dan mengenali teknologi dengan keselarasan materi tetapi tidak memadukan teknologi dalam pembelajaran.
2. *Accepting* (persuasi), guru membentuk sikap yang mengarah terhadap materi pembelajaran dengan teknologi yang sesuai.
3. *Adapting* (keputusan), guru terlibat dalam kegiatan yang menuju pilihan untuk menggunakan atau menolak pembelajaran dengan teknologi yang sesuai.
4. *Exploring* (implementasi), guru secara aktif memadukan pembelajaran dengan teknologi yang sesuai.
5. *Advancing* (konfirmasi), guru mengevaluasi hasil dari pengambilan keputusan tentang memadukan pembelajaran menggunakan teknologi yang sesuai.

4. Media Pembelajaran dalam Komponen Kerangka Kerja *TPACK*

Media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran materi Sistem Saraf berdasar kerangka kerja *TPACK* yaitu berupa *multimedia interaktif (MMI)* yang di *upload* ke dalam *Learning Management System (LMS)*, yang kemudian akan diakses dan dipelajari secara *daring (online)* oleh peserta didik. Adapun *Learning Management System (LMS)* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Moodle*. Media pembelajaran berdasar kerangka kerja *TPACK* ini dapat mempermudah serta

membantu peserta didik dalam memahami dan mempelajari materi yang sulit divisualkan dan objeknya sulit dihadirkan secara langsung (Triyanti, 2015).

a. Multimedia Interaktif (MMI)

Multimedia interaktif (MMI) adalah sebuah alat atau media pembelajaran yang berisikan metode, materi, batasan dan evaluasi yang disusun secara menarik dan sistematis, lalu dipresentasikan dalam media komputer yang mengkombinasikan grafik, teks, animasi, video dan audio, agar mencapai kompetensi pembelajaran yang diharapkan. Multimedia interaktif merupakan solusi untuk mempermudah peserta didik dalam mempelajari materi dibandingkan dengan buku teks/*e-book* yang berulang – ulang (Armansyah dkk., 2019).

Multimedia interaktif (MMI) dapat memperjelas materi, mempermudah proses pembelajaran, memfokuskan perhatian saat proses pembelajaran, mendatangkan motivasi, dapat memungkinkan pembelajaran secara mandiri, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik (Agustina, 2017). Pembelajaran dengan menggunakan kerangka kerja *TPACK* mengubah bahan ajar ke dalam bentuk *multimedia interaktif* yang bersifat fleksibel dalam menyediakan materi disertai visualisasi nyata, agar memudahkan peserta didik dalam memahami materi pembelajaran. *Multimedia interaktif* (MMI) yang digunakan dalam penyampaian materi pada penelitian ini adalah *Articulate Storyline 3*.

b. E-learning dan Learning Management System (LMS)

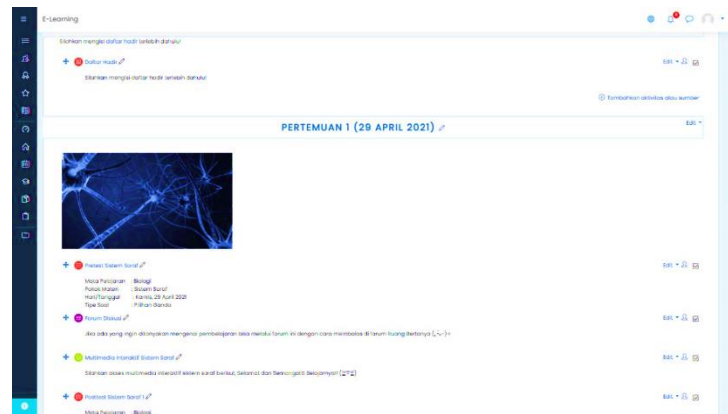
E-learning adalah transformasi perkembangan dalam teknologi informasi dan komunikasi yang digunakan untuk belajar mengajar menggunakan media elektronik seperti *smartphone*, *ipad*, komputer, laptop, atau media elektronik lainnya yang dapat terhubung dengan jaringan internet dan dilakukan di luar area sekolah atau pembelajaran jarak jauh (Sagita & Khairunnisa, 2019). Dalam pengembangan *e-learning*, terdapat beberapa *platform* atau *Learning Management System (LMS)* yang tersedia secara *open source* dan dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna (Yunis & Telaumbanua, 2017).

Learning management system (LMS) merupakan sistem pembelajaran yang bersifat digital dalam memvirtualisasi proses belajar mengajar konvensional untuk administrasi, dokumentasi, laporan suatu program pelatihan, ruangan kelas secara daring (*online*), program *e-learning*, dan konten pelatihan, dan dirancang supaya

dapat membantu peserta didik dalam memperoleh sumber informasi pembelajaran dengan mudah (Alfina, 2020).

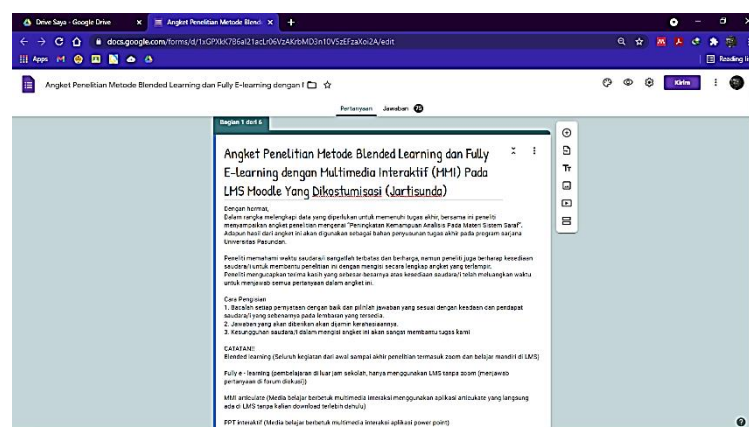
Learning management system (LMS) memberikan ruang kepada pendidik untuk memantau, memfasilitasi kemajuan belajar peserta didik secara dekat, dan juga memungkinkan pendidik untuk dapat menciptakan lingkungan belajar daring (*online*) dimana peserta didik dapat terlibat dalam berbagai kegiatan yang berhubungan dengan pembelajaran (Hartanto, 2016). Terdapat banyak jenis aplikasi yang dapat mendukung proses pembelajaran dengan menggunakan metode *e-learning*, salah satunya yaitu *Moodle* yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, dalam penelitian ini juga menggunakan aplikasi *Google Form*. Kedua aplikasi tersebut dapat diakses dimana saja dengan mudah melalui perangkat *smartphone* ataupun komputer.

1) *Moodle* adalah perangkat lunak (*software*) yang dapat dimodifikasi dan dimasukkan berbagai *multimedia interaktif* baik berupa *flash* (animasi bergerak), audio (suara) maupun video (Gambar dan suara) yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar berbasis internet dan *website* juga dapat digunakan secara bebas atau *open source* (Wicaksana et al., 2020). *Moodle* berfungsi sebagai alat bantu yang efektif dalam menyediakan fasilitas pembelajaran karena dilengkapi oleh fitur – fitur penunjang pembelajaran seperti *assignment* (tugas), forum dan chat, quiz, database *activity*, *lesson*, dan *surveys* (kuisisioner dan angket) (Rizal & Walidain, 2019). Dalam penelitian ini menggunakan *Learning Management System (LMS)* yang telah dikostuminasi bernama Jartisunda FKIP Unpas.



Gambar 2. 2 LMS Moodle
Aplikasi Moodle yang telah Dikostuminasi

2) *Google Form* adalah laman *website* yang dapat digunakan oleh setiap kalangan orang secara gratis dan dapat diakses menggunakan *smartphone* ataupun komputer yang terhubung dengan internet. *Google Form* memiliki banyak fungsi khususnya pada bidang pendidikan seperti mengumpulkan, mengelola, dan membuat kuisisioner maupun angket melalui laman *website* secara *online*, sehingga pengolahan data lebih mudah (Bulan & Zainiyati, 2020).



Gambar 2. 3 Google Form
Aplikasi Google Form

5. Metode Pembelajaran *E-learning* dalam Kerangka Kerja *TPACK*

Metode pembelajaran *e-learning* adalah metode pembelajaran yang menggunakan teknologi informasi berbasis *website* yang terhubung ke dalam jaringan internet sehingga bisa diakses dimana saja dan kapan saja (Nadziroh, 2017). Oleh karena itu, pembelajaran *e-learning* dalam penerapannya

mementingkan pembelajaran jarak jauh, sehingga peserta didik bisa melakukan pembelajaran secara mandiri melalui perangkat elektronik yang berbasis internet.

Pembelajaran dengan metode *e-learning* tidak hanya menampilkan materi secara *daring (online)* saja, tetapi harus dirancang agar tampilannya sederhana namun menarik, komunikatif, dan juga cepat (Elyas, 2018). Terdapat banyak jenis aplikasi yang mendukung proses pembelajaran dengan menggunakan metode *e-learning*, salah satunya yaitu *Moodle* yang digunakan dalam penelitian ini.

6. Analisis Materi Bahan Ajar

a. Keluasan dan Ke dalam Materi Sistem Saraf

Tubuh hewan dan manusia lebih canggih daripada komputer manapun. Jika kita lihat komputer saja sebagai sebuah keajaiban, apalagi sistem-sistem yang terdapat di dalam tubuh manusia. Dari hewan yang bahkan sudah hidup bermilyaran tahun lalu, kemampuan dalam menggunakan indera untuk menerima stimulus dan bertahan dengan lingkungannya agar dapat melakukan reproduksi sudah sangat hebat (Campbell, 2017). Perilaku tersebut muncul karena tubuh merespon rangsangan (stimulus), kemudian dilakukan proses dalam tubuh untuk akhirnya dijawab dengan perilaku tertentu. Rangsangan dapat berupa cahaya, sentuhan, rasa, bau, suhu, tekanan, atau hal lainnya yang berasal dari luar tubuh disebut reseptor luar (eksteroseptor). Semua hal yang dirasakan dalam tubuh berupa kenyang, haus, lapar, sakit, lelah, beserta perasaannya lainnya disebut sebagai reseptor dalam nama lainnya adalah interoseptor (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289).

Kemampuan untuk menerima rangsangan atau reseptor dari luar dan dalam tubuh untuk diproses kemudian ditentukan sikap yang tepat ketika menjawab rangsangan tersebut merupakan peran dari sistem saraf. Jika sekarang tulisan ini sedang dibaca dan dipahami dengan baik, maka sistem saraf pembaca sedang bekerja dengan baik.

1) Peranan Sistem Saraf

Sistem saraf merupakan bagian dari sistem regulasi atau disebut juga pengatur, namun pada saat ini sistem saraf dikenal pula sebagai bagian dari sistem koordinasi karena berperan sebagai pengontrol dan pengatur kerja sistem organ. Sistem organ ini harus bekerja secara teratur dan selaras sehingga tubuh dapat melakukan metabolisme secara sempurna agar hewan dan manusia dapat bertahan hidup

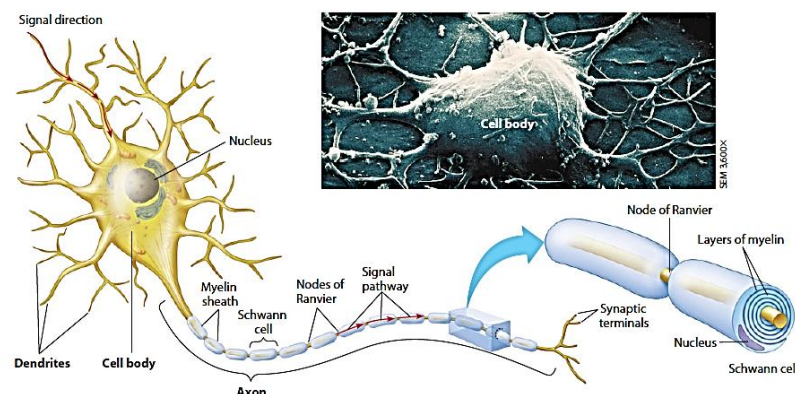
(Karmana, 2007). Tubuh manusia dan hewan pada dasarnya terdiri dari beragam sistem. Tekniks atau mekanisme kerja seluruh sistem tersebut diatur oleh satu sistem yaitu sistem saraf. Tanpa sistem saraf manusia tidak akan dapat mengerjakan bahkan hal paling udah sekalipun.

2) Komponen Penyusun Sistem Saraf

Sistem saraf terdiri dari sel, jaringan, dan organ yang memiliki struktur sekaligus fungsi berbeda tetapi saling berintegrasi atau bekerja sama. Berikut kompen yang tergabung dalam sistem saraf dari mulai bagian terkecil seperti saraf hingga organ penting dalam sistem ini.

a) Sel Saraf (*Neuron*)

Unit terkecil secara struktural dan fungsional dari semua sistem adalah sel. Sel saraf sering disebut *Neuron* merupakan bagian paling kecil dari sistem saraf. Kumpulan sel saraf ini kemudian akan membentuk jaringan saraf. Sel saraf dapat dibedakan menjadi bagian yang lebih spesifik atau memiliki struktur dan fungsi khusus, diantaranya:



Gambar 2. 4 Sel Saraf

Sumber: (Reece et al., 2012)

- a) Nukleus yaitu inti sel berfungsi untuk mengatur aktivitas sel. Bagian ini memiliki nukleolus (anak inti sel) berukuran besar sebagai tempat penyimpanan informasi genetik (RNA) serta neuroplasma (disebut sitoplasma pada sel secara umum) (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289).
- b) Badan sel terdiri atas nukleus berisi nukleolus, sitoplasma, retikulum endoplasma yang membentuk badan sel. Bagian dari badan sel berbentuk segitiga dan terhubung pada akson dikenal sebagai *akson Hillock* (bukit akson) (Karmana, 2007).

- c) Dendrit berasal dari Bahasa Yunani Dendron artinya pohon berdasarkan bentuknya yang seperi ranting bercabang berfungsi sebagai penerima respon atau sinyal dari sel *Neuron* (saraf) yang lain (Campbell, 2017).
- d) Akson (neurit) merupakan salah satu serabut saraf selain dendrit dan berukuran lebih panjang ratusan sentimeter, memiliki fungsi yang sama yaitu meneruskan rangsangan (impuls) dari badan sel saraf ke serabut otot beserta kelenjar. Neurit diselubungi oleh lapisan lemak yang tipis dan tidak berinti bernama selubung mielin. Karena substansi lemak itulah akson terlihat putih. Susunan selubung mielin ini terdiri dari sel-sel Schwann (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289). Bagian ini diGambarkan seperti sambungan sosis karena antar akson terdapat celah.
- e) Nodus Ranvier pada akson merupakan daerah bercelah karena tidak diselubungi oleh selubung mielin sehingga rangsangan sampai dengan cepat.
- f) Sinapsis yaitu sambungan dari ujung akson terspesialisasi menjadi terminal sinapsis untuk menyampaikan informasi ke sel saraf lainnya (Campbell, 2017).

Sel saraf (*Neuron*) terdiri dari bagian yang sama disertai fungsi masing-masing yang sama pula antar setiap jenis sel *Neuron*. Namun bentuk dari struktur sek neuron ternyata berbeda, hal ini menjadikan *Neuron* digolongkan kembali secara struktur berdasarkan banyaknya cabang dendrit dan akson pada badan sel, menjadi (Karmana, 2007):

- a) *Neuron* unipolar yaitu badan sel memiliki satu cabang kemudia cabang tersebut terbagi menjadi masing-masing satu cabang dendrit dan satu cabang akson.
- b) *Neuron* bipolar memiliki badan sel yang langsung terbagi menjadi dua cabang yaitu, cabang akson dan cabang dendrit.
- c) Neuron multipolar, badan sel bertempat di tengah dendrit sehingga punya banyak cabang akson di sekelilingnya, sedangkan cabang akson hanya satu. Supaya lebih terGambarkan, banyak sekali model sel di buku paket atau internet yang menyerupai *Neuron* multipolar.

Walaupun pada dasarnya sel saraf (*Neuron*) memiliki bagian sel yang sama sama, tetapi berdasarkan fungsinya dapat digolongkan ke dalam tiga jenis, yaitu (Karmana, 2007):

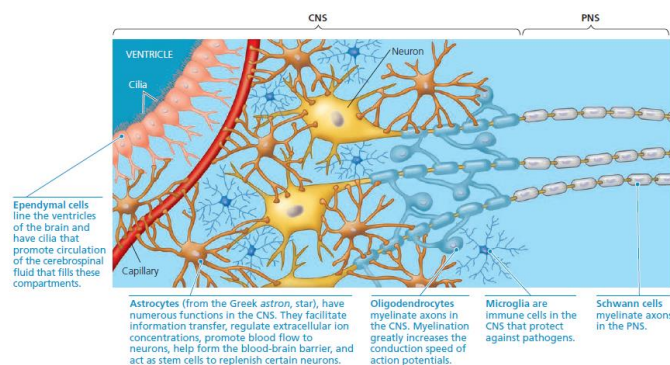
- a) *Neuron* sesnsoris, memiliki ciri badan sel berkumpul membentuk *ganglia*, akson pendek, dendrit panjang, dan sesuai namanya neuron ini berfungsi untum

menerima rangsangan atau stimulus atau impuls dari lingkungan untuk disampaikan ke jenis *Neuron* berikutnya.

- b) *Neuron* intermediet, memiliki ciri akson bisa jadi panjang atau pendek, dendrit pendek, dan sama seperti sebelumnya fungsi sesuai dengan nama *Neuron* yaitu menyambungkan *Neuron* sensoris dengan motoric supaya keduanya bisa terus melanjutkan penyempaaian informasi.
- c) *Neuron* motoric, terdiri dari akson yang panjang, dendrit pendek, berfungsi untuk menyampaikan informasi dari sistem saraf ke efektor atau alat atau organ yang bertugas menjawab rangsangan, misalnya jika otak memerintahkan untuk menulis, maka tangan dan mata merupakan efekturnya.

b) *Glia*

Kumpulan sel saraf dinamakan *glia* (Karmana, 2007), namun ada juga yang berpendapat bahwa *glia* merupakan sel penyokong yang mendukung sistem saraf (*Neuron*) secara struktural dan fungsional (Campbell, 2017). Misalnya pada *glia* radial berperan sangat penting dalam perkembangan sistem *Neuron* embrio bermigrasi dari tabung *Neuron* untuk memunculkan sistem saraf pusat serta dapat dijadikan sel punca. *Glia* dapat ditemukan pada otak dan sumsum tulang belakang hewan vertebrata, terbagi menjadi beberapa tipe berdasarkan fungsinya dalam menyokong *Neuron*, diantaranya (Campbell, 2017) :



Gambar 2. 5 *Glia*

Sumber: (Campbell, 2017)

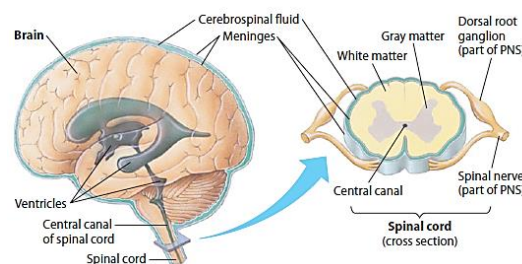
- a) Sel endidimal, merupakan sel pelindung ventrikel di dalam otak, batang otak, dan wilayah saraf tulang belakang dilengkapi silia sebagai pendorong cairan serebrospinal agar terus bersirkulasi. Cairan serebrospinal tersebut memiliki komposisi protein, glukosa sel mononuclear, elektrolit, enzim, sel darah putih, dan

99 % air. Fungsi dari cairan berwarna bening adalah melindungi otak (berbentuk bantalan) dari kecelakaan, menjaga posisi jaringan otak supaya tetap diam, mensuplai dan membuang zat sisa dari jaringan otak, bersamaan dengan darah serta jaringan otak menjaga keseimbangan tekanan intrakranial (alodokter).

- b) Sel mikroglia, perlindungan sistem saraf dari penyerangan mikroorganisme.
- c) Sel oligodendrosit berfungsi menghasilkan selubung mielin pada sistem saraf pusat sama dengan sel Schwann yang bekerja di sistem saraf tepi.
- d) Sel Schwann menghasilkan selubung mielin pada sistem saraf tepi.
- e) Sel astrosit bertugas mengontrol ketat zat kimia ekstraselular otak sekaligus sumsum tulang belakang, memastikan *Neuron* menerima oksigen dan glukosa secara cepat dari aliran darah karena berada di sebelah *Neuron* aktif menyebabkan pembuluh darah di dekat *Neuron* melebar, meregulasi neurotransmitter ekstraseluler dan konsentrasi ion, merespon aktivitas sel saraf tetangga pada kondisi tertentu, dan juga dapat diambil sebagai sel punca (menghasilkan *Neuron* dan *glia* baru secara buatan). Diantara sel penyokong lainnya astrosit merupakan pemilik tugas paling beragam.

c) Otak sebagai Organ Penting dalam Sistem Saraf Pusat.

Otak merupakan organ vital yang mengontrol seluruh aktivitas dan koordinasi tubuh. Pelindung otak dari benda luar berbahaya disebut meninges berupa lapisan tipis yang dibedakan menjadi lapisan durameter, arachnoid, piameter. Ketiganya dilengkapi cairan limfe sehingga sel otak tetap basah. Lebih jelasnya mengenai lapisan otak dipaparkan sebagai berikut :



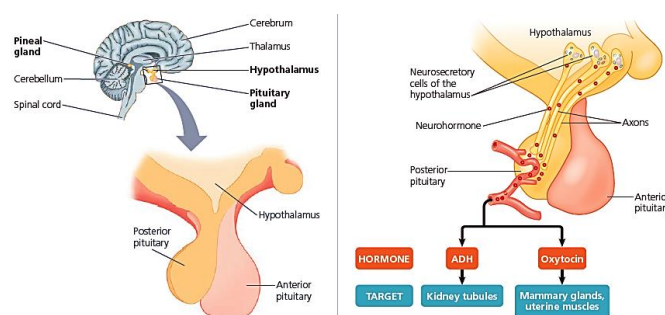
Gambar 2. 6 Otak

Sumber: (Reece et al., 2012)

- a) Durameter, merupakan lapisan dengan komposisi jaringan ikat tebal dan kuat menempel di tulang. Pada hemisfer terdapat sinus longitudinal superior (vena dari otak) juga merupakan bagian dari durameter. Selain itu ada selaput luar

tengkorak dan durameter propria yang terpisah pada kanal vertebralis. Karena kuat dan keras, makanya laporan ini menempati posisi terluar meninges.

- b) Arachnoid, seperti namanya lapisan tengah berfungsi terletak di tengah lampiran durameter dan piameter. Seluruh susunan saraf sentral dilindungi oleh kantong berisi cairan pada lapisan ini, begitu pula susunan saraf perifer yang keluar dari medula spinalis di bawah lumbar I-II. Cairan di bawah lumbar dapat digunakan untuk mengambil cairan otak disebut fungsi lumbar.
- c) Piameter, lapisan ini terletak di dalam, melekat pada sumsum. Lapisan ini terhubung dengan arachnoid menggunakan trabekel (jaringan ikat).



Gambar 2. 7 Piameter

Sumber: (Campbell, 2017)

Posisi otak berada di dalam tulang tengkorak, sebagian besar berwarna abu, lunak, memiliki banyak lipatan, beratnya dapat mencapai sekitar 1,5 kg, dilengkapi batang otak (panjang sekitar 10 cm, lebar 2,5 cm) yang memanjang hingga sumsum tulang belakang. Organ regulasi paling besar ini terbelah menjadi dua bagian, kanan dan kiri. Kedua bagian itu memiliki korteks (kulit) berwarna abu dipenuhi dendrit dan badan sel *Neuron*, serta medula (sumsum) berwarna putih (sebab dilumuri mielin) yang penuh dengan akson. Otak kanan dan kiri kemudian dihubungkan oleh rongga ventrikel berisi cairan serebrospinal, dikelilingi dinding korpus kalosum berupa pita tebal akson (Karmana, 2007). Pada tahap embrional, otak berkembang dari ujung anterior tabung neural (tali saraf embrional) menjadi tiga bagian yang membesar, kini dikenal sebagai otak depan, otak tengah, dan otak belakang (Campbell, 2008). Karena otak membesar (ventrikel otak terisi cairan serebrospinal berasal dari filtrasi darah arteri di otak), sumsum tulang belakang yang berasal dari rongga tabung neural (kanal sentral) menjadi tidak terlihat. Ketiga bagian otak setelah dewasa berkembang menjadi istilah lain, yaitu:

(1)Otak Depan (Prosenfalon), Telonsefalon dan Diensefalon

(a)Telonsefalon

Serebrum, sesuai namanya terletak mendominasi di bagian depan kepala, menempati sebagian besar tengkorak, 80% massa otak dan memiliki banyak lipatan yang mengatur gerakan (motorik) serta sensasi, perasaan atau rangsangan (sensoris). Bagian ini terbagi menjadi (Campbell, 2017):

1. Lobus frontalis (dahi) merupakan daerah korteks motorik berfungsi mengatur pergerakan (motorik) sedangkan lobus lain bertanggung jawab terhadap penerima informasi sensoris dari reseptor di seluruh tubuh, kemampuan bicara, area asosiasi penghubung sensorik dan motorik.
2. Lobus parietalis (ubun-ubun) merupakan daerah korteks somatosensoris yang bertanggung jawab untuk menerima dan memproses informasi sensoris seperti kegiatan mengecap, membaca, berbicara, merasakan dingin, panas, sakit fisik dan non fisik. Selain itu bagian ini menjadi area asosiasi somatosensoris.
3. Lobus temporalis (pelipis) memiliki fungsi hampir sama dengan parietalis namun lebih fokus terhadap penciuman, pendengaran (pusat Wernich), dan pusat berbicara (pusat Brocca) (Grafinfo, 2007) sehingga terdapat daerah asosiasi auditorik.
4. Lobus oksipitalis (belakang kepala) memiliki fungsi yang mirip dengan dua lobus sebelumnya namun bertanggung jawab penuh pada kegiatan penglihatan dan area asosiasi visual. Bagian ini dapat pula menyampaikan apa yang dialami juga dipikirkan.
5. Fisuro Rolando sebagai pemisah (celah) antara frontalis dengan parietalis.
6. Silvius sebagai pemisah (celah) antara frontalis dengan temporalis.

Serebrum memiliki hemisfer serebrum kiri dan kanan yang keduanya memiliki nukleus basal yaitu kelompok *Neuron* (substansi putih (*alba*) di bawah korteks) dan korteks serebral (substansi abu-abu di permukaan otak) dengan tebal 5 mm luas permukaan lipatan bisa mencapai 1000 cm². Cara kerja korteks berlawanan, misalnya bagian kiri akan melakukan dan memproses tugas sisi kanan tubuh begitu pula sebaliknya pada bagian kanan. Untuk membantu komunikasi antar bagian kiri dan kanan digunakan korpus kolosum (Campbell, 2017).

(b) Diensefalon

1. Talamus, terbagi menjadi bagian kiri dan kanan seperti bagian otak lainnya masing masing berukuran sebesar kacang walnut. Bertugas menerima impuls dari saraf perifer dalam bentuk informasi sensoris kemudian meneruskannya ke serebrum setekah sebelumnya diterjemahkan untuk diolah pada bagian yang lebih spesifik di serebrum. Bagian ini juga mengatur emosi dan kondisi bangun.
2. Hipotalamus, berukuran lebih kecil dari thalamus tetapi mengatur sistem yang sangat penting yaitu homeostatis seperti suhu karena mengandung thermostat tubuh hal ini menyebabkan suhu hewan homoitermal tidak terpengaruh lingkungan. Perilaku lapar, haus, kadar gula dalam darah, emosi, watak kelamin, pola kawin, dan tekanan darah. Bagian ini juga melepaskan faktor pelepas untuk mengontrol kelenjar pituari (hipofisis serebri) yang mengatur hormone pituari posterior dan anterior. Kelenjar ini merupakan kelenjar endokrin yang terletak di bawah hipotalamus lebih tepatnya pada lekuk kecil dasar tengkorak (celah tursika) saling terhubung oleh tungkai kecil.
3. Epitalamus merupakan salah satu dari banyak kapiler penghasil sebrospinal dari darah dan memiliki kelenjar pineal yang memproduksi sumber melatonin.

(2)Otak Tengah (Mesensefalon)

Bagian tengah memiliki *Neuron* yang dapat mengatur postur tubuh dan tonus otot. Bagian ini juga dilengkapi oleh kolikuli inferior sebagai pusat pendengaran dan kolikuli superior (lobus optik) berfungsi mengendalikan refleks akomodasi, refleks pupil, gerak bola mata (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289). Otak tengah merupakan salah satu bagian dari batang otak.

(3)Otak Belakang (Rhombesefalon) Metensefalon dan Mielensefalon

(1)Metensefalon

(a)Serebelum

Struktur ini mirip seperti serebrum yang belipat lipatan permukannya, namun lebih kecil, keduanya dipisahkan fisura transversalis. Terletak di bawah serebrum pada bagian belakang kepala terbagi menjadi vermis (kecil di sentral) dan hemisfer (melebar di lateral). Serebelum bertugas menerima informasi dari saraf sensoris seperti pergerakan otot, persendian, pendengaran, penglihatan juga mengatur keseimbangan, memantau motorik yang diperintahkan serebrum, mempelajari

sekaligus mengingat keahlian motorik menyebabkan serebelum menjadi tempat penerimaan serabut aferen sensoris. Jika ada respon motorik yang salah untuk menjawab informasi sensoris, maka akan segera diintegrasikan oleh serebelum, karenanya serebelum dapat dikatakan pusat dari koordinasi dan regulasi.

(b) Pons (Bagian dari Batang Otak)

Pons atau disebut juga jembatan varol (Pons Varolii) berada diantara otak tengah dan Medulla Oblongata, tepat di depan serebelum. Struktur pons berbentuk serabut tebal penyambung hemisfer serebelum sehingga dapat mengkoordinasikan gerakan otot masing-masing sisi tubuh. Secara umum, pons bertugas mengantarkan impuls dari serebelum ke serebrum sekaligus menyambungkan keduanya dengan medula oblongata. Terdapat pula memotoksik yang meregulasi gerakan pernafasan dan gerak refleks. Pons juga dianggap sebagai pusat *Neuron nervus trigeminus*.

(2) Mielinsefalon

Dikenal pula sebagai sumsum lanjutan yang menjadi jalan penghubung antara otak dan sumsum tulang belakang. Fungsi lainnya yaitu meregulasi tekanan darah melalui pelebaran dan penyempitan pembuluh darah, denyut jantung, mengatur suhu tubuh, mengatur pernafasan melalui rangsangan otot antar tulang rusuk juga diafragma, mengatur sekresi ludah, menelan, batuk, bersin, dan gerak peristaltik.

4) Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan kelanjutan dari medula oblongata sehingga berada tepat di bawah otak, memanjang seperti tongkat berongga yang memiliki fungsi menyambungkan impuls dari luar tubuh dan impuls dari otak. Karena berongga pada saluran tengah yang dinamakan kanal sentral, maka bagian ini diisi oleh cairan serebrospina terhubung langsung ke ventrikel otak. Sumsum tulang juga dilapisi oleh selaput meninges.

Otak, sumsum tulang belakang terdiri dari bahan atau substansi berwarna putih dan abu. Pada kedua organ, substansi berwarna putih disebut substansi *alba*, sedangkan yang berwarna abu dinamakan substansi *grisea*. Fungsi keduanya sama seperti yang telah dijelaskan pada komponen otak, yang membedakan adalah posisi. Kebalikan dari otak, substansi *alba* pada sumsum tulang belakang berada di tepi (luar) sedangkan substansi *grisea* di dalam berhubungan dengan fungsi sumsum tulang belakang secara umum yaitu bekerja secara cepat dan pendek untuk

menyampaikan impuls dari saraf sensor ke saraf motorik dikenal dengan gerak refleks. Substansi *grisea* jika dipotong secara melintang akan berbentuk seperti kupu-kupu memiliki dua bagian yaitu akar ventral (punya saraf eferen, membawa impuls dari otak ke efektor) dan akar dorsal (punya saraf aferen, membawa impuls ke otak).

3) Susunan Sistem Saraf

Setelah mempelajari komponen sistem saraf beserta fungsi dan letaknya di dalam tubuh manusia dan hewan vertebrata, pembahasan berikutnya masih terkait komponen sistem saraf yang dikelompokkan menjadi suatu susunan sistem yang khusus. Susunan sistem ini terbagi menjadi dua, yaitu sistem saraf pusat (SSP) dan sistem saraf tepi. Pada umumnya, vertebrata memiliki susunan sistem seperti ini (Campbell, 2017).

a) Sistem Saraf Pusat (SSP)

Sistem saraf pusat mencakup seluruh bagian pada organ otak dan sumsum tulang belakang. Semua fungsi dari kedua organ tersebut akan terkoordinasi pada sistem saraf pusat, mengelola semua informasi yang disampaikan dari luar tubuh, serta mempengaruhi cara tubuh menjawab impuls secara sadar maupun tidak sadar (refleks). Seluruh kegiatan yang dilaksanakan dengan sadar akan dirancang oleh otak sehingga perjalannya lebih Panjang dari refleks, sedangkan kegiatan yang dilakukan secara tidak sadar dijawab dengan sangat cepat sebagai refleks diatur oleh sumsum tulang belakang.

b) Sistem Saraf Tepi (SST)

Sistem saraf tepi merupakan penyambung SSP yang berperan sebagai penerima impuls (rangsangan) untuk disampaikan ke SSP. Berdasarkan pada arah impuls sistem ini terbagi kumpulan saraf yang disebut aferen (sensor) dan eferen (motor) pada pembahasan sebelumnya. Selain itu, sistem ini juga dapat dibedakan secara fungsional (cara kerja) menjadi saraf somatis (sadar) dan otonom (tidak sadar). Namun secara struktural (berdasarkan tempatnya terhubungnya saraf), SST terbagi menjadi saraf kranial dan saraf tulang belakang (pada sumsum tulang belakang) (Campbell, 2008). Karena sebelumnya telah dipahami komponen sistem saraf secara struktural, maka untuk mempermudah pemahaman, SST akan dibahas menurut pembagian secara fungsional, sebagai berikut:

(1) Sistem Saraf Somatik (motorik)

Sistem ini dikatakan sebagai sistem yang bersifat sadar dikarenakan ada kontrol dari otak ataupun sumsum tulang belakang dan terjadi hanya pada aktivitas otot dalam kegiatan sehari-hari. Hal ini pula yang menyebabkan sistem tersusun dari banyak saraf eferen. Disebabkan oleh jumlah dan asal munculnya saraf tersebut, maka sistem ini dibedakan menjadi:

(a) Sistem Saraf Kranial (otak)

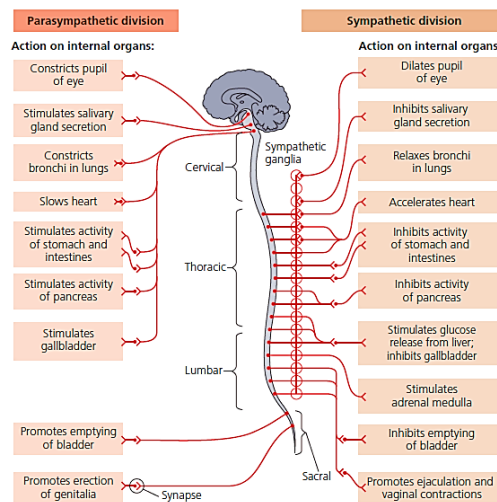
Jenis saraf yang menyusun sistem saraf kranial terdiri dari saraf aferen dan eferen berfungsi sebagai saraf sensor, motorik, atau bahkan keduanya. Keseluruhan saraf kranial berjumlah 12 pasang saraf, salah satunya memiliki juluran yang luas dikenal sebagai saraf pengembara (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289).

(b) Sistem Saraf Spinal (tulang belakang)

Sesuai nama, saraf-saraf spinal berada di dalam sumsum tulang belakang berjumlah sebanyak 31 pasang terdiri dari *Neuron* sensor dan motorik. Impuls diterima oleh dendrit pada reseptor dilanjutkan ke akar dorsal pada sumsum tulang belakang, kemudian diteruskan ke akar ventral dihantarkan oleh akson menuju efektor (Pratiwi, dkk., 2017, hlm. 289).

(2) Sistem Saraf Otonom

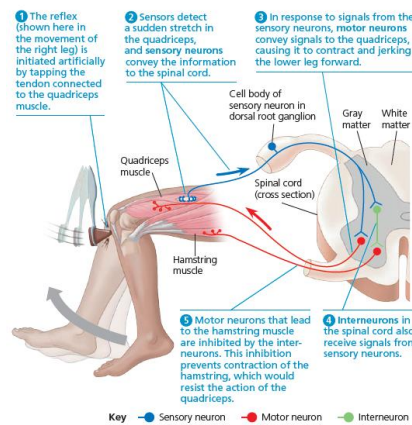
Kerja saraf saraf otonom bekerja secara tidak sadar karena ini fungsinya berhubungan dengan kerja organ dalam yaitu bekerja secara otomatis seperti mesin pabrik yang diprogram oleh insinyur, karena pada dasarnya SST dikontrol seluruhnya oleh SSP. Saraf pengontrol organ ini dapat dibedakan menjadi saraf simpatik dan saraf parasimpatik bersifat bersebrangan (antagonis) dikarenakan cara kerja simpatik merangsang kerja organ sedangkan parasimpatik sebaliknya (menghambat), hal ini pula yang menyebabkan saraf simpatik lebih mendominasi. Penyebab dari perbedaan tersebut adalah zat kimia yang mengubah impuls sehingga bisa disampaikan dari sel saraf satu ke yang lainnya disebut neurotransmitter berbeda pula. Pada saraf parasimpatis zat kimia tersebut berupa asetilkolin sedangkan saraf simpatik dipengaruhi oleh zat kimia noradrenalin.



Gambar 2. 8 Sistem Saraf Otonom

Sumber: (Campbell, 2017)

(3)Gerak Refleks



Gambar 2. 9 Gerak Refleks

Sumber: (Reece et al., 2017)

Pada kondisi khusus, sumsum tulang belakang dapat bertindak tanpa ada pengaturan dari otak, dikenal sebagai respon otomatis yang pendek dan sederhana untuk menjawab rangsangan dari luar tubuh. Respon otomatis ini bersifat tidak sadar terkadang muncul ketika hendak melindungi tubuh (Campbell, 2017). Alur dari terjadinya gerak refleks yaitu rangsangan ke *Neuron* diterima sel sensoris (reseptor), dihantarkan oleh sel aferen ke sumsum tulang belakang, kemudian diproses dengan cara sinapsis antar *Neuron* sensoris dan *Neuron* motorik yang dihantarkan oleh sel eferen ke *Neuron* motorik menggerakkan efektor. Alur tersebut dinamakan jalur lengkung refleks.

4) Mekanisme Kerja Saraf

Pada mulanya impuls diterima oleh suatu sel saraf sensoris untuk diteruskan ke sel saraf inter *Neuron* kemudian ke saraf motorik menggunakan akson. Akson tersebut akan menyampaikan impuls dari cabangnya menuju sambungan sel lain disebut sinapsis yang terspesialisasi menjadi terminal sinapsis. Berbagai jenis impuls (mendengar, melihat, merasa, dll) akan disinyalkan ke dalam sel lain dalam bentuk pesan kimiawi berupa neurotransmitter, sama seperti suara yang diubah menjadi gelombang berebentuk sinyal agar dapat diterima penjawab telepon ketika menelepon. Sel pengirim sinyal (mentransmisi rangsangan) dinamakan sel prasinapsis sedangkan sel penerima sinyal disebut sel pascasinapsis.

Apapun jenisnya struktural maupun fungsional, saraf berperan sebagai pengahantar impuls (rangsangan) dari luar tubuh ataupun dalam tubuh melalui suatu mekanisme. Mekanisme tersebut, secara garis besar disebut hiperpolarisasi (sumber lain menyebabkan polarisasi) dan depolarisasi yang berhubungan dengan kondisi muatan ion di dalam serta luar membran sel. Keadaan ion ini akan mempengaruhi kondisi voltase (perbedaan muatan listrik) pada potensial membran (Reece et al., 2012).

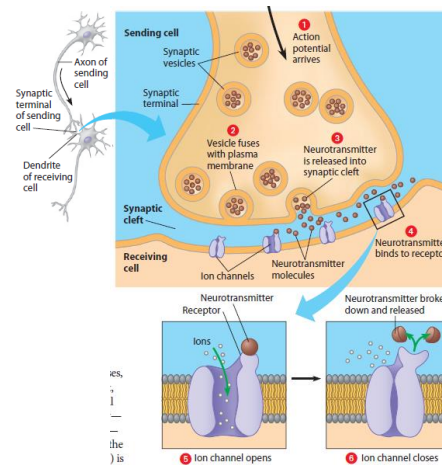
Diketahui pula, kondisi saraf yang sedang tidak menerima sinyal dikatakan sebagai potensial istirahat dilambangkan dengan tanda negative (bermuatan negatif) dalam membran *Neuron*, sedangkan kondisi sebaliknya (membrane dalam sel bermuatan positif) disebut potensial aksi. Sifat membrane sel yang permeable memungkinkan perpindahan ion dengan cara transport aktif sehingga terjadi kondisi membrane dalam sel bermuatan negatif atau positif. Karena berhubungan dengan listrik yang dihasilkan saat terjadi voltase, maka kerja saraf sangat cepat sama seperti mengalirnya listrik dari stopkontak ketika manusia menyalakan TV. Ketika impuls telah ditingkatkan ke sel lain, saraf yang tidak memiliki impuls akan memulihkan diri dan tidak bisa menerima impuls selama masa pemulihan, periode ini disebut dengan periode refraktori.

Untuk menjelaskan apa yang terjadi ketika impuls masuk ke saraf melalui dendrit kemudian dihantarkan melalui rangkaian akson hingga sampai ke tombol sinapsis akan diuraikan dalam penjelasan berikut:

- a) Kondisi sel saraf sebelum menerima impuls disebut potensial istirahat. Potensial istirahat terjadi karena pengaruh jumlah ion positif K^+ dan ion Na^+ yang dipertahankan di dalam membrane sel oleh pompa kalium-natrium secara transpor aktif berfungsi mengeluarkan atau memasukan kedua ion tersebut ke dalam atau keluar membrane sel. Potensial istirahat akan membuka saluran kalium sehingga ion K^+ berpindah keluar membrane sel dan memenuhi luar membrane sel bersama Na^+ , menyebabkan membran sel bermuatan negatif (peristiwa menuju kondisi negatif ini dikenal pula sebagai hiperpolarisasi). Jumlah ion Na^+ di luar membran sel tidak berkurang banyak karena sedikit sekali saluran yang terbuka ke dalam membran sel mengakibatkan tidak adanya pergerakan yang dapat meningkatkan voltase.
- b) Untuk menerima impuls, kondisi sel saraf harus berubah dari keadaan potensial istirahat menjadi potensial aksi. Potensial aksi terjadi saat saluran ion Na^+ banyak terbuka mengakibatkan ion tersebut masuk ke dalam membrane sel dan membangkitkan depolarisasi (mengubah kondisi membrane sel negative menjadi positif). Saluran natrium
- c) merupakan salah satu dari saluran ion bergerbang voltase (dimiliki setiap *Neuron*) untuk membangkitkan depolarisasi sebagai respon ketika ada perubahan potensial membran. Peristiwa ini terjadi sampai ambang batas tertentu karena ketika itu saluran ion K^+ akan kembali terbuka, menjadikan sel kembali pada potensi istirahat (membrane dalam sel bermuatan negatif).

Kedua peristiwa ini bukan hanya terjadi antar sel tetapi pada seluruh bagian sel, misalnya dari satu akson ke akson lainnya berlangsung dengan sangat cepat hingga perpindahan muatan negatif-positif tersebut digambarkan seperti meloncat atau diistilahkan dengan konduksi melompat. Kecepatan konduksi dipengaruhi oleh diameter akson karena lebih resisten terhadap listrik. Diameter yang besar akan memperbesar pula permukaan akson disebabkan oleh tebalnya selubung mielin. Konduksi melompat terjadi karena adanya nodus renvier (celah pada akson) yang tidak memiliki saluran natrium bergerbang voltase dan bersentuhan langsung dengan cairan ekstra seluler (membrane sel bagian luar) sehingga bermuatan negative, melompat ke selubung mielin bermuatan positif (Campbell, 2008).

(1) Komunikasi antar sel saraf di sinapsis



Gambar 2. 10 Komunikasi Antar Sel

Sumber: (Reece et al., 2012)

Setelah terjadi penghantaran impuls antar aksion seperti yang terjadi pada penjelasan sebelumnya, impuls sampai di tombol sinapsis kemudian ditransmisikan menjadi neurotransmitter (sinapsis kimiawi) yang dihasilkan oleh sel saraf parasinapsis dan dikemas menjadi vesikel sinapsis. Peristiwa ini terjadi saat tombol sinapsis sedang melakukan potensial aksi, memungkinkan saluran Ca^{2+} terbuka (ingat saluran ion bergerbang voltase bukan hanya saluran natrium). Ion Ca^{2+} yang masuk ke membrane dalam tombol sinapsis menyebabkan vesikel sinapsis melepaskan neurotransmitter ke sel pascasinapsis disertai dengan terbukanya saluran ion-ion spesifik lainnya seperti ion Na^{+} dan K^{+} mengulangi proses mekanisme hiperpolarisasi dan depolarisasi. Neurotransmitter kemudian akan dibungkus kembali menjadi vesikel sinapsis oleh sel pascasinapsis. Terdapat banyak sekali neurotransmitter, bukan hanya yang digunakan pada SST.

5) Gangguan Pada Sistem saraf

Gangguan pada sistem saraf biasanya akan terlihat jelas pada pola perilaku manusia. Beberapa diantaranya disebabkan karena ada kesalahan pada mekanisme hingga kurangnya zat kimia yang membantu sistem ini bekerja. Beberapa gangguan tersebut dipaparkan sebagai berikut:

a) Parkinson

Parkinson merupakan penyakit gangguan motorik, akibat berkurangnya neurotransmitter dopamine pada basal ganglia (nucleus otak besar). Penyebab

penyakit Parkinson hingga saat ini belum teridentifikasi. Namun penyakit Parkinson terjadi seiring dengan bertambahnya usia, yaitu rentang usia 65-85 tahun. Gejala penyakit Parkinson adalah tangan gemetar, sulit melakukan gerakan atau lamban, dan kekakuan otot. Seringkali penderita parkinson mengalami tremor otot, keseimbangan yang buruk, postur yang membungkuk, dan otot wajah yang kaku sehingga sulit mengubah ekspresi. Saat ini belum ada pengobatan untuk penyakit parkinson, namun hanya berupa penanganan gejala-gejala penyakit tersebut. Penanganan gejala penyakit tersebut diantaranya dengan operasi otak, pemberian obat-obatan seperti antikolinergik dan levodopa, seta terapi fisioterapi.

b) Skizoprenia

Merupakan penyakit gangguan mental, biasanya penderita mengalami halusinasi (mendengar suara – suara yang hanya dpat didengar oleh mereka) dan delusi (pikiran bahwa orang lain berkomplot untuk mencederai mereka), kekacauan berfikir, dan perubahan perilaku. Kondisi tersebut menyebabkan penderita sulit membedakan pikiran sendiri dan kenyataan. Penyebab penyakit skizofrenia belum diketahui secara pasti. Namun para peneliti mengemukakan bahwa skizofrenia disebabkan oleh kombinasi dari faktor genetik, sistem kimiawi otak, serta faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap perkembangan dari perkembangan dari penyakit ini. Masalah pada beberapa zat kimiawi otak yang diproduksi secara alamiah, termasuk dopamin dan glutamat, dapat berkontribusi terhadap terjadinya skizofrenia. Pemeriksaan pencitraan juga menunjukkan adanya perbedaan pada struktur otak dan sistem saraf pusat pada orang dengan skizofrenia. Skizofrenia dapat membutuhkan penanganan seumur hidup, walaupun gejala sudah mereda. Penanganan dengan pengobatan dan terapi psiko-sosial dapat membantu menangani kondisi ini. Pengobatan skizofrenia juga dapat menyebabkan beberapa efek samping, salah satunya adalah gangguan anggota gerak.

c) Stroke

Penyakit stroke merupakan penyakit gangguan fungsional otak berupa kelumpuhan saraf akibat terhambatnya aliran darah di otak biasanya disebabkan tekanan darah tinggi (hipertensi). Penyakit stroke memiliki gejala yang beragam tergantung beratnya penyakit, misalnya hanya pusing saja, sulit berbicara, pingsan, bahkan sampai kelumpuhan atau kematian. Penanganan stroke tergantung pada

kondisi penderita, biasanya dokter memberikan obat-obatan atau melakukan operasi. Sedangkan untuk memulihkan kondisi, penderita akan dianjurkan menjalani fisioterapi dan terapi psikologis.

d) Epilepsi

Epilepsi merupakan suatu penyakit **akibat pola aktivitas listrik otak yang tidak normal yaitu dilepaskannya letusan-letusan listrik (impuls) pada Neuron-Neuron di otak. Gejalapenyakit epilepsi yaitu keluhan kejang, sensasi dan perilaku yang tidak biasa, hingga hilang kesadaran. Penyebab penyakit epilepsi dapat disebabkan karena kelainan pada jaringan otak, ketidakseimbangan zat kimia di dalam otak, ataupun kombinasi dari beberapa faktor penyebab tersebut.** Epilepsi bisa terjadi pada semua usia, baik wanita atau pria. Namun, umumnya epilepsi bermula pada usia anak-anak, atau malah mulai pada saat usia lebih dari 60 tahun. Epilepsi merupakan penyakit saraf yang paling banyak terjadi. Berdasarkan data WHO tahun 2018, sekitar 50 juta penduduk di dunia mengalami gangguan ini. Pengobatan penyakit epilepsy dapat dengan pemberian obat secara tepat dapat menstabilkan aktivitas listrik dalam otak, serta dapat mengendalikan kejang pada penderita epilepsi. Obat untuk menangani epilepsi adalah obat jenis antiepilepsi.

e) Neuritis

Neuritis merupakan penyakit peradngan pada saraf. Peradangan ini dapat diakibatkan oleh tekanan, benturan, ppukulan, patah tulang, maupun kekurangan vitamin B. Gejala yang dialami oleh penderita adalah sensasi geli, terbakar, dan sensasi abnormal di area saraf yang meradang. Gejala lainnya termasuk nyeri yang menusuk dan otot yang lemah. Untuk pengobatan penyakit tersebut diantaranya pemberian suplemen vitamin B, prosedur bedah, dan terapi medis.

b. Karakteristik Materi

1) Perubahan Perilaku Hasil Belajar

Menurut Abu Ahmadi pada tahun 2003 (Tarsih et al., 2014) menyebutkan bahwa ciri-ciri adanya perubahan perilaku dalam pengertian belajar adalah: 1) perubahan dalam belajar bersifat permanen atau bersifat menetap, 2) perubahan dalam belajar memiliki tujuan atau bisa disebut terarah, perubahan belajar dikerjakan terarah terhadap tingkah laku yang sudah ditetapkan, dan perilaku belajar dapat diamati berdasarkan karakteristik pada strategi sistem pembelajaran.

Penilaian berdasarkan kurikulum 2013 menggunakan penilaian autentik yang mengukur pada penilaian sikap, keterampilan dan pengetahuan (kognitif) yang berdasarkan proses dan hasil (Umami dkk., 2021). Penilaian dalam penelitian ini adalah penilaian dalam ranah pengetahuan (kognitif). Perubahan perilaku berupa tindakan bisa dilihat saat proses pembelajaran. Pada penelitian ini perubahan yang diharapkan sesuai dengan tujuan penelitian yaitu peserta didik dapat meningkatkan kemampuan analisis pada materi sistem saraf. Sistem saraf merupakan bagian dari sistem regulasi atau disebut juga pengatur. Selain itu, sistem saraf dikenal pula sebagai bagian dari sistem koordinasi karena berperan sebagai pengontrol dan pengatur kerja sistem organ. Sistem organ ini harus bekerja secara teratur dan selaras sehingga tubuh dapat melakukan metabolisme secara sempurna agar hewan dan manusia dapat bertahan hidup (Karmana, 2007).

Pada Taksonomi Bloom dalam Taksonomi Anderson dan Krathwohl terdapat dimensi pengetahuan (*Knowledge Dimension*) dan dimensi proses kognitif (*Cognitive Process Dimension*), dimensi proses kognitif terdapat 6 kategori; yaitu kemampuan mengingat, memahami, dan menerapkan yang merupakan kemampuan berpikir tingkat rendah, kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta termasuk kemampuan berpikir tingkat tinggi (Krathwohl, D & Anderson, L, 2010).

2) Kongkret dan Abstrak Materi

Kata kongkret menurut (Kunjana, 2009) merupakan sebuah kata yang menunjukkan sebuah benda yang bisa dilihat, diraba, dirasakan, dibaui maupun didengar dan kata abstrak adalah kata yang digunakan untuk membuktikan suatu gagasan atau ide yang cenderung kompleks dan rumit.

Konsep kongkret dan abstrak merupakan konsep dari strategi pembelajaran yang sangat penting agar dapat dipahami oleh peserta didik, dikarenakan dalam kehidupan manusia selalu dihadapkan dengan alat dan benda disekitarnya dalam sehari-hari (Kusumawardhani, 2015). Menurut (Kurniati, 2001) sistem saraf adalah materi yang sulit dipelajari karena bersifat abstrak dan rumit, hal ini karena bertautan dengan mekanisme fisika dan kimiawi yang kompleks. Konsep sistem saraf berkenaan dengan bagian saraf, mekanisme penghantar rangsangan, kelainan pada sistem saraf dan merupakan pengetahuan yang tidak bisa didapatkan dari melihat objek secara langsung sehingga terbilang sulit untuk dipahami (Fitri dkk.,

2019). Pada sistem saraf, dimensi pengetahuan nampaknya sangat sulit dicapai karena karakteristik materi itu sendiri, berdasarkan penelitian Daud & Putra (2011) beberapa dimensi pengetahuan tersebut yaitu:

- a) Pengetahuan faktual tentang komponen, struktur, dan fungsi sel saraf.
- b) Pengetahuan konseptual terkait mekanisme kerja impuls dan mekanisme antar saraf di sinapsis.
- c) Pengetahuan prosedural mengenai tahapan perubahan ion positif dan negatif di dalam dan luar *Neuron*.
- d) Pengetahuan metakognitif tentang kasus-kasus yang terjadi pada gerak sadar dan tidak sadar, seperti reaksi tubuh saat tertusuk jarum.

Usaha guru dalam meningkatkan hasil belajar harus dimulai dari menyusun strategi, menentukan metode, dan memilih media pembelajaran. Misalnya dengan menggunakan teknologi digital yang lebih modern (Nurokhmah dkk., 2016) untuk membantu peserta didik lebih memahami konsep sistem saraf.

c. Bahan dan Media Pembelajaran

Bahan ajar atau sumber belajar merupakan sumber data, orang dan perwujudan yang bisa digunakan oleh peserta didik dalam belajar sehingga mempermudah dalam mencapai tujuan pembelajaran. Bahan ajar adalah bentuk bahan (informasi, alat, ataupun teks) yang digunakan untuk membantu pengajar atau guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar dan media pembelajaran adalah alat, sarana, perantara, untuk menyampaikan pembelajaran supaya dapat merangsang pikiran, perasaan, perbuatan, minat dan perhatian peserta didik (Rusman, 2011).

Media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran materi Sistem Saraf berdasar kerangka kerja *TPACK* yaitu berupa *multimedia interaktif* (MMI) yang di *upload* ke dalam *Learning Management System (LMS)*, yang kemudian akan diakses dan dipelajari secara *daring (online)* oleh peserta didik. Adapun *Learning Management System (LMS)* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Moodle*. Media pembelajaran berdasar kerangka kerja *TPACK* ini dapat mempermudah dan membantu peserta didik dalam memahami dan mempelajari materi yang sulit divisualkan dan objeknya sulit dihadirkan secara langsung (Triyanti, 2015). Media pembelajaran dengan menggunakan kerangka kerja *TPACK* mengubah bahan ajar ke dalam bentuk multimedia interaktif yang bersifat fleksibel dalam menyediakan

materi disertai visualisasi nyata, sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami materi. *Multimedia interaktif* (MMI) yang digunakan dalam penyampaian materi pada penelitian ini adalah *Articulate Storyline 3*.

d. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran merupakan strategi yang digunakan dalam bidang pendidikan atau kegiatan pembelajaran untuk mengilustrasikan keseluruhan prosedur yang sistematis dalam mencapai tujuan, lalu memberikan batasan mengenai strategi belajar mengajar adalah cara yang digunakan untuk menunjukkan keseluruhan aktivitas yang dilakukan pengajar atau guru untuk menciptakan suasana belajar mengajar yang sangat mendukung bagi tercapainya tujuan pembelajaran (Salusu, 2015).

Kualitas pembelajaran bukan hanya dipengaruhi oleh media, tetapi juga model pembelajaran sebagai aspek yang penting dalam suatu proses belajar untuk mencapai pemahaman sempurna. (Marleni, 2020). Model pembelajaran *e-learning* adalah model yang bisa dilaksanakan secara daring (dalam jaringan) yang terhubung dengan internet. Pembelajaran *E-learning* dalam bentuk sekolah virtual sangat bergantung pada keberadaan TIK pendidikan, namun memiliki beberapa kelebihan diantaranya, peserta didik belajar secara fleksibel, pada pembelajaran sistem saraf meningkatkan minat dan *output* belajar karena tampilan menarik, materi ditampilkan berurutan, peserta didik dapat memberikan umpan balik secara langsung ketika mendapat pertanyaan dari media belajar (interaktif dan menyenangkan), konten dilengkapi video untuk menerjemahkan konsep abstrak sehingga pembelajaran lebih mudah dipahami (Zahora & Saparso, 2021).

Strategi pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini untuk mempercepat belajar peserta didik dengan hasil yang lebih baik adalah strategi pembelajaran *e-learning*. Strategi pembelajaran ini dapat memanfaatkan media yang sekolah sediakan serta yang peserta didik punya. Dengan banyaknya peserta didik yang memiliki handphone atau smartphone membuat peluang bagi guru untuk memanfaatkan strategi pembelajaran berbasis *e-learning*. *E-learning* merupakan transformasi perkembangan dari teknologi informasi dan komunikasi yang digunakan untuk belajar mengajar menggunakan media elektronik seperti *smartphone*, *ipad*, komputer, laptop, atau media elektronik lainnya yang dapat

terhubung dengan jaringan internet dan dilakukan di luar area sekolah atau pembelajaran jarak jauh (Sagita & Khairunnisa, 2019).

e. Sistem Evaluasi

Evaluasi pembelajaran menurut (Haryanto, 2020) merupakan sebuah proses pengukuran dan penilaian aspek (input, proses, output, outcome, dan dampak) tentang arti dan nilai terhadap pembelajaran yang telah dianalisis. Tujuan dari evaluasi pembelajaran menurut Sukardi (*dalam* Haryanto, 2020) adalah pertama, menilai ketercapaian; kedua, mengukur aspek belajar; ketiga, sarana untuk mengetahui apa yang peserta didik sudah mengetahui; keempat, memotivasi belajar peserta didik; kelima, sebagai sumber informasi; keenam, menjadikan hasil evaluasi sebagai dasar perubahan kurikulum.

Menurut Zainal Arifin (2009) dalam (Trisnamanansyah, 2014) tujuan evaluasi pembelajaran adalah untuk mengetahui efektif dan efisiennya sistem pembelajaran, baik dalam tujuan materi, metode, media sumber belajar, lingkungan ataupun sistem penilaian itu sendiri. Biologi terdiri dari rangkaian aktivitas dalam mempelajari informasi relevan, hukum, prinsip saja. Akan tetapi, sebagai cabang pembelajaran sains, peserta didik juga perlu belajar cara menemukan informasi, mengkolaborasikan antara teknologi dan sains, menguasai metode ilmiah, serta memiliki keterampilan berpikir (D. Lestari dkk., 2016).

Kemampuan peserta didik dalam berpikir tingkat tinggi, perlu melakukan pengukuran menggunakan soal yang telah disusun dengan benar sesuai tujuan penilaian, sehingga tujuan pembelajaran akan tercapai (Mahariyanti, 2021). Kemampuan analisis sebagai bagian dari berpikir tingkat tinggi tidak akan tercapai jika proses belajar baru sampai pada tahap menghafal serta mengemukakan kembali apa yang telah dihafalnya, hal ini menyebabkan instrumen atau soal penilaian tingkat tinggi sebagai alat ukur dan sarana latihan menjadi penting, terutama dalam menghadapi tuntutan pembelajaran sains di masa depan (R. R. Putri dkk., 2018). Proses pencapaian kemampuan analisis diawali dengan mengidentifikasi masalah, mengolah, mencari solusi untuk menyelesaikan masalah, sehingga dapat disimpulkan pola pikir analitis seperti ini sangat penting untuk dikembangkan (Nurjanah dkk., 2021).

Sebelum melakukan *assesment*, guru harus memahami indikator pencapaian kompetensi agar pengukuran pencapaian pembelajaran dapat sesuai dengan tujuan pembelajaran. Kemampuan analisis terdiri dari kegiatan menguraikan suatu informasi atau permasalahan menjadi potongan kecil supaya hubungan ketergantungan satu sama lain sebagai strategi penyelesaian masalah dapat diketahui, walaupun begitu susunan sistematis sebuah kerangka kerja tetap diperlukan untuk menemukan solusi tercepat dari permasalahan tersebut (A. N. Pratiwi, 2019). Penelitian Utami dkk. (2015) mengemukakan penilaian kemampuan analisis pada materi sistem saraf terdiri dari sub indikator sebagai berikut:

- 1) Membedakan, kemampuan peserta didik mengidentifikasi potongan informasi, kemudian menyesuakannya (menentukan relevan (penting) atau tidak informasi tersebut) dengan tema pembahasan atau suatu struktur yang lebih besar. Contohnya peserta didik dapat mengidentifikasi organ yang termasuk kedalam struktur sistem saraf, seperti otak dan sum-sum tulang belakang.
- 2) Mengorganisasikan, kemampuan mengenali karakteristik dari potongan-potongan informasi sehingga dapat dipahami hubungan antar potongan informasi tersebut dan posisinya pada suatu struktur yang lebih besar. Peserta didik memahami hubungan informasi seputar komponen penyusun, peran, mekanisme, dan gangguan fungsi di dalam suatu sistem misalnya sistem saraf.
- 3) Mengatribusikan, kemampuan menentukan tujuan, sudut pandang, dan nilai dari potongan informasi hingga dapat menarik sebuah kesimpulan. Misalnya, pada materi sistem saraf guru dapat memberikan petunjuk atau karakteristik gangguan pada materi sistem saraf kemudian menanyakan nama atau istilah yang dapat mewakili karakteristik tersebut.

B. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Iskandar, 2020) yang bertempat di Bandung dengan judul penelitian “**Penerapan *E-learning* sebagai Komponen *TPACK* Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Sistem Imun**”, dengan hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar pada materi sistem imun melalui penerapan metode *E-learning* sebagai komponen *TPACK*. Dapat diketahui dari peningkatan hasil *pretest* sebelum dilakukannya pembelajaran dapat meningkat nilai *posttest*

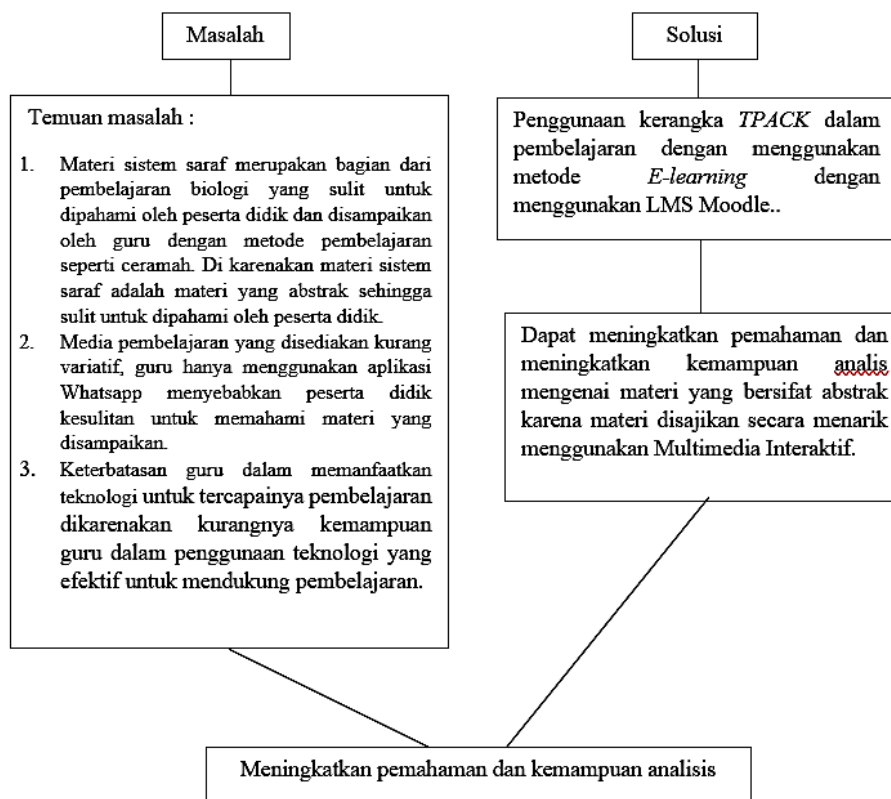
setelah dilakukannya pembelajaran. Dapat dilihat dari uji normalitas dengan nilai *pretest* sebesar $0.219 > 0.05$ menunjukkan data berdistribusi normal, pada nilai *posttest* sebesar 0.008 ".

2. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Nurdiani *et al.*, 2019) yang bertempat di Bandung dengan judul penelitian "Peran *MMI* dan *LMS Moodle* sebagai Komponen *TPACK* Dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep Embriologi Mahasiswa Calon Guru Biologi", dengan hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan penguasaan konsep pada pembelajaran embriologi melalui kerangka kerja *TPACK* dalam penggunaan *E-learning*.

C. Kerangka Pemikiran

Menurut Rusman pada tahun 2011 dalam (Weni & Isnani, 2016) teknologi informasi dan komunikasi merupakan suatu tuntutan global dalam dunia pendidikan untuk meningkatkan kualitas pendidikan khususnya pada proses pembelajaran. Pada abad 21 ini masyarakat dihadapkan pada pesatnya peningkatan teknologi dan sains yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil observasi awal, mata pembelajaran biologi merupakan salah satu pembelajaran yang sulit untuk dimengerti. Hal ini karena sebagian besar materi bersifat abstrak dan keterbatasan dalam penggunaan teknologi agar dapat mendukung pembelajaran. Disamping itu, proses belajar mengajar terkadang mendapat kendala ketika pembelajaran yang berdampak kepada rendahnya kemampuan analisis, sesungguhnya kemampuan analisis adalah kemampuan yang sangat penting untuk peserta didik dalam menguasai materi sistem saraf.

Adanya wabah pandemik Covid-19 saat ini membuat pembelajaran menjadi kurang efektif karena peserta didik harus berpindah dari yang asalnya belajar secara tatap muka secara langsung sekarang menjadi tatap muka secara virtual dan guru masih belum memanfaatkan teknologi yang lebih kreatif, inovatif dan mutakhir serta guru kurang memvariasikan media pembelajaran yang digunakan agar materi yang dianggap abstrak dapat lebih dipahami peserta didik dengan menerapkan penggunaan pembelajaran *Asynchronous* atau *E-learning* dengan menggunakan aplikasi *Moodle* pada kerangka kerja *TPACK* dapat membantu guru dalam proses pembelajaran agar lebih mudah dipahami dan dapat meningkatkan kemampuan analisis peserta didik.



Gambar 2. 11 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa *TPACK* merupakan solusi untuk mengatasi tantangan teknis pengembangan teknologi sehingga terintegrasi antara konten dan mengajar dalam suatu konteks khusus. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu mengemukakan bahwa penerapan kerangka *TPACK* dapat membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran oleh (Nurdiani *et al.*, 2019). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa dalam menerapkan metode pembelajaran *e-learning* berbasis *TPACK* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Iskandar, 2020).

Beberapa hasil penelitian sebelumnya sekaligus kenyataan di lapangan memperkuat pernyataan bahwa sistem saraf terutama dalam hal menganalisis kontennya (seperti ketentuan capaian kurikulum) merupakan pembelajaran yang sulit disampaikan apalagi ditambah kondisi *online* tanpa tatap muka mengakibatkan pencapaian tujuan pembelajaran tidak memuaskan. *TPACK* merupakan solusi yang harus diterapkan, namun ketepatan pemilihan teknologi digital sesuai dengan konten dan metode pengajaran juga perlu diperhatikan karena penelitian terdahulu

menunjukkan kurangnya wawasan dan praktek guru perihal penerapan *Information and Communication Technology* atau dalam konsep *TPACK* termasuk aspek dari *Technological Content Knowledge (TCK)* dan *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* ke dalam pembelajaran terbukti mempengaruhi hasil belajar. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut diantaranya melaksanakan daring dibantu perangkat multimedia interaktif.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, agar dalam pembelajaran materi sistem saraf dapat mencapai kemampuan yang diharapkan maka solusi yang ditawarkan yaitu implementasi pembelajaran dengan *metode e-learning* yang menggunakan *LMS Moodle* sebagai komponen kerangka kerja *TPACK* pada pokok materi Sistem Saraf yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan analisis peserta didik. Selain itu solusi tersebut sejalan dengan belum ditemukannya informasi yang memadai mengenai implementasi *metode e-learning* yang menggunakan *LMS Moodle* berbasis *TPACK* khususnya pada materi Sistem Saraf.

D. Asumsi dan Hipotesis

1. Asumsi

Asumsi adalah suatu anggapan atau dugaan sementara yang dibuat acuan untuk melakukan penelitian ini. Didapatkan asumsi bahwa:

1. Pemanfaatan Moodle sebagai komponen *TPACK* dapat meningkatkan kemampuan analisis peserta didik.
2. Pembelajaran materi sistem saraf yang dilaksanakan menggunakan kerangka komponen *TPACK* dapat meningkatkan kemampuan analisis peserta didik.

2. Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara dari asumsi. Didapatkan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : tidak terdapat peningkatan kemampuan analisis peserta didik pada materi sistem saraf dalam memanfaatkan *Moodle*.

H_1 : terdapat peningkatan kemampuan analisis peserta didik pada materi sistem saraf dalam memanfaatkan *Moodle*.