

BAB II

MULTIPLE EXTERNAL REPRESENTATIONS (MERS), BERPIKIR SISTEM, DAN SISTEM HORMON REPRODUKSI

2.1 Multiple External Representations (MERs)

Dalam penelitian pendidikan, "representasi" didefinisikan secara fleksibel dan merujuk pada serangkaian transformasi yang mengonseptualisasikan, memvisualisasikan, atau mewujudkan suatu entitas ke dalam format atau mode lain. Istilah ini merujuk pada tampilan eksternal, isyarat, atau operasi yang menyajikan suatu peristiwa, fenomena, ide, objek fisik, dan sebagainya (Wu & Puntambekar, 2012). Representasi merupakan sesuatu yang melambangkan dan mewakili objek atau proses dan berfungsi sebagai referensi bagi konsep yang lebih abstrak untuk membantu pemahaman siswa (Rosengrant *et al.*, 2007).

Wu dan Puntambekar (2012) mengatakan bahwa untuk mengkategorikan dan mengklasifikasikan representasi, beberapa kerangka kerja atau taksonomi telah diusulkan untuk tujuan penelitian yang berbeda. Sementara beberapa taksonomi termasuk representasi mental dan eksternal, yang lain terutama fokus pada yang eksternal. Misalnya, pada Greca dan Moreira (1997), representasi mencakup tiga jenis utama: model mental, proposisi, dan gambar. Namun, Prain dan Waldrip (2006) mengkategorikan representasi menjadi deskriptif (verbal, grafik, tabular), eksperimental, matematika, figuratif (gambar, analog dan metaforis), dan kinestetik atau representasi gestural yang diwujudkan. Representasi lainnya karakteristik seperti saluran sensorik, modalitas, dan tingkat abstraksi juga dapat digunakan. Klasifikasi representasi menjadi pendengaran/visual, tekstual/grafis, dan abstrak/beton. Namun, seperti yang ditunjukkan Ainsworth (2006), meskipun ada beberapa tumpang tindih antartaksonomi, tidak ada klasifikasi yang diterima secara universal. Ainsworth (1999) sendiri mengklasifikasikan representasi menjadi visual, verbal, matematis, fisik, dan auditif.

Pada penelitian ini, representasi yang digunakan berfokus pada representasi visual dan verbal. Representasi visual berupa gambar/grafis, baik itu gambar ilustrasi, diagram skematik, grafik, maupun bagan. Representasi verbal merupakan

representasi berupa teks yang disajikan dalam layar sebagai penjelas gambar. Representasi digunakan untuk menggambarkan konsep yang masih abstrak. Dalam satu tampilan *MERs*, masing-masing representasi memiliki keterhubungan, baik untuk membantu siswa dalam belajar dikelas.

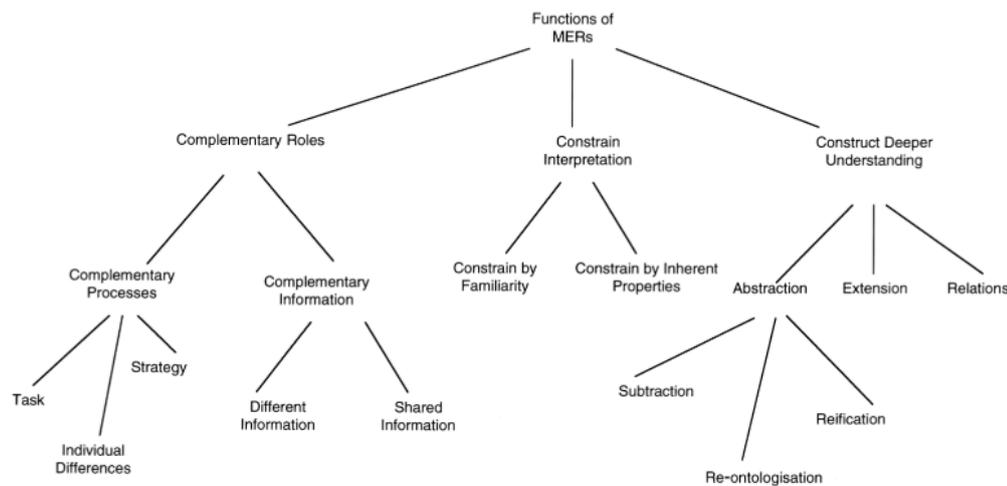
Gambar sebagai representasi visual disebutkan dapat membantu siswa memahami penjelasan yang bersifat abstrak karena ide-ide yang disampaikan dapat diterjemahkan ke dalam bentuk yang lebih nyata. Dengan gambar, uraian yang panjang dapat ditunjukkan hanya dengan sebuah gambar yang membuatnya menjadi lebih sederhana. Gambar dengan warna yang beragam juga akan lebih menarik sehingga membangkitkan minat dan perhatian siswa (Anitah, 2010). Penggunaan gambar asli terkadang masih terlalu abstrak untuk siswa karena sifat gambar yang kompleks. Pada kasus ini, ilustrasi dapat digunakan sebagai representasi solusi. Ilustrasi dapat berupa gambar, tulisan, ucapan, gerak, ataupun bunyi yang dapat menerangkan atau membuat sesuatu menjadi lebih jelas (Anitah, 2010).

Bentuk representasi visual lainnya adalah bagan, diagram, dan grafik. Ketiga mode tersebut memiliki kesamaan dengan melibatkan garis, gambar, dan kata-kata untuk menunjukkan sesuatu. Bagan biasa digunakan untuk menunjukkan hubungan organisasi bertingkat, menerangkan jalannya suatu proses, ataupun menerangkan bagian-bagian penting (bagan skematik/skema) (Anitah, 2010). Diagram adalah gambaran terbuka dari objek atau proses untuk menerangkan irisan atau penampangnya, misalnya diagram penampang vertikal bunga. Grafik dikhususkan sebagai representasi visual untuk menjelaskan data statistik. Gambaran kuantitatif akan terlihat lebih sederhana karena grafik dapat menampilkan deretan angka-angka dengan gambaran lambang visual seperti garis, gambar, ataupun bentuk-bentuk tertentu. Grafik biasa digunakan untuk membandingkan suatu jumlah atau porsi dari waktu ke waktu (Anitah, 2010).

Sejumlah besar literatur sudah mengungkapkan manfaat representasi eksternal untuk meningkatkan pembelajaran dan pengajaran sains. Ainsworth (1999) mengungkapkan dalam penelitiannya bahwa terdapat tiga fungsi utama dari *MERs* yang dapat diimplementasikan dalam dunia pendidikan, yaitu untuk melengkapi, membatasi, dan membangun pengetahuan.

Hilma Aulia, 2024

PENGUNAAN MULTIPLE EXTERNAL REPRESENTATIONS (MERS) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM SISWA SMA MENGENAI SISTEM HORMON REPRODUKSI
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 2. 1 Taksonomi fungsional dari Multiple Representations

(Ainsworth, 1999)

Fungsi pertama, penggunaan representasi yang berbeda dapat berkontribusi satu sama lain yang berisi informasi pelengkap atau mendukung proses kognitif. Dengan sifat representasi yang saling melengkapi, siswa menjadi tidak dibatasi oleh kekuatan ataupun kelemahan dari satu representasi. Representasi yang saling melengkapi dalam hal informasi memungkinkan peserta didik berkonsentrasi pada konsep satu representasi dan menyambungkannya dengan representasi lain. Hal tersebut terbukti menjadikan lebih tingginya kemungkinan tercapainya tujuan pembelajaran. Namun, penggunaan multirepresentasi sangat dipengaruhi oleh kemampuan siswa dalam menerjemahkan dan mengintegrasikan informasi pada representasi yang disajikan.

Pada fungsi kedua, representasi dapat digunakan untuk membatasi kemungkinan interpretasi dalam penggunaan representasi lain yang artinya membantu peserta didik mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang suatu domain dengan menggunakan satu representasi untuk membatasi interpretasi mereka terhadap representasi kedua. Hal ini dapat dicapai dengan dua cara. Cara pertama dengan menggunakan representasi yang familiar untuk mendukung interpretasi representasi yang kurang familiar atau lebih abstrak. Cara kedua dengan memanfaatkan sifat-sifat inheren dari satu representasi untuk membatasi interpretasi representasi kedua. Terakhir, *MERS* dapat digunakan untuk mendorong

peserta didik membangun pemahaman yang lebih mendalam tentang suatu situasi. Pemahaman mendalam tersebut dapat menjadi pembangun pemahaman sistem siswa.

Berdasarkan Anderson *et al.* (2013a), fungsi dari *Multiple External Representations (MERS)* dalam konteks pendidikan biologi meliputi beberapa hal. Pertama, membantu siswa membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam tentang biologi. Kedua, mendukung pemahaman siswa terhadap berbagai domain biologi, seperti metode bioteknologi, biologi molekuler, fotosintesis, evolusi, genetika, dan sistem tubuh manusia. Ketiga, membantu dalam pengembangan pemikiran abstrak dan pemecahan masalah. Keempat, memfasilitasi pembelajaran siswa melalui visualisasi, simulasi, dan permainan komputer interaktif. Kelima, membantu siswa dalam memahami struktur pengetahuan biologi dan pengembangan profesional guru. Keenam, meningkatkan efektivitas pembelajaran dengan memanfaatkan berbagai mode representasi visual secara bersamaan dengan representasi verbal. Ketujuh, memfasilitasi transfer pembelajaran melalui berbagai representasi eksternal. Semua fungsi tersebut bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep-konsep biologi dan memperkaya pengalaman belajar mereka melalui penggunaan beragam representasi eksternal.

Wu dan Puntambekar (2012) menyatakan bahwa penggunaan beberapa representasi secara bersamaan dapat meningkatkan beban kognitif pada siswa dan menyatakan bahwa beberapa representasi harus ditampilkan secara berurutan untuk mengurangi beban ini. Jumlah dan dampak beban kognitif yang mungkin terjadi dapat dikurangi dengan lebih sedikit informasi yang akan diberikan kepada siswa pada setiap langkah dalam representasi berurutan.

2.2 Keterampilan Berpikir Sistem

Salah satu definisi umum dari Jackson (2003) menggambarkan pemikiran sistem sebagai pendekatan untuk mempelajari semua jenis sistem dengan potensi kekuatan pemikiran sistem yang bertumpu pada sifat transdisiplinernya dan bagaimana hal itu dapat digunakan untuk mengambil dan menerapkan ide dan konsep dari semua domain. Definisi umum lain menggambarkan pemikiran sistem sebagai cara tertentu, atau perspektif, berpikir tentang dunia; pemikiran sistem menggunakan konsep sistem untuk menjelaskan dan memahami kompleksitas di

dunia (Checkland dalam Taylor *et al.*, 2020). Berpikir sistem didefinisikan sebagai seperangkat keterampilan analitis yang bersifat strategis dan berorientasi pada peningkatan keterampilan mengidentifikasi dan memahami suatu sistem, memprediksi perilaku manusia, merancang dan memodifikasi sesuatu untuk membantu pekerjaan manusia. Kompetensi berpikir sistem membuat peserta didik dapat memahami dinamika sistem kehidupan yang berkembang (Johariah *et al.*, 2023).

Keterampilan berpikir sistem menggunakan seperangkat konsep analitis, seperti putaran umpan balik, efek lintas batas dan limpahan serta jalur transmisi, untuk memahami mekanisme yang melaluinya interaksi antara komponen-komponen sistem dan antarsistem yang berbeda membentuk dinamika sistem dan kemungkinan berkembang (OECD/EC-JRC 2021 dalam Tagliacozzo *et al.*, 2024). Prinsip utama dari perspektif teoritis ini adalah bahwa setiap tindakan, keputusan atau kebijakan mempunyai efek samping yang dapat meluas ke seluruh sistem dan wilayah geografis yang mempengaruhi apa yang terjadi jauh dari titik asal (misalnya yang disebut efek kupu-kupu (Tagliacozzo *et al.*, 2024). Arnold dan Wade (2015) menyatakan pemikiran sistem sebagai seperangkat keterampilan analitik sinergis yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan mengidentifikasi dan memahami sistem, memprediksi perilakunya, dan merancang modifikasi untuk menghasilkan efek yang diinginkan. Keterampilan ini bekerja sama sebagai suatu sistem. Analisis interkoneksi antarelemen, identifikasi putaran umpan balik, dan pemahaman tentang bagaimana umpan balik tersebut berdampak pada perilaku sistem dan kemungkinan pengembangannya merupakan bagian dari pemikiran sistem. Dalam pemikiran sistem, komponen-komponen tersebut dilihat sebagai bagian yang saling bekerja sama, bukan sebagai komponen tunggal.

Berdasarkan literatur, terdapat beberapa model berpikir sistem yang disarankan, salah satunya adalah yang dikembangkan oleh Ben-Zvi Assaraf dan Orion (2005) dengan memberikan beberapa aspek pengembangan keterampilan berpikir sistem siswa (Raved & Yarden, 2014). Terdapat delapan indikator atau aspek berpikir sistem yang diungkapkan oleh Ben-Zvi Assaraf dan Orion (2005). Delapan indikator tersebut antara lain keterampilan mengidentifikasi komponen dan proses dalam sistem, keterampilan untuk mengidentifikasi hubungan

antarkomponen sistem, keterampilan untuk mengatur komponen sistem dan proses dalam kerangka hubungan, kemampuan untuk membuat generalisasi, kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan dinamis, memahami dimensi tersembunyi dari sistem, kemampuan memahami siklus natural dari sistem, dan berpikir secara temporer, retrospeksi, dan prediksi.

Penelitian yang menggunakan model hierarki berpikir sistem untuk mengukur keterampilan berpikir sistem siswa mengelompokkan delapan tahap berpikir sistem ke dalam tiga tingkat hirarkis yang berurutan: analisis komponen sistem (tahap 1), sintesis (tahap 2-5), dan implementasi (tahap 6-8 (9, 10)). Penelitian ini menyajikan struktur piramida yang khas, dasar piramida yang lebar mewakili siswa yang memiliki keterampilan analisis, dan puncak piramida yang sempit mewakili siswa yang memiliki keterampilan implementasi. Semakin ke atas piramida, tingkat berpikir sistem meningkat dan jumlah siswa yang memiliki keterampilan berpikir sistem semakin berkurang. Siswa yang telah mencapai tingkat berpikir tertinggi (implementasi) telah berhasil menyelesaikan tahapan sebelumnya [analisis dan sintesis (9, 10)] (Raved & Yarden, 2014).

Pada penelitian ini, digunakan lima indikator berpikir sistem yang dimodifikasi dari Ben-Zvi Assaraf dan Orion (2005). Kelima indikator tersebut apabila dikategorikan pada level berpikir sistem, termasuk pada tahap 1 hingga awal tahap 3. Tahap 1 mencakup indikator kemampuan siswa dalam mengidentifikasi komponen dan proses pada sistem serta interaksi sederhana yang terjadi pada komponen sistem tersebut. Tahap 2 mencakup keterampilan dalam mengidentifikasi hubungan dinamis dan siklus yang lebih kompleks yang terjadi dalam sebuah sistem. Tahap 3 merupakan keterampilan siswa dalam membuat generalisasi terkait sistem setelah melihat pola-pola yang terjadi dalam sistem. Pemilihan indikator tersebut didasarkan pada karakteristik siswa yang mana mereka belum pernah diukur dan dilatihkan kemampuan berpikir sistemnya, sehingga berpikir sistem yang dilatihkan hanya pada tingkat dasar dan belum mendalam.

Keterampilan berpikir sistem merupakan keterampilan yang tidak serta-merta berada dalam diri siswa, melainkan dapat muncul dengan pengasahan melalui pelatihan dan pembelajaran (Voulvoulis *et al.*, 2022). Tinggi rendahnya tingkat keterampilan berpikir sistem siswa dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya

adalah peran guru dalam melatihkannya dalam pembelajaran melalui pendekatan, strategi, dan model pembelajaran yang dapat mengasah keterampilan berpikir sistem siswa (Utami & Fadilah, 2023). Maka dari itu dalam penelitian ini digunakan metode pembelajaran melalui penggunaan *Multiple External Representations (MERs)* sebagai alat untuk melatih siswa. Penggunaan berbagai bentuk representasi eksternal seperti gambar, diagram, skema, dan video dapat membantu siswa membangun pemahaman konsep yang kompleks dan meningkatkan keterampilan berpikir sistem mereka (Ainsworth, 2006).

Selain proses pembelajaran, keterampilan berpikir sistem yang baik didukung juga oleh kemampuan metakognitif siswa. Pengetahuan deklaratif yang merupakan bagian dari pengetahuan metakognitif, yaitu pengetahuan mengenai suatu fakta atau informasi, memungkinkan siswa untuk memahami komponen serta proses yang berperan dalam suatu sistem. Pada tahap selanjutnya untuk menganalisis suatu hubungan yang terjadi antarkomponen sistem serta umpan balik yang akan terjadi dapat dilakukan siswa dengan melibatkan pengetahuan prosedural dan kondisional (Schraw & Dennison, 1994). Pernyataan tersebut juga didukung oleh Veenman *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa strategi metakognitif sangat penting dalam menguasai keterampilan yang memerlukan pemikiran kompleks, yaitu pemikiran sistem yang mencakup pengetahuan dan regulasi metakognitif.

Tingkat keterampilan berpikir sistem sangat dipengaruhi oleh kefamiliaran siswa dengan sistem (Deep *et al.*, 2018). Semakin seseorang sudah terbiasa terpapar dengan konten sistem, kapasitas berpikir sistem juga akan lebih baik (Miller *et al.*, 2023). Mengacu pada hal ini, melalui banyaknya media yang digunakan dan pertanyaan yang berulang diterapkan pada penelitian ini agar siswa terbiasa untuk berpikir secara sistematis melalui *MERs* berikut pertanyaan yang disajikan. Hal tersebut juga ditujukan untuk membangun keterlibatan aktif dan partisipasi siswa dalam pembelajaran di kelas. Ben-Zvi Assaraf dan Orion (2005) menyebutkan bahwa keterlibatan siswa dalam proses belajar melalui diskusi terbuka dapat meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep sistem dan kemampuan berpikir sistem.

2.3 Materi Sistem Hormon Reproduksi dalam Kaitannya dengan Kurikulum Merdeka

Biologi adalah materi pelajaran dengan subjek visual yang selalu melibatkan urutan atau proses yang kompleks serta mengandung banyak konsep (Ramadanti & Meilinda, 2023). Biologi mempelajari lingkungan luar, bagian luar tubuh, dan bagian dalam tubuh baik hewan, manusia, maupun tumbuhan (Trisnawati, 2017). Berdasarkan kurikulum merdeka, materi mengenai sistem tubuh manusia tercantum pada capaian belajar akhir fase F. Pada tabel 2.1, salah satunya adalah mengenai hormon reproduksi manusia yang menjadi bagian dari sistem reproduksi. Topik inilah yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. 1 Capaian Pembelajaran akhir fase F kurikulum merdeka

Elemen	Capaian Pembelajaran
Pemahaman Biologi	Pada akhir fase F, peserta didik memiliki kemampuan mendeskripsikan struktur sel serta bioproses yang terjadi seperti transpor membran dan pembelahan sel; menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tersebut; memahami fungsi enzim dan mengenal proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh; serta memiliki kemampuan menerapkan konsep pewarisan sifat, pertumbuhan dan perkembangan, mengevaluasi gagasan baru mengenai evolusi, dan inovasi teknologi biologi.

Materi sistem reproduksi sendiri dianggap sebagai materi yang sulit, begitu juga yang berkaitan dengan hormon. Pada penelitian Çimer (2012), materi hormon berada pada materi urutan kedua tersulit dari 38 materi yang diujikan kepada siswa. Terdapat beberapa alasan yang menyulitkan siswa dalam memahami materi biologi, salah satunya adalah faktor karakteristik materi itu sendiri (Çimer, 2012). Karakteristik materi yang mengandung banyak konsep, berbagai peristiwa yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, konsep yang bersifat abstrak, serta banyaknya bahasa latin atau istilah asing yang digunakan dalam pelajaran menjadikan siswa mengalami kesulitan dalam mempelajarinya, seperti pada materi sistem hormon reproduksi. Materi dalam sistem hormon yang abstrak meliputi mekanisme kerja hormon dan proses sekresi hormon dari kelenjar endokrin (Panjaitan *et al.*, 2020).

Sifat materi sistem hormon reproduksi yang abstrak dan kompleks tersebut mendorong perlu adanya media sebagai penyokong pembelajaran untuk memudahkan siswa dalam memahami materi, serta mencegah adanya miskonsepsi

pada konsep-konsep biologi yang bersifat abstrak dan kompleks. Oleh karena itu, penggunaan ilustrasi-ilustrasi yang memanfaatkan media dapat menjadi pilihan solusi. Rian *et al.* (2024) mengungkapkan bahwa media merupakan salah satu faktor yang menunjang keberhasilan proses pembelajaran di sekolah karena dapat membantu proses penyampaian informasi dari guru kepada siswa ataupun sebaliknya.

Materi sistem hormon reproduksi yang digunakan dalam penelitian antara lain, pengenalan hormon endokrin, mekanisme kerja hormon endokrin, struktur dan fungsi organ reproduksi, pubertas pada perempuan, pengaturan hormon reproduksi perempuan, hormon ketika menstruasi, hormon pada saat kehamilan, pubertas pada laki-laki, pengaturan hormon reproduksi laki-laki, perbandingan antara hormon reproduksi laki-laki dengan perempuan, dan gangguan keseimbangan hormon reproduksi. Sebelum dirumuskan penyajiannya ke dalam paduan beberapa representasi, terlebih dahulu ditentukan konsep-konsep penting yang harus disampaikan kepada siswa dengan menerapkan keterampilan berpikir sistem melalui *MERS* pada materi-materi tersebut.

a. Mengenal hormon endokrin

Sistem reproduksi sangat erat kaitannya dengan hormon, sekret dari kelenjar endokrin, yang menyebabkan fungsi reproduksi dapat berjalan. Hormon endokrin merupakan senyawa kimia dengan struktur molekul spesifik yang berperan penting dalam menciptakan kondisi homeostasis dengan mengatur berbagai fungsi dan sistem organ. Sistem endokrin terdiri atas beberapa kelenjar yang berfungsi sebagai kelenjar penghasil hormon. Kelenjar-kelenjar tersebut antara lain hipotalamus, pituitari, pineal, tiroid, paratiroid, timus, adrena, pankreas, ovarium, dan testis. Pada konsep hormon reproduksi, kelenjar yang paling berperan adalah ovarium bagi perempuan dan testis bagi laki-laki.

Pada materi ini, sebagai contoh, terdapat tiga konsep yang harus disampaikan kepada siswa, yaitu hormon sebagai senyawa kimia dengan bentuk molekul yang spesifik, kelenjar-kelenjar endokrin beserta letaknya, serta hubungan kelenjar dengan hormon beserta fungsinya sebagai kesatuan sistem endokrin. Berdasarkan poin-poin tersebut, dirumuskan

penggambaran hormon yang memiliki bentuk molekul khas melalui pengilustrasian, kelenjar beserta posisinya dalam tubuh melalui skema tubuh, dan penjelasan hubungan dan fungsinya melalui verbal atau teks penjelas.

b. Mekanisme kerja hormon endokrin

Sistem endokrin adalah sistem kontrol kelenjar tanpa saluran yang mensekresikan “pembawa pesan kimia” yang disebut hormon langsung ke aliran darah. Hormon beredar di dalam tubuh melalui aliran darah untuk mempengaruhi sel target tertentu di organ yang jauh. Hormon ini bergerak ke seluruh tubuh, memengaruhi setiap aspek kehidupan dengan cara yang sangat spesifik. Meskipun bergerak ke seluruh tubuh, hormon hanya memengaruhi sel target tertentu. Suatu hormon mungkin memiliki target yang relatif sedikit, dan hanya memengaruhi beberapa sel target. Hal tersebut dapat terjadi karena pada sel target terdapat reseptor kimia yang berfungsi untuk mengikat hormon secara spesifik yang artinya secara khusus cocok dengan hormon seperti kunci yang cocok dengan gembok. Reseptor tersebut mungkin berada di permukaan sel, atau di dalamnya. Sel yang bukan target hormon tertentu tidak memiliki reseptor untuknya dan tidak terpengaruh olehnya. Jumlah reseptor pada sel target dapat berubah sesuai dengan kebutuhan hormon pada sel target.

c. Struktur dan fungsi organ reproduksi

Pada materi struktur dan fungsi organ reproduksi, guru mengingatkan kembali terhadap pengetahuan siswa terkait topik ini yang telah dipelajari pada jenjang sebelumnya. Secara sederhana, sistem reproduksi pria merupakan sistem yang terdiri dari beberapa struktur yang memiliki fungsi khusus untuk memproduksi, menyimpan, dan mendistribusikan sperma. Sistem reproduksi pria terdiri dari testis, epididimis, saluran ejakulasi, dan penis. Sistem reproduksi perempuan memiliki fungsi untuk menghasilkan sel telur serta sebagai tempat pembentukan zigot dan perkembangan janin. Sistem reproduksi perempuan terdiri dari berbagai organ penting seperti ovarium atau indung telur, tuba falopi, uterus, serviks, vagina, dan vulva. Organ-organ reproduksi tersebut

bekerja sama yang bertujuan untuk terjadinya pembuahan dan proses pembentukan kehidupan baru.

d. Pubertas pada perempuan

Kondisi pubertas pada perempuan terlihat pada munculnya karakteristik kelamin sekunder yang dipengaruhi oleh hormon estrogen dan progesteron di ovarium. Karakteristik tersebut antara lain membesarnya payudara, pinggul, dan tumbuhnya rambut di sekitar alat kelamin. Kedua hormon tersebut juga berperan dalam proses menstruasi pada saat perempuan mencapai masa pubertas (masa kematangan fungsi seksual) (Solihat *et al.*, 2022). Menstruasi juga sebagai tanda seorang perempuan telah memasuki masa pubertas. Pada penelitian ini, menstruasi dijadikan sebagai materi tersendiri untuk dibahas secara mendalam sebagai suatu siklus yang terdiri atas beberapa fase berikut rentang waktunya.

e. Pengaturan hormon reproduksi perempuan

Pengaturan hormon reproduksi pada perempuan terlihat dari adanya lingkaran umpan balik positif dan negatif pada sumbu hipotalamus-pituitari-ovarium. Pelepasan hormon pelepas gonadotropin (GnRH) menyebabkan pelepasan hormon perangsang folikel (FSH) dan hormon luteinisasi (LH) dari pituitari anterior. FSH berfungsi merangsang perkembangan sel telur, yang disebut ovum, yang berkembang dalam struktur yang disebut folikel. Sel folikel menghasilkan hormon inhibin, yang menghambat produksi FSH. LH juga berperan dalam perkembangan ovum, induksi ovulasi, dan stimulasi produksi estradiol dan progesteron oleh ovarium. Meningkatnya kadar hormon-hormon tersebut memberikan penghambatan berupa umpan balik negatif pada pelepasan GnRH dan gonadotropin. Hormon reproduksi memiliki efek yang bervariasi pada endometrium. Inhibin yang diproduksi di ovarium, memiliki efek negatif pada pelepasan gonadotropin (Rye *et al.*, 2016).

f. Hormon ketika menstruasi

Secara sederhana, skema siklus menstruasi dapat diuraikan secara runut sebagai berikut. Pertama, FSH (hormon perangsang folikel) menginduksi perkembangan folikel. Kemudian, folikel menghasilkan

estrogen, yang merangsang endometrium rahim untuk menebal. Lonjakan LH (hormon luteinizing) menyebabkan folikel pecah dan melepaskan ovumnya. Setelah itu, LH kemudian menginduksi folikel menjadi korpus luteum, yang mengeluarkan progesteron. Progesteron berperan mengembangkan endometrium secara lebih lanjut bersama dengan estrogen. Tidak adanya pembuahan yang terjadi akan menyebabkan penurunan kadar estrogen dan progesteron, dan mengakibatkan menstruasi (Koff *et al.*, 1990).

Menurut Koff *et al.* (1990), pembelajaran mengenai menstruasi terutama bagi wanita, mencakup pengetahuan dasar mengenai siklus menstruasi dan perubahan fisik akibat ketidaktahuan ataupun kesalahan informasi mengenai siklus menstruasi. Kesalahan ini memiliki dampak yang serius, seperti kurangnya pemahaman mengenai tubuh dan sistem reproduksi, risiko kehamilan yang tak diinginkan, serta kesalahpahaman dan pengobatan yang salah terhadap gangguan menstruasi. Namun, pada realitanya, masih banyak terjadi miskonsepsi pada siswa (Ramadhani *et al.*, 2016).

g. Hormon pada saat kehamilan

Keberhasilan kehamilan bergantung pada serangkaian peristiwa yang terkoordinasi dengan baik. Selama kehamilan, terjadi perubahan endokrin (hormon) dan metabolik (Jee & Sawal, 2024). Meningkatnya kadar hormon reproduksi dalam darah, seperti estrogen dan progesteron berkontribusi terhadap banyak perubahan fisiologis yang berkaitan dengan kehamilan. Adaptasi tubuh ibu terhadap perubahan hormonal yang terjadi selama kehamilan secara langsung mempengaruhi perkembangan janin dan plasenta. Adaptasi ini meliputi pembentukan endometrium yang siap menerima implantasi; implantasi embrio dan pemeliharaan kehamilan awal; modifikasi sistem tubuh ibu untuk memberikan dukungan nutrisi yang memadai bagi janin yang sedang berkembang; serta persiapan untuk persalinan dan menyusui (Jee & Sawal, 2024).

Selama masa kehamilan, wanita mengalami berbagai perubahan hormonal, seperti hCG, estrogen, progesteron, dan prolaktin yang

meningkat kadarnya dalam darah. Kadar hormon hCG dalam darah dan urin ibu meningkat pesat selama trimester pertama. Pelepasan hCG membantu mempertahankan korpus luteum, yang mengeluarkan progesteron hingga plasenta mengambil alih. Selama masa kehamilan, progesteron dan estrogen sangat penting peranannya dalam menjaga kehamilan. Progesteron membantu mempersiapkan endometrium (lapisan dalam rahim) untuk implantasi embrio dan mencegah kontraksi rahim yang bisa menyebabkan keguguran. Selain itu, progesteron mendukung perkembangan plasenta dan mengurangi respons imun tubuh ibu terhadap janin, sehingga janin tidak ditolak oleh tubuh ibu. Estrogen memiliki peran dalam merangsang pertumbuhan rahim agar dapat menampung janin yang semakin membesar. Hormon ini juga membantu memperbaiki sirkulasi darah di rahim dan plasenta serta mempersiapkan jaringan payudara untuk laktasi. Persiapan laktasi secara lebih lanjut diatur oleh prolaktin. Prolaktin utamanya bertanggung jawab untuk mempersiapkan payudara untuk menyusui. Hormon ini meningkatkan produksi susu di kelenjar susu setelah persalinan. Selama kehamilan, kadar prolaktin meningkat secara bertahap sebagai persiapan untuk laktasi.

h. Pubertas pada laki-laki

Pubertas merupakan proses pematangan fisik dimana seorang remaja mencapai kematangan seksual dan mampu bereproduksi. Rata-rata, pubertas biasanya dimulai antara 9 dan 14 tahun pada laki-laki (Breehl & Caban, 2023). Pubertas dikaitkan dengan perubahan emosi dan hormonal, serta perubahan fisik. Kondisi pubertas pada laki-laki secara hormonal mulai dihasilkan hormon testosteron. Testosteron memasuki sirkulasi dan diangkut ke seluruh tubuh, menargetkan banyak sel dan organ. Setelah mencapai otot rangka, testosteron meningkatkan sintesis protein dan meningkatkan pertumbuhan otot. Testosteron juga mengalir ke otak, di mana ia meningkatkan hasrat seksual dan merangsang sintesis dan pelepasan Hormon Pertumbuhan (GH), yang mendukung pertumbuhan tulang. Peningkatan testosteron selama masa remaja menjelaskan alasan laki-laki sering kali mencapai tinggi badan lebih besar daripada perempuan.

Selain membuat tubuh lebih tinggi dan kuat, testosteron memainkan peran penting dalam inisiasi dan pemeliharaan karakteristik seksual sekunder pada laki-laki selama masa pubertas (Bastawros, 2023). Pubertas juga dapat membawa perubahan emosional dan stres pada individu ketika mereka mulai menerima perubahan pada tubuh mereka. Perubahan suara, mimpi basah, ereksi yang tidak disengaja, dan perubahan fisik yang nyata (Breehl & Caban, 2023). Perubahan fisik tersebut diidentifikasi sebagai ciri-ciri kelamin sekunder, diantaranya adalah tumbuhnya janggut, suara membesar, tumbuhnya rambut di sekitar alat kelamin dan bentuk badan yang tampak pada seorang laki-laki yang mencapai masa pubertas (masa kematangan fungsi seksual) (Solihat *et al.*, 2022).

i. Pengaturan hormon reproduksi laki-laki

Bastawros (2023) menuliskan bahwa Pengaturan hormonal pada tubuh pria sebagian besar terkait dengan kelenjar endokrin yang terletak di otak dan sumbu Hipotalamus-Pituitari. Hipotalamus memulai sintesis dan sekresi Hormon Pelepas Gonadotropin (GnRH). GnRH merangsang hipofisis anterior dan menyebabkan sekresi Hormon Perangsang Folikel (FSH) dan Hormon Luteinisasi (LH). Hormon FSH dan LH beredar dalam aliran darah dan bekerja pada testis untuk menghasilkan testosteron dan merangsang proses spermatogenesis. LH secara positif memengaruhi sel Leydig yang terletak di dalam ruang interstisial antara tubulus seminiferus dan merangsang sel untuk menghasilkan testosteron. FSH bekerja pada sel Sertoli yang terletak di dalam tubulus seminiferus dan merangsang proses spermatogenesis. FSH melakukan ini dengan merangsang sel Sertoli untuk menghasilkan protein pengikat antigen (ABP), yang memicu penyerapan hormon testosteron, meningkatkan konsentrasinya dalam tubulus seminiferus, dan memulai produksi sperma oleh sel spermatogenik di dalam tubulus. Kelebihan testosteron menyebabkan penurunan sintesis dan sekresinya baik secara langsung dengan menekan produksi LH kelenjar hipofisis, atau secara tidak langsung dengan berpartisipasi dalam umpan balik negatif pada GnRH di pusat hipotalamus yang lebih tinggi. Hormon lain yang diproduksi oleh sel Sertoli adalah inhibin. Karena sel Sertoli

meningkatkan produksi hormon inhibin, tidak mengherankan bahwa inhibin menurunkan sintesis sperma dan menghambat spermatogenesis dengan menekan kelenjar hipofisis dan menghambat produksi LH.

j. Perbandingan antara hormon reproduksi laki-laki dengan perempuan

Pada sudut pandang hormon, laki-laki dan perempuan memiliki persamaan dan perbedaan yang kontras untuk dapat menjalankan fungsi reproduksi. Pada laki-laki dan perempuan, LH dan FSH sama-sama memiliki peran yang sangat penting dan diregulasi oleh hipotalamus melalui GnRH untuk aktivitas ovarium dan uterus pada perempuan, sedangkan pada laki-laki untuk aktivitas dan menstimulasi testis untuk memproduksi androgen dan sperma.

Terdapat dua jenis hormon seks utama yang dibutuhkan dalam perkembangan ciri kelamin sekunder manusia, yaitu androgen dan estrogen. Semua orang dari semua jenis kelamin biologis memiliki sejumlah androgen dan estrogen dalam tubuh mereka. Namun, seseorang mengembangkan lebih banyak ciri-ciri perempuan atau laki-laki tergantung pada seberapa banyak masing-masing jenis hormon yang mereka miliki. Laki-laki umumnya memiliki lebih banyak androgen dalam tubuh mereka daripada perempuan dan perempuan umumnya memiliki lebih banyak estrogen. Hal tersebutlah yang menjadi pembeda antara perempuan dan laki-laki (Schnebly, 2021). Selanjutnya seiring bertambahnya umur, hormon tersebut jumlahnya akan berkurang dan mempengaruhi kesuburan seseorang. Pada perempuan, gejala tersebut disebut menopause dan disebut andropause pada laki-laki.

k. Gangguan keseimbangan hormon reproduksi

Ketidakeimbangan hormon terjadi saat tubuh memiliki terlalu banyak atau terlalu sedikit satu atau lebih hormon — pembawa pesan kimiawi tubuh. Gangguan sistem hormon reproduksi terjadi ketika terdapat ketidakseimbangan hormon. Ketidakseimbangan hormon ini dapat terjadi karena penggunaan obat-obatan tertentu, penggunaan steroid, tumor, dan kerusakan pada kelenjar endokrin. Dampak serius ketika hormon seksual dalam tubuh tidak seimbang adalah infertilitas, gangguan kesuburan yang

menyebabkan kegagalan hamil, kemudian ketidakseimbangan hormon seksual juga dapat menyebabkan perubahan fisik. Kandungan estrogen yang terlalu banyak pada laki-laki menyebabkan ginekomastia, yaitu pembengkakan jaringan. Androgen berlebih pada perempuan menyebabkan hirsutisme, pertumbuhan rambut yang tebal pada wajah, leher, perut, paha, punggung bagian bawah, atau bokong.

2.4 Penelitian yang Relevan

Dalam rangka memperdalam landasan teoritis, dilakukan mengkajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan. Penelitian tersebut mengangkat topik yang berkaitan dengan penerapan *Multiple External Representations (MERs)* dan berpikir sistem sebagai topik utama dalam penelitian ini.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dağlı dan Satici (2023) berfokus pada efek *multiple representations* dan tingkat pengetahuan awal siswa terhadap keterampilan memecahkan masalah. *MR* digunakan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep yang terkait dengan desain basis data dan meningkatkan keterampilan memecahkan masalah mereka. Hasilnya didapatkan bahwa penggunaan *MR* dapat meningkatkan keterampilan memecahkan masalah siswa, terutama bagi mereka yang memiliki pengetahuan awal yang lebih baik. Siswa yang terpapar pada berbagai representasi cenderung lebih mampu memahami konsep dan menerapkannya dalam situasi nyata. Kemudian hasil penelitian juga menunjukkan bahwa siswa dengan tingkat pengetahuan yang lebih tinggi lebih mampu memanfaatkan *MR* dibandingkan dengan siswa pemula, yang menunjukkan bahwa ada interaksi antara metode pengajaran dan tingkat pengetahuan awal.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Hermawan *et al.* (2022) yang meneliti penerapan representasi eksternal (RE) pada materi fisika. Pendekatan RE digunakan untuk mengatasi kesulitan siswa dalam memahami materi Hukum Newton Gerak Lurus yang biasanya hanya disampaikan secara matematis dan verbal. Dari penelitian ini terbukti bahwa penggunaan RE dapat meningkatkan penguasaan konsep peserta didik pada tingkat kognitif C1 – C4, yaitu mengingat, memahami, menerapkan, dan menganalisis. Penggunaan RE dalam pembelajaran membantu guru dalam memperkenalkan materi yang rumit atau bersifat abstrak dengan merepresentasikan persamaan yang mempunyai proses sama. Dengan

demikian, pendekatan RE dapat menjadi solusi alternatif untuk meningkatkan keterampilan kognitif belajar siswa pada materi Hukum Newton Gerak Lurus.

Selanjutnya secara mendalam dilakukan penelitian mengenai pengembangan multimedia oleh Mayer (2017). Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pemahaman bahwa banyak materi pembelajaran multimedia mengandung informasi yang tidak relevan atau berlebihan, yang dapat mengganggu proses belajar. Mayer mengusulkan bahwa dengan mengurangi informasi yang tidak perlu dan menekankan informasi yang penting, siswa dapat lebih mudah memahami dan mengingat materi yang diajarkan. Penelitian ini menekankan pentingnya desain yang baik dalam multimedia untuk mendukung proses belajar dan mengurangi beban kognitif, serta memberikan panduan praktis untuk pengembangan materi pembelajaran yang lebih efektif.

Pada bidang berpikir sistem, penelitian terbaru dilakukan oleh (Miller *et al.*, 2023) yang dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan akan pemikiran sistem dalam berbagai bidang dan kurangnya penelitian mendalam mengenai pengembangan keterampilan berpikir sistem terutama pada ilmu sosial. Penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik profesional dan pengalaman sebelumnya memengaruhi kemampuan peserta untuk mengembangkan keterampilan berpikir sistem. Mahasiswa teknik yang bekerja menunjukkan peningkatan positif yang signifikan dalam pemahaman bahwa setiap komponen dalam sistem memiliki tanggung jawab terhadap fungsinya. Sementara itu, pekerja sosial menunjukkan peningkatan yang lebih signifikan dalam memahami interrelasi antara komponen sistem dan dalam mengubah model mental yang terkait dengan sistem. Penelitian ini menyarankan perlu disesuaikannya program pelatihan berpikir sistem dengan karakteristik dan kebutuhan spesifik dari berbagai kelompok profesional untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Penelitian selanjutnya mengenai berpikir sistem dilakukan oleh Mambrey *et al.* (2022) dengan judul “*Young Students’ Reasoning About Ecosystems: the Role of Systems Thinking, Knowledge, Conceptions, and Representation*”. Pada penelitian ini, siswa menunjukkan tingkat berpikir sistem yang bervariasi, dan meskipun mereka dapat menunjukkan pemikiran yang kompleks, asumsi dasar mereka tentang elemen dan hubungan dalam sistem tidak selalu valid. Ini menunjukkan

bahwa siswa mungkin tidak memiliki pengetahuan dasar yang cukup untuk berargumen secara ilmiah, meskipun mereka dapat terlibat dalam pemikiran sistem yang kompleks. Penelitian menemukan bahwa penalaran siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk keterampilan berpikir sistem, pengetahuan, konsepsi, dan pemahaman individu tentang representasi ekosistem.

Selain itu juga terdapat penelitian lanjutan yang dilakukan oleh (Assaraf *et al.*, 2013) yang membahas pemahaman siswa kelas X tentang sistem tubuh manusia dan kemampuan mereka dalam berpikir sistemik setelah menyelesaikan unit pembelajaran Biologi. penelitian ini menunjukkan bahwa siswa memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi komponen tubuh manusia, tetapi mereka mengalami kesulitan dalam memahami hubungan dinamis dan pola yang lebih kompleks dalam sistem tersebut. Penelitian ini mengungkapkan bahwa meskipun siswa dapat menyebutkan berbagai konsep terkait tubuh manusia, pemahaman mereka tentang interaksi dan proses yang lebih dalam masih terbatas.