

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

Teknologi seringkali menjadi modal untuk mendapatkan wawasan berskala luas melingkupi kajian alam semesta. Semenjak dunia memasuki era globalisasi, apalagi setelah *COVID 19* merebak, tuntutan supaya Indonesia tidak tertinggal dan teguh mempertahankan karakteristik pendidikan abad 21 merupakan tantangan luar biasa bagi para pendidik. Sesulit apapun menghadapi pandemik, guru diwajibkan untuk tetap mencapai konsep dari pendidikan abad 21 (Pratiwi dkk., 2019). Seperti yang telah diketahui sebelumnya, teknologi merupakan ciri dari pendidikan 4.0 (sebutan lain dari pendidikan abad 21), sudah menjadi keharusan kaum pendidik memahami fungsi teknologi di lingkungan pendidikan.

Teknologi merupakan bidang kajian yang akan selalu berkembang. Pada buku tulisan Samad (2016, hlm. 7) Baiquni berpandangan bahwa landasan dari teknologi modern ditafsirkan dari ayat-ayat kaunyah Al-Quran dan menjadi bagian yang penting, maka dalam agama perkembangan teknologi sudah pasti harus dimanfaatkan ke arah positif contohnya demi kemajuan IPTEK di bidang pendidikan Indonesia. Mengupas dari berita *online* Kompas 2021, teknologi digital berfasilitas internet pada perspektif budaya, telah menjadi media andalan khususnya di tatar Sunda untuk mempublikasikan betapa banyak ragam budaya daerah kebanggaan Indonesia.

1. Kemampuan *Analisis*

Sebelum jauh memahami tentang teknologi pendidikan, terlebih dahulu pendidik maupun calon guru selayaknya paham tujuan pembelajaran. Tujuan menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) berarti tuntutan atau maksud. Setiap aktivitas termasuk pembelajaran pasti menginginkan sesuatu untuk dicapai, tertera pada rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) dalam bentuk kalimat operasional turunan dari kompetensi dasar berdasarkan kurikulum di Indonesia. Bentuk kalimat tujuan pembelajaran terdiri dari kata kerja memiliki makna

proses kognitif atau dulu disebut perilaku dan kata benda bermakna pengetahuan sebagai ganti dari isi pembelajaran, kata kerja dan kata benda tersebut sekarang lebih dikenal dengan dimensi kognitif dan juga dimensi pengetahuan yang harus dikonstruksi atau dikuasai peserta didik (Anderson & Krathwolh, 2015, hlm. 19).

Supaya kemampuan analisis dimiliki oleh peserta didik, langkah *pertama* untuk menggapainya yaitu memahami tujuan pembelajaran. Sayangnya, menurut Anderson dan Krathwolh (2015, hlm. 5) tujuan pembelajaran saat ini sulit dipahami atau bermakna kabur, perlu kerangka berpikir berisi kategori tentang objek, pengalaman, dan ide-ide yang selanjutnya diseleksi dengan kriteria tertentu. Sebagian besar pembelajaran biologi direalisasikan melalui metode ilmiah, sehingga peserta didik dituntut memiliki kemampuan berpikir analitis induktif maupun deduktif dalam menghadapi permasalahan alam sekitar, hal ini sejalan dengan hasil survei bahwa peserta didik diutamakan dapat berpikir, menyelesaikan masalah serta mengemukakan solusi untuk diterapkan (Angraini & Sriyati, 2019). Pencapaian ini akan lebih mudah jika guru dan peserta didik memahami tujuan pembelajaran.

Apabila ditelaah, tujuan pembelajaran biologi contohnya materi sistem saraf memiliki kata kerja menganalisis seperti yang tercantum pada kompetensi dasar. Kemampuan analisis termasuk salah satu kategori proses kognitif, menekankan supaya peserta didik dapat membedakan seluruh bagian kecil pada materi kemudian mencari hubungan bagian tersebut satu sama lain. Kegiatan membedakan, megorganisasikan, dan mengatribusikan merupakan bagian dari proses menganalisis, bertujuan agar peserta didik dapat membedakan mana fakta atau opini serta menentukan relevan atau tidak relevan fakta tersebut, memahami susunan dari potongan informasi sehingga dapat membentuk suatu informasi yang utuh (sistematis) juga memahami tujuan atau makna dibalik informasi tersebut (Anderson dan Krathwolh, 2010, hlm. 120). Perluasan makna dari kategori analisis berdasarkan taknomi Bloom revisi telah dirangkum dalam **Tabel 2.1**. Perlu diingat, untuk mencapai target pembelajaran, pemberian tugas dan asesmen tidak cukup hanya sebatas mempelajari apa yang ditargetkan karena sepanjang proses belajar, kategori kognitif lain pun harus dilibatkan agar terjadi transfer belajar (Anderson dan Krathwolh, 2010, hlm. 139).

Tabel 2.1 Indikator Kemampuan Analisis

Kategori dan Proses Kognitif	Nama - Nama Lain	Definisi dan Contoh
4. Menganalisis Memecah-mecah materi jadi bagian-bagian penyusunnya dan menentukan hubungan-hubungan antar bagian itu dan hubungan antara bagian-bagian tersebut dan keseluruhan struktur dan tujuan.		
4.1 Membedakan	Menyendirikan, Memilah, Memfokuskan, Memilih	Membedakan bagian materi pelajaran yang relevan dari yang tidak relevan, bagian yang penting dari yang tidak penting (Membedakan antara bilangan yang relevan dan bilangan yang tidak relevan dalam soal cerita matematika).
4.2 Mengorganisasi	Menemukan koherensi, Memadukan, Membuat garis besar, Mendeskriskan peran, Menstrukturkan	Menentukan bagaimana elemen-elemen bekerja atau berfungsi dalam sebuah struktur (Misalnya, menyusun bukti-bukti dalam cerita sejarah jadi bukti-bukti yang mendukung dan menentang suatu penjelasan historis).
4.3 Mengatribusikan	Mendekonstruksi	Menentukan sudut pandang, bias, nilai, atau maksud di balik materi pelajaran (Misalnya, menunjukkan sudut pandang penulis suatu esai sesuai dengan pandangan politik si penulis).

(Sumber: Anderson dan Krathwolh, 2015, hlm. 101)

2. Pembelajaran Berkaidah *TPACK*

Menerapkan teknologi dalam pembelajaran memerlukan cara khusus supaya tujuan operasional terpenuhi, strategi pembelajaran berbentuk kerangka kerja bisa menjadi alternatif agar guru dapat mengontrol perkembangan proses pendidikan. *TPACK* merupakan kerangka kerja pembelajaran yang melibatkan beberapa komponen pengetahuan (Nurdiani dkk., 2019b). Kerangka *TPACK* dalam karya tulis ilmiah milik Koehler dkk., (2013) muncul sebagai upaya mewujudkan pembelajaran efektif, mengharuskan guru untuk lebih banyak mencari tahu cara peserta didik berpikir dan belajar, mengetahui secara spesifik pembelajaran yang harus dibelajarkan, dan mengetahui tentang teknologi. Setelah lebih dari sekali

model dikembangkan, berawal dari kombinasi tiga komponen dasar yaitu pengetahuan konten, pengetahuan pedagogi, serta pengetahuan teknologi, akhirnya *TPACK* berhasil dipopulerkan sebagai kerangka kerja yang mengintegrasikan antara pengetahuan konten (*CK*), pengetahuan teknologi (*TK*), pengetahuan pedagogi (*PK*), pengetahuan teknologi dan konten (*TCK*), pengetahuan pedagogi dan konten (*PCK*), serta pengetahuan teknologi dan pedagogik (*TPK*) dalam suatu lingkup pembelajaran tertentu (Nurdiani dkk., 2019a). Bersumber dari buku Susana (2020, hlm. 39-40) dilengkapi dari referensi lain, tujuh komponen *TPACK* secara lebih terperinci dipaparkan sebagai berikut:

a. *Content Knowledge (CK)*

Pengetahuan konten merupakan susunan materi atau disiplin ilmu ilmiah yang harus diketahui guru, sehingga dapat diajarkan sesuai dengan tingkatan kelasnya. Kemampuan menguasai fakta, teori, metode ilmiah, pemahaman ketika menyatakan suatu argumen berdasarkan bukti, penting untuk dilakukan sepanjang proses pembelajaran IPA atau sains (Koehler dkk., 2013).

b. *Pedagogical Knowledge (PK)*

Pengetahuan pedagogi terkait pada proses pembelajaran, metode mengajar, pengembangan RPP, cara belajar peserta didik, pengaturan kelas, dan asesmen. Kegiatan ini bersamaan dengan pembiasaan peserta didik dalam menciptakan tanggapan positif terhadap pembelajaran yang dihadapi. Dimulai dari memahami secara mendalam tujuan pembelajaran, guru akan menuntun peserta didik mengkonstruksi juga mengembangkan kemampuan (Koehler dkk., 2013).

c. *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*

Paduan pengetahuan konten dan pedagogi akan menciptakan kegiatan belajar mengajar yang mendukung penguasaan konten. Menurut Shulman sebagai pencetus *PCK*, aspek ini berisi penerapan pedagogi pada konten secara spesifik mengakibatkan guru harus bisa menjelaskan permasalahan konten lalu mencari berbagai cara yang cocok untuk mengajarkannya, menyesuaikan bahan ajar untuk memperkuat konsep dalam memori sebagai pegangan peserta didik. Menentukan cara mengajar, cara belajar, kurikulum, asesmen, dan mengkombinasikan empat kegiatan tersebut dalam pembelajaran (Koehler dkk., 2013).

d. *Technological Knowledge (TK)*

TK dimulai dari beragam kajian tingkatan teknologi bersifat konvensional berupa kertas, pensil, hingga teknologi digital seperti program komputer, video, papan tulis interaktif, dan internet. Pengetahuan teknologi termasuk bahasan yang tidak statis atau masih terus berkembang dibandingkan dua komponen inti lain. Literasi komputer sangat dianjurkan untuk meraih pengetahuan teknologi, memungkinkan guru dapat menyelesaikan tugas atau bahkan mengembangkan cara pemberian tugas yang lebih variatif kepada peserta didik jika menggunakan teknologi informasi dan komunikasi (Koehler dkk., 2013).

e. *Technological Content Knowledge (TCK)*

Gabungan pengetahuan konten dan teknologi dapat membantu guru lebih memahami konten karena teknologi digunakan secara spesifik untuk mendukung representasi baru yang lebih mewakili isi konten. Tujuan pendidikan tercapai jika dapat memahami kesesuaian fitur teknologi dengan konten atau teori serta praktek secara disiplin, ditambah guru harus sangat paham bagian-bagian tertentu dari materi belajar, termasuk memustuskan pilihan fitur teknologi yang cocok untuk menerjemahkannya (Koehler dkk., 2013).

f. *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)*

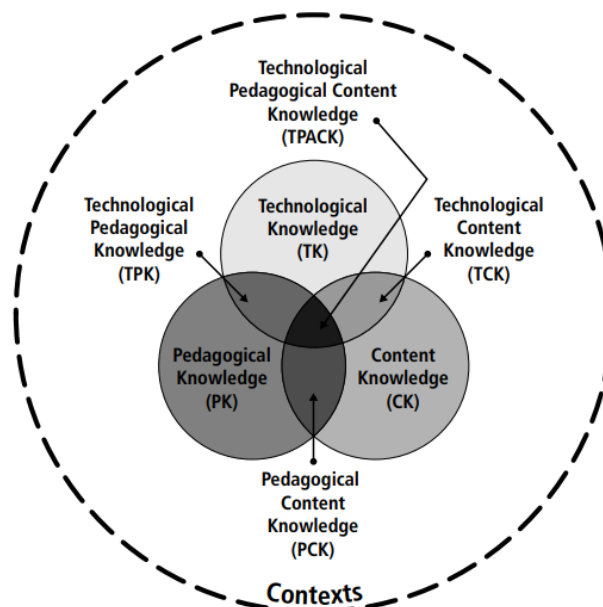
Kombinasi ilmu pedagogi dengan teknologi bisa jadi berpengaruh terhadap cara guru membelajarkan konten, menentukan teknologi yang disesuaikan dengan rancangan pembelajaran. *TPK* dapat diraih setelah guru mampu memahami secara detail potensi dan kendala dari suatu teknologi jika digunakan dalam konteks pembelajaran yang akan diberikan. Pembahasan ini menjadi sangat penting karena tidak semua desain teknologi seperti program komputer (*software*) diproduksi untuk tujuan pembelajaran, sehingga perlu keahlian modifikasi atau manipulasi program supaya dapat diaplikasikan kedalam konteks pendidikan. Guru harus bisa berpikir lebih maju, kreatif, berpikir luas ketika menggunakan teknologi terutama setelah mempertimbangkan cara belajar dan bagaimana peserta didik memahami konten (Koehler dkk., 2013).

g. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

Pengetahuan *TPACK* muncul karena adanya kolaborasi antara pengetahuan inti yaitu konten, pedagogi, dan teknologi, sebagai bekal guru untuk mengaplikasikan ilmu pedagogi dan teknologi secara tepat ketika akan mengajarkan konten. Dalam penggunaan *TPACK*, ketiga pengetahuan inti (konten, pedagogi, teknologi) harus diaplikasikan bersamaan dan saling bergantung. Sebagai contoh, di dalam konteks (batasan khusus penentu kegiatan belajar dan mengajar) guru harus memahami penggunaan teknologi untuk merepresentasikan suatu konten, menentukan metode pembelajaran berbasis teknologi yang dapat membantu peserta didik mengkonstruksi konten, mengetahui penyebab konten (konsep) dianggap sulit atau mudah dipelajari oleh peserta didik, memahami bagaimana teknologi mengatasi permasalahan peserta didik ketika menghadapi kesulitan tersebut, serta memanfaatkan teknologi supaya peserta didik dapat membangun pengetahuan di dalam memori kemudian mengembangkannya lebih luas lagi tanpa melupakan konsep yang sudah lebih dulu dikuasai. Pembelajaran berbasis teknologi dikatakan sukses jika ada penciptaan, pengelolaan, dan pembangunan keseimbangan diantara semua komponen *TPACK* (Koehler dkk., 2013).

Kerangka kerja *TPACK pertama* kali digagas oleh Shulman tahun 1986 bermula hanya dari pengetahuan konten, pedagogi, beserta gabungan *keduanya* yaitu *PCK*. Selanjutnya Angeli & Valanides di tahun 2005 mengembangkan model pembelajaran Shulman dengan menambahkan pengetahuan *Information and Comunication Technology* (bahasa asing dari teknologi informasi dan komunikasi). Kemudian kembali disempurnakan oleh Koehler dan Mishra tahun 2006 hingga berhasil memunculkan tujuh komponen termasuk *TPACK* di dalamnya. *TPACK* digambarkan dalam diagram Venn berupa tiga lingkaran beririsan (Graham, 2011), melambangkan bahwa komponen pengetahuan penyusunnya saling berintegrasi ditunjukkan pada **Gambar 2.1**. Selama beberapa tahun, penelitian *TPACK* semakin banyak dan diakui meningkatkan kualitas pembelajaran, sehingga menimbulkan pandangan yang sama seperti ungkapan Joo dkk., (2018) bahwa sudah seharusnya guru memiliki keahlian menggunakan kerangka kerja *TPACK* untuk beradaptasi dengan lingkungan belajar baru pada

periode abad ke 21. Begitupun ditegaskan dalam artikel milik Nevrita dkk., (2020), munculnya tuntutan abad 21 tentang penggunaan teknologi ketika belajar di kelas akan sepadan jika *TPACK* dipraktikkan kedalam seluruh proses pembelajaran.



Gambar 2.1 Diagram *TPACK* Model Koehler dan Mishra

(Sumber: Koehler 2013)

3. Teknologi dalam Pendidikan dan Pembelajaran

Pelaksanaan teori *TPACK* akan membingungkan jika guru tidak melakukan kajian teknologi serta literasi komputer seperti rekomendasi para ahli *TPACK*. Rendahnya pengetahuan teknologi saat ini, menjadi masalah berat yang sarat terjadi di kalangan pendidik. Penelitian Safitri dkk., (2017) mengungkapkan, pengembangan kompetensi guru perihal implementasi teknologi menjadi media dan sumber belajar sangat terbatas, disebabkan kurangnya fasilitas, pengetahuan, serta keahlian guru dalam mengelola fungsi teknologi berbasis *handphone* atau komputer. Kenyataan ini diperkuat oleh data kuantitatif riset (Paidi dkk., 2020), menunjukan *TCK* berada di angka sangat rendah atau berkriteria buruk. Peristiwa tersebut nampaknya cukup mengubah pandangan guru untuk lebih memperhatikan kajian teknologi, sama seringnya dengan mengkaji konten dan pedagogi.

Teknologi merupakan alat, sarana, teknik mengirimkan pesan dan menyelesaikan masalah secara ilmiah (Suryadi, 2020, hlm. 7). Pernyataan ini mengartikan bahwa teknologi bukan hanya persoalan alat berupa komputer, *software*, *handphone*, ataupun internet. Perlu studi khusus untuk meluruskan pandangan sebagian besar orang tentang teknologi dalam pendidikan dan pembelajaran. Berdasarkan buku Yaumi (2018, hlm. 24, 38-39) kekeliruan tersebut rupanya terjadi di dalam bahkan luar negeri, menyebabkan makna teknologi pendidikan yang seharusnya mencakup media, metode, bahan, peralatan fisik, kawasan bidang ilmu, direduksi menjadi hanya teknologi komputer berupa perangkat keras atau perangkat lunak. Menurutnya, ilmu teknologi (asal kata: Yunani, *techne*: keterampilan, *logia*: ilmu pengetahuan) seputar dunia pendidikan dibedakan menjadi teknologi pembelajaran dan teknologi pendidikan sesuai dengan kebanyakan pendapat ahli, walaupun secara umum objeknya sama yaitu mekanisme peningkatan kinerja serta memfasilitasi pembelajaran. *Kedua* istilah tersebut muncul karena adanya perbedaan fokus. Teknologi pendidikan lebih memperhatikan kurikulum dan pemecahan masalah kinerja, sedangkan teknologi pembelajaran menuju ke arah mengembangkan dan menciptakan sistem belajar menggunakan beragam jenis teknologi.

Setelah melewati periode waktu yang sangat lama, kini teknologi telah bertransformasi melahirkan Teknologi Informasi dan Komunikasi. TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) terdiri dari kata teknologi, informasi (pengetahuan berbentuk data dihasilkan dari proses, manipulasi, pengorganisasian), dan komunikasi (upaya penyebaran informasi agar antar pihak saling memengaruhi), menimbulkan makna bahwa teknologi selalu terkait dengan tindakan mengambil, mengumpulkan, mengolah, menyimpan, menyebarkan, dan menyajikan informasi menggunakan komputer serta telekomunikasi yang berasal dari gagasan manusia untuk menghadirkan inovasi baru dalam penyempurnaan kinerja (Affandi, 2018, hlm. 7-8). Pengaruh teknologi dalam sudut pandang pendidikan, dikatakan berhasil meningkatkan sistem pembelajaran konvensional ke tingkat yang lebih modern karena sarana atau media pembelajaran sudah berbasis TIK (Iskandar, dkk., 2020, hlm. 136). Hasil penelitian menunjukkan implementasi teknologi informasi dan komunikasi selama proses pembelajaran

daring di masa pandemik *COVID 19* memberikan dampak positif seperti bertambahnya pengetahuan baru peserta didik tentang penggunaan TIK ketika pembelajaran biologi berlangsung, hal ini salah satunya dipengaruhi oleh kemudahan akses untuk memenuhi kebutuhan proses belajar mengajar dan hasil belajar secara mandiri (Afifa dkk., 2021). Pemaparan tersebut mendukung pendapat yang menyatakan TIK memang tumpuan sistem belajar mengajar ketika daring diwajibkan sesuai arahan pemerintah. Daring (akronim “dalam jaringan”) sama dengan pembelajaran jarak jauh (PJJ) atau *online learning* mewujudkan pembelajaran terjadi tanpa ada tatap muka langsung di suatu tempat antara pengajar dengan peserta didik, sistem ini berprinsip tidak hanya memberikan tugas tetapi berorientasi pada interaksi dan kegiatan belajar bersifat menantang peserta didik untuk belajar berinteraksi, menggunakan aneka media belajar, menemukan caranya sendiri untuk belajar secara mandiri (Pohan, 2020, hlm. 2-8). Produk TIK dan kebijakan menjalankan sistem pendidikan secara daring menginisiasi *e-learning* sebagai model pembelajaran secara *online*.

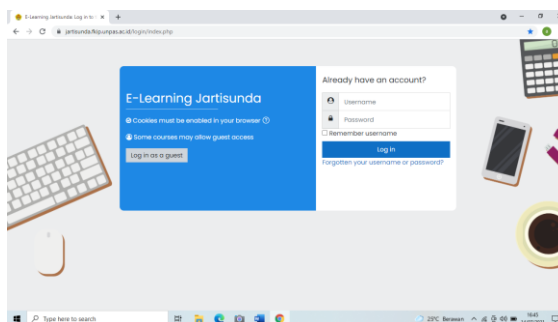
Panduan pelaksanaan kegiatan belajar mengajar menggunakan komputer serta koneksi internet, memunculkan model pembelajaran *e-learning* sebagai hasil karya dari perkembangan TIK dan industri pendidikan untuk mendukung peserta didik belajar (Prawiradilaga, 2016, hlm. 2). Disimpulkan dari beberapa pendapat ahli, *e-learning* merupakan inovasi model pembelajaran yang mengandalkan komputer dan jaringan komputer (internet), bertujuan agar peserta didik mendapatkan akses ilmu pengetahuan berskala luas untuk meraih keterampilan baru (Supuwingsih, 2021, hlm.3-4). Model *e-learning* memberikan dampak positif di antaranya menghemat biaya dan waktu untuk sebuah program pembelajaran, memudahkan peserta didik berinteraksi antar sesama, guru, bahkan materi itu sendiri, mengakses tanpa dibatasi waktu dan tempat sehingga penguasaan materi lebih matang (Septiana, 2019, hlm.22). Kekurangan dari *e-learning* yaitu, hasil belajar tergantung pada motivasi dan kemandirian, kadang beberapa peserta didik terkendala fasilitas sehingga sulit mengakses pembelajaran, merasa terisolasi, jenuh, bosan, juga memerlukan panduan untuk menemukan informasi yang relevan (Nasution, dkk., 2020, hlm.60).

Terlepas dari kelebihan dan kekurangan, *e-learning* di kondisi tertentu mampu mengakomodasi peserta didik tetap belajar dari rumah. Pengembangan model dapat membantu mengurangi kelemahan *e-learning*, namun guru harus memahami strategi pembelajaran yang bersangkutan dengan model tersebut. Menyadur dari referensi (Simanihuruk, dkk., 2019), umumnya model *e-learning* dikategorikan kedalam strategi belajar asinkron (*asynchronous*) dan sinkron (*synchronous*), dijelaskan bahwa asinkron mendukung peserta didik belajar lebih fleksibel karena ketika pembelajaran berakhir dan guru sudah tidak aktif (*offline*) komunikasi masih bisa dilakukan melalui fitur web, email, diskusi forum kelas tanpa adanya kelas interaksi langsung melalui layar kaca gawai. Sinkron berkebalikan dari asinkronus mengharuskan terjadinya interaksi langsung via konferensi video atau percakapan *online* sepanjang durasi waktu pembelajaran. *Kedua* strategi tersebut jika digabungkan akan menambah istilah baru yaitu *blended learning* karena pada prosesnya *e-learning* tidak memerlukan hubungan timbal balik yang spontan atau komunikasi *face to face* selama proses pembelajaran atau mempresentasikan materi seperti kategori strategi sinkron (Wijoyo, dkk., 2020, hlm. 5). Pada tulisan Supuwingsih (2021, hlm. 9), mengutip dari *American Society for Training and Development*, turunan model *e-learning* berdasarkan definisi, salah satunya disebut pendidikan virtual (maya) menggunakan *Learning Management System (LMS)*, multimedia, internet, pertemuan via video, atau aplikasi lain sebagai perlengkapan metode pembelajaran sehingga guru dapat menyampaikan materi dan berkomunikasi dengan siswa didikannya. Selebihnya tentang teknologi pelengkap pembelajaran ala virtual akan dijelaskan pada pembahasan berikut.

a. Learning Management System (LMS)

Program komputer berupa *software* atau aplikasi *LMS (Learning Management System)*, digunakan untuk mengatur kegiatan belajar mengajar (KBM) daring seperti, mengunggah materi, melacak dan melaporkan seluruh kegiatan atau pelatihan peserta didik selama mengakses *LMS*, mengelola hasil belajar, mengatur berkas pembelajaran dan dokumentasi (Jalinus & Ambiyar, 2016, hlm. 202). Produk yang termasuk platform *LMS* misalnya *Moodle*, perlu

kestabilan internet dan server sekolah untuk mengakses pembelajaran daring asinkron (Yuliani, dkk., 2020, hlm. 96).



Gambar 2.2 Tampilan Awal *LMS* di Laptop



Gambar 2.3 Tampilan Awal *LMS* di *Handphone*

Berdasarkan karya tulis milik Simanihuruk, dkk., (2019, hlm. 46 & 76), *LMS Moodle* memiliki fitur lengkap untuk pejuang PJJ (Pembelajaran Jarak Jauh), serta pengaturan yang terbuka bagi pengelola sistem pembelajaran supaya dapat mengatur sistem keamanan jaringan termasuk keterbatasan ruang akses yang disesuaikan dengan jaringan, mengatur, memantau, mengadaptasikan program ke versi baru. Namun, pengajar tidak bisa membuat kelas sendiri, karena itu perlu tenaga ahli untuk membangun program atau menangani masalah teknis, tampilan bahasa juga tidak dapat diubah kecuali ada *hardware* khusus. Didapatkan dari hasil penelitian Saputra & Susiana (2021), pembelajaran bisa terhambat jika dalam waktu bersamaan jumlah permintaan akses meningkat sedangkan kapasitas

server rendah mengakibatkan gangguan teknis. Walaupun ditemukan kendala, *LMS* tetap dianggap salah satu perangkat penting *e-learning* karena media pembelajaran basis web dan internet tersebut didesain sesuai keinginan guru untuk membantu peserta agar tidak tertinggal KBM seperti mengakses materi, diskusi, kuis, ujian, dan yang paling menarik pengakses bisa melakukan kegiatannya secara gratis (Marpaung dkk., 2021). Garis besar peran *LMS* sebagai sarana penyampai konten dalam pelaksanaan pembelajaran virtual (*e-learning*) yaitu memfasilitasi guru mengunggah materi berbentuk media atau multimedia.

b. Multimedia Pembelajaran

Multimedia merupakan perangkat pembelajaran penting bagi guru, model pembelajaran *online* yang digunakan pasti memerlukan salah satu jenis dari perangkat multimedia pada proses belajar. Mengacu pada buku Lestari (2019, hlm. 2-4), dijelaskan bahwa media pembelajaran berperan sebagai alat bantu pengajar (*dependent media*) menciptakan kegiatan yang efektif dan juga alat bantu peserta didik belajar mandiri (*independent media*) karena materi disajikan secara terarah, sistematis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Kombinasi berbagai jenis media yang disimpan, diolah, disajikan menggunakan bantuan komputer dalam jangka waktu tertentu disebut multimedia, berasal dari kata multi (banyak) dan media (file berbentuk teks, suara, gambar, atau gabungan ketiganya seperti video, dan teknologi perangkat keras lain). Supaya peserta didik dapat melakukan sesuatu pada multimedia dan tidak hanya mendengar atau melihat (pembelajaran aktif), multimedia interaktif memungkinkan peserta didik dapat berinteraksi dengan *software* atau aplikasi yang digunakan. Bahasan ini mengartikan interaktif terkait dengan komunikasi dua arah atau lebih antara manusia dan komputer (terjadi hubungan timbal balik *kedua* komponen tersebut).

Kendala atau kekurangan multimedia interaktif yaitu peserta didik perlu beradaptasi terlebih dahulu untuk memahami cara penggunaannya, mengakibatkan pembelajaran menjadi pasif (Susana, 2019, hlm. 96). Adapun kelebihan multimedia interaktif berbasis *software* komputer dibuktikan melalui penelitian Putri & Ardi (2021) sebagai berikut:

- 1) Memudahkan peserta didik belajar materi abstrak bercakupan luas.

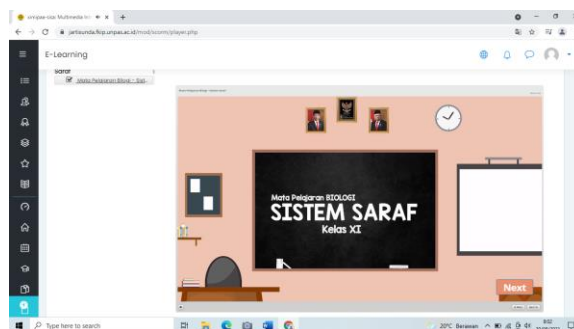
- 2) Animasi dalam multimedia interaktif menyebabkan peserta didik lebih tertarik dan mudah mempelajari materi.
- 3) Menciptakan suasana belajar yang nyaman dan menyenangkan bagi peserta didik.
- 4) Bisa digunakan di dalam maupun luar jam pelajaran.
- 5) Format aplikasi komputer dan android dapat meningkatkan fleksibilitas belajar peserta didik.
- 6) Meningkatkan hasil belajar siswa.
- 7) Membantu guru dalam menuntun peserta didik belajar mandiri dan aktif untuk membangun dan menemukan sendiri pengetahuannya.
- 8) Meningkatkan semangat siswa ketika pembelajaran.

Multimedia interaktif disingkat MMI dapat dikategorikan ke dalam teknologi pembelajaran jenis *CAI* atau *Computer Assisted Instruction*, digunakan saat pembelajaran *e-learning* atau pembelajaran berbasis komputer (*Computer Based Learning*). *CAI* merupakan alat transfer materi berbentuk program (*software/aplikasi*) yang memudahkan peserta didik belajar serta mengevaluasi hasil belajar secara mandiri karena hanya perlu mengikuti instruksi yang tertera pada program komputer, jika peserta didik memiliki kesempatan untuk berinteraksi dengan media pembelajaran, maka program ini termasuk multimedia interaktif (Susilana & Riyana, 2009, hlm. 139). Media berbasis *CAI* berfungsi menyimpan dan menyebarkan materi secara praktis, serasi dengan karakteristik perangkat lunak *Power Point*, *zoom*, *whatsapp*, sehingga peran guru masih sangat diperlukan (Wuryaningtyas & Setyaningsih, 2020). Adapun perangkat *Articulate Storyline* direkomendasikan menjadi multimedia interaktif (berbasis *CAI*), karena memiliki tampilan visual sederhana seperti *Power Point* dan fitur setara *flash* untuk membuat animasi (Yasin & Ducha, 2017). Selibuhnya, multimedia interaktif seperti *Articulate Storyline* dan *Power Point* diuraikan sebagai berikut.

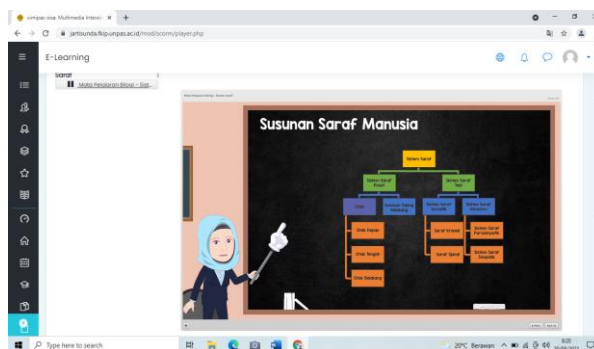
1) *Articulate Storyline*

Bahan ajar dengan tampilan terbaik akan memudahkan guru saat daring, misalnya dalam bentuk file modifikasi menggunakan *Articulate Storyline* (**Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5**). Perangkat lunak tersebut berfitur lengkap dan mudah dipakai pemula karena cara kerja *Articulate* hampir sama seperti *Power*

Point namun lebih kreatif, komperhensif, dan punya banyak jenis *font*, sehingga cocok untuk pembuatan dan pengembangan media pembelajaran (Mudinillah, 2021, hlm 103). Sebetulnya perusahaan *Articulate* sudah meluncurkan banyak versi salah satunya *Articulate Storyline 3*, namun masih banyak kalangan masyarakat pendidikan yang belum mengenal *software* ini walaupun memiliki tampilan mirip *Power Point* dari perusahaan *Microsoft* (Khusnah dkk., 2020).



Gambar 2.4 Tampilan Articulate di LMS



Gambar 2.5 Tampilan Materi Sistem Saraf di *Articulate*

Suhailah dkk., (2021) mengatakan, tujuan *Articulate Storyline* dipilih untuk membuat multimedia interaktif, selain untuk menyampaikan konsep abstrak, *software* ini dapat mendukung situasi pembelajaran yang kondusif, peserta didik fokus terhadap diskusi materi tetapi tidak mengurangi rasa antusias terhadap pembelajaran, respon yang diberikan setelah pembelajaran pun sangat bagus sehingga *Articulate* ini dianggap layak untuk membelajarkan materi biologi.

2) *Power Point*

Perangkat lunak *Microsoft PowerPoint* sering dimanfaatkan dalam pengembangan media belajar interaktif yang menyenangkan. ketersediaan fitur atau menu *Power Point* mampu menciptakan media belajar sederhana, tetapi tetap menarik (Lestari, 2019, hlm. 10). *Software* ini bisa saja dikolaborasikan bersama

software lain seperti *Visual Basic for Applications (VBA)* supaya media lebih interaktif, pengeditan foto menggunakan *Photoscape*, dan aplikasi *Wondershare Filmora* untuk *video editing* (Murwanti dkk., 2019). Pengembangan *Power Point* dinilai sangat praktis selama proses belajar, namun harus tetap diselaraskan dengan kurikulum (Pramita dkk., 2019).

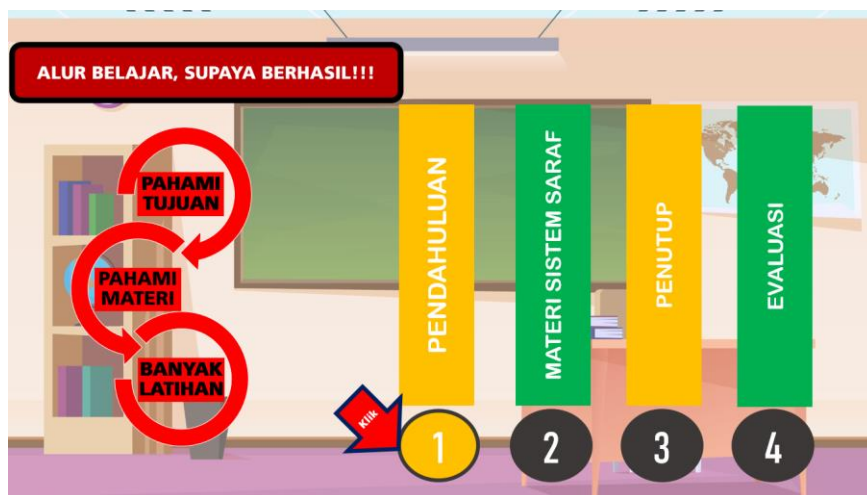
Hasil penelitian Santoso dkk., (2019) menunjukkan, media elektronik *Power Point* menekankan aspek visual dari segi warna, huruf, dan gambar untuk memberikan pengalaman lebih nyata dan memperdalam kesan materi tersebut, efek dari aspek visual ini menyebabkan peserta didik tidak bosan ketika mendengarkan audio atau membaca teori. Metode penyampaian guru terbantu karena dari keseluruhan teori hanya ditampilkan gagasan materi saja sehingga peserta didik dimudahkan ketika membaca, tahu dan sadar inti materi, dengan begitu pembelajaran diterima tanpa paksaan, dapat meningkatkan rasa penasaran terkait materi berikutnya, meningkatkan minat belajar, dan memunculkan rasa senang saat belajar.

Power Point kemungkinan tidak terlalu berpengaruh jika ditampilkan *full text*, tidak sistematis, apalagi tidak sesuai dengan kurikulum. Disimpulkan dari penelitian Vivin dkk., (2018) untuk menciptakan *Power Point* (**Gambar 2.6** dan **Gambar 2.7**) yang menarik, beberapa hal berikut perlu diperhatikan:

- (1)Memilih tulisan, warna, dan gambar untuk menggambarkan teori agar lebih konkret dan mudah dipahami.
- (2)Hanya menulis informasi penting dari teori, lengkap dengan pointer-pointer untuk mempertegas tampilan materi pada multimedia interaktif.
- (3)Pada pembahasan objek bergambar, tunjukan menggunakan panah bagian yang dimaksud pada gambar objek, kemudian tambahkan keterangan yang jelas pada masing-masing bagian yang ditunjuk.
- (4)Menggunakan kaidah bahasa PUEBI supaya mudah dipahami sesuai kelasnya dan tidak terjadi salah tafsir atau penafsiran ganda.
- (5)Harus dilengkapi petunjuk penggunaan yang jelas agar peserta didik merespon sesuai petunjuk dan memberikan kemudahan akses sesuai keinginan pengakses.



Gambar 2.6 Tampilan Awal *Power Point* Interaktif, Klik "Play Menu"

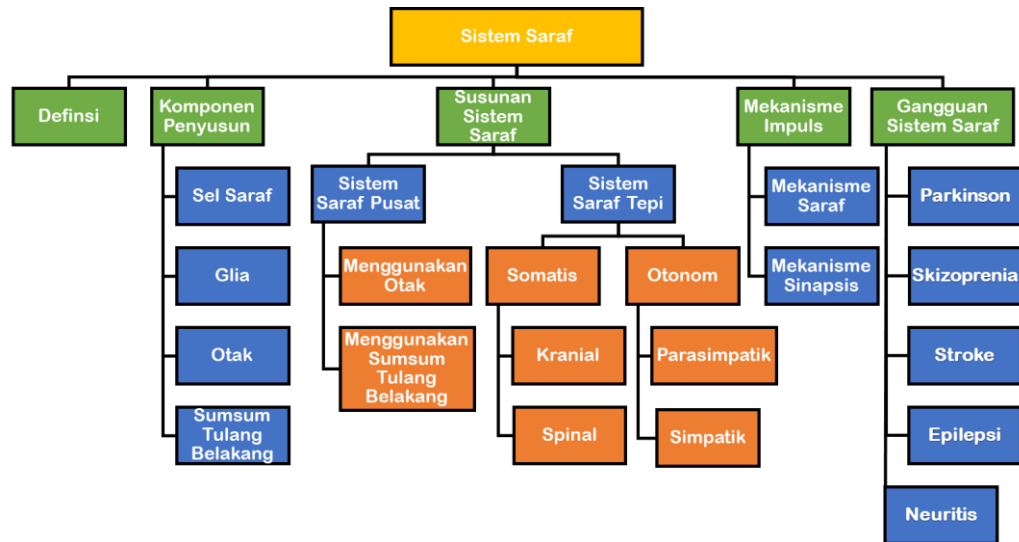


Gambar 2.7 Slide Dilengkapi Instruksi "Klik"

4. Analisis Materi Bahan Ajar Materi Sisten Saraf

Kegiatan analisis materi sistem saraf harus diawali dengan mengetahui dan memahami kompetensi dasar untuk menyusun bahan ajar yang sesuai tujuan pembelajaran. Setelah itu, tujuan pembelajaran akan membantu terbentuknya silabus (dilampirkan) dan peta konsep pada **Gambar 2.8** sebagai acuan susunan materi bahan ajar. Redaksi kompetensi dasar 3.10 terkait sistem saraf bersumber dari Kemendikbud (2016) yaitu, “Menganalisis hubungan antara struktur jaringan penyusun organ pada sistem koordinasi (saraf, hormon, alat indera) dalam kaitannya dengan mekanisme koordinasi dan regulasi serta gangguan fungsi yang dapat terjadi pada sistem koordinasi manusia.”

a. Keluasan dan Kedalaman Materi



Gambar 2.8 Peta Konsep Materi Sistem Saraf

1) Definisi dan Peran Sistem Saraf

Tubuh hewan dan manusia lebih canggih daripada komputer manapun. Jika kita lihat komputer saja sebagai sebuah keajaiban, maka susunan sistem di dalam tubuh manusia lebih canggih lagi. Bermilyaran tahun lalu, kemampuan sekelompok hewan dalam menggunakan indera untuk menerima stimulus dan bertahan dengan lingkungannya agar dapat melakukan reproduksi saja sudah sangat hebat (Urry dkk., 2016, hlm. 1084). Perilaku tersebut muncul karena tubuh merespon rangsangan (stimulus), kemudian diproses dalam tubuh untuk akhirnya direspon 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 perasaan lainnya disebut sebagai reseptor dalam atau interoreseptor (Pratiwi dkk., 2017, hlm. 281). Kemampuan untuk menerima rangsangan atau reseptor dari luar dan dalam tubuh untuk diproses kemudian ditentukan sikap yang tepat untuk menjawab rangsangan tersebut merupakan peran dari sistem saraf. Jika sekarang tulisan ini dibaca dan dapat dipahami, maka sistem saraf pembaca sedang bekerja dengan baik.

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). Tubuh manusia dan hewan pada dasarnya terdiri dari beragam sistem. Mekanisme kerja seluruh sistem di dalam tubuh tersebut diatur oleh satu sistem yaitu sistem saraf. Tanpa sistem saraf, manusia atau hewan tidak akan dapat mengerjakan bahkan hal paling mudah sekalipun.

2) Komponen Penyusun

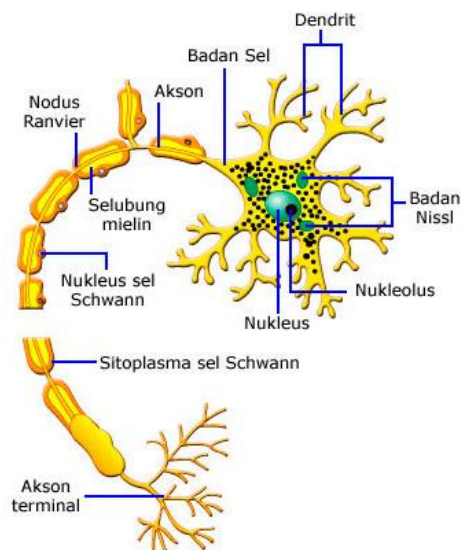
Supaya dapat menyelesaikan tugasnya, sistem saraf terdiri dari sel, jaringan, dan organ yang memiliki struktur sekaligus fungsi berbeda tetapi saling berintegrasi atau bekerja sama. Berikut komponen yang tergabung dalam sistem saraf dari mulai bagian terkecil seperti sel saraf hingga susunan organ.

a) Sel Saraf (*Neuron*)

Unit terkecil secara struktural dan fungsional dari semua sistem disebut sel. Sel saraf dikenal dengan sebutan *neuron* dilihat dari definisi sel itu sendiri, merupakan bagian paling kecil dari sistem saraf. Kemudian, kumpulan sel saraf ini akan membentuk jaringan saraf. Sel saraf dapat dibedakan menjadi bagian yang lebih spesifik atau memiliki struktur dan fungsi khusus, di antaranya:

- (1) *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 atau pada sel secara umum disebut sitoplasma (Pratiwi dkk., 2017, hlm. 281).
- (2) Badan sel terdiri atas nukleus berisi *nukleolus*, *sitoplasma*, *retikulum endoplasma* yang membentuk badan *Nissl*. Bagian dari badan sel berbentuk segitiga dan terhubung pada *akson* dikenal sebagai *akson Hillock* atau bukit *akson* (Karmana, 2007).
- (3) *Dendrit* berasal dari bahasa Yunani "*Dendron*" artinya pohon berdasarkan bentuknya seperti ranting bercabang berfungsi sebagai penerima respon atau sinyal dari sel *neuron* (saraf) yang lain (Campbell dkk., 2010, hlm. 219)

- (4) *Akson (neurit)* merupakan salah satu serabut saraf selain *dendrit* dan berukuran lebih panjang ratusan sentimeter, memiliki fungsi yang sama yaitu meneruskan rangsangan dari badan sel ke serabut otot serta 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. 282). Bagian ini digambarkan seperti sambungan sosis karena antar *akson* terdapat celah.
- (5) *Nodus Ranvier* pada *akson* merupakan daerah bercelah karena tidak diselubungi oleh selubung mielin sehingga rangsangan sampai dengan cepat.
- (6) Sinapsis yaitu sambungan dari ujung *akson* terspesialisasi menjadi terminal sinapsis untuk menyampaikan informasi ke sel saraf lainnya (Campbell dkk., 2010, hlm. 219).



Gambar 2.9 Bagian Sel Saraf

Sel saraf (*neuron*) memiliki bagian dan fungsi masing-masing yang sama pula antar setiap jenis sel *neuron*. Berdasarkan Karmana (2007) bentuk dari struktur *neuron* ternyata berbeda, sehingga digolongkan kembali secara struktur berdasarkan banyaknya cabang *dendrit* dan *akson* pada badan sel, menjadi:

- (1) *Neuron unipolar* yaitu badan sel memiliki satu cabang kemudian cabang tersebut terbagi menjadi masing-masing satu cabang *dendrit* dan satu cabang *akson*.

(2)*Neuron bipolar* memiliki badan sel yang langsung terbagi menjadi dua cabang yaitu, cabang *akson* dan cabang *dendrit*.

(3)*Neuron multipolar*, badan sel bertempat pada lengan *dendrit* sehingga punya banyak cabang *akson* di sekelilingnya, sedangkan cabang *akson* hanya satu. Supaya lebih tergambar, banyak sekali model sel di buku paket atau internet yang menyerupai *neuron multipolar*.

Merujuk kepada Karmana (2007), walaupun pada dasarnya sel saraf (*neuron*) memiliki bagian sel yang sama sama, dapat pula digolongkan berdasarkan fungsinya, yaitu:

(1)*Neuron sensoris*, memiliki ciri-ciri seperti badan sel berkumpul menjadi *ganglia*, *akson* pendek, *dendrit* panjang, dan sesuai namanya *neuron* jenis ini berfungsi menerima rangsang atau stimulus dari lingkungan untuk disampaikan ke jenis *neuron* berikutnya.

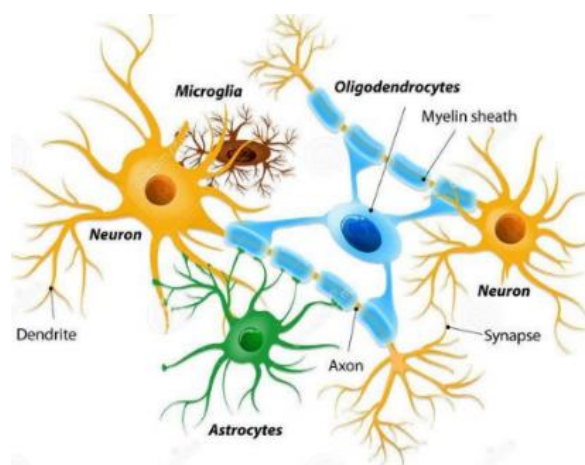
(2)*Neuron intermediet*, memiliki ciri *akson* bisa jadi panjang atau pendek, *dendrit* pendek, dan sama seperti sebelumnya fungsi sesuai dengan nama *neuron* yaitu menyambungkan *neuron* sensoris dengan motorik supaya keduanya bisa terus melanjutkan penyampaian informasi.

(3)*Neuron motorik*, terdiri dari *akson* yang panjang, *dendrit* pendek, berfungsi untuk menyampaikan informasi dari sistem saraf ke efektor atau organ yang bertugas menjawab rangsangan, misalnya jika otak memerintahkan untuk menulis, maka tangan dan mata merupakan efektornya.

b) Glia

Kumpulan sel saraf dinamakan *glia* (Karmana, 2007). Pendapat lain mengatakan *glia* yaitu sel penyokong yang mendukung sistem saraf (*neuron*) secara struktural dan fungsional (Campbell dkk., 2010, hlm. 239). *Glia radial* berperan sangat penting dalam perkembangan sistem *neuron* embrio yang bermigrasi dari tabung *neuron* untuk memunculkan sistem saraf pusat serta dapat dijadikan sel punca. Menurut (Campbell dkk., 2010. hlm. 239) *Glia* dapat ditemukan pada otak dan sumsum tulang belakang hewan vertebrata, terbagi menjadi beberapa tipe berdasarkan fungsinya dalam menyokong *neuron*, di antaranya sebagai berikut:

- (1) Sel *ependimal*, 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 tersebut yaitu memberikan suplai nutrisi dan hormon ke sistem saraf pusat, mensuplai, membuang, dan mensirkulasi zat sisa melalui *ventrikel* dan kanal pusat sebelum dibuang ke vena (Urry dkk., 2016, hlm. 1086).
- (2) Sel *mikroglia*, melindungi sistem saraf dari penyerangan mikroorganisme.
- (3) Sel *oligodendrosit* memiliki fungsi sama seperti sel *Schwann* yang bekerja di sistem saraf tepi namun berbeda tempat, yaitu menghasilkan selubung mielin pada sistem saraf pusat.
- (4) Sel *Schwann* bertanggung jawab untuk memproduksi selubung *mielin* pada sistem saraf tepi.
- (5) 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 didekat *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.

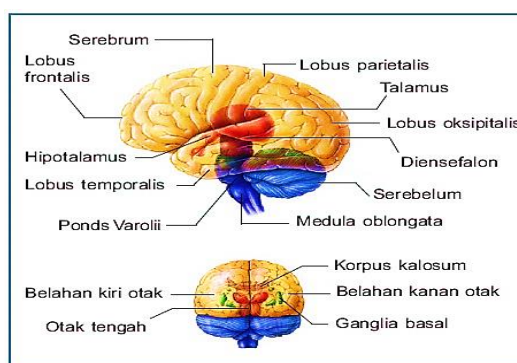


Gambar 2.10 Sel Penyokong Neuron

c) Otak sebagai Organ Penting Sistem Saraf Pusat

Otak merupakan organ penting dalam mengontrol keseluruhan aktivitas dan koordinasi sistem organ. 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:

- (1)*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 propia yang terpisah pada kanal vertebralis. Karena kuat dan keras, makanya laporan ini menempati posisi terluar meninges.
- (2)*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.
- (3)*Piameter*, terletak paling dalam dan melekat pada sumsum. Lapisan ini terhubung dengan arachnoid menggunakan trabekel (jaringan ikat).



Gambar 2.11 Bagian Otak Manusia

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 (kurang lebih panjang 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*) yang membesar dan membentuk bagian otak depan, otak tengah, dan otak belakang (Urry dkk., 2016, hlm. 1090). 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. Setelah dewasa, otak depan, tengah, dan belakang berkembang menjadi istilah lain dan masing-masing memiliki bagian yang berbeda pula, sebagai berikut:

(1)Otak Depan (*Prosenfalon*)

Setelah embrio berumur lima minggu hingga dewasa, otak depan berkembang menjadi dua bagian yaitu:

(a) *Telonsefalon*

Telonsefalon didominasi oleh otak besar atau *serebrum*. Seperti 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). *Serebrum* memiliki *hemisfer* 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. Komunikasi antar bagian kiri dan kanan digunakan korpus dibantu oleh kolosum (Campbell dkk., 2010, hlm, 245). Bagian ini terbagi lagi menjadi:

(i)*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 sesorik dan motorik.

- (ii) *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.
- (iii) *Lobus temporalis* (pelipis) memiliki fungsi hampir sama dengan *parietalis* namun lebih fokus terhadap penciuman, pendengaran (pusat *Wernich*), dan pusat berbicara atau pusat *Brocca* (Karmana, 2007) sehingga terdapat daerah asosiasi auditorik.
- (iv) *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.
- (v) *Fisuro Rolando* sebagai pemisah (celah) antara *frontalis* dengan *parietalis*.
- (vi) *Silvius* sebagai pemisah (celah) antara *frontalis* dengan *temporalis*.

(b) Diensefalon

Diensefalon terbagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

- (i) *Talamus*, terbagi menjadi kiri dan kanan, masing-masing berukuran sebesar kacang walnut. Bertugas menerima impuls dari saraf *perifer* dalam bentuk informasi sensoris kemudian meneruskannya ke serebrum setelah sebelumnya diterjemahkan untuk diolah pada bagian yang lebih spesifik di serebrum. Bagian ini juga mengatur emosi dan kondisi bangun.
- (ii) *Hipotalamus*, berukuran lebih kecil dari talamus tetapi mengatur sistem yang sangat penting yaitu *homeostatis* seperti suhu karena mengandung termostat 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 hormon *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
- (iii) *Epitalamus* merupakan salah satu dari banyak kapiler penghasil *serebrospinal* dari darah dan memiliki kelenjar *pineal* penghasil *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*)

Bagian otak belakang embrio berusia lima bulan akan sama seperti otak bagian depan dan berkembang menjadi beberapa wilayah sebagai berikut:

(a) *Metensefalon*

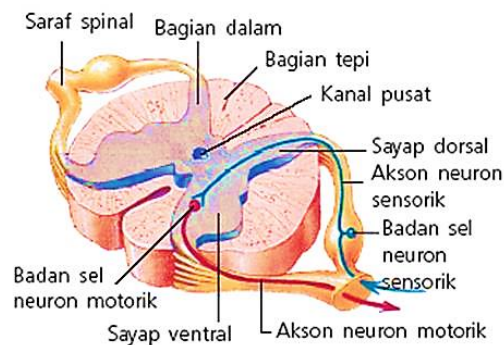
Bagian ini akan terbagi lagi menjadi beberapa bagian berikut:

- (i) *Serebelum*, struktur ini mirip seperti *serebrum* yang belipat lipat 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 *afere*n sensoris. Jika ada respon motorik yang salah untuk menjawab informasi sensoris, maka akan segera dintegrasikan oleh *serebelum*, karenanya *serebelum* dapat dikatakan pusat dari koordinasi dan regulasi.
- (ii) *Pons* (bagian dari batang otak), 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 *medulla oblongata*. Terdapat pula memotoksik yang meregulasi gerakan pernafasan dan gerak refleks. *Pons* juga dianggap sebagai pusat *neuron nervus trigeminus*.

(b) *Mielinsefalon*

Medula oblongata 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*.

d) Sumsum Tulang Belakang sebagai Organ Penting Sistem Saraf Pusat



Gambar 2.12 Bagian Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan lanjutan 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. Saluran tengah memiliki rongga yang dinamakan kanal sentral, maka bagian ini diisi oleh cairan *serebrospina* terhubung langsung ke *ventrikel* otak.

Sama seperti otak, sumsum tulang belakang juga dilapisi oleh selaput *meninges* dan 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 (mempunyai saraf *eferen*, membawa impuls dari otak ke efektor) dan akar dorsal (mempunyai saraf *afere*n, 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 penjelasan di bawah ini (Urry dkk., 2016, hlm. 1084).

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 didapatkan 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 *afere*n (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 mejadi saraf *kranial* dan saraf tulang belakang (pada sumsum tulang belakang) (Campbell dkk., 2010, hlm. 238). 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 *afere*n 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. 290).
- (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. 290).

(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 nonadrenalin.

(3) **Kondisi khusus: gerak refleks**

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 (Urry dkk., 2016, hlm. 1086). Alur dari terjadinya gerak refleks yaitu rangsangan ke *neuron* diterima sel sensoris (reseptor), dihantarkan oleh sel *afere*n 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.

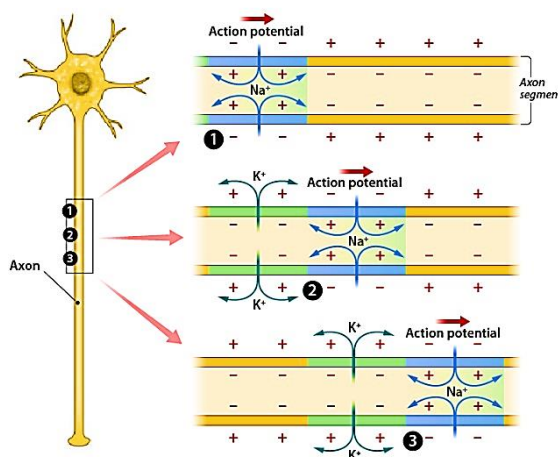
4) **Mekanisme Impuls**

Pada mulanya impuls diterima oleh suatu sel saraf sensoris untuk diteruskan ke sel saraf *interneuron* 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.

a) **Mekanisme Umum Kerja Sel Saraf**

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 (Campbell dkk., 2010, hlm. 220). Diketahui pula, kondisi saraf yang sedang tidak menerima sinyal dikatakan sebagai potensial istirahat dilambangkan dengan tanda negatif (bermuatan negatif) dalam membran *neuron*, sedangkan kondisi sebaliknya (membran dalam sel bermuatan positif) disebut potensial aksi.

Sifat membran sel yang permeabel memungkinkan perpindahan ion dengan cara transport aktif sehingga terjadi kondisi membran 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*.



Gambar 2.13 Mekanisme Kerja Sel Saraf

Supaya dapat 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:

- (1) 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 membran sel oleh pompa kalium-natrium secara transport aktif berfungsi mengeluarkan atau memasukan *kedua* ion tersebut ke dalam atau keluar membran sel. Potensial istirahat akan membuka saluran kalium sehingga ion K^+ berpindah keluar membran sel dan memenuhi luar membran 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.

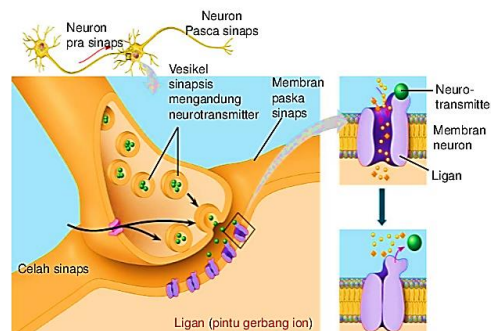
(2)Ketika menerima impuls, kondisi sel saraf harus berubah dari keadaan potensial istirahat menjadi potensial aksi. Potensial aksi terjadi saat saluran ion Na^+ banyak terbuka mengakibatkan ion tersebut masuk kedalam membran sel dan membangkitkan depolarisasi (mengubah kondisi membran sel negatif menjadi positif). Saluran natrium 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 (membran 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 (membran sel bagian luar) sehingga bermuatan negatif, melompat ke selubung mielin bermuatan positif (Campbell dkk., 2010, hlm 227).

b) Komunikasi antar Sel Saraf di Sinapsis

Setelah terjadi penghantaran impuls antar *akson* 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^+ terbuka (saluran ion bergerbang voltase bukan hanya saluran natrium). Ion Ca^+ yang masuk ke membran dalam tombol sinapsis menyebabkan vesikel *sinapsis* melepas neurotransmitter ke sel *pascasinapsis* bersamaan 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 digunakan pada SST.



Gambar 2.14 Mekanisme Sinapsis Antar Sel Saraf

5) Gangguan Sistem Saraf

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

a) *Parkinson*

Penyakit *Parkinson* terjadi karena *neuron* otak tengah yang mati sebagai penghasil *dopamin* di *sinapsis basal* dan dari sekian banyak kasus penyebabnya belum teridentifikasi (Urry dkk., 2016, hlm. 1102). Usia lanjut pada rentang usia 65-85 tahun rawan terkena parkinson. Gejala penyakit *Parkinson* adalah tangan gemetar, sulit melakukan gerakan atau lamban, dan kekakuan otot dan biasanya sering mengalami tremor otot, keseimbangan buruk, postur menjadi bungkuk, otot wajah kaku sehingga sulit mengubah ekspresi. Saat ini belum ada obat untuk penyakit *parkinson*, hanya ada penanganan gejala-gejala penyakit di antaranya berupa operasi otak, pemberian obat-obatan seperti *antikolinergik* dan *levodopa*, seta terapi *fisioterapi*.

b) *Skizofrenia*

Asal kata penyakit ini berasal dari Bahasa Yunani, *schizo* artinya pecah dan *phrem* berarti benak, *skizofrenia* termasuk ke dalam penyakit gangguan mental yang mengakibatkan penderita sulit membedakan pikiran sendiri dan kenyataan seperti 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 (Urry dkk., 2016, hlm. 1100). 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 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 struktur otak dan sistem saraf pusat pada orang dengan skizofrenia. 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. Proses ini berjangka waktu seumur hidup.

c) Stroke

Penyakit *stroke* merupakan penyakit gangguan fungsional otak berupa kelumpuhan saraf akibat terhambatnya aliran darah di otak biasanya memiliki durasi waktu selama 24 jam (Waluyo & Budi, 2013, hlm. 2). Penyakit *stroke* memiliki gejala yang beragam tergantung beratnya penyakit, misalnya hanya pusing saja, sulit berbicara, pingsan, bahkan sampai kelumpuhan atau kematian, salah satu penyebabnya yaitu tekanan darah tinggi (hipertensi). Pada umumnya, dokter memberikan obat-obatan atau melakukan operasi untuk menangani stroke tergantung pada kondisi penderita, *fisioterapi* dan terapi *psikologis* pun dianjurkan untuk memulihkan kondisi.

d) Epilepsi

Epilepsi berasal dari Bahasa Yunani, *epilepsia* berarti kejang, termasuk ke dalam gangguan kronis pada *neuron* (Priyatna, 2014, hlm. 2). Penyakit ini muncul karena adanya ketidaknormalan aktivitas listrik di otak sehingga terjadi letusan-letusan listrik (impuls) pada sistem *neuron*. Gejala yang ditimbulkan berupa kejang, hilang kesadaran, terjadi perilaku dan sensasi yang tidak biasa. Kelainan pada jaringan otak atau ketidakseimbangan zat kimia di dalam otak biasanya menjadi penyebab dari epilepsi dan terjadi pada semua usia di semua jenis

kelamin. Obat epilepsi berjenis antiepilepsi dapat dapat menstabilkan aktivitas listrik dalam otak, serta mengendalikan kejang jika dikonsumsi secara tepat.

e) *Neuritis*

Benturan, pukulan, patah tulang, maupun kekurangan vitamin B, peradangan pada saraf, tekanan, keracunan menyebabkan gangguan saraf tepi (Maf'ullah & Ami, 2021, hlm. 45). Pada area peradangan saraf, gejala yang dirasakan oleh penderita berupa sensasi geli, terbakar, sensasi abnormal, adapula nyeri yang menusuk dan otot yang lemah. Prosedur bedah dan terapi medis merupakan upaya penanganan neuritis. Selain itu, penderita bisa juga diberikan suplemen vitamin B.

b. Karakteristik Materi

1) Perubahan Perilaku Hasil Belajar

Rangkaian pembelajaran terjadi jika ada suatu proses belajar, kegiatan ini seharusnya terjadi dimanapun dan kapanpun. Belajar merupakan upaya mengubah diri agar dapat melakukan sesuatu yang awalnya tidak bisa menjadi bisa, buruk menjadi baik, dan akhirnya terciptalah pribadi yang mampu mengembangkan potensi untuk menyelesaikan permasalahan di lingkungan, tercapai atau tidak tujuan ini akan terlihat melalui hasil belajar (D. Lestari dkk., 2016).

Hasil belajar merupakan perubahan tingkah laku yang dapat dikelompokkan menjadi tiga ranah, yaitu ranah kognitif, afektif, dan psikomotor, pembelajaran akan sukses jika peserta didik telah mengalami perubahan tingkah laku sesuai kategori tersebut. Di dalam karyanya, Noviansah (2020) memaparkan bahwa ranah kognitif berkaitan dengan aktivitas otak seperti penerimaan impuls dari lingkungan, menyimpan, mengelola, serta memanggil kembali memori ketika dibutuhkan. Setelah peserta didik memproses pembelajaran dan menunjukkan hasil belajar di ranah kognitif, maka secara bersamaan kemampuan itu akan mempengaruhi ranah afektif yang berhubungan dengan sikap, minat, karakterisasi, dan pengaturan diri secara emosional. Kombinasi dari kedua ranah tersebut akan kembali mempengaruhi kemampuan psikomotor peserta didik, berkaitan dengan aktivitas otot seperti menghasilkan keterampilan gerak tertentu sesuai tujuan pembelajaran. Ketiga ranah ini saling mempengaruhi, menjadi

bagian dari proses pembelajaran, setiap peserta didik memiliki jangka waktu berbeda untuk menguasai ketiganya. Jika salah satu ranah tidak tercapai dengan baik, maka akan berdampak pula pada ranah lainnya. Menurut Rusmana di dalam jurnal D. Lestari dkk., (2016), pembelajaran sains, mengakui ketiga ranah tersebut yakni *minds on, hearts on, hands on*, sebagai sebuah hakikat pembelajaran yang harus diajarkan agar teknologi informasi, dan komunikasi lebih maju.

Peserta didik akan memberikan sikap tertentu terhadap pengetahuan yang telah diberikan guru, hal ini merupakan kajian dari hasil belajar ranah afektif. Sebagai contoh, pada pembelajaran saraf yang kaya akan informasi, guru berusaha memberikan stimulus kepada peserta didik supaya lebih memahami materi menggunakan gambar, video, bahkan melibatkan kegiatan diskusi dan presentasi, namun usaha tersebut ternyata tidak menyebabkan perubahan menjadi lebih baik. Kasus ini diperkirakan terjadi karena rendahnya motivasi belajar peserta didik (Nurokhmah dkk., 2016), sehingga terbukti bahwa ranah kognitif juga dipengaruhi oleh ranah afektif. Pengetahuan akan membentuk moral (afektif), karena itu diharapkan proses pembelajaran tidak hanya menambah pengetahuan tetapi juga mengarahkan peserta didik dapat bersikap secara positif, menerima apa yang telah diberikan, bertanggung jawab, merespon dengan baik, dan saling menghargai (Fitri dkk., 2019). Selain itu, ranah afektif juga mencakup kecerdasan emosional seperti kemampuan peserta didik mengubah karakter bawaan setelah mengalami kegiatan positif selama KBM sehingga sesuai dengan target pembelajaran, untuk mencapai ini guru memerlukan waktu lama dan tindakan yang konsisten agar kemampuan tersebut meningkat (Daryanes dkk., 2013).

Setelah memberikan materi pembelajaran, sebagian besar guru akan memberi tugas. Hal ini dilakukan supaya guru dapat melihat hasil belajar ranah psikomotor, setelah peserta didik mengalami perubahan tingkah laku pada ranah kognitif dan afektif. Misalnya dalam pembelajaran sistem saraf, ketika guru menugaskan membuat *Mind Mapping Plus*, peserta didik merasa senang karena dapat berkreasi memanfaatkan banyak warna, bentuk, serta simbol, kegiatan ini mencirikan bahwa peserta didik memiliki kemampuan pengorganisasian mandiri (Romdhani dkk., 2014). Temuan ini membuktikan bahwa keterampilan muncul setelah peserta didik menerima pengetahuan dan menanggapi dengan senang hati,

sehingga dengan penuh kreasi mewujudkan hasil belajar (ranah kognitif) sebelumnya menjadi bentuk yang lebih indah dalam kemasan *Mind Mapping Plus*, menghasilkan hasil belajar ranah psikomotor sesuai keinginan guru.

Pada materi sistem saraf, ditemukan banyak sekali sub pokok materi, tentu saja hal ini sangat berkaitan dengan ranah kognitif sehingga perlu ditinjau lebih lanjut, seperti apa sifat materi tersebut, bahan, media, serta strategi yang diperlukan supaya dapat merangsang kemampuan peserta didik dalam bersikap dan terampil dalam menghadapi suatu permasalahan.

2) Sifat Materi (Konkret Atau Abstrak)

Mata pelajaran biologi, mengandung banyak sekali istilah dan konsep yang sulit dipahami (Hidayat dkk., 2020). Jayawardana (2017) mengatakan istilah latin tersebut menyulitkan peserta didik untuk paham, keharusan menghafal banyak materi juga mengakibatkan pembelajaran biologi tidak terlalu disukai. Secara umum, ketercapaian aspek kognitif pembelajaran biologi tidak bisa terpenuhi hanya dari mendengar dan membaca karena memiliki karakteristik berbeda dari mata pelajaran lain serta dipenuhi hafalan kompleks, karena itu teknik khusus sangat diperlukan (Hanifah dkk., 2020).

Materi sistem saraf pada kompetensi dasar merupakan bagian dari sistem koordinasi sehingga fungsi dan perannya akan saling bergantung dengan sistem lain di dalam tubuh manusia sehingga menjadi bahasan kompleks, tentunya tidak mudah untuk disampaikan guru serta dipelajari peserta didik (Fitri dkk., 2019; Hidayat dkk., 2020; Jayawardana, 2017; D. Lestari dkk., 2016; Nurokhmah dkk., 2016). Berdasarkan argumen dari peserta didik, materi sistem saraf dianggap sulit karena memiliki karakteristik abstrak sehingga sulit dipahami, apalagi dalam hal menghubungkan semua proses yang terjadi di dalam sistem tersebut tanpa bantuan gambar atau video (Nurokhmah dkk., 2016). Beberapa penelitian sebelumnya juga mengungkapkan hal yang sama, sistem saraf dikategorikan rumit karena ada bahasan mekanisme dengan melibatkan proses fisika, kimiawi, dan fisiologis dalam pembentukan serta penghantaran impuls (D. Lestari dkk., 2016). Konsep sistem saraf berkenaan dengan bagian saraf, mekanisme penghantar rangsangan, kelainan pada sistem saraf, 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.

Materi sistem saraf akan kembali ditemukan pada jenjang berikutnya, terutama jika studi yang diambil masih berhubungan dengan biologi, bahkan sangat berhubungan dengan konsep seperti fisiologi manusia, namun pada kenyataannya di tingkat SMA saja pembelajaran ini justru belum berlangsung dengan baik (D. Lestari dkk., 2016). 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

Setiap pembelajaran pasti memerlukan bahan ajar yang memuat teori, konsep, gambar, atau seluruh informasi penting. Agar dapat menarik perhatian peserta didik untuk belajar, maka dikemaslah bahan ajar menggunakan media pembelajaran. Media pembelajaran secara khusus mencakup alat foto, alat grafis, dan elektronik untuk menangkap, memproses, menyusun sebuah informasi kedalam bentuk fisual atau verbal (Rahmawati dkk., 2021). Pada pembahasan sebelumnya, kajian biologi dipandang sulit sehingga tidak bisa hanya disampaikan melalui tulisan, tetapi harus didukung praktikum di lab dan lapangan, video animasi, serta gambar (Jayawardana, 2017). Menurut Simorangkir dkk., (2020) selain tingkat pemahaman yang rendah, kendala tersebut ada karena peserta didik

tidak suka membaca buku. Bahan ajar tidak bisa ditampilkan hanya dalam bentuk *full text* untuk memenuhi tujuan pembelajaran.

Ditegaskan dari hasil penelitian Zahora & Saporso (2021) bahwa peserta didik merasa jenuh karena buku teks penuh dengan tulisan sehingga mengurangi tingkat minat membaca. Perilaku mandiri saat membaca juga kurang sehingga harus selalu dihibau dan akhirnya buku hanya menjadi hiasan saja (Hanifah dkk., 2020). Media jenis cetak contohnya LKS dengan tampilan yang kurang menarik tidak dapat dimaksimalkan penggunaannya oleh peserta didik, selebihnya media cetak juga tidak terlalu membantu dalam membangun pemahaman terkait materi sistem saraf karena objeknya tidak bisa dilihat langsung tanpa alat khusus dan media tersebut tidak cukup menguraikan konsep abstrak seperti susunan sistem saraf, mekanisme kerja impuls menuju sistem saraf pusat (Hafzah dkk., 2020). Peserta didik juga masih belum bisa membedakan antara sistem saraf simpatik dan parasimpatik, bahkan hingga informasi dasar yaitu komponen penyusun sistem saraf (Nurokhmah dkk., 2016). Penggunaan papan tulis pun masih menyulitkan peserta didik terutama ketika mempelajari sub pokok materi mekanisme kerja impuls saraf (Ichsan dkk., 2017). Dalam rangka memotivasi peserta didik agar aktif dalam pembelajaran dan tidak merasa jenuh, guru dapat memanfaatkan gambar yang konkret untuk memudahkan peserta didik memahami materi (Safryadi, 2018).

Selain gambar, video juga dapat membantu peserta didik memahami konsep secara visual, ditambah lagi *output* serta minat belajar meningkat (Hafzah dkk., 2020). Menurut Aotar dkk., (2015), pembelajaran sistem saraf secara langsung masih terlalu rumit jika hanya melalui demonstrasi dan praktikum sehingga perlu digunakan media animasi, walaupun belum banyak dikenal salah satu *software* yang bisa menghasilkan media jenis ini yaitu *Prezi*. KBM dilengkapi dengan multimedia berisi gambar, video, pengolahan animasi, suara animasi, teks, bersamaan dengan komunikasi verbal antara peserta didik dan guru dapat menstimulus peserta didik supaya lebih memperhatikan guru ketika menyampaikan konsep sistem saraf dan berpartisipasi aktif sepanjang prosesnya, terutama jika multimedia tersebut bersifat interaktif dihasilkan dari kreativitas guru menggunakan *software Power Point* (Marleni, 2020). Triyanti (2015)

mengatakan multimedia interaktif dapat disisipkan ke dalam *Compact Disc (CD)*. Saat ini pembelajaran melalui permainan virtual juga sedang digandrungi dan lebih disukai peserta didik (Zahora & Saparso, 2021).

d. Strategi Pembelajaran

Pemilihan media merupakan salah satu langkah penentuan strategi untuk mencapai tujuan pembelajaran. Kualitas pembelajaran dipengaruhi bukan hanya oleh media, tetapi juga model pembelajaran sebagai aspek yang krusial dalam suatu proses belajar demi mencapai pemahaman sempurna setelah menerima suatu materi (Marleni, 2020). Model pembelajaran dapat mempengaruhi minat belajar. Hasil riset Nurokhmah dkk., (2016) menunjukkan bahwa biologi terkesan membosankan karena selama prosesnya, guru lebih sering memberikan ceramah dan diskusi. Pengulangan materi dan pemberian tugas berkali-kali nyatanya tidak bisa meningkatkan hasil belajar karena pembelajaran tidak efektif hingga akhirnya peserta didik merasa jenuh saat mengerjakan tugas (Zahora & Saparso, 2021). Pembelajaran biologi tidak bisa hanya disampaikan melalui ceramah walaupun peserta didik sudah mencatat (Jayawardana, 2017).

Hal yang sama terjadi pada penelitian Ichsan dkk., (2017) peserta tidak terlalu memahami materi sistem saraf sub pokok materi mekanisme kerja *neuron*, jika ceramah dilakukan. Apabila permasalahan tersebut terus terjadi, maka ketika pengetahuan ini diperlukan untuk mempelajari anatomi dan fisiologi, peserta didik masih belum paham, hanya menghafal materi dan kurang mumpuni saat harus belajar mandiri, serta ceroboh dalam mengerjakan soal, menandakan bahwa belum ada penguasaan yang baik terhadap materi pembelajaran (Miswandi, 2020). Guru sebagai pusat pada pembelajaran langsung (model *Direct Instruction*) mengakibatkan peserta didik tidak bisa mencapai kemampuan berpikir tingkat tinggi karena proses belajar hanya berlangsung seputar kegiatan mengingat, mengenal, menjelaskan informasi relevan, dan menghafal, seharusnya pembelajaran tidak terpusat pada guru, tetapi peserta didik (Daud & Putra, 2011). Proses belajar yang berpusat pada guru tidak terlalu meningkatkan kualitas pembelajaran disebabkan peserta didik kebanyakan akan bertindak pasif, cepat bosan, bahkan dapat menimbulkan dampak negatif seperti motivasi belajar menurun, sulit memahami materi, dan target belajar tidak tercapai (Jayawardana,

2017). Model pembelajaran seperti ini juga akan menghambat latihan pengembangan kemampuan, terutama kemampuan analisis karena informasi yang diberikan guru terbatas, sulit menemukan informasi, belum mampu menyusun informasi dari bagian terkecil sekaligus mengetahui hubungan keterkaitan satu sama lain, dan belum bisa memberikan pendapat akurat untuk menyelesaikan masalah (Dewina dkk., 2017). Solusi yang dapat dilakukan di antaranya meningkatkan kesempatan peserta didik ketika mengeksplor pengetahuan melalui pembelajaran aktif, sehingga peserta didik tidak cukup hanya duduk dan menerima informasi (Sulastri dkk., 2018).

Model pembelajaran yang berpusat pada kegiatan peserta didik di zaman modern banyak jenisnya, misalnya *Mind Mapping Plus*. Model ini mendukung kinerja otak kanan karena peserta didik diharuskan membuat gambar, simbol, warna, kegiatan ini kemudian terhubung dengan kinerja otak kiri seperti mengubah setiap konsep abstrak materi sistem saraf menjadi kata kunci dalam bentuk simbol atau gambar, serta mengingat arti dari gambar, simbol, warna, yang telah dibuat (Romdhani dkk., 2014). Aktivitas belajar peserta didik menemukan sekaligus membangun konsepnya sendiri menggunakan model *Mind Map* dapat membangun kemandirian peserta didik ketika belajar (Utami dkk., 2015).

Di zaman digitalisasi model pembelajaran yang melatih kemandirian peserta didik dalam belajar semakin banyak. Semenjak masa pandemi, masyarakat mulai mengenal pembelajaran daring. Daring memanfaatkan jaringan internet untuk mendekatkan sumber belajar yang jauh secara fisik melalui konektivitas, aksesibilitas, dan fleksibilitas internet sehingga memungkinkan terjadinya komunikasi, kolaborasi, serta berbagai jenis interaksi pembelajaran lain contohnya sinkron dan asinkron (Sadikin & Hamidah, 2020). Model *e-learning* merupakan satu dari sekian banyak model yang bisa dilaksanakan secara daring. Pembelajaran *E-learning* dalam bentuk sekolah virtual sangat bergantung pada keberadaan TIK pendidikan, namun memiliki beberapa kelebihan di antaranya, peserta didik belajar secara fleksibel, pada pembelajaran sistem saraf meningkatkan minat dan *output* belajar karena 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).

e. Sistem Evaluasi

Perubahan tingkah laku dalam proses belajar secara menyeluruh dapat diukur kesuksesannya jika tahap penilaian berlangsung dengan benar, proses ini disebut assesmen (penilaian) formatif yang pelaksanaannya memerlukan waktu relatif singkat sehingga guru memiliki masukan dan gambaran kondisi peserta didik sebelum melakukan tindakan lanjutan (Ratanasabilla dkk., 2021). Biologi terdiri dari rangkaian aktivitas yang mempelajari informasi relevan, hukum, prinsip, 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 misalnya berpikir tingkat tinggi, perlu diukur menggunakan soal yang telah disusun dengan benar sesuai tujuan penilaian, sehingga target pembelajaran pun 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 asesmen, guru harus memahami indikator pencapaian kompetensi agar pengukuran capaian pembelajaran tepat sasaran. 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 menyesuaikannya (menentukan relevan (penting) atau tidak informasi tersebut) dengan tema pembahasan atau suatu struktur yang lebih luas. 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 luas. 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

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

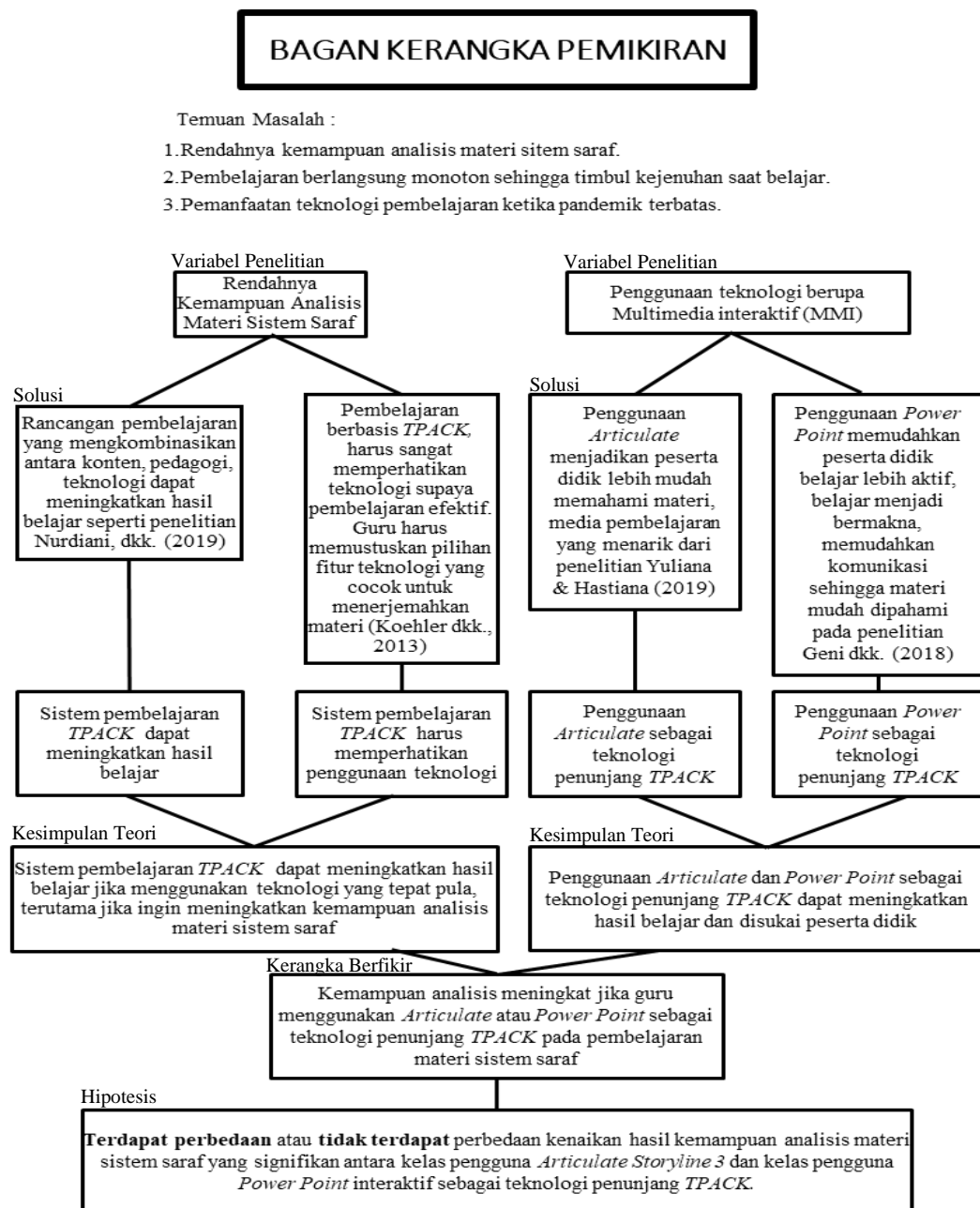
No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Nia Nurdiani Nuryani Y. R. Wawan S. Didik P. /2019	<i>The IM and LMS Moodle as the TPACK Components in Improving Embryology Concepts Mastery of Prospective Biology Teachers</i>	Program Studi Pendidikan Biologi di salah satu Universitas Kota Bandung	Kuantitatif dengan Teknik analisis data menggunakan SPSS (<i>Statistical Product and Service Solution</i>) version 23, melalui <i>t-test</i> karena data terdistribusi normal atau <i>Mann Whitney U's</i> , <i>nonparametric test</i> karena data tidak terdistribusi normal.	Multimedia Interaktif pada <i>LMS Moodle</i> , bagian dari kerangka kerja <i>TPACK</i> menjadikan pembelajaran embriologi lebih bermakna, menarik, dan membantu mahasiswa lebih memahami konten/konsep.	Menerapkan kerangka kerja <i>TPACK</i> dengan fokus pengamatan aspek teknologi berupa multimedia interaktif dan penggunaan <i>LMS Moodle</i> untuk mengajarkan materi biologi bersifat abstrak.	Tingkat studi pengamatan, penelitian sebelumnya berada di tingkat mahasiswa dengan materi embriologi, sedangkan penelitian sekarang khusus menerapkan <i>TPACK</i> di tingkat SMA materi sistem saraf manusia. Variabel terikat yang diamati yaitu kemampuan analisis, bukan penguasaan konsep seperti penelitian sebelumnya.
2	A. Juanda A. S. Shidiq D. Nasrudin /2021	<i>Teacher Learning Management: Investigating Biology Teachers TPACK to Conduct Learning During the Covid 19 Outbreak</i>	Jawa Barat, Indonesia (MGMP Guri Biologi Jawa Barat)	Kualitatif, menyebarkan kuesioner 30 pernyataan tentang kesiapan <i>TPACK</i> dan 10 pertanyaan mengenai pembelajaran selama pandemik dilengkapi wawancara <i>online</i> .	Guru biologi cukup mampu menerapkan <i>TPACK</i> kedalam pembelajaran <i>online</i> , namun kemampuan <i>ICT</i> atau teknologi masih kurang khususnya tingkat percaya diri guru dan peserta didik dalam menggunakan teknologi, serta permasalahan teknis-konektivitas.	Penerapan <i>TPACK</i> ke dalam pembelajaran <i>online</i> selama masa pandemik.	Sudut pandang guru terhadap <i>TPACK</i> , sedangkan penelitian sekarang melihat secara langsung bagaimana efek dari penerapan <i>TPACK</i> selama pembelajaran <i>online</i> terhadap peserta didik dan juga lebih menyoroti efek dari pemanfaatan teknologi secara maksimal namun sesuai dengan kerangka kerja <i>TPACK</i> .
3	Suci Lestari/ 2015	Analisis Kemampuan <i>Technological Pedagogical</i>	7 sekolah di Tangerang	Kualitatif deskriptif, mengamati guru biologi dalam menerapkan 7 komponen <i>TPACK</i> di 7	Kemampuan guru <i>TPACK</i> pada materi sistem saraf sudah hampir selaras dengan komponen <i>TPACK</i> . Hal ini	Penerapan <i>TPACK</i> ketika pembelajaran materi sistem	Tujuan penelitian yaitu sudut pandang guru terhadap <i>TPACK</i> , sedangkan penelitian ini bertujuan mengamati efek penerapan <i>TPACK</i>

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		<i>Content Knowledge (TPACK)</i> pada Guru Biologi SMA dalam Materi Sistem Saraf		sekolah. Penggunaan Instrumen <i>TPACK</i> diadopsi dari jurnal Srisawasdi.	dikarenakan guru sudah dapat mengidentifikasi kesulitan konten dan bagaimana cara menyampaikannya, namun terdapat kesulitan ketika teknologi digunakan untuk mengubah konten supaya lebih mendukung proses belajar, karena itu pembelajaran masih berpusat pada penggunaan laptop, proyektor, spidol, dengan metode presentasi kelompok. Secara keseluruhan kemampuan <i>TPACK</i> masih menuju ke tingkat persepsi.	saraf.	selama pembelajaran materi sistem saraf terhadap peserta didik, serta lebih menyoroti efek dari teknologi yang dimanfaatkan secara maksimal sesuai dengan kriteria <i>TPACK</i> .
4	Sulton Nawawi Fitri Oviyanti Ulul Faizah /2017	Pengaruh Model <i>Generative Learning</i> terhadap Kemampuan Analisis Siswa pada Materi Sistem Saraf Manusia	SMA Muara Lakitan, kabupaten Musi Rawas, Sumatera Selatan	Pendekatan kuantitatif, <i>Quasi Experiment</i> , metode <i>Nonequivalent Control Group Design</i> dengan instrumen tes (pilihan ganda berjumlah 15 pertanyaan) dan non tes (observasi model, catatan di lapangan, dan dokumentasi).	Model <i>Generative Learning</i> meningkatkan kemampuan analisis materi sistem saraf.	Mencari dan menguji cara meningkatkan kemampuan analisis materi sistem saraf.	Model pembelajaran yang digunakan. Penelitian yang dilakukan Sulton, dkk., menjadi salah satu referensi untuk melihat indikator analisis apa yang digunakan pada materi sistem saraf.
5	Geni Suniartie Wahyudin Hudiana H. Dian Rahadian /2018	Peningkatan Kemampuan Analisis dan Sintesis Siswa pada Pembelajaran Biologi Pokok Bahasan	SMAN 22 Garut	Kuantitatif, metode Quasi eksperimen dengan instrumen tes yang dianalisis menggunakan Chi Kuadrat, uji perbandingan dua sampel.	Penggunaan <i>Articulate</i> meningkatkan kemampuan analisis siswa pada pembelajaran biologi pokok bahasan perubahan lingkungan.	Meningkatkan kemampuan analisis menggunakan <i>software Articulate</i> .	Fokus materi yang diamati, pada penelitian sekarang yaitu sistem saraf manusia.

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		Perubahan Lingkungan dengan Menggunakan Multimedia Berbantuan Aplikasi <i>Articulate</i>					
6	Irna Yuliana Yetty Hastiana /2019	Peningkatan Kemampuan Kognitif Siswa melalui Metode Praktikum dengan Media <i>Power Point</i> Interaktif	SMAN 4 Palembang	Metode penelitian <i>action research</i> melalui 3 siklus. instrumen tes pilihan berganda sebanyak 10 soal tiap siklus, serta lembar observasi. Teknis analisis data melihat dari kriteria ketuntasan siswa paling kecil 80%	<i>Power Point</i> Interaktif berpotensi meningkatkan kemampuan kognitif pada materi Eubakteria.	Meningkatkan kemampuan kognitif menggunakan <i>Power Point</i> interaktif.	Kemampuan kognitif yang menjadi fokus utama dalam penelitian sekarang hanya kemampuan analisis, perbedaan lain terdapat pada materi pembelajaran yaitu sistem saraf manusia bukan Eubakteria.

C. Kerangka Pemikiran

Beberapa permasalahan yang telah disinggung pada latar belakang dan identifikasi masalah penelitian menunjukkan bahwa masa pandemik sangat membatasi guru menyampaikan pembelajaran karena tidak ada pertemuan tatap muka, sehingga penggunaan teknologi digital berubah menjadi kebutuhan. Bersamaan dengan itu, teknologi digital tidak bisa sembarang digunakan, harus ada kaidah tertentu yang mengatur sehingga tujuan pembelajaran bisa terpenuhi. Akar pemasalah tersebut memunculkan pola pemikiran pada **Gambar 2.15**.



Gambar 2.15 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. Namun, kurangnya guru mengetahui atau memiliki kemampuan *TPACK* mengakibatkan pembelajaran tidak efektif (Juanda dkk., 2021). Pada penelitian Nurdiani dkk., (2019) kerangka kerja *TPACK* dapat meningkatkan hasil pembelajaran materi embriologi, hal ini mempengaruhi penguasaan konten calon guru terkait ilmu turunan materi embriologi yaitu sistem reproduksi yang bersifat abstrak sama seperti sistem saraf. Observasi penerapan *TPACK* terhadap pembelajaran sistem saraf pun pernah dilakukan oleh Lestari (2015), namun telah diidentifikasi nyatanya penggunaan teknologi terbilang tidak sesuai atau terlalu sederhana untuk dikatakan bentuk implementasi *TPACK*.

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 serba *online* tanpa tatap muka mengakibatkan capaian 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 di antaranya melaksanakan daring dibantu perangkat multimedia interaktif.

Multimedia Interaktif termasuk pilihan yang disukai karena sekolah di Indonesia sudah banyak melibatkan teknologi digital tersebut dengan anggapan menarik sebagai sumber belajar, efektif, dan efisien (Chumaidi dkk., 2016). Banyak sekali jenis MMI (multimedia interaktif) untuk mendukung pembelajaran sistem saraf, di antaranya *Power Point* interaktif dan *Articulate Storyline 3*. Menurut riset sebelumnya, *kedua* media tersebut dapat meningkatkan hasil belajar dari beberapa materi biologi, seperti penelitian Geni dkk., (2018) menemukan

bahwa *Articulate* dapat meningkatkan kemampuan analisis pada materi yang tingkat ketercapaiannya sama dengan kompetensi dasar materi sistem saraf. Selain *Articulate*, Yuliana & Hastiana (2019) menunjukkan bahwa *Power Point* interaktif dapat meningkatkan kemampuan kognitif, berdasarkan taksonomi Bloom revisi kemampuan analisis juga merupakan salah satu tingkatan dari kemampuan kognitif yang akan tercapai jika tingkatan kognitif di bawahnya telah dikuasai. *Microsoft Power Point* juga dinilai sebagai media pengemas bahan ajar agar menjadi lebih efektif dan menarik apalagi jika dilengkapi animasi dari fitur *custom animation* (Srimaya, 2017). Didukung dari data penelitian yang lebih dulu dilaksanakan, penelitian ini akan menguji *kedua* multimedia interaktif tersebut (disesuaikan dengan kriteria *TPACK*) untuk diterapkan pada pembelajaran materi sistem saraf. Di akhir kegiatan belajar mengajar daring, kesimpulan didapatkan dari hasil tes untuk menunjukkan media pembelajaran mana yang lebih berpengaruh terhadap kemampuan analisis materi sistem saraf, sehingga kelak guru dan calon guru bisa menjadikan literatur ini sebuah referensi untuk menentukan media pembelajaran sesuai dengan kondisi pandemik atau suasana lain ketika pembelajaran sangat bergantung pada teknologi digital jika akan menyampaikan materi sistem saraf.

D. Asumsi Penelitian

Setelah dilakukan kajian literatur dari penelitian terdahulu, kerangka pemikiran sebagai landasan penyelenggaraan penelitian pun terbentuk. Rangkaian kegiatan tersebut akan menguatkan beberapa asumsi atau rangkaian pernyataan yang mendukung hipotesis penelitian, diuraikan sebagai berikut:

1. Peserta didik yang menggunakan *Articulate Storyline 3* dan *Power Point* interaktif memberikan respon positif terhadap pembelajaran.
2. Terdapat peningkatan hasil kemampuan analisis materi sistem saraf pada peserta didik yang menggunakan *Articulate Storyline 3* dan *Power Point* interaktif.
3. Ditemukan perbedaan pada peningkatan hasil kemampuan analisis karena *Articulate* dan *Power Point* interaktif memiliki kelebihan sekaligus kekurangan tersendiri, walaupun memiliki peran yang sama dalam kerangka kerja *TPACK*.

E. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan asumsi penelitian, pertimbangan setelah menganalisis kajian teori dan temuan dari penelitian sebelumnya, diperkirakan jawaban dari keseluruhan rangkaian penelitian ini yaitu:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan signifikan pada peningkatan hasil kemampuan analisis materi sistem saraf antara kelas pengguna *Articulate Storyline 3* dan kelas pengguna *Power Point* interaktif sebagai teknologi penunjang *TPACK*

H_1 : Terdapat perbedaan signifikan pada peningkatan hasil kemampuan analisis materi sistem saraf antara kelas pengguna *Articulate Storyline 3* dan kelas pengguna *Power Point* interaktif sebagai teknologi penunjang *TPACK*.